



HIDRAULIČKA ANALIZA BILANSA VODA RTB-A BOR

HYDRAULIC ANALYSIS OF THE WATER BALANCE IN RTB

Nikola Damnjanović, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad sadrži opis sistema za snabdevanje industrijskom vodom u okviru kompanije RTB Bor iz Bora. Takođe, u radu su obuhvaćene i rudničke vode koje se odvodnjavaju iz površinskih kopova i jamskih galerija. Dat je prikaz bilansa za 2017. godinu.

Ključne reči: industrijska voda, rudničke vode, bilans vode

Abstract – This written work contains a description of the system for the supply of industrial water RTB company from Bor. Also, the work includes mining waters that are being drained from surface mining and cave mines. The water balance for 2017 is also shown.

Keywords: Industrial water, mining waters, water balance

1. UVOD

1.1. Predmet proučavanja

RTB Bor: Rudarsko topioničarski basen Bor je kompanija koja se nalazi u Borskom okrugu. Sedište kompanije je u Boru, a takođe pod njenom ingerencijom posluje i ogranak u Majdanpeku. Ova kompanija je jedna od najvećih u Srbiji. Primarna delatnost je proizvodnja bakra i plemenitih metala, u čijoj je proizvodnji jedina u Srbiji [1].

1.2. Kategorizacija voda

Sve vode koje su u opticaju u kompaniji mogu se podeliti, prema kvalitetu, poreklu i nameni u 8 tipova, i to:

- Sanitarna voda
- Tehnička voda
- Tehnološka voda
- Dekarbonizovana voda DEK
- Demineralizovana voda DEM
- Industrijska otpadna voda
- Drenažne vode iz jamskih galerija i vode akumulirane u površinskim kopovima
- Fekalna i atmosferska kanalizacija

2 POSTOJEĆI SISTEM VODOSNABDEVANJA I POTREBE ZA VODOM

2.1 Postojeći sistem vodosnabdevanja

U ovom poglavlju dat je prikaz delova sistema za snabdevanje tehničkom vodom, i to:

- Akumulacija sa branom Borsko jezero
- Pumpna stanica Beljevinska reka
- Distributivna mreža i transport vode iz akumulacije Borsko jezero
- Dispečerski centar sa pumpnom stanicom
- Objekti na distributivnoj mreži
- Snabdevanje industrijskom vodom iz JKP Vodovod
- Pumpna stanica sveže vode „Cerovo“
- Pumpna stanica „Ciklonska“
- Pumpna stanica sveže vode na Kriveljskoj reci.

2.2. Potrebe za vodom

U ovom poglavlju dati su opisi delatnosti i potrebe za vodom najvažnijih pogona u okviru kompanije, i to:

- Topionica
- Fabrika sumporne kiseline
- Elektroliza
- Energana
- Livnica bakra i bakarnih legura
- Transport
- Flotacija bor sa osvrtnom na flotacijsko jalovište RTH
- Flotacija Veliki Krivelj sa detaljnim osvrtnom na flotacijsko jalovište Veliki Krivelj
- Pogon Jama – servisno i izvozno okno
- Pogon hidrometalurgije „Cementacija“
- Pogon za proizvodnju kreča Zagrađe

3. ODVODNJAVANJE I ZAŠTITA VODOTOKOVA OD RUDNIČKIH VODA

3.1 Poršinski kop Veliki Krivelj

3.1.1 Prirodni uslovi odvodjenosti kopova

U prirodne uslove koji diktiraju odvodjenost kopova spadaju fizičko-geografski uslovi u kojima se nalazi ležište, strukturno geološke i hidrološke karakteristike terena u celini, odnosno:

- Hidrometeorološki uslovi odvodjenosti
- Geomorfološki uslovi
- Hidrografski i hidrološki uslovi
- Strukturno geološki uslovi
- Strukturno geološki uslovi

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc dr Matija Stipić

3.1.2 Određivanje količine voda za odvodnjavanje

Količine površinskih voda

Prema Pravilniku o tehničkim normativima pri površinskoj eksploataciji ležišta mineralnih sirovina, za dimenzionisanje objekata odvodnjavanja od voda koje gravitacijski dotiču u kop, za merodavne količine se uzimaju maksimalne pedesetogodišnje padavine u trajanju od $T=30$ min.

