

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Љиљана М. Црногорац

**УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ  
ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ  
НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

докторска дисертација

Београд, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF GEOGRAPHY

Ljiljana M. Crnogorac

**ENVIRONMENTAL IMPACTS OF USING ENERGY  
POTENTIALS OF EASTERN HERZEGOVINA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022.

## **Подаци о ментору и члановима комисије**

### **Ментор:**

др Дејан Филиповић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Географски факултет

### **Чланови комисије:**

Др Мирољуб Милинчић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Географски факултет

Др Горан Трбић, редовни професор  
Универзитет у Бањој Луци – Природно-математички факултет

Датум одбране: .....

# УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

## Резиме

Основни стуб економског и технолошког развоја сваке земље представља енергетика. Пораст броја становника и појачана индустријска производња условиле су повећану потрошњу енергије. Дobar дио производње електричне енергије долази из фосилних горива. Њиховим сагоријевањем ствара се огромна количина загађујућих материја у свим медијумима животне средине. Према томе, данашње кључно питање усмјерено је ка њеној заштити и очувању, а заснива се на развоју технологија коришћења обновљивих извора енергије. Без заштите животне средине није могуће остварити одрживи развој.

Привредни развој простора источне Херцеговине подржава богатство природних ресурса (обновљивих и необновљивих). За сада највећи економски значај има експлоатација лигнита у Гатачком угљеном басену и коришћење водних ресурса у Требињу. Услед експлоатације необновљивих извора енергије поменути простор је претрпио велике промјене. Ваздух и вода су добрим дијелом загађени а земљиште деградирано и девастирано.

Истраживањем су утврђени основни еколошки проблеми са којим се сусреће простор источне Херцеговине. Извршена је анализа свих медијума животне средине и предложен скуп мјера које је неопходно спровести у циљу заштите и унапређења. Такође, дат је приказ потенцијала обновљивих извора енергије као и могућност њиховог коришћења који би допринио еколошком и економском профиту.

**Кључне ријечи:** енергетски потенцијали, загађење, заштита животне средине, источна Херцеговина.

**Научна област:** Геонауке

**Ужа научна област:** Геопросторне основе животне средине

**УДК:**

# ENVIRONMENTAL IMPACTS OF USING ENERGY POTENTIALS OF EASTERN HERZEGOVINA

## Summary

Energy represents the basic pillar of economic and technological development in each country. Population growth and increase in industrial production have led to higher energy consumption. A significant quantity of electricity is generated from fossil fuels. The combustion of fossil fuels produces a huge amount of pollutants in each component of the natural environment. Therefore, today's key issue is focused on environmental protection and preservation and, it is based on the development of renewable energy technologies. Sustainable development is not feasible without environmental protection.

Economy development in the area of eastern Herzegovina is supported by rich natural resources (renewable and non-renewable). The exploitation of lignite in the coal basin in Gacko and the usage of water resources in Trebinje have the greatest economic importance so far. Due to the exploitation of non-renewable energy sources, the mentioned area has undergone major changes. The air and water are largely polluted and the soil is degraded and devastated.

The research has identified the basic environmental problems the area of eastern Herzegovina is faced with. Each component of the environmental media had been analyzed and a set of environmental protection and improvement measures was proposed. Furthermore, the potentials of renewable energy sources and possibility of their usage were presented in order to contribute to the environmental and economic profits.

**Keywords:** energy potentials, pollution, environmental protection, eastern Herzegovina.

**Scientific field:** Geosciences

**Scientific subfield:** Geospatial and Environmental Science

**UDC:**

# САДРЖАЈ

УВОД.....	9
Проблем и предмет истраживања.....	9
Циљ и задаци истраживања.....	9
Радна хипотеза.....	10
Научне методе истраживања.....	11
Научна оправданост дисертације.....	12
ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ.....	13
ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ.....	16
Геолошке карактеристике.....	16
Рељефне карактеристике.....	18
Крашки рељеф.....	19
Флувијални рељеф.....	23
Клима регије.....	23
Температура ваздуха.....	24
Релативна влажност ваздуха.....	25
Инсолација.....	27
Падавине.....	27
Ваздушни притисак и вјетрови.....	28
Хидролошке карактеристике регије.....	31
Педолошке и биогеографске карактеристике.....	33
ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ У СТРАТЕШКИМ ДОКУМЕНТИМА.....	34
ПРИРОДНИ ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ.....	37
Необновљиви извори енергије.....	39
Угаљ Гатачког угљеног басена.....	39
Историјат геолошких истраживања и валоризације угља.....	41
Експлоатација угља.....	41
Резерве угља.....	43
Обновљиви извори енергије.....	44
Хидроенергија.....	45
Хидроенергетски потенцијал вода Горњих хоризоната.....	46
Соларна енергија.....	48
Енергија вјетра.....	49
УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ.....	53
Утицај термоенергетских постројења на животну средину.....	53

Анализа и оцјена утицаја Рудника и термоелектране Гацко на животну средину .....	54
Утицај Рудника и термоелектране Гацко на ваздух .....	55
Мјерења и анализе резултата емисија у ваздух .....	57
Мјерења и анализе резултата имисија у ваздух .....	73
Утицај Рудника и термоелектране на воде .....	82
Хемијске анализе вода .....	86
Утицај Рудника и термоелектране Гацко на земљиште .....	100
Оцјена утицаја радиоактивности на животну средину у околини Рудника и термоелектране Гацко .....	107
Мјерење радиоактивност угља, шљаке, пепела и земљишта .....	108
Мјерење радиоактивности отпадног гвожђа .....	110
Мјерење радиоактивности воде .....	110
Анализа и оцјена утицаја буке и вибрација на животну средину .....	111
Мјерење и анализа нивоа буке у животној средини .....	111
Мјерење и анализа нивоа буке и концентрације прашине и штетних хемијских супстанци у радној средини .....	114
<b>МЈЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ШТЕТНИХ УТИЦАЈА РУДНИКА И ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ГАЦКО НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....</b>	<b>116</b>
Мјере за смањење утицаја на ваздух .....	116
Мјере за смањење утицаја на воде .....	117
Мјере за смањења утицаја на земљиште .....	118
<b>ОПИС ПРОЦЕСА РАДА И ИДЕНТИФИКАЦИЈА ЗАГАЂИВАЧА .....</b>	<b>119</b>
Депонија пепела „Дражљево” .....	121
Депонија пепела на површинском копу .....	122
Депонија јаловине .....	124
Чврсти отпад .....	125
Комунални отпад .....	126
Индустријски отпад .....	127
<b>ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ .....</b>	<b>129</b>
Утицај хидроенергетских потенцијала источне Херцеговине на животну средину .....	130
Основне карактеристике ХЕ на Требишњици .....	130
Утицај хидроелектрана на Требишњици на животну средину .....	133
Мониторинг и утицај на животну средину .....	134
Мјерење квалитета ваздуха .....	134
Мјерење нивоа буке .....	135
Отпад .....	137
Мониторинг вода .....	138

Утицај хидроенергетских постројења ријеке Требишњице на стање ихтиофауне у акумулацијама Билећа и Требиње.....	151
Утицај пражњења акумулација Требиње и Билећа на животну средину .....	153
Поштовање еколошки прихватљивог протока .....	155
<b>ГОРЊИ ХОРИЗОНТИ И УТИЦАЈ ИЗГРАДЊЕ ХЕ „ДАБАР” НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....</b>	<b>159</b>
Изградња система Горњих хоризоната и могући утицаји на медијуме животне средине .....	160
Утицај на квалитет ваздуха и воде .....	161
Утицај на земљиште .....	161
Утицај на флору и фауну .....	162
<b>МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ И УТИЦАЈ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ .....</b>	<b>163</b>
Мала хидроцентрала „До” на ријеци Брегави и утицај на животну средину .....	165
Утицај МХЕ „До” на животну средину током изградње и експлоатације.....	168
Утицај на квалитет ваздуха.....	168
Утицај на квалитет воде.....	169
Утицај на квалитет земљишта.....	170
Утицај на укупан ниво буке, интензитет вибрација и зрачења .....	171
Утицај на квалитет флоре и фауне .....	171
<b>СТРАТЕГИЈА КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ.....</b>	<b>173</b>
SWOT анализа енергетског потенцијала Рудника и термоелектране Гацко.....	176
SWOT анализа енергетског потенцијала Хидроелектрана на Требишњици .....	177
<b>АКЦИОНИ ПЛАН .....</b>	<b>180</b>
Управљање квалитетом ваздуха.....	180
Управљање квалитетом водених ресурса .....	183
Управљање квалитетом земљишних ресурса .....	185
Управљање отпадом .....	186
<b>ЗАКЉУЧАК .....</b>	<b>189</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>191</b>



## УВОД

### Проблем и предмет истраживања

Животна средина је данас предмет пажње широког круга субјеката и нигдје није тако неопходно предвиђање будућности као у сфери њене заштите и унапређења. Појам заштите животне средине дефинише се као скуп различитих поступака и мјера које се морају спроводити ради смањења њеног нарушавања, а све у циљу очувања биолошке равнотеже и еколошког капацитета. Савремени човјек се налази пред једним од највећих изазова у току свог постојања, па се с правом поставља питање шта предузети да се преброди криза изазвана вишевијековном експлоатацијом наше Планете, односно криза изазвана вишеструким загађењем природне средине? Морамо се суочити са чињеницом да располажемо ограниченим залихама необновљивих или споро обновљивих природних ресурса. При дефинисању природних ресурса, поред вриједности, корисности и доступности, узима се и појам ограничености који условљава потребу тражења њихове алтернативе.

