

УТИЦАЈ ОБОРИНСКИХ ВОДА СА КАМЕНОЛОМА НА КВАЛИТЕТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

INFLUENCE OF QUARRY RAINWATER ON ENVIRONMENTAL QUALITY

ДАРКО ВУКСАНОВИЋ¹

ДРАГАН РАДОЊИЋ²

ЈЕЛЕНА ШЋЕПАНОВИЋ³

Стручни рад

DOI: 10.5937/VIK24385V

Резиме: На каменоломима се због своје површине експлоатације, стварају оборинске воде које је потребно рјешавати на законски уређен начин, да би се заштитила животна средина. Приликом испитивања сваког површинског копа, неопходно је детаљно утврдити да ли на локацији и у окружењу има површинских и подземних токова. Обично се локација каменолома, односно експлоатационо поље налази на кречњачком подручју, тако да површинске воде које се јављају услед падавина морају рјешавати на одговарајући начин, због самог технолошког процеса који се одвија на каменолому. Да би се могао урадити адекватан прорачун оборинских вода, врши се вишегодишње праћење падавина на датом простору и то:

- средња годишња сума падавина,
- годишње колебање падавина,
- највише падавине за мјесец у години праћења,
- максималне дневне падавине,
- максималне часовне падавине.

Циљ рада је да се покаже колико је важно вршити сакупљање оборинских вода са каменолома, да би се ријешио њихов даљи третман и испуштање у реципијент, из раз-

¹ Дарко Вуксановић, Универзитет Црне Горе, Металуршко-технолошки факултет, Џорџа Вашингтона бб, Подгорица, Црна Гора, darkov@ucg.ac.me, ORCID: 0000-0003-0868-4649

² Драган Радоњић, Универзитет Црне Горе, Металуршко-технолошки факултет, Џорџа Вашингтона бб, Подгорица, Црна Гора draganra@ucg.ac.me, ORCID: 0000-0002-2577-8244

³ Јелена Шћепановић, Универзитет Црне Горе, Металуршко-технолошки факултет, Џорџа Вашингтона бб, Подгорица, Црна Гора jelenarj@ucg.ac.me, ORCID: 0000-0001-5841-4335

разлога што ове воде могу бити значајно контаминиране, тако да би њихово испуштање без претходног третмана могле имати значајан негативан утицај на квалитет животне средине.

Кључне ријечи: каменолом, оборинске воде, животна средина

Abstract: The quarries, due to their area of exploitation, generate stormwater that needs to be dealt with in a legally regulated manner, in order to protect the environment. When examining each surface mine, it is necessary to determine in detail whether there are surface and underground streams at the location and in the surrounding area. Usually, the location of the quarry, that is, the exploitation field is located in a limestone area, so surface water that occurs due to precipitation must be dealt with in an appropriate manner, due to the very technological process that takes place at the quarry.

At quarries, due to their area of exploitation, rainwater is generated, which needs to be dealt with in a legally regulated manner, in order to protect the environment. When examining each surface mine, it is necessary to determine in detail whether there are surface and underground streams at the location and in the surrounding area. Usually, the location of the quarry, that is, the exploitation field is located in a limestone area, so surface water that occurs due to precipitation must be dealt with in an appropriate way, due to the very technological process that takes place at the quarry.

In order to be able to make an adequate calculation of precipitation water, multi-year monitoring of precipitation in a given area is carried out, namely:

- mean annual amount of precipitation,
- annual fluctuation of precipitation,
- the highest rainfall for the month in the monitoring year,
- maximum daily precipitation,
- maximum hourly precipitation.

The aim of the work is to show how important it is to collect rainwater from quarries, in order to resolve their further treatment and discharge into the recipient, for the reason that these waters can be significantly contaminated, so their discharge without prior treatment could have a significant negative impact. impact on the quality of the environment..

Key Words: quarry, rainwater, environment.

1. Увод

Експлоатација каменолома, производња камених агрегата (техничко-грађевинског камена) и осталих производа одражава се на животну средину. Технолошки процеси који прате овај вид производње могу да угрозе изворишта (у смислу смањења издашности и сл) или негативно утичу на подземне воде на локалитету каменолома, присуство прашине и издувних гасова као и низ других елемената који утичу на здравље људи и животну средину [1].

