

7- PROJEKAT TEHNOLOGIJE

INVESTITOR: JKP „Vodovod“ Zaječar,
Bulevar dr Zorana Đinđića 5,
19 000 Zaječar

OBJEKAT POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE VODE
ZA PIĆE " KRALJEVICA "
K.P. 7673/3 K.O. Zaječar

VRSTA TEHNIČKE
DOKUMENTACIJE: **IDP- Idejni projekat**

NAZIV I OZNAKA
DELA PROJEKTA: **7- Projekat tehnologije**

ZA GRAĐENJE /
IZVOĐENJE RADOVA: Rekonstrukcija i izgradnja

PROJEKTANT: **Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« a.d.**
Ulica Jaroslava Černog 80
11226 Pinosava - Beograd

ODGOVORNO LICE
PROJEKTANTA: Direktor Zavoda za vodosnabdevanje, kanalizaciju
i zaštitu voda
Dušan Đurić, dipl.inž.građ.

Pečat:



Potpis: _____

Direktor
Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Černi"
Prof. dr Milan Dimkić, dipl.inž.građ

Potpis: _____

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Lični pečat:



Nenad Milenković, dipl.inž.teh.
Broj licence: :371 H480 09

Potpis: _____

НЕНАД
МИЛЕНКОВИЋ
2909974710086-
2909974710086

Digitally signed by НЕНАД
МИЛЕНКОВИЋ
2909974710086-2909974710086
DN: c=RS, cn=НЕНАД
МИЛЕНКОВИЋ
2909974710086-2909974710086
Date: 2017.09.14 10:09:11 +02'00'

BROJ TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:
MESTO I DATUM:

IDP 31/45-2016-7
Beograd, 2017.god.

1.2. Sadržaj projekta tehnologije:

1.1.	Naslovna strana
1.2.	Sadržaj
1.3.	Rešenje o određivanju odgovornog projektanta
1.4.	Izjava odgovornog projektanta
1.5.	Tekstualna dokumentacija
1.6.	Numerička dokumentacija
1.7.	Grafička dokumentacija

1.3. REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09-
ispravka, 64/10 odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13--odluka US, 50/2013--odluka US, 98/2013--
odluka US, 132/14 i 145/14) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu
vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik
RS", br. 23/2015, 77/2015, 58/2016 i 96/2016 godine) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu projekta tehnologije koji je deo Idejnog projekta rekonstrukcije i izgradnje PPV
"Kraljevica" u Zaječaru - broj katastarske parcele 7673/3 K.O Zaječar, određuje se:

Nenad Milenković

Broj licence : 371 H480 09

PROJEKTANT:

Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi«a.d.

Ulica Jaroslava Černog 80
11226 Pinosava - Beograd

ODGOVORNO LICE

PROJEKTANTA:

Direktor Instituta za vodoprivredu
"Jaroslav Černi"

Prof. dr Milan Dimkić, dipl.inž.grad.

Pečat:



Potpis: _____

BROJ TEHNIČKE DOKUMENTACIJE: **IDP 31/45-2016-7**

MESTO I DATUM: Beograd, 2017. god.

1.4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA PROJEKTA TEHNOLOGIJE

Odgovorni projektant projekta tehnologije, koji je deo Idejnog projekta rekonstrukcije i izgradnje PPV "Kraljevica" u Zaječaru - broj katastarske parcele 7673/3 K.O Zaječar,

Nenad Milenković, dipl.inž.teh.

IZJAVLJUJEM

1. da je projekat u svemu u skladu sa izdatim lokacijskim uslovima
2. da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
3. da su pri izradi projekta poštovane sve propisane i utvrđene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat i da je projekat izrađen u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva.

Odgovorni projektant :

Nenad Milenković, dipl.inž.teh.

Broj licence:

371 H480 09

Pečat:

Potpis:



BROJ TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:

IDP 31/45-2016-7

MESTO I DATUM:

Beograd, 2017.god.

1.5 TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

IDEJNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE I DOGRADNJE POSTROJENJA ZA PRERADU VODE "KRALJEVICA", ZAJEČAR

S A D R Ž A J

1.5 TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

1. U v o d	3
2. Aktuelno stanje kvaliteta vode u akumulaciji "Grlište"	4
2.1 Kvalitet vode akumulacije „Grlište“	4
2.1.1 Izvorište vodosnabdevanja – akumulacija Grlište	4
2.1.2 Ispitivanja fizičko-hemijskog kvaliteta	5
2.1.3 Mikrobiološka i biološka ispitivanja vode	7
2.1.3.1 Mikrobiološka ispitivanja akumulacije Grlište	7
2.1.3.2 Biološka ispitivanja na akumulaciji Grlište	10
2.2 Kvalitet ulazne (sirove) i prečišćene vode na PPV Kraljevica.....	13
3. Postojeće stanje postrojenja.....	21
3.1 Regulacioni blok	21
3.2. Šaht merača protoka sirove vode	22
3.3. Doziranje hemikalija	22
3.4 Doziranje koagulanta i raspodelna komora.....	23
3.5. Pulzator	23
3.6. Ozonizacija	24
3.7. Filtracija	25
3.8. Cevna galerija.....	27
3.9. Rezervoar čiste vode	27
3.10. Završno hlorisanje	28
3.11. Pumpne stanice i mašinska sala.....	28
3.13. Upravljanje, automatika i elektro instalacije.....	29
3.14. Laboratorija	29
3.15. Tretman otpadnih voda	30

4. Hidraulička slika postrojenja.....	30
5. Buduće stanje - rekonstrukcija postrojenja.....	31
5.1 Doziranje hemikalija	34
5.1.1 Doziranje CO ₂ u cilju korekcije pH.....	34
5.1.2 Predoksidacija	39
5.1.3 Doziranje aktivnog uglja u prahu	42
5.2. Proces bistrenja.....	44
5.2.1 Priprema i doziranje koagulanta.....	48
5.2.2 Alternativno - Mogućnost doziranja PAC-a	51
5.2.3 Priprema i doziranje polielektrolita (PE)	52
5.3. Ozonizacija	55
5.4. Filtracija	58
5.5 Finalna dezinfekcija	60
5.6 Tretman otpadnih voda.....	65
5.7 Laboratorija.....	69
5.7.1 Procesna merenja.....	72
5.7.2 Monitoring otpadnih voda.....	76
 1.6 NUMERIČKA DOKUMENTACIJA	
 1.6.1 PREDMER I PREDRAČUN.....	78
 1.7 GRAFIČKA DOKUMENTACIJA	

1. U v o d

Vodosnabdevanje Zaječara vrši se zahvatanjem vodesa tri izvorišta: „Beli Timok“, „Tupižnica“ i iz akumulacije Grlišće.

Sistem zahvatanja vode na izvorištu Beli Timok čine kopani bunari sa nategama kojima se dovodi voda do sabirnog bunara. Na izvorištu je izgrađena i opremljena crpna stanica „Beli Timok“ iz koje se voda potiskuje u distributivnu vodovodnu mrežu i rezervoar „Kraljevica“. Kapacitet izvorišta varira u zavisnosti od nivoa vode u Belom Timoku i kreće se od 50 l/s u periodu niskog vodostaja na Timoku do 75 l/s pri visokom vodostaju. Kvalitet vode izvorišta je takav da se hlorisanjem vode u sabirnom bunaru postiže apsolutna ispravnost vode za piće, bez primene tehnološkog tretmana.

Od 1973. godine u radu je i Izvorište Tupižnica koje čini karstno vrelo na obodu istoimene planine. Kapacitet izvorišta je ograničen kapacitetom cevovoda i iznosi 60 l/s iako izdašnost izvorišta sa samoizlivom varira u rasponu od 25 l/s do 2500 l/s. Voda sa ovog vrela transportuje se gravitacionim cevovodom dužine 26 km do distributivne mreže u Zaječaru i rezervoara „Kraljevica“. Na izvorištu se vrši hlorisanje bez ikakvog tretmana.

Sistem „Grlišće“ je pušten u rad 1990. godine i čine ga brana i akumulacija „Grlišće“ i postrojenje za pripremu vode za piće „Kraljevica“. Realizovana je I faza koja uključuje izgradnju brane sa kotom krune 194 mnm, formiranje akumulacije zapremine 12 miliona m³ i postrojenje za tretman vode "Kraljevica" makimalnog kapaciteta od 700 l/s sirove vode (odnosno 600 l/s prečišćene vode). Drugom fazom planirano je nadvišenje brane do kote 214 mnm, pri čemu bi se dobila akumulacija zapremine 40 miliona m³, a postrojenje bi bilo prošireno na ukupni kapacitet od 1400 l/s sirove vode (1200 l/s prečišćene vode).

Brana „Grlišće“ nalazi se neposredno uzvodno od sela Grlišće na Grliškoj reci koja predstavlja sistem bujičnih tokova, koji prikuplja vodu sa planina Tupižnice i Lisovala. Ukupna površina sliva akumulacije „Grlišće“ iznosi 178 km². Na samoj brani postoje 3 vodozahvata na kotama 178.00, 183.00 i 188.00 mnm. Sirova voda za preradu se mahom crpi sa srednjeg i povremeno površinskog vodozahvata. Treći vodozahvat se ne koristi iz razloga što je blizu dna akumulacije a vodu karakteriše izrazito loš kvalitet.

Na slivnom području akumulacije najviše su zastupljene obradive površine, zatim šume, pašnjaci i livade, što ukazuje na prisutnu potencijalnu opasnost od erozije. Takođe, potencijalna stalna opasnost za kvalitet vode u akumulaciji su i četiri seoska naselja locirana u slivnom području, sa nerešenim pitanjem odlaganja tečnog i čvrstog otpada. Akumulacija je plitka, od svega 3 – 4m u njenom gornjem delu do oko 20 metara kod brane. Količina vode

u akumulaciji zavisi od dotoka vode, potrošnje vode i vremenskih prilika i u velikoj meri utiče na stanje i kvalitet vode u akumulaciji, a samim tim i na tehnološki tretman.

Ciljevi rekonstrukcije

Postrojenje za prečišćavanje vode "Kraljevica" u Zaječaru je u funkciji od 1990. godine i izgrađeno je za bruto kapacitet 700 l/s, odnosno 600 l/s prečišćene vode. Sirova voda se zahvata iz obližnje akumulacije Grlišće i cevovodom prečnika DN 900 u dužini od oko 12 km dovodi do postrojenja.

Nakon 25 godina uspešnog funkcionisanja, usled zastarelosti opreme kao i promena kvaliteta sirove vode usled procesa starenja akumulacije neophodno je pristupiti rekonstrukciji i inoviranju postojećeg tehnološkog procesa prerade vode, uz uvođenje novih i savremenijih tehnologija kao i odgovarajuće savremene opreme, kako bi kvalitet vode na izlazu iz postrojenja i u budućnosti u potpunosti zadovoljavao zakonske propise i za uslove najnepovoljnijeg kvaliteta ulazne sirove vode. Stoga, jedan od ciljeva je i analiza postojećeg stanja i trendova kvaliteta vode u akumulaciji Grlišće, kao polazna osnova za definisanje potrebnog obima rekonstrukcije postrojenja.

Originalnim projektom je predviđeno da se kapacitet postrojenja može proširiti za dodatnih 700 l/s, ali za tim u bliskoj budućnosti neće biti potrebe, tako da ovom rekonstrukcijom nije obuhvaćeno i povećanje kapaciteta postrojenja već on ostaje 350 l/s bruto.

Ovde je izuzetno važno napomenuti da se mora voditi računa o tome da se građevinski i svi drugi radovi na postrojenju moraju odvijati tako da postrojenje normalno funkcioniše, odnosno da potrošači ne ostanu bez vode. Svi prekidi u radu moraju biti tačno isplanirani da traju kratko vreme. Radove treba izvoditi u vremenskom periodu godine kada potrebe za vodom nisu maksimalne.

2. Aktuelno stanje kvaliteta vode u akumulaciji "Grlišće"

2.1 Kvalitet vode akumulacije „Grlišće“

2.1.1 Izvorište vodosnabdevanja – akumulacija Grlišće

Bran „Grlišće“ nalazi se neposredno uzvodno od sela Grlišće na Grliškoj reci. Na uzvodnom zemljištu formirana je akumulacija. Spajanjem Lenovačke i Lasovačke reke ispred sela Leskovca nastaje Grliška reka, koja predstavlja sistem bujičnih tokova, koji prikuplja vodu sa planina Tupižnice i Lisovače, i koja je najveća leva pritoka Belog Timoka. Ukupna površina sliva akumulacije „Grlišće“ iznosi 178 km². Zapremina akumulacije pri koti maksimalnog uspora je 12.000.000 m³ (I faza), a zahvata površinu od 110 hektara. Dubina vode u

akumulaciji kreće se u zavisnosti od konfiguracije terena, te je u gornjem delu dubina mala i dostiže vrednost od svega 3 – 4 metra, dok se nizvodno povećava i kod brane iznosi oko 20 metara. Samo dno akumulacije predstavlja dobrim delom poljoprivredno zemljište, oranice, livade i uzano područje rečnog korita. Na slivnom području najviše su zastupljene obradive površine, zatim šume, pašnjaci i livade, što ukazuje na prisutnu potencijalnu opasnost od erozije. Takođe, potencijalna stalna opasnost za kvalitet vode u akumulaciji su i četiri seoska naselja locirana u slivnom području, sa potpuno nerešenim pitanjem odlaganja tečnog i čvrstog otpada. Količina vode u akumulaciji zavisi od dotoka vode, potrošnje vode i vremenskih prilika i u velikoj meri utiče na stanje i kvalitet vode u akumulaciji, a samim tim i na tehnološki tretman. Na samoj brani postoje 3 vodozahvata na kotama 178.00, 183.00 i 188.00 mnv. Voda za preradu crpi se sa vodozahvata koji pokazuje najpovoljnije biološke i hemijske karakteristike vode na datoj dubini, koja je u određenom momentu najpogodnija za preradu po projektovanom tehnološkom postupku na postrojenju za prečišćavanje.

2.1.2 Ispitivanja fizičko-hemijskog kvaliteta

Kvalitet vode u akumulaciji „Grlište“ predmet je monitoringa Agencije za zaštitu životne sredine Srbije. Ispitivanja se sprovode na tri profila na jezeru (kod brane, na sredini i početku akumulacije), na tri dubine. U narednoj tabeli prikazani su statistički obrađeni rezultati merenja na profilu „A“ kod brane, na tri dubine, za period od 2010. do 2012. godine.

Tabela 2.1 Statistički obrađeni rezultati ispitivanja kvaliteta vode akumulacije Grlište u profilu kod brane

PARAMETRI		n	MIN	AVE	MAX
Temperatura vode	oC	63	9,1	16	28,55
Temperatura vazduha	oC	63	4,5	22	33,1
Providnost	m	17	1,1	1,8	2,6
Mutnoća	NTU	63	2,7	7,1	19,3
Suspendovane materije	mg/l	12	1,0	6,2	34
Rastvoreni kiseonik (O ₂)	mg/l	63	1,3	8,6	14
Procenat zasićenja vode kiseonikom	%	63	12,0	91,6	182
Alkalitet	mmol/l	35	2,7	3,8	4,7
Ukupna tvrdoća	mg/l	35	152,0	210,2	278
Rastvoreni CO ₂	mg/l	35	0,0	2,9	6,2
Karbonati (CO ₃ ⁻)	mg/l	35	0,0	1,1	7,2
Bikarbonati (HCO ₃ ⁻)	mg/l	35	158,0	229,7	286
Ukupni alkalitet (CaCO ₃)	mg/l	35	135,0	190,1	234
pH	-	62	7,0	8,0	8,5
Elektroprovodljivost	µS/cm	63	301	398	455
Ukupne rastvorene soli	mg/l	63	196,0	260,1	320
Amonijum (NH ₄ -N)	mg/l	61	0,01	0,07	1,25
Nitriti (NO ₂ -N)	mg/l	63	0,00	0,01	0,04
Nitrati (NO ₃ -N)	mg/l	63	0,01	0,18	0,60
Organski azot (N)	mg/l	40	0,10	0,30	1,12

Ukupni azot (N)	mg/l	44	0,22	0,54	1,80
Ortofosfati (PO ₄ -P)	mg/l	60	0,005	0,047	0,160
Ukupni fosfor (P)	mg/l	47	0,019	0,092	0,215
Rastvoreni silikati (SiO ₂)	mg/l	15	0,6	5,6	14,5
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	15	1,5	5,4	7,6
Kalijum (K ⁺)	mg/l	15	0,6	2,2	5,8
Kalcijum (Ca ²⁺)	mg/l	35	36,0	52,4	89
Magnezijum (Mg ²⁺)	mg/l	35	5,0	19,2	36,5
Hloridi (Cl ⁻)	mg/l	35	1,0	4,2	6,2
Sulfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	50	16	24	32
Gvožđe (Fe)	µg/l	6	61	99	204,7
Mangan (Mn)	µg/l	4	19	457	1722
Cink (Zn)	µg/l	5	2,5	19	28,8
Bakar (Cu)	µg/l	4	1,6	11	15,7
Hrom (Cr)-ukupni	µg/l	5	0,5	2	5,3
Olovo (Pb)	µg/l	3	1,1	3	3,9
Kadmijum (Cd)	µg/l	3	0,07	0,10	0,11
Živa (Hg)	µg/l	0	0	-	0
Nikl (Ni)	µg/l	5	1,6	12	47,3
Aluminijum (Al)	µg/l	6	42,6	108	257,3
Arsen (As)	µg/l	6	0,70	0,97	1,90
Hemijska potrošnja kiseonika iz KMnO ₄ (HPKMn)	mg/l	28	3,5	5	6,4
Hemijska potrošnja kiseonika iz K ₂ Cr ₂ O ₇ (HPKCr)	mg/l	9	7,8	12	25
Biološka potrošnja kiseonika (BPK-5)	mg/l	15	0,55	2	4
Ukupni organski ugljenik (TOC)	mg/l	37	3,4	5	7,1
Fenolni indeks	mg/l	3	0,001	0,002	0,003

S obzirom na mali broj merenja kao i vreme uzorkovanja, podaci će se uzeti sa rezervom. Prema ovim raspoloživim rezultatima registruje se promena vrednost pH varira u granicama od 7,0 do 8,5 u proseku 8,0. Sadržaj organske materije određivan je preko više parametara kao što su: utrošak KMnO₄, UV absorbanca, BPK5, TOC. Izmerene vrednosti potrošnje KMnO₄ ukazuju na nizak sadržaj organske materije, vrednosti TOC-a su uobičajene za akumulacije i kreću se do 7 mgC/l dok se vrednosti UV ekstinkcije (254nm) mere od 0,038 do 0,069 cm⁻¹. Od azotne komponente registruje se povremeno prisustvo amonijaka i nitrita u koncentracijama iznad MDK vode za piće. Od metala registruje se povišen sadržaj mangana a u jednom uzorku je zabeležen i veći sadržaj nikla. Prisustvo PCB, PAH jedinjenja i deterdženata nije dokazano. Povremeno se registruje sadržaj fenolnih jedinjenja u koncentracijama iznad MDK vode za piće.

2.1.3 Mikrobiološka i biološka ispitivanja vode

2.1.3.1 Mikrobiološka ispitivanja akumulacije Grlišće

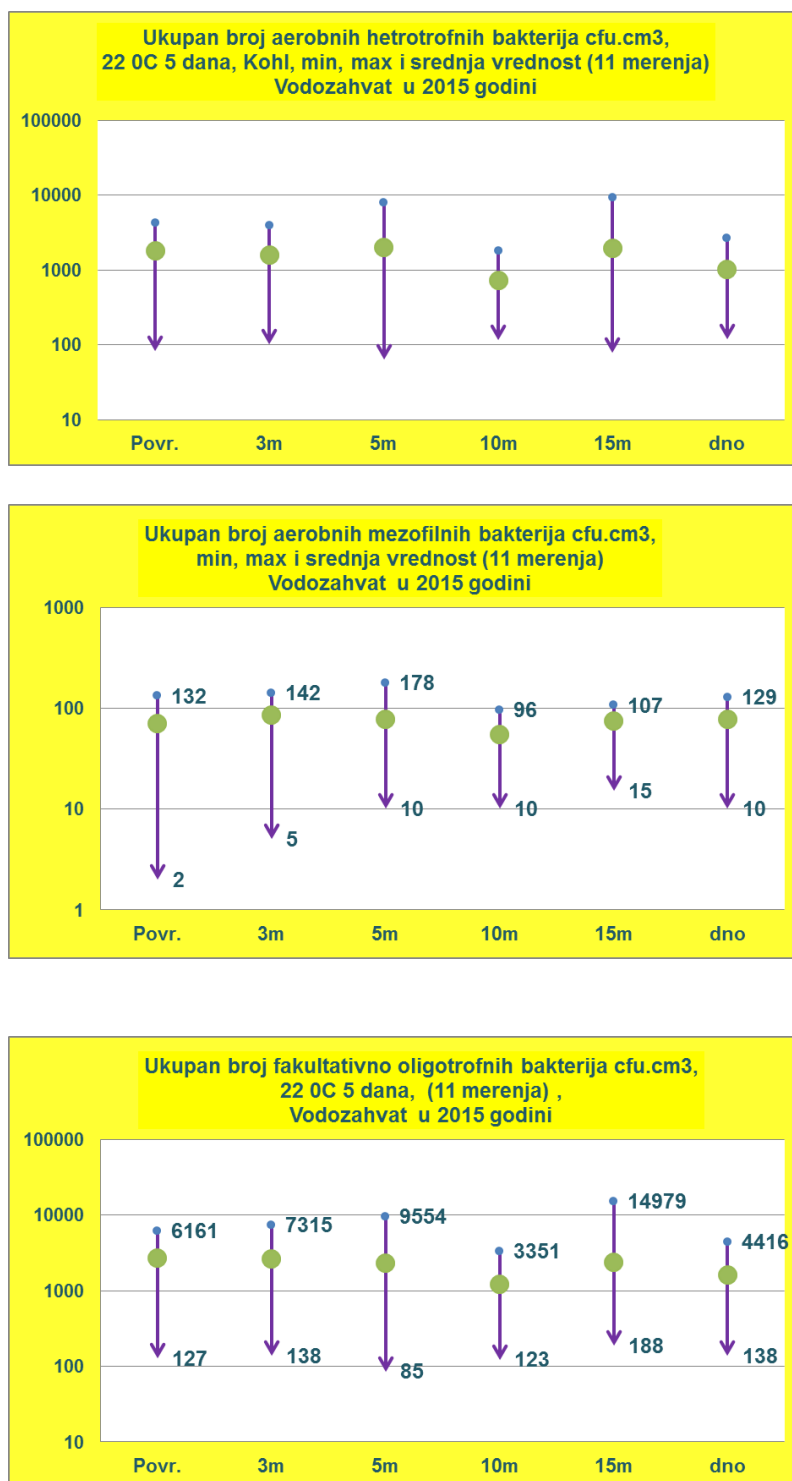
Na osnovu istorijskih podataka rezultata mikrobioloških analiza iz perioda 2011-2015 godina može se zaključiti da je kvalitet vode akumulacije Grlišće ujednačenog kvaliteta (do II klase/dobar ekološki potencijal), ali da u skladu sa hidrološkim prilikama na slivu, Lenovačkom i Lasovačkom rekom u akumulaciju dospevaju i otpadne vode antropogenog i animalnog porekla i prema brojnosti ukupnih koliformnim bakterija fekalnog porekla (termotolerantne), kvalitet vode ove dve značajne pritoke akumulacije sporadično ima umeren ekološki potencijal, odnosno III klasu kvaliteta.

Sve analize rađene na PPV Kraljevica su u saglasnosti sa analizama redovnih mikrobioloških analiza koje se sprovode od strane Gradskog zavoda za javno zdravlje Zaječar.

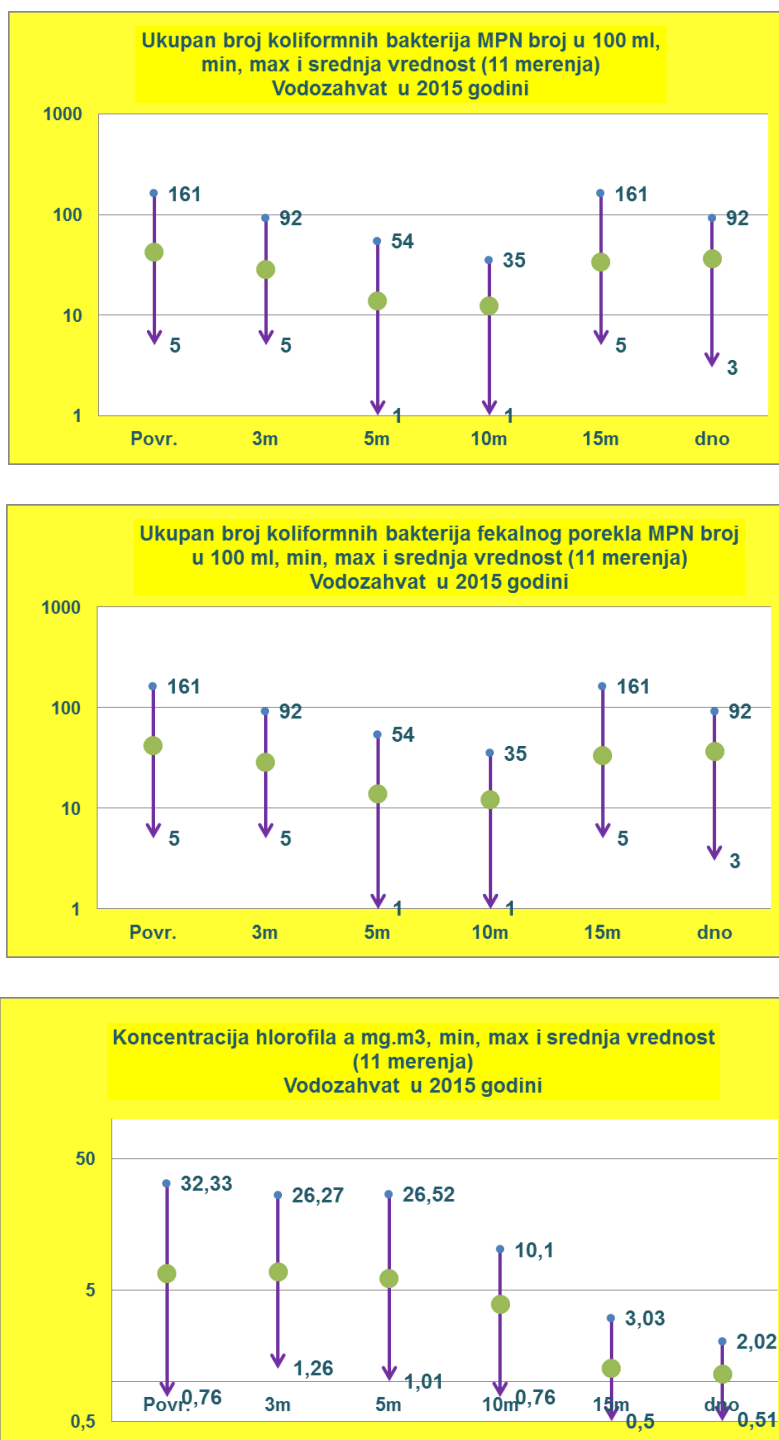
Rezultati mikrobioloških analiza na mestu vodozahvata

Na osnovu rezultata mikrobioloških analiza urađenih u Mikrobiološkoj laboratoriji na postrojenju za preradu vode "Kraljevica", tokom 2015 godine, iz pojedinačnih uzoraka sirove vode na mestu vodozahvata na akumulaciji Grlišće, a koji su kolektovani na različitim dubinama (površina, 3m, 5m, 10m i dno) i mesečnom dinamikom, može se zaključiti sledeće:

- Prema brojnosti aerobnih i fakultativno anaerobnih heterotrofnih bakterija (saprofita), indikatora prisustva lako razgradljivih organskih materija, kvalitet vode Grlišća, prema graničnim vrednostima datim u Uredbi iz Sl.lista 50/2012, se kretao u granicama I i II klase kvaliteta (ekvivalentno odličnom i dobrom ekološkom potencijalu), s tim da su maksimalno zabeležene vrednosti koje su bliske granici sa trećom klasom, konstatovane na dubinama od 5 i 15 m u aprilu mesecu.
- Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija, cfu.cm³, koje se kultivišu na temperaturi od 37 °C, na neselektivnoj podlozi i u okviru kojih se detektuju i oportuno patogene bakterije, je ujednačen kroz čitav vodeni stub, sa maksimalno zabeleženim vrednostima od 178 cfu.cm³, na 5m dubine u martu mesecu, ali čija brojnost ni u jednom ciklusu ispitivanja nije prešla graničnu vrednost dozvoljenu za vodu za piće otvorenih izvorišta.
- Prema fekalnim koliformnim bakterijama, MPN broj, Grlišće na mestu vodozahvata je pod uticajem otpadnih voda i organskih materija fekalnog porekla niskog intenziteta i u okvirima I do max II klase kvaliteta (donji prag).



Slika 2.1 Maksimalne, minimalne i srednje vrednosti parametara na različitim dubinama na mestu vodozahvata: ukupan broj aerobnih heterotrofnih bakterija, ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija i brojnosti fakultativno oligotrofnih bakterija



Slika 2.2 Maksimalne, minimalne i srednje vrednosti parametara na različitim dubinama na mestu vodozahvata: ukupan broj koliformnih bakterija, koliformnih bakterija fekalnog porekla i koncentracije hlorofila a.

Streptokoke fekalnog porekla (izuzev u februaru mesecu) redovno se detektuju tokom cele godine gotovo na svim dubinama. Bakterije roda *Proteus* sp. i vrsta *Pseudomonas aeruginosa* nisu izolovane ni u jednom ciklusu ispitivanja. Sulfitoredukujuće klostridije (anaerobne bakterije) se konstatuju češćom dinamikom na većim dubinama od 5m- pa do dna, a u februaru mesecu 2015 godine su izolovane na svim ispitivanim dubinama (izuzev u uzorku vode kolektovanom na površini vodenog stuba).

2.1.3.2 Biološka ispitivanja na akumulaciji Grlišće

Primarni problem u inženjerskoj praksi tretmana vode za piće čiji su izvori akumulacije i jezera, su pojave pikova biomase, sastavljenih od različitih vrsta koje dominiraju u okviru fitoplanktona. Vrste fitoplanktona se razlikuju po svojim ekološkim, morfološkim i fiziološkim karakteristikama koje im omogućavaju da prežive i razmnožavaju se, a produkcijom sekundarnih metabolita mogu snažno da utiču na proces u tretmanu vode za piće. Alge mogu da izbegnu proces prečišćavanja vode za piće i da dovedu ili do organoleptički neprijatnog kvaliteta (neprijatan ukus i miris, boja-geosmin, metilizoborneol) ili voda može da sadrži toksične materije koje su štetne po zdravlje potrošača (razne cijanotoksine itd.). Nalaz algi i zooplanktona u finalnoj vodi je uvek indikacija da je proces prečišćavanja vode za piće kompromitovan i rizičan u smislu prodora i drugih mikroorganizama uključujući i patogene.

