

IZBOR OPTIMALNE TEHNOLOGIJE IZGRADNJE KANALIZACIONE CRPNE STANICE MAKIŠ KORIŠĆENJEM METODE AHP-VIKOR SA FAZI PRISTUPOM

Ivan Milojković*, Nataša Prašćević**

* *Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ , ul. Jaroslava Černog 80, Beograd, ivan.milojkovic@jcerni.rs, ORCID: 0000-0003-4108-7774*

** *Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet · Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, natasa@grf.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-8696-8551*

REZIME

Analizirana su projektna rešenja za kanalizaciju, prečišćavanje i pumpanje atmosferskih otpadnih voda u Kanalizacionoj pumpnoj stanici (PS) Makiš. Analiza je sprovedena u odnosu na izgradnju sagledavajući korišćenje metode višekriterijumske optimizacije uz razmatranje različitih načina kanalisanja, tretmana i evakuacije otpadnih voda. Analizirani su mnogi kriterijumi prema kojima su ocenjena različita varijantna rešenja za izgradnju kanalizacione PS Makiš. Razmatrani su različiti načini projektovanja i izgradnje objekata. Korišćene su metode AHP, VIKOR i Fuzzy pristup.

KLJUČNE REČI: otpadne vode, pumpna stanica, AHP, VIKOR, Fuzzy

CHOICE OF THE OPTIMUM TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF SEWAGE PUMPING STATION MAKISH USING THE AHP-VIKOR METHOD WITH A FUZZY APPROACH

ABSTRACT

Project solutions for sewage treatment, purification and pumping of atmospheric wastewater in Sewage Pumping Station (PS) Makiš were analyzed. The analysis was carried out in relation to the construction considering the use of the multi-criteria optimization method with the consideration of different ways of channeling, treatment, and evacuation of wastewater. Many criteria were analyzed according to which different variant solutions for the construction of the Makiš sewage treatment plant were evaluated. Different ways of designing and building buildings were considered. AHP, VIKOR and Fuzzy approach methods were used.

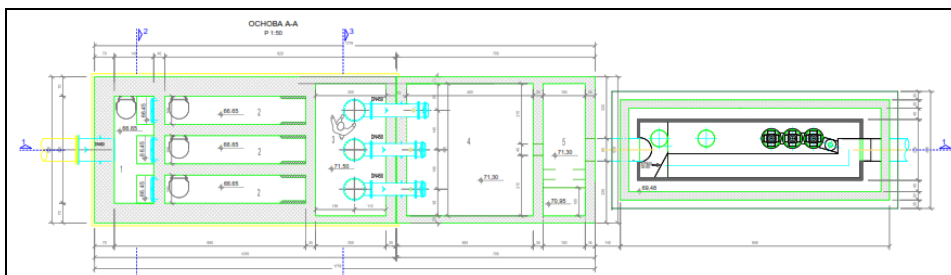
KEY WORDS: wastewater, pumping station, AHP, VIKOR, Fuzzy

UVOD

Istražuje se optimalno projektovanje i izgradnja pumpne stanice atmosferskih voda za kompleks Makiš (Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, 2020). Razmatrani su cevovodi i šahtovi oko tretmana i pumpne stanice potrebni za pravilno funkcionisanje sistema kao i cevovod od pumpne stanice do recipijenta.

Iz pumpne stanice, građevine 1 i separatora atmosferske vode se po projektu gravitaciono, cevovodom, odvode u kanal „Strugara“. U ovoj višekriterijumskoj proceduri korišćene su metode višekriterijumske optimizacije AHP i VIKOR uz primenu Fazi skupova na posmatrane alternative i kriterijume.

