



OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA - Vrnjačka Banja, 19-21. jun 2024.

<https://doi.org/10.46793/SGISXIII.06IM>

Originalni naučni rad

Ivan Milojković¹

OCENA STANJA KANALIZACIJE U OKVIRU ELEKTRANE TEKOA I
PREDLOG OPTIMALNOG ODRŽAVANJA I SANACIJE

Rezime: Prikazuju se predmet, obim i način sprovedenih istražnih radova za definisanje pozicija i stanja podzemnih instalacija za evakuaciju otpadnih voda u okviru TEKOA. Takođe su navedeni i Zakonski okviri za sprovedene istražne radove, vrste radova i tehnički uslovi.

U okviru elektrane TEKOA postoji delom separacioni sistem kanalizacije, koga čine:

- Interna kanalizacija opšteg tipa (atmosferske, sanitarne i deo tehnoloških otpadnih voda);
- Kanali za povratnu rashladnu vodu;
- Zauljena kanalizacija na prostoru naftne stanice i pretakališta.

Ključne reči: Kanalizacija, sanacija, TEKOA, AHP, VIKOR, Fuzzy.

ASSESSMENT OF SEWAGE CONDITIONS WITHIN TEKOA POWER PLANT
AND PROPOSAL FOR OPTIMAL MAINTENANCE AND REHABILITATION

Summary: The subject, scope and method of the conducted investigative works to define the positions and conditions of the underground installations for the evacuation of waste water within TEKOA are presented. The legal framework for the conducted investigative works, types of works and technical conditions are also listed.

Within the TEKOA power plant, there is partly a sewage separation system, which consists of:

- General internal sewerage (atmospheric, sanitary and part of technological wastewater);
- Channels for return cooling water;
- Oily sewage in the area of the oil station and refinery..

Keywords: Sewerage, rehabilitation, TEKOA, AHP, VIKOR, Fuzzy.

¹ Mr Ivan Milojković, dipl. građ. inž., Samostalni istraživač, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, ul. Jaroslava Černog 80, Beograd, ivan.milojkovic@jcemi.rs,
ORCID: 0000-0003-4108-7774

1. UVOD

Posmatra se predmet, obim i način sprovedenih istražnih radova za definisanje pozicija i stanja podzemnih instalacija za evakuaciju otpadnih voda u okviru TEKOA [4]. Takođe su navedeni i Zakonski okviri za sprovedene istražne radove, vrste radova i tehnički uslovi.

Opisano je stanje kanalizacionih cevovoda, kanala otpadnih voda i drugih objekata kanalizacionog sistema na osnovu sprovedenih geodetskih istražnih radova, spoljnim pregledom kanalizacije i unutrašnjim pregledom kanalizacionog sistema CCTV tehnikom.

Cilj radova i izrade dokumentacije-elaborata [4] jeste definisanje dimenzija, trasa, veza i stanja postojećih cevovoda, kanala otpadnih voda i drugih kanalizacionih objekata u okviru elektrane, u skladu sa tehničkim uslovima za izvođenje istraživanja. Krajnji rezultat snimanja kanalizacije i izrade elaborata jeste definisanje postojećeg stanja podzemnih instalacija kanalizacionog sistema, koje treba da bude podloga za projektovanje i izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u TEKOA i davanje preporuka za intervencije i stepen urgentnosti sa predloženim načinom održavanja kanalizacije.

U okviru elektrane TEKOA postoji delom separacioni sistem kanalizacije, koga čine:

- Interna kanalizacija opšteg tipa (atmosferske, sanitarne i deo tehnoloških otpadnih voda);
- Kanali za povratnu rashladnu vodu;
- Zauljena kanalizacija na prostoru naftne stanice i pretakališta.

Kroz kompleks TEKOA prolazi i glavni kanalizacioni kolektor iz naselja, pa se deo interne kanalizacije elektrane priključuje na pomenuti gradski kolektor. Ostali deo interne kanalizacije TEKOA se ispušta u kanal tople vode u zoni ispusta povratne rashladne vode.