Alge kao što su silikatne poput *Asterionella* spp., *Fragilaria* spp., i sl. i dinoflagelata (*Pyrrophyta*), naročito *Ceratium hirundinella* imaju potencijal da izazovu fizičke probleme na postrojenju za prečišćavanje: fizičku destabilizaciju flokula, začepljenje peščanog filtera, što ima za posledicu smanjenje efikasnosti rada filtera i veće potrebe za pranjem istih, povećanje troškova prečišćavanja i održavanja postrojenja.

Ispitivanja Agencije za zaštitu životne sredine u 2012.god.

Akumulacija Grlišće formirana je na Grliškoj reci, na vodnom telu Tipa 3 i pripada značajno izmenjenim vodnim telima (Sl. glasnik RS, 96/2010). Ocena ekološkog potencijala urađena je prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011).

Prema rezultatima kvantitativnih analiza fitoplanktona, prosečna vrednost procentualne zastupljenosti *Cyanobacteria* u 2012. godini je bila najveća na lokalitetima kod brane (A1 i A2), kao i na ulazu u akumulaciju (C2). Vrednosti ovog parametra, na ovim lokalitetima, odgovaraju IV klasi kvaliteta, a na ostalim lokalitetima III klasi ekološkog potencijala. Prosečna vrednost abundance fitoplanktona, na lokalitetima A1, A2, C1 i C3 odgovara IV klasi ekološkog potencijala, a na lokalitetima B2 i C2 gornjoj granici III klase ekološkog potencijala. Prosečna vrednost koncentracije hlorofila a na svim lokalitetima odgovara II klasi ekološkog potencijala.

U zajednici fitobentosa, na sva tri ispitivana lokaliteta, dominantna vrsta je *Cyclotella ocellata* Pantocsek, čiji je relativni procentualni udeo u odnosu na ostale taksone preko 50 %. Ova vrsta dominantna je i u zajednici fitoplanktona (Čađo i sar., 2014). Subdominantne vrste, na lokalitetu kod brane su *Navicula lanceolata* (Agardh) Ehrenberg, *Navicula veneta* Kützing, *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot, *Navicula minima* Grunow i *Cocconeis placentula* Ehrenberg.

U centralnom delu akumulacije značajan relativni procentualni udeo u populaciji fitobentosa ima vrsta *Nitzschia capitellata* Hustedt, koja je indikator jakog organskog zagađenja. Ostali subdominantni taksoni su *Navicula minima* Grunow i *Achnanthes minutissimum* (Kützing) Czarnecki.

Na ulazu u akumulaciju, pored vrste *Cyclotella ocellata*, značajan relativni udeo u populaciji fitobentosa imaju vrste *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O.Muller, *Fragilaria capucina* Desmazieres, *Nitzschia sinuata* (Thwaites) Grunow var. *tabellaria* (Grunow) Grunow in Van Heurck, *Cymbella caespitosa* (Kützing) Brun i *Achnanthes minutissimum* (Kützing) Czarnecki. Na osnovu IPS dijametarnog indeksa osetljivosti na zagađenje konstatovan je slab ekološki potencijal kod brane, loš ekološki potencijal u centralnom delu akumulacije i umeren na ulazu u akumulaciju. Ispitivanjem zajednice vodenih makrobeskičmenjaka, na lokalitetu C (ulaz u akumulaciju) u septembru mesecu, zabeleženo je ukupno 16 taksona. Procentualna zastupljenost maločekinjastih crva (*Oligochaeta*) odgovarala je III klasi ekološkog potencijala (39,33 %). Puževi (*Gastropoda*) predstavljeni su sa 4 vrste: *Radix labiata* (Rossmässler, 1835), *Physella acuta* (Drepanaud, 1805), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) i *Viviparus acerosus* (Bourguignat, 1862), a školjke (*Bivalvia*) sa samo jednom vrstom *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Prisustvo pojedinih taksona indikatora ukazuje na umereno organsko opterećenje akumulacije. Predstavnici insekatskih redova *Ephemeroptera*, *Plecoptera* i *Trichoptera* su odsustvovali. Na osnovu svih parametara koji su relevantni za zajednicu vodenih makrobeskičmenjaka, ekološki potencijal akumulacije, na lokalitetu C, može se okarakterisati kao slab.

Prema parametrima trofičkog statusa (Carlson, 1977), akumulacija Grlište pripada eutrofnim akumulacijama. Prosečne koncentracije ukupnog fosfora, na lokalitetima A1 i B2 odgovaraju donjoj granici hipereutrofije. Prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011), prosečne vrednosti prozračnosti akumulaciju Grlište svrstavaju u III klasu ekološkog potencijala. Vrednosti TSI indeksa izračunate na osnovu hlorofila *a* i prozračnosti ukazuju na III klasu ekološkog potencijala. Vrednosti TSI indeksa, izračunate na osnovu prosečnih koncentracija ukupnog fosfora, na lokalitetima kod brane i u centralnom delu akumulacije, odgovaraju IV klasi, a na ulazu u akumulaciju III klasi ekološkog potencijala. Generalno, ekološki potencijal akumulacije Grlište, na osnovu parametara trofičkog statusa, može se oceniti kao umeren.

Ispitivanja PMF Kragujevac

Tokom oktobra meseca 2015 godine ekspertska grupa, PMF Kragujevac (Laboratorija za hidroekologiju i zaštitu voda – Institut za ekologiju i biologiju), sproveo je uzorkovanje i analize biološke komponente kvaliteta vode i sedimenta akumulacije Grlište. Uzorkovanje je vršeno na 5 lokaliteta: 3 na samoj akumulaciji i 2 na pritokama – Lenovačkoj i Lasovačkoj reci. Tačkasta uzorkovanja po vertikali (različite dubine) obavljena su na površini, sredini vodenog stuba i pri dnu vodenog stuba.

Na osnovu parametara *In situ* merenja, kvalitet vode Akumulacije se nalazio između II i III klase kvaliteta, odnosno u rangu dobrog i umerenog ekološkog potencijala. U centralnom delu akumulacije zabeležene su povećane koncentracije amonijum jona, a kod brane i centralnim delovima akumulacije beleže se i veće vrednosti ortofosfata kao i u pritokama. Prema TSI indeksima, TSI Hlor *a* i TSI SD (Secchi disk), Grlište tokom oktobra meseca je u okviru mezotrofnog statusa, a veći stepen trofije (potencijal za veći stepen trofije) je određen prema TSI TP (eutrofan status) i koji je opredelio da Grlište ima umeren ekološki potencijal (ekvival. III klasa kvaliteta). Analizirana zajednica akvatičnih makrobeskičmenjaka

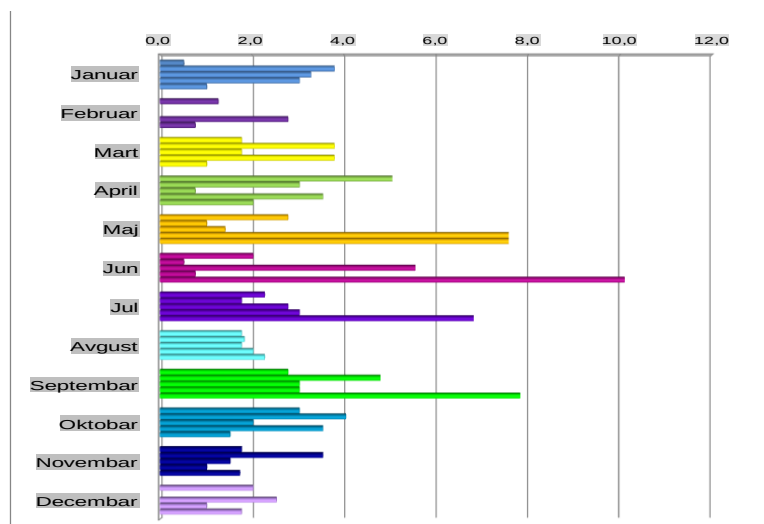
Akumulacije i pritoka, u okviru softverskog paketa Asterix ver.3.1.1, omogućila je da se preko brojnih Indeksa i Indeksa uključenih u Pravilnik, Sl. glasnika RS, br. 74/2011, sa velikom pouzdanošću oceni ekološki potencijal Grlišta. Prema fauni dna Grlište je u rangi dobrog do umerenog ekološkog potencijala, II-III klase kvaliteta (ekološkog statusa).

Analizom strukture makrobeskičmenjaka, Lenovačka i Lasovačka reka takođe su II-III klase kvaliteta (dobar-umeren ekološki status).

Brojnost fitoplanktonskih vrsta, abundancija, izražena kao broj čel.cm³, kretala se u rangi od 7120 čel.cm³, na lokalitetu ušće, a na lokalitetu kod brane veća brojnost fitoplanktona je zabeležena u površinskom, nego na dubini od 21 m (6910 i 1970 čel.cm⁻³ respektivno). Dominantan razdeo su silikatne alge (48% zastupljenosti- centrične i penatne), a modrozeleni su zastupljeni sa malim brojem vrsta (12% od ukupno prisutnih). Takođe kao subdominantna vrsta konstatovan je Ceratium hirundinella.

Ispitivanja laboratorije postrojenja Kraljevica-

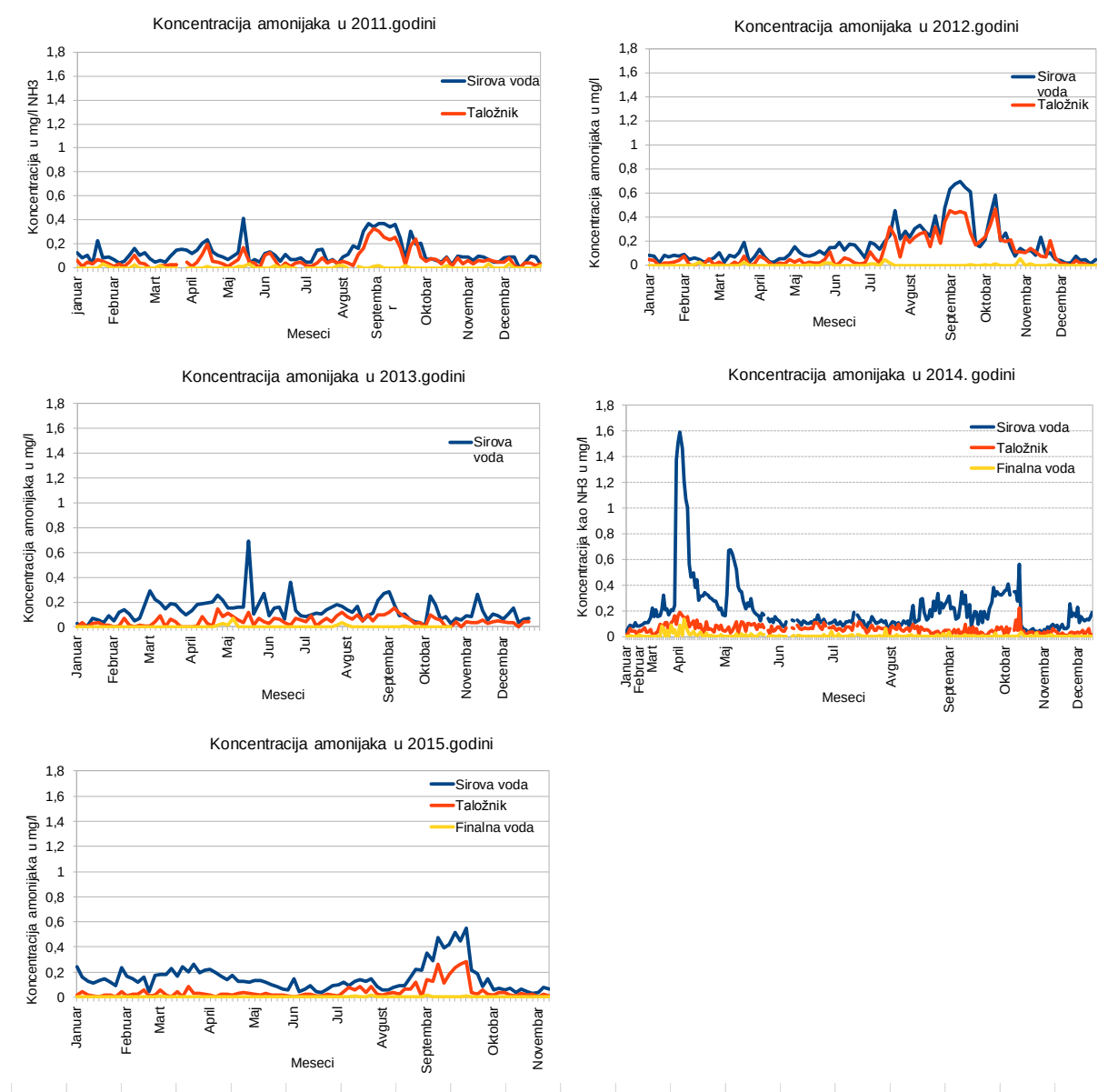
U laboratoriji postrojenja za prečišćavanje vode za piće Kraljevica, analizira se mikrobiološki i biološki kvalitet sirove vode i vrši se i monitoring na više dubina i na mestu samog vodozahvata. Od nestandardnih parametara analizira se i biohemijska-enzimska aktivnost vode preko Indeksa fosfatazne aktivnosti i prema kome se u nizu merenja od 2011 -2015 godine, kvalitet vode kretao najviše do umereno zagađenih voda organskim materijama II do III klase kvaliteta. Prema analizama fitoplanktona i indikatorskim težinama, Grlište se uglavnom nalazi u okviru beta mezosaprobnosti, gde dominiraju silikatne alge u strukturi planktonske zajednice. Na osnovu brojnosti i proporcije fakultativnih oligotrofni: heterotrofni bakterija (saprofita) Grlište tokom letnjih meseci odlikuje umerena do slaba sposobnost samoprečišćavanja. Na osnovu koncentracija Hlorofila a, na dubini od 10,5 m, algalna biomasa je niska, a maksimalna vrednost hlorofila a je oko 10 mg/m³ (Slika 2.3).



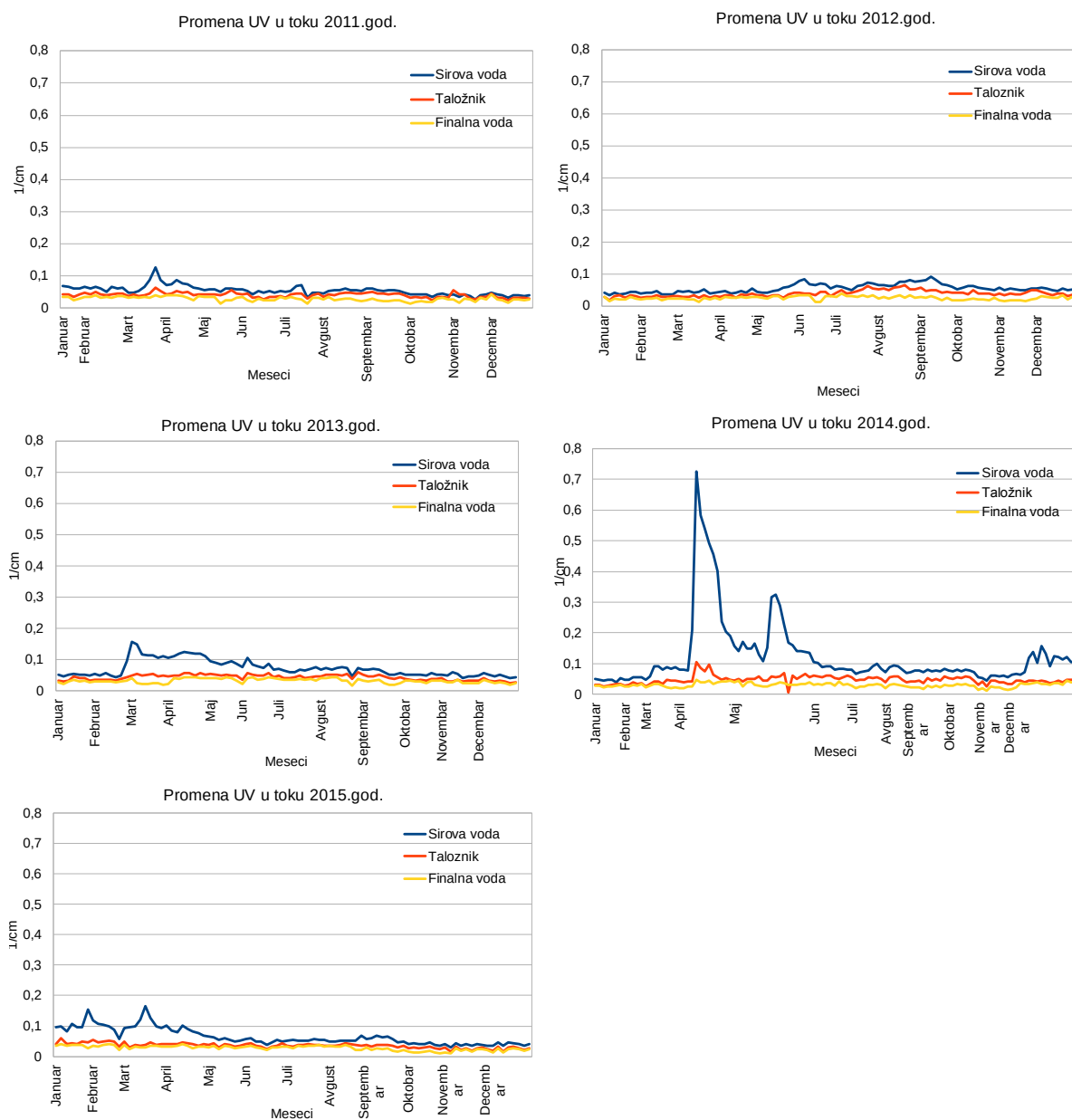
Slika 2.3 Koncentracije Hlorofila a na vodozahvatu, 10.5 m, akumulacija Grlište – period 2011.-2015. god.

2.2 Kvalitet ulazne (sirove) i prečišćene vode na PPV Kraljevica

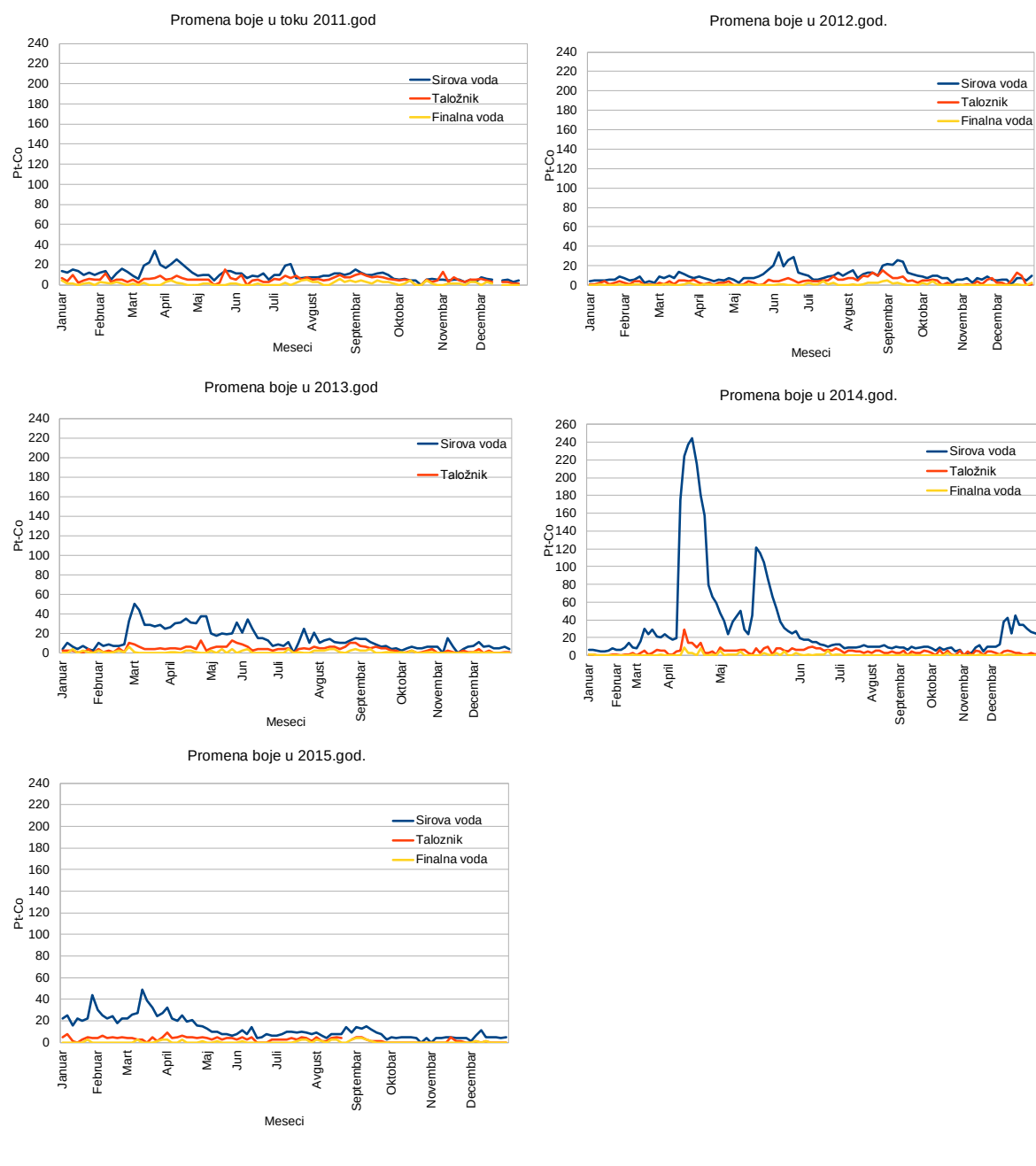
Za predstavljanje kvaliteta sirove vode iz akumulacije “Grlište” i prečišćene vode iz rezervoara čiste vode na postrojenju “Kraljevica”, korišćeni su rezultati analiza Instituta za javno zdravlje Niš i Zavoda za javno zdravlje Zaječar kao i analize pogonske laboratorije na fabrici vode. Rezultati redovnog monitoringa pogonske laboratorije na fabrici vode analizirani su za period od 2011. do 2015. godine. Osim što ova isptivanja predstavljaju deo obimnijeg monitoringa sirove vode, ona se vrše po redovnom programu praćenja rada postrojenja po fazama prerade. Ispitivanjima je obuhvaćena analiza sirove vode, izbistrene vode (nakon taložnika) i finalne (prečišćene vode) na sledeće parametre: pH, boja, mutnoća, rastvoreni kiseonik, elektroprovodljivost, UV na 254nm, utrošak KMnO_4 , rezidualni hlor i ozon. Na narednim dijagramima prikazana je promena odabranih parametara kvaliteta po fazama prerade za period 2011 – 2015.god.



Slika 2.4 Promena sadržaja amonijačnog azota u vodi po fazama prerade



Slika 2.5 Promena parametra UV ekstinkcije (na 254nm) u vodi po fazama prerade



Slika 2.6 Promena boje u vodi po fazama prerade

Analizom dobijenih rezultata analiza mogu se uočiti dva perioda tokom godine sa приметно lošijim kvalitetom vode: mart-maj i jul-oktobar, pri čemu se najveći pikovi (sadržaj) razmatranih parametara kvaliteta javljaju u prvom periodu.

Tokom godine, u periodu od 30 do 140 dana, u izbistrenoj vodi sa postrojenja se registruju vrednosti mutnoće iznad 1NTU dok je u finalnoj vodi njen sadržaj uvek bio u granicama Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Maksimalno izmerena vrednost u sirovoj iznosi 115 NTU.

Tokom posmatranog petogodišnjeg perioda, sadržaj organske materije (izražen preko parametra potrošnja KMnO_4) u sirovoj vodi u 76 do 100% merenja tokom godine prelazi 8 mg/l. Tokom 2013. i 2014. u svim uzorcima sirove vode sadržaj organske materije je bio iznad 8 mg/l.

Prema Pravilniku takve vode je zabranjeno hlorisati zbog stvaranja štetnih nusproizvoda dezinfekcije. Sadržaj organske materije u finalnoj vodi je uvek ispod MDK od 8 mg/l sa izuzetkom jednog merenja 2013.god.

Tokom godine, u periodu od 18 do 80 dana, vrednosti mangana u sirovoj vodi prelaze 0,05 mg/l. Maksimalno izmerena vrednost iznosi 0,64 mg/l. U narednim tabelama prikazani su statistički obrađeni rezultati merenja odabranih parametara kvaliteta za razmatrani period.

Tabela 2.2 Statistički obrađeni rezultati merenja mutnoće na PPV Kraljevica (2011-2015.god.)

Mutnoća		min	sr.vr.	max
2011.god.				
	sirova	0,4	1,7	7,9
	taložnik	0,4	0,9	3,5
	finalna	0,1	0,2	0,7
2012.god.				
	sirova	0,5	1,7	10,8
	taložnik	0,4	0,8	2,0
	finalna	0,1	0,2	0,6
2013.god.				
	sirova	0,5	2,7	25,0
	taložnik	0,3	0,8	3,3
	finalna	0,1	0,2	0,6
2014.god.				
	sirova	0,4	4,5	115,0
	taložnik	0,2	0,7	7,0
	finalna	0,1	0,2	1,0
2015.god.				
	sirova	0,5	2,6	15,3
	taložnik	0,2	0,7	2,3
	finalna	0,1	0,2	0,6

Tabela 2.3 Statistički obrađeni rezultati merenja sadržaja organske materije izraženog preko potrošnje KMnO₄ na PPV Kraljevica (2011-2015.god.)

KMnO ₄		min	sr.vr.	max
2011.god.				
	sirova	6,9	8,8	10,8
	taložnik	5,4	7,4	9,1
	finalna	4,7	6,1	7,4
2012.god.				
	sirova	7,2	9,5	12,9
	taložnik	6,7	7,9	10,3
	finalna	5,0	6,2	7,4
2013.god.				
	sirova	8,7	10,4	13,8
	taložnik	6,9	8,1	10,1
	finalna	5,3	6,5	8,4
2014.god.				
	sirova	8,6	12,0	26,9
	taložnik	6,3	8,4	11,4
	finalna	5,1	6,4	8,5
2015.god.				
	sirova	6,9	8,9	11,9
	taložnik	5,1	6,8	8,7
	finalna	4,1	5,6	6,9

Tabela 2.4 Statistički obrađeni rezultati merenja boje na PPV Kraljevica (2011-2015.god.)

Boja		min	sr.vr.	max
2011.god.				
	sirova	0,0	10,2	34,0
	taložnik	0,0	5,4	15,0
	finalna	0,0	1,3	6,0
2012.god.				
	sirova	1,0	9,6	34,0
	taložnik	0,0	4,0	15,0
	finalna	0,0	0,7	5,0
2013.god.				
	sirova	0,0	14,2	5,0
	taložnik	0,0	3,9	1,1
	finalna	0,0	1,1	6,0
2014.god.				
	sirova	0,0	33,2	244,0
	taložnik	0,0	4,1	29,0
	finalna	0,0	0,6	8,8
2015.god.				
	sirova	0,0	12,9	49,0
	taložnik	0,0	2,6	9,0
	finalna	0,0	0,5	4,0

Rezultati ispitivanja sirove vode za period 2014.-2015.god. od strane Javnih Zavoda pokazuju odstupanje od kvaliteta vode za piće po sledećim parametrima: mangan, gvožđe, organska materija, mutnoća, boja, nitriti i amonijak.

Izmerene vrednosti parametara u sirovoj vodi kretale su se u sledećim opsezima:

- pH vrednost od 7,5 do 8,1
- Mutnoća od 0,3 do 84 NTU
- Boja od 5 do 15 °Pt-Co
- Utr. KMnO₄ od 7 do 15 mg/l
- Amonijak od 0,08 do 0,46 mg/l
- Nitriti od <0,005 do 0,052 mg/l
- Nitrati od 0,01 do 4,97 mg/l
- Mangan od <0,025 do 0,39 mg/l
- Gvožđe od <0,05 do 2,05 mg/l

Na osnovu rezultata mikrobioloških analiza, u sirovoj vodi registruje se prisustvo koliformnih bakterija fekalnog porekla i streptokoka fekalnog porekla. *Pseudomonas aeruginosa* nije detektovan u sirovoj vodi tokom analiziranog perioda, a prisustvo *Proteus* vrsti samo se sporadično konstatuje.

Prema rezultatima analiza finalne vode, koju sprovode ovlašćene laboratorije Instituta za javno zdravlje, Niš i Zavoda za javno zdravlje Zaječar, kvalitet finalne vode po fizičko-hemijskim i mikrobiološkim parametrima zadovoljava kriterijume Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl.list SRJ 42/98 i 44/99).

Namenska ispitivanja Instituta “Jaroslav Černi”

S obzirom da se na postrojenju vrši ozoniranje vode izvršena je i analiza bromida u sirovoj vodi i bromata u finalnoj vodi. Kvalitet vode u pogledu koncentracije bromida predstavlja važan parametar u odabiru tehnologije prečišćavanja konkretno u postupku primene ozona. Poznato je da je ozon jako oksidaciono i dezinfekciono sredstvo. Pored velikog spektra pozitivnih efekata procesa ozonizacije pre svega u vodama koje ne sadrže značajnu koncentraciju bromida, mora se sagledati i nastanak nusprodukta u obliku bromata kao posledica oksidacije bromida prilikom primene ozona. Naime, ukoliko sirova voda sadrži bromide, prilikom primene ozona u procesu tretmana, dolazi do oksidacije bromida u bromate. Zakonska regulativa ne propisuje MDK za bromide ali za bromate je definisana i iznosi 10 µg/l.

Analize su sprovedene u dva navrata u laboratoriji Gradskog zavoda za javno zdravlje, Beograd i ukazale su na relativno nizak sadržaj bromida u vodi, koji iznosi 14 µg/l a sadržaj bromata je ispod 10 µg/l.

JAR test

U cilju ocene efikasnosti procesa bistrenja i uticaja promene pH na proces koagulacije i flokulacije izvršeni su JAR testovi. Ovim laboratorijskim eksperimentima proverena je i upotreba PAC-a (poli aluminijum hlorida) kao koagulant. Za potrebe testa korišćen je PAC koji nosi oznaku Nordpac 10 HB i aluminijum sulfat i PE koji se upotrebljavaju na postrojenju. Rezultati su dati u priloženim tabelama.