Источна Херцеговина, као регија, условно је дефинисана на административним територијама седам општина (Невесиње, Требиње, Гацко, Билећа, Љубиње, Берковићи и Источни Мостар). Овако дефинисан простор посједује изузетне природне ресурсе који се могу искористити превасходно за производњу електричне енергије, али се са друге стране суочава са проблемом загађености животне средине током њихове експлоатације. До сада највеће искоришћене енергетске потенцијале источне Херцеговине представљају: Рудник угља и термоелектрана Гацко, Хидроелектране на Требишњици и мала хидроцентрала „До“ на Брегави.

У процесу производње електричне енергије, енергетски системи носе различит потенцијал негативног утицаја на животну средину. Све њих је неопходно идентификовати и проучити начине на који могу да утичу на загађење ваздуха, воде, земљишта и на крају открити и спроводити ефикасне методе за смањење или елиминацију ризика од потенцијалног загађења.

Будући да се ради о двије врсте природних ресурса, то јесте о обновљивим и необновљивим потребно је сагледати какав је утицај на животну средину приликом њихове експлоатације. Дакле, у раду је приказан енергетски потенцијал којим располаже источна Херцеговина, тренутно стање животне средине на поменутом подручју и предложене мјере заштите које је потребно спровести ради смањење штетних ефеката.

### Циљ и задаци истраживања

Објект дефинисања енергетских потенцијала и њихов утицај на животну средину односи се на издвојен географски простор источне Херцеговине у оквиру динарског простора. Задаци истраживања проистичу из низа комплексних односа између актуелне и будуће експлоатације енергетских, обновљивих и необновљивих извора и очување квалитета животне средине. У суштини, у којој мјери је у источној Херцеговини могућ успјешан економски развој и истовремено заштита хумане популације, али и присутне флоре и фауне?

Географски простор источне Херцеговине одликује, у доброј мјери, одређено богатство природних ресурса и потенцијала, који дефинишу њен економски и социјални развој: плодне аграрне површине крашких поља, брдско-планински простор погодан за развој сточарства, воћарства и ратарства, а највреднији природни ресурси су угаљ и воде.

Циљ и задатак рада је јасно геопросторно<sup>1</sup> разликовање коришћења енергетских потенцијала и перспектива развоја источне Херцеговине, првенствено у функцији заштите животне средине. Из тог разлога неопходно је евентуалне промјене континуирано пратити, јер је данас евидентна чињеница да је одрживи развој реалност само у геопростору који је успјешно сачуван од загађења.

Тежиште основних циљева рада, из којих произлазе адекватни задаци су:

- ❖ дефинисање и анализа теоријског концепта, коришћењем адекватне методологије истраживања,
- ❖ валоризација геопростора источне Херцеговине са аспекта квалитета животне средине, односно дефинисање адекватних еколошких стандарда/циљева одрживог развоја источне Херцеговине,
- ❖ приједлог мјера санације, до сада, деградираних површина у источној Херцеговини.

У оквиру дисертације идентификован је обим и садржај учешћа појединих енергетских потенцијала у угрожавању животне средине, с једне, као и начин провођења заштите, с друге стране.

## Радна хипотеза

Полазна хипотеза се заснива на чињеници да коришћење енергетских потенцијала има утицај на стање животне средине на одређеном географском простору. Тај утицај првенствено зависи од технологије<sup>2</sup>, обима и времена коришћења одређених енергетских потенцијала. Досадашња искуства и резултати одређених истраживања указују да су ти утицаји на животну средину у источној Херцеговини евидентни код сљедећих медијума:

- ❖ атмосфера,
- ❖ хидросфера,
- ❖ педосфера и
- ❖ биосфера.

На простору источне Херцеговине може се, на основу све већег обима техничко – технолошке доминације, закључити да постоје процеси који, у већој или мањој мјери, врше деструкцију одређених параметара животне средине. Стога је могуће претпоставити да су основни аспекти садашњег проблема „хумана популација и природа“ у регији сљедећи:

1. техничко – економски, повезан са исцрпљивањем природних ресурса у источној Херцеговини, првенствено угља;

---

<sup>1</sup> „Географски простор – геопростор представља скуп географских предмета, појава и процеса у границама географског омотача који су дефинисани међусобним односима, квалитативне природе и квантитативних показатеља“ (Љешевић, 2010).

<sup>2</sup> Технологија – 1. примјена знања у развоју машина како би се побољшали услови рада и повећао радни учинак; 2. методи и поступци при преради сировина у производњи; 3. средства и уређаји којима се реализују одређене методе и поступци у процесу прераде и производње; 4. низ процеса у производном ланцу (Crnogorac, Spahić, 2012).

2. еколошки – укључен и неодвојив од актуелних процеса и појава загађивања и поремећаја природне равнотеже у систему човјек – окружење/животна средина;
3. друштвено – политички – подразумијева да рјешавање одређених проблема негативних утицаја на животну средину треба рјешавати не само на нивоу локалне заједнице, него и на вишим нивоима власти.

## Научне методе истраживања

Сваки научно-истраживачки рад се заснива на коришћењу адекватних научних метода и техника рада које су у сагласности са предметом, циљевима, задацима и хипотезом истраживања. Специфичност теме изискује коришћење општих и специфичних метода истраживања, али да би се методолошки поставила проблематика утицаја енергетских постројења на животну средину потребно је користити домаћа и инострана искуства. У циљу пружања јасног и експлицитног одговора на питање да ли су и у којој мјери потврђене хипотезе од којих се пошло у научном истраживању, да ли је постигнут циљ и задатак дисертације потребно је коришћење читавог низа метода, а међу најзначајнијим су:

- ❖ метод анализе
- ❖ метод синтезе
- ❖ метод индукције
- ❖ метод дедукције
- ❖ метод компарације
- ❖ картографски метод
- ❖ SWOT анализа

Метод анализе је истраживачки поступак при коме сложену цјелину раздвајамо на садржајне елементе - изучавамо њихова својства и међусобне односе. Дакле, метод анализе представља основу и почетак научног истраживања и на њега се ослањају остали методи. Метода теоријске анализе је превасходно коришћена у стварању теоријске основе истраживања са циљем да се теоријски расвијетли проблем истраживања. То подразумијева анализу студија, монографија, научних радова и стручних чланака који су у непосредној или посредној вези са питањем које је предмет овог истраживања. Метод синтезе, супротан је методу анализе, омогућава да се обиљежја мањих цјелина удружују у доношењу суда веће цјелине. Синтеза је такође један од основних метода приликом изучавања стања животне средине. Под синтезом се подразумијева спајање свих елемената са њиховим својствима у јединствену цјелину, при чему се елементарне карактеристике уопштавају у циљу налажења заједничких својстава и могућих рјешења сагласних са заштитом животне средине.

Метод индукције је мисаони поступак у којем се полази од појединачних и посебних чињеница, па се утврђује неки општи суд. Индуктивно закључивање се изводи на основу посматрања, мјерења појава, чињеница, случајева и слично. Индуктивни метод је заснован на идентификацији, разумијевању и конструктивном коришћењу информација и података о непосредном и актуелном стању простора. Примјена овог метода омогућила је сагледавање бројних процеса, међузависности и промјена које се перманентно дешавају у простору. Код метода дедукције закључивање се прецизно производи од општег ка посебном, односно на појединачни случај. Дедукција није могућа без претходне индукције.

Метод компарације подразумијева поређење добијених резултата са другим или сличним показатељима. Употребом овог метода извршено је поређење одређених параметара са Правилницима о граничним вриједностима.

Картографски метод, метод који има велики значај у географским истраживањима коришћен је за приказивање простора у коме су најугроженије зоне животне средине у источној Херцеговини.

SWOT анализа, универзални комплексни методолошки поступак који се састоји од четири атрибута (снага, слабост, прилика и пријетња), и њих је могуће утврдити у односу на сваки систем и његове дијелове. Овај метод је био од посебног значаја приликом сагледавања снага, слабости, прилика и пријетњи енергетских постројења источне Херцеговине.

## **Научна оправданост дисертације**

Из јасно дефинисаног проблемског и просторног оквира истраживања, главни допринос науци огледа се у дефинисању и идентификовању главних загађивача животне средине и приказивању могућности како смањити штетне ефекте настале приликом валоризације природних ресурса источне Херцеговине. Конкретно, допринос се огледа у тежњи да се санирају и превазиђу актуелни проблеми на пољу заштите животне средине.