Povratna rashladna voda se nakon prolaska kroz kondenzator i sistem hlađenja vraća površinskim kanalom tople vode u Dunav. U povratnim kanalima, u krugu elektrane, rashladna voda ne bi trebalo da se meša sa ostalim otpadnim vodama. Pretpostavlja se da se u kanale rashladne vode, ulivaju i otpadne vode iz proizvodnih blokova (mašinske hale), drenažna voda iz sistema dopreme uglja, deo atmosferske vode, kao i deo interne kanalizacije (na izlazu iz elektrane).

Tehnološke otpadne vode nastaju iz procesa proizvodnje demineralizovana voda (demi voda) koja se koristi za rad kotlova, a proizvodi se u pogonu HPV-a. Za regeneraciju jonskih masa koristi se rastvor HCl odnosno NaOH, pri čemu nastaju kisele i bazne otpadne vode koje se odvođe u neutralizacioni bazen, a odatle se nakon neutralizacije ispuštaju u internu kanalizaciju. Otpadne vode koje nastaju u tehnološkom postupku dekarbonizacije takođe se ispuštaju u internu kanalizaciju u krugu elektrane.

Zauljene otpadne vode nastaju na sledećim lokacijama: u pumpnoj stanici tečnog goriva (ekstra lako lož ulje), sa platoa pretakališta i tankvane rezervoara tečnog goriva kao zauljena atmosferska voda.

2. ISTRAŽNI RADOVI I METODE

Istražni radovi za analizu stanja postojećeg kanalizacionog sistema na lokaciji TEK O A se mogu podeliti na:

- Geodetski radovi
- Pripremni radovi
- Spoljni pregled postojećih kanalizacionih objekata
- Unutrašnji pregled postojećih kanalizacionih objekata TV kamerom (CCTV)

Istražni radovi su izvršeni u više navrata tokom vremenskog perioda remonta u TEK O A 2021. godine [4].

Pod spoljnim pregledom kanalizacione mreže podrazumevaju se opažanja vezana za eksploataciju (fizičko i funkcionalno stanje) objekata kanalizacije, kao i njihovu bezbednost, a koja se mogu konstatovati vizuelno sa površine terena.

Unutrašnji pregled postojećih kanalizacionih objekata TV kamerom (CCTV) podrazumeva snimanje specijalnom vrstom kamera i registrovanjem unutrašnjosti cevovoda u formi prikladnoj za dalju obradu (CCTV snimanje). Pre spuštanja kamere obavezno se vrši vizuelni pregled i procena prohodnosti kolektora i ukoliko je potrebno vrši se hidrauličko ispiranje i čišćenje.

Metoda Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP), poput drugih višekriterijumskih [1], [2], [3] se koristi za dobijanje prioriteta faktora rizika u građevinskim projektima. Pan [13] je predložio model za izbor odgovarajuće metode konstrukcije mosta zasnovan na fazi AHP sa trouglastim i trapezoidnim rasplnutim brojevima (elementi fazi skupova) sa konceptom α reza. Jaskovski i dr. [5] je predložio prošireni fazi AHP metod za procenu težine kriterijuma za izbor izvođača, prema poljskom zakonu o javnim nabavkama koji je usklađen sa smernicama EU o toj temi. Taylan i dr. [18] su koristili fazi AHP i fazi TOPSIS metode za odabir građevinskih projekata i procenu rizika. N. Prašćević i Ž. Prašćević [15] razmatrali su problem izbora konstruktivnog sistema za izgradnju industrijske hale po propisanim kriterijumima i [16] primenu fazi AHP metode. Polat [14] je predložio integrisani pristup odlučivanju, koji koristi AHP i PROMETEE zajedno za problem izbora podizvođača. del Kano i dr. [3] predstavili su metod za analizu neizvesnosti u održivom projektovanju betonskih konstrukcija. Ovaj metod se zasniva na stablima zahteva, analizi vrednosti i AHP.

