

**ПРЕДЛОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ
ТЕХНОЛОГИЈЕ ПРЕРАДЕ НА ППВ „БЕЖАНИЈА“ У
БЕОГРАДУ**

**PROPOSAL OF TECHNICAL SOLUTION FOR IMPROVEMENT
OF PROCESSING TECHNOLOGY AT PPV „BEŽANIJA“ IN
BELGRADE**

**ЗОРАНА РАДИБРАТОВИЋ¹, БИЉАНА ЦАКИЋ²,
БОЈАН ОБУШКОВИЋ³**

Резиме: Постројење за пречишћавање воде за пиће „Бежанија“ тренутно производи до 1200 l/s воде за пиће одакле се снабдевају становници комплетног Новог Београда, Земуна и свих сремских насеља која су повезана на београдски водоводни систем. Подземна вода на постројењу се прерађује на три филтерске инсталације, пројектоване на укупни капацитет 3000 l/s. Обзиром да је током последњих година евидентирана промена у квалитету сирове воде, приступило се изради Идејног решења где су анализирани поступци који могу да се примене за пречишћавање воде за пиће на ППВ Бежанија. Њиховом имплементацијом и унапређењем постојеће технологије, предвиђено је да се добије сигуран и ефикасан процес прераде у складу са очекиваним променама у квалитету сирове воде.

Кључне речи: постројење, вода за пиће, квалитет, унапређење процеса

Abstract: Water treatment plant „Bežanija“ currently produces up to 1200 l/s of potable water which is distributed to the population of the whole Novi Beograd, Zemun and Srem settlements that are connected to Belgrade water supply system. Groundwater is treated by three filter installations which are dimensioned up to 3000 l/s. During the preparation of the Conceptual Design, there were analyzed process lines that can be applied for water treatment at WTP „Bežanija“, considering changes in the raw water quality has been detected in recent years. Implementation of proposed technology with the improvement of the existing process line, it will be foreseen to achieve safer and efficient treatment process related to expected changes in the raw water quality.

Key words: treatment plant, potable water, quality, process improvement

¹ Зорана Радибратовић, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Јарослава Черног 80, Београд

² Биљана Цакић, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Јарослава Черног 80, Београд

³ Бојан Обушковић, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Јарослава Черног 80, Београд

1. Увод

Подземна вода добијена из рени бунара се прерађује на три филтерске инсталације на ППВ „Бежанија, које су сукцесивно грађене 1967., 1972. и 1985. године, са укупним пројектованим капацитетом од 3000 l/s. Пречишћава се подземна, инфилтрирана вода приобаља са леве обале Саве која се каптира низом рени бунара и сабирним цевоводом доводи до ППВ. У склопу постројења „Бежанија“ ради 60 рени бунара, из којих највећи део воде (око 1300 l/s) долази на погон Бежанија, а мањи део воде (до 200 l/s) се потискује на погон Баново Брдо. Подземна вода из рени бунара се допрема до ППВ цевоводима сирове воде. Прерађена вода се преко црпних станица чисте воде потискује директно у-градску мрежу на територији Новог Београда, Земуна и Сурчина (систем леве обале Саве).

Технолошки поступак прераде бунарске воде до квалитета воде за пиће на производном погону „Бежанија“ је исти на све три филтерске инсталације и чине га аерација, ретензија, филтрација и дезинфекција гасним хлором (у резервоару чисте воде). У саставу сваке филтерске инсталације постоје базени чисте воде испод филтерских поља укупне запремине $V=10.800 \text{ m}^3$ као и резервоари чисте воде укупне запремине $V=10.000 \text{ m}^3$.

2. Квалитет воде

Параметри који се одређују од стране погонске лабораторије на ППВ су: температура, мутноћа, рН вредност, утрошак калијум перманганата, проводљивост, амонијак, нитрити, нитрати, m-алкалитет, хлориди, тврдоћа, укупно гвожђе, манган, слободни хлор и боја. На основу расположивих резултата сирове воде, може се закључити да, у односу на МДК, одступају вредности амонијака, гвожђа и мангана. Осим тога, у последње две године евидентна је промена биолошког квалитета сирове воде због присуства повећаног броја биолошких индикатора. Ови биолошки индикатори могу да утичу на квалитет воде за пиће у смислу промене органолептичких својстава воде - мењају мирис и укус. Постојећа технологија даје захтеване ефекте прераде воде до квалитета за пиће у складу са Правилником о хигијенској исправности воде за пиће а што је условљено мањим радним капацитетом у односу на пројектован.