Оборинске воде које се стварају на локацији каменолома морају се третирати прије њиховог евентуално даљег испуштања у реципијент. Пречиш-

ћене оборинске воде могу бити испуштене у реципијент уколико квалитетом одговарају нормама датим у Правилнику о квалитету и санитарно-техничким условима за испуштање отпадних вода, начину и поступку испитивања квалитета отпадних вода и садржају извјештаја о утврђеном квалитету отпадних вода (Сл. лист ЦГ, бр. 56/19) [2].

2. Карактеристике локације каменолома „Потоци“

Лежиште техничко-грађевинског камена „Потоци“ у географском смислу припада централном региону. Налази се у подручју истоименог мјеста, на око 3 km сјеверно од Биоча и 12 km сјевероисточно од Подгорице. Лоциран је на десној обали ријеке Мораче и захвата падине брда Вељи ум (353 m.n.m) и дубоке јаруге зване Крстати поток. Према административној подјели простор на којем се лежиште налази припада Општини Подгорица. Лежиште захвата простор између 110 и 353 m.n.m. Висинска разлика између најниже и највише коте износи око 243 m. Површина експлоатационог поља предвиђеног за I фазу истраживања је око 10 ha, док површина цјелокупног истражно-експлоатационог простора износи 34,37 ha.

До локације пројекта се долази скретањем са магистралног пута М-2 Подгорица-Колашин код ресторана „Потоци“, на макадамски пут који у дужини од 1 km води до предметног лежишта.

Одводњавање површинског копа „Потоци“

Извршеним испитивањем на овом површинском копу констатовано је да нема подземних вода. На лежишту нема ни површинских вода. Површинске воде се могу појавити само од падавина, тако да се у периоду великих падавина на овом простору јавља Крстати поток. Како је лежиште изграђено од кречњака у којем има доста пукотина, прелина и кливажа дио површинских вода ће се инфилтрирати у тло.

Код већих падавина површинска вода се каналом из водосабирника, који се налази на најнижој коти, одводи у јаругу која је повремени поток, уз претходно таложење. Подаци о интензитету падавина су врло битни за добијање што реалније слике о количини падавина. Интензитет падавина за подручје површинског копа користи се при димензионисању водосабирника као и канала за одводњавање.

Вишегодишњим праћењем падавина забиљежени су сљедећи подаци:

- средња годишња сума падавина 1.653 mm,
- годишње колебање падавина креће се од 40 - 232 mm,
- највише падавина је у мјесецу новембру 232 mm,
- максималне дневне падавине су 226,8 mm
- максималне часовне падавине износе 50 mm,

Коефицијент отицаја представља однос отекле и пале воде. Његова вриједност се креће од 0 до 1. Коефицијент директног отицаја зависи од физичко-топографских карактеристика сливног подручја, усваја се коефицијент отицаја од 0,5. Сливна површина је величине 163.800 m², а добијена је преко вододјелница са ситуационог плана.

мјеродавна количина воде износи:

$$Q_v = P \times i \times a, m^3/s$$

гдје је:

P - сливна површина, km²

i - интензитет падавина, m³/s/km²

a - коефицијент отицаја

$$Q_v = 0,163 \times 5,55 \times 0,5$$

$$Q_v = 0,45 m^3/s$$

Водосабирник са димензијама приказан је на слици 1, изграђен на најнижој коти етаже, његове димензије се не одређују да мора да прими сву воду за осам часова пошто је то у ствари таложник. Канал за одводњавање изграђује се да одводи воду из водосабирника - таложника у јаругу. Канал за довођење воде у водосабирник није потребно изграђивати зато што ће вода гравитацијски због нагиба етажне равни ићи у водосабирник. Попречни пресјек канала приказан је на слици 2, а његова дужина је 23 m.

- прорачун и димензионисање канала за одводњавање

За нагиб страница канала од $\alpha=45^\circ$ и усвојену дубину канала $h=0,3$ m, добијају се сљедеће вриједности:

- ширина горње основе канала:

$$b = 2,82 \times h, m$$

$$b = 2,82 \times 0,3$$

$$b = 0,84 m$$

- ширина доње основе канала:

$$S = 0,82 \times h, m$$

$$S = 0,82 \times 0,3$$

$$S = 0,24 m$$

- површина попречног пресјека канала:

$$F = 1,82 \times h^2, m^2$$

$$F = 1,82 \times 0,3$$

$$F = 0,546, m^2$$

- оквашени обим канала:

$$U = 2 \times h \times \sqrt{2} + S, m$$

$$U = 2 \times 0,3 \times \sqrt{2} + 0,24$$

$$U = 1,08 m$$

- хидраулички радијус:

$$R = F/U, m$$

$$R = 0,546/1,08$$

$$R = 0,5 m$$

- коефицијент С се рачуна по формули Базина и зависи од коефицијента храпавости γ и за необложене зидове корита канала чврстих стијена износи 0,85.