Metoda VIKOR, koja je ovde predstavljena, razvijena je za određivanje višekriterijumskog optimalnog rešenja. Konačnu odluku donosi donosilac odluke koji ima složenu strukturu i nedovoljno izraženu preferenciju u postupku optimizacije [10], [12] VIKOR metoda je razvijena na takvim metodološkim osnovama da se donosiocu odluke nudi alternativa (ili rešenje) da:

a) nudi kompromis između želja i mogućnosti

b) predstavlja primer kompromisa između različitih interesa učesnika u procesu donošenja odluka.

Teorija fazi logike ima za cilj da obezbedi matematički okvir za tretiranje nepreciznosti i neodređenosti imanentne čovekovim saznavnim procesima kao što su mišljenje i rezonovanje. Uobičajeni način rezonovanja čoveka pri rešavanju svakodnevnih problema počiva na rečima (kvalitativni pristup), a ređe brojevima (kvantitativni pristup). Nastanak teorije fazi skupova i fazi logike motivisan je željom da se sačini osnova za računanje rečima sa ciljem da se kvalitativnim pristupom rešavaju problemi kao što su: donošenje odluka u uslovima neodređenosti, prepoznavanje oblika i rukom pisanih znakova, analize scene, modelovanja kompleksnih sistema, upravljanje

sistemima itd. Nepreciznosti imanentne rečima onemogućuju jednostavnu ili čak primenu opšte teorije dvovrednosne logike i klasičnu teoriju skupova.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

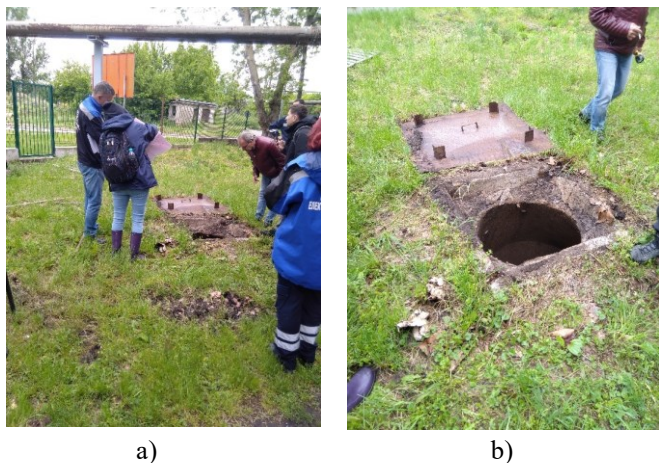
Objekte kanalizacione mreže delimo na kategorije. Kategorizacija objekata vrši se na bazi tehničkog stanja i režima funkcionisanja objekta. Način kategorisanja dat je u pravilniku:

Tehnički pravilnik o održavanju kanalizacionih objekata pogona kanalizacione mreže, JKP Beogradski vodovod i kanalizacija, Beograd, februar 1999. godine.

Kodifikacija objekata kanalizacije vrši se prema standardu: SRPSKI STANDARD SRPS EN 13508-2, Septembar 2011. , Identičan sa EN 13508-2:2003 + A1:2011, Stanje kanalizacionih sistema izvan objekata — Deo 2: Kodni sistem za vizuelni pregled.

U nastavku se daje KATEGORIZACIJA I KODIFIKACIJA OBJEKATA po pojedinačnim elementima kanalizacionog sistema (revizioni silazi – šahtovi i deonice). Prikazuje se nekoliko primera.

REVIZIONI SILAZ : C21-2



Slika 1. Revizioni silaz C21-2 a)lokacija; b)stanje objekta

U nastavku se daje KATEGORIZACIJA I KODIFIKACIJA OBJEKATA po pojedinačnim elementima kanalizacionog sistema (revizioni silazi – šahtovi i deonice). Prikazuje se primer na jednom od objekata kanalizacionog sistema.

