

PROCENA I UPRAVLJANJE RIZIKOM U VODOSISTEMU "RZAV" I VODOVODU POŽEGA

Violeta CIBULIĆ, Novica STALETOVIĆ, Maja TRIFUNOVIĆ
Univerzitet "Union-Nikola Tesla", Beograd, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine,

Nebojša VELJKOVIĆ
Republička agencija za zaštitu životne sredine, Beograd

REZIME

Kvalitet podzemnih i površinskih voda koje se koriste za vodosnabdevanje veoma je neujednačen. Varira od voda visokog kvaliteta do onih koje je neophodno prečistiti adekvatnim tehnološkim postupcima, da bi se koristile za potrebe vodosnabdevanja, rekreaciju građana, i u prehrambenoj industriji. Upravo zato veoma je važna procena rizika u vodovodnim sistemima, identifikovanje opasnosti-hazarda, a to su patogene bakterije i opasne i toksične hemijske supstance koje se mogu naći u vodi kao posledica nepovoljnog antropogenog uticaja ili mogu nastati kao nus proizvodni pri dezinfekciji vode za piće. One zajedno predstavljaju *indikatore rizika* kvaliteta vode za piće. U radu su razmatrani principi procene i upravljanja rizikom u vodosistemu JP „Rzav”, razmatranjem kvaliteta vode za piće JKP „Naš dom” Požega, kao jednog od šest gradova koji se snabdevaju vodom za piće iz ovog vodosistema. Cilj rada je da se na osnovu definisanih indikatora rizika za preradu sirove vode u vodu za piće, definišu ključne postavke za procenu i upravljanje rizikom u vodosistemu „Rzav” i vodovodu Požega, kako bi se ocenilo stanje u upravljanju rizikom i sprečili eventualni akcidenti.

Ključne reči: hemijski/mikrobiološki indikatori rizika, monitoring voda, procena rizika, akcident

1. UVOD

Nedovoljno kontrolisana urbanizacija naselja, kao i nedovoljno odgovoran odnos prema prirodnim resursima, uslovljavaju zagađenje životne sredine, a među najteže oblike zagađenja svakako ubrajamo zagađenje voda, kako površinskih tako i podzemnih. Voda je neophodna sirovina u industrijskoj proizvodnji,

energetici, prehrambenoj industriji, za komunalne potrebe i dr. Najviše zahteve za čistoću vode postavlja prehrambena industrija kao i komunalni sistemi za snabdevanje građana sanitarno-higijenski ispravnom vodom za piće. Zato su od velikog značaja svi procesi obrade vode kojima se uklanjaju čvrste suspendovane, rastvorene, organske i neorganske hemijske komponente, bakterije i hemijske materije koje nastaju kao nus proizvodi dezinfekcije vode hlornim preparatima. Naime, prirodno prisutne organske materije u vodi - POM, sa hlorom mogu nagraditi toksične i kancerogene materije trihalometane – THM, koje, pored toga što vodi daju loš ukus i miris, predstavljaju veoma toksične i kancerogene materije [1-4]. JKP „Naš dom” Požega je deo regionalnog vodosistema „Rzav” u kome se proizvodnja vode odvija u Fabrici vode u Arilju, odakle se vodom za piće snabdevaju naselja: *Arilje, Požega, Lučani, Čačak i Gornji Milanovac*. U ovom radu je sagledan tehnološki proces proizvodnje vode za piće u postrojenju za preradu vode - PPV u Arilju i način distribucije do navedenih gradova. Takođe su identifikovane rizične tačke, procenjen je postojeći rizik i dat je okvir za upravljanje procenjenim rizikom u vodovodu JKP „Naš dom” Požega, u cilju obezbeđenja higijenski ispravne vode svim korisnicima. Monitoring kvaliteta vode, podrazumeva redovno praćenje fizičko-hemijskih, hemijskih, mikrobioloških parametara kvaliteta vode, i predstavlja ključni elemenat u oceni da li je priprema i distribucija vode za piće sprovedena na adekvatan način i dali su prepoznati i procenjeni rizici po zagađenje vode pod kontrolom. Predloženi model procene i upravljanja rizikom definiše dijagram toka, kriterijume identifikacije kritičnih tačaka u tehnološkom postupku obrade vode i korake koje u tom procesu treba preduzeti [5,6]. Materije koje imaju potencijal da prouzrokuju mikrobiološku neispravnost vode za piće – različite patogene bakterije i fizičko-hemijsku neispravnost vode -

opasne i toksične hemijske supstance koje se koriste ili nastaju u tehnologiji prerade vode ili su posledica zagađujućeg antropogenog uticaja, zajedno predstavljaju *indikator rizika kvalitet vode za piće* [5-7].

2. OPŠTA RAZMATRANJA

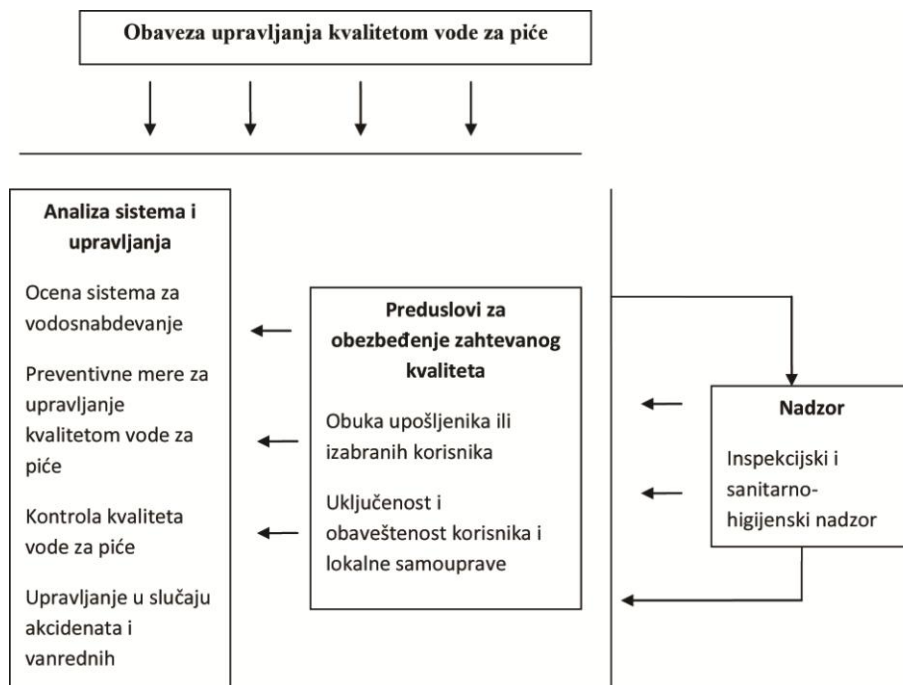
Najefikasniji način konstantnog obezbeđivanja higijenski ispravne vode za piće je održavanje kvaliteta vode za piće u fizičko-hemijskom i mikrobiološkom pogledu. Zagađujuće materije u vodi za piće se mogu svrstati u više grupa: organske materije koje za svoju oksidaciju troše kiseonik, različiti mikroorganizmi koji mogu biti uzročnici mnogih zaraznih bolesti, nutrijenti kao sredstva koja podstiču razvitak biljnog sveta u vodi, neorganska jedinjenja, sedimentne materije, sintetička organska jedinjenja, nafta i njeni derivati [1,5]. Sve ove materije predstavljaju rizik po kvalitet vode za piće, pa je ključni zadatak primena, razvoj i unapređenje metoda za procenu i upravljanje rizikom. Na Slici 1. data je matrica upravljanja rizikom kvaliteta vode za piće u vodovodnim sistemima.