Могући нагли скок бројности биолошких индикатора у сировој води може довести до ситуације да се расположивом технологијом прераде на ППВ не може обезбедити захтевани квалитет воде за пиће. Из тог разлога се кроз Идејно решење приступило анализи варијантних решења за побољшање постојеће технологије прераде.

3. Постојећа технологија прераде

Први степен пречишћавања на ППВ „Бежанија“ је аерација којом се обезбеђује адсорбовање кисеоника из ваздуха у воду, као и десорбовање гасова из ње (угљендиоксида и водониксулфида). На тај начин се, између осталог, врши

и оксидација гвожђа и мангана. На једној технолошкој линији капацитета 1000 l/s постоје два аератора капацитета од по 500 l/s. Висина распршеног млаза износи од 1.5 до 2.5 m док је површинско оптерећење аератора 1.6 l/c/m². Аерација воде врши се на три аерациона поља а аерисана вода се слива кроз отвор дуж аератора у ретензиони базен. Након аерације вода гравитацијом пада у ретензију чија је основна улога таложење оксидованих једињења. Циљ је да се флокулисане суспендоване материје које се нису исталожиле у ретензији, задрже на филтерима како би се добио чист филтрат – третирана вода. Током времена задржавања у ретензији, довршава се оксидација гвожђа (преко 90% садржаја), а брзина оксидовања зависи од засићености воде кисеоником. У оквиру једне технолошке линије постоје два ретензиона базена димензије 40 x 10 x 3.4 m и укупне запремине једне коморе ~ 1360 m³. Време задржавања воде у ретензионим базенима при максималном протоку од 500 l/s износи 45 min.

Процес филтрације који следи након ретензије, има највећи утицај на квалитет пречишћене воде у постојећем пречишћавању на ППВ „Бежанија“. Основно деловање процеса је задржавање флокулисаних суспендованих материја у порозности гранулисаног филтерског медијума, ради добијања филтриране воде без мутноће. Овим поступком се скоро потпуно уклања гвожђе из воде. Други, не мањи утицаји филтрације на квалитет воде, су деловање различитих механизма, оксидације на уклањање мангана (каталитичка) и амонијака (биолошка) из воде. Карактеристични подаци за једну филтерску инсталацију су: капацитет 1.000 l/s, број филтерских поља 10, висина пешчане испуне 1.0 m, површина једног филтерског поља 60 m² са брзином филтрације 6.4 m/h (у раду 10 поља). Прање филтера врши се водом и ваздухом помоћу пумпи и компресора за прање. Филтери се перу чистом хлорисаном водом а вода за прање филтерске испуне обезбеђена је са цевовода чисте воде. Након филтрације вода се упушта у базене испод филтерске инсталације (10.000 m³) чисте воде где се врши хлорисање воде. Након тога се чиста вода из базена испод филтерских инсталација, збирном цевоводом транспортује ка кружним резервоарима чисте воде (10.000 m³) а након тога у дистрибутивну мрежу.

Завршна дезинфекција воде врши се у базенима чисте воде гасним хлором. Боце за хлор смештене су у просторији која се налази у оквиру треће филтерске инсталације где је смештен и систем за неутрализацију хлора са потребним и означеним обавештењима о начину руковања системом за гасно хлорисање. Дезинфекција воде врши се у складу са потребама система тако да резидуал у чистој води из резервоара ка потрошачима буде 0.5 mg/l у складу са Правилником о хигијенској исправности воде за пиће.

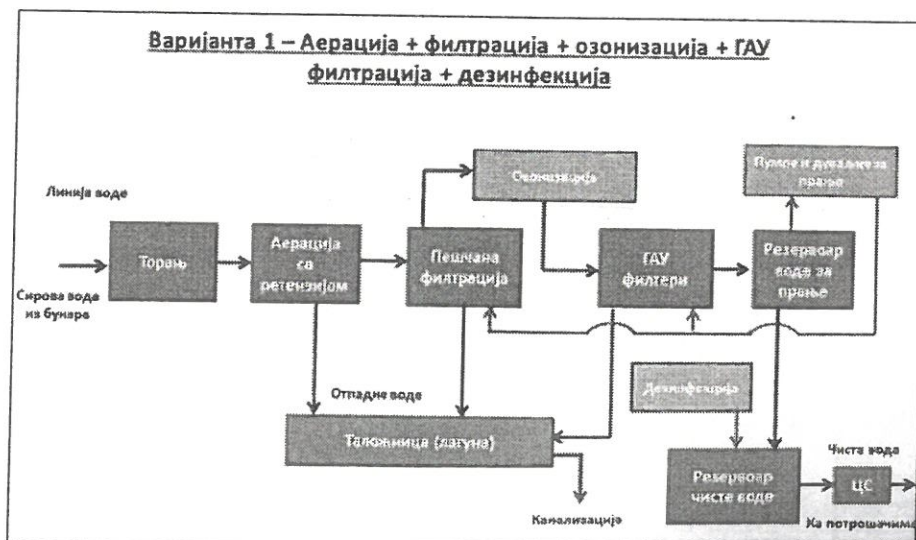
4. Варијантна техничка решења реконструкције и доградње ППВ „Бежанија“