Količine podzemne vode

U toku istražnih radova izvedena je svojevrsna jama u koju je meren dotok vode tokom vremena. I na osnovu tih meranja u trajanju od 17 godina došlo se do zaključka da je količina podzemne vode koja dotiče u linearnoj zavisnosti od dubine iskopa. Analitički izraz kojim se sračunava količina dotekle vode u zavisnosti od dubine je:

$$q_{\text{pod}}=0,159 \times H - 5,3 \text{ [l/s]}$$

- q_{pod} - količina podzemne vode
- H - dubina kopa merena od kote K305 lokalnog erozionog bazisa

3.1.3 Konceptija odvodnjavanja

Osnovna težnja je da se sve vode koje su sa kota iznad mesnog erozionog bazisa odvedu gravitacijski van kopa, dok isto tako, da se vode koje dođu u konturu kopa ispod erozionog bazisa prihvate u vodosabirnicima na što višoj koti.

3.1.4 Objekti za odvodnjavanje

U svrhu odvodnjavanja površinskog kopa Veliki Krivelj izgrađeni su kanali, vodosabirnici i taložnici. Tokom godina eksploatacije i ukopavanja dolazi do stalnog povećanja broja kanala i broja potrebnih pumpi u vodosabirnicima.

3.2 Površinski kop Cerovo

Površinski kop Cerovo 1 ugrožavaju površinske vode koje gravitiraju ka kopu, površinske vode koje padnu unutar granice kopa i podzemne vode unutar granica kopa [2]. Jalovište je locirano tako da se sve vode gravitacijski slivaju ka akumulaciji tehničke vode na flotaciji pa nema kanala za odvodnjavanje na odlagalištu. Površinske vode koje gravitiraju ka eksploatacionom polju odvede se zaštitnim kanalima van granice eksploatacionog polja. Kretanje voda unutar površinskog kopa regulisano je kanalima po spoljnoj ivici transportnih puteva.

Sve vode, površinske i podzemne, unutar eksploatacionog polja a ispod nivoa mesnog erozionog bazisa, gravitacijski (kanalima) se odvede do glavnog vodosabirnika na etaži E365, lociranog u južnom delu kopa, odakle se isumpavaju u pogon Flotacija, gde se koriste u tehnološke svrhe [3].

4. RUDNIČKE PUMPNE STANICE

4.1.1 Pumpna stanica „Kiper“

Pumpna stanica „Kiper“ je pumpna stanica rudničkog tipa. To znači da su pumpe instalirane van bilo kakvog objekta, odnosno pod otvorenim nebom.

4.1.2 Pumpna stanica „Pralište“

„Pralište“ je pumpna stanica rudničkog tipa. Ona predstavlja svojevrsno čvorište u sistemu odvodnjavanja voda, i to iz glavnog kolektora TIR-a koji prikuplja

drenažne vode, atmosfersku kanalizaciju i delom tehnološku i fekalnu kanalizaciju kruga TIR-a. Pored toga ova pumpna stanica prima vode iz PS „Kiper“ kao i vode iz pogona Elektroliza, koje prelivaju iz obližnjeg rezervoara elektrolita zbog ograničenog kapaciteta pogona Cementacija gde se ova voda prepumpava zbog tretmana.

4.1.3 Akumulacija i pumpna stanica „Tilva Mika“

Akumulacija „Tilva Mika“ je jezero koje se formiralo zbog urušavanja i zapušanja glavnog kolektora iz kruga. Poreklo ovih voda je pretežno iz izvora i atmosferskih padavina.

Ovo jezero ima funkciju retencije kada dođe do preopterećenja pumpne stanice „Pralište“ usled povećanog priliva.