Из свега наведеног, научни допринос дисертације може се таксативно навести:

- ❖ Утврђивање тренутног стања животне средине;
- ❖ Дефинисање и идентификовање проблема животне средине који су се појавили током валоризације природних ресурса и рада енергетских постројења;
- ❖ Теоријско-методолошки допринос рјешавању проблема еколошки прихватљивог функционисања рудника и термоелектране и хидроцентрала на подручју источне Херцеговине;
- ❖ Мјере заштите и унапређења животне средине;
- ❖ Сагледавање снага (погодности), слабости, прилика и пријетњи постојећих енергетских постројења у источној Херцеговини.

## ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Источна Херцеговина је у овом истраживању условно дефинисана као простор који обухвата југоисточни дио Републике Српске, тачније укључује простор сљедећих општина: Невесиње, Требиње, Гацко, Билећа, Љубиње, Берковићи и Источни Мостар. „Она захвата средишњи дио некадашње јединствене историјско-географске области, познате као Стара Херцеговина. Под овим појмом данас се врло често подразумијева релативно диференцирана мезорегионална цјелина коју чине општинска подручја: Фоче, Рудог, Вишеграда и Горажда, што је сасвим погрешно. Ово подручје представља мањи дио Старе Херцеговине у њеним историјским границама” (Гњато, 2004).

Може се рећи, да источна Херцеговина обухвата простор Требињске мезорегије, са Требињем као водећим административним, привредним, образовним и културним центром. На истоку границу регије чини дио државне границе са Црном Гором, са југа и запада је граница са Федерацијом Босне и Херцеговине. Што се тиче сјеверне границе источне Херцеговине постоје бројне контроверзе, тако да се са сигурношћу ништа не може рећи, једино се може усвојити или прилагодити неко од присутних мишљења.



Карта 1. Границе условно дефинисаног простора источне Херцеговине  
Извор: ArcGIS Explorer<sup>3</sup> (National Geographic map, дорађено)

<sup>3</sup> Производ америчке компаније ESRI (Environmental Systems Research Institute), једне од водећих у свијету за производњу GIS софтвера.

Марковић (1967), наводи „да природна граница између Херцеговине и Босне иде развођима на Чврсници, Великој Влајни, Радуши, Враници, односно Зеџ планини, Битовњи, Иван планини, Трескавици, Лелији, Зеленгори и Волујаку. У ствари то је источна, сјеверна и западна граница слива горње и средње Неретве“. Када се говори о сјеверној граници источне Херцеговине потребно је сагледати све природне и друштвене карактеристике. Према томе може се говорити о граници с обзиром на геологију, рељеф, климу, хидрографију, биогеографију, историју, религију. У погледу геолошке грађе и рељефа то су сјеверни дијелови општина Гацко и Невесиње, јер су седименти на овом подручју нешто млађи за разлику од седимената Фочанске регије. С обзиром на хидрографију то је Чемерно као вододјелница Црноморског и Јадранског слива. Узевши у обзир биогеографске карактеристике терена то је такође сјеверни дио општине Гацко и Невесиње из разлога што је ово подручје голог крша док је сјеверније простор покривеног крша, на коме се релативно добро развила шумска вегетација. У културолошком смислу сјеверну границу источне Херцеговине чини подручје Калиновика.



Карта 2. Географски положај и границе општина источне Херцеговине  
Извор: <http://sr.wikipedia.org/> (дорађено)

Користећи програм ArcGIS Explorer уцртане су границе дефинисаног источне Херцеговине и на основу тога су одређене географске координате тј. најсјевернија, најјужнија, најзападнија и најисточнија тачка дефинисаног простора. Најсјевернија тачка је 18° 01' 58" Е и 43° 29' 55" N, најзападнија 17° 54' 30" Е и 43° 10' 57" N, најисточнија 18° 42' 32" Е и 43° 13' 44" N, најјужнија 18° 26' 19" Е и 42° 34' 00" N.

Источна Херцеговина захвата простор од 3823 km<sup>2</sup>, што износи око 15,5% површине Републике Српске. У оквиру овог простора остварују се бројне функције, не само за потребе становништва источне Херцеговине, већ у доброј мјери и осталог геопростора Републике Српске. Источна Херцеговина припада јадранској макро-морфолошкој цјелини а једним дијелом и планинско-котлинској. То је простор спољашњих Динарида, зона дубоког крша коју карактерише заступљеност свих површинских и подземних крашких облика рељефа. У географском погледу на овом простору Херцеговине издвајају се двије посебне цјелине, које се физиономски и функционално знатно разликују. Висока или планинска Херцеговина на сјеверу и ниска Херцеговина на југу. „Под ниском Херцеговином подразумијева се простор до 500 m н.в.” (Гњато, 1991).

Према Гњату (1991), подјела источне Херцеговине извршена је на принципу хомогености физичко-географских фактора. Сходно томе, издвојене су три мезо-цјелине:

- ❖ Хумине (простор до 400 m н.в.),
- ❖ Рудине (400-600 m н.в.) и
- ❖ планински дио (>600 m н.в.)

На основу претходно изнијетих чињеница географски положај источне Херцеговине релативно повољан. Озбиљан проблем је представљала лоша саобраћајна повезаност са осталим дијелом Републике Српске, али након завршетка тунела на планинском превоју Чемерно, ово ограничење је добрим дијелом умањено и на тај начин је овај простор постао приступачнији.

## ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСKE КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Приликом сваког географског истраживања посебна пажња се поклања физичко-географским одликама истраживаног подручја. То је незаобилазно поглавље у било ком географском опису неког простора. Физичко-географски услови су најчешће пресудни за настанак и развој одређеног подручја. Они су ти који одређују локацију, обезбјеђују могућност даљег развоја и одржавања. У физичко-географске карактеристике се убрајају: геологија, рељеф, клима, хидрографија, педологија, биљни и животињски свијет.

### Геолошке карактеристике

Простор источне Херцеговине налази се у зони Спољашњих Динарида. Одликује се сложеном геолошком и тектонском грађом. Изграђен је од тријаских, јурских, палеогених и неогених творевина. Најстарији седименти су тријаске старости, па су издвојени доњи, средњи и горњи тријас. Представљени су кречњацима, доломитима, рожнацима, кластитима и туфогеним глинама са лијепо израженом слојевитошћу (Мојићевић, Лаушевић, 1965). Распрострањени су на подручју Градине, Риља, у узаној зони од Сливаља према Моринама, сјевероисточним дијеловима општине Гацко у предјелу Зеленгоре, Вучева, Волујака и у околини Автовца.

Тријаски седименти се налазе на малом простору у околини Ластве и Гранчарева, гдје је заступљен само горњи тријас. Издвојени су карнијски и норичко-ретски кат. Представљени су банковитим, а врло ријетко слојевитим доломитима (Natević, 1970).

Седименти јуре заузимају велико пространство. Јављају се у виду зона различитих пространстава, које су израздвајане седиментима других периода, усљед интензивних тектонских покрета. Највише су распрострањени у подручју ријеке Заломке, од Кифиног села преко Риља до Лукавице, у подручју планинских масива Бјеласнице и Бабе. Издвојени су и на потезу Кокорински поток – Сливља – Морине (Мојићевић, Лаушевић, 1965).

Јурски седименти се налазе на Волујаку, у околини Гацка и Степена, гдје су заједно издвојени седименти доње и средње јуре. Заступљени су карбонатним и мање кластичним седиментима то јесте жућкастим кречњацима, сивим доломитима и доломитским кречњацима (Мирковић, 1980).

Седименти горње јуре издвојени су у антиклинали Ластва на потезу од Дубочана преко Будоши, била Видуше па до Кртиње. У поменутој антиклинали издвојени су сиви и сивосмеђи услојени кречњаци који највише постепено прелазе у бијеле масивне кречњаке. Садржај калцијум карбоната ( $\text{CaCO}_3$ ) у њима достиже до 98% (Natević, 1970).

Творевине креде чине највећи дио терена источне Херцеговине. Током горње креде таложили су се седименти у кречњачко – доломитској фазији, под релативно истим условима седиментације који су владали на ширем подручју спољашњих Динарида. На основу палеонтолошких материјала и суперпозиције слојева кречњачко – доломитског развоја, доказани су скоро сви катови горње креде. „Њихово распрострањење налази се у подручју планине Живањ и Лебршник, источно од Меке Груде, на падинама Хргуда и Комаљег брда у долини ријеке Брегаве, у предјелу Дражин До – Љубово, на странама Леотара и Облог брда, антиклинали Ластва, од Требишњице



на истоку до Радимље и Буковог дола на западу. Представљен је доломитима са повременим прослојцима кречњака. Доломит је ситнозрн, сив или жућкаст са повећаним процентом калцијум карбоната“ (Natević, 1970).