Током израде Идејног решења анализирани су поступци који могу да се примене као процес пречишћавања воде за пиће на ППВ „Бежанија“, тако да се њиховом имплементацијом и унапређењем постојеће технологије, добије

квалитет по важећим правилницима Републике Србије за капацитет 3000 l/s, у складу са захтеваним критеријумима, без обзира на очекиване промене квалитета сирове воде. Сагледано је неколико оптималних варијанти за унапређење процеса прераде, тако да се добије најбоље уклапање са постојећим објектима без препумпавања и расположивим простором, који је прилично ограничен због планиране изградње додатног резервоарског простора.

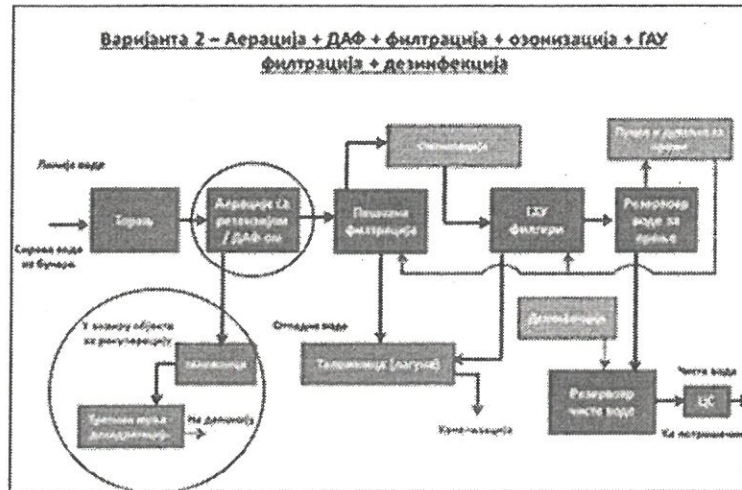
Предложени поступци за пречишћавање воде за пиће се користе за добијање квалитетне воде тако да обезбеде захтеване квалитете излазне воде. Осим тога, општи напредак науке и технологије је паралелно са све већим угрожавањем човекове околине па самим тим и воде, открио и усавршио нове методе и технолошке процесе за добијање квалитетне воде за пиће тим пре што се у свету постављају и све оштрији захтеви по параметрима квалитета воде за пиће. Значајан напредак у побољшању квалитета третмана воде постигнут је и применом разних хемикалија које у знатној мери убрзавају и побољшавају поједине фазе прераде воде те се оне данас масовно користе уколико су неопходне.

На основу расположивих података о квалитету сирове и пречишћене воде, разматране су могућности рационалног процеса који ће обезбедити захтевани квалитет излазне воде. Дат је кратак осврт на четири примењене технологије пречишћавања које могу дати квалитет воде који је у складу са захтевима домаће регулативе, како по квалитету тако и по квантитету излазне воде. Обзиром да се третман подземне воде уобичајено одвија на аерацији и филтрацији што и јесте случај на ППВ Бежанија, ову технологију потребно је употпунити додатним процесно-технолошким јединицама тако да поузданост система буде на максималном нивоу, пре свега у погледу уклањања биолошких индикатора из воде. У складу са свим наведеним разматране су четири могућности унапређења процеса пречишћавања на основу анализираних квалитета сирове воде а за потребе водоснабдевања.



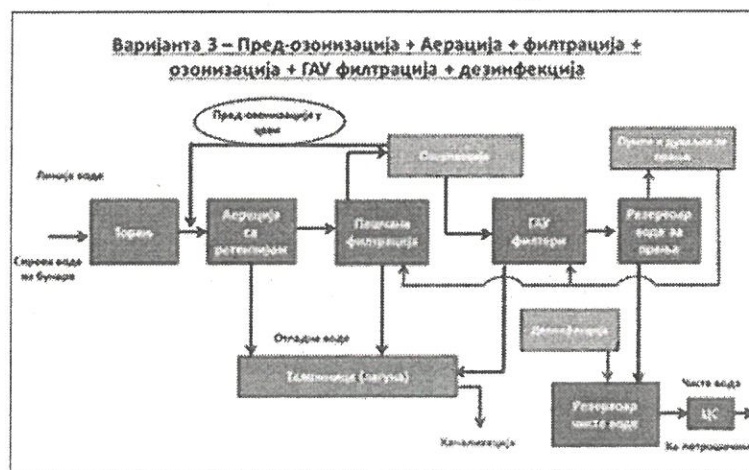
Варијанта I. Аерација + Ретензија + филтрација + озонизација + ГАУ
филтрација