4.1.4 Pumpna stanica elektrolita

Pumpna stanica elektrolita se nalazi u neposrednoj blizini pumpne stanice „Pralište“. Namena ove pumpne stanice je prebacivanje otpadne vode – elektrolita iz pogona Elektroliza do pogona Cementacija [4].

5. HEMIJSKA PRIPREMA VODE

5.1. Opšte

Za potrebe proizvodnje u pojedinim pogonima, a zbog specifičnosti postrojenja i opreme, da bi se proces proizvodnje odvijao nesmetano neophodno je sprovesti hemijsku pripremu vode. Određenim postupcima dobija se zahtevani kvalitet vode, i to:

- Dekarbonizovana (deka) voda
- Demineralizovana (demi) voda

5.2. RJ Hemijska priprema vode (Energana)

5.2.1 Sekcija DEKA vode.

Ovaj pogon se sastoji iz dva brza reaktora i tri peščana filtera. Proces se odvija mešanjem sirove vode i krečnog mleka i ubacivanjem ovako stvorene mešavine u brzi reactor [5]. U kontaktu sa krečnim mlekom soli u vodi formiraju koji se taloži na zrnima peska.

Dekarbonizovana voda se koristi za dopunu industrijskog vrelovoda sistema za grejanje delova pogona zavisnih preduzeća TIR i RBB, te za dopunu gradskog vrelovoda koji pripada preduzeću JKP Toplana. Takođe, koristi se dalje u procesu proizvodnje DEMI vode.

5.2.2 Sekcija DEMI vode.

U pogonu demineralizacije dolazi filtrirana DEKA voda koja u opštem slučaju ima konstantan sastav i količinu rastvorenih soli. Ovaj pogon se sastoji od tri linije. Svaka od linija se sastoji od peščanog filtera i četiri kolone, i to:

- Katjonskog jako-kiselog izmenjivača
- Anjonskog slabo-baznog izmenjivača
- Anjonskog jako-baznog izmenjivača
- Mešovitog izmenjivača

5.3. Hemijska priprema vode (Nova energana)

5.3.1 Opšte

U pogonu Nova energana, a na osnovu kvaliteta tehničke vode iz akumulacije i traženih kvaliteta procesne i

demineralizovane vode projektom je izabrano rešenje sa četiri sekcije, i to:

- Sekcija dekarbonizacije
- Filterska sekcija
- Sekcija demineralizacije
- Sekcija delimične obrade otpadnih voda

5.3.2 Sekcija dekarbonizacije

U sekciji dekarbonizacije odvijaju se ujedno procesi dekarbonizacije, koagulacije, flokulacije i taloženja.

5.3.3 Filterska sekcija

Iz betonskog rezervoara se pumpama vrši potiskivanje vode kroz višeslojne pešćane filtere.

Nakon filtriranja vode u pešćanim filterima voda se odvodi u tri pravca, i to:

- Kao procesna voda u pogonu Topionica i pogonu Fabrika sumporne kiseline
- Kao napojna voda za system predretmana RO sistema
- Kao procesna voda za pripremu rastvora (krečnog mleka, koagulanta, flokulanta) i za ispiranje cevovoda krečnog mleka

5.3.4 Sekcija demineralizacije

Opis RO i EDI

Namena sistema reversne osmoze i elektrodejonizacionog sistema je smanjenje zadržaja soli kod procesne tj. dekarbonizovane vode do minimalnih vrednosti.

Reversna osmoza (RO) je u suštini process membranske separacije. Tokom procesa membrana propušta molecule vode a većina nerastvorenih sole se uglavnom zadržavaju. Efikasnost sistema RO zavisi od primenjenih membrane i kreće se u granicama 99-99,2% zadržanih soli, a odnos parmeata i napojne (dekarbonizovane) vode je oko 75-80%.

Sistem EDI (elector-dejonizacija) je završni stepen tretmana procesne vode koji obezbeđuje zahtevan kvalitet izlazne demineralizovane vode.