Палеоген је заступљен у седиментима различитог петрографског састава. На простору спољашњих и унутрашњих Динарида палеогене творевине обухватају знатна пространства. Представљени су кречњацима, кластичним флишним наслагама – лапорцима, конгломератима и пјешчарима (Josipović i dr., 1980). Либурнијски слојеви изграђују терен Казанаца, Дулића, Кључа, Степена, Пустог поља, Куле, подручје јужно од Дабарског поља, узане партије су издвојене у рејону Трусине, Сњезнице и јужно од Лукавачког поља. Слојеви су грађени од лапоровитих и пјесковитих кречњака. Алвеолинско – нумулитски кречњаци леже конкордантно преко либурнијских слојева. Представљени су банковитим и услојеним масивним кречњацима. Налазе се на простору Трусине, сјеверозападном ободу Дабарског поља и сјеверозападно од Љубиња. Еоцени флиш заступљен је пјешчарима, лапоровитим и пјесковитим кречњацима, глинцима, конгломератима и кречњацима. Дебљина слојева варира од неколико милиметара до преко 1 метар. У Лукавачком пољу у нижим дијеловима, ове серије су често секвенце различитих пјешчара, лапоровитих кречњака, лапораца и глинаца. Еоцене творевине налазе се у Слатом пољу, Љесковом Дубу, на ширем подручју Градине, јужном дијелу Братача. Горњи еоцен је утврђен на простору Фатнице. Конгломерати палеогена заузимају велико пространство на простору од Малог Вележа преко Невесиња, Удрешња, Слатог и Лукавачког поља. Изграђују велику површину од Дабрице до Трусине и сјевероисточни обод Гатачког поља (Мирковић, 1974).

Неогене творевине су развијене у Невесињском и Гатачком пољу. Представљене су језерским седиментима. У Гатачком пољу заузимају велико пространство и садрже неколико слојева угља од којих се један експлоатише. Леже преко седимената горњег тријаса, јуре, доње и средње креде и палеогеног флиша. Захватају простор од око 40 km<sup>2</sup> на подручју Гацка. На површини су покривени алувијалним наносом. Што се тиче старости серије седимената неогена Гатачког поља постоје различита мишљења. На основу различитих тумачења сматра се да је најбоље старост серије седимената са угљем третирати као неоген (Мирковић, 1974).

Квартарне творевине захватају знатан простор источне Херцеговине, тј. сва три њена дијела, планински, Рудине и Хумине, што је у вези са рецентним геолошким, геоморфолошким и хидролошким процесима ове регије. Има их у предјелу Биоча, Маглића, Волујака, на падинама Вележа, у подручју Витковине и Пољана. Заступљени су моренским материјалом, терасним-флувиоглацијалним седиментима, флувијалним седиментима, алувијалним и делувилалним наносом. Од свих творевина квартара највеће пространство и највећу дебљину имају морене (Мирковић, 1974).

Алувијални наноси се јављају у долини Заломке, а покривају широки простор Невесињског, Дабарског и Фатничког поља. Представљен је углавном пијеском и шљунком који су највећим дијелом изграђени од кречњачких и пјешчарских материјала. Њихова дебљина достиже чак и 10 m (Мојићевић, Лаушевић, 1965).

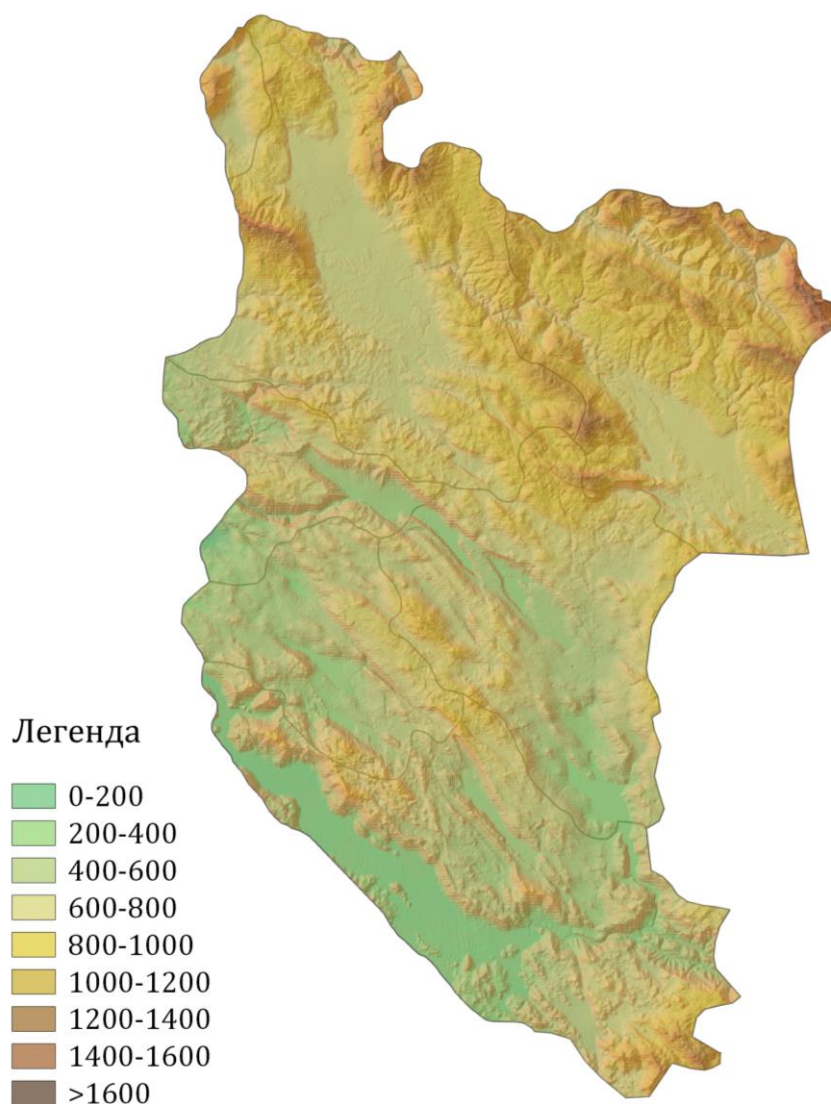
Делувијум се јавља на падинама виших планина. Велике насlage делувијалног наноса заступљене су на сјеверним падинама Лебршника, југозападним и сјевероисточним падинама Волујака, источним и западним падинама Маглића, као и на сјеверозападним падинама Љубомирског поља. Изграђен је од кречњачких комада различитог облика и величине. У истим овим локалностима развијени су сипари (Мирковић, 1974).

Пролувијални седименти су донијети бујицама и њиховом акумулацијом по дну поља. Пролувијални седименти захватају широка пространства у Гатачком, Невесињском, Дабарском, Фатничком, Поповом, Љубомирском и Љубињском пољу (Мојићевић, Лаушевић, 1965).

У Невесињском пољу утврђено је присуство наслага лимногласијалних седимената и то на простору села: Батковићи, Кифино Село и Постољани. Заступљеност лимногласијалних седимената у овим дијеловима источне Херцеговине је прави свједок о присуству гласијације на високим планинама која се десила током плеистоцена и свакако говори о постгласијацијалним процесима тих простора (Гњато, 1991).

### Рељефне карактеристике

Рељеф је основна компонента природне средине и представља скуп облика који се појављује на Земљиној површини (Petrović, Manojlović, 2003). То је „један од основних елемената природно-географског комплекса, који својом структуром, прије свега морфологијом, али и осталим карактеристикама (петрографском грађом, рашчлањеношћу, висином, експозицијом) врши знатан утицај на укупност квалитета природно-географске средине” (Гњато, 2004).



Карта 3. Рељефна карта источне Херцеговине  
Извор: QGIS Desktop 2.18, (дорађено)

Истакнуто је да се источна Херцеговина налази у простору спољашњих Динарида и да припада типичном холокарсту<sup>4</sup>. Холокарст источне Херцеговине дефинише општи изглед рељефа овог подручја, као и одређене проблеме који су резултат његове морфоструктуре, првенствено крупних облика у чијем су настајању значај имали ендегени процеси. На овом простору су развијени сви како површински (шкрапе, вртаче, увале, крашка поља) тако и подземни (пећине, јаме, понори) облици крашког рељефа. Крашка поља су највећи морфолошки, а по својој хидролошкој функцији и најбитнији облик површинског рељефа овог простора.

Када се посматра карта БиХ може се јасно уочити да на простору источне Херцеговине доминира планински рељеф, док је равничарски заступљен у подручју Хумина. Велики значај имају средње и високе планине, тако да се на простору ниске Херцеговине издвајају: Леотар (1229 m) и Ситница (1419 m). Улога ових планина се огледа у функцији модификатора маритимних утицаја. Идући од југа ка сјеверу висина планина се повећава тако се на простору високе Херцеговине истичу планине: Баба (1737 m), Црвањ (1921 m), Лебршник (1985 m), Волујак (2336 m) и Зеленгора (2014 m). У грађи планина учествују стијене мезозојске старости и палеогени флиш. За разлику од планина ниске Херцеговине за које је карактеристична деградирана вегетација, на планинама високе Херцеговине развијена је четинарска и бјелогорична вегетација. Поменуто планине су модификатор климе, јер се током зимских мјесеци са високих планина спушта знатно хладнији ваздух који потискује топле маритимне масе. Средње и високе планине су главно сливно подручје ријека понорница.