Procena rizika po kvalitet vode za piće mora da obuhvati sve faze u vodosnabdevanju - od vodozahvata do krajnjih korisnika, uz stalan monitoring kvaliteta

vode za piće [1,5]. Na taj način se definiše model procene rizika sa dijagramom toka, zatim kriterijumi za identifikaciju kritičnih tačaka na vodozahvatu, u tehnološkom postupku proizvodnje i distribucije vode za piće, kao i koraci koje treba preduzeti u upravljanju vodovodom u JKP „Naš dom“ Požega.

Mikrobiološka ispravnost vode za piće - Najčešći rizik po kvalitet vode za piće, a time i po životnu sredinu i zdravlje potrošača, je zagađenje vode mikroorganizmima uzrokovano direktnim ili indirektnim putem, bilo da su oni antropogenog ili animalnog porekla. Posebnu pretnju predstavljaju patogeni mikroorganizmi bakterije, virusi i protozoe, koji mogu izazvati epidemije i oboljenja koja se prenose vodom, najčešće infekcije u celoj zajednici koja koristi vodu za piće iz istog vodovodnog sistema. To su različita oboljenja, od blagog gastroenteritisa do ozbiljnih dijareja, dizenterije, hepatitisa, kolere ili tifusne groznice[4,5].

Fizičko-hemijska ispravnost vode za piće - Fizičke karakteristike vode: boja, mutnoća, ukus, miris, pH i temperatura, najčešće nisu značajne za zdravlje potrošača, ali utiču na organoleptičke osobine vode, tj. na opredeljenje ljudi da piju određenu vodu [6,7]. Hemijske karakteristike, gde spada sadržaj različitih soli



Slika1. Matrica ocene i upravljanja rizikom u vodovodnim sistemima

kalcijuma i magnezijuma, mineralnih materija, katjona različitih metala i rastvorenog kiseonika, značajni su za dešavanja u vodovodnim postrojenjima i/ili distributivnoj mreži. Sa zdravstvene tačke gledišta, za kvalitet vode za piće mnogo značajnije je prekoračenje koncentracija organskih materija, kao što su pesticidi, polihlorovani bifenili, fenoli, ulja i masti i drugi ugljovodonici. Razlog tome je što su te hemijske materije toksične, za neke je dokazano da su kancerogene, a neke su i mutagene. Organske supstance su obično prisutne u vodi za piće u veoma malim koncentracijama. Javljaju se najčešće kao posledica uticaja samog izvorišta - prirodni sadržaj organskih materija - POM, zatim kao nusproizvodi dezinfekcije vode, ili kao posledica antropogenih aktivnosti [8,9].

Nusproizvodi dezinfekcije nastaju reakcijom dezinfekcionog sredstva i organskih materija koje su prisutne u vodi iznad dozvoljene granice. One imaju svojstvo da sa hlorom, kao sredstvom za dezinfekciju vode za piće, grade trihalometane - THM, koji su dokazano kancerogene i mutagene supstance. Zato se kod voda koje imaju povećan sadržaj POM-a (iznad MDK od 8mg/dm^3), u postupku prečišćavanja najpre vrši predoksidacija nekim od oksidanasa (hlor, ozon), čime se smanjuje njihova koncentracija, a zatim se dalje primenjuju tehnološke operacije prečišćavanja vode predviđene projektom [10,11].

U fizičko-hemijske opasnosti po kvalitet vode za piće, spadaju još i povišene koncentracije rezidua korišćenih koagulanta, flokulanta, kao i dezinfekcionog sredstava. To su koagulant aluminijumsulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), flokulant organski polimer, i hlor kao sredstvo za dezinfekciju, koji je garant mikrobiološke ispravnosti vode za piće u vodovodnoj mreži. Kao posledica antropogenih uticaja, moguće je prisustvo različitih hemijskih zagađivača iz neprečišćenih otpadnih voda naselja i industrije, zatim pesticida i rezidua različitih hemijskih supstanci koje se koriste u poljoprivredi. Svi ti potencijalni zagađivači stvaraju značajan rizik po kvalitet vode za piće, životnu sredinu i zdravlje ljudi [12,13].

Važan deo upravljanja rizikom po kvalitet vode za piće u oblasti javnog vodosnabdevanja su poslovi sanitarnog nadzora, koje obavljaju sanitarni inspektori na osnovu ovlašćenja utvrđenih zakonom [14]. Suštinska karakteristika delotvorne procene i upravljanja rizikom je prevencija u vodovodnom sistemu kako bi se sprečila opasnost od akcidenata i rizik po kvalitet vode za piće sveo na prihvatljiv nivo. Na ovaj način se upravlja

rizikom u svim fazama proizvodnje vode za piće od izvorišta, rezervoara i distributivnog sistema.