$$C = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$$

$$C = \frac{87\sqrt{0,5}}{0,85 + \sqrt{0,5}}$$

$$C = 3,96$$

- брзина протицаја воде у каналу, рачуна се по обрасцу:

$$V = C \times \sqrt{R \times J}, m/s$$

$$V = 3,96 \times \sqrt{0,5 \times 26}$$

$$V = 14,27 m/s$$

гдје је:

J – уздужни пад канала који се добија из уздужног пресека канала по формули:

$$J = \Delta H \times 100/L, (\%)$$

гдје су:

ΔH – висинска разлика канала (6 m)

L – дужина канала (23 m)

$$J = 6 \times 100/23$$

$$J = 26\%$$

- пропусна моћ канала износи:

$$Q_k = F \times V, m^3/s$$

$$Q_k = 0,546 \times 14,27$$

$$Q_k = 7,79 m^3/s$$

- коефицијент сигурности се провјерава из следећег односа:

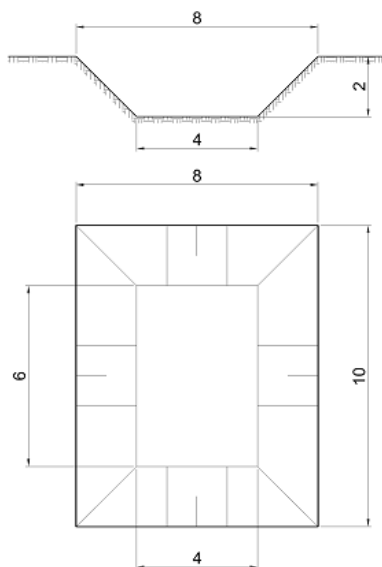
$$n = Q_k / Q_v$$

$$n = 7,79 / 0,45$$

$$n = 17,3$$

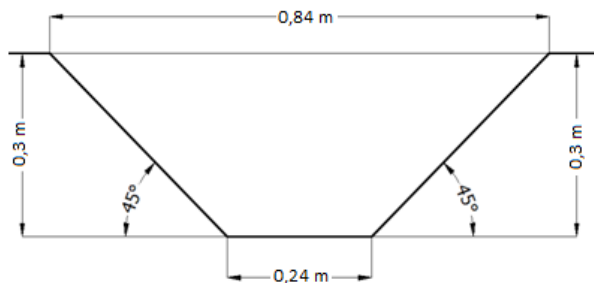
што задовољава услов, јер n треба да је минимални од 1,1-1,3.

На сликама 1 и 2 приказан је водосабирник са димензијама и попречни пресјек канала [3].



Слика 1. Водосабирник са димензијама

Figure 1. Water collector with dimensions



Слика 2. Попречни пресјек канала

Figure 2. Channel cross-section

Проблеми ванредне заштите копа од утицаја атмосферских вода које директно падну у отворену зону копа при могућим екстремним падавинама—хидрогеолошки максимум су скоро немогући из разлога што су коп и плато тако конструисани да вода гравитационо отиче из зоне копа, односно ван контуре копа ка најнижим тачкама.

Анализом хидрогеолошких карактеристика лежишта и окружења, пројектоване конструкције површинског копа и других утицајних фактора, као и искуствено-техничких показатеља дошло се до закључка да у овој фази израде техничке документације није неопходно пројектовање и извођење озбиљнијих објеката заштите копа од утицаја површинских и подземних вода. При екстремним падавинама и хидрогеолошком максимуму на овом простору неопходно је организовати оскултације режима вода.