Slika 2.7 Jar test sa aluminijum sulfatom kao koagulantom

Tabela 2.5 Rezultati JAR test (lab. PPV Kraljevica)

Parametar		sirova	1	2	3	4	5	6
Doza $Al_2(SO_4)_3$	mg/l		40	40	40	40	40	60
Doza PE	mg/l		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,18
pH početni		7,4	7,2	7,4	7,6	7,8	8	7,4
pH završno			7,51	7,56	7,66	7,72	7,79	7,44
mutnoća	NTU	1,17	1,02	0,97	1,13	1,08	1,09	0,98
KMnO ₄	mg/l	13,28	10,75	12,01	11,7	12,64	12,01	9,48
UV	1/cm	0,098	0,065	0,066	0,068	0,067	0,072	0,055
boja	oPt-Co	17,5	7,5	7,5	7,5	7,5	10	6,25
TOC	mgC/l	3,59	3,16	3,28	3,43	3,48	3,20	3,20

Tabela 2.6 Rezultati JAR test (lab. JČ)

Parametar		sirova	1	2	3	4
Doza $Al_2(SO_4)_3$	mg/l		40	40	40	40
Doza PE	mg/l		0,15	0,2	0,2	0,2
pH početni		7,58	7,0	7,3	7,6	8,0
pH završno		-	7,12	7,35	7,34	7,5
mutnoća	NTU	3,98	0,39	0,17	0,33	0,26
KMnO ₄	mg/l	11,7	8,76	8,12	8,53	8,85

UV	1/cm	0,084	0,055	0,058	0,063	0,063
boja	°Pt-Co	12	8	7	7	8
TOC	mgC/l	3,67	3,42	3,33	3,44	3,53

Tabela 2.7 Rezultati JAR testa sa PAC

Parametar		sirova	1	2	3	4
Doza PAC	mg/l		10	15	20	30
Doza PE	mg/l		0,2	0,2	0,2	0,2
pH početni		7,33	7,3	7,3	7,3	7,3
pH završno			7,32	-	-	7,33
mutnoća	NTU	4,4	0,35	0,21	0,37	0,21
KMnO ₄	mg/l	16,18	-	8,79	-	-
UV	1/cm	0,080	0,042	0,041	0,043	0,049
boja	oPt-Co	8	5	4	5	4
TOC	mgC/l	3,63	3,64	2,83	2,86	2,71

Analizom dobjenih rezultata može se uočiti uticaj pH na proces bistrenja. Korekcijom pH vrednosti, odnosno pri nižim vrednostima oko 7.0, postižu se bolji rezultati po pitanju uklanjanja sadržaja organske materije i drugih posmatranih parametara. Takođe, veća efikasnost zabeležena je sa PAC-om nego sa aluminijum sulfatom.

3. Postojeće stanje postrojenja

Sirova voda zahvaćena iz akumulacije „Grište“ transportuje se do postrojenja za preradu vode „Kraljevica“ cevovodom dužine 12 592 m, od čeličnih cevi prečnika DN 900. Cevovod je dimenzionisan za potrebe I faze tj. za protok sirove vode od 700 l/s. Tehnološki tretman postrojenja za prečišćavanje vode „Kraljevica“ sadrži sledeće tehnološke operacije:

- Predhodno hlorisanje
- Doziranje aktivnog uglja u prahu
- Koagulacija i flokulacija
- Taloženje
- Ozonizacija
- Filtriranje
- Završno hlorisanje

Objekti na postrojenju:

- regulacioni blok
- šaht merača protoka
- raspodelna komora
- taložnica (pulzator)
- ozonski blok
- peščani filtri
- rezervoar čiste vode

3.1 Regulacioni blok

Prvi objekat na postrojenju je regulacioni blok koji se sastoji od dve grane DN 800 na kojima je postavljen:

- regulacioni leptirasti zatvarač DN 800 na elektromotorni pogon
- dva leptirasta zatvarača DN 800 na ručni pogon
- montažno demontažni komad DN 800.



Slika 3.1 Regulacioni blok

Zbog velikog prečnika cevovoda i malog protoka kako bi se ostvarila bolja regulacija protoka potrebno je na jednoj regulacionoj grani postaviti klipnoprstenasti zatvarač koji je namenjen za fine regulacije protoka.

3.2. Šaht merača protoka sirove vode

Drugi objekat na postrojenju je šaht merača protoka u kome je smešten elektromagnetni merač na cevovodu sirove vode DN 900. Elektromagnetni merač protoka se redovno servisira i nije potrebna njegova zamena jer nema problema u radu.

3.3. Doziranje hemikalija

Glavnim projektom koji je izradio Institut za vodosnabdevanje “Jaroslav Černi” 1986.god. predviđeno je da se sirovoj vodi u cilju poboljšanja kvaliteta i optimizacije procesa tretmana doziraju sledeće hemikalije: hlor za prethodno hlorisanje, koagulant aluminijum sulfat, krečno mleko ili sumporna kiselina za korekciju pH vrednosti, aktivni silicijum-dioksid kao flokulant i aktivni ugalj u prahu. Pre distribucije, predviđeno je da se finalna voda fluorise i hlorige. Od nekih projektom predviđenih hemikalija se odustalo ili nije bilo potrebe za njihovim doziranjem. U postojećem stanju vrši se doziranje hlora, flokulanta i koagulanta i po potrebi aktivnog uglja u prahu.

Prethodno hlorisanje

Predhlorisanje se vrši u cevovodu sirove vode, u regulacionom bloku, ispred svih doziranja, dodavanjem hlora u sirovu vodu, čime se obezbeđuje primarna dezinfekcija vode na samom ulazu u postrojenje. Prethodno hlorisanje ima zadatak da se izvrši potpunija i sigurnija dezinfekcija vode, da se spreči ili umani razmnožavanje algi u postrojenju kao i da se po potrebi izvrši oksidacija organskih materija, gvožđa i mangana.

Doziranje aktivnog uglja u prahu

Glavnim projektom doziranje aktivnog uglja u prahu predviđeno je da se vrši povremeno, po potrebi u šahtu ispred raspodelne komore. Doziranje bi se vršilo u cilju adsorpcije pojedinih nepoželjnih sastojaka iz vode i njihovog potpunijeg uklanjanja, kao što su: miris, boja, pesticidi, deterdženti, fenoli, organske materije i drugi mikropolutanti. Doziranjem ispred taložnice-pulzatora omogućava se dugo zadržavanje i vreme kontakta vode i aktivnog uglja u oblaku mulja i visok stepen iskorišćenja njegove apsorpcione moći. U postojećem stanju doziranje aktivnog uglja u prahu vrši se u drugom šahtu ispred raspodelne komore.

3.4 Doziranje koagulanta i raspodelna komora

Postojeći proces bistrenja počinje dodavanjem aluminijum-sulfata direktno u cevovod sirove voda pre raspodelne komore i polielektrolita u raspodelnoj komori, da bi se pokrenuo proces koagulacije, odnosno flokulacije, kako bi se koloidne nečistoće prevele u taložni oblik formiranjem flokula i njihovim povezivanjem u krupnije agregate.

Doziranje polielektrolita se vrši u prelivni mlaz na ulazu u odvodnu cev ka odgovarajućem taložniku. Kota vode u umirujućoj komori je 165.00 mm.



Slika 3.2 Raspodelna komora i doziranje polielektrolita u umirujućoj komori

U raspodelnoj komori postoje tri celine – komore:

- Dovodna komora dimenzija 3.15 x 7.5 m dubine 3 m u koju ulazi dovodna cev DN900. Komora je podeljena preforiranom betonskom pločom na dva dela kako bi se zadržale eventualne krupne nečistoće koje mogu doći dovodnim cevovodom sa akumulacije.
- Prelivna komora dimenzija 0.8 x 7.5 m koja se aktivira u slučaju dotoka veće količine vode od potrebne.
- Odvodna komora dimenzija 1.3 x 3.6 m koja je podeljena na dve odvodne komore prema svakom taložniku. Na komorama za odvod vode postavljene su cevi DN 600.

3.5. Pulzator

Iz raspodelne komore voda se direktno upušta u dve jedinice za taloženje - pulzatora koje su dimenzionisane na kapacitet od 350 l/s svaka sa vertikalnim strujanjem i oblakom mulja.

Tehničke karakteristike ovih jedinica su:

dimenzije:	dužina ~ 25 m
širina:	~ 15,6 m
dubina - dno - otvori na cevima	4,3 m

Voda se cevovodom DN 600 dovodi u zvona dimenzija 2.6x2.6 m odakle kroz kanal dimenzija 2.9x0.6 m dužine 11 m u perforirane cevovode DN 300 čime je obezbeđena ravnomerna raspodela vode u pulzatoru po celom dnu. Na cevovodu DN 300 postavljeni su usmerivači vode kako se ne bi remetio formirani oblak mulja u pulzatoru.



Slika 3.3 Pulzator

U središnjem delu pulzatora nalazi se “zvono” koje služi da se obavi flokulacija i obezbedi održavanje oblaka mulja u suspenziji. Iznad “zvona” se nalazi oprema za stvaranje vakuuma u “zvono” i za povremeno, ritmičko puštanje vazduha u “zvono” čime se formiraju pulzacije a na ovaj način se održava mulj u oblaku. Višak mulja se preliiva u koncentrator mulja i povremeno, automatski ispušta u kanalizaciju sistemom cevi DN 200.

Izbistrena voda se sakuplja sistemom cevi sa otvorima sa gornje strane DN 150 koje se ulivaju u sabirne kanale. Svaki pulzator ima četiri bloka cevi i dva središnja sabirna kanala koji se ulivaju u glavni sabirni kanal postavljen spolja duž zida taložnika kojim se voda odvodi ka objektu za ozonizaciju.

Analizirajući ovu tehnološku celinu, zaključeno je da bi se proces bistrenja poboljšao obezbeđivanjem prostora za odvijanje procesa koagulacije i flokulacije pre upuštanja u taložnice.

Da bi se prevazišli problemi koji sad postoje na pulzatoru neophodno je izgraditi jedinicu za odvijanje procesa koagulacije i flokulacije pre upuštanja vode na taložnicu.

3.6. Ozonizacija

Posle taložnice voda se betonskim kanalom širine 1.4 m odvodi na objekat za ozonizaciju. Objekat za ozonizaciju čine dve odvojene linije od kojih je u funkciji samo jedna linija za ozonizaciju. Objekat se sastoji od:

- mašinske sale u kojoj je smeštena oprema
- rezervoara u kome su komore za uvođenje ozona i proces ozonizacije.

U mašinskoj sali smeštena su:

- dva generatora ozona kapaciteta po 5.0 kgO₃/h od kojih je jedan radni a drugi rezervni
- destruktor ozona
- kompresori za pneumatski pogon.

Oprema za ozonizaciju je zastarela i dotrajala. Generatori ozona proizvode ozon iz vazduha tako da od opreme uz generatore ozona postoje visokopritisni kompresori i sušaci vazduha. U mašinskoj sali postoje još dva mesta predviđena za ugradnju generatora ozona za drugu fazu. Termički destruktor ozona je takođe zastareo, dotrajao i trenutno nije u funkciji. Unos ozona u vodu obavlja se u obe komore za ozonizaciju preko sistema cevi. Visokopritisni kompresori za komprimovani vazduh proizvodnje Atlas Copco GA 30 su funkciji. Na osnovu iznetih činjenica može se konstatovati da je neophodna zamena postojeće opreme za ozonizaciju.



Slika 3.4 Generatori ozona



Slika 3.5 Visokopritisni kompresor

3.7. Filtracija

Nakon ozonizacije ozonirana voda se kanalom širine 1.4 m odvodi na gravitacione filtere. Postojeći filteri su peščani gravitacioni filteri sa duplim dnom. Radom filtera može se upravljati iz komandno kontrolnog centra samog postrojenja ili sa pulta pored filterskog polja.

Karakteristike postojeće filterske jedinice su sledeće:

- dimenzije polja: 12,6×5 m
- broj polja: 8 kom.
- Broj polja u radu 4 kom.
- Površina jednog filtera: 63 m²
- Ukupna površina filtracije 504 m²
- brzina filtracije
kapacitet 350 l/s i 4 FP 5.0 m/h
jedan filter u pranju 6.7 m/h
- visina ispune:
kvarcni pesak 1.2 m
nadsloj vode 0,6 m
- pranje filtera: vazduh + voda



Slika 3.6 Peščani filtri

Voda se na peščane filtere dovodi na jedno centralno mesto i zbog toga nastaje niz problema u radu filtera:

- dovod vode remeti površinu filterske ispune, naročito nakon pranja filtera,
- nejednaka raspodela vode po filterskim poljima pa samim tim nejednako opterećenje filterskih polja.



Slika 3.7 Dovod vode na peščane filtre

U filterskoj prostoriji ne postoji dobra ventilacija vazduha i zaštita filterskih polja od direktnog uticaja sunčeve svetlosti. Takođe je neophodna građevinska sanacija krova objekta za filtraciju.

3.8. Cevna galerija

Cevna galerija se nalazi pored peščanih filtera a ispod cevne galerije je rezervoar čiste vode. Sve cevi u cevnoj galeriji su od čelika, a zatvarači međuprirubnički leptirasti zatvarači na pneumatski pogon.

U cevnoj galeriji postavljene su cevi za:

- dovod vode za pranje filtera DN 400
- dovod vazduha za pranje filtera DN 200
- odvod čiste vode DN 250

Cevovod za odvod čiste vode DN 250 priključen je na cevovodu DN 400 za dovod vode za pranje i direktno se ubada u rezervoar čiste vode. Sve cevi i zatvarači su stari preko dvadeset godina i dosta su dotrajali i korodirali tako da potrebna njihova zamena kao i zamena svih cevovoda.



Slika 3.8 Cevna galerija

Voda od pranja filtera se betonskim kanalima odvodi sa suprotne strane cevne galerije u betonski kanal otpadne vode odakle se voda odvodi u taložnicu za tretman vode od pranja filtera.

3.9. Rezervoar čiste vode

Na postrojenju je izgrađen rezervoar čiste vode zapremine 3000 m³. Iz rezervoara voda se zahvata i potiskuje u distributivnu mrežu i rezervoar „Kraljevica“. Kapacitet crpne stanice prečišćene vode na postrojenju je 450 l/s.

3.10. Završno hlorisanje

Završno hlorisanje predstavlja završni tretman u okviru tehnološkog procesa prečišćavanja vode za piće. Završna dezinfekcija hlorom, koja se obavlja u rezervoaru čiste vode, obezbeđuje uništavanje eventualno preostalih mikroorganizama i potreban rezidual hlora za transport u distributivnu mrežu.



Slika 3.9 Doziranje hlora u rezervoaru čiste vode

3.11. Pumpne stanice i mašinska sala

U mašinskoj sali postavljene su:

- pumpe za pranje filtera
- kompresori za pranje filtera
- visokopritisni kompresori za pogon pneumatskih zatvarača
- pumpe za potis vode
- pumpe za kućni vodovod.



Slika 3.10 Mašinska sala

Za pranje filtera instalirane su tri centrifugalne pumpe SCP 200-315 Jastrebac Niš karakteristika:

- $Q = 20 - 111 \text{ l/s}$
- $H = 32 - 25 \text{ m}$
- $P = 75 \text{ kW}$

Za pranje filtera instalirana su dva niskopritisna kompresora proizvodnje FAGRAM 774-1

- $Q = 66 \text{ m}^3/\text{min}$
- $p = 0.5 \text{ bar}$
- $P = 90 \text{ kW}$

Za pogon pneumatskih zatvarača instalirana su dva visokopritisna kompresora proizvodnje AtlasCopco snage $P = 11 \text{ kW}$.

Da bi se obezbedilo bolje pranje filtera potrebno je povećati brzine pranja filtera pa je potrebna zamena postojećih pumpi i kompresora za pranje a samim tim i potisne instalacije.

3.12. Šaht merača protoka čiste vode

U šahtu merača protoka čiste vode smešten je elektromagnetni merač DN 1000 na cevovodu čiste vode DN 1000. Elektomagnetni merač protoka se redovno servisira i nije potrebna njegova zamena jer nema problema u radu.



Slika 3.11 Šaht merača protoka finalne vode

3.13. Upravljanje, automatika i elektro instalacije

Na postrojenju je postavljen sistem za nadzor i upravljanje postrojenjem. Nove objekte i opremu je potrebno inkorporirati u postojeći sistem. Sagledaće se i potreba zamene i osavremenjavanje postojeće merno regulacione opreme.

3.14. Laboratorija

U okviru rekonstrukcije postrojenja, potrebno je obnoviti i osavremeniti opremu u laboratoriji. U tom smislu treba planirati opremu za uzorkovanje, merenje određenih parametara "in situ" na akumulaciji, zatim opremu za fizičko-hemijska, biološka i mikrobiološka ispitivanja.

3.15. Tretman otpadnih voda

Tokom rada postrojenja nastaje određena količina prljave, zamuljene vode (od taloženja flokula i pranja filtera), koju je neophodno tretirati radi daljeg ispuštanja u recipijent. U skladu sa tim za prečišćavanje otpadnih voda predviđene su lagune u koje se dovodi mulj iz lamelarnog taložnika i otpadne vode od pranja peščanih filtera.

Izgradjena su tri polja dimenzija 75 x 25 m. Tehnološke otpadne vode se sa postrojenja do laguna dovode cevovodom DN 500 dužine oko 1200m. Procenjena količina ispuštenih otpadnih voda iznosi oko 3 l/s (102 000 m³/god). Kvalitet otpadnih voda koje se upuštaju u Lubničku reku kontroliše Zavod za javno zdravlje Timok iz Zaječara i institut za javno zdravlje Niš.



Slika 3.12 Izgled obrasle rastinjem lagune i dovodnog kanala na mestu tablaste ustave

Sanitarne fekalne otpadne vode sa lokacije PPV „Kraljevica“ se odводе u septičku jamu koja se prazni od strane PP „Čistoća“ iz Zaječara.

Lagune imaju upotrebnu dozvolu Rešenjem Komiteta za komunalno-stambene poslove i urbanizam i zaštitu čovekove sredine o6.br.351-76/90 od 13.09.1990.godine. Rekonstrukcija laguna nije predmet ovog projekta ali je u sklopu projekta dat kraći osvrt na njihovo stanje i predlog daljih aktivnosti.

4. Hidraulička slika postrojenja

Nakon pregledane postojeće tehničke dokumentacije pristupilo se snimanju nivoa vode i preliva na izgrađenim objektima. Snimanja nivoa vode za proticaj na postrojenju od 350 l/s izvršena su na:

- | | |
|--|-------------|
| – rasodelnoj komori preliv | 166.18 mnm, |
| – pulzatoru odvodne cevi | 165.43 mnm, |
| – filtrima kota vode | 164.63 mnm. |
| – filtrima kota preliva vode od pranja | 164.95 mnm. |

Analizirajući u hidrauličkom smislu predloženo tehničko rešenje za rekonstrukciju postojećeg postrojenja i zadržavanje kapaciteta postrojenja od 350 l/s, upravo iza raspodelne komore predviđeni je novi objekti za koagulaciju i flokulaciju. Ovo je moguće uraditi jer hidraulička rezerva postoji u raspodelnoj komori podizanjem nivoa vode u odvodnoj komori.

Hidraulički proračun je dat u Mašinskom delu projekta.

5. Buduće stanje - rekonstrukcija postrojenja

Danas, nakon skoro 30 godina funkcionisanja, usled zastarelosti opreme kao i promena kvaliteta sirove vode usled procesa starenja akumulacije postoje problemi u procesu prečišćavanja vode na PPV „Kraljevica“. Neophodno je pristupiti rekonstrukciji i inoviranju postojećeg tehnološkog procesa prerade vode, uz uvođenje novih i savremenijih tehnologija i opreme, kako bi kvalitet vode na izlazu iz postrojenja u potpunosti zadovoljavao zakonske propise i za uslove najnepovoljnijeg kvaliteta ulazne sirove vode.

Predloženo rešenje se bazira na minimalnoj izgradnji novih tehnoloških jedinica i rekonstrukciji postojećih objekata tako da daju maksimalni kapacitet i kvalitet izlazne vode. Idejnim projektom analiziran je rad postojećeg postrojenja, uočeni su nedostaci i dat predlog mera koje treba preduzeti, tako da se postrojenje osavremeni u tehnološkom smislu.

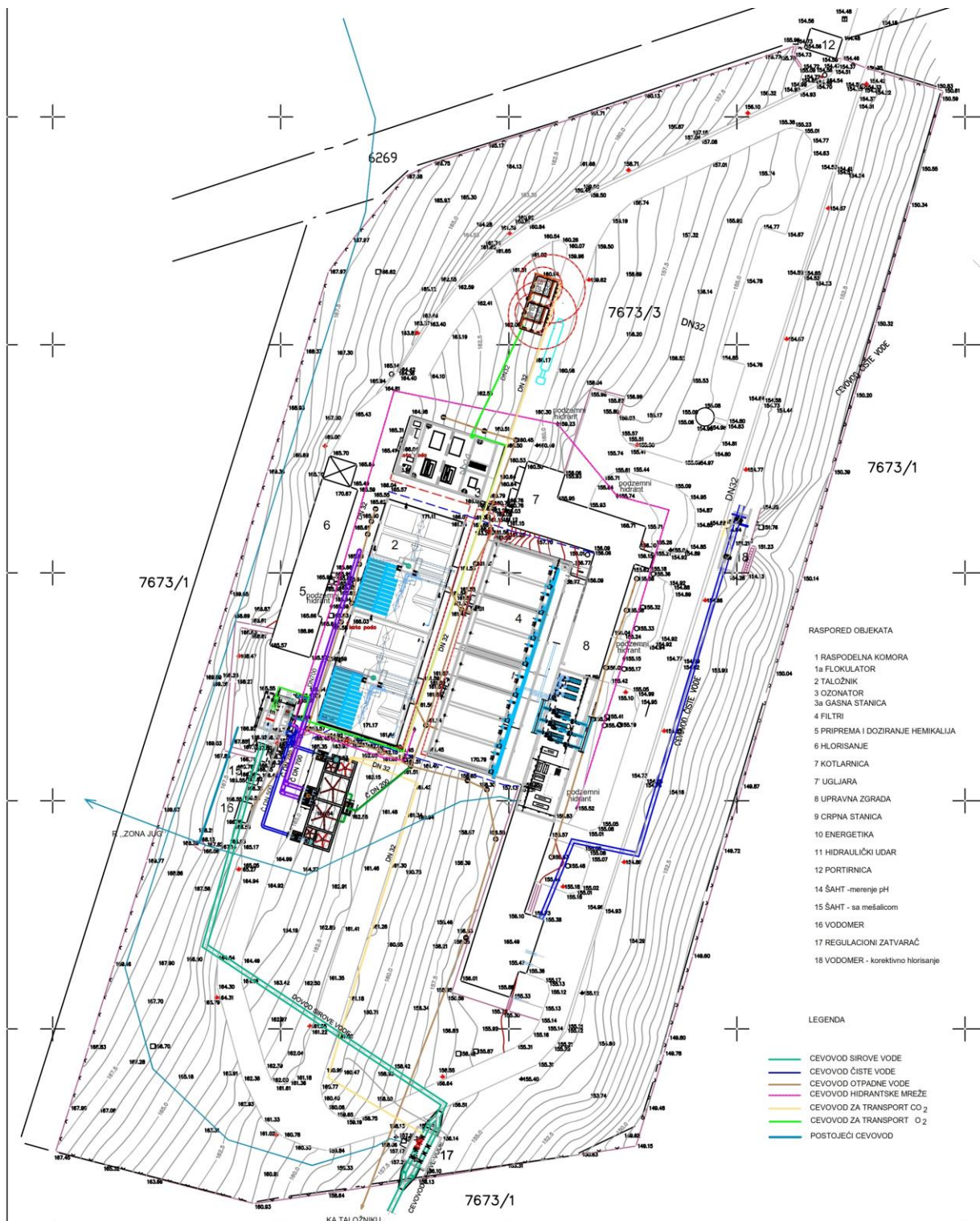
Postojeći tehnološki proces prerade vode za piće na postrojenju bio je predviđen za uklanjanje boje, mutnoće, gvožđa i mangana. Imajući u vidu trend pogoršanja kvaliteta u akumulaciji Grlište, pojave cvetanja algi, nalaze razdela Pyrrophyta- Ceratium hirundinella i alge iz razdela Cyanobacteria, mikrobiološki kvalitet i sezone promene u kvalitetu vode a konsultujući i literaturne podatke i iskustva sa drugih postrojenja predložena je optimalna varijanta tehnološkog postupka prerade vode koja obezbeđuje poštovanje kriterijuma kvaliteta zadatih u Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

Idejnim rešenjem razmatrane su varijante tehnološkog postupka tretmana vode, u okviru kojih i postupci predoksidacije i glavne oksidacije sa hlordioksidom, primena UV dezinfekcije i hlordioskida za finalnu dezinfekciju.

Nakon detaljne analize postojećeg stanja postrojenja, kvaliteta vode izvorišta akumulacije Grlište i konačno želje Investitora odabran je sledeći proces prerade vode (boldovan tekst predstavlja novoprojektovane objekte) koji se sastoji se od sledećih postupaka:

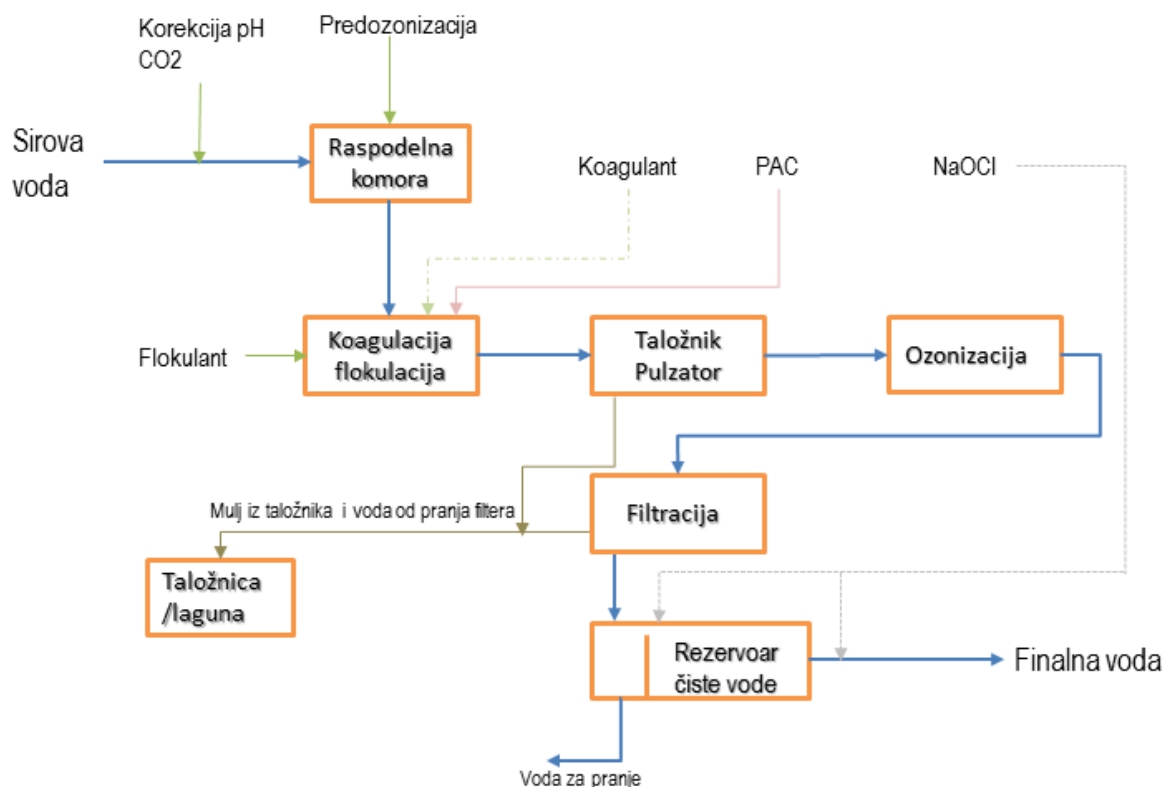
- **Korekcija pH vrednosti**
- **Predoksidacija: ozon**
- Doziranje aktivnog uglja u prahu (uvođenje savremenije opreme za pripremu i doziranje)
- **Koagulacija/Flokulacija** - u zasebnom objektu sa komorom za brzo mešanje (koagulaciju) i tri komore za flokulaciju
- Taloženje - Pulzator -revitalizacija objekta

- Ozonizacija –rekonstrukcija i postavljanje nove opreme za ozonizaciju
- Filtracija na dvoslojnim filtrima (pesak + antracit)-rekonstrukcija
- **Dezinfekcija: Završno hlorisanje sa natrijum hipohloritom proizvedenim na mestu potrošnje**



Slika 5.1 Situacija PPV Kraljevica sa novim objektima

Ovim projektom predviđeno je da se voda sa brane dovodi do regulacionog bloka gde će se po potrebi vršiti doziranje ugljen dioksida (CO_2) u cilju korekcije pH vrednosti. Nakon regulacionog bloka voda se dovodi u raspodelnu komoru koja treba da obezbedi prihvat vode sa brane i raspodelu vode na dve linije za koagulaciju i flokulaciju. U njoj će se u budućem tehnološkom procesu vršiti predozonizacija.



Slika 5.2 Blok šema odabrane varijante tretmana vode (Varijanta II)

Iz raspodelne komore, nakon predozonacije vode se odvodi na nov objekat za koagulaciju i flokulaciju gde je predviđeno doziranje koagulanta Al-sulfata u komoru za brzo mešanje. Proces flokulacije se odvija u tri komore gde su smeštene mešalice a nakon toga voda odlazi na taloženje u revitalizovanom objektu pulzatora. Doziranje flokulanta polielektrolita vrši se u prvoj komori ili opciono u drugoj komori za flokulaciju.

Predviđena je mogućnost povremenog doziranja aktivnog uglja u prahu, po potrebi, u komoru za brzo mešanje ili opciono prvu komoru flokulacije.

Nakon taloženja voda se odvodi na glavnu ozonizaciju. Predviđena je ugradnja novih generatora ozona, zamena destruktora ozona i rekonstrukcije komora za ozonizaciju.

Ozonirana voda odvodi se na filtersku stanicu koja se sastoji od:

- filterske sale sa 8 filterskih polja,
- cevne galerije.

Rekonstrukcija pešćanih filtera obuhvata:

- zamenu postojeće jednoslojne filterske ispune sa dvoslojnom (kvarcni pesak i antracit),
- ugradnju prelivnih korita za dovod vode na filtere,
- rekonstrukciju cevne galerije.

U postojećem stanju, pranje ispune filtera obavlja se vodom i vazduhom a postojeće pumpe za pranje filtera ne zadovoljavaju potreban kapacitet pumpi za pranje filtera pa je predviđena zamena postojećih pumpi i cevovoda za dovod vode za pranje filtera.