2.1 Indikatori rizika kvaliteta vode za piće

Rezultati praćenja i merenja kvaliteta vode (monitoring), kako neprerađene vode tako i vode za piće (prerađena), predstavljaju proveru uspešnosti funkcionisanja svih barijera i primenjenih preventivnih mera. Obim praćenja i merenja (monitoringa) vode za piće treba da obuhvati ključne parametre kvaliteta:

- (1) Indikatore mikrobiološke ispravnosti vode za piće;
- (2) Rezidualnu koncentraciju dezinfekcionog sredstva;
- (3) Koncentraciju eventualno prisutnih sporednih proizvoda dezinfekcije (THM);
- (4) Potencijalne zagađujuće opasne i toksične materije identifikovane u analizi vode za piće,
- (5) Sve parametre kvaliteta značajne za zdravlje potrošača, npr. metale za koje se može očekivati da su iznad MDK, čak i ako se to dešava povremeno [7,8].

Higijenska ispravnost vode za piće utvrđuje se sistematskim monitoringom čiji je broj i obim određen Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće i Pravilnikom o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine [14-16]. Monitoring kvaliteta vode za piće je onoliko dobar koliko su i prikupljeni podaci reprezentativni, pouzdani i potpuno validni, zbog čega se ovaj posao poverava laboratorijama koje su akreditovane za ovakvu vrstu ispitivanja.

Procenjivanjem nivoa rizika po kvalitet vode za piće na osnovu indikatora kvaliteta vode za piće i njihovog uticaja na zdravlje, utvrđuje se u kojoj meri je snabdevanje vodom za piće u skladu sa sanitarno-higijenskim uslovima i standardima (Tabela 1). Korišćenjem indikatora rizika – mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti vode za piće i njihovih odgovarajućih procenata neispravnosti, određuje se nivo rizika po kvalitet vode za piće u vodosistemu, opis (karakterizacija) rizika kao i njegov negativan uticaj na snabdevnost i kvalitet vode za piće, Tabela 2 [6,7].

Pri proceni rizika po kvalitet vode za piće u sistemu za vodosnabdevanje neophodno je jasno definisati i protokole internih i eksternih komunikacija i obaveštavanja zainteresovane javnosti, uz obavezno uključivanje lokalne samouprave, republičke inspekcije zdravlja, organa vodoprivrede i subjekata za zaštitu životne sredine.

Tabela 1. Nivo rizika prema indikatorima kvaliteta vode za piće i njihovog uticaja na zdravlje ljudi

Nivo rizika	Nivo rizika prema indikatorima kvaliteta: mikrobiologija/hemija	Uticaj na zdravlje ljudi
I	Neznatan/ Prihvatljiv	Neznatan uticaj
II	Mali /Delimično prihvatlj.	Mali uticaj na mali broj stanovnika
III	Umeren/ Loš	Manji uticaj na veći broj stanovnika
IV	Veliki / Veoma loš	Veliki uticaj na mali broj stanovnika
V	Ogroman/ Alarmantan	Vrlo veliki uticaj na veliki broj stanovnika

Tabela 2. Nivo i opis rizika prema procentu neispravnosti indikatora kvaliteta vode za piće

Nivo rizika	Neispravnost uzoraka, %		Opis rizika	
	Fizičko-hemijski	Mikrobiološki	Fizičko-hemijski	Mikrobiološki
I	<5	<2	Prihvatljiv Neznatan	
II	5,1-10	2,1-5	Delimično prihvatljiv	Mali
III	10,1-20	5,1-10	Loš	Umeren
IV	20,1-50	10,1-25	Veoma loš	Veliki
V	>50,1	>25,1	Alarmantan Ogroman	

3. JAVNO PREDUZEĆE ZA VODOSNABDEVANJE "RZAV"

Regionalni sistem vodosnabdevanja "Rzav" u svim dosadašnjim istraživanjima i strateškim planskim dokumentima ima značajno mesto u rešavanju problema vodosnabdevanja gradova Zapadne Srbije [17,18]. Konceptija ovog vodosistema zasniva se na usvojenom vodoprivrednom rešenju stvaranjem Regionalnog vodovodostistema "Rzav" koji vodom za piće snabdeva gradove: Arilje, Požega, Lučane, Čačak i Gornji Milanovac.

Osnovni elementi vodosistema "Rzav" su: akumulacija "Arilje" na profilu "Svrackovo", Fabrika za preradu vode u Arilju i magistralni cevovod koji dovodi vodu za piće do gradskih rezervoara.

Princip procene i upravljanja rizikom po kvalitet vode za piće u ovom vodosistemu, razmatran je na primeru JKP „Naš dom“ Požega, koji funkcioniše u okviru regionalnog vodosistema "Rzav". Principi izneti u radu, omogućili su da se proceni rizik kvaliteta vode za piće u vodovodu JKP „Naš dom“ Požega [5,6]. Kontrola

kvaliteta vode za piće vrši se redovnim praćenjem fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških indikatora kvaliteta vode iz vodovoda Požega [15].

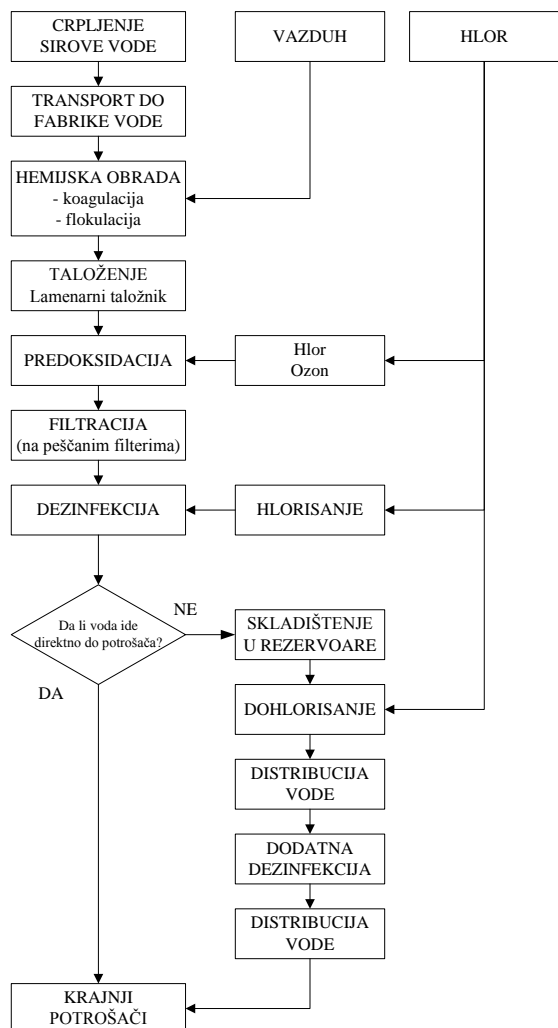
3.1. Metodologija ispitivanja kvaliteta vode za piće