KATEGORIZACIJA

Na slici (iznad a) vidi se lokacija objekta revizioni silaz S21-2 koji se nalazi na cevnom kanalu Ø500, u blizini ograde oko TEKOA.

Evidentno je veliko oštećenje poklopca i penjalica korozijom (iznad b) koje je neophodno zameniti zbog bezbednosti radnika koji održavaju kanalizacionu mrežu. Sam poklopac nije standardni za kanalizacione objekte, nema pogodne otvore i držače koji

služe za njihovo podizanje za potrebe održavanja funkcionisanja objekata u radu te je potrebna njihova zamena i montaža.

Kategorija objekta: III b
KODIFIKACIJA:

Kod	Karakterizacija		Kvantifikacija		Obodna lokacija		Šaht	Lokacija	Primedbe
DAR	C		1				S21-2	A	
DAR	F		1				S21-2	A	
DAQ	C		10		04		S21-2	F	

Tabela 1. Kod opažanja pri spolnjem pregledu kanalizacije za revizioni silaz S21-2

Na slici (iznad a) vidi se lokacija objekta revizioni silaz S21-2 koji se nalazi na cevnom kanalu Ø500, u blizini ograde oko TEKOA.

Na kraju predloga mera dat je detaljan prikaz snimljenih deonica i revizionih silaza sa komentarom detektovanog stanja, predlogom potrebnih aktivnosti na otklanjanju ili poboljšanju stanja i ocenom neophodnosti preduzimanja odgovarajućih mera.

Za pojedine snimljene deonica, priložene su slike uočenih karakterističnih detalja.

Obzirom da kanalizacioni sistem predstavlja složene kapitalne objekte sa potrebom njihove funkcionalnosti u toku 24 časa tokom više godina [6] , [7] , [8] , [9] , [11] , [17] (veku njihove eksploatacije), neophodno je imati u vidu neophodnost njihovog permanentnog održavanja. Step en urgencije je definisan pomoću brojnih vrednosti stepena urgencije u zavisnosti od nivoa održavanja.

U nastavku se navode osnovni vidovi održavanja, na osnovu Tehničkog pravilnika JKP „Beogradski vodovod i kanalizacija“.

Tehnički pravilnik o održavanju kanalizacione mreže, Beograd, Februar 1999. godine prepoznaje nekoliko, praktično tri nivoa održavanja kanalizacije koji su se u praksi pokazali kao uspešni. To su:

- Redovno održavanje

Primenjuje se na objekte koji praktično nemaju oštećenja ili druge defekte te se redovnim održavanjem mogu dovesti u operativno stanje u toku 24 sata svakog dana (najbolje stanje kanalizacionih objekata). Podrazumeva se u ovom slučaju redovan spoljni pregled kanalizacionih objekata, redovno ispiranje, i povremeno CCTV snimanje. Podrazumevani step en urgencije je od redovnog spoljnjeg pregleda, po potrebi redovno ispiranje do redovnog spoljnjeg pregleda uz redovno ispiranje, po potrebi vanredno održavanje koje podrazumeva odgušenje kanalizacionih cevi i sl.).

- Vanredno održavanje

To su objekti gde se pored redovnog održavanja pojavljuje potreba za povremenim intervencijama - odgušenje kanalizacionih cevi i slično (srednje stanje kanalizacionih objekata). Podrazumevani step en urgencije je od odgušenja delimičnih zagušenja kanalizacionih cevi i sl. do odgušenja potpunih zagušenja kanalizacionih cevi, uklanjanja predmeta kao što su drveće, korenje drveća, kamen, šljunak, nanos i sl. iz kanalizacionih cevi i objekata.

- Investiciono održavanje

U ovom slučaju radi se o objektima kojima je potrebna sanacija, rekonstrukcija, revitalizacija, zamena (najlošije stanje kanalizacionih objekata). Podrazumevani stepen urgencije je od sanacije pukotina i otklanjanja manjih fizičkih oštećenja kanalizacionih objekata do potpune zamene postojećih kanalizacionih objekata novim.