Razmatra se rad kanalizacione crpne stanice i tretman atmosferskih voda sa pripadajućom kanalizacijom (Jevtic i sar. , 2011) , (Kessili i Benmamar, 2016) , (Milojković, 2019a) , (Milojković, 2019b) , (Milojković i sar. , 2015) , (Milojković i Romanović, 2018) , (Savić, 2009). Metoda Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP), Metoda Višekriterijumskog Kompromisnog Rešenja (VIKOR) i teorija fazi logike su korišćene u višekriterijumskoj optimizaciji pri izboru metode izvođenja objekata. Metoda Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP), poput drugih višekriterijumskih metoda (Abu-Taleb i Mareschal, 1995), (Athawale i Chakraborty, 2010), (del Cano i sar. , 2016) se koristi za dobijanje prioriteta faktora rizika u građevinskim projektima. Koriste se modeli (Jaskowski i sar. , 2010), (Prascevic N. i Prascevic Z. , 2016) , (Prascevic N. i Prascevic Z. , 2017) za izbor odgovarajuće metode projektovanja i izvođenja objekata zasnovani na fazi AHP sa trouglastim i trapezoidnim rasplinutim brojevima (elementi fazi skupova) sa konceptom α reza. N. Prašćević i Ž. Prašćević (Prascevic N. i Prascevic Z. , 2016) razmatrali su problem izbora konstruktivnog sistema za izgradnju industrijske hale po propisanim kriterijumima.



Slika 1. – Osnova pumpne stanice i separatora
Figure 1. The basis of the pumping station and separator

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.

METODE

Metoda Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP), poput drugih višekriterijumskih metoda (Abu-Taleb i Mareschal, 1995), (Athawale i Chakraborty, 2010), (del Cano i sar. , 2016), se koristi za dobijanje prioriteta faktora rizika u građevinskim projektima. Pan (Pan, 2008) 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. (Jaskowski i sar. , 2010) 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. (Taylan i sar. , 2010) su koristili fazi AHP i fazi TOPSIS metode za odabir građevinskih projekata i procenu rizika. N. Prašćević i Ž. Prašćević (Prascevic N. i Prascevic Z., 2016) razmatrali su problem izbora konstruktivnog sistema za izgradnju industrijske hale po propisanim kriterijumima. Polat (Polat, 2016) je predložio integrisani pristup odlučivanju, koji koristi AHP i PROMETEE zajedno za problem izbora podizvođača. del Kano i dr. (del Cano i sar. , 2016) predstavili su metod za analizu neizvesnosti u održivom projektovanju betonskih konstrukcija. Ovaj metod se zasniva na stabilima 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 (Milojković, 2019a; Opricović, 2009) 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.

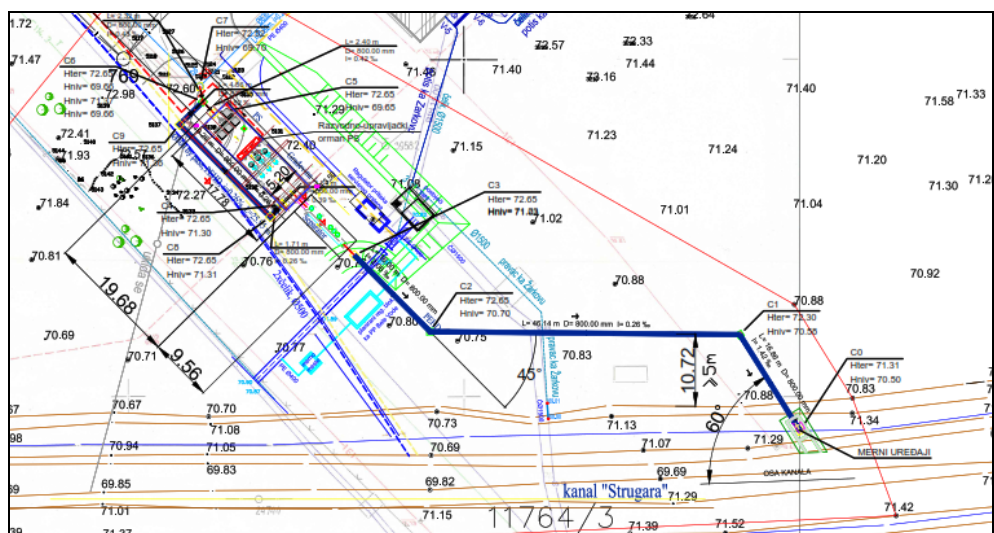
Teorija fazi logike ima za cilj da obezbedi matematički okvir za tretiranje nepreciznosti i neodređenosti imanentne čovekovim sazajnim procesima kao što su mišljenje i rezonovanje. Uobičajeni način rezonovanja čoveka pri rešavanju svakodnevnih problema počiva na rečima (kvalitativni pristup), a ređe 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.