Карактеристике локације каменолома „Биоча“

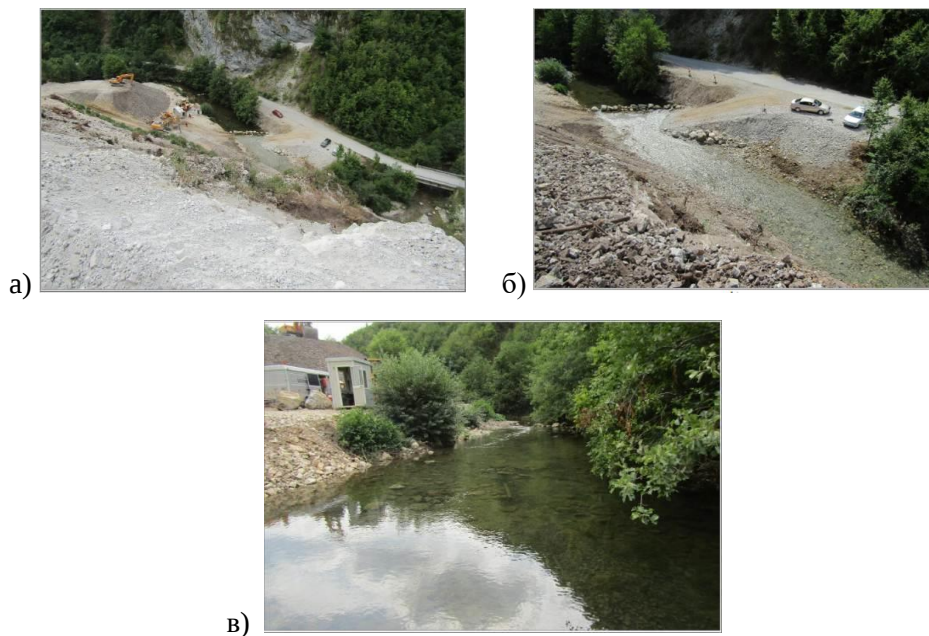
Лежиште техничко-грађевинског камена „Биоча“ припада подручју општине Бијело Поље. Налази се у клисури ријеке Љешнице, на око 1,6 km узводно од истоименог села Биоча, око 20 km југоисточно од Бијелог Поља и око 15 km сјеверозападно од Берана. Лоцирано је на десној обали ријеке Љешнице и захвата падине брда Мале рудине (1.048 m.n.m.) и дубоку безимену суву јаругу. Према административној подјели простор на којем се лежиште налази припада Општини Бијело Поље.

Висинска разлика између најниже (гранична тачка 30 - 654 m.n.m.) и највише коте (гранична тачка 2 - 876 m.n.m.) у оквиру истражно-експлоатационог простора износи око 222 m. Саобраћајне везе у ужем и ширем подручју истражно-експлоатационог простора су веома добре, када се ради о друмском саобраћају. До лежишта постоји локални асфалтни пут Биоча-Петњица, дужине око 1,6 km којим је предметно лежиште, као и подручје Петњице и Бихора повезано са магистралним путем М-2 Бијело Поље-Беране, у мјесту Биоча. Изглед лежишта техничко-грађевинског камена „Биоча“ приказан је на слици 3.



Слика 3. Изглед лежишта техничко-грађевинског камена „Биоча“
Figure 3. View of the deposit of technical and construction stone „Bioča“

На слици 4 приказан је положај локалног асфалтног пута Биоча-Петњица и ријеке Љешнице у односу на локацију експлоатационог поља техничко-грађевинског камена „Биоча“.



Слика 4. Положај локалног асфалтног пута Биоча-Петњица и ријеке Љешнице у односу на локацију експлоатационог поља техничко-грађевинског камена „Биоча“

Figure 4. Location of the local asphalt road Bioča-Petnjica and the river Lješnica in in relation to the location of the exploitation field of technical-building stone „Bioča“

Са слике 3 се види да између локалног асфалтног пута Биоча-Петњица протиче ријека Љешница, која се налази са јужне стране и у подножју експлоатационог поља. На слици 3ц приказано је корито ријеке Љешнице у самом подножју лежишта „Биоча“.

Одводњавање површинског копа „Биоча“

Истражно-експлоатациони простор лежишта „Биоча“ карактерише стрм терен са банковитим и слојевитим кречњацима, а површински коп припада брдско-висинском типу гдје надморска висина варира између 650-1.100. Истражни простор се дренажа преко ријеке Љешнице која се улива у ријеку Лим на око 1,5 km у правцу сјеверозапада, што изискује примјену мјера заштите воденог тока од гравитирајућих оборинских вода. Хидрогелолошке

прилике дефинисане су климом, литолошким саставом, геолошком грађом, начином залијегања и морфолошким карактеристикама. У истражно-експлоатационом простору нема сталних ријечних токова, док у непосредној близини истражно-експлоатационог простора, поред локалног пута Биоча-Петњица постоји један каптирани извор (чесма), сјеверозападно од лежишта.