## Крашки рељеф

Примарна одлика крашких терена, по чему се они видљиво разликују од осталих простора је њихова специфична морфологија. „Она је првенствено резултат процеса карстификације који се манифестује кроз хемијско дјеловање воде на растворљиву карбонатну подлогу. Кречњачки терени су различито обликовани од оних који су изграђени од доломита” (Пецељ, 2001).



Слике 1 и 2. Шкрапе на Бјеласници (фото: Јовановић М., 2016)

<sup>4</sup> Холокарст/холокарст (грч. holos – сав и карст) – потпуни карст/карст/крш, предии у коме су крашки облици у потпуности изражени (Мастило, 2013). Највише је развијен у Динарској области и пружа се од Триглава до Проклетија, на дужини 700 km (Petrović, Manojlović, 2003).

На подручју источне Херцеговине заступљени су облици површинског (шкрапе, вртаче, увале, крашка поља) и подземног (пећине, јаме, понори) крашког рељефа.

Шкрапе представљају најзаступљеније облике површинског крашког рељефа. „То су уски, махом паралелни жљебови и бразде на голим кречњачким површинама, међусобно одвојени оштрим или заобљеним стјеновитим гребенима – бридинама” (Petrović, Manojlović, 2003). Шкрапе захватају простране кречњачке површине и тад се називају шкрапари. Најкршевителији шкрапар назива се љут, тако да се на овом простору издваја Гатачка љут. Типичан примјер шкрапа налазимо на Бјеласници, а најзаступљеније су ребрасте. Јављају се на стрмим кречњачким површинама у виду система паралелних жљебова нагнутих у правцу највећег пада.

Вртаче су затворене депресије, „љевкаста удубљења у кречњацима широка од неколико па до 200-300, па и више метара” (Petrović, Manojlović, 2003). Спадају међу најзначајније површинске морфолошке облике у карсту. Веома су честе у карсту источне Херцеговине. Поједине вртаче повремено плаве али се вода не задржава дуже у њима. Најчешће се формирају на мјестима пресијецања два или више расједа. То су мјеста која су најподложнија карстификацији. „Често су вртаче повезане разломима тако да маркирају трасе значајних разломних праваца. Тако је тектонска зона од Плана према врелима Требишњице маркирана низом вртача од којих су поједине дубоке и преко 100 m” (Milanović, 2006). Дна вртача представљају ријетке обрадиве површине, тако да су на њиховим ободима формирана мања насеља. Међу такве вртаче спадају Рапти на јужном ободу Попова поља.

Увале представљају затворена удубљења у крашком рељефу чије је „дно избушено вртачама или покривено дебелим покривачем од резидијалне глине<sup>5</sup> и растреситог наноса” (Petrović, Manojlović, 2003). Најчешће су суве. Међутим, код увала са равним дном, изграђеним од наноса, могу се јавити стални или периодични површински водени токови. Они извиру на једној, а пониру на другој страни увале<sup>6</sup>. Таква је увала Плана сјеверно од Билеће, она је повремено плављена у кишном периоду.

Крашка поља су највећи и најважнији облици површинског крашког рељефа. У стручној географској литератури је уобичајена подјела крашких поља у три групе: ниска до 400 m н.в, средња од 400-600 m н.в. и висока изнад 600 m н.в, тако да је могуће урадити хипсометријску подјелу поља источне Херцеговине (Гњато, 1991). У ниска поља се убрајају Попово поље и Требињско, у средње висока Дабарско, Фатничко, Планско, Љубомирско, Билећко и Љубињско, а у висока Невесињско и Гатачко и низ релативно мањих поља (Церничко, Трусинско, Слато и Лукавачко). Укупна површина свих поља у кршу источне Херцеговине износи око 545 km<sup>2</sup> или око 12% површине регије.

Гатачко поље је типично крашко периодично плављено поље које лежи на надморској висини од 950 метара. Обухвата површину од 57 km<sup>2</sup>. Поље се дијели на горње и доње. „Доње поље, у ствари представља Гатачко поље у ужем значењу назива, док је горње поље његов југоисточни продужетак, апсолутне висине од 950 до 1000 m. У основи горње поље представља већу крашку увалу избушену бројним вртачама. Нижи дијелови горњег поља познати су под називом Пусто поље, што одговара његовим функцијама, које се огледају у slabим пашњацима. Сматра се да је по свом постанку горње поље млађе од доњег, из разлога што у њему нема слатководних седимената” (Гњато, 1991).

Доње поље је подијељено на велико и мало. Овдје је потребно истаћи значај великог поља јер се у њему налазе угљоносне формације. Мало поље се разликује од

<sup>5</sup> Седиментне глине. Оне настају и остају на мјесту распадања примарних стијена.

<sup>6</sup> У морфолошкој еволуцији полигенетске увале прво пролазе кроз флувијалну а затим кроз крашку фазу.

великог по изгледу, величини и грађи. У њему нема слатководних неогених седимената. На његовој површини су алувијални наноси, испод којих се налазе слојеви кречњака са творевинама еоценог флиша.

Гатачко поље је, прије изградње рудника и термоелектране (РиТЕ), по многим изворима било једно од најљепших крашких поља у Европи, али општи став данас је да је екологију „побиједила“ економија. Данашњи изглед Гатачког поља, деградиран рудничким површинским коповима, који се и даље шире, нарушио је у највећој мјери све позитивне компоненте природног и културног пејзажа<sup>7</sup>.



Слика 3. Гатачко поље (фото: Црногорац Љ., 2018)

Невесињско поље, површине 180 km, представља највеће поље у источној Херцеговини. Припада периодично плављеним и лежи на надморској висини између 840 и 1100 m. Са Лукавачким и Трусинским представља јединствену цјелину.

Према Петровићу (1973), Невесињско поље представља завршну котлину композитне долине Заломске ријеке. Од долине Брегаве и Дабарског поља на југу, оно је одвојено ниским превојима испод којих су стрми и високи одсјеци. Са запада Невесињско поље ограђује планина Вележ, са југозапада су огранци Сњијежнице и Трусине, са југа Глог и Сугребуша и са истока Градина, Мала Руда, Орловица и Црвањ.

Рељеф поља је валовит. Ниски гребен између Невесиња и Кифина Села дијели га на сјеверни и јужни дио. Кроз јужни дио поља протиче ријека Заломка, при чијим већим протицајима од 20-40 m<sup>3</sup>/s долази до плављења овог дијела поља. Овдје се са подизањем бране предвиђа стварање акумулације за ХЕ Дабар<sup>8</sup>.

Дабарско поље је једно у низу поља у кршу источне Херцеговине са површином од 30 km<sup>2</sup>. Налази се у висинској зони од 470-560 m, а терен се спушта равномјерно према

<sup>7</sup> Утицај Рудника и термоелектране на деградацију Гатачког поља детаљније је дефинисан у другом дијелу дисертације.

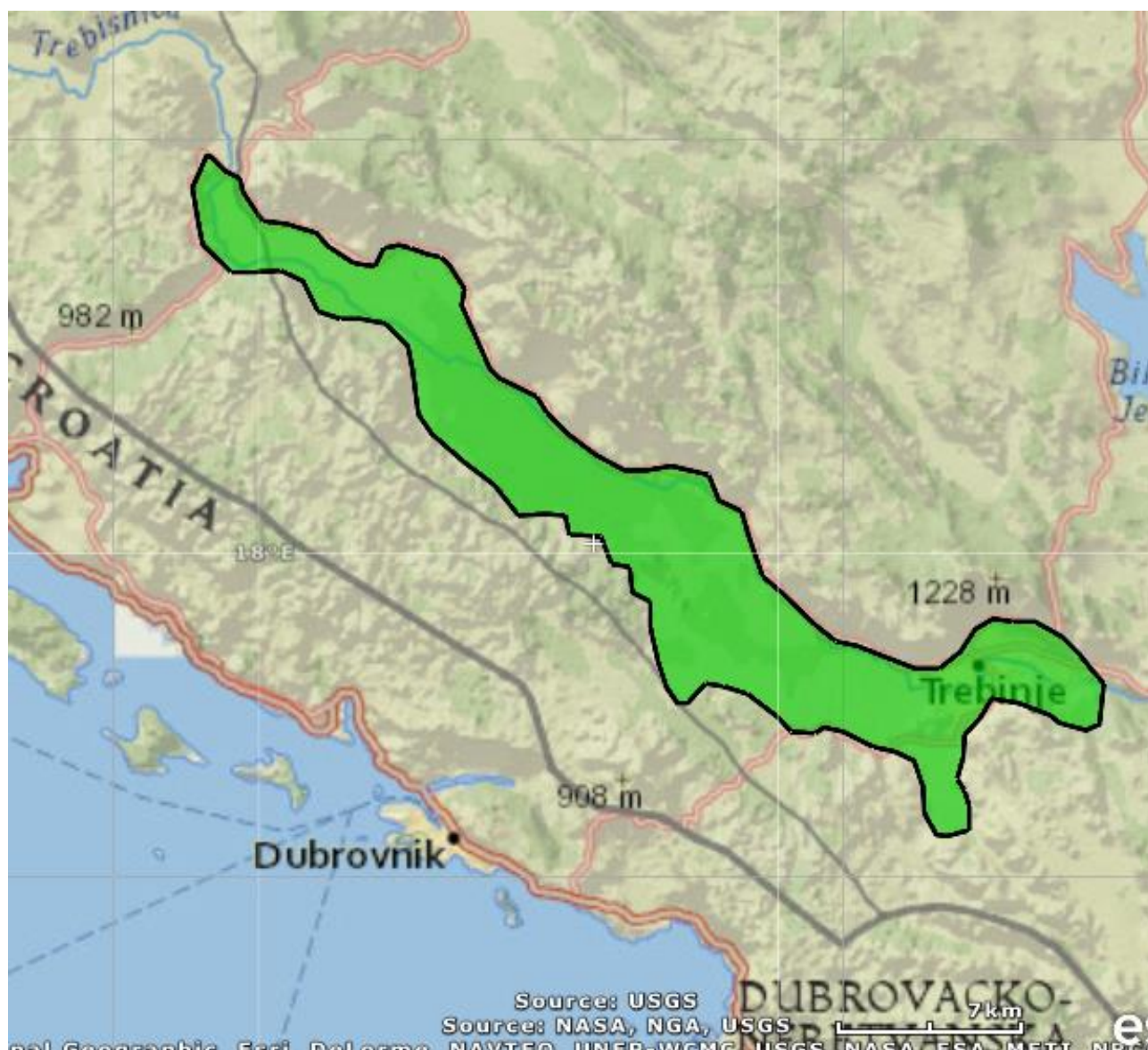
<sup>8</sup> Крашка полја источне Херцеговине, 1967.