Monitoring kvaliteta vode za piće iz vodovoda JKP „Naš dom“ Požega obuhvata kontrolu četiri segmenta: izvorište, preradu i dezinfekciju vode, rezervoare i distributivnu mrežu. Na svakom od ovih segmenata moguća je kontaminacija vode, što predstavlja potencijalni rizik po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Zato kontrola vode za piće predstavlja ujedno i primenu skupa preventivnih mera koje se sprovode kako bi se osigurao traženi kvalitet vode za piće. Kontrola kvaliteta vode za piće vrši se redovnim praćenjem fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških parametara na samom postrojenju u pogonskoj laboratoriji. Zavod za javno zdravlje Užice - ZZJZU vrši redovnu kontrolu sirove i prečišćene vode na postrojenju u Arilju i u vodovodu Požega [14-16]. U saradnji sa Gradskim zavodom za javno zdravlje iz Beograda dva puta godišnje ZZJZU vrši tzv. veliku analizu sirove vode na vodozahvatu iz Rzava i prerađene - pijaće vode iz vodovoda Požega, prateći koncentraciju pesticida, deterdženata i ugljovodonika. U slučaju pojave i prekoračenja koncentracije nekog od napred navedenih parametara iznad maksimalno dozvoljene granice, deluje se tako što se na lokalnu traži uzrok, ili ako se radi o neispravnosti na ulazu u vodovod Požege - Gorobilje, odmah se obaveštava uprava vodosistema "Rzav" [19,20].

3.2. Tehnologija prečišćavanja i kvalitet vode u vodosistemu Rzav

Na padinama brda Klik, iznad Arilja podignuta je fabrika za preradu vode, čija je realizacija predviđena fazno. U prvoj fazi je sagrađena fabrika kapaciteta 1200l/s prečišćene vode. Tehnologija, upravljački sistem, kontrola i dr., izgrađeni su za konačnu fazu, 2300l/s čiste vode, dok se u drugoj fazi grade samo taložnici i filtri [19,21]. Na Slici 2 prikazana je tehnološka šema prerade vode u vodosistemu "Rzav". Sa završetkom radova na vodovodnom sistemu trebalo je da se završi i veštačka akumulacija "Svrackovo", koja je predviđena kao trajno izvorište vodosistema "Rzav". Međutim, dinamika izgradnje akumulacije nije pratila dinamiku izgradnje fabrike vode. Da bi se vodovodni sistem mogao pustiti u eksploataciju, vodozahvat sirove vode iz Velikog Rzava privremeno je formiran na vodozahvatu "Ševelj". Radi se o bujičarskoj pregradi

podignutoj još davne 1965.godine u cilju zaštite od velikih poplava koje su se tada desile u Zapadnoj Srbiji.



Slika 2. Tehnološka šema obrade vode u PPV "Rzav"

Tehnološki proces prerade vode sastoji se od procesa bistrenja koji obuhvata koagulaciju i flokulaciju sa delimičnom recirkulacijom mulja i taloženje u lamelarnim taložnicima. Kao koagulant se koristi aluminijumsulfat, a kao flokulant polielektrolit i ovaj proces se odvija u tri stepena. Nastale flokule se talože u lamelarnim taložnicima. Postoje dve linije taložnika, u kojima se voda između lamela kreće odozdo na gore, pri čemu dolazi do izdvajanja oformljenih flokula koje padaju u prostor za mulj. Posle bistrenja, voda se uvodi u komore za ozoniranje. Ozon predstavlja jako oksidaciono sredstvo koje ovde, u ovoj fazi, ima predoksidacionu funkciju. Naime, ozon kao jako

oksidaciono sredstvo oksidiše prirodno prisutne organske materije, uglavnom huminske i fulvo kiseline, koje sa hlorom pri procesu dezinfekcije mogu nagraditi kancerogene materije trihalometane - THM. Takođe pri ovom procesu se oksidacijom uklanja gvožđe, mangan, boja, miris, efikasnije deluje na uklanjanje patoloških mikroorganizama i klica (bakterije i virusi). Ovakvo obrađena voda ide na filtriranje na peščanim filterima, kojih ima osam sa peščanom ispunom od najkrupnije do najfinije granulacije peska. Kvalitet filtrirane vode meri se kontinualno preko mutnoće u pogonskoj laboratoriji. Nivo u filterima se održava preko sonde sa kontinualnim merenjem koje reguliše rad zatvarača na dovodu i kada se isti potpuno otvori, filter automatski ide na pranje. Prečišćena voda ide na hlorisanje. Završno hlorisanje se vrši automatskim doziranjem hlora u rezervoare čiste vode. Takozvano korektivno hlorisanje vrši se još i u cevovodu ka potrošačima da bi se održao nivo rezidualnog hlora u prečišćenoj vodi, i u prijemnim rezervoarima čiste vode na ulazu svakog od gradskih vodovoda. Koncentracija hlora u vodi koja se upućuje u mrežu, meri se kontinualno na fabrici vode i registruje u dispečerskom centru.

U Tabeli 3 prikazani su rezultati ispitivanja sirove vode sa vodozahvata "Ševelj", kao i prečišćene vode u fabrici vode "Rzav" u Arilju, koja se inače distribuira do svih gradova potrošača pa i Požege [19,24]. Analizom rezultata ispitivanja sirove vode vidi se da se radi o bezbojnoj bistroj vodi, 0,5NTU, bez mirisa, slabo alkalne reakcije, pH je 8,1 i elektroprovodljivosti 320 μ S/cm, što govori da se radi o slabije mineralizovanoj vodi. Prema ukupnoj tvrdoći spada u umereno tvrde vode, UT je 10,6 $^{\circ}$ dH, od čega je stalna tvrdoća čak 7,5 $^{\circ}$ dH, a prolazna 3,1 $^{\circ}$ dH. Ukupne materije prisutne u sirovoj vodi, izražene preko parametra ukupni suvi ostatak, su 204mg/dm³, što ukazuje da se radi o slabo mineralizovanoj vodi. Sadržaj nitrata je 3,30mg/dm³ i amonijaka <0,05mg/dm³, što je daleko ispod MDK za vode za piće, dok je koncentracija nitrita ispod granice detekcije. Slično je i sa koncentracijom ortofosfata, koja je takodje niska, 0,02mg/dm³. Sadržaj organskih materija, izražen kao utrošak kalijumpermanganata, je 4mg/dm³, što je daleko ispod maksimalno dozvoljene koncentracije, a obradom se smanjuje na 2,2mg/dm³. Međutim, ukupni organski ugljenik je 1,4mg/dm³, što predstavlja pravu koncentraciju prisutnih organskih materija u sirovoj vodi i 1,2mg/dm³ u obrađenoj vodi. Iz ovoga se može zaključiti da su u sirovoj vodi prisutne i druge materije koje nisu organske prirode, ali se mogu oksidovati kalijumpermanganatom. To mogu biti gvožđe, mangan,

sulfidi i druge, kako neorganske tako i organske materije.