Voda od pranja filtera upušta se u lagunu. Rekonstrukcija laguna nije predmet ovog projekta mada je izvršen obilazak terena i sagledano njihovo stanje. Uočeno je da je usled dugogodišnje upotrebe i neblagovremenog čišćenja taložnica došlo do njihovog i obrastanja bujnim rastinjem trave i šiblja. Lagune je neophodno dovesti u funkciju.

U postojećem stanju, u cilju unapređenja procesa prečišćavanja na postrojenju, na brani akumulacije Grlište uveden je proces predoksidacije/dezinfekcije hlordioksidom na cevovodu sirove vode.

5.1 Doziranje hemikalija

Kao što je pomenuto, Glavnim projektom iz 1986.god. (izrađenom od strane Instituta za vodosnabdevanje "Jaroslav Černi") predviđeno je da se sirovoj vodi u cilju poboljšanja kvaliteta i optimizacije procesa tretmana doziraju sledeće hemikalije: hlor za prethodno hlorisanje, koagulant aluminijum sulfat, krečno mleko ili sumporna kiselina za korekciju pH vrednosti, aktivni silicijum-dioksid kao flokulant i aktivni ugalj u prahu. Pre distribucije, predviđeno je da se finalna voda fluoriše i hloriše. Od nekih projektom predviđenih hemikalija se odustalo ili nije bilo potrebe za njihovim doziranjem.

Analizirajući postojeće podatke o kvalitetu sirove vode i radu postrojenja ovim rešenjem razmatrano je i predloženo: doziranje ugljen dioksida (CO_2) u cilju korekcije pH, predoksidacija/dezinfekcija sirove vode, po potrebi doziranje aktivnog uglja u prahu i aluminijum sulfata (alternativno polialuminijum hlorid) i polielektrolita.

Doziranje CO_2 bi bilo prvo u liniji tretmana, pre svih doziranja, u cevovodu sirove vode u regulacionom bloku. Predoksidacija bi se vršila ozonom u cevovodu sirove vode ispred raspodelne komore.

5.1.1 Doziranje CO_2 u cilju korekcije pH

Jedan od najvažnijih parametara za efikasnost koagulacije je pH vrednost jer utiče na: površinsko naelektrisanje koloida, naelektrisanje rastvorene faze koagulanta, površinsko naelektrisanje flokula i rastvorljivost koagulanta.

Analizom raspoloživih podataka za period 2011-2015. god. uočeno je da se pH vrednost sirove vode na PPV kretala u opsegu od 6,9 do 8,4 jedinica, u proseku oko 7,7. Ekonomičan

rad i optimalni rezultati flokulacije i koagulacije zavise i od pH vode. Najčešće korišćeno sredstvo za koagulaciju a koje se i trenutno koristi na postrojenju je Al-sulfat koji najefikasnije deluje ukoliko je pH u granicama pH 6-7. Pri visokim vrednostima pH>9 može doći do rastvaranja aluminijum hidroksida i pojave aluminijuma u finalnoj vodi preko koncentracije od 0,2 mg/l.

Za regulaciju pH vrednosti koriste se mineralne kiseline (kao što je H_2SO_4) i CO_2 . Ugljendioksid je gas bez boje, mirisa, prijatno blago kiselog ukusa koji je oko 1,5 puta teži od vazduha. Na normalnim uslovima prilično je inertan. Nije toksičan, ne gori niti potpomaže sagorevanje. Ima osobinu da sublimiše. Prednosti upotrebe CO_2 su: manja potrošnja od mineralnih kiselina, zamena opasnih materija bezopasnim, nema zasoljavanja, manja je korozija, nema štetnih isparenja a skladištenje i rukovanje je jednostavnije i bezbednije.

Iz navedenih razloga je predviđeno doziranje CO_2 i odustajanje od nekada predviđenog načina korekcije sa sumpornom kiselinom. Doziranje se može izvršiti na lokaciji postrojenja, injektiranjem u cevovod ispred mesta doziranja koagulant.

Podaci za dimenzionisanje potrošnje tečnog ugljendioksida za regulaciju pH vrednosti

Sirova voda se uzima se zahvata iz akumulacije gravitaciono transportuje do postrojenja. Projektovani kapacitet postrojenja je 350 l/s. Imajući u vidu rezultate namenski sprovedenih JAR testova predviđeno je da se vrši korekcija pH vrednosti na PPV do 7,3. Proračunom dobijene doze CO_2 /l kreću se od 10 do 40 mg/l. Proračun je rađen za min vrednost alkaliteta od 135 i max vrednost od 240 mg/l; temperaturu vode od 12°C do 26°C, i za pH od prosečnih 7,7 do maksimalnih 8,4.

Tabela 5.1: Proračun potrošnje CO_2

Količina vode (l/s)	Količina (kg CO_2 /h)	Dnevna potrošnja CO_2 (kg)	Godišnja potrošnja CO_2 (t/god)
100	14,4	346	126,3
150	21,6	518	189
350	50,4	1210	442

S obzirom da su za proračun uzeti ekstremni rezultati to se iskustveno može reći da je očekivana stvarna potrošnja ugljendioksida na godišnjem nivou cca 100 t (za potrebu dimenzionisanja skladišnog rezervoara).

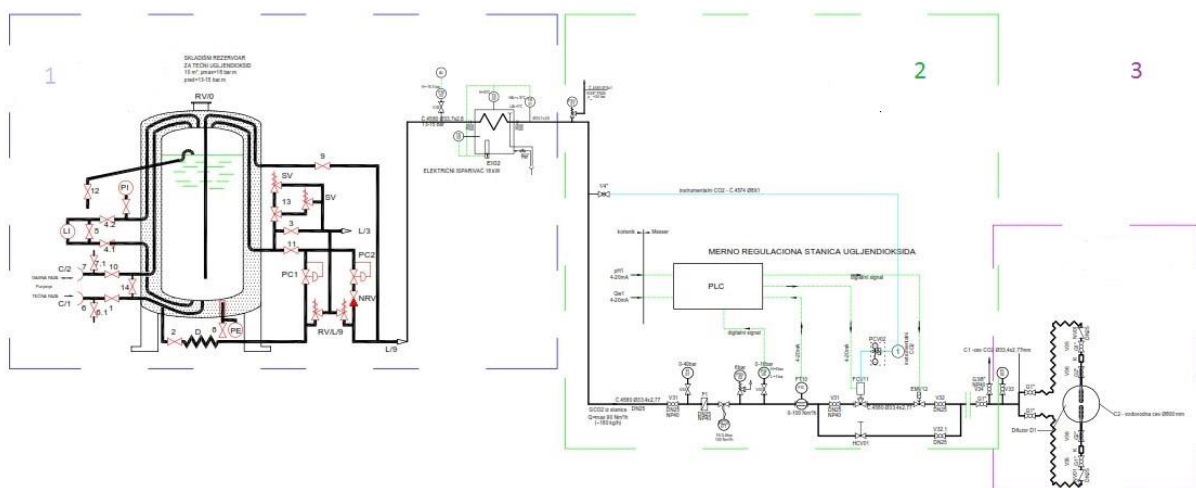
Preporučeni skladišni rezervoar je vertikalni vakuum izolovani rezervoar zapremine cca 10 m³. Pri maksimalnoj potrošnji i radu trajanje potrošnje rezervoara iznosi cca 9 dana ali stvarna dnevna potrošnja će biti manja a trajanje potrošnje jednog punjenja rezervoara

duže. Instalacija je u mogućnosti da obezbedi jediničnu potrošnju CO₂ i za ekstremnije slučajeve i veće doze.

Opis procesa

Za potrebe snižavanja pH vrednosti koristi se tečni ugljendioksid, koji se cevovodom iz rezervoara transportuje do objekta koagulacije/flokulacije. Za njegovu pripremu predviđena je gasifikacija u isparivaču, kao i stanica za redukciju pritiska i regulaciju protoka. Osnovni elementi instalacije za neutralizaciju vode su: stanica tečnog ugljendioksida i oprema za gasifikaciju, panel za kontinualno doziranje CO₂ i oprema za injektiranje.

Merno regulaciona oprema (panel za doziranje) se postavlja u novom objektu bistenja. Lokacija stanice tečnog ugljendioksida je određena prema slobodnom prostoru i važećim propisima za ovu vrstu instalacija.



Slika 5.3 Shema doziranja CO₂ 1. Rezervoar LCO₂, 2. Dozir panel u objektu bistenja, 3. Injektiranje u šahtu

Predložena tačka ubrizgavanja gasovitog CO₂ je u regulacionom bloku, direktno u cevovod sirove vode DN 800, u tačno određenoj količini prema parametrima sirove vode. Ubrizgavanje ugljendioksida se vrši sa odgovarajućim nad pritiskom neophodnim za normalno mešanje (rastvaranje) CO₂.

Ugljendioksid se injektira direktno u cevovod sirove vode, kroz dva porozna difuzora u obliku sveća raspoređena na dve tačke po obimu cevovoda. Pritisak ugljendioksida je za min. 1 bar iznad pritiska vode, što osigurava dobro raspršavanje gasa u vodu. Vreme potrebno za potpuno rastvaranje ugljendioksida je 10 do 15 sekundi, a korekcija pH je gotovo trenutna. Izabrana injekciona tehnologija osigurava potpuno rastvaranje i ravnomernu distribuciju CO₂ u struji sirove vode. Napomena: U eksploataciji je potrebno pre svakog silaska osoblja u šaht proveriti da nije došlo do smanjenja koncentracije kiseonika u prostoru šahta i to ili prenosnim detektorom CO₂ ili meračem koncentracije kiseonika.

Promenljive veličine u procesu su ulazni pH, ali i protok vode. Stoga je predviđeno upravljanje procesom doziranja CO₂ proporcionalno protoku i po željenom pH. Signal o

protoku dobijaće se sa elektromagnetnog merača protoka u šahtu. U cilju kontrole i korekcije doze CO₂ predviđena je ugradnja merača pH u šahtu neposredno ispred raspodelne komore, a nakon doziranja CO₂. Oprema za doziranje koristila bi signale navedenih uređaja za podešavanje trenutnog protoka CO₂. Upravljanje doziranjem vršilo bio se preko lokalnog PLC-a.

Opremu i instalaciju za neutralizaciju sirove vode čine:

- Stanica tečnog ugljendioksida kao izvor aktivne supstance za regulaciju pH vrednosti,
- Cevovod tečnog ugljendioksida od rezervoara do elektro isparivača,
- Isparivač tečne faze ugljendioksida,
- Cevovod gasovitog ugljendioksida od isparivača do objekta bistenja
- Panel za doziranje koji se sastoji od merno-regulacione opreme za redukciju pritiska i regulaciju protoka gasovitog ugljendioksida,
- Cevovod gasne faze od objekta bistenja do regulacionog bloka u kome se vrši injektiranje ugljendioksida u cevovod sirove vode,
- Oprema za injektiranje u cevovod sirove vode u regulacionom šahtu.

Stanica tečnog ugljendioksida

Gasifikaciona stanica tečnog ugljendioksida locira se na otvorenom, slobodnom prostoru postojeće zelene površine uz gasnu stanicu tečnog kiseonika. Rezervoar se postavlja na sopstveni betonski temelj, a ostala oprema se oslanja na plato stanice.

Predviđeno je da se stanica ogradi sa svih strana metalnom žičanom ogradom visine 2.5 m, sa odgovarajućim vratima sa prednje strane (ka putu) za ulaz poslužilaca i sa suprotne strane za slučaj opasnosti.

Temelj gasifikacione stanice treba da je izdignut od okolnog terena 20 cm, osim sa strane prema pristupnom putu sa betonskom pešačkom stazom širine 1.0m oko stanice.

Ispod i iznad gasifikacione stanice ne sme biti podzemnih odnosno nadzemnih instalacija. Objekat gasifikacione stanice je otvorenog tipa čime je obezbeđena prirodna ventilacija prostora. Stanica se sastoji od sledećih elemenata:

- Vertikalni, stabilni vakuum izolovani rezervoar za skladištenje tečnog ugljendioksida kapaciteta cca 10 m³, najvećeg radnog pritiska 18 bar, sa svom potrebnom zapornom, sigurnosnom, kontrolnom i regulacionom armaturom.
- Isparivač tečnog ugljendioksida - U okviru rezervoara se nalazi i dodatni isparivač za dizanje pritiska, održavanje pritiska u skladišnom rezervoaru pri maksimalnoj potrošnji, kapaciteta 4,5 kW, električni isparivač TCO₂ sa vodenim kupatilom, za prevođenje tečnog CO₂ u gasovitu fazu nakon izlaska iz rezervoara, snage elektrogrejača 18 kW, nominalnog kapaciteta 180 kg/h CO₂, zaporna, sigurnosna, merno-regulaciona oprema i cevovodi.
- Spojni cevovodi i amatura. Cevovodi su izrađeni od bešavnih cevi od nerđajućeg čelika kvaliteta Č.4580 ili sličnog.

Lokacija gasifikacione stanice izabrana je vodeći računa o dozvoljenim rastojanjima od drugih značajnih objekata, raspoloživom prostoru, prilaznim putevima i blizini objekata u kojima se koristi ugljendioksid.

Punjenje skladišnog rezervoara tečnim ugljendioksidom vrši se iz specijalne automobil cisterne koja je opremljena pumpom za pretakanje, pri čemu se povezuju gasni prostori rezervoara i automobil cisterne specijalnim fleksibilnim crevima za pretakanje (sastavni deo pribora automobil cisterne) radi smanjenja napora pumpe. Punjenje rezervoara se vrši do 90% radne zapremine.

Za pristup automobil cisterne skladišnom rezervoaru potrebno je izgraditi plato i pristupni put koji se priključuje na postojeću saobraćajnicu. Plato i pristupni put treba da budu izgrađeni od negorivog materijala, najbolje od betona. Plato za kretanje automobil cisterne treba da bude što ravniji, sa poprečnim padom za odvod vode, predviđen za težak saobraćaj. Pravi deo pristupnog puta od priključka za punjenje suda za TCO₂ iznosi najmanje 18 m u smeru kretanja automobil cisterne. Za vreme pretakanja treba da je onemogućen pristup drugim vozilima na pristupni put. Zaštitna zona pretaklišta oko suda za TCO₂ je pojas širine 5 m od priključka za punjenje (u ovoj zoni ne sme biti udubljenja, šahtova i sl.). Metalna fleksibilna creva za pretakanje moraju za vreme pretakanja biti uzemljena, kao i sve metalne mase unutar gasifikacione stanice.

Panel za kontinuirano doziranje ugljen-dioksida

Da bi se doze ugljen-dioksida menjale u skladu sa različitim potrebama, obezbediće se panel za doziranje sa regulacionim ventilom za kontinuirano podešavanje protoka CO₂. Panel za doziranje CO₂ se sastoji od opreme za regulaciju pritiska i protoka gasovitog CO₂ potrebnih za potrošnju, kao i potrebne merne i zaporne i sigurnosne armature, komandnog elektro ormana sa PLC za upravljanje procesom. Sva oprema je smeštena na nosećem ramu od čeličnih profila, u objektu bistrenja.

Monitoring (CO₂ detekcioni sistem za kontrolu vazduha)

Za zaštitu osoblja koji se povremeno nalaze u prostorijama u kojima može doći do akumuliranja ugljendioksida potrebno je predvideti fiksne i prenosne uređaje za detekciju ugljendioksida i/ili merače koncentracije kiseonika.

Senzori se postavljaju na mestima pri dnu prostorije, gde je verovatno da može doći do povećane koncentracije ugljendioksida, odnosno, do smanjenja koncentracije kiseonika, i to u šahtu sa sirovom vodom gde se CO₂ injektira u glavni cevovod i opciono u novom objektu bistrenja.

U šahtu je predviđena prinudna ventilacija koja se obezbeđuje centrifugalnim ventilatorom kapaciteta 400 m³/h. Usisni kanal se postavlja na najnižem delu prostorije, a dovod svežeg vazduha je obezbeđen na drugom kraju šahta.

Ventilator se postavlja na spoljnoj strani zida objekta. Potisni kanal se postavlja na visini od 2m od tla. Izlaz kanala ne sme biti usmeren ka prostorima na kojima mogu biti ugroženi prolaznici. Uključivanje ventilatora je ručno, a može se priključiti i na sistem detekcije koncentracije CO₂.

Na ulazu u objekat bistrenja (odnosno prostoriju gde je postavljen panel za doziranje CO₂, postavlja se svetlosna signalizacija koja pokazuje da li ima opasnosti od povećane koncentracije CO₂.

Na ulazu i/ili na bezbednim mestima u objektu za bistrenje postaviti signalne kutije sa zvučnom i svetlosnom signalizacijom za upozorenje na opasnost. Predvideti ventilaciju objekta postavljanjem usisnog kanala uz kontrolni panel i ventilatora na zidu ispod tavanice.

5.1.2. Predoksidacija

Uvod

Na postrojenju se trenutno vrši predoksidacija gasnim hlorom u cevovodu sirove vode. Na ovaj način se obezbeđuje i dezinfekcija vode na samom ulazu u postrojenje, sprečava ili umanjuje razmnožavanje algi u postrojenju. Analizirajući raspoložive podatke o kvalitetu sirove vode evidentno je da je u najvećem delu godine sadržaj organske materije u sirovoj vodi mahom preko 8mg/l (izražen kao potrošnja KMnO₄). Imajući ovo u vidu predložena je promena oksidacionog/dezinfekcionog sredstva, posebno što je domaćom pravnom regulativom zabranjeno hlorisanje vode ovih karakteristika.

U svetu je praksa zamene upotrebe hlora u procesu dezinfekcije iz razloga formiranja štetnih nusproizvoda dezinfekcije. Uobičajena sredstva koja se koriste za tu svrhu su: ozon, hlor-dioksid i KMnO₄. U narednoj tabeli dat je uporedan prikaz oksidacionih potencijala nekih jedinjenja. Pored fluora, ozon je najači oksidacioni agens.

Tabela 5.2 Oksidacioni potencijali nekih jedinjenja

OKSIDANT	Elektrohemijski potencijal, V	OKSIDANT	Elektrohemijski potencijal, V
Fluor	3,03	Hlor dioksid (ClO ₂)	1,57
Hidroksil radikali (OH)	2,80	Gasni hlor (Cl ₂)	1,36
Atomski kiseonik (O)	2,42	Kiseonik (O ₂)	1,23
Ozon (O ₃)	2,07	Brom	1,09
Vodonik peroksid, (H ₂ O ₂)	1,78	Hipohlorna kiselina (HOCl)	0,95
Kalijum permanganat (KMnO ₄)	1,68	Narijum hipohlorit, NaOC	0,94

Idejnim rešenjem je razmatrana upotreba ozona i hlor-dioksida za predoksidaciju imajući u vidu postojeći postupak tretmana, kvalitet sirove vode koja se tretira kao i osobine oksidanasa. Usvojena je varijanta predoksidacije sa ozonom.

Predoksidacija ozonom

Prednosti upotrebe ozona su brojne: ne formira THM ni druge halogenovane nusproizvode, smanjuje potencijal formiranja organo-hlornih jedinjenja, ne reaguje sa amonijakom ali stvara pogodne uslove za njegovu dalju nitrifikaciju kroz biološke procese na peščanim filtrima. Molekul ozona je nestabilan pa se mora generisati na mestu potrošnje.

U procesu tretmana, predoksidacija je smeštena ispred koagulacije/flokulacije i daje efekat mikro-flokulacije (poboljšanje flokulacije koloidnih organskih materija).

Uloga ozona u procesima predoksidacije ogleda se u:

- Otklanjanju ukusa i mirisa
- Dezinfekciji
- Delimičnom uklanjanju rastvorenih organskih materija
- Povećanju biorazgradljivosti organskih jedinjenja
- Uklanjanju boje izazvane huminskim materijama
- Smanjenju mutnoće
- Sprečavanju rasta algi, eliminisanja produkata njihovog metabolizma
- Smanjenju potrošnje hemikalija
- Oksidaciji neorganskih materija kao npr.: gvožđe, mangan, sulfidi i nitriti
- Povećanju brzine filtracije i vremena filtracije
- Smanjenju količine mulja u otpadnoj vodi od pranja filtera
- Smanjenju potrebe za hlorom pri konačnoj dezinfekciji

Kada je u pitanju predozonizacija primenjena ispred faze koagulacije obično su doze ozona i vremena reakcije ograničena. Optimalna doza ozona obično je u nižem opsegu koncentracija 0.5- 2 mg/l ili, u poređenju sa sadržajem rastvorenog organskog ugljenika (DOC) varira od 0,1 do 1 mgO₃/mg DOC.

Prema Degremont-u optimalna doza je (u proseku) 1 mg/l ozona a vreme kontakta oko 1 minut. Vreme kontakta može biti i duže zavisno od parametara koji se uklanjaju. Ovim projektom predviđene su doze od 0,3 do 1,5 mg/l u predozonizaciji, u zavisnosti od karakteristika sirove vode.

Najvažniji kriterijum prilikom odabira rešenja za predozonizaciju bio je da predloženo rešenje ima što manje uticaja na postojeće objekte, da se uklopi u postojeću hidrauličku liniju i da zahteva što manje građevinskih radova.

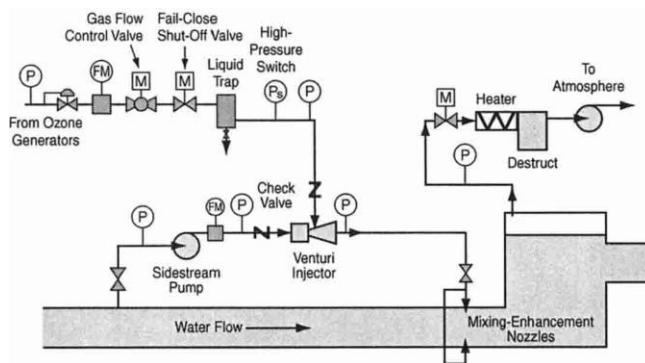
Razmatrana su dva načina injektiranja ozona:

Prvi, unos ozona u cevovodu sirove vode sa radijalnim difuzorom, što omogućava odličnu efikasnost transfera gasa u vodu kada je vreme kontakta malo. Proces mešanja se odvija tako da se deo vode zahvata “by pass” sistemom, prolazi kroz injektor, gde na principu Venturi mešanja prolazi kroz suženje i pravi podpritisak kojim se usisava proizvedeni gas ozona (smeša sa kiseonikom) na generatoru ozona. Tako napravljena mešavina ozona i vode se dovodi do radijalnog difuzora koji je pozicioniran u glavnom toku vode u cilju što bolje distribucije smeše. U ovom slučaju sva oprema, kao i deo cevi koji bi predstavljao reaktor morao bi da se izradi od nerđajućeg čelika (slika 5.4).

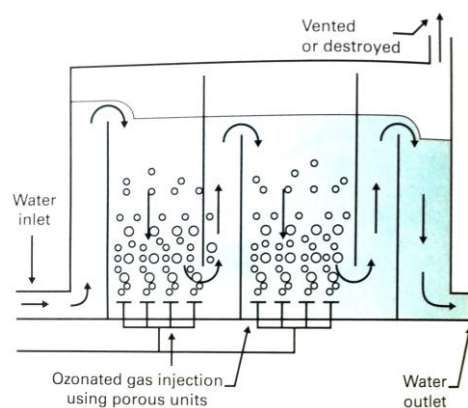
Drugi način je da se ozon proizveden na ozon generatoru nezavisnim sistemom cevovoda od nerđajućeg čelika uvodi u komore za ozonizaciju vode. U dnu prve komore pravi se raspodelni lateralni sistem sa cevima koje pokrivaju celu površinu komora i na koje se montiraju difuzori ozona. Prva komora služi za unos visoke koncentracije ozona pri samom dnu kako bi se omogućio što duži kontakt mehurića ozona sa vodom. Druga komora služi da se postigne neophodno vreme kontakta za reakciju ozona u vodi ili opciono za unos dodatne količine ozona (slika 5.5).

U oba slučaja, tokom procesa ozonizacije nastaje deo gasa ozona koji nije iskorišćen i koji se pre upuštanja u atmosferu mora uništiti. Za ove potrebe se koriste destruktori ozona koji mogu biti termički i katalitički.

Šematski prikaz principa mešanja i doziranja za navedene varijante dat je na sledećim slikama.



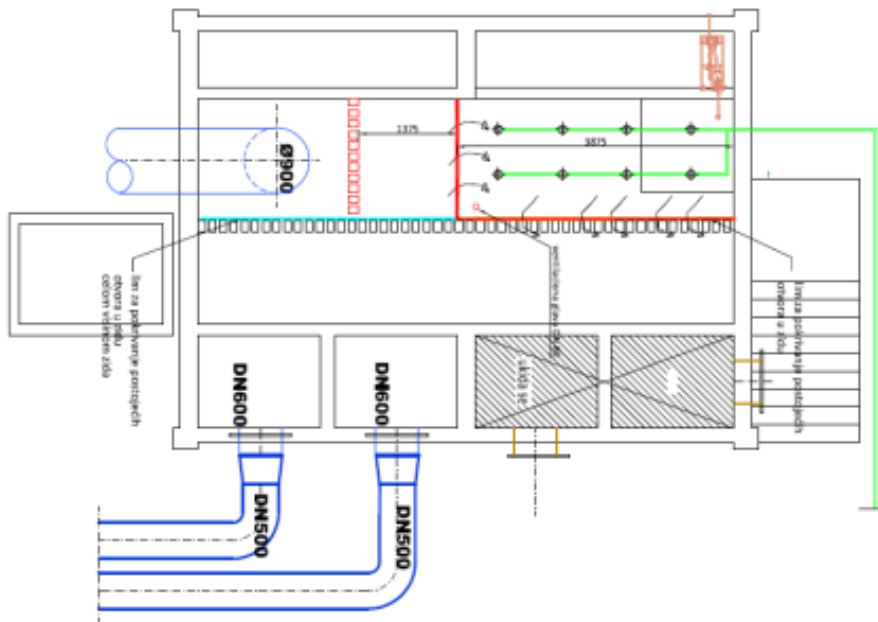
Slika 5.4: Šematski prikaz rastvaranja ozona u by-pass struji vode i njegovo injektiranje direktno u cevovod



Slika 5.5: Šematski prikaz injektiranja ozona u komori (izvor Degrmont)

Projektant je odabrao rešenje sa unosom ozona preko difuzora, u reakcionoj komori. Za te potrebe predviđeno je da se iskoristi postojeća raspodelna komora koja bi se za ove potrebe rekonstruisala. Dovodna komora dimenzija 3.15 x 7.5 m dubine 3 m u koju ulazi dovodna cev DN900 biće komora u kojoj se vrši predozonizacija. Izvršiće se njena rekonstrukcija i pregrađivanje kako bi se obezbedio prostor za postavljanje perforirane pregrade za

zadržavanje krupnih nečistoća i nakon toga prelivne pregrade. Na ovaj način se omogućava da voda preliva odozgo u komoru za unos ozona dimenzija 1.7 x 3.6 m u kojoj su postavljeni difuzori ozona (u dva reda po 4 difuzora). Iz ove komore voda ispod pregrade koja je postavljena na betonskom zidu samo u dužini od 3.6 m prolazi u komoru za reakciju iz koje preliva u dve odvodne komore ka objektu koagulacije i flokulacije. Pregrada u prvom delu komore u dužini od 3.6 m je postavljena od vrha do dna komore kako bi se sprečilo strujanje vode. Na ovaj način vreme predozonizacije je 2.3 min za protok od 350 l/s. Prelivna ivica na odvodnim komorama omogućava potreban hidraulički skok za iznošenje off ozona.



Slika 5.6: Rekonstruisana raspodelna komora

U okviru rekonstrukcije predviđeno je potpuno zatvaranje svih otvora u podu umirujuće komore kao i postavljanje destruktora ozona. Predviđeno je da se potrebna količina ozona za predozonizaciju dovodi iz objekta glavne ozonizacije u kome su smešteni generatori ozona. Novi generatori su predviđeni za potrebnu količinu ozona za predozonizaciju i glavnu ozonizaciju.

5.1.3. Doziranje aktivnog uglja u prahu

U postojećem stanju doziranje aktivnog uglja u prahu (PAC – powder activated carbon) vrši se u šahtu ispred raspodelne komore, koji je opremljen mešalicom. S obzirom na povremen izrazito loš kvalitet sirove vode zadržava se postupak doziranja aktivnog uglja u prahu. Njegovo doziranje bi se izmestilo nizvodno od raspodelne komore, opciono u brzom mešaču i prvoj komori za flokulaciju.

Doziranje bi se vršilo u cilju adsorpcije pojedinih nepoželjnih sastojaka iz vode i njihovog potpunijeg uklanjanja, kao što su: miris, boja, pesticidi, deterdženti, fenoli, organske materije i drugi mikropolutanti.

Takođe imajuću u vidu registrovane pojave cvetanja algi, prisustvo cijanobakterija, mogućnost da u proces prerade vode uđu njihovi toksični produkti metabolizma, poželjno je kao povećan stepen zaštite imati mogućnost doziranja aktivnog uglja u prahu.

Doziranjem ispred taložnice-pulzatora omogućava se dugo zadržavanje i vreme kontakta vode i aktivnog uglja u oblaku mulja i visok stepen iskorišćenja njegove apsorpcione moći.

Aktivni ugalj u prahu dozira se u sirovu vodu u vidu 1 % (ili 2%) suspenzije, u dozama od 5 do maksimalno 40 mg/l. Proračun potrošnje PAC je dat u narednoj tabeli.

Tabela 5.3 : Projektni kriterijumi za proračun opreme za pripremu i doziranje PAC

Ukupan kapacitet, l/s	350
Minimalna doza PAC, mg/l	5,0
Maksimalna doza PAC, mg/l	40,0
Minimalna potrošnja PAC, kg/h	6,3
Maksimalna potrošnja PAC, kg/h	50,4

Za prosečan protok od cca 150 l/s (u letnjem periodu) i granične doze 1% suspenzije aktivnog uglja, časovna potrošnja bi iznosila:

$$V = \frac{150 \text{ l/s} \times 3.6 \times 5 \text{ mg/l}}{10.0 \text{ g/l}} = 270 \text{ l/h}$$

$$V = \frac{150 \text{ l/s} \times 3.6 \times 40 \text{ mg/l}}{10.0 \text{ g/l}} = 2160 \text{ l/h}$$

odnosno sumarno:

prosečan godišnji proticaj, l/s	≈100
minimalna potrošnja 1% (2%) PAC, l/h	180 (90)
maksimalna potrošnja 1% (2%) PAC, l/h	1440 (720)
prosečan proticaj u letnjem periodu, l/s	≈150
minimalna potrošnja 1% (2%) PAC, l/h	270 (135)
maksimalna potrošnja 1% (2%) PAC, l/h	2160 (1080)

S obzirom da je oprema za pripremu i doziranje zastarela izvršiće se njena zamena novom, savremenijom.