REZULTATI I DISKUSIJA

U analizi su razmatrana alternativna rešenja za prečišćavanje atmosferskih voda za kompleks Makiš, cevovode i šahtove oko prečišćavanja i crpne stanice. Konkretno, u ovom radu se analizira projektovanje i izvođenje objekta pumpne stanice (PS) i cevovoda od pumpne stanice do recipijenta – kanala Strugara. Zgrada zgrade crpne stanice je pravougaone osnove, dimenzija 5,4 k 10,9 m ukupne visine 7,75 m. Iskopan je do nadmorske visine od 65,05 metara i pronađen je u sloju peska i šljunka. Postoje dve varijante projektovanja i izgradnje pumpne stanice:

- Varijanta 1 – u ovom alternativnom rešenju – alternativa podrazumeva izvođenje PS u otvorenom iskopu sa izlivom pod pravim uglom u odnosu na osu kanala.
- Varijanta 2 – u ovom alternativnom rešenju – alternativa podrazumeva izvođenje PS u otvorenom iskopu sa izlivom pod uglom u odnosu na osu kanala.
- Varijanta 3 – ova alternativa predviđa da se crpna stanica izvodi kao otvoreni keson – bunar sa izlivom pod pravim uglom u odnosu na osu kanala.
- Varijanta 4 - ova alternativa predviđa da se crpna stanica projektuje kao otvoreni keson – bunar sa izlivom pod uglom u odnosu na osu kanala. Bunar se spušta potkopavanjem bez crpljenja vode pri spuštanju na projektovanu kotu. Za spuštanje bunara potrebno je formirati radni plato.



Slika 2. – Situacija sistema kanalizacione PS Makiš
Figure 2. The layout of the PS Makish sewer system

Alternative se vrednuju na osnovu sledećih kriterijuma:

- K1 Uticaj izvođenja iskopa na postojeće objekte
- K2 Uticaj na postojeće infrastrukturne vodove
- K3 Uticaj na zauzetost građevinske parcele iskopom
- K4 Uticaj građevinskih radova na rad PP Makiš
- K5 Uticaj podzemnih voda na izvođenje
- K6 Uticaj na težinu objekta

Metodom Analitičkih Hijerarhijskih Procesa (AHP) može da se formira model u četiri faze [13], primenjeno je i u kombinovanoj AHP-VIKOR metodi sa Fuzzy pristupom:

- Strukturiranje problema
- Prikupljanje podataka
- Ocenjivanje relativnih težina
- Određivanje rešenja problema.

U tabeli u nastavku dati su obrađeni ulazni podaci za optimizacioni model i primenu metode AHP-VIKOR sa Fuzzy pristupom za određivanje optimalne tehnologije projektovanja i izgradnje.

Tabela 1. Obrađeni ulazni podaci za primenu metode AHP-VIKOR sa Fuzzy pristupom
Table 1. Processed input data for the application of the AHP-VIKOR method with the Fuzzy approach

AHP-VIKOR sa Fuzzy pristupom

Alternative	Vrednosti kriterijumskih funkcija					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0.05	0.049	0.071	0.115	0.072	0.523
A2	0.05	0.049	0.040	0.064	0.041	0.313
A3	0.45	0.270	0.331	0.270	0.444	0.082
A4	0.45	0.633	0.557	0.551	0.444	0.082
Ekstremizacija	max	max	max	max	max	max

U nastavku prikazuje se procedura višekriterijumske optimizacije primenom nove AHP – VIKOR metode sa Fuzzi pristupom. Kao optimalno je dobijeno rešenje: Varijanta 4 - ova alternativa predviđa da se pumpna stanica izvede kao otvoreni keson - bunar sa izlivom pod uglom u odnosu na osu kanala koji se nakon gore pomenute detaljne analize primenom metoda višekriterijumske optimizacije (MCO) smatra boljim od ostalih varijanti.