југоистоку. Припада групи периодично плављених поља. Поводањ траје од новембра до краја маја и висина воде износи и по неколико метара.

„Поплаве проузрокује бујични ток Опачица који се формира у Трусинском пољу, а разлива се у средишњем дијелу Дабарског поља, затим стално врело Вријека, еставела Љељешница и повремена врела Сушица и Прибит” (Milanović, 2006).

Фатничко поље је крашка периодично плављена депресија на надморској висини 460-480 m. Једини водоток је Фатничка ријека која има воде само у кишним периодима, тачније када ради еставела Обод. Дотекле воде дренирају многобројни понори међу којима је највећи Пасмица. Према Milanovićу (2006), Фатничко поље је једно од најчешће плављених поља у коме су нивои поплава изражено високи и трају дуго. Максимални нивои поплава износили су 40 m.

У циљу веће валоризације ових крашких поља у току је реализација пројекта Горњих хоризоната који предвиђа изградњу три акумулације са хидроелектранама: ХЕ „Невесиње”, ХЕ „Дабар” и ХЕ „Билећа”. Пројектом је предвиђено комплексно уређење водног режима којим се рјешавају водопривредни, социјални, еколошки и енергетски аспекти.



Карта 4. Требињско и Попово поље  
Извор: ArcGIS Explorer (National Geographic map, дорађено)

Требињско поље има површину од 18 km<sup>2</sup>, а Попово поље 185 km<sup>2</sup>. Припадају групи ниских поља. Кроз оба поља протиче ријека Требишњица, али је њено корито на подручју Попова поља бетонирано и на тај начин ограничено губљење воде у понорима. Изградњом хидроелектрана на Требишњици ријешен је проблем поплава у пољу. Подручје је под утицајем медитеранске климе и има благе зиме са великом количином падавина. Земља је врло плодна, а у климатском и педолошком погледу ово поље има услове за интензивну пољопривредну производњу.

Ово холокарстно подручје карактерише се постојањем великог броја подземних крашких облика рељефа. Издваја се већи број пећина, јама, понора које простору дају посебно обиљежје. Настају под утицајем ерозионог процеса и његовог дејства дуж пукотина. Према изгледу и структури издваја се више типова јама као што су: просте, звекаре, бездани, сњежнице итд. Највећа заступљеност пећина и јама је на ободу крашких поља. Најпознатије пећине су Врелска пећина у Драмешини, Гаревска у Гатачком пољу, Вилина у Церничком пољу, Велика у Фатничком пољу и Вјетреница у Поповом пољу. Од јама издвајају се: Леденица на Лебршнику, Обод у Фатничком пољу, она уједно представља и еставелу, Корићка јама и Ражани До.

## Флувијални рељеф

„Флувијална или ријечна ерозија представља геоморфолошки процес изграђивања облика у рељефу радом ријечних токова. Текући преко топографске површине у правцу највећег пада, а под утицајем Земљине теже, водотоци стварају властите облике рељефа. Ријечни токови посједују одређену кинетичку енергију, носе знатне количине материјала (дробина, шљунак, пијесак) који механички одадиру дно и стране ријечних корита, вршећи снажну коразизију<sup>9</sup>” (Petrović, Manojlović, 2003). На простору источне Херцеговине, већи значај имају ерозиони флувијални облици за разлику од акумулативних. Према Петровићу (1973), с првим издизањем и набирањем мезозојских наслага почела је геоморфолошка еволуција Гатачког поља. Одмах послје новог издизања планина сјевероисточног обода поља, Живањ и Лебршник биле су изложене раду спољашњих сила. У југозападним дијеловима поља рад ерозионих сила прекинуо је еоцено море. Тек послје повлачења мора и издизања еоцених наслага спољашње силе у овом подручју су почеле опет да дјелују.

Након повлачења еоценог мора почео је флувијални период. Најзначајнији ерозиони флувијални облик рељефа у источној Херцеговини су суве ријечне долине. То су реликти некадашњег флувијалног система у коме, у рецентним условима, нема отицања ни у периоду највећих падавина. Milanović (2006), међу најзначајније суве долине на простору источне Херцеговине убраја: долину Радимље, Брегаве, Крстац, долине између Невесињског и Лукавачког и Слатог и Невесињског поља.

## Клима регије

Клима је законита наизмјеничност метеоролошких процеса, одређена комплексом физичко-географских услова у вишегодишњем периоду на одређеном мјесту (Дукић, 1998). Географски положај и рељеф имају највећи утицај на особине

---

<sup>9</sup> „Коразизија (лат. corrado - стружем), механичко дејство тврдог изломљеног материјала (продукта ерозије), вученог покретном средином (текућа вода, вјетар, лед) по површини основних стијена” (Мастило, 2013).

климе (Дедијер, 2001). Према Гњату (1991), „орографски склоп, карстне одлике рељефа, вегетација и близина мора основни су фактори климе источне Херцеговине. Динарски правац пружања планинских вијенаца само донекле спречава продор маритимних утицаја. Ниска Херцеговина је под јаким утицајем јадранске климе. Простор Рудина је такође под истим утицајем, али се интензитет знатно смањује, и на крају, предпланински и планински дијелови регије су периферно захваћени јадранским утицајима, али ипак довољно да имају нека обиљежја јако измијењене јадранске климе”.

Када се говори о клими источне Херцеговине потребно је истаћи значај општих путања циклона и антициклона. Стања ниског ваздушног притиска углавном потичу из Средоземља и „највише су изражена током марта, новембра и децембра, што има велики утицај прије свега на плувиометријски режим” (Гњато, 2004). У односу на циклонска стања која доносе велике количине падавина и нестабилно вријеме, антициклон доноси стабилно вријеме, у току зиме праћено јаким ударима вјетра а током љета изузетно топло. Јасно се издвајају два хоризонта, нижи и виши. Ова два хоризонта се одликују специфичним климатским одликама. Област виших хоризоната са преко 400 метара надморске висине и годишњим температурама мањим од 14°C карактерише се преовлађујућим обиљежјем умјерено-континенталне климе, која на највишим теренима прелази у планинску климу. У зависности, прије свега од конфигурације терена, запажају се утицаји медитеранске климе на мањим надморским висинама. Као примјер узима се Дабарско и Фатничко поље. Зиме могу бити дуге и оштре, а љета сушна. Годишња количина падавина износи око 1500 l/m<sup>2</sup>. Област нижих хоризоната, испод 400 метара надморске висине и са годишњим температурама већим од 14°C се карактерише различитим степенима медитеранске климе, у зависности од удаљености Јадранске обале. Зиме су углавном благе, са рјеђом појавом снијежних падавина, док су љета изузетно сува, са високим температурама ваздуха. Годишња количина падавина износи и до 2000 l/m<sup>2</sup>. Да би се добила нешто јаснија слика о овоме подручју анализирани су сљедећи климатски елементи: температура, влажност ваздуха, падавине, ваздушни притисак и вјетрови. Коришћени су подаци са три метеоролошке станице: Требиње, Билећа и Гацко. Главни циљ је добијање бољег увида у климу Хумина, Рудина и планинске Херцеговине, јер оне припадају трима различитим биоклиматским и еколошко-вегетацијским цјелинама. Анализа података је извршена за период од 2000–2015. године.