UV adsorpcija na 254 μ m, kao pokazatelj prisustva huminskih materija je 2,0 što nije mnogo ali to može biti razlog uvećane vrednosti utroška kalijumpermanganata. Nađene koncentracije deterdženata, <0,02mg/dm³ i mineralnih ulja su ispod osetljivosti metode, a isti je slučaj i sa fenolima, <0,001mg/dm³. Od metala, prisutni su gvožđe, mangan,

kalijum i natrijum, ali i oni kao i ostali metali ili nisu nađeni ili su na granici detekcije, što je daleko ispod MDK za vodu za piće.

Koncentracija pesticida, polihlorovanih bifenila-PCB i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u sirovoj i vodi za piće, kao i sporednih proizvoda dezinfekcije, trihalometana, hlorovanih alkana i alkena u sirovoj i vodi za piće nisu nađene, što ukazuje na izuzetan kvalitet kako sirove tako i obrađene vode [24].

Tabela 3. Rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja sirove i prečišćene vode na postrojenju "Rzav"

R.br.	Ispitivaniparametri	Jedinice mere	MDK	Rezultati ispitivanja vode	
				Sirova voda	Voda za piće
1.	Boja	°Co - Ptskala	5	<5	0
2.	Miris	-	bez mirisa	Na zemlju	bez mirisa
3.	Mutnoća	NTU	1	0,5	0,2
4.	pH vrednost	-	6,8 – 8,5	8,1	7,5
5.	Utrosak KMnO ₄	mg/dm ³	8	4,0	2,2
6.	Suvi ostatak na 105°C	mg/dm ³	-	204	207
7.	Elek. Provodljivost na 20°C	μ S/cm	1000	320	330
8.	Vodoniksulfid, H ₂ S	mg/dm ³	bez mirisa	<0,02	<0,02
9.	Ugljendioksid, CO ₂	mg/dm ³	-	5,1	16
10.	Cijanidi, CN ⁻	mg/dm ³	0,050	<0,5	<0,5
11.	p- alkalitet	ml 0,1NHCl	-	<0,5	<0,5
12.	m-alkalitet	ml 0,1NHCl	-	36,8	33,4
13.	Ukupna tvrdoća	°dH	-	10,6	10,4
14.	Karbonatna tvrdoća	°dH	-	7,5	6,6
15.	Nekarbonatna tvrdoća	°dH	-	3,1	3,8
16.	Karbonati, CO ₃ ²⁻	mg/dm ³	-	<2	<2
17.	Bikarbonati, HCO ₃ ⁻	mg/dm ³	-	224,5	203,7
18.	Amonijak, NH ₃	mg/dm ³	0,1	<0,05	<0,05
19.	Nitriti, NO ₂ ⁻	mg/dm ³	0,03	<0,006	<0,007
20.	Nitrati, NO ₃ ⁻	mg/dm ³	50	3,3	3,2
21.	Hloridi, Cl ⁻	mg/dm ³	200	2,8	2,8
22.	Sulfati, SO ₄ ²⁻	mg/dm ³	250	6,3	23,2
23.	Ortofosfati	mg/dm ³	0,15	0,02	0,02
24.	Fluoridi, F ⁻	mg/dm ³	1,2	<0,05	<0,05
25.	UV adsorpcija na 254 nm	m ⁻¹	-	2	0,9
26.	Deterdženti anjonski	mg/dm ³	0,1	<0,02	<0,02
27.	Fenoli	mg/dm ³	0,001	<0,001	<0,001
28.	Ukupni organski ugljenik, TOC	mg/dm ³	-	1,4	1,3
29.	Mineralna ulja	mg/dm ³	0,010	<0,005	<0,005
30.	Gvožđe, Fe	mg/dm ³	0,3	0,007	<0,004
31.	Mangan, Mn	mg/dm ³	0,05	0,004	0,002
32.	Ukupni pesticidi	μ g/dm ³	0,5	<0,5	<0,05
33.	Aldrin / Dieldrin	μ g/dm ³	0,03	<0,01	<0,01
34.	Atrazin	μ g/dm ³	0,1	<0,01	<0,01
35.	Benzo (a) piren	μ g/dm ³	0,01	<0,01	<0,01
36.	Simazin	μ g/dm ³	0,1	<0,01	<0,01

3.3 Procena i upravljanje rizikom u vodosistemu Požega

Štetne i opasne hemijske supstance koje se mogu naći u prečišćenoj vodi ili mogu nastati pri procesima njenog prečišćavanja, a koje se definišu kao hemijska i mikrobiološka neispravnost vode, i njihov uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi, najčešće se definišu kao stepen verovatnoće da će se pojaviti negativni efekti na zdravlje nakon izloženosti tim materijama [1,3]. Procedura upravljanja ovim rizikom treba da ukaže na zaključak da li je sprovedena procena rizika dovoljno argumentovana ili je potrebno ponoviti. Šema procedure upravljanja rizikom u vodovodnom sistemu Požega je prikazana na slici 3.

Principi procene i upravljanja rizicima u vodovodnom sistemu i praćenje i izveštavanje o indikatorima rizika kvaliteta vode za piće, koji su izneti u ovom radu, daju okvir za dobro upravljanje i kao preduslov mogu osigurati higijenski ispravnu vodu na mestu korišćenja, zaštitu zdravlja korisnika i očuvanje životne sredine. Za urednu isporuku higijenski ispravne vode za piće, korisnicima vode iz Sistema "Rzav" potrebna je dovoljna količina vode u reci Rzav. Nepovoljni hidrometeorološki uslovi u poslednje četiri godine, nisu stvarale veće probleme u vodosnabdevanju, ali izgradnjom akumulacionog jezera u Svračkovu, dodatno bi se povećala distribucija vode za gradove koji su povezani na ovaj vodosistem [24].