У I варијанти разматрана је могућност унапређења технолошког поступка аерације, ретензије и филтрације помоћу јаког оксидационог средства озона – увођење озонског блока, који је праћен филтрацијом на филтерима са гранулисаним активним угљем (ГАУ филтерима). Најважнији сегмент овог процеса јесте озонизација коју прати други степен филтрације на ГАУ филтерима чиме би био савладан већи део долазног оптерећења у сировој води. Ова варијанта би могла да обезбеди у великом проценту захтевани квалитет излазне воде.



Варијанта II. Аерација + ДАФ/ретензија + филтрација + озонизација + ГАУ филтрација

У II варијанти разматрана је могућност унапређења технолошког поступка тако да третман обухвата аерацију, ДАФ флотацију/ретензију, филтрацију на пешчаним филтерима, озонизацију и филтрацију на ГАУ филтерима. Изузетно је важно увођење ДАФ флотације и то реконструкцијом постојеће ретензије у те намене, која би могла имати високу ефикасност у погледу уклањања биолошког оптерећења. Озонизација је такође битан елемент овог система коју прати други степен филтрације на ГАУ филтерима. Ова варијанта би обезбедила захтевани висок квалитет излазне воде.



Варијанта III. Пред-озонизација + Аерација + ретензија + филтрација + озонизација + ГАУ филтрација

У III варијанти разматрана је могућност унапређења технолошког поступка аерације, ретензије и филтрације увођењем предозонизације пре аерације (захтева затворен поступак аерације). Такође је предвиђено увођење озонског блока, који је праћен филтрацијом на филтерима са гранулисаним активним угљем (ГАУ филтерима). Најважнији сегмент овог процеса је увођење предозонизације и озонизације коју прати други степен филтрације на ГАУ филтерима чиме би био савладан већи део долазног оптерећења у сировој води. Ова варијанта би могла да обезбеди у великом проценту захтевани висок квалитет излазне воде.

Варијанта IV: Пред-озонизација „off“ озонном + Аерација + ретензија + филтрација + озонизација + ГАУ филтрација

У IV варијанти разматрана је могућност унапређења технолошког поступка аерације, ретензије и филтрације увођењем „off“ озона пре аерације. Такође је предвиђено увођење озонског блока, који је праћен филтрацијом на филтерима са гранулисаним активним угљем (ГАУ филтерима). Варијанта IV у односу на варијанту III се разликује увођењем „off“ озона пре аерације у односу на праву предозонизацију. Овом варијантом би могао бити савладан један део долазног оптерећења у сировој води.

5. Закључак

Предложене варијанте укључују решења са доказаним процесима пречишћавања воде за пиће. Кроз сагледавање могућих начина третмана воде до квалитета за пиће, посебно је анализиран специфичан квалитет сирове воде која долази на ППВ „Бежанија“, као и потреба да предложени третман буде ефикасан уз задржавање укупног пројектованог капацитета од 3000 l/s. Као што је познато, само извориште је угрожено различитим објектима који су лоцирани у непосредној близини, а биолошко оптерећење је додатно „произведено“ у доводним цевоводима, што представља кључни фактор за одабир технологије прераде.

Све предложене и анализирани варијанте у основи подразумевају реконструкцију постојећих објеката филтерских инсталација 3x1.000 l/s (реконструкција аератора, пешчаних филтера) са заменом хидромашинске опреме, изградњу објекта за озонизацију и објекта са филтерима са активним угљем капацитета 1.500 l/s – предвиђена је изградња 2 идентична објекта, изградњу резервоара чисте нехлорисане воде и пумпно-компресорску станицу за прање филтера са активним угљем, изградњу таложнице – лагуне за прихват воде од прања филтера (предвиђена изградња 4 бетонске таложнице, свака са по две коморе – радном и резервном). Остале додатне процесне јединице би дале додатну сигурност и ефикасност у преради.

Како би се одабрало оптимално техничко решење, потребно је приступи изради виших нивоа техничке документације где би се детаљно пратила и анализира промена у квалитету сирове воде, уз могућност увођења пилот постројења. Добијени резултати би се упоредили и са економском анализом

што би допринело сагледавању целокупног аспекта унапређења технологије прераде.