## Температура ваздуха

Температура ваздуха је један од најважнијих климатских елемената јер омогућује одређени увид у топлотно стање атмосфере, а од ње зависе влажност ваздуха, испаравање, облачност и падавине. Највећи утицај на температуру ваздуха има географски положај, рељеф и надморска висина. Простор источне Херцеговине је под утицајем средњоевропске континенталне климе са сјевера и медитеранске са југа.

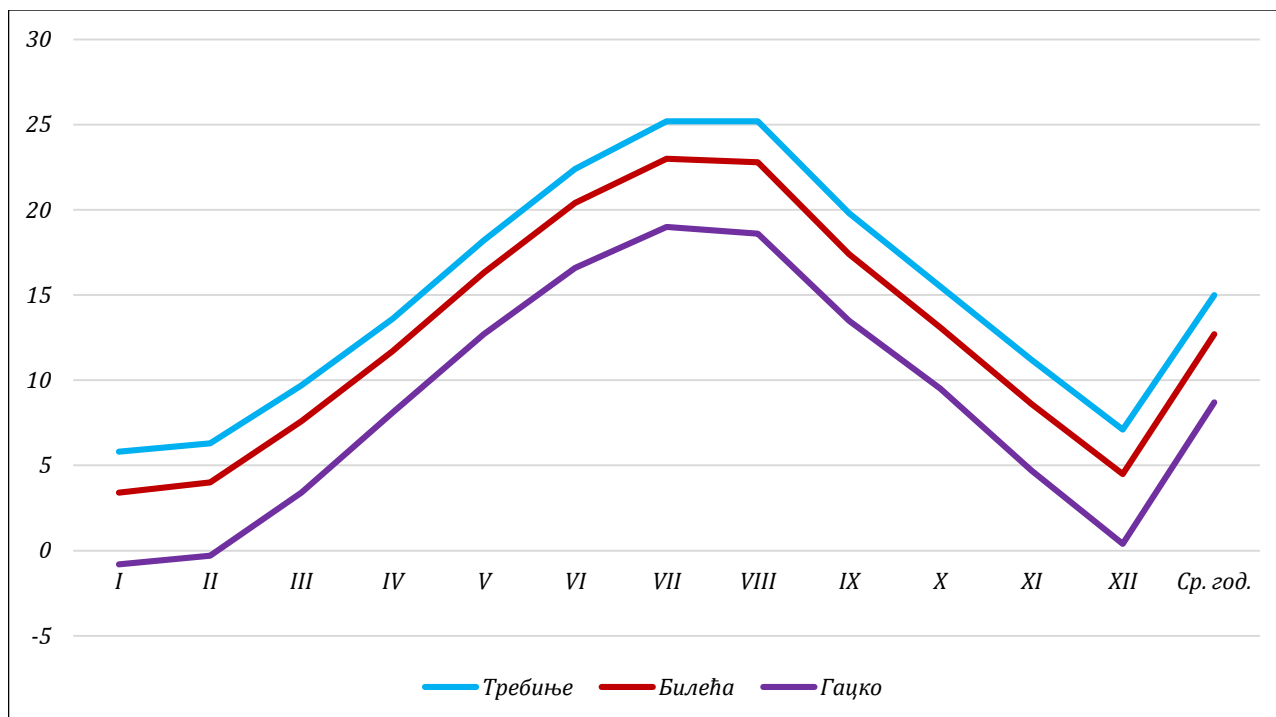
Табела 1. Средња мјесечна и годишња температура ваздуха за период 2000-2015. г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год.
Гацико	-0,8	-0,3	3,4	8,1	12,7	16,6	19	18,6	13,5	9,5	4,7	0,4	8,7
Билећа	3,4	4	7,6	11,7	16,3	20,4	23	22,8	17,4	13,1	8,6	4,5	12,7
Требиње	5,8	6,3	9,7	13,6	18,2	22,4	25,2	25,2	19,8	15,5	11,2	7,1	15

Извор: РХМЗ РС



Анализом података из табеле 1 примјећује се да је у општини Гацко најхладнији мјесец јануар са просјечном температуром ваздуха  $-0,8^{\circ}\text{C}$ , а најтоплији јул ( $19^{\circ}\text{C}$ ). У посматраном периоду апсолутна максимална температура у Гацку забиљежена је 2002. године у августу ( $37^{\circ}\text{C}$ ), а минимална ( $-32^{\circ}\text{C}$ ) у јануару исте године. Подручје општине Билећа налази се под утицајем медитеранске и континенталне климе са средњом годишњом температуром  $12,7^{\circ}\text{C}$ . Најтоплији мјесец је јул са просјечном температуром ( $23^{\circ}\text{C}$ ), а најхладнији јануар ( $3,4^{\circ}\text{C}$ ). Јесен је топлија од прољећа што је последица маритимног утицаја. Мање температуре и већа колебања углавном су условљена порастом надморске висине.



Графикон 1. Средња мјесечна и годишња температура ваздуха за период 2000-2015. г.

Територија општине Требиње, одликује се високим температурама током цијеле године. Најтоплији мјесеци су јул и август са средњом мјесечном температуром ваздуха  $25,2^{\circ}\text{C}$ . Најхладнији је јануар са средњом мјесечном температуром ваздуха  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Средња годишња температура ваздуха на подручју општине Требиње износи  $15^{\circ}\text{C}$ . Требиње има све одлике средоземне климе. Апсолутно минимална температура ( $-8,4^{\circ}\text{C}$ ) забиљежена је у јануару 2002. године. Максимална температура ( $41,3^{\circ}\text{C}$ ), забиљежена је у августу исте године.

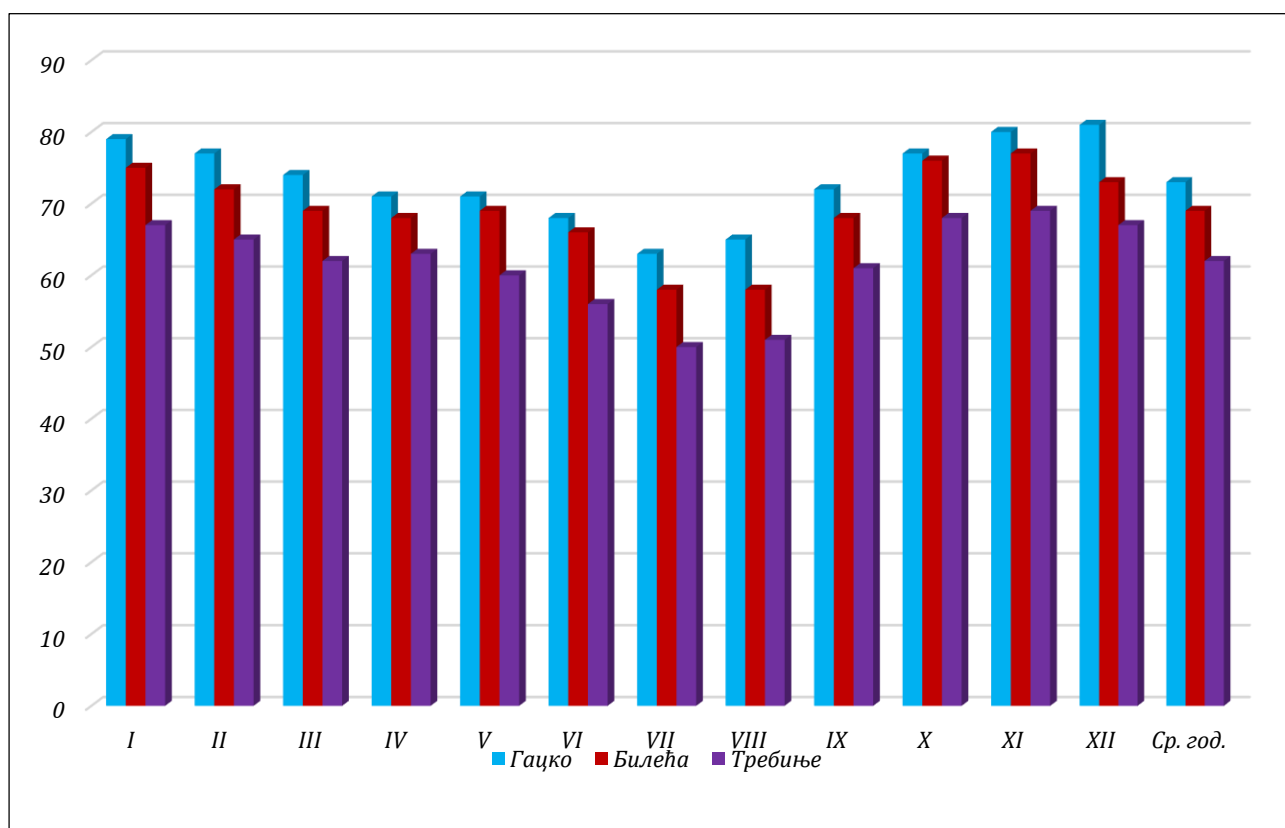
### Релативна влажност ваздуха

За практичне потребе најважнија је релативна влажност ваздуха. Она представља количину водене паре у атмосфери, а изражава се у процентима. Релативна влажност ваздуха зависи од температуре, вјетрова, рељефа и надморске висине. Дневни и средњи годишњи ток релативне влажности ваздуха у појединим мјестима је у обрнутом односу са температуром. Тако је у току ноћи и зими релативна влажност ваздуха већа, а у току љета и обданице мања.