Kako rizik predstavlja verovatnoću da identifikovane opasnosti utiču na zdravlje ljudi, u fabrici vode "Rzav" su u cilju upravljanja rizikom uveli integrisani sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9001 i bezbednosti hrane ISO 22001 u skladu sa zahtevima HACCP sistema (Hazard Analysis Critical Control Point). U vodovodnim sistemima HACCP predstavlja logičan, naučno zasnovan sistem kontrole procesa proizvodnje vode za piće. Određuju se neophodne mere za njihovu prevenciju, kontrolu i sigurnost da će te mere biti uspešno i na delotvoran način sprovedene, kako bi se ispunili svi zahtevi sistema upravljanja kvalitetom finalnog proizvoda. Svi ovi sistemi omogućavaju identifikaciju i procenu mogućih opasnosti, tj. svakog fizičkog, hemijskog ili biološkog rizika, u svim fazama tehnološkog procesa. Međutim, oni ne mogu da reše preventivne zahteve analize vodovodnog sistema, otkrivanja i kontrole opasnosti, ocenu rizika i slučajevne vanrednih okolnosti. U vodosistemu "Rzav", sobzirom na ogromno područje koje on pokriva, na broj naselja koje snabdeva pijaćom vodom, preduzimanje

adekvatnih preventivnih mera je od ogromnog značaja. Jedna od mera je uvođenje monitoringa reke Rzav i celokupnog magistralnog cevovoda, kao i izvorišta - vodozahvat "Ševelj". Na taj način bi se postojeći rizik ublažio, bio bi pod kontrolom, odnosno njime bi se upravljalo, jer bi se u samom startu, na samom izvorištu uočila neka promena - zagađenje, što bi omogućilo brzu i adekvatnu reakciju. Pri crpljenju sirove vode iz vodozahvata "Ševelj" postoji rizik od prisustva: mikroorganizama fekalnog porekla, aerobnih mezofilnih bakterija, mikroorganizama od raspadanja organskih materija, Proteus vrste, Pseudomonas aeruginosa, sulfitoredujuće klostridije, streptokoke fekalnog porekla. Moguće je prisustvo amonijaka, nitrita, pesticida, kao posledica poljoprivrednih obradivih površina u neposrednoj okolini izvorišta, iako fizičko-hemijskim analizama to do sad nije konstatovano.

U preventivne mere koje se primenjuju u fabrici vode "Rzav" spada svakodnevno sprovođenje kontrole vodozahvata "Ševelj", brane, sprovođenje mera zona sanitarne zaštite vodozahvata i njegovog planskog održavanja. Svakodnevno ispitivanje sirove vode u fabričkoj laboratoriji, vode posle filtracije kao i vode za piće - proširena analiza, svakih sedam dana u laboratoriji ZZJZ Užice. U preventivne mere spadaju i redovno održavanje, pranje i dezinfekcija filtera, higijene bazena čiste vode, kao i kontrola kvaliteta vode koja se u njemu skladišti. [23,24]

Požega se na vodosistem "Rzav" priključila 1993. godine, kod mesta Grobilj gde se vrši redovna kontrola ulazne vode u vodovod Požega. Ostala kontrolna mesta u opštini Požega su javne česme, crpne pumpe iz okolnih sela i ugostiteljskih objekata.

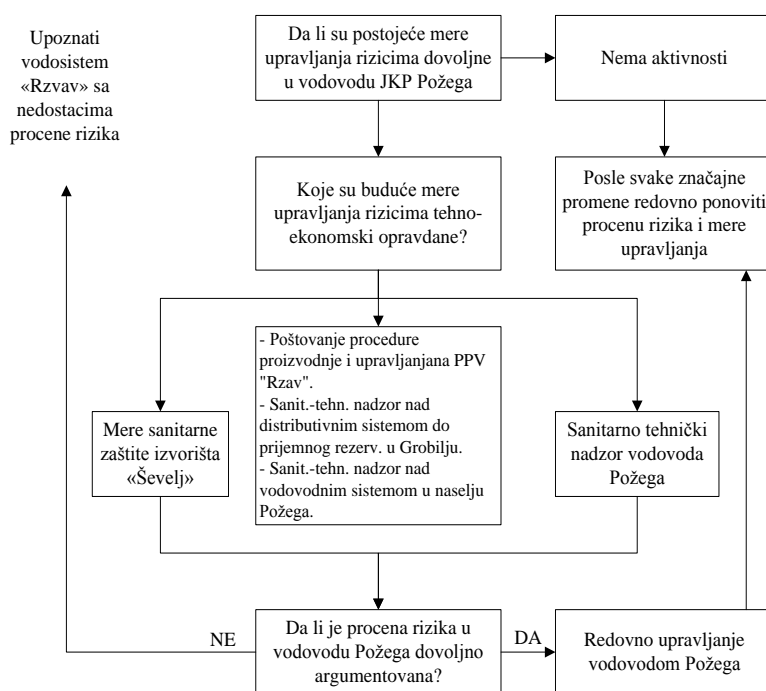
U slučaju prekoračenja koncentracije nekog od ispitivanih parametara iznad maksimalno dozvoljene granice, deluje se tako što se na lokalnu traži uzrok, ili ako se radi o neispravnosti na ulazu - Gorobilje, odmah se obaveštava uprava vodosistema "Rzav" [14,15].