Prikaz jednog takvog uređaja sa doziranjem aktivnog uglja u prahu iz “big bag” vreća dat je na slici 5.7. “Big bag” vreća se električnim viljuškarom podiže u okvir, držač vreća. Vreća se otvara na dnu koji se odvezan postavlja na dozator praškaste materije. Dozator meri količinu PAC-a istovremeno sa pripremom vode u konusu za vlaženje praha. Transfer finalne PAC

Proces koagulacije i flokulacije odvija se u samoj taložnici. Da bi se ovaj proces unapredio, neophodno je izgraditi novu jedinicu za odvijanje procesa koagulacije i flokulacije pre upuštanja na taložnicu.

Ovim projektom predviđena je:

- izgradnja novog objekta za odvijanje procesa koagulacije i flokulacije na prostoru pored raspodelne komore i objekta pulzatora
- i revitalizacija postojećeg pulzatora.

Bitni faktori koji utiču na efikasnost ovog procesa a ujedno predstavljaju projektne kriterijume za dimenzionisanje komora za koagulaciju/flokulaciju jesu vreme kontakta i brzina mešanja. Za proces koagulacije dovoljno je vreme zadržavanja od 30-60s i gradijent brzine od $700-1000s^{-1}$. Praksa je da se proces flokulacije odvija u više stepena (komora) a najčešće tri. Uobičajena vremena za flokulaciju su od 20-30 min.

Osnovni projektni kriterijumi za dimenzionisanje komora za flokulaciju su:

- I flokulaciona komora:
Vreme mešanja 3 - 5 min
Gradijent brzine flokulatora (za horizontalni) 30 - 60 s-1
- II flokulaciona komora:
Vreme mešanja 6 – 12 min
Gradijent brzine flokulatora 20 - 40 s-1
- III flokulaciona komora:
Vreme mešanja 10 – 16 min
Gradijent brzine flokulatora 5 - 20 s-1

Novi objekat **bistrenja** predviđen sa dve nezavisne linije max. kapaciteta po 175 l/s. Svaka linija ima komoru za brzo mešanje i po tri komore koje su opremljene odgovarajućim mešalicama za lagano mešanje po celoj površini i dubini komore.

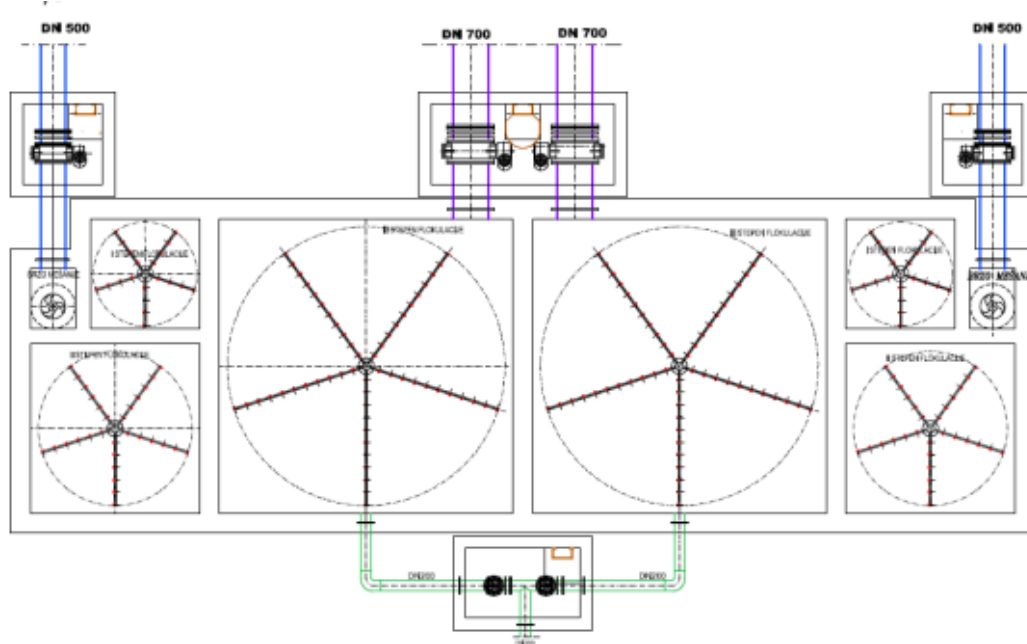
Karakteristike komora su:

- broj komora u liniji 4
- zapremina komora : brzo mešanje 0.9x 0.9x5 m zapremine 4 m³;
prva 2.2x 2.2x5 m zapremine 24.2 m³
druga 3.4x 3.4x5 m zapremine 57.8 m³
treća 5.9x5.9x5 m zapremine 174.1 m³
- vreme kontakta.....brzo mešanje 0.5 min,
prva komora 2.3 min.
druga komora 5.5 min
treća komora 16.6 min

U samom objektu predviđeno je postaviti uređaj za pripremu i doziranje polielektrolita.

Cevi za dovod vode na objekat za flokulaciju su DN 500 i ispred objekta je predviđena izgradnja šahtova za dovod vode u kome će se postaviti leptirasti zatvarač DN 500 PN10 na

elektromotorni pogon i montažno-demontažni komad DN 500. Brzina vode za protok od 175 l/s je 0.9 m/s.



Slika 5.8: Objekti flokulacije

U objektu flokulacije nije predviđen konstantan boravak ljudi tako da nije potrebno održavati temperaturu za boravak lica već temperaturu kako ne bi došlo do zamrzavanja vode u instalaciji i kako bi se omogućili adekvatni uslovi za rad procesno mašinske opreme (dozir panel CO₂ i jedinica za pripremu i doziranje PE). Potrebno je obezbediti odgovarajuću ventilaciju prostora što se može obezbediti odgovarajućom opremom i/ili prirodnom ventilacijom (zbog potencijalne pojave ugljendioksida).

Cevi za odvod vode na pulzator su DN 700 i ispred objekta za flokulaciju je predviđena izgradnja šahtova u kome će se postaviti leptirasti zatvarač DN 700 PN10 na elektromotorni pogon i montažno-demontažni komada DN 700. Brzina vode za protok od 175 l/s je 0.45 m/s kako bi se očuvale formirane flokule koje će se istaložiti na pulzatoru (preporuka je da brzina bude manja od 0.5 m/s).

Tehničke karakteristike pulzatora su:

dimenzije:	dužina ~ 25 m
širina:	~ 15,6 m
dubina - dno - otvori na cevima	4,3 m
korisna zapremina V	~ 1677 m ³

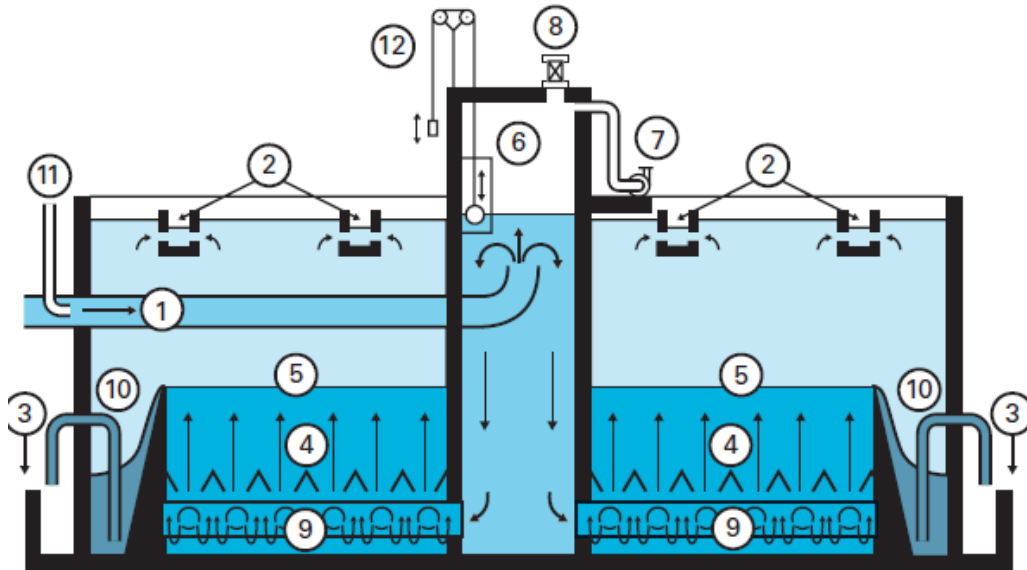
Neto površina jedne taložnice iznosi:

15,6 x 25=390 m dok neto površina ogledala vode iznosi:
 $25,0 \times 15,6 - 3,10 \times 2,70 = 390 - 8,37 = 381,6 \text{ m}^2$

Površinsko opterećenje pri maksimalnom kapacitetu iznosi:

$0,350 \times 3600 : 381,6 = 3,3 \text{ m/h}$.

Vreme zadržavanja u taložnici iznosi: $390 \times 4,3 : (0,350 \times 3600) = 1,33\text{h}$



1. ulaz sirove vode 2. izlaz izbistrene vode 3. uklanjanje mulja 4. usmerivači vode 5. vrh oblaka mulja 6. zvono-vakuum komora 7. vakum pumpa ili ventilator 8. automatski ventil za prekid vakuuma 9. perforirane cevi za distribuciju vode 10. koncentrador mulja 11. injektiranje reagensa 12. plutajući prekidač

Slika 5.9: Pulzator

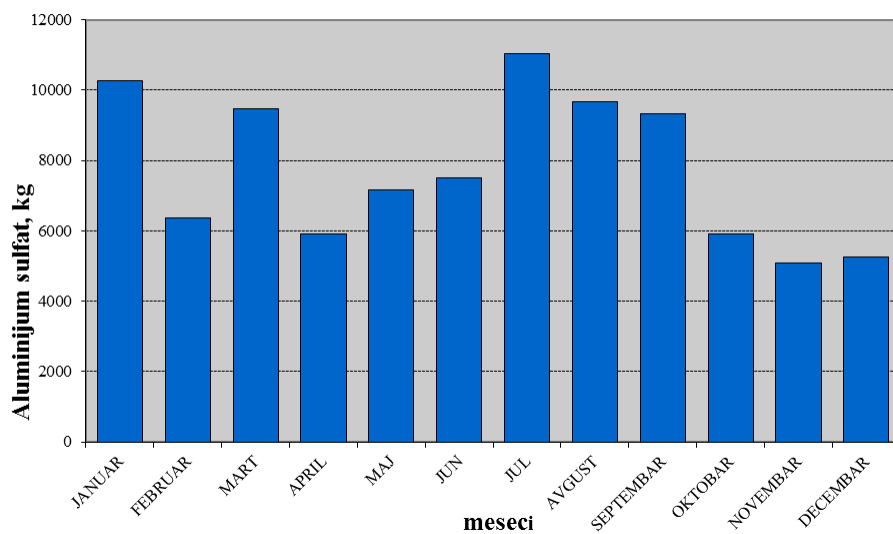
Iz komora za flokulaciju voda se upušta u dve jedinice za taloženje - pulzatora koje su dimenzionisane na kapacitet od 350 l/s sa vertikalnim strujanjem i oblakom mulja. U okviru rekonstrukcije postrojenja predviđena je zamena cevi za dovod vode na pulzator postavljanjem dva cevovoda DN 700 sa objekta flokulacije. Da bi se izbegli opsežni građevinski radovi u pulzatoru predviđeno je da se ispred pulzatora nove cevi priključe na postojeće dovode DN 600 koji ispod temelja objekta ulaze u zvono pulzatora dimenzija 2.6 x 2.6 m odakle kroz kanal dimenzija 2.7 x 0.6 m dužine 11 m u cevovode DN 300. Na kanal su priključeni perforirani cevovodi DN 300 kroz koje voda ulazi u pulzator i na taj način obezbeđena je ravnomerna raspodela vode u pulzatoru po celom dnu. Na cevovodu DN 300 postavljeni su usmerivači vode kako se ne bi remetio formirani oblak mulja u pulzatoru.

U središnjem delu pulzatora nalazi se "zvono" koje služi da se obavi flokulacija i obezbedi održavanje oblaka mulja u suspenziji. Iznad "zvona" se nalazi oprema za stvaranje vakuuma u "zvonu" i za povremeno, ritmičko puštanje vazduha u "zvono" čime se formiraju pulzacije a na ovaj način se održava mulj u oblaku. Višak mulja se preliva u koncentrador mulja i povremeno, automatski ispušta u kanalizaciju sistemom cevi DN 200. Izbistrena voda se sakuplja sistemom od 12 cevi sa otvorima sa gornje strane DN 200 koje se ulivaju u sabirne kanale. Svaki pulzator ima dva središnja sabirna kanala koji se ulivaju u glavni sabirni kanal postavljen spolja duž zida taložnika kojim se voda odvodi ka objektu za ozonizaciju.

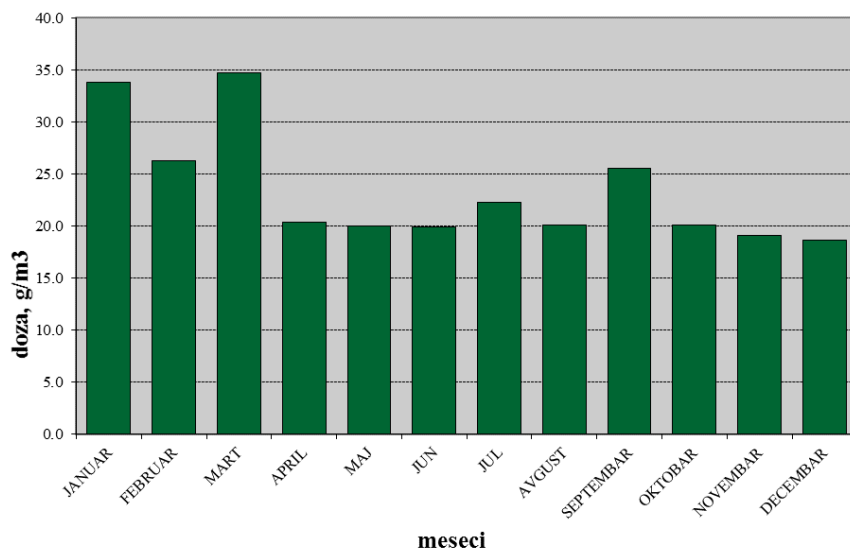
Da bi se prevazišli problemi koji sad postoje na pulzatoru neophodno je izgraditi jedinicu za odvijanje procesa koagulacije i flokulacije pre upuštanja vode na taložnicu. Takođe je predviđena zamena postojećih cevi za evakuaciju mulja koje su dotrajale i dosta korodirale. Nije predviđena zamena sisetma za evakuaciju mulja niti zamena cevi za dovod vode na pulzator.

5.2.1 Priprema i doziranje koagulanta

Na postrojenju vrši se doziranje 10% aluminijum sulfata. Aluminijum sulfat je uskladišten u kesama od 25 kg. Generalno, najveće doze se primenjuju u tokom dva perioda marta-aprila i kasno letnjeg, avgust-septembar. Prosečna godišnja doza za period 2011-2015.god. iznosi 26,6 mg/l aluminijum sulfata dok je prosečna godišnja potrošnja 107,2t ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18\text{H}_2\text{O}$) odnosno oko 9 t/mes. Maksimalna prosečna mesečna doza od 53,6 mg/l registrovana je u maju 2014. godine što je praćeno i maksimalnom mesečnom potrošnjom od 18,6t. Na narednim dijagramima prikazana je potrošnja aluminijum sulfata za 2015.godinu.



Slika 5.10: Potrošnja aluminijum sulfata u 2015.godini



Slika 5.11: Prosečne doze aluminijum sulfata u 2015.godini

Rastvor se priprema u dve kade koje su smeštene ispod silosa hemikalija. Kako su suvi dozatori u kvaru, priprema rastvora se vrši ručno u kadama. Predviđa se zamena postojećeg načina pripreme rastvora sa savremenijim automatizovanim jednicama.

Doziranje aluminijum sulfata u šahtu ispred raspodelne komore izmestiće se komoru za brzo mešanje u sklopu novog objekta za koagulaciju i flokulaciju.

Projektom predviđena maksimalna doza aluminijum sulfata iznosi 80 mg/l. Za maksimalni kapacitet od 350 l/s potrebna količina iznosi:

$350 \text{ l/s} \times 80 \text{ mg/l} \times 3,6 = 100 \text{ kg/h}$
odnosno 1000 l/h 10% rastvora.

Za prosečan protok:

$100 \text{ l/s} \times 80 \text{ mg/l} \times 3,6 = 28.8 \text{ kg/h}$
odnosno 288 l/h 10% rastvora.

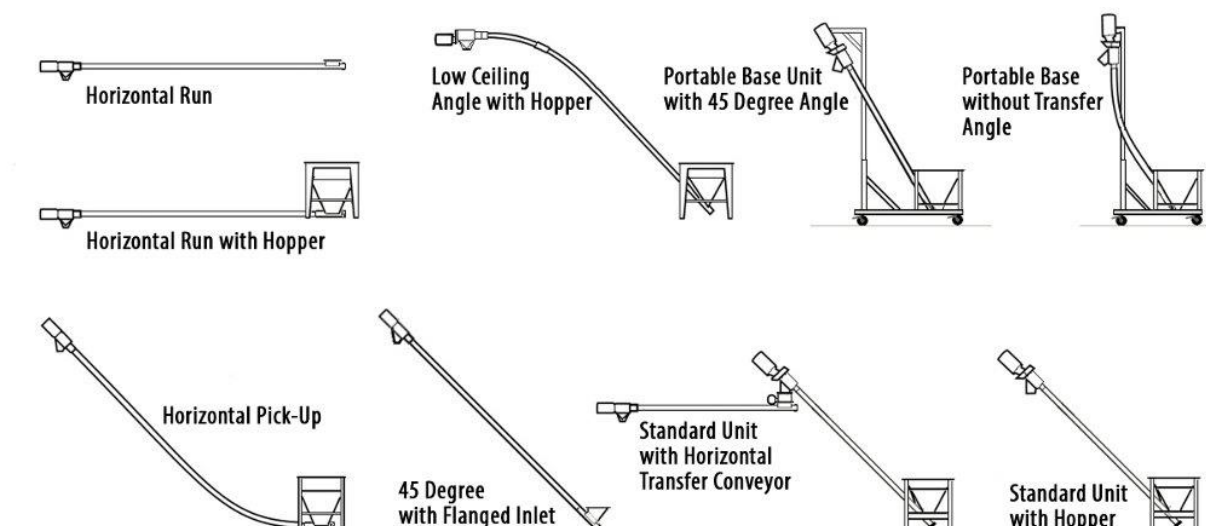
Predviđaju se dve jedinice kapaciteta cca 1000 l/h (1+1). Na ovaj način ostavlja se mogućnost doziranja i do 80 mg/l aluminijum sulfata (u slučaju izrazito lošeg kvaliteta vode). Kako bi se izbeglo često manuelno opsluživanje uređaja ubacivanjem džakova sa aluminijum sulfatom poželjno je instalirati i jedinicu za doziranje iz “big bag” vreća.



Slika 5.12: Postojeće kade i dozator aluminijum sulfata

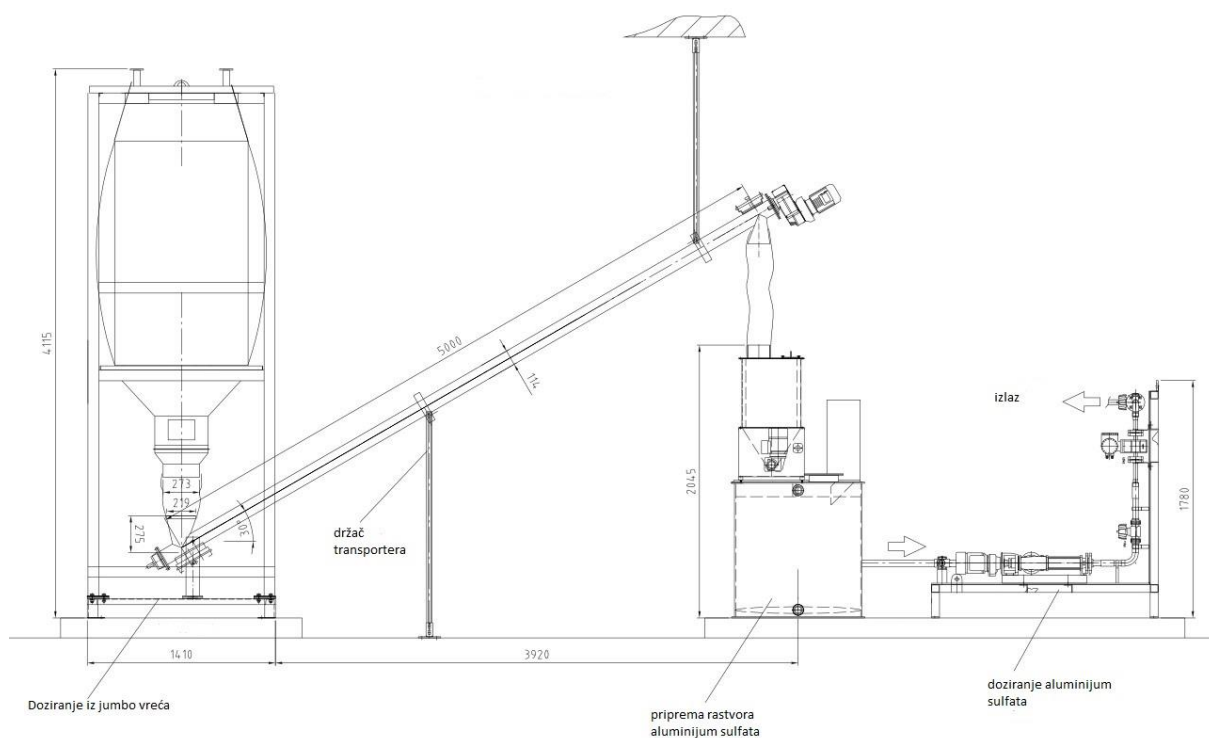
Nova oprema za pripremu i doziranje 10% rastvora je predviđena da se smesti u zgradi za pripremu hemikalija u postojećoj prostoriji u kojoj se nalazi silos za kreč. S obzirom da do sada nikada nije korišćen kao ni da se njegova upotreba ne predviđa ni u budućnosti, izvršiće se njegova demontaža a tako dobijeni prostor iskoristiti za instalaciju ovih jedinica. Takođe, u cilju dobijanja prostora za skladištenje hemikalija predviđa se uklanjanje rezervoara za vodeno staklo. Postojeće pumpe za PE se ostavljaju a vrši se samo njihovo premeštanje kako bi se dobio veći skladišni prostor. Predviđa se mesečna rezerva od 24 tona aluminijum sulfata, npr. 22 jumbo vreće na paletama i dve vreće u dozatorima.

Postoji više rešenja konstrukcija za automatsko doziranje praškastog aluminijum sulfata, zavisno od raspoloživog prostora. Na sledećoj slici dat je primer više rešenja instalacija hupera i transportera hemikalija (sa elektromotorom).

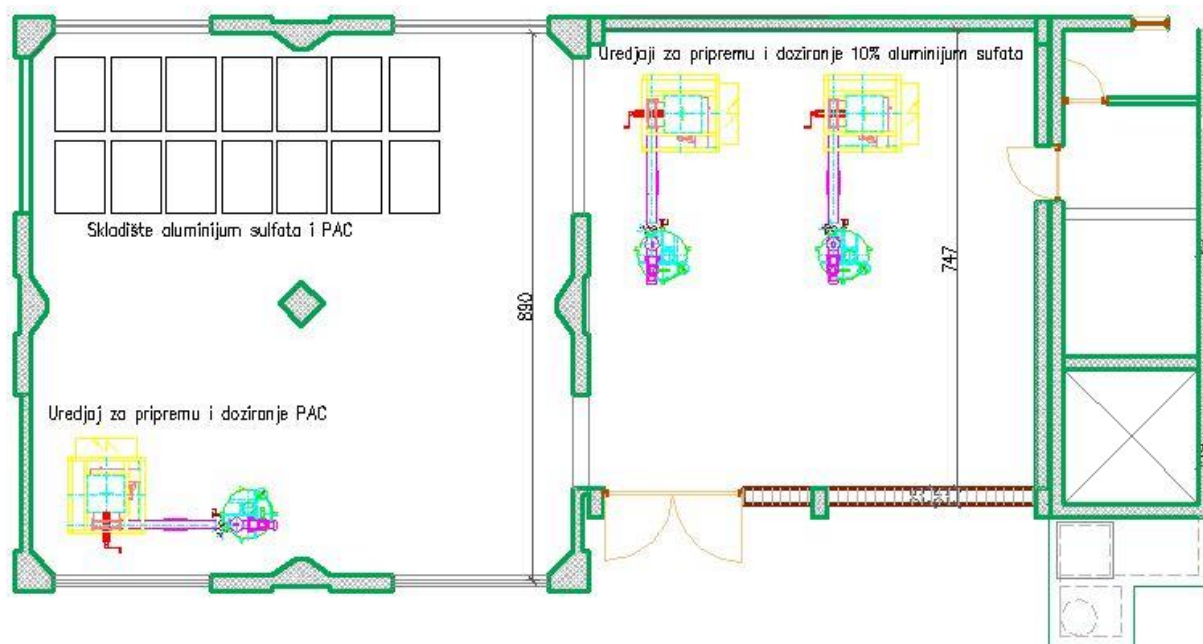


Slika 5.13: Instalacije jedinice hopera sa transporterom

Primer jedne takve jedinice sa doziranjem iz “big bag” vreća dat je na sledećoj slici.



Slika 5.14: Prikaz tipične instalacije uređaja za pripremu 10% rastvora aluminijum sulfata



Slika 5.15: Prikaz rasporeda uređaja za pripremu 10% rastvora aluminijum sulfata i doziranje aktivnog uglja u prahu u prizemlju zgrade za hemikalije

5.2.2 Alternativno - Mogućnost doziranja PAC-a

Kao što je pomenuto, na postrojenju se kao koagulant dozira aluminijum-sulfat. Sprovedeni laboratorijski JAR testovi sa polialuminijum hloridom pokazli su bolje efekte u uklanjanju parametara kao što je boja, mutnoća i sadržaj organske materije. Iz ovog razloga razmatrana je i upotreba polialuminijum hlorida (PAC-a) kao savremenijeg koagulacionog sredstva.

Polialuminijum hlorid predstavlja proizvod koji ima veću moć absorpcije od drugih koagulanata. Polialuminijum-hlorid je napravljen od multikomponentnog hidroksi kompleksa. Ima veliku brzinu koagulacije i može se primenjivati u širokom opsegu pH. Nema nikakvo kaustično dejstvo na cevnu opremu u sistemu.

Isporučuje se kao žuti prah u vrećama ili u obliku tečnog rastvora. Deluje kao koagulant suspendovanih i koloidnih materija u vodi, pri čemu se obezbeđuje brže taloženje čestica. Pored toga, zahteva daleko manju količinu PE (flokulanta), manje je osetljiv na niske temperature i smanjuje opasnost od visokog sadržaja rezidualnog aluminijuma u vodi za piće. Dosadašnja ispitivanja primene PAC-a kao koagulanta pokazala su da su doze znatno smanjene u odnosu na doze aluminijum-sulfata. Odnos je 1:2,5 u korist PAC-a. Priprema rastvora za doziranje je laka, brza i efikasna, jer omogućuje pripremu koncentrovanih rastvora koji duže traju, a da se pri tome ne stvara talog.

Doziranje PAC-a treba vršiti u koncentracijama od 15-50 mg/l, dovoljnim za destabilizaciju koloidnih čestica i njihovo kasnije grupisanje u flokule koje su spremne za taloženje. U proračunu potrebne količine rastvora računato je na maksimalni kapacitet postrojenja od 350 l/s.

Tabela 5.4: Proračun potrebne doze rastvora PAC-a i dimenzionisanje:

Maksimalan protok na PPV, l/s	350
Minimalna doza PAC-a, mg/l	15
Maksimalna doza PAC-a, mg/l	50
Koncentracija rastvora, g/l (10.0 %)	100
Potrošnja PACa - min, kg/h (l/h)	18,9 (189)
Potrošnja PACa - max, kg/h (l/h)	63 (630)

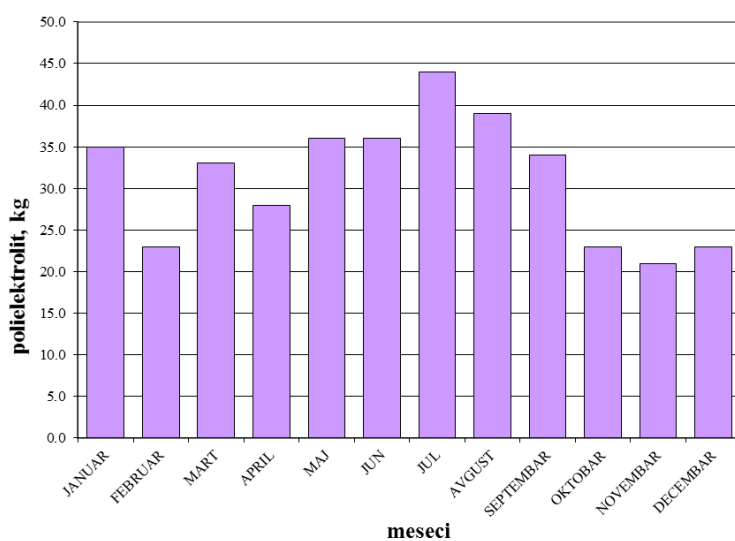
Oprema koja služi za doziranje rastvora Al-sulfata se može koristiti i za doziranje PAC-a u prahu ili se može koristiti tečni rastvor (cca 10%) PAC-a koji se u ovom stanju može odmah aplicirati u sistem.

Praškasti PAC se skladišti u plastičnim vrećama od 25 kg ili vrećama od tekstila sa plastičnim membranama. Skladišti se na hladnom i suvom mestu, zaštićenom od uticaja kiše i Sunca. Ukoliko se koristi u tečnom obliku, transportuje se u kontejnerima od 1000l.