6. Литература

- [1] *Идејно решење унапређења технолошког процеса на ПП „Бежанија“*, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 2019.
- [2] *Елаборат мониторинга и рационализације обраде сирове воде*, ПМФ, Нови Сад, 2019. година
- [3] *Правилник о хигијенској исправности воде за пиће*, *Сл. лист СРЈ*, бр. 42/98 и 44/99 и *Сл. гласник РС*, бр. 28/2019
- [4] *Правилник о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације*, *Сл. гласник РС*, бр. 73/2019.

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**42. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

**ZBORNİK RADOVA
VODOVOD I KANALIZACIJA '21**

**Vrnjačka Banja
12 - 15. oktobar 2021.**

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

Mr Bogdan Vlahović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Milovan Živković, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković,
prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Rada Petrović, dr Mirjana Stojanović,
dr Zorica Lopičić, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Jovan Despotović,
prof. dr Radomir Kapor, Dušan Đurić, prof. dr Darko Vuksanović,
prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, mr Olivera Doklešić,
prof. dr Goran Orašanin, prof. dr Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), mr Zoran Pendić, Gvozden
Perković, Nebojša Jakovljević, dr Dragana Randelović, dr Tatjana
Šoštarić, Dalibor Joknić, Nikica Ivić, mr Dragan Grujičić, Zoran
Nikolić, Zoran Dimitrijević, Saša Ilić, Milan Đorđević Marijana
Mihajlović, Olivera Čosović i Olja Jovičić

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Milovan Živković, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Čosović

Tehnički urednik:

Olja Jovičić

Štampa:

Akadska izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Zlatarsko jezero, Srbija

Godina izdavanja: 2021

Tiraž: 200 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација (42 ; 2021 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova / 42. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '21, Vrnjačka Banja, 12 -15. oktobar 2021. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ; [glavni i odgovorni urednik Bogdan Vlahović]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2021 (Zemun : Akademaska izdanja). - 363 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na više jezika. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-47-6

а) Водовод -- Зборници б) Канализација -- Зборници в) Отпадне воде -- Зборници г) Водозахвати -- Зборници

COBISS.SR-ID 47151113

| | |
|---|------------|
| <i>Ivana Mikavica, Dragana Randelović, Aleksandra Janošević, Jelene Mutić</i> Efficiency of Water Pollution Treatment by Various Adsorption Methods – a Review | 263 |
| <i>Matej Čehovin, Alojz Medic</i> Dezinfekcija pijaće vode seoskih vodovoda – moguća rešenja sa primerima iz prakse u Republici Sloveniji | 270 |
| <i>Dragan Milićević, Goran Nedić, Nemanja Sibinović</i> Predlog smernica za projektovanje fekalne kanalizacione mreže | 276 |
| <i>Zdravko Bijelić, Biljana Milanović, Mitar Bijelić</i> Optimizacija pouzdanosti kanalizacionih sistema u industrijskim zonama u fazi projektovanja | 287 |
| <i>Ivan Milojković, Miodrag Popović, Lazar Roglić</i> Kanalizacioni potis duž Bulevara Vojvode Bojovića | 295 |
| <i>Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović, Kaća Backović</i> Višekriterijumska analiza utvrđivanja lokacije za izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda Podgorice | 301 |
| <i>Zorana Radibratović, Biljana Cakić, Bojan Obušковиć</i> Predlog tehničkog rešenja za unapređenje tehnologije prerade na PPV „Bežanija“ U Beogradu | 312 |
| <i>Olivera Doklešić, Nenad Konjević</i> Kolektor kanalizacije na Hercegnoj rivijeri, primjer upravljanja i izgradnje velikog projekta | 319 |
| <i>Miloš Milošević, Dušan Todorović</i> Izveštaj o pumpnim stanicama kanalizacionog sistema od Kanli kule do PPOV – Meljine | 326 |
| <i>Darko Vuksanović, Kaća Backović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović</i> Postojeće stanje upravljanja otpadnim vodama u Podgorici | 332 |
| <i>Davor Dolar, Iva Ćurić, Nada Glumac</i> Direct Reuse of Municipal Wastewater for Irrigation by MBR- NF/RO | 342 |
| <i>Branislava Matić, Dragana Jovanović, Snežana Dejanović</i> Kako unaprediti regulisanje dispozicije otpadnih voda iz zdravstvenih ustanova u Srbiji | 349 |
| <i>Miroslav Milosavljević</i> Kanalizacioni mulj PPOV Kruševac – energetski resurs | 357 |