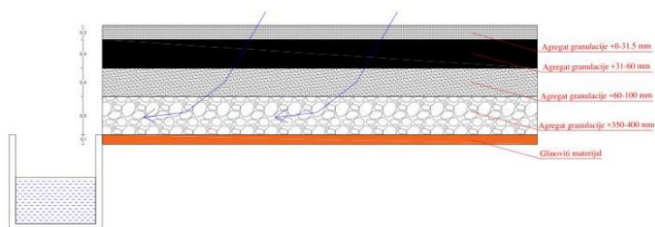
Сви утицајни елементи указују да су хидрогеолошке прилике на самом лежишту прилично једноставне као и да воде свеобухватно посматрано не могу значајно угрозити експлоатацију кречњака.

Шире подручје истражно-експлоатационог поља у хладнијем дијелу године обилује великом количином падавина, али такође неопходно је нагласити због крењачког карактера значајна количина воде понире, стварајући подземне токове и издани. Анализом евентуалног утицаја вода које гравитирају у истражно-експлоатациони простор, као падавине или подземне капиларне воде које се могу појавити на косинама, долази се до закључка да је због конфигурације терена која је стрма потребно извести превентивни заштитни канал који би представљао основни реципијент вода које се одливају слободним падом према ријеци Љешници. У оквиру копа не постоји опасност од појаве бујичног извора, али евидентно је да ће се у зимским периодима слободним падом воде сливати према најнижој етажној равни 665 mпв. Конкретна ситуација на површинском копу „Биоча“ указује да се на овом локалитету не мора градити сложени систем заштите површинског копа од вода, али да је неопходно због превентивног карактера извршити изоловање зоне истражно-експлоатационог простора од корита ријеке Љешнице. Пројектним рјешењем предвиђено је да се изврши уградња изолационог слоја читавом дужином пута који би спречавао понирање воде, а омогућавао контролисано дренажање у канал који би прикупљао воду. Приступни пут који води до најниже етажне равни налази се непосредно изнад корита ријеке и цијелокупне гравитирајуће воде доспијеваће слободним падом до њега. Превентивним дјеловањем мора се одговорно приступити како би се спријечило дјеловање неведених вода на ријечни ток који се граничи са површинским копом.

У раној, односно почетној фази постоје услови да се изврши изградња приступног пута чији попречни пад ће бити према ободном канулу, а упоредо са предметном активношћу извршиће се изолација пута. Изолација пута спријечиће понирање вода и директно одливање у оближни ријечни ток, а извршиће усмјерено одвођење вода у канал. Изоловање приступног пута може се извршити помоћу природних или вјештаких материјала. Уколико се намјерава приступити постављању природних изолатора потребно је извршити откоп 1,5 m постојећег пута, нивелисати подлогу и извршити наношење слоја

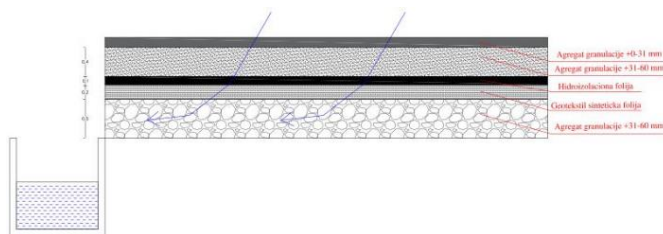
глине који ће се набијати, а на њега ће се пажљиво нанијети слој камена дебљине 0,5 m гранулације од 350 до 400 mm. Наведене активности потребно је изводити по сувом времену како би се постигли жељени ефекти. Постављање изолатора наставља се са насипањем слојева гранулације 60-100 mm у дебљини од 40 cm, гранулације 31,5-60 mm у дебљини од 40 cm и финални слој гранулације 0-31 mm у дебљини од 20 cm. Такође, постоји могућност да се уградњом вјештачких геотекстилних материјала изврши изолација постављањем фолија и геотекстилних филтрирајућих влакана који би прикупљали воду са пута у ободни канал.

На сликама 5, 6 и 7 приказана је природна и вјештачка изолација и ободни канал и таложник [3].