Teorijska osnova elektrodijalize je slila električnog polja u kome se izdvajaju koloidno rastvorene materije, odnosno joni (katjoni i anjoni) prolaskom kroz membrane. Za selektivno izdvajanje jona koriste se membrane koje su pozitivnog i negativnog naelektrisanja. Pozitivno naelektrisanje membrane dozvoljavaju prolazak anjona i obratno, negativno naelektrisanje membrane dozvoljava prolazak katjona.

5.3.5 Sekcija delimične obrade otpadnih voda

Sve otpadne vode nastale iz postrojenja za pripremu rastvora za doziranje, pranja višeslojnih filtera, RO jedinica, iz bazena dekarbonizovane vode i od odmuljivanja reaktora dovode se u bazen otpadnih voda.

Bazen je opremljen duvaljkom i pumpom za pražnjenje. Iz bazena otpadnih voda pumpom se voda prebacuje u ugušćivač. Iz ugušćivača se nataloženi mulj odstranjuje pumpom, dok se izbistrena voda upućuje na dalje korišćenje u sistem tehnološke vode. Ugušćeni mulj se skladišti kao otpad po zakonu.

6. PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

6.1 Postrojenje za neutralizaciju slabe kiseline

Otpadnevodekojese prečišćavaju u ovom postrojenju potiču iz tri izvora, i to:

- Iz skrubera za prečišćavanje (pranje) i hlađenje gasova „fleš“ peći (FSF tok), u količini od 4,8 m³/h
- Iz skrubera za prečišćavanje (pranje) i hlađenje gasa sa konvertora zajedno sa suspenzijom iz mokrih elektrostatičkih filtera Fabrike sumporne kiseline (PSC tok), u količini od 3,9 m³/h

Ukupna količina otpadnih voda na ulazu u postrojenje je 8,7 m³/h.

6.2 Postrojenje za tretman otpadnog mulja

Nakon tretmana otpadnih voda (FSF tok i PSC tok) u Postrojenju za neutralizaciju slabe kiseline, javljaju se kao produkti prečišćena voda koja se dalje koristi u procesu proizvodnje u Flotaciji Bor i mulj (sa 25% suspendovanih materija) sa protokom od 8,7m³/h.

Predmetni mulj spada u kategoriju opasnog otpada što onemogućava njegovo trajno odlaganje u tom obliku, već je neophodno prevesti ga u stabilan odnosno inertan oblik pa ga nakon toga trajno deponovati.

6.2.1 Deponije za privremeno odlaganje mulja

Deponija za privremeno odlaganje mulja se sastoji od dve nezavisne kasete ukupne zapremine 19.180m³

Objekti i sastavni delovi kasete su:

- Obodni nasipi kasete
- Vodonepropusna folija koja ima funkciju zaštite podzemnih voda od procednih voda iz kasete
- Drenažni sistem kasete
- Sistem cevovoda oko kasete za odvođenje procednih i prelivnih voda od deponije do rezervoara za za prihvatanje procednih voda

6.3 Plato za hlađenje šljake iz fleš peći i konvertora

U metalurškim procesima topljenja dolazi do izdvajanja tečne šljake u vidu rastopa koja se izliva iz fleš peći i iz konvertora. S obzirom da je sadržaj bakra u šljaci u tolikom procentu da je ekonomski isplativo ponovo ga vratiti u proces pristupa se njenoj preradi.

Zbog stvaranja povoljne strukture ohlađene šljake, što pogoduje stvaranju pukotina unutar mase i povećanje krstosti, te dalje olakšava njeno usitnjavanje i samim tim dalju preradu, usvojeno je vreme hlađenja šljake od 3,5 dana.