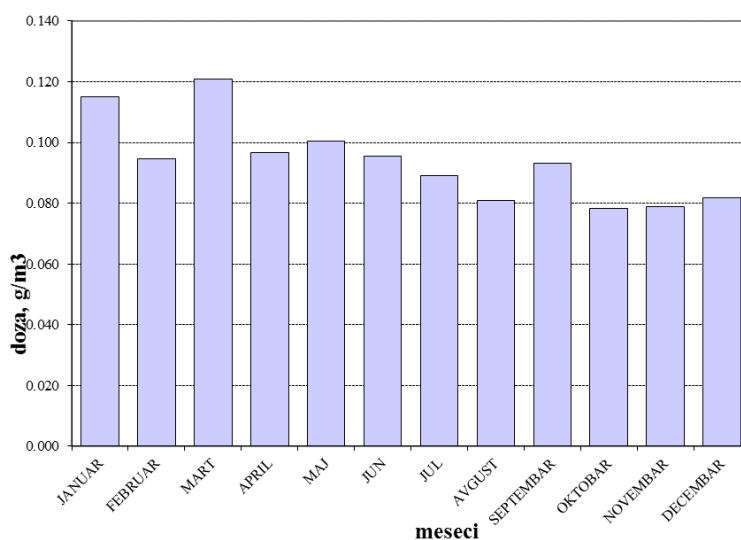
5.2.3 Priprema i doziranje polielektrolita (PE)

Radi poboljšanja taložnih karakteristika i uopšte efekata flokulacije posebno pri nižim temperaturama i malim mutnoćama na postrojenju „Kraljevica“ koristiti se flokulant (PE). Na postrojenjima za tretman vode za piće, polielektrolit se dozira u koncentracijama od 0,05-0,5 gr/m³. Ukoliko se koristi suvi poliakrilamid anjonski flokulant isporučuje se u vrećama od 25, 500, 750 ili 1000 kg. Osnovni rastvor se pravi u koncentracijama od 0,1% do 0,5% .

Na PPV Kraljevica prosečna godišnja doza za period 2011-2015.god. iznosi 0,09 mg/l dok je prosečna godišnja potrošnja 364 kg odnosno cca 30 kg/mes zavisno od kvaliteta sirove vode. Maksimalna prosečna mesečna doza od 0,135 mg/l registrovana je u aprilu 2014.godine što je praćeno i maksimalnom mesečnom potrošnjom od 46 kg. Na narednim dijagramima prikazana je potrošnja polielektrolita za 2015.godinu.



Slika 5.16: Potrošnja PE u 2015.godini



Slika 5.17: Prosečne doze PE u 2015.godini

Na postrojenju „Kraljevica“ koriste se polielektroliti različitih proizvođača, upakovani u vrećama od po 25 kg. Projektom se predviđa doziranje PE u dozama od cca 0,1 mg/l, 0,1% rastvora što bi za puni kapacitet PPV-a predstavljalo časovnu potrošnju od:

$$V = \frac{350 \text{ l/s} \times 3.6 \times 0.1 \text{ mg/l}}{1.0 \text{ g/l}} = 126 \text{ l/h}$$

a za prosečan protok od cca 100 l/s bi bilo:

$$V = \frac{100 \text{ l/s} \times 3.6 \times 0.1 \text{ mg/l}}{1.0 \text{ g/l}} = 36 \text{ l/h}$$

U slučaju lošijeg kvaliteta vode, odnosno za doze polielektrolita od cca 0,2 mg/l i 0,1% rastvor, časovna potrošnja iznosi:

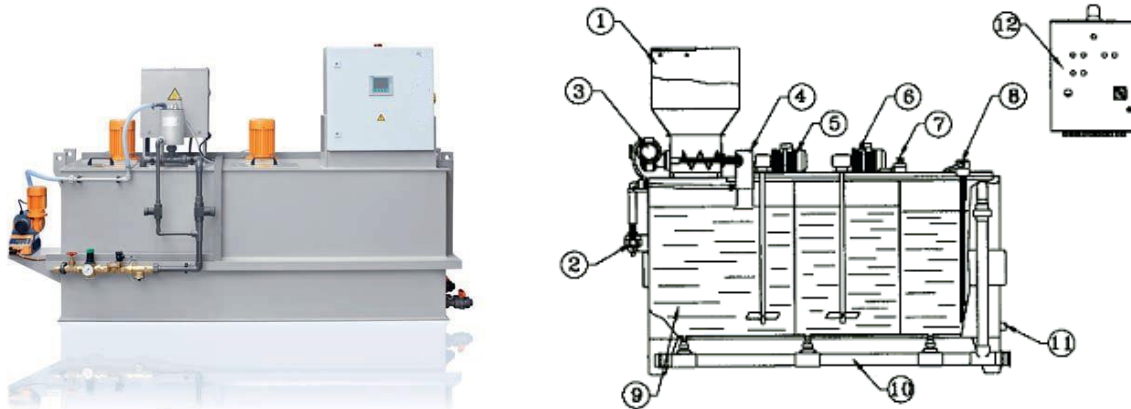
$$V = \frac{350 \text{ l/s} \times 3.6 \times 0.2 \text{ mg/l}}{1.0 \text{ g/l}} = 252 \text{ l/h}$$

U zavisnosti od potrebne doze polielektrolita koju treba dodavati u vodu za adekvatnu flokulaciju, praviće se različiti rastvori polielektrolita (0.05 – 0.5 % rastvora). Količina rastvora koja bi se dozirala kretala bi se od 40 l/h do 250 l/h pri maksimalnom kapacitetu.

U postojećem stanju polielektrolit se dozira u raspodelnoj komori, na prelivnom mlazu. Ovim projektom je predviđeno da se proces flokulacije odvija u tri komore gde su smeštene mešalice, nakon čega voda odlazi na taloženje u revitalizovanom objekatu pulzatora. Doziranje flokulanta - polielektrolita vrši se u prvoj komori ili opciono u drugoj komori za flokulaciju.

Rastvor polielektrolita može se praviti u koncentracijama do 0.5 % pomoću automatske jedinice za pripremu na bazi šarže. Starost rastvora treba da bude 30-60 minuta za maksimalnu efikasnost. S obzirom na određene teškoće oko pripreme rastvora polielektrolita danas su u upotrebi savremene kompaktne jedinice za kontinualnu pripremu rastvora i doziranje, pa se zato predviđa jedna takva kapaciteta do 400 l/h.

Predviđa je postavljanje jedinice za pripremu i doziranje PE u novom objektu bistrenja.



Slika 5.18: Automatizovana jedinica za pripremu i doziranje polielektrolita

Koncentracija flokulanta u rastvoru se može kontrolisati dvojako, podešavanjem protoka vode i kontrolom doziranja polielektrolita. Kada sadržaj u komori za sazrevanje/doziranje dostigne postavljeni nivo, napajanje vode i polielektrolita se automatski restartuje i zaustavlja kada je komora puna. Senzori su opremljeni za automatski rad i zaštitu dozir pumpe.

Tehnički podaci automatske jedinice sa slike su:

1. skladište polielektrolita
2. ventil za vodu

3. dozator polielektrolita
4. kanal za mešanje vode i polielektrolita
5. mešalica (komora za pripremu rastvora)
6. mešalica (disperziona komora)
7. uređaj za prekid rada
8. sonda (senzori za kontrolu nivoa rastvora i zaštitu dozir pumpe)
9. komora za pripremu rastvora polielektrolita
10. drenaža (opcionarno)
11. veza za dozir pumpu
12. kontrolni panel

5.3. Ozonizacija

Postojeći blok za ozonizaciju kapacitativno se ne koristi u punoj meri i planira se revitalizacija linije za ozonizaciju koja nije u funkciji. Dve linije za ozonizaciju građevinski su u dobrom stanju, tako da se uz manju rekonstrukciju mogu koristiti u punoj meri.

Oprema za ozonizaciju je zastarela i dotrajala tako da se predviđa:

- nabavka nove opreme za proizvodnju ozona – generatori ozona
- nabavka nove opreme za destrukciju ozona
- nova oprema za unos ozona u vodu – difuzori ozona
- i odgovarajuća oprema za merenje koncentracije ozona, kako u vodi, tako i u okolnoj sredini sa alarmnim uređajima

Osnovne karakteristike ozonskog bloka (komora za ozonizaciju) i opreme su:

- broj linija za ozonizaciju: 2 paralelne linije po 175 l/s
- broj komora po liniji: 2
- dubina vode: 4,85 m
- zapremina po liniji: ~ 370 m³
- kontaktno vreme 35 min

Imajući u vidu trenutni i očekivani kvalitet sirove vode na izvoru – akumulaciji „Grlište“ proces ozonizacije predstavlja bitan korak u tretmanu vode, posebno zbog registrovanog prisustva i cvetanja algi i indikatora mikrobiološkog zagađenja tokom cele godine.

Kao što je već pomenuto, ozon efikasno uklanja alge i njihove toksine, viruse, bakterije i spore. Oksidacijom ozon efikasno uklanja: gvožđe, mangan, nitrite, sulfide, sulfite, cijanide, bromide, hloride, fenole, anjonske deterdžente, policiklične ugljovodonike, boju, ukus, miris, pesticide i prekursore stvaranja trihalometana.

Za proračun potrebne doze ozona, neophodno bi bilo znati, ne samo koncentraciju određenog zagađivača, već i koncentracije svih jedinjenja koja reaguju sa ozonom, što u praksi nije moguće. U narednoj tabeli su prikazani osnovni parametri koji utiču na potrebu za ozonom kao i potrebne doze za njihovo uklanjanje iz vode (mg/l ozona po mg/l polutanata).

Tabela 5.5: Potrebne doze ozona (mg/l ozona po mg/l polutanata)

Gvožđe	0.43 mg/L
Mangan	0.88 mg/L
Sulfidi	2.2 mg/L
Boja	1.0 mg/L po 10 oPtCo
Ukus & Miris	0.05 mg/L
Fenoli	2.0 mg/L
TOC	4.0 mg/L
BOD	2.0 mg/L
COD	2.0 mg/L
Tanini	1.5 mg/L
Nitriti	2.0 mg/L

Gvožđe i mangan su dva elementa koji se najčešće nalaze u prirodnim vodama. Fero (Fe^{2+}) jon se lako oksidiše ozonom. Prevođenje Mn^{2+} u MnO_2 zahteva veći oksidacioni potencijal nego za gvožđe, jer je potrebno obezbediti veću energiju. Mangan se obično teže uklanja od gvožđa. Ukoliko su u vodi prisutne organske i huminske kiseline reakcije su značajno usporene zbog trošenja ozona za oksidaciju organskih jedinjenja.

S obzirom da je unapređenjem procesa tretmana predviđeno i poboljšanje procesa bistrenja uvođenjem procesa korekcije pH i procesa koagulacije i flokulacije u zasebnom objektu, očekivan je još bolji kvalitet izbistrene vode a samim tim i manja potreba za ozonom. Upotreba ozona je razmatrana i u koraku predoksidacije kao zamena predhlorisanju.

Maksimalna doza ozona u vodi za glavnu ozonizaciju, kada je u pitanju izbistrena voda dobrog kvaliteta kreće se od 0,5 do 2 mg/l, sa uslovom da se mora obezbediti vrednost rezidualnog ozona od 0,4 mg/l uz kontakt od najmanje 4 min odnosno CT od 1,6 mg min/l.

Imajući u vidu navedeno, za potrebe pred i glavne ozonizacije usvojena je maksimalna doza od 3 mg/l.

- maksimalna doza ozona u vodi za proces pred i glavne ozonizacije je cca 3 gr/m^3
- maksimalna količina ozona $\text{GO}_3 = 0.35 \times 3600 \times 3.0 \text{ gr/m}^3 = 3,78 \text{ kgO}_3/\text{h}$
- potrebna količina ozona $\text{GO}_3 = 0.35 \times 3600 \times 1.5 \text{ gr/m}^3 = 1,89 \text{ kgO}_3/\text{h}$

Predviđa se postavljanje dva ozon generatora koji bi proizvodili ozon iz tečnog kiseonika jer je oprema za proizvodnju ozona iz vazduha znatno složenija i skuplja od opreme za proizvodnju ozona i tečnog kiseonika. Oprema za proizvodnju ozona iz tečnog kiseonika je savremenija i efikasnija sa većom koncentracijom ozona u izlaznom gasu do 14%, pouzdanija u radu (praktično bez kvarova), sa manje godišnjih troškova u proizvodnji i održavanju, kao i znatno manji inicijalni trošak.

Oprema za proizvodnju ozona sastoji se iz dva dela, ozon generatora gde se proizvodi ozon i jedinice za snabdevanje električnom energijom koja obezbeđuje struju visokog napona sa konvertorom frekvencije od 1-1000 Hz koja je potrebna za izazivanje električnog pražnjenja (munja). Ozon generator je direktno povezan sa jedinicom za snabdevanje električnom

energijom preko visokonaponskog kabla i čine jedinstvenu celinu koja se hladi vodom čija temperatura ne bi trebalo da pređe 25°C da bi se dobila zadata količina ozona.

Proizvodnja ozon generatora može se automatski kontrolisati preko toka ulazne vode i specifične doze ozona po m³ izlazne vode. Doza se zadaje i može manuelno podešavati od operatora na postrojenju zavisno od promena kvaliteta ulazne vode. Radni kapacitet ozon generatora može se podešavati u radnom opsegu od 10 - 100%.



Slika 5.19: Primeri generatora ozona više proizvođača (sa integrisanim sistemom za napajanje električnom energijom i PLC-om)

Ozon proizveden na ozon generatoru se nezavisnim sistemom cevovoda od nerđajućeg čelika uvodi u komore za ozonizaciju vode. Postoje dve nezavisne komore za unos ozona u vodu iz razloga veće pouzdanosti rada sistema. U slučaju ispadanja iz funkcije jedne linije za ozonizaciju kapaciteta 175 l/s druga linija se može opteretiti i sa 350 l/s tako da snabdevanje potrošača nije ugroženo.

U dnu prve komore u svakoj od dve linije za unos ozona u vodu pravi se raspodelni lateralni sistem sa cevima od nerđajućeg čelika koje pokrivaju celu površinu komora i na koje se šrafe difuzori ozona. Prva komora svake linije služi za unos ozona pri samom dnu kako bi se omogućio što duži kontakt mehurića ozona sa vodom. Druga komora služi da se postigne neophodno vreme kontakta za reakciju ozona u vodi.

Iako se procesom ozonizacije teži da se sav ozon iskoristi tako što će odreagovati sa vodom u komorama za ozonizaciju ipak uvek određena količina gasa dospe u atmosferu iznad vode.

Kako je ozon kao gas u većoj koncentraciji opasan za čovekovu okolinu to se zakonskom regulativom zabranjuje ispuštanje ovog gasa u atmosferu. Koncentracija ozona u gasu koji se ispušta u atmosferu ne sme biti veća od 0,1 ppm. Za destrukciju viška ozona uglavnom se primenjuju dve vrste uređaja (destruktor): katalitički i termalni.

Predviđena je instalacija dva katalitička destruktor ozona (katalitički sa pregrevanjem) s obzirom da je jeftiniji i lakši za manipulaciju. Nerastvoreni ozonirani gas se usisava iz prostora iznad ozonizacionih komora, ulazi u ozon destruktor preko ventilatora, do zone za dogrevanje gde se off-gas dogreva do temperature 15-20°C iznad ulazne temperature. Zagrejana gasna struja se usmerava ka zoni katalitičkog reaktora, gde se ozon katalitički uništava. Kondenzat koji se tom prilikom stvara skuplja se na dnu destruktor i može biti vraćen nazad u komore za ozonizaciju ili upušten u kanalizaciju.

5.4. Filtracija

Nakon ozonizacije voda se odvodi na gravitacione filtere. Ukupno ima 8 filterskih polja površine 12,6×5 metara. Od ukupnog broja, 4 filtera su uvek u radu, a naizmenično se vrši njihovo uključivanje/isključivanje tako da se svi filteri ravnomerno koriste. Postojeći filteri su peščani gravitacioni filteri na koje se voda upušta na jedno centralno mesto, remeteći površinu filterske ispune, naročito nakon pranja filtera.

Sagledavajući probleme u radu postojećih peščanih filtera predviđena je rekonstrukcija u smislu:

- zamene filterske ispune sa filterskom ispunom od peska i antracita.
- ugradnjom prelivnih korita za dovod vode na filtere
- predviđena je rekonstrukcija cevne galerije

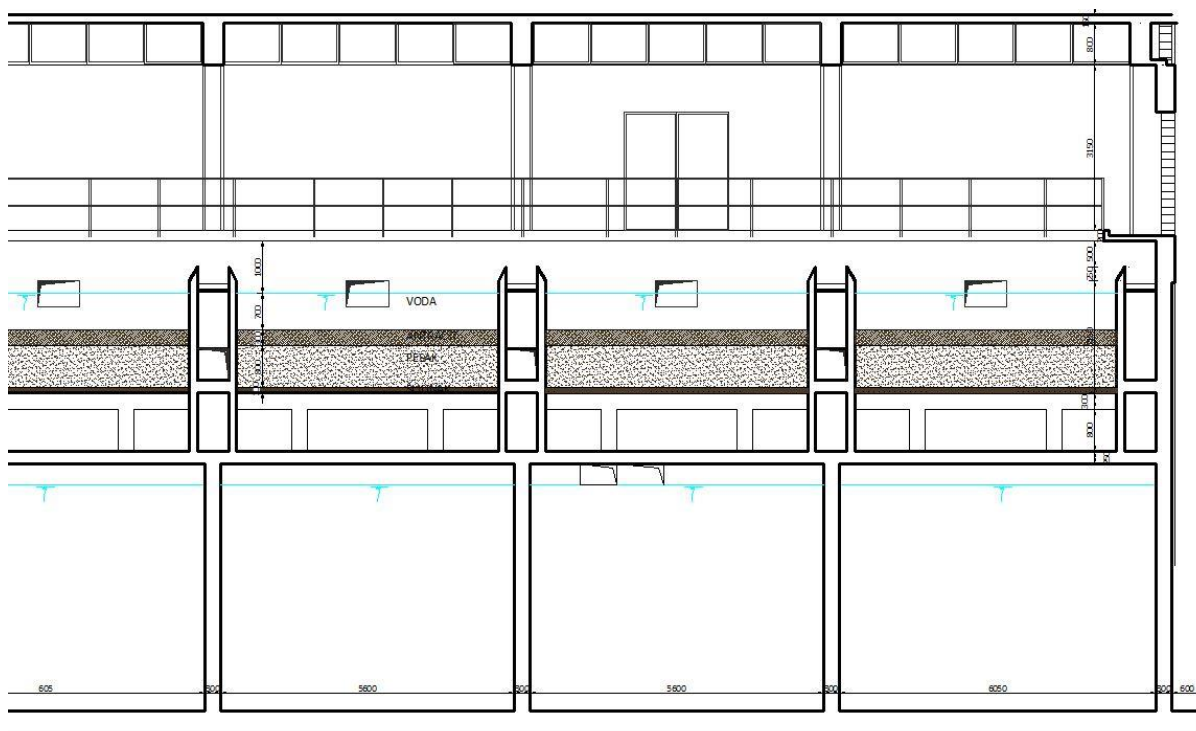
Osnovni zahvat na poboljšanju kvaliteta izlazne vode nakon filtera je da se umesto jednoslojnih filtra ispuna zameni dvoslojnim filterom, čiju ispunu bi činio kvarcni pesak i antracit. Uvođenjem antracita u proces filtracije poboljšava se ekonomičnost filtracije usled povećanja brzine filtracije smanjenjem otpora filtra i produženja ciklusa rada filtra. U praksi je potvrđena visoka efikasnost uklanjanja mangana i amonijaknog azota.

Ovim radovima bi se iskoristio raspoloživi hidraulički nivo vode između ozonskog bloka i filtera, i mogućio potreban prostor (visinu) za formiranje dvoslojnih filtera i potrebnog radnog nadsloja vode nad filterom.

Predviđena je zamena oštećenih filtarskih dizni na betonskim pločama duplog dna filtera. Prilikom izvođenja ovih radova potrebno je ispitati stanje betonskih ploča duplog filterskog dna, kao i njihovu horizontalnost i krutost, i u zavisnosti od toga preduzeti određene mere na dovođenju do potrebnog nivoa kvaliteta i tačnosti.

Predviđena je rekonstrukcija dovoda sirove vode na filtre ugradnjom kanala duž filterskog polja tako da se voda na filtere dovodi preko kanala po celoj dužini filtera te se ne remeti filtarska ispun pri dovodu vode. Takođe se na ovaj način omogućava ravnomeran dotok

vode na svako od 8 filterskih polja, čime se omogućava ravnomeran rad i opterećenje svih filterskih polja.



Slika 5.20: Poprečni presek kroz filter sa ugrađenim prelivnim koritom na dovodu vode

U cevnoj galeriji mora se izvršiti zamena cevovoda za dovod vode za pranje jer je postojeći prečnik DN 400 a potreban prečnik cevovoda za pranje filtera je DN 500. Takođe je predviđena zamena cevovoda:

- dovod vazduha za pranje filtera DN 200
- odvod čiste vode DN 250

Glavne projektovane karakteristike filterskih jedinica su sledeće:

- protok: 350 l/s
- dimenzije polja: 12,6×5 m
- broj polja: 8 kom.
- broj polja u radu 4 kom.
- površina: 63 m² (504 m²)
- visina ispune:
 - šljunak 0,1 m
 - pesak 0,8 m
 - antracit 0,3 m
 - nadsloj vode 0,7 m
- ispuna:
 - kvarcni pesak: Cunif ~ 1,4
dsr ~ 1-1,2 mm
 - antracit: tip hidrociit
dsr ~ 1,4-2,6 mm

količina ispune:

šljunak	54 m ³
kvarcni pesak	403.2 m ³
antracit	151,2 m ³

- pranje filtera: vazduh + voda
- brzina filtracije
svi filteri u radu 5.0 m/h
jedan se pere 5.71 m/h

Radom filtera može se upravljati iz komandno kontrolnog centra samog postrojenja ili sa pultova, gde bi se postojeći zamenili novim i savremenim.

U filterskoj prostoriji treba obezbediti ventilaciju vazduha i zaštitu filterskih polja od direktnog uticaja sunčevih zraka svetlosti.

Pranje filtera je vodom i vazduhom u režimu:

- rastresanje vazduhom (oko 10 s)
- pranje vodom i vazduhom (5 min)
- pranje samo vodom - ispiranje (10 min)

Da bi se obezbedilo dobro pranje filtera potrebno je obezbediti brzinu pranja od 26 m/h što daje potrebnu količinu vode za pranje filtera od 455 l/s. Za pranje filtera vodom i vazduhom potrebna brzina vode je 13 m/h odnosno količina vode od 228 l/s.

Potrebna brzina vazduha za rastresanje filterske ispune je 50 m/h tako da je potreban protok vazduha 52.3 m³/min.

5.5 Finalna dezinfekcija

Na PPV „Kraljevica“ vrši se pred-dezinfekcija i finalna dezinfekcija vode sa gasnim hlorom. Hlor za predhodnu dezinfekciju se dozira u cevodu sirove vode, ispred raspodelne komore, pre svih drugih hemikalija dok se finalna dezinfekcija vrši u rezervoaru prečišćene vode.

Sa tehno-ekonomskog aspekta, upotreba gasovitog hlora predstavlja najbolje rešenje za veće i velike vodovode. Činjenica, da se radi o veoma poznatoj tehnici dezinfekcije koja daje ujednačen kvalitet dezinficijensa uz niske operative troškove uticala je na njegovu veliku primenu širom sveta. Međutim, hlorisanje vode gasovitim hlorom trpi kritike javnosti, zbog straha od prevoženja hlora i skladištenja značajnih količina hlora na mestu potrošnje, jer je hlor opasna supstanca, i traži zato odgovarajući tretman i zaštitu u transportu i skladištenju. Štetno deluje na organe za disanje i na oči, deluje parališuće na centralni nervni sistem, izaziva oštećenja na koži i druge neželjene posledice.

Prelazak na alternativan način dezinfekcije mora da zadovolji sledeće kriterijume:

- nastanak neželjenih nusproizvoda dezinfekcije mora biti ispod MDK
- inaktivacija mikroorganizama mora biti minimum efikasna kao i sa hlorom
- mora se obezbediti stabilni rezidual u distributivnoj mreži.

U savremenoj praksi dezinfekcije vode sve češće se primenjuju metode dezinfekcije vode:

- UV dezinfekcija
- Hloridioksidom i
- Natrijum hipohloritom dobijenim na mestu potrošnje elektrolizom soli.

Idejnim rešenjem analizirano je više varijanti finalne dezinfekcije a usvojena je varijanta sa natrijum hipohloritom proizvedenim elektrolizom soli na mestu potrošnje.

Ovaj način dezinfekcije je u našoj zemlji našlo primenu na više postrojenja (Novi Sad, Beograd i dr.). Sam proces generisanja rastvora natrijumhipohlorita je jednostavan i automatizovan što ga čini lakim za korišćenje. Osnovne sirovine su so, omekšana voda i električna energija.

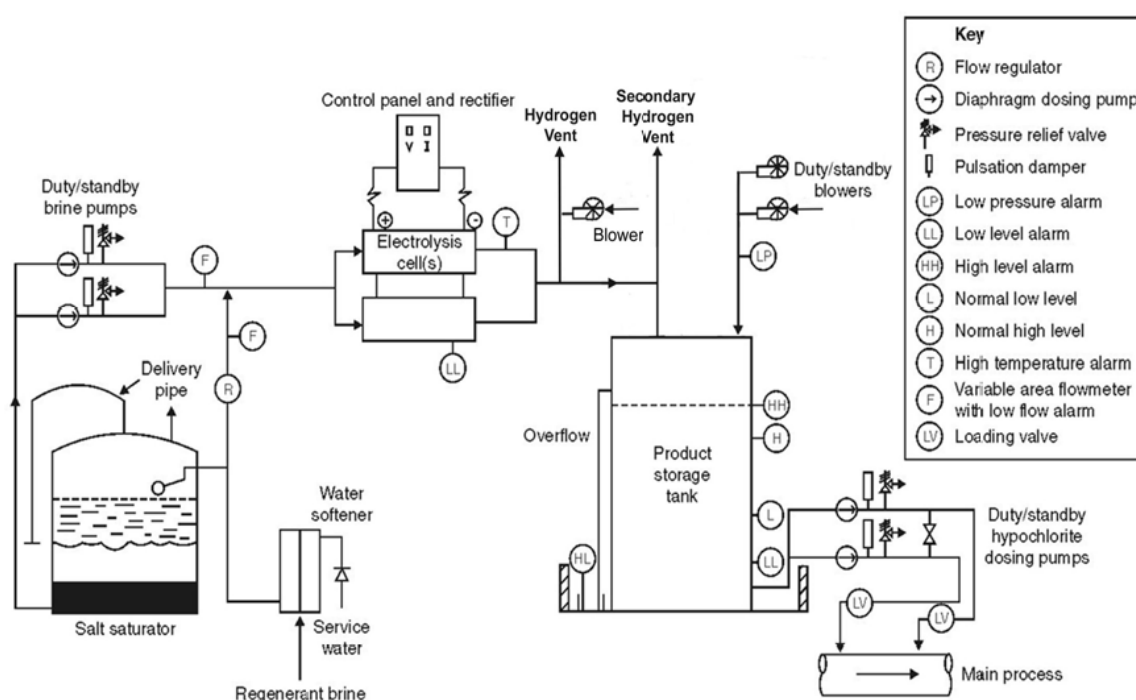
Princip rada postrojenja je sledeći: sirova voda se tretira na omekšivaču, nakon čega se jedan deo omekšane vode pumpom dovodi do rezervoara za rastvaranje soli, gde se voda i so (NaCl) mešaju i stvara cca 30% rastvor soli. Tako dobijeni koncentrovani rastvor se sada meša sa glavnim tokom omekšane vode da bi se dobio slani rastvor od oko 3% (30 g/l) i dovodi se do elektrolizera. Za proizvodnju natrijum-hipohlorita mogu se koristiti cevni i membranski elektrolizeri.

Cevni elektrolizer se sastoji od jedne komore gde se odigrava elektro-hemijska reakcija tako da proizvedeni gasni hlor odmah reaguje sa natrijum-hidroksidom gde nastaje natrijum-hipohlorit. U ovakvim sistemima generiše se samo natrijum hipohlorit koji se kao takav dozira u sistem. Kod cevnih elektrolizera, za proizvodnju ekvivaletnu 1 kg aktivnog hlora, troši se oko 6-7 kWh električne energije i 3 kg kuhinjske soli. Dobijeni rastvor je koncentracije 0,8-1%.

U toku reakcije sinteze hipohlorita nastaje vodonik koji se ventilacionim sistemom odvodi u atmosferu. Uz pomoć automatike se ostvaruje optimalna proizvodnja hipohlorita. Dobijeni rastvor hipohlorita se dalje, uz pomoć pumpi dozira za potrebe finalne odnosno korekcione dezinfekcije. Analizator dobija informaciju o koncentraciji hlora i preko pumpi održava zadatu koncentraciju. Na ovaj način je obezbeđena kontinualna proizvodnja hipohlorita sa automatskom kontrolom procesa, doziranja i merenja rezidualnog hlora.

Membranski sistemi su komplikovanije konstrukcije, skuplji su od sistema sa cevnim elektrolizerom jer zahtevaju složeniji sistem proizvodnje i kao sirovinu mogu koristiti samo so određenih karakteristika koja je skuplja od obične soli. Prednost membranskog sistema jeste manja potrošnja struje i soli kao i rastvor jače koncentracije. Membranski sistemi imaju dve odvojene kolone sa semi-permeabilnom membranom kako bi se odvojila dva nastala proizvoda tj. hlor i natrijum hlorid. Natrijum hlorid i vodonik se proizvode u katodnoj komori dok se ultra čist aktivni hlor i razblaženi rastvor soli formiraju u anodnoj komori, odvojenom membranom od katodne komore. U narednom koraku, formira se natrijum

hipohlorit iz ovih jedinjenja, vezivanjem aktivnog hlora sa natrijum hidroksidom preko injektora pod konstantnim vakuumom. Nastali natrijum hipohlorit se skladišti u tanku. Ovako proizveden rastvor ima pH vrednost od 9,5-10 pa značajno manje utiče na pH tretirane vode od konvencionalnog natrijum hipohlorita sa pH od 12-13,5. Nastali vodonik se razblažuje svežim vazduhom i bezbedno evakuše. Sistem je složeniji i potrebna je kontrola više tokova proizvodnje hemikalija.



Slika 5.21: Šematski prikaz proizvodnje natrijum hipohlorita elektrolizom iz soli

Membranski elektrolizer za proizvodnju ekvivalentnu 1 kg aktivnog hlora, troši cca 4 kWh električne energije, 1,5-2 kg soli određenih karakteristika i znatno manje procesne vode a generiše se koncentrovaniji rastvor, 2-3% NaClO.

Tabela 5.6. Kriterijumi za projektovanje

Ukupni kapacitet PPV, l/s	350
Ukupni kapacitet PPV, m ³ /h	1260
Doza hlora, mg/l	1,0
Potrebna količina aktivnog hlora, g/h	cca 1260
Potrebna količina aktivnog hlora, kg/h	~ 1,3

Za prosečan protok na postrojenju od cca 100 l/s potrebna količina hlora iznosi 360 g/h. Za zadovoljenje potrebe za hlorom vode predložena je instalacija dve jedinice, svaka kapaciteta 750 gr/h. Na ovaj način, samo sa jednim uređajem bi se zadovoljila potreba za hlorom tokom većeg dela godine. Druga jedinica bi se koristila kao rezervna i u slučajevima povećane

potrebe za hlorom tj u periodima veće potrošnje vode. Nakon osavremenjivanja tehnologije tretmana i uvođenjem novih procesa prerade i rekonstrukcije postojećih objekata očekuje se i manja potreba za hlorisanjem.