Tokom transporta sirove vode od Arilja do Gorobilja kao i na teritoriji Požega, postoji opasnost od hemijskog i mikrobiološkog zagađenja. Moguća je havarije na glavnom cevovodu ili na razvodnoj mreži usled pucanje cevovoda i opasnost od ulaska zemlje, peska ili šljunka, usled čega mogu u sistem prodrati i različite hemijske supstance ili drugi kontaminanti iz okruženja, npr. pesticidi s obzirom da cevovodi često prolaze preko ili pored obradivih površina. Postoji rizik pri skladištenju

vode u rezervoarima - bazenima čiste vode u Gorobilju. Preventivne mere koje se primenjuju u vodovodu Požega radi smanjenja rizika po kvalitet vode za piće su obilazak i kontrola javnih česmi i crpnih pumpi na teritoriji opštine Požega i održavanje njihove higijene, kao i uzorkovanje vode za piće u cilju praćenja hemijskih i mikrobioloških parametara od strane ZZJZ Užice, 4-8 puta mesečno [16,22]

Poseban indikator opasnosti u vodovodu Požega predstavlja hlorna stanica za dohlorisanje prečišćene vode koja stiže iz ariljske fabrike vode u rezervoar čiste

vode u Gorobilju. Kako se za dohlorisanje vode koristi gasni hlor, postoji određeni rizik po životnu sredinu u slučaju neke havarije, s obzirom da se koristi gasni hlor skladišten u čeličnim bocama pod pritiskom. Iako je doziranje hlora rešeno automatski, ipak postoji određeni rizik od njegovog iscurivanja, odnosno od akcidenta. Zato treba stalno kontrolisati uređaje i instalacije za dohlorisanje koji su locirani na prihvatnoj stanici u Gorobilju. U skladištu, kao preventivna mera, postoji zvučna i svetlosna signalizacija u slučaju curenja gasa, pri čemu je za neutralizaciju akcidentno iscurilog hlora predviđen sistem vodenih tuševa i kreč.



Slika 3. Šema upravljanja rizikom u vodovodu Požega

3.4. Indikatori rizika mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti vode za piće

Kontrola sistema za vodosnabdevanje sprovodi se u cilju utvrđivanja kvaliteta vode za piće kojom se snabdevaju potrošači, čime se ujedno i proveravaju mere koje se sprovode kako bi se osigurao traženi kvalitet vode. Monitoring je ključni elemenat u oceni da li je priprema i distribucija vode za piće sprovedena na način koji omogućuje kontrolu indetifikovanog hazarda. Kontrola kvaliteta vode se vrši redovnim praćenjem fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških pokazatelja, u skladu sa važećom zakonskom regulativom. Monitoring kvaliteta vode obuhvata

kontrolu četiri celine: izvorišta, preradu i dezinfekciju vode, rezervoare i distributivnu mrežu. Na svakom od ovih segmenata moguća je kontaminacija vode, što predstavlja potencijalni rizik za krajnje korisnike [24-26].

U toku 2015.godine Zavod za javno zdravlje Užice ispitao je ukupno 397 uzoraka vode za piće u JKP „Naš dom” opštine Požega, Tabela 4 i 5. Od toga je bilo mikrobioloških neispravno 37 uzoraka, odnosno 9,32%, dok su hemijski svi uzorci bili ispravni [5-7].

Na osnovu ovih analiza i svega rečenog u tački 2, Tabela 1 i 2, može se zaključiti da u vodovodu Požega

sa aspekta hemijskih indikatora kvaliteta ne postoji nikakav rizik po kvalitet vode, odnosno da se radi o vodi hemijski veoma stabilnog kvaliteta. Međutim, sa aspekta mikrobioloških indikatora rizika postoji **III nivo rizika** po kvalitet vode, odnosno opisno radi se o **umereno prihvatljivom riziku**. Najčešće su prisutne Entetobacter, Citrobacter и E. Colli, što može imati manji uticaj ali na mnogo veći broj stanovnika [6].

Tabela 4. Broj ispitanih uzoraka u 2015.g.u vodovodu Požega

Red. br.	Mesto uzorkovanja	Ukupan broj ispitanih uzoraka	Ukupan broj neispravnih uzoraka	
			hemijski	mikrobiološki
1.	Opština Požega	397	-	37

Tabela 5. Nivo i opis rizika u 2015.g.u vodovodu Požega

R.br.	Mest uzorkovanja	Ukupan broj neispravnih uzoraka (%)		NIVO RIZIKA		OPIS RIZIKA	
		hemijski	mikrob.	hem. ijski	Mikrob.	hemijski	mikrob.
1.	Opština Požega	-	9,32	-	III	-	umeren

4. ZAKLJUČAK

Rizik po kvalitet vode za piće, životnu sredinu i zdravlje ljudi uslovljen je, kvalitetom vode na izvoristu, efikasnošću tretmana u cilju dobijanja vode za piće i integritetom distributivnog sistema, pogotovu kada se radi o ovako velikim regionalnim sistemima za vodosnabdevanje kao što je vodosistem "Rzav". Zato je neophodno izvršiti najpre sveobuhvatnu procenu rizika kvaliteta vode za piće, a zatim postaviti i mehanizme kontrole i upravljanja procenjenim rizikom. Procena i upravljanje rizikom po kvalitet vode za piće, životnu sredinu i zdravlje ljudi mora da obuhvati sve faze u vodosnabdevanju - od vodozahvata do krajnjih korisnika, uz stalan monitoring kvaliteta vode. On mora da obuhvati sve materije koje prouzrokuju mikrobiološku i hemijsku neispravnost vode za piće – tzv. Indikatori rizika kvaliteta vode za piće. Podaci sakupljeni monitoringom pokazuju u kojoj meri je snabdevanje vodom za piće u skladu sa sanitarno-higijenskim uslovima i standardima, i koliko omogućuje kontrolu indetifikovanog hazarda.

U samom tehnološkom postupku prečišćavanja vode u fabrici "Rzav" može doći do bioloških, hemijskih i mehaničkih opasnosti zbog čega se kao preventivna mera vrši redovno praćenje fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških parametara - monitoring. Sve ovo u cilju upravljanja rizicima u procesu održavanja kvaliteta vode za piće, prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće u vodosistemu "Rzav".