Ostali radovi i radovi za druge podrazumevaju intervencije na kanalizacionom sistemu koje su u funkciji usklađenja njegove operativnosti sa okolinom.

U cilju korektnog detektovanja stanja postojeće kanalizacije sa pratećim objektima (cevovodi, šahtovi – revizioni silazi), izvršeni su odgovarajući geodetski radovi, pripremni radovi, spoljni pregled i unutrašnji pregled TV kamerom.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu pregledanih snimaka kanalizacionog sistema za otpadne vode, s obzirom na hidrauličku i funkcionalnu neispravnost većine deonica ovog kanalizacionog sistema, Obradivač je predloga da se izvrši rekonstrukcija određenih deonica.

Neophodno je izvršiti vanredno održavanje objekata kanalizacije i ukloniti nanose peska, šljunka i čvrstog otpada iz kanalizacionih objekata.

Takođe je neophodno nakon vanrednog održavanja izvršiti spoljni pregled kanalizacionih objekata, potom neposredno posle toga izvršiti ispiranje-čišćenje kanalizacije. Nakon ispiranja-čišćenja kanalizacije obavezno iz kanalizacionih objekata ukloniti nanose peska, šljunka i čvrstog otpada koji se ne mogu ukloniti hidrauličkim ispiranjem.

Nakon napred pomenutih aktivnosti neophodno je sprovesti investiciono održavanje kanalizacionih objekata, tamo gde je to neophodno.

Pošto se posmatra kanalizacioni sistem u smislu potrebe za investicionim održavanjem, zaključuje se da nije neophodno višekriterijumskim optimizacionim metodama AHP, VIKOR, niti primenom Fuzzi pristupa pri oceni da li su elementi kanalizacije predviđeni ili nisu za investiciono održavanje, predlog je da se kompletan sistem kanalizacije podvede pod investiciono održavanje u postupku ponovne revitalizacije kanalizacionog sistema.

Naknadno se mogu raditi optimizacije napred pomenutim metodama u smislu donošenja odluka u sprovođenju aktivnosti na održavanju kanalizacionog sistema.

Sa Naručiocem –preduzeće elektroprivrede – potrebno je utvrditi način rekonstrukcije, tj. da li će se rekonstrukcija izvršiti po trasi postojećih kolektora otpadne vode, uz rušenje istih ili će se rekonstrukcija izvršiti izgradnjom nove mreže u blizini stare mreže, pri čemu se postojeći kanalizacioni sistem ne bi rušio.

Deonicu u okviru Deponije uglja treba u investicionom održavanju u potpunosti izmestiti sa drugim kanalizacionim objektima koji imaju zajedničke elemente sa njom (revizione silaze) kako bi se omogućilo nesmetano funkcionisanje i održavanje kanalizacionog sistema.

Sve objekte kod Rezervoara nafte i tankvana zameniti i rekonstruisati. Postojeći objekti sa zastarelim sistemom zatvarača i objekata za tretman zauljenih voda, jer zatvarači moraju biti uvek zatvoreni kako bi se u tankvanama zadržali naftni derivati, otvaraju se pri pražnjenju i prečišćavanju zauljenih voda, moraju biti zamenjeni savremenim, ispravnim sistemom zatvarača i separatora.

Elementi kanalizacione mreže su stari, uglavnom više od 5 godina u intenzivnoj upotrebi, veći deo kanalizacione mreže je star nekoliko decenija. Uglavnom je za većinu objekata predmetne kanalizacione mreže potrebno sprovesti investiciono održavanje.