Tabela 5.7: Proračun potrošnje soli:

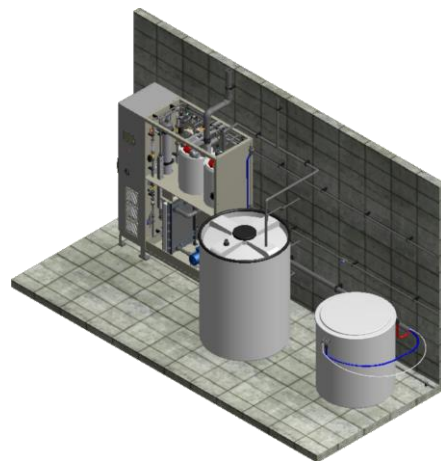
Ukupni kapacitet PPV, l/s	350
Potrebna količina aktivnog hlora, kg/h	~ 1,3
Dnevna količina aktivnog hlora, kg/dan	31,2
Potrošnja soli kg/ kg ekvivalent Cl ₂	1,5 - 3,0*
Potrebna količina soli, kg/h	1,95 - 3,9

*zavisno od tipa elektrolizera (membranski i cevni)

Ovim projektom se predviđa instalacija dva membranska elektrolizera, kapaciteta 750gr/h. koji proizvode natrijum hipohlorit veće koncentracije 2-3% sa minimalnim sadržajem natrijum hlorida u finalnom proizvodu. Ovakve jedinice se mogu nabaviti kao kompaktne, koje pored elektrolizera (ćelija) imaju integrisan system za omekšavanje vode, rezervoara za saturisan rastvor soli, sistem za evakuaciju vodonika, merače nivoa kao i PLC u kontrolnom kabinetu i sistem za detekciju gasovitog hlora. Dimenzije jedne ovakve kompaktne jedinice bez rezervoara pripremljenog rastvora NaClO su oko 1,7m x 0,6m x 2,0m.

Predviđa se instalacija jednog skladišnog rezervoara za pripremljen NaClO od 2000L za obe jedinice, i dve dozir pumpe radnog pritiska od 7 bar i kapaciteta cca 30l/h za 2.5% rastvor NaClO.

Za ukupni kapacitet postrojenja i usvojeni tip elektrolizera dnevna potrošnja soli iznosi cca 48kg, odnosno mesečno 1440 kg.

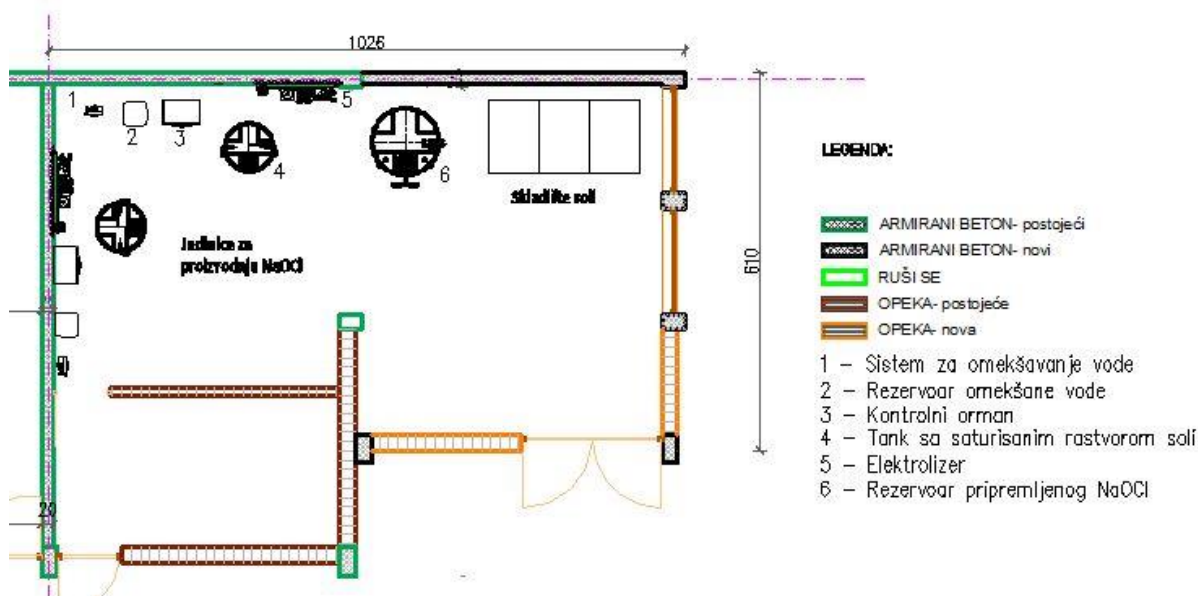


Slika 5.22: Prikaz jedne kompaktne jedinice

Predviđeno je da se oprema za proizvodnju natrijum hipohlorita, zajedno sa magacinskom rezervom soli od dva meseca (cca 3t) postavi u rekonstruisanom objektu za fluorisanje. So se skladišti u vrećama od 25 kg (40 vreća po paleti) ili opciono "big bag" vrećama od 1000kg. Do postrojenja so se transportuje kamionom u džakovima smeštenim na euro paletama. Istovar iz kamiona i smeštanje u novu hlornu stanicu bi se vršilo pomoću električnog viljuškara.

Opciono, za automatsko doziranje soli moguće je instalirati automatsku jedinicu za dopunu saturatora solju. Nju čini: huper za so, cevni transporter soli sa elektromotorom sa cevnom spiralom, fleksibilnim prihvatom soli iz hupera i fleksibilnom utovarnom cevi do saturatora. Ovaj uređaj radi na taj način, da kada nivo soli u saturatoru padne na minimalnu vrednost, to detektuje senzor i daje signal transporteru soli da započne dopunu saturatora. Kada se saturator napuni, to detektuje drugi senzor i daje signal za zaustavljanje dopune. Na huperu

se nalazi senzor prisustva soli, koji daje signal za zaustavljanje punjenja ako je huper prazan i u isto vreme signalizira da je potrebno dopuniti huper iz džambo vreće sa solju.



Slika 5.23: Raspored opreme u rekonstruisanom objektu fluorisanja

Bez rekonstrukcije rezervoara ne postoji mogućnost da se glavno hlorisanje vrši na prelivu iz rezervoara neprikosnovene zapremine nehlorisane vode u rezervoar prečišćene vode. Zadržava se postojeće stanje s tim da se doziraju minimalne koncentracije hlora u cilju dezinfekcije rezervoarskog prostora a da se uvede korektivno hlorisanje po protoku i rezidualu, u cevovodu prečišćene vode. Predviđena je instalacija dva kontrolera za upravljanje merenjem reziduala hlora i doziranjem rastvora NaClO za potrebe finalne i korektivne dezinfekcije. Svaki uređaj ima mogućnost upravljanja sa dve pumpe. Do njih bi se dovodio signal merača protoka i sonde za merenje hlora koja je montirana u protočnoj ćeliji. Predviđeno je da se injektor i merna ćelija instaliraju u šahtu merača protoka prečišćene vode.

Grejanje i ventilacija

U objektu za smeštaj opreme za pripremu i doziranje natrijumhipohlorita nije predviđen konstantan boravak ljudi tako da nije potrebno održavati temperaturu za boravak lica već temperaturu kako ne bi došlo do zamrzavanja vode u instalaciji, kao i da se procesno-mašinskoj opremi obezbede adekvatni uslovi za funkcionisanje.

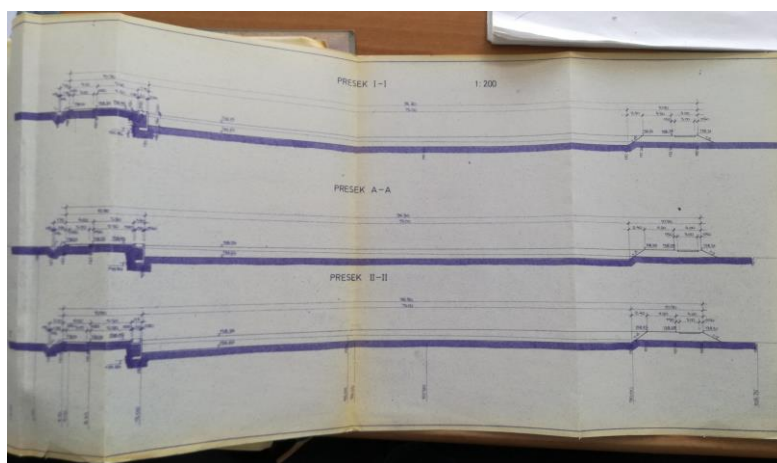
Zbog tehnološkog procesa proizvodnje natrijum hipohlorita odnosno nastanka vodonika predviđeno je prinudno ventiliranje prostorije. Pored prinudne, ventilacija će se vršiti i prirodnim putem otvaranjem prozora.

5.6 Tretman otpadnih voda

Na postrojenju Kraljevica tokom rada postrojenja nastaje određena količina prljave, zamuljene vode (od taloženja flokula i pranja filtera), koju je neophodno tretirati radi daljeg ispuštanja u recipijent. Za ove potrebe izgrađene su tri lagune koje se nalaze van parcele na kojoj je postrojenje.

U lagune se dovodi mulj iz lamelarnog taložnika i otpadne vode od pranja filtera gde se odvija njihovo mehaničko i biološko prečišćavanje.

Prema Glavnom projektu postrojenja za prečišćavanje vode – „Tretman tehnoloških voda, tehnološka i kišna kanalizacija na postrojenju za prečišćavanje“ predviđena je izgradnja tri polja dimenzija 75 x 25 m sa visinom vode od 1,3m (Slika 5.24).



Slika 5.24: Poprečni prsek kroz lagune (Glavni projekat, 1986 god. Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi)

Nagib kosina sa vodene strane usvojen je da bude 1:1,5. Predviđeno je da se kosine lagune oblože betonskim pločama dimenzija 0.5 x 0.5 m debljine 5 cm koje se postavljaju na sloju šljunka od 7 cm. Projektovano vreme zadržavanja vode u jednoj laguni je 3 meseca. Pristupni put oko laguna prema projektu je širine 3.5 m kako bi se obezbedio pristup mehanizaciji za čišćenje i održavanje.

Izvedeno stanje se razlikuje od projektovanog i izgrađene su tri taložnice dimenzija 60 x 20 m dubine od 1,5 m. Zapremina jedne lagune je 1800m³.



Slika 5.25: Izgled obrasle rastinjem lagune i dovodnog kanala na mestu tablaste ustave

Tehnološke otpadne vode se sa postrojenja do laguna dovode cevovodom DN 500 dužine oko 1200m. Procenjena količina ispuštenih otpadnih voda iznosi oko 3 l/s (102 000 m³/god).

Kvalitet otpadnih voda koje se upuštaju u Lubničku reku kontroliše Zavod za javno zdravlje Timok iz Zaječara i institut za javno zdravlje Niš.

Sanitarne fekalne otpadne vode sa lokacije PPV „Kraljevica“ se odvođe u septičku jamu koja se prazni od strane PP „Čistoća“ iz Zaječara.

Obilaskom terena uočeno je da je usled dugogodišnje upotrebe i neblagovremenog čišćenja taložnica došlo do njihovog zapunjavanja i obrastanja bujnim rastinjem trave i šiblja. Dovodni kanali su takođe obrasli travom tako da je njihova prohodnost znatno smanjena. Takođe, prilikom obilaska terena utvrđeno je da ne postoji ni jedna tablasta ustava na taložnicama. Postojeće lagune i u ovakvom stanju su u upotrebi u okviru procesa prerade vode na postrojenju.

Lagune imaju upotrebnu dozvolu Rešenjem Komiteta za komunalno-stambene poslove i urbanizam i zaštitu čovekove sredine o6.br.351-76/90 od 13.09.1990.godine. Rekonstrukcija laguna nije predmet ovog projekta.

U sklopu istražnih radova (jun 2017.god.) izvršeno je uzorkovanje otpadnih voda od pranja filtera I mulja iz taložnika - pulzatora. Odabrani rezultati su prikazni u narednoj tabeli. Za potrebe provere efikasnosti taloženja ispuštenih otpadnih voda, u laboratorijskim uslovima je urađen test taloživosti za dva uzorka. Iz priloženog dijagrama vidi se da se posle 120 minuta vrednosti taloživih materija snižavaju za oko 60%.

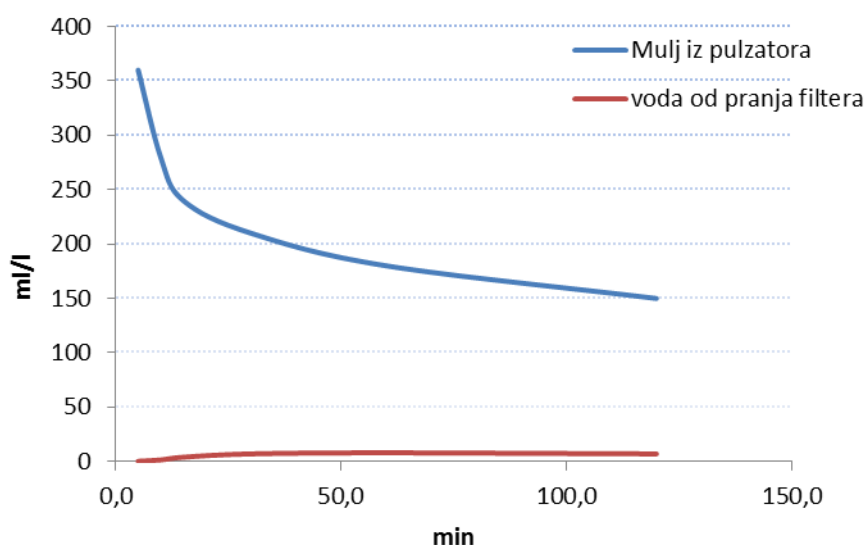
Predviđa se da će nakon 240 do 300 min (4 do 5 h) vrednosti taloživih materija dovoljno pasti, da će se stvoriti uslovi za nesmetano ispuštanje istaloženih otpadnih voda u recipijent. Dobijeni rezultati su grafički prikazani.

Iz dekantata uzorka zamuljene vode iz pulzatora vršene su analize u cilju procene potencijalnog uticaja izbistrene vode (efluent iz lagune) na recipijent, Lubničku reku dok je ovako nastali mulj ispitivan na parametre bitne za njegovo naknadno odlaganje na deponiju.

Nastala otpadna voda je neutralne pH vrednosti, elektroprovodljivsti oko 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vode nisu opterećene teškim metalima. Otpadna voda od pranja mulja je slabih taložnih karakteristika, odnosno dolazi do formiranja laganog floka i bez nakandnog sabijanja taloga i smanjenja zapremine, što nije slučaj sa zahvaćenom zamuljenom vodom iz pulzatora.

Tabela 5.8: Rezultati analize vode od pranja pešćanih filtera i zamuljene vode iz pulzatora

PARAMETRI		Voda od pranja filtera	Zamuljena voda iz pulzatora (dekantat)
pH- vrednost		7,52	7,43
spec.el.provodljivost	$\mu\text{S}/\text{cm}$	418	424
suspendovane materije	mg/l	67,5	9,7
gubitak žarenjem	mg/l	30,0	5,0
sulfati	mg/l	44,1	53,2
Taloživost, 2h	ml/l	7,0	150
kalcijum	mg/l	54,49	62,94
magnezijum	mg/l	6,34	6,38
natrijum	mg/l	5,02	7,16
kalijum	mg/l	1,08	1,18
gvožđe	mg/l	0,014	0,019
mangan	mg/l	<0.005	<0.005
aluminijum	$\mu\text{g}/\text{l}$	833,6	276,8
barijum	$\mu\text{g}/\text{l}$	22,9	25,5
berilijum	$\mu\text{g}/\text{l}$	<5	<5
kadmijum	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
kobalt	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
bakar	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
nikl	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
olovo	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	2,2
hrom	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
cink	$\mu\text{g}/\text{l}$	<2	<2
silicijum	mg/l	3,40	8,45
selen	$\mu\text{g}/\text{l}$	<20	<20
stroncijum	$\mu\text{g}/\text{l}$	190,5	218,1
arsen	$\mu\text{g}/\text{l}$	<20	<20
antimon	$\mu\text{g}/\text{l}$	<5	<5



Slika 5.26: Taloživost materija u otpadnoj vodi sa PPV "Kraljevica"

Rezultati ispitivanja mulja prikazani su tabelarno.

Tabela 5.9: Hemijske analize mulja iz pulzatora

PARAMETAR		mulj iz pulzatora	Granična *vrednost	Remedijaciona vrednost*
Gubitak žarenjem	%	28.3	-	-
Cd	mg/kg	4.6	0.8	1.2
Cr	mg/kg	25.2	100	380
Cu	mg/kg	51.9	36	190
Ni	mg/kg	19.5	35	210
Pb	mg/kg	<0.5	85	530
Zn	mg/kg	226.8	140	720
As	mg/kg	26.5	29	55
Ba	mg/kg	236.5	160	625
Co	mg/kg	5.9	9	240
Mo	mg/kg	<2	3	200
Sb	mg/kg	<10	3	15
Be	mg/kg	<2	1.1	30
V	mg/kg	42.9	42	250
Li	mg/kg	14.9	-	-
Al	mg/kg	76477.2	-	-
Fe	mg/kg	15448.7	-	-
Mn	mg/kg	4331.5	-	-
Na	mg/kg	969.3	-	-
K	mg/kg	2225.5	-	-
Ca	mg/kg	26391.5	-	-
Mg	mg/kg	3323.1	-	-

* Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa („Službeni glasnik RS”, br. 88/2010).

Uvidom u dobijene rezultate, može se konstatovati da nastali mulj iz tehnoloških procesa, sadrži bakar, barijum i cink u koncentracijama koje prelaze granične vrednosti Uredbe (Službeni glasnik RS”, br. 88/2010) dok je koncentracija kadmijuma prešla remedijacionu vrednosti za zemljište. Napominje se da sadržaj metala zavisi od sadržaja gline i organske materije. Kako sadržaj gline nije određivan nije izvršena korekcija graničnih vrednosti ali se može pretpostaviti da su granične vrednosti više od tabličnih, a samim tim i opterećenje mulja zagađujućim materijama manje.

Prema Pravilniku o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, („Službeni glasnik RS”, 56/2010), ispitivani mulj se svrstava u neinertan otpad.

Na osnovu analizom dobijenih karakteristika otpadnog mulja, može se zaključiti da se ovaj mulj može odlagati na za to pripremljene površine, obložene geotekstilom, ili nekim drugim vodonepropusnim materijalom, uz kontrolu i prečišćavanje procednih voda.

Međutim, napominjemo da podaci o toksičnosti otpadnog mulja nisu bili dostupni odnosno da je potrebno izvršiti uzorkovanje i analize toksičnosti mulja u skladu sa Prilogom 10. Uredbe o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS”, br. 56/10) kao i njegovu klasifikaciju.

S obzirom da su lagune locirane na drugoj parceli one nisu predmet ovog projekta ali je u narednom periodu potrebno sagledati njihovo stanje i dati predlog rekonstrukcije. Da bi se obezbedio potreban kvalitet otpadne vode koja se upušta u Lubničku reku neophodna je rekonstrukcija postojećih laguna, njihovo saniranje i evidentiranje količina vode. Istaloženi i osušeni mulj iz laguna bezbedno odložiti na lokaciju koju odredi nadležni sanitarni organ.

5.7 Laboratorija

U skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Službeni list SRJ, br. 42/98 i 44/99) higijenska ispravnost vode iz vodovoda za javno snabdevanje stanovništva vodom za piće utvrđuje se sistematskim vršenjem osnovnih i periodičnih pregleda sirove vode u jednakim razmacima u toku meseca, odnosno godine zavisno od broja ekvivalentnih stanovnika.

U cilju kontrole procesa na postrojenju, postoji pogonska laboratorija. Laboratorija je opremljena instrumentima za uzorkovanje i analizu određenih parametara.

Pored redovnih ispitivanja koja realizuju nadležne institucije, vrše se i određena diskontinualna merenja koja u prvom redu podrazumevaju laboratorijska određivanja optimalnih doza hemikalija na laboratorijskom jar-testu, zatim praćenja specifičnih parametara kvaliteta vode, kao i određivanje koncentracija pripremljenih rastvora. U laboratoriji se rade ciljane analize za praćenje i vođenje tehnološkog procesa. Podaci dobijeni

na ovaj način, direktno se koriste za određivanje optimalnih doza hemikalija, praćenje i analizu rada postrojenja čime se stiče uvid u neophodne intervencije za poboljšanje procesa.

U pogonskoj laboratoriji vrši se analiza sledećih fizičko-hemijskih parametara po fazama prerade:

- temperatura
- mutnoća
- boja
- pH vrednost
- elektroprovodljivost
- utrošak KMnO_4
- UV ekstinkcija
- amonijak
- nitriti
- nitrati
- gvožđe
- mangan
- ozon
- rezidualni hlor/hlordioksid
- aluminijum

Od mikrobioloških pokazatelji vrši se analiza na:

- Ukupne koliformne bakterije
- Koliformne bakterije fekalnog porekla
- Streptokoke fekalnog porekla
- Sulfitoredukujuće klostridije
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Proteus* vrste
- *Feruginose*

Od bioloških pokazatelja vrši se analiza:

- fito i zooplanktona,
- stepena saprobnosti ,
- hlorofila i
- karakterizacija vode preko enzimske fosfatazne aktivnosti.

Laboratorija na postrojenju treba da bude opremljena tako da može da prati kvalitet sirove i čiste vode, kao i parametre po fazama proizvodnje i kvalitet pripremljenih hemikalija (fizičko-hemijske i mikrobiološke analize).

Neophodno je zastarelu opremu i instrumente zameniti novim, savremenijim. Predviđa se nabavka sledećih instrumenata:

- Sušnica opsega od +30 C do + 250 C, 110 - 160 litara.
- Laboratorijski pH metar.
- Laboratorijski konduktometar.

- Laboratorijski turbidimetar rezolucije 0,001 NTU, opsega 0-10.000 NTU.
- Vodeno kupatilo sa ravnim poklopcem sa 6 koncentričnih krugova, od 14 litara.
- Spektrofotometar UV/VIS, dvoznačni, sa opremom za kivete 10x10 mm, 10x100 mm, sa softverom.
- Sigurnosni orman za kiseline i baze (600x500x2010 mm), 90 litara, sa ventilatorom i filterom.
- Digestor sa priključkom za struju i vakum, dužine 1500 mm.
- Destilator, prohromski, kapacitet 20 l/h.
- Autoklav za sterilizaciju(mikroprocerski kontrolisan), uspravan, zapremine od 28-40 lit. Program sterilizacije T=121 C, pritisak 1,1 bar, vreme sterilizacije 20 min. Dodatak korpa od nerđajućeg čelika.
- Vodeno kupatilo od 7-10 lit. T = 10 C - 95 C, sa dodatkom za epruvete, od 56 mesta.
- Mikroskop invertni sa kamerom infinitivne optike sa nosačem za 4 objektivna. Halogeno svetlo 30W ili jače, dugme za pojačavanje intenziteta sa prednje strane mikroskopa. Fini i grubi fokus sa obe strane mikroskopa, točak za podešavanje tenzije fokusnog mehanizma. Odgovarajući računar sa offis paketom i monitorom.
- Laboratorijski frižider zapremine 400 - 500 litara, temperaturnog opsega 1-11°C i sistemom sa automatskim otapanjem.

Od opreme za terenska ispitivanja potrebno je nabaviti sledeće: multiparametarska sonda, uzorkivač vode, mobilni merači ugljen dioksida i/ili kiseonika u vazduhu.



Slika 5.27: Deo opreme pogonske laboratorije

5.7.1 Procesna merenja

Složenost procesa prečišćavanja i variranja kvaliteta vode u akumulaciji zahtevaju kontinualan nadzor i shodno tome prilagođen način upravljanja postupcima tretmana. Monitoring kvaliteta vode obavlja se praćenjem određenih parametara kvaliteta od ulaza sirove vode na postrojenje do izlaza prečišćene i dezinfikovane vode što se vrši putem laboratorijskih i kontinualnih, on-line merenja. Uobičajeno je da se prati kvalitet vode odnosno njegova promena tokom procesa prečišćavanja odnosno svake od faze tretmana (kao što je bistrenje, ozonizacija, filtracija) kao i nakon procesa kod kojih se doziraju hemikalije (korekcija pH, doziranje koagulanta, flokulanta i dr.).

Generalno, parametri koji se prate su: temperatura, pH vrednost, elektroprovodljivost, boja, mutnoća, sadržaj organskih materija (KMnO_4 , UV), koncentracija rezidualnog ozona, koncentracija rezidualnog hlora i koncentracija aluminijuma u prečišćenoj vodi.

Za kvalitetno vođenje kontinualnih procesa potrebno je da se informacije merenja dobijaju neprekidno i sa minimalnim kašnjenjem čime se postiže rad postrojenja u optimalnim uslovima. Mesta uzorkovanja vode i merni instrumenti su raspoređeni u više objekata.

Predviđeno je kontinualno merenje:

- mutnoće u sirovoj vodi, posle pulzatora i nakon peščanih filtera,
- pH vrednosti u sirovoj vodi nakon injektiranja CO_2 , a u cilju upravljanja procesom neutralizacije,
- reziduala ozona u izlaznoj vodi sa ozonizacije i koncentracije ozona u vazduhu i
- reziduala hlora.

Kvalitet sirove vode će se pratiti na ulazu u postrojenje na mernom uređaju – turbidimetru dok će se u laboratoriji pratiti parametri već obuhvaćeni postojećim programom.

Kontinualni merač mutnoće će biti smešten na prvom spratu upravne zgrade, fiksiran na zidu pored postojećih lavaboa do kojih su dovedene cevi za uzorkovanje sirove i finalne kao i vode nakon bistrenja. Mesto uzorkovanja je postojeće odnosno na početku cevovoda sirove vode u regulacionom bloku. Cevnim vezama, sirova voda se dovodi do postojećih kada sa slavinama za uzimanje uzoraka. Na ovaj način se obezbeđuje lak pristup uređaju za potrebe kontrole, kalibracije, zaštićen je od uticaja vremenskih uslova i pojednostavljuje slanje signala do komandno kontrolnog centra. Nakon prolaska kroz merni instrument, voda se gravitaciono odvodi u kadu sa slavinama za uzorkovanje.



Slika 5.28: Postojeće kade – točeća mesta za uzorkovanje sirove, izbistrene I finalne vode

Sistem za praćenje mutnoće sirove vode se sastoji od:

- mernog instrumenta-turbidimetar
- kontrolera sa displejem
- cevovoda i armature za dovod i odvod vode nakon uzorkovanja (instalirano).

Nešto nizvodnije od mesta uzorkovanja sirove vode, u istom šahtu – regulacionom bloku, doziraće se ugljen-dioksid radi korekcije pH vrednosti sirove vode. Time se postižu optimalni uslovi za dejstvo koagulanta u procesu bistrenja vode. Za automatsko doziranje ugljen dioksida, pored signala o protoku sirove vode, koristiće se i signali sa merača pH vrednosti koji je predviđen na cevovodu sirove vode pre raspodelne komore.



Slika 5.29: Mesto uzorkovanja sirove vode u regulacionom bloku

Sistem za praćenje pH vrednosti sirove vode se sastoji od mernog instrumenta-pH metra sa relejem.

Monitoring kvaliteta izbistrene vode

Za efikasan proces koagulacije od velike važnosti je uspostavljanje optimalne pH vrednosti i alkaliteta vode. Tipična pH vrednost za koagulaciju aluminijum sulfatom pri kojoj se ostvaruje nulti zeta potencijal je približno 7,0 a efikasnost prečišćavanja obično opada sa porastom pH vrednosti. Kako dodatak aluminijum sulfata može da snizi pH vrednost vode čime joj

povećava korozivnost, nakon bistrenja kontrolisati pH vrednost. Analizu raditi u pogonskoj laboratoriji po utvrđenoj dinamici.

U procesu bistrenja, kroz procese taloženja u pulzatoru znatno se snižava mutnoća sirove vode, te je neophodno kontinualno pratiti njene promene. Očekivana vrednost mutnoće izbistrene vode je ispod 1 NTU. Predviđeno je kontinualno merenje mutnoće na mernom instrumentu - turbidimetru. Mesto uzorkovanja će biti izlazni kanal zbirne izbistrene vode pre ulaska u blok ozonizacije. Voda za uzorkovanje se dovodi do mernog uređaja a nakon izvršenog merenja se gravitaciono ispušta u kanalizaciju. Merni uređaj će biti smešten na panelu, okačen na zidu iznad kade sa slavinom za uzorkovanje.



Slika 5.30: Mesto uzorkovanja vode nakon bistrenja

Monitoring kvaliteta vode nakon ozonizacije

Izbistrena voda se odvodi dalje na glavnu ozonizaciju. Doza ozona zavisi od kvaliteta sirove vode odnosno dozira se potrebna količina ozona koja će odreagovati sa vodom u komorama za ozonizaciju tako da se količina off-ozona koji se meri u izlaznoj komori održava na zadatoj vrednosti, kao i rezidual ozona u izlaznoj vodi.

Sistem za ozonizaciju vode na postrojenju predviđen je i projektovan kao potpuno automatizovan sistem. Svaka jedinica ozon generatora se nezavisno automatski kontroliše i opremljena je sopstvenim PLC-om. Potpuna pouzdanost i sigurnost u procesu proizvodnje ozona su glavni cilj i zahtev u kontroli celog procesa. Sigurnosna oprema za monitoring koncentracije ozona u okolnom vazduhu obuhvata alarmni signal za slučaj da ozon gas negde curi i automatski isključuje sistem iz funkcije uz odgovarajuće upozorenje. Sistem je opremljen tač-panelom koji obezbeđuje pouzdano funkcionisanje, daje informacije o radu opreme i eventualnim neispravnostima (oštećenjima) i o svemu obaveštava operatora sistema, kao što je uključivanje i isključivanje sistema, procesni parametri i permanentan monitoring. Procesni parametri se mere i analiziraju 24 h.

U laboratoriji vršiti ispitivanja UV vrednosti kao pokazatelja efikasnosti procesa ozonizacije.