7. KVALITET VODE

Rezultati analiza se upoređuju sa graničnim vrednostima propisanim Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje i Uredbom o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje. Uzorci generalno mogu da se podele u sledeće grupe:

- Vode rečnih tokova
- Slivne vode odlagališta raskrivke i jalovine
- Vode sa jalovišta

- Otpadne vodede flotacije
- Otpadne vode iz jamskih galerija
- Vode pre i posle tretmana u Postrojenju za neutralizaciju slabe kiseline
- Hemijski pripremljene vode

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega izloženog može se doći do zaključka da je količina vode za potrebe proizvodnje u pogonima RTB-a, te količina vode koje se ispumpavaju sa površinskih kopova i iz podzemnih jamskih galerija izuzetno velika. zahvatio sirovu vodu u količini od oko 47.304.000 m³ (Tabela 1.).

Tabela 1. *Godišnji bilans vode RTB.a Bor za 2017.god.*

R. br.	Poreklo	Količina (m ³)	Protok (m ³ /h)
1	Akumulacija B. Jezero	4.432.865	506,03
2	Vodozahvat Kriveljska r.	3.841.391	438,51
3	Vodozahvat Beljevinska r.	1.212.727*	138,44
4	Vodozahvat Ravna r.	7.632	0,87
5	Ukupno tehničke vode	8.281.888	945,42
6	Jalovište RTH	113.355	12,94
7	Jalovište V. Krivelj	49.472.299	5647,52
8	Jama	2.493.800	284,68
9	Kop Cerovo	326.000	37,21
10	Kop Cerovo eko. Brana	72.146	8,24
11	Ukupno povratne vode	52.477.600	5990,59
12	Kop V. Krivelj	882.052	100,69
13	PS Pralište i Tilva Mika	1.820.000	207,76
14	Ukupno otpadne vode	2.702.052	308,45

U budućem periodu svakako treba očekivati razvoj rudarstva i metalurgije imajući u vidu otkrivena nalazišta sa bogatim sadržajem ruda bakra i zlata u blizini Bora. S tim u vezi treba obnoviti ranija istraživanja o potencijalnim novim izvorima tehničke vode kako bi akumulacija Borsko Jezero mogla da zadrži svoju sekundarnu namenu kao turistički potencijal ovog kraja.

Kao problem čitave epohe postojanja kompanije i rudarenja u ovom kraju javljaju se zagađene otpadne vode čiji je negativni uticaj na ekologiju delimično umanjen recirkulacijom tehnoloških i delom otpadnih voda. U manjoj meri sprovodi se neutralizacija otpadnih tokova od pranja gasova metalurških pogona. U budućem periodu, imajući u vidu koncentraciju bakra u gotovo svim vodama, treba razmatrati ekonomsku opravdanost i izvodljivost eksploatacije rastvorenog bakra hidrometalurškim postupcima. Međutim, uz hidrometalurgiju koja se odvija uz nizak nivo pH vrednosti neophodno je analizirati i način neutralizacije tih voda, shodno nametnutim strogim standardima u ekologiji.

9. LITERATURA

- [1] Studija opravdanosti izgradnje hidrotransporta rude i sistema vodosnabdevanja tehnološkom i tehničkom vodom za kapacitet prerade rude od 5,5 Mt/god. u rudniku bakra Cerovo; Konzorcijum Rudarsko-geološki fakultet Beograd, GRF Beograd i preduzeće „IWA Consult doo“, Beograd 2012
- [2] Glavni mašinski projekat PS sveže vode za potrebe rudnika bakra „Veliki Krivelj“; Rudarski institut Beograd, Beograd 1981
- [3] Nadvišenje flotacijskog jalovišta H – Glavni mašinski i hidrograđevinski projekat; Institut za bakar Bor, 1991
- [4] Tehnički rudarski projekat nadvišenja polja 1 flotacijskog jalovišta Veliki Krivelj do kote 390 mnv; Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor, 2016
- [5] Tehnološki projekat cementacije kod servisnog okna; Institut za bakar Bor

Kratka biografija:



Nikola Damnjanović rođen je u Boru, Republika Srbija, 1982. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka, odsek građevinarstvo, smer hidrotehnika, završio je 2013. godine.

Matija Stipić rođen je u Somboru 1964. god. Doktorirao je Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., ima zvanje docenta. Oblast interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.