5. REFERENCE

- [1] Abu-Taleb, M.F., Mareschal, B. Water resources planning in the Middle East: Application of the PROMETHEE V multicriteria method. *European Journal of Operational Research*, 81, 1995, 500–511
- [2] Athawale, V.M., Chakraborty, S. Facility Layout Selection Using PROMETHEE II Method. *The IUP Journal of Operations Management*, 9(1-2), 2010, 81–98
- [3] del Cano, A.; de la Cruz, M. P.; Gomez, D.; Perez, M. Fuzzy method for analysing uncertainty in the sustainable design of concrete structures, *Journal of Civil Engineering and Management* 22(7), 2016, 924–935. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.928361>
- [4] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, ELABORAT – STRUČNO MIŠLJENJE O STANJU CEVOVODA SA PREDLOGOM INTERVENCIJA za „SNIMANJE PODZEMNIH, TUNELSKIH I KANALSKIH INSTALACIJA NA LOKACIJI TEKO A“, 2021
- [5] Jaskowski, P.; Biruk, S.; Bucon, R. Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment, *Automation in Construction* 19, 2010, 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.12.014>
- [6] Jevtic, M., Milojkovic, I., Stojnic, N. Research of the performance of pulse electrohydrodynamics in blockage removal, *Water Science & Technology*, 64.1, 2011, 102–108
- [7] Kessili, A., Benmamar, S. Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science & Technology*, 73(2), 2016, 283–291
- [8] Milojković, I., Despotović, J., Karanović, I. Model for Maintenance of Sewerage System based on Inspection. IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference, 17-19 September 2015, Belgrade, Serbia, Publisher: IWA - International Water Association, 2015, 538-543
- [9] Milojković, I., Romanović, I. Analiza varijantnih rešenja rekonstrukcije KCS „Železnička stanica“ metodom PROMETHEE, 39. Međunarodni stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija '18“, Valjevo, 09–12.10.2018., Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, ISBN 978-86-80067-39-1, 2018, 121-126
- [10] Milojković, I. Uporedna analiza varijantnih rešenja rekonstrukcije KCS „Železnička stanica“ metodama VIKOR i PROMETHEE, 40. Međunarodna konferencija „Vodovod i kanalizacija '19“, Novi Sad, 01.–04.10.2019., Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, ISBN 978-86-80067-42-1, 2019a, 322-327
- [11] Milojković, I. Uporedna analiza prečišćavanja industrijskih otpadnih voda u HE „Đerdap 1“ metodama VIKOR i PROMETHEE, 48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda „VODA 2019“, 04.-06. jun 2019., Zlatibor, Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd, ISBN 978-86-916753-5-6, 2019b, 329-338
- [12] Opricović, S. Compromise in Cooperative Game and the Vikor Method *Yugoslav Journal of Operations Research*. Volume 19. Number 2., 2009, 225-238. DOI:10.2298/YUJOR0902225O <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0354-02430902225O>
- [13] Pan, N. F. Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method, *Automation in Construction* 17., 2008, 958–965. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.03.005>
- [14] Polat, G. Subcontractor selection using the integration of the AHP and PROMETHEE methods, *Journal of Civil Engineering and Management* 22(8), 2016, 1042–1054. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.948910>

- [15] Prascevic, N.; Prascevic, Z. Application of fuzzy AHP method on eigenvalues for decision making in construction industry, *Technical Gazette* 23(1), 2016, 57–64.
- [16] Prascevic, N., Prascevic, Z. APPLICATION OF FUZZY AHP FOR RANKING AND SELECTION OF ALTERNATIVES IN CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT, *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, ISSN 1392-3730 / eISSN 1822-3605, Volume 23(8), 2017, 1123–1135
<https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1388278>
- [17] Savić, A.D. The use of data-driven methodologies for prediction of water and wastewater asset failures, Centre for Water Systems, University of Exeter, North Park Road, Exeter, EX4 4QF, United Kingdom, Chapter published in the Springer book: *Risk Management of Water Supply and Sanitation Systems*, 2009, 181-190
- [18] Taylan, O.; Bafail, A. O.; Abdulaal, R. M. S.; Kabli, M. R. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, *Applied Soft Computing* 17, 2014, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.01.003>