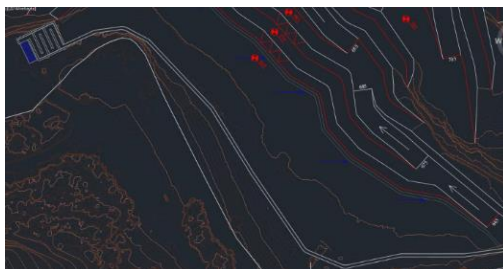
Слика 5. Природна изолација и канал за прикупљање воде

Figure 5. Natural insulation and water collection channel



Слика 6. Вјештачка изолација и канал за прикупљање воде

Figure 6. Artificial insulation and water collection channel



Слика 7. Ободни канал и таложник на ситуационој карти

Figure 7. Channel and settling tank on the situational map

3. Закључак

На основу свега наведеног може се закључити следеће:

- На основу приказаних података, јасно се може видјети да техничко-технолошка рјешења и прорачуни зависе од самог локалитета и његовог положаја. У конкретним случајевима, техничко-технолошка рјешења се значајно разликују, јер се локација каменолома „Потоци“ не налази у близини водотока, док то није случај са каменоломом „Биоча“.
- Техничко-технолошко рјешење за каменолом „Биоча“ је знатно захтјевније и сложеније. Наиме, примјеном наведеног система за каменолом „Биоча“ осигурало би се постепено таложњење наносног материјала из воде која гравитира из копа, а такође би се правилно постављеном конструкцијом изолатор гранулат омогућило додатно филтрирање. На самом ободном каналу поред бетонских баријерних прелива монтираће се и заштитне решетке које ће задржавати крупне предмете и отпад који би заједно с водом могли доспјети у спирални таложник, а затим и у сеператор. Изградња ободног канала спријечиће одливање вода са површинског копа директно у ријечно корито ријеке Љешнице, а омогућиће њено усмјеравање на гравитациони таложник, који ће се изградити на излазном дијелу система одводњавања. Предвиђено је да се на излазу, односно на завршном дијелу на најнижој зони пута, гдје се завршава ободни канал, направи у трупцу пута спирални таложник са пресипним рампама гдје ће се гравитацијом циједити крупне честице из наноса, а вода одводити директно у сеператор уља и масти, који се поставља на самом крају. Вода, из које се таложним процесом дјелимично одстране крупнозрне честице, након проласка кроз спирални таложник пролазиће кроз сепаратор за уља и нафтне деривате, који се монтира на излазу из спиралног таложника, а филтрацијом и гравитационим одвајањем постиже се висок степен продуктивности уређаја. Обавеза је да се врши константан мониторинг стања на терену, редовно обавља чишћење ободног канала и спиралног таложника, нарочито у току обилних падавина и наглог отапања снијежног прекривача. Препорука је да се у приправности на каменолому обезбиједи редовно присуство мини багера који би са малом корпом и помоћним прибором могао одржавати систем одводњавања. Обавеза одговорних лица која руководе производним процесом је да контролишу, одржавају и осигурају да се из сливне површине самог површинског копа не одливају опасне материје. Одговорним односом усклађеним са метеоролошким прогнозама, сталним каналисањем и усмјеравањем сливних праваца постићи ће се потпуно контролисан ефекат, а посебна пажња мора се усмјерити на спречавање изливања неорганских материја у водени ток ријеке Љешнице.

- Без обзира на усвојена техничко-технолошка рјешења, све оборинске воде се морају третирати на одговарајући начин, а да би даље могле бити испуштене у реципијент морају одговарати условима Правилника о квалитету и санитарно-техничким условима за испуштање отпадних вода, начину и поступку испитивања квалитета отпадних вода и садржају извјештаја о утврђеном квалитету отпадних вода (*Сл. лист ЦГ*, бр. 56/19), што омогућава адекватну заштиту животне средине.
- На основу датих техничко-технолошких рјешења потребно је вршити одговарајући мониторинг квалитета третираних отпадних вода, да би се утврдила поузданост усвојених рјешења.

4. Литература

- [1] Каламанда О, Утицај каменолома Гата код Бихаћа на квалитет ваздуха, часопис, *Пословне студије*, 2014, 11-12, стр. 157-170.
- [2] Правилник о квалитету и санитарно-техничким условима за испуштање отпадних вода, начину и поступку испитивања квалитета отпадних вода и садржају извјештаја о утврђеном квалитету отпадних вода *Сл. лист ЦГ*, бр. 56/19.
- [3] Главни рударски пројекат експлоатационог поља техничко-грађевинског камена „Биоча“, 2018.