Slika 3. – Dijagram toka aktivnosti AHP – VIKOR metode sa Fuzzy pristupom
 Figure 3. Activity Flowchart AHP – VIKOR Method With Fuzzy Approach

ZAKLJUČAK

U prikazanoj proceduri višekriterijumske optimizacije primenom metode AHP – VIKOR sa Fuzzi pristupom kao optimalno je dobijeno sledeće rešenje: Varijanta 4 - ova alternativa predviđa da se pumpna stanica izvede kao otvoreni keson - bunar sa izlivom pod uglom u odnosu na osu kanala koji se nakon gore pomenute detaljne analize primenom metoda višekriterijumske optimizacije (MCO) smatra boljim od ostalih varijanti.

Rezultat ove optimizacije u potpunosti se slaže sa stvarnim zahtevima zainteresovanih i nadležnih komisija za izgradnju predmetnih objekata. Kao optimalno rešenje usvojena je varijanta 4. Ovom alternativom je predviđeno da se crpna stanica izvede kao otvoreni keson - bunar sa izlivom pod uglom u odnosu na osu kanala koji u potpunosti ispunjava zahteve naručioca. Bunarski način izgradnje crpne stanice izbegava interakciju sa okolnim cevovodima, posebno sa magistralnim vodovodom Ø1500 čija je namena snabdevanje grada Beograda pijaćom vodom, kao i sa spoljnim servisnim prstenom fabrike za proizvodnju vode za piće Makiš Ø500 čije oštećenje i prekid izaziva prekid rada cele fabrike za proizvodnju vode za piće Makiš i prekid vodosnabdevanja potrošača na području grada Beograda sa oko 2.000.000 stanovnika. Jednako je važno izbegavati interakciju sa drugim vodovima u neposrednom okruženju ostavljajući dovoljno prostora za planirano izvođenje i održavanje regulatora pritiska i sl. Dobija se nešto teža građevinska konstrukcija, ali je znatno manje štetna u odnosu na ukupne probleme koji su ovom izabranom varijantom izbegnuti.

LITERATURA:

- 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
- Athawale, V.M., Chakraborty, S..Facility Layout Selection Using PROMETHEE II Method. *The IUP Journal of Operations Management*, 9(1-2) (2010) 81–98
- 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>
- Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd IZRADA PROJEKTA ZA IZVOĐENJE I IZGRADNJA PUMPNE STANICE I OBJEKATA ZA TRETMAN I ODVOĐENJE ATMOSFERSKIH VODA – MAKIŠ, Idejno rešenje (2020)
- 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>
- Jevtic, M., Milojkovic, I., Stojnic, N. Research of the performance of pulse electrohydrodynamics in blockage removal, *Water Science & Technology*, 64.1 (2011) 102-108
- Kessili, A., Benmamar, S. Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science & Technology*, 73(2) (2016) 283–291
- 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
- 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
- Milojković, I. Upporedna 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
- Milojković, I. Usporedna 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
- Opricović, S. 2009 Compromise in Cooperative Game and the Vikor Method Yugoslav Journal of Operations Research. Volume 19. Number 2. 225-238. DOI:10.2298/YUJOR0902225O <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0354-02430902225O>
- 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>
- 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>
- Prascevic, N.; Prascevic, Z. Application of fuzzy AHP method on eigenvalues for decision making in construction industry, Technical Gazette 23(1): (2016) 57–64.
- 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>
- 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
- 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>