Monitoring kvaliteta filtrirane vode

Nakon ozonizacije voda se dalje odvodi na peščano-antracitne filtere. Na filterskim poljima se postiže efikasno uklanjanje suspendovanih materija i dodatno snižava mutnoća vode. Merenje mutnoće filtrirane vode je važan parametar kojim se prati proces filtracije a njeno povećanje govori o zaprljanosti filtera. Signal sa merača mutnoće se koristi kao jedan od parametara koji kada dostigne unapred definisanu vrednost, predstavlja indikator za zaustavljanje rada filtera i uvođenje u operaciju pranja.

Drugi parametar za indikaciju pranja filtera je porast nivoa vode na filterima koji su projektovani kao gravitacioni filteri sa konstantnim nivoom vode. Kada kontinualni merač nivoa pokaže porast nivoa vode a regulacioni zatvarač na odvodu filtrirane vode je potpuno otvoren to je indikator početka procesa pranja filtera.

Kvalitet filtrirane vode će se kontinualno prati merenjem mutnoće, na izlasku iz svakog filtera. Predviđena su dva radna turbidimetra, za svaku procesnu liniju po jedan. Turbidimetri su smešteni u prizemlju upravne zgradu na mestu postojećeg turbidimetra koji nije u funkciji a dovod vode sa filtera je već obezbeđen.

Predviđeno je sekvencijalno dovođenje vode sa svakog filtera by pass sistemom do turbidimetra, što se ostvaruje sistemom solenoidnih ventila. Nakon prolaska kroz turbidimetar, voda se ispušta u kadu sa slavinama.



Slika 5.31: Mesto uzorkovanja filtrisane vode i kontinualanog merenja mutnoće

Monitoring kvaliteta dezinfikovane vode

Nakon procesa filtracije, voda će se gravitaciono odvoditi u rezervoare čiste vode. Na ulazu filtrisane vode u rezervoare čiste vode vrši se glavno hlorisanje (u obe komore rezervoara). Predviđeno je da se korektivno hlorisanje vrši u distributivnom cevovodu ka konzumnom području, kako bi se obezbedio rezidual hlora u distribucionoj mreži. Doza hlora za korektivno hlorisanje određuje se automatski, na osnovu protoka vode i koncentracije rezidualnog hlora u cevovodu nakon doziranja hlora.

Koncentracija rezidualnog hlora meri se preko ugrađenog analizatora. Mesto za uzorkovanje je u šahtu na potisu ka potrošačima. Uzorak vode se pumpa do merne ćelije analizatora hlora a signal šalje u KKC.

Uzorci za redovan monitoring kvaliteta koji vrši pogonska laboratorija uzima se na točjećem mestu, ispred laboratorija.

5.7.2 Monitoring otpadnih voda

Tokom rada postrojenja nastaje određena količina otpadnih voda koja se prečišćava u lagunama radi daljeg ispuštanja u recipijent – Lubničku reku. U lagune se dovodi mulj iz taložnika i otpadne vode od pranja filtera. Kvalitet otpadnih voda koje se upuštaju u Lubničku reku kontrolišu Zavod za javno zdravlje Timok iz Zaječara i Institut za javno zdravlje Niš.

Uzorkovanje vode za analizu se vrši na sledećim mernim mestima:

- pre ulaza u lagune
- posle izlaza iz lagune
- Lubnička reka 100m uzvodno od ispusta iz lagune
- Lubnička reka nizvodno od ispusta iz lagune

Obimom ispitivanja obuhvaćena su mikrobiološki i hemijski parametri. Analizama su obuhvaćeni sledeći parametri kvaliteta: sedimentne materije, pH, sulfati, ukupni isparni ostatak (105 °C), suspendovane materije, utrošak KMnO_4 , hloridi, nitrati, nitriti, amonijum jon, ukupni azot, anjonski deterdženti, BPK, HPK, ukupna ulja i masti i ukupni fosfor a od mikrobioloških: MPN koliformnih bakterija, MPN koliformnih bakterija fekalnog porekla i streptokoke fekalnog porekla.

Uvidom u raspoložive rezultate analiza, utvrđeno je da kvalitet otpadne vode na izlazu iz lagune zadovoljava odredbe Uredbe o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje (Sl.glasnik RS, br.67/2011,48/2012 i 1/2016) odnosno da vrednosti ispitivanih hemijskih parametara ne prelazi Uredbom propisane koncentracije.

Kao što je pomenuto u poglavlju 5.6, neophodno je u narednom periodu izraditi tehničku dokumentaciju sanacije postojećih laguna i predvideti ugradnju adekvatnog merača protoka na ispustu prečišćenih otpadnih voda u recipijent, Lubničku reku.



1.6 NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

1.6.1 PREDMER I PREDRAČUN

Br.poz	Opis	Količina	Kom.	Jedinična cena (din)	Ukupna cena (din)
1.	OPREMA ZA NEUTRALIZACIJU VODE				
	Komplet instalacija: Panel za doziranje CO ₂ , Panel za upravljanje procesom doziranja CO ₂ i Oprema za injektiranje CO ₂ . Rezervoar sa pratećom instalacijom se dobija bez naknade od dobavljača. Dodatna oprema: za merenje i signalizaciju o objektu bistrjenja, prenosni merač ugljendioksida, ventilator i sistem za evakuaciju vazduha iz šahta (regulacionog bloka)	kom	1	3.936.000	3.936.000
1.	STANICA ZA NEUTRALIZACIJU VODE - UKUPNO				3.936.000
2	FILTERSKA ISPUNA				
	Peščana ispuna				
2.1	Nabavka i ubacivanje peščane ispune u filterima karakteristika: kvarcni pesak: Cunif ~1,4 dsr ~0,6-1,2 mm	m3	404	19.500	7.878.000
	Ispuna od antracita				
2.2	Nabavka i ubacivanje ispune od antracita u filterima karakteristika: tip hidrociit granulacije ~1,4 – 2,5 mm	m3	152	86.000	13.072.000
	Noseci sloj				
2.3	Nabavka i ubacivanje nosećeg sloja šljunka karakteristika: dsr ~ 2,0-3,15 mm	m3	51	7.500	382.500
	Filterske dizne				
2.4	snimanje stanja i zamena filterskih dizni	kom	25200	350	8.820.000
2	FILTERSKA ISPUNA-ukupno				30.152.500
3	PRIPREMA I DOZIRANJE HEMIKA LIJA				
	AUTOMATSKA JEDINICA ZA PRIPREMU I DOZIRANJE AL.SULFATA - Automatska jedinica za pripremu i doziranje 10% rastvora				
3.1	aluminijum sulfata, sa konstrukcijom za doziranje iz big bag vreca, komplet sa pumpama za doziranje, cevovodima za distribuciju...	kom	2	5.200.000	10.400.000

AUTOMATSKA JEDINICA ZA PRIPREMU I DOZIRANJE PE Za pripremu rastvora polielektrolita predviđa se uređaj sa manuelnim pokretanjem za kontinualne pripreme rastvora. Uređaj se sastoji od 3 komore za pripremu rastvora iz polielektrolita koji je u obliku praha. Priprema se rastvor 0.05 - 0.5 %. Polielektrolit se iz spremišta, preko uređaja za doziranje, meša sa kontrolisanom količinom vode i upušta u komoru za pripremu rastvora opremljenu mešalicom. Nakon toga, rastvor polielektrolita se preko disperzione komore sa mešalicom upušta u komoru za sazrevanje i doziranje rastvora polielektrolita. Rezervoar je opremljen meračem nivoa, zbog eventualnog preliivanja, u slučaju da se dovod vode ne isključi.					
3.2	uređaja za doziranje, meša sa kontrolisanom količinom vode i upušta u komoru za pripremu rastvora opremljenu mešalicom. Nakon toga, rastvor polielektrolita se preko disperzione komore sa mešalicom upušta u komoru za sazrevanje i doziranje rastvora polielektrolita. Rezervoar je opremljen meračem nivoa, zbog eventualnog preliivanja, u slučaju da se dovod vode ne isključi.	kom	1	2.400.000	2.400.000
3.3	Pumpe za doziranje polielektrolita služi za transport napravljenog rastvora polielektrolita do mesta doziranja. Predviđa se pumpa za doziranje rastvora polielektrolita sa frekventnim regulatorom.	kom	2	470.000	940.000
3.4	Cevovod za distribuciju polielektrolita – nabavka, transport i montaža (30m), PE cevi za distribuciju polielektrolita-a do flokulacije, prečnika DN 32, račve, ventili, komplet oprema		paušal	37.000	37.000
3.5	Merač trenutnog protoka – Rotametar za rastvor PE. opsega merenja 30-400 l/h.	kom	1	37.000	37.000
3.6	Dovod servisne vode i ventil – nabavka, transport i montaža pocinkovane cevi za distribuciju servisne vode (priključenje na postojeću instalaciju) do komora za pripremu hemikalija , prečnika DN 1/2", dužine 45m		paušal	55.000	55.000
3.7	Automatska jedinica za pripremu i doziranje aktivnog uglja u prahu kao 1-2% smeše, sa konstrukcijom za doziranje iz big bag vreca, cevoodima za distribuciju i dr.	Kom	1	5.200.000	5.200.000
3	PRIPREMA HEMIKA LIJA-ukupno				19.069.000
4	OPREMA ZA TERENSKA MERENJA				
4.1	UZORKIVAČ VODE - Boca za uzorkovanje vode (Van Dorn uzorkivač ili sličan), komplet sa tegom okidačem, baždarenim kablom do 50m i transportnom kutijom.	Kom	1	147.600	147.600
4.2	Jezerska multiparameterska sonda sa baždarenim kablom do 50 m dubine, senzorom dubine, komunikacionim kablovima, korisničkim interfejsom,min 6 portova, opremljena senzorima:	kom	1	2.460.000	2.460.000
4	OPREMA ZA TERENSKA - UKUPNO				2.607.600

5	OPREMA ZA PROCESNA MERENJA				
5.1	Turbidimetar - za merenje mutnoće sirove vode , u kompaktnoj izvedbi sa kalibracionim kivetama za višekratnu upotrebu:	kom	1	615.000	615.000
5.2	pH metar – merenje vrednosti pH sirove vode u šahti za potrebe kontrole doziranja ugljendioksida.	kom	1	356.700	356.700
5.3	Turbidimetar – merenje mutnoće izbistrene vode i mutnoće filtrisane vode sa svake procesne linije ponaosob.	kom	3	492.000	1.476.000
5.4	Komplet instalacija (PE) sa priključcima na cevovod sa mogućnošću uzorkovanja		paušal	50000	50000
5	OPREMA ZA PROCESNA MERENJA –UKUPNO				2.497.700
6	OPREMA ZA DEZINFEKCIJU				
	Uredjaj za pripremu i doziranje natrijumhipohlorita proizvedenim na mestu potrošnje elektrolizom iz soli - Dva membranska uredjaja za pripremu natrijum hipohlorita iz soli, svaki kapaciteta 750 gr/h,	Kom	2	10000000	20.000.000
6.1	Rezervoar pripremljenog rastvora NaOCl od 2000 l	kom	1	246000	246.000
	Pumpe za doziranje pripremljenog rastvora natrijum hipohlorita	kom	2	225000	450.000
	Kontroler za merenje reziduala i upravljanje doziranjem	kom	2	137500	275.000
	Senzor za merenje reziduala	kom	1	131250	131.250
	Merna ćelija	kom	1	50000	50.000
6	OPREMA ZA DEZINFEKCIJU - UKUPNO				21.152.250

7	OPREMA ZA LABORATORIJU	
	Sušnica opsega od +30 C do + 250 C, 110 - 160 litara. • Laboratorijski pH metar. • Laboratorijski konduktometar. • Laboratorijski turbidimetar rezolucije 0,001 NTU, opsega 0-10.000 NTU. • Vodeno kupatilo sa ravnim poklopcem sa 6 koncentričnih krugova, od 14 litara. • Spektrofotometar UV/VIS, dvozračni, sa opremom za kivete 10x10 mm, 10x100 mm, sa softverom. • Sigurnosni orman za kiseline i baze (600x500x2010 mm), 90 litara, sa ventilatorom i filterom. • Digestor sa priključkom za struju i vakum, dužine 1500 mm. • Destilator, prohromski, kapacitet 20 l/h. • Autoklav za sterilizaciju(mikroprocerski kontrolisan), uspravan, zapremine od 28-40 lit. Program sterilizacije T=121 C, pritisak 1,1 bar, vreme sterilizacije 20 min. Dodatak korpa od nerđajućeg čelika. • Vodeno kupatilo od 7-10 lit. T = 10 C - 95 C, sa dodatkom za epruvete, od 56 mesta. • Mikroskop invertni sa kamerom infinitivne optike sa nosačem za 4 objektiva. Halogeno svetlo 30W ili jače, dugme za pojačavanje intenziteta sa prednje strane mikroskopa. Fini i grubi fokus sa obe strane mikroskopa, točak za podešavanje tenzije fokusnog mehanizma. Odgovarajući računar sa offis paketom i monitorom. • Laboratorijski frižider zapremine 400 - 500 litara, temperaturnog opsega 1-11oC i sistemom sa automatskim otapanjem.	
	OPREMA ZA LABORATORIJU - UKUPNO	6.765.000
8	USLUGE ISPORUKE, MONTAŽE NA TERENU...	1.230.000
9	NEPREDVIĐENI RADOVI - 10 %	8.618.005
	UKUPNO TEHNOLOŠKA OPREMA	96.028.055

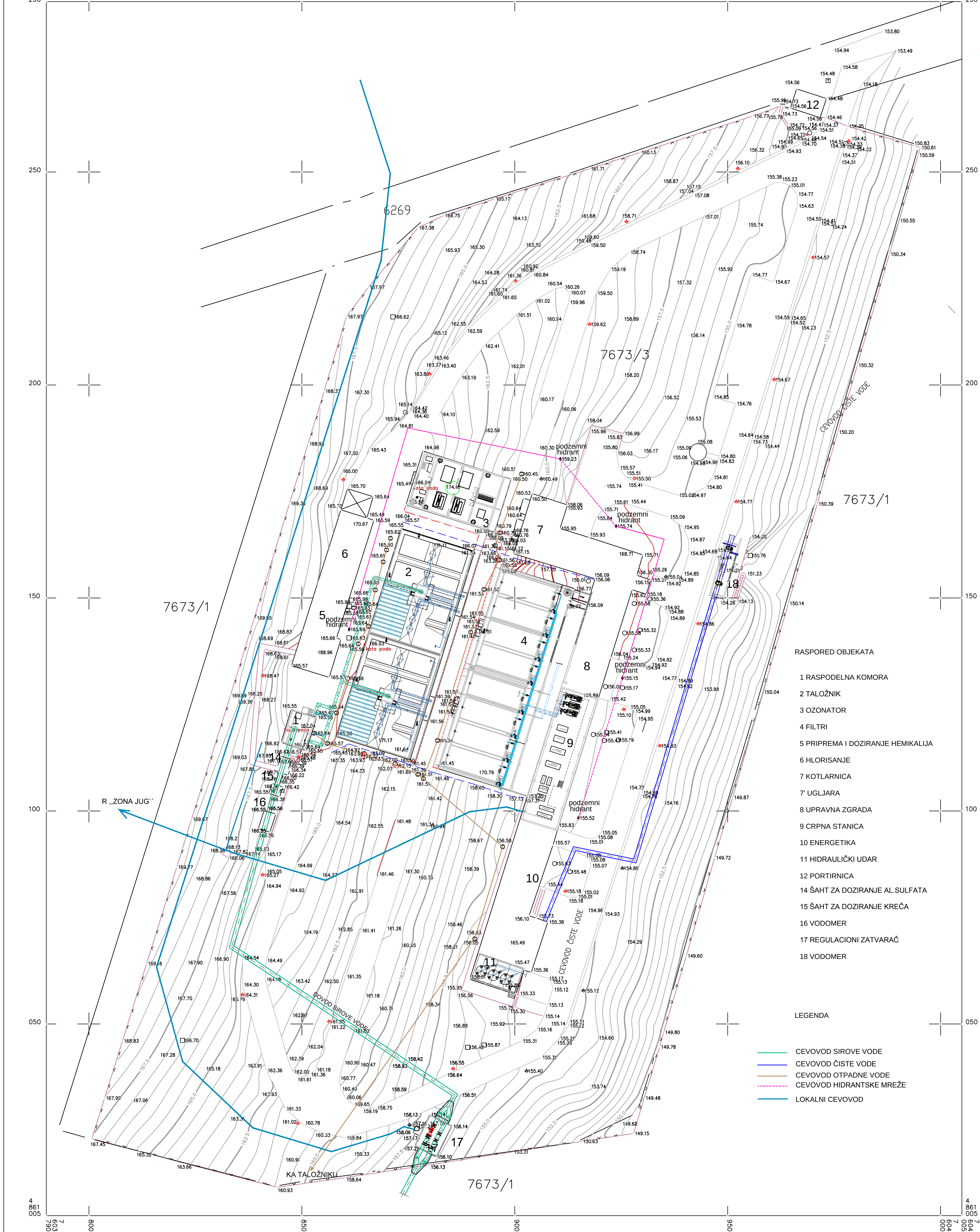


1.7 GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

1. SITUACIJA PPV “KRALJEVICA” – POSTOJEĆE STANJE
2. SITUACIJA PPV “KRALJEVICA” - NOVOPROJEKTOVANO STANJE
3. TEHNOLOŠKA ŠEMA

Republika Srbija
Opština Zaječar
K.o. Zaječar

KATASTARSKO
TOPOGRAFSKI PLAN
Objekat Fabrika vode



RASPORED OBJEKATA

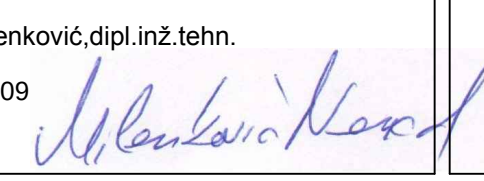
- 1 RASPODELNA KOMORA
- 2 TALOŽNIK
- 3 OZONATOR
- 4 FILTRI
- 5 PRIPREMA I DOZIRANJE HEMIČALIJA
- 6 HLORISANJE
- 7 KOTLARNICA
- 7 UGLJARA
- 8 UPRAVNA ZGRADA
- 9 CRPNA STANICA
- 10 ENERGETIKA
- 11 HIDRAULIČKI UDAR
- 12 PORTIRNICA
- 14 ŠAHT ZA DOZIRANJE AL.SULFATA
- 15 ŠAHT ZA DOZIRANJE KREČA
- 16 VODOMER
- 17 REGULACIONI ZATVARAČ
- 18 VODOMER

LEGENDA

- CEVOVOD SIROVE VODE
- CEVOVOD ČISTE VODE
- CEVOVOD OTPADNE VODE
- CEVOVOD HIDRANTSKE MREŽE
- LOKALNI CEVOVOD

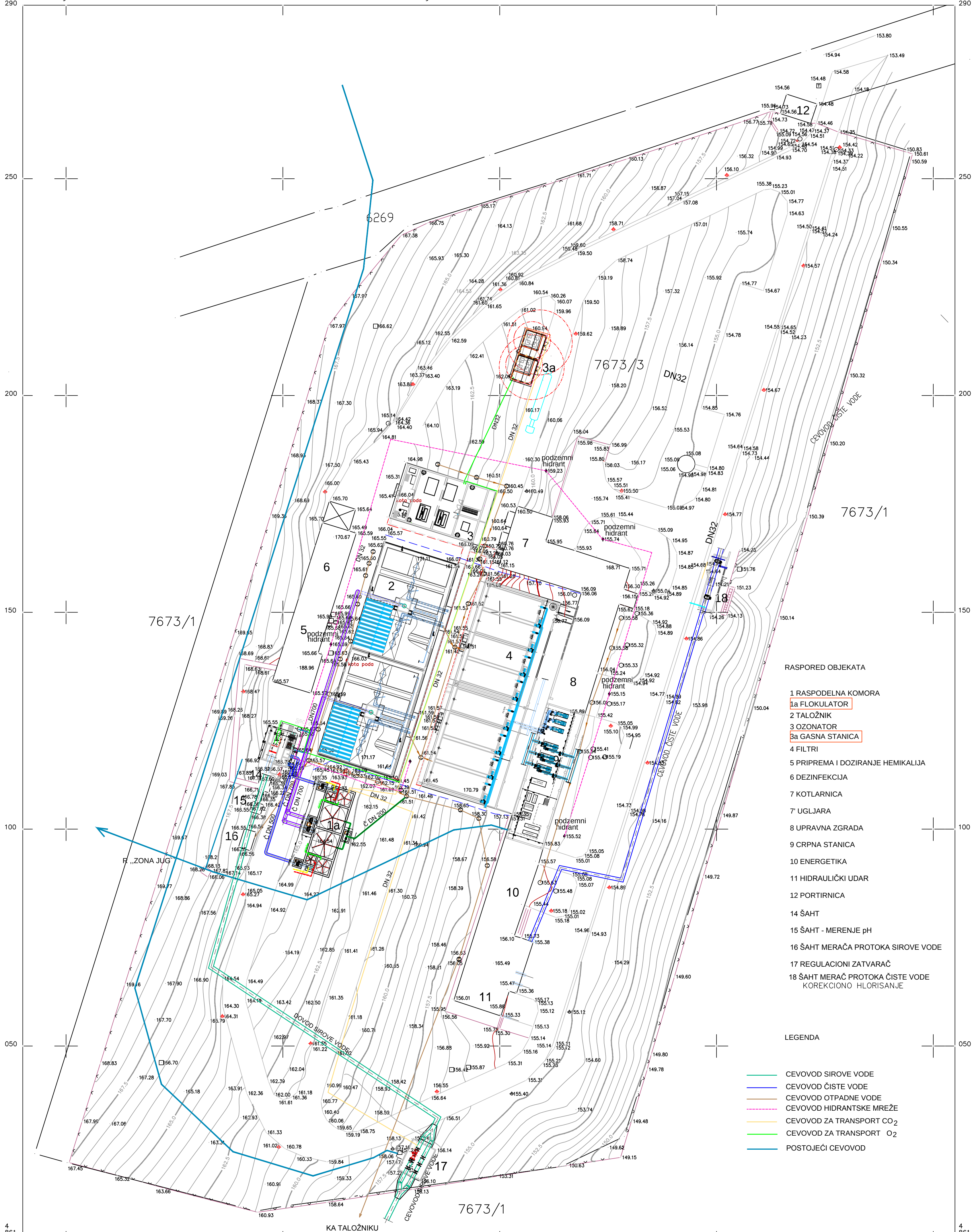
Razmera 1:500

Izradio:
GR GEO-ZIM
MDimitrijević

Tehničku dokumentaciju izradio:  INSTITUT ZA VODOPRIVREDU "JAROSLAV ČERNI" a.d. zavod za vodosnabdevanje, kanalizaciju i zaštitu voda Ul. Jarslava Černog 80, 11226 Pločica, Beograd tel. +381 11 3906 450, fax. +381 11 390 84 56 e-mail: headoffice@icerni.rs www.icerni.org		Investitor: JKP "VODOVOD I KANALIZACIJA" ZAJEČAR Ul. Bulevar dr. Zorana Đinđića br. 5 19 000 Zaječar	
Oznaka izd: IDP	Vrsta tehničke dokumentacije IDEJNI PROJEKAT		
Objekat REKONSTRUKCIJA POSTROJENJA ZA PRIPREMU VODE ZA PIĆE "KRALJEVICA", ZAJEČAR		crtež SITUACIJA POSTROJENJA -POSTOJEĆE STANJE-	
Projekat br. 07	Deo projekta PROJEKAT TEHNOLOGIJE		Broj:
Odgovorni projektant: Nenad Milenković, dipl. inž. tehn.			
Broj licence IKS: 371 H480 09			
Projektant: Svetlana Argakjević, grad. inž.		Saradnici:	
Razmera 1 : 500	Datum 2017.god.	Br. crteža 7-01	

Republika Srbija
Opština Zaječar
K.o. Zaječar

KATASTARSKO
TOPOGRAFSKI PLAN
Objekat Fabrika vode



RASPORED OBJEKATA

- 1 RASPODELNA KOMORA
- 1a FLOKULATOR
- 2 TALOŽNIK
- 3 OZONATOR
- 3a GASNA STANICA
- 4 FILTRI
- 5 PRIPREMA I DOZIRANJE HEMIKALIJA
- 6 DEZINFEKCIJA
- 7 KOTLARница
- 7 UGLJARA
- 8 UPRAVNA ZGRADA
- 9 CRPNA STANICA
- 10 ENERGETIKA
- 11 HIDRAULIČKI UDAR
- 12 PORTIRNICA
- 14 ŠAHT
- 15 ŠAHT - MERENJE pH
- 16 ŠAHT MERAČ PROTOKA SIROVE VODE
- 17 REGULACIONI ZATVARAČ
- 18 ŠAHT MERAČ PROTOKA ČISTE VODE KOREKCIJNO HLORISANJE

LEGENDA

- CEVOVOD SIROVE VODE
- CEVOVOD ČISTE VODE
- CEVOVOD OTPADNE VODE
- CEVOVOD HIDRANTSKE MREŽE
- CEVOVOD ZA TRANSPORT CO₂
- CEVOVOD ZA TRANSPORT O₂
- POSTOJEĆI CEVOVOD

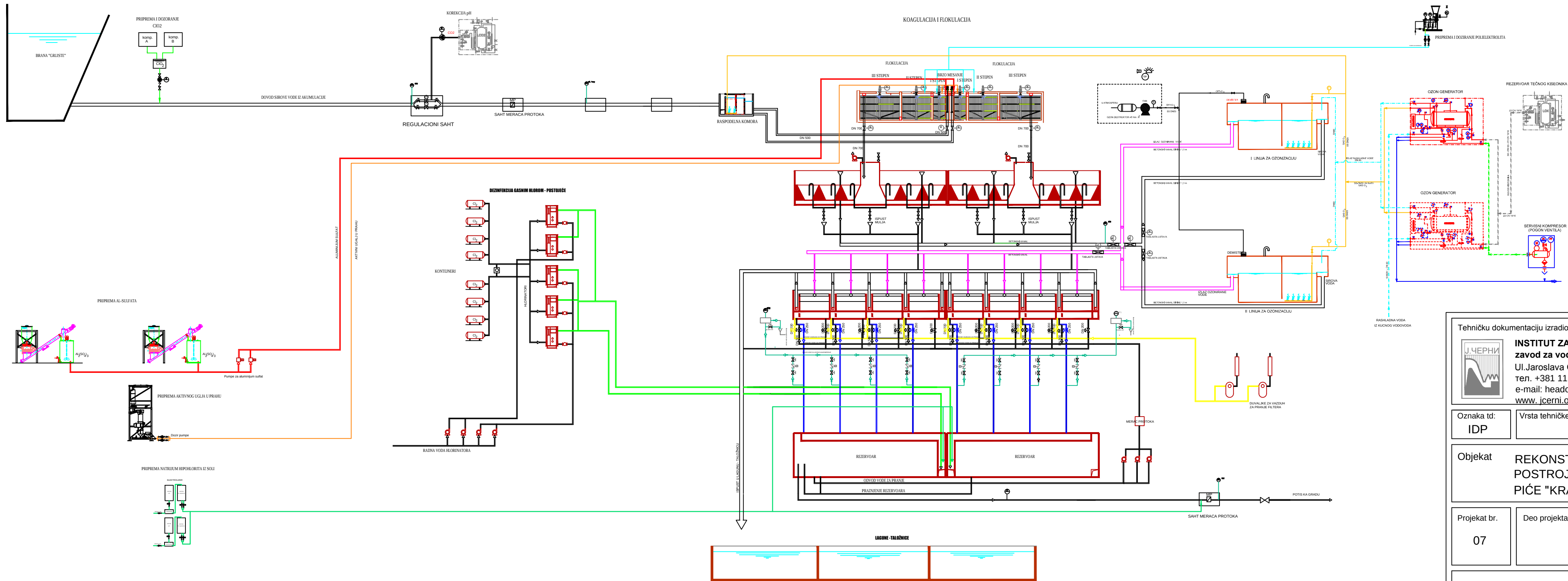
Razmera 1: 500

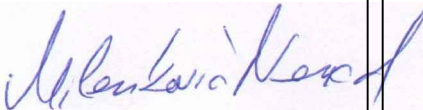
Izradio:
GR GEO-ZIM
MDimitrijević

Tehničku dokumentaciju izradio:  INSTITUT ZA VODOPRIVREDU "JAROSLAV ČERNI" a.d. zavod za vodosnabdevanje, kanalizaciju i zaštitu voda Ul. Jaroslava Černog 80, 11226 Pinosava, Beograd tel. +381 11 3906 450, fax. +381 11 390 84 56 e-mail: headoffice@icerni.rs www.icerni.org		Investitor JKP "VODOVOD I KANALIZACIJA" ZAJEČAR Ul. Bulevar dr. Zorana Đinđića br. 5 19 000 Zaječar	
Oznaka izd: IDP	Vrsta tehničke dokumentacije IDEJNI PROJEKAT		
Objekat REKONSTRUKCIJA I IZGRADNJA POSTROJENJA ZA PRIPREMU VODE ZA PIĆE "KRALJEVICA", ZAJEČAR	crtež SITUACIJA POSTROJENJA -NOVOPROJEKTOVANO STANJE-		
Projekat br. 07	Deo projekta PROJEKAT TEHNOLOGIJE		Broj:
Odgovorni projektant: Nenad Milenković, dipl. inž. tehn.		Broj licence IKS: 371 H480 09	
Projektant: Svetlana Argakijev, grad. inž.		Saradnici:	
Razmera 1 : 500	Datum 2017.god.	Br. crteža 7-02	

TEHNOLOŠKA ŠEMA

AKUMULACIJA



Tehničku dokumentaciju izradio:  INSTITUT ZA VODOPRIVREDU "JAROSLAV ČERNI" a.d. zavod za vodosnabdevanje, kanalizaciju i zaštitu voda Ul. Jaroslava Černog 80, 11226 Pinosava, Beograd tel. +381 11 3906 450, fax. +381 11 390 84 56 e-mail: headoffice@jcerni.rs www.jcerni.org		Investitor JKP "VODOVOD I KANALIZACIJA" ZAJEČAR Ul. Bulevar dr. Zorana Đinđića br. 5 19 000 Zaječar
Oznaka td: IDP	Vrsta tehničke dokumentacije IDEJNI PROJEKAT	
Objekat	REKONSTRUKCIJA I IZGRADNJA POSTROJENJA ZA PRIPREMU VODE ZA PIČE "KRALJEVICA", ZAJEČAR	crtež TEHNOLOŠKA ŠEMA
Projekat br. 07	Deo projekta PROJEKAT TEHNOLOGIJE	Broj:
Odgovorni projektant: Nenad Milenković, dipl. inž. teh. Broj licence IKS: 371 H480 09 		
Projektanti: Svetlana Argakijev, građ. inž. Saradnici:		
Razmera	Datum 2017.god.	Br. crteža 7-03