U radu su osnovni principi procene i upravljanja rizicima u vodosistemu, prema dobroj inženjerskoj praksi i zakonskoj regulativi, razmatrani na primeru vodovoda u Požegi. Zavoda za Javno zdravlje Užice, na teritoriji opštine Požega je u toku 2015. godine uradio 397 hemijskih i mikrobioloških analiza. Hemijskih neispravnih uzoraka nema, a mikrobiološki je neispravno 37 uzoraka (9,32%). Na osnovu ovih analiza zaključuje se da je rizik po kvalitet vode za piće, životnu sredinu i zdravlje ljudi zanemarljivo mali a da je značajan rizik odnosno uslovno prihvatljiv sa aspekta mikrobioloških indikatora rizika, odnosno da se radi o III nivou rizika. Najčešće je prisustvo Entetobacter, Citrobacter i E. Colli, što može imati uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

JKP „Naš dom“ Požega i fabrika vode „Rzav“ u cilju efektivnog i efikasnog upravljanja rizikom po kvalitet vode, životnu sredinu i zdravlje ljudi uveli su integrisani sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9001 i bezbednosti hrane ISO 22001 u skladu sa zahtevima HACCP sistema. Uspostavljeni integrisani sistem stvara osnove za uspostavljanje mehanizama kontrole procenjenih rizika i obezbeđenje kvaliteta vode za piće, da bi korisnici bili zadovoljni, a ujedno da procenjeni rizici budu pod kontrolom u celom sistemu vodosnabdevanja. U tom smislu potrebno je sistematizovati i definisati poslove i radne zadatke osoba zaduženih za procenu i upravljanje rizicima kako bi na najefikasniji način funkcionisale i brinule o riziku nastanka nekog akcidenta i adekvatno reagovali na moguće posledice po životnu sredinu i zdravlje ljudi.

LITERATURA

- [1] Glynn Henry, J., Heinke, G. W. (1989): Environmental Science and Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey .
- [2] Dalmacija, B., Agbaba, J., Klašnja, M. (2009): Savremene metode u pripremi vode za piće, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.

- [3] Rio Declaration on Environment and Development, http://en.wikipedia.org/wiki/Rio_Declaration_on_Environment_and_Development
- [4] Antanasijević, D., Lukić, N., Pocajt, V., Perić-Grujić A., Ristić, M. (2011): Analiza odabranih elemenata u vodi u pogonima za pripremu vode za piće u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
- [5] Violeta Cibulić, Nebojša Veljković, Lidija Stamenković, Novica Staletović, (2015): Pristup proceni i upravljanju rizikom u sistemu za vodosnabdevanje vodom za piće, *Vodoprivreda*, 0350-0519, 47(2015) 273-278 p.
- [6] Master rad. Krsmanović D. (2016): Procena i upravljanje hemijskim rizikom u vodosistemu "Rzav" i vodovodu Požega, Univerzitet "Union-Nikola Tesla", Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd, master rad.
- [7] Veljković, N. (2011): Procena i upravljanje rizicima u vodovodnim sistemima i indikatori rizika kvaliteta vode za piće u Srbiji, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Međunarodno stručno savetovanje - Sokobanja.
- [8] Dalmacija, B. (2008): Kontrola kvaliteta vode za piće u svetlu HACCP-a, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.
- [9] Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Republička direkcija za vode (2007): Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije.
- [10] Veljković N. (2010): Unapređenje kvaliteta vode kod lokalnih vodovoda i kanalisanje manjih mesta u Srbiji, Poglavlje: Upravljanje rizicima u lokalnim vodovodnim sistemima, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, s.38-57, Beograd
- [11] Australian Government, National Health and Medical Research Council (2004): Australian drinking water guidelines.
- [12] Microbial risk assessment (MRA) tool, Urban Water, Chalmers University of technology, Gothenburg, Sweden, 2005.
- [13] Jahić, M. (1990): Priprema vode za piće, Naučno obrazovni institut za uređenje voda, Novi Sad.
- [14] Zakon o sanitarnom nadzoru, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 125/04.
- [15] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 42/98 i 44/99.
- [16] Pravilnik nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 37/2011.
- [17] Cohrssen, J.J. and Covello, V.T. (1989): Risk Analysis: A Guide to Principles and Methods for Analyzing Health and Environmental Risks. Washington, D.C.; U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service.
- [18] Cinkler R. (1983): Hidrotehničko tehnološko rešenje, Institut za građevinarstvo SAP Vojvodine, Subotica.
- [19] Gradski zavod za javno zdravlje, Centar za higijenu i humanu ekologiju, Laboratorija za humanu ekologiju i ekotoksikologiju, Izveštaj o ispitivanju vode za piće Srbije, Beograd, 2010.
- [20] Republički zavod za statistiku, Snabdevanje pitkom vodom, 2007-2009.
- [21] Polomčić, D. i drugi (2012): Vodosnabdevanje i održivo upravljanje vodnim resursima u Srbiji, *Vodoprivreda*, N^o 258-260, s. 225-232
- [22] Ljubisavljević, D. i V. Rajaković (2012): Uklanjanje nitrata iz vode za piće primenom biološke denitrifikacije, *Vodoprivreda*, N^o 258-260, s. 163-168
- [23] Dimkić, M. i drugi (2013): Analiza transporta zagađenja kod određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda u aluvijalnim sredinama, *Vodoprivreda*, N^o 264-266, s. 203-218
- [24] Cibulić, V. i drugi (2013): Kvalitet vode u akumulaciji Barje petnaest godina nakon formiranja, *Vodoprivreda*, N^o 261-263, s. 111-122
- [25] Boreli Zdravković, Đ. (2014): Analiza problematike simulacije hidrauličkog uticaja vodotoka kod hidrauličkih uticaja, *Vodoprivreda*, N^o 267-272, s. 155-162

ASSESSMENT AND RISK MANAGEMENT IN WATER SUPPLY SYSTEM "RZAV"
AND POŽEGA

by

Violeta CIBULIĆ, Novica STALETOVIĆ, Maja TRIFUNOVIĆ
Faculty of Ecology and Environmental Protection, University Union Nikola Tesla, Belgrade

Nebojša VELJKOVIĆ
Serbian Agency for Environmental Protection, Belgrade, Serbia

Summary

The quality of ground water and surface water used in water supply system is very uneven. The quality varies from high-quality water to those that need to purify using adequate technological procedures. Because of that, one of significant step for providing high-quality water in water supply system is risk assessment, identification of risk-hazard, such as pathogenic bacteria and hazardous and toxic chemicals that can be found in water as a result of adverse anthropogenic influence or can arise as by-products of the disinfection of drinking water, and together they constitute risk indicators of drinking water quality. This paper presents the evaluation of principles for the assessment and risk

management in the water supply system "Rzav", by considering the quality of drinking water in system „Naš dom” Požega, as one of six cities that are supplied with drinking water from this water supply system. According to defined risk indicators, the aim of this paper was to define the key items for assessing and managing risk in the water system "Rzav" and "Požega" in order to assess the state of risk management and prevent possible accidents.

Keywords: chemical/microbiological risk indicators, water quality monitoring, risk assessment, accident

Redigovano 16.10.2017.