Табела 2. Средња мјесечна и годишња влажност ваздуха за период 2000 – 2015. год.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год.
Гацко	79	77	74	71	71	68	63	65	72	77	80	81	73
Билећа	75	72	69	68	69	66	58	58	68	76	77	73	69
Требиње	67	65	62	63	60	56	50	51	61	68	69	67	62

Извор: РХМЗ РС



Графикон 2. Средња мјесечна и годишња влажност ваздуха за период 2000-2015. г.

На простору Хумина и Рудина релативна влажност ваздуха је нешто нижа у односу на планински дио Херцеговине који има већу влажност ваздуха због веће количине падавина, облачности и ниже температуре.

Из табеле 2 очигледно је да средња годишња вриједност релативне влажности ваздуха у Гацку износи 73%, што значи да ово подручје одликује повећана влажност ваздуха. Највећа забиљежена је у децембру (81%), а најмања у јулу (63%). Билећа са средњом годишњом релативном влажношћу ваздуха од 69% спада у мјеста са повећаном влажношћу. Максимум релативне влажности ваздуха је у новембру (76%), док је минимум карактеристичан за август (58%). Повећана зимска влажност ваздуха је посљедица циклонске активности. Подручје општине Требиње се одликује нешто нижом влажношћу ваздуха за разлику од Билеће и Гацка. Највиша средња мјесечна влажност ваздуха је у децембру (67%), а минимална у јулу (50%). Слабији пад релативне влажности ваздуха у првом дијелу године доводи се у везу са појачаном циклонском активношћу у прољеће и љето. Годишњи ток релативне влажности ваздуха карактерише поднебље овог краја као доста суво.

## Инсолација

Инсолација је сва енергија коју атмосфера и Земљина површина примају од Сунца. Назива се још и сунчево зрачење или радијација. Она се изражава у калоријама на квадратни центиметар у минути ( $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ ). Трајање Сунчевог сјаја изражава се у часовима на дан или мјесец, оно се повећава од поларних ка тропским крајевима и са порастом надморске висине. Инсолација представља један од најзначајнијих климатских елемената и од великог је значаја за здравство, туризам, рекреацију, пољопривреду и сл. Источна Херцеговина има релативну високу инсолацију, поготово простор Хумина и Рудина.

Табела 3. Средња мјесечна и годишња инсолација<sup>10</sup> у часовима за период од 2000 -2015. г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.год.
Гацко	103,0	104,8	153,0	156,6	218,9	271,0	305,8	269,7	198,6	153,3	95,7	63,8	2094,2
Билећа	101,5	125,3	157,3	183,2	248,6	257,6	307,1	273,0	256,4	178,0	135,0	88,1	2311,1

Извор: РХМЗ РС

Простор источне Херцеговине прима значајну количину сунчевог сјаја. Анализирајући табелу 3 закључује се да на простору Гацка средња годишња количина трајања сунчевог сјаја износи 2094,2 сати. Највећа је у јулу (305,8), а најмања у децембру (63,8). Билећа има нешто већи број сунчаних сати. Средња годишња количина трајања сунчевог сјаја износи 2311,1 сати. Највећа је у јулу (307,1), а најмања у децембру (88,1).

## Падавине

Падавине представљају један од најважнијих климатских елемената, нарочито у предјелима гдје је поднебље више окарактерисано облачношћу. Од њих, директно или индиректно зависи распрострањеност насеља на земљиној површини. Овај утицај се огледа прије свега у појави и опстанку вегетације, која је у вези са продуктивношћу и другим условима на земљишту.

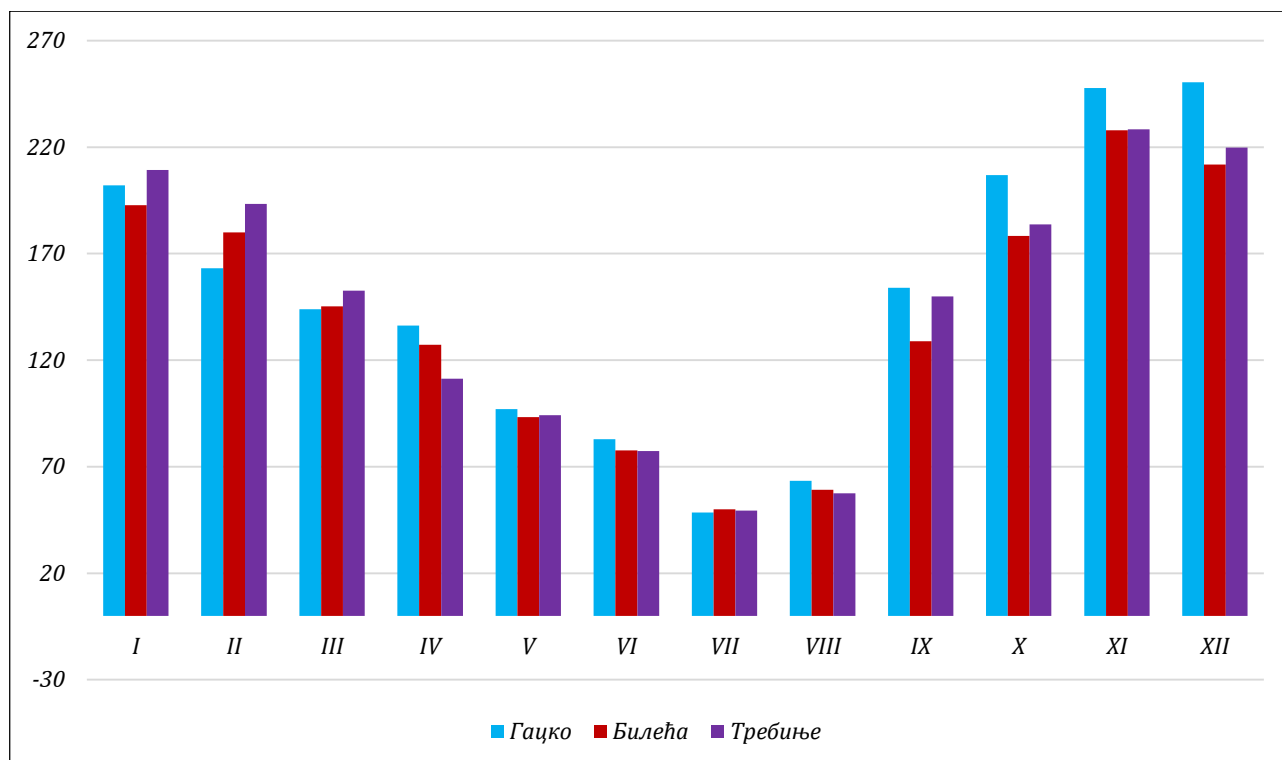
Табела 4. Средња мјесечна и годишња количина падавина за период 2000 – 2015. г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год
Гацко	202	163,1	143,9	136,3	97	82,9	48,5	63,4	154	206,9	247,8	250,5	1796,3
Билећа	192,8	180	145,2	127,2	93,2	77,7	50	59,1	128,9	178,4	227,9	211,8	1672,2
Требиње	209,3	193,3	152,6	111,3	94,1	77,3	49,4	57,5	150	183,7	228,3	219,8	1726,6

Извор: РХМЗ РС

<sup>10</sup> Вриједности о инсолацији за Требиње нема за поменути период због неисправности метеоролошких инструмената. Према подацима Федералног хидрометеоролошког завода Сарајево, Требиње има 260 сунчаних дана у години. Пецељ (2003), наводи „Највећу осунчаност на простору источне Херцеговине имају Берковићи, чак 3166,6 сунчаних сати у години што би било више од најсунчанијих мјеста у Европи. Ова вриједност је добијена рачунским путем. С обзиром на ту чињеницу простор Берковића је интересантан за даља проучавања у циљу искоришћавања овог природног ресурса за производњу електричне енергије”.

Табела 4 указује да је на подручју Гацка средња годишња сума падавина релативно велика, али ако се узме у обзир њихов неповољан распоред током године, онда у вегетационом периоду недостаје влаге. Средња годишња количина падавина износи 1796,3 mm. Највише их је у децембру (250,5 mm), а најмање у јулу (48,5 mm). Од марта до септембра количина падавина се смањује, а од септембра до марта повећава. Овако неравномјерно распоређена количина падавина утиче на издашност извора и биљни свијет. Битна карактеристика коју је потребно истаћи јесте да Гатачко поље прима мању количину атмосферског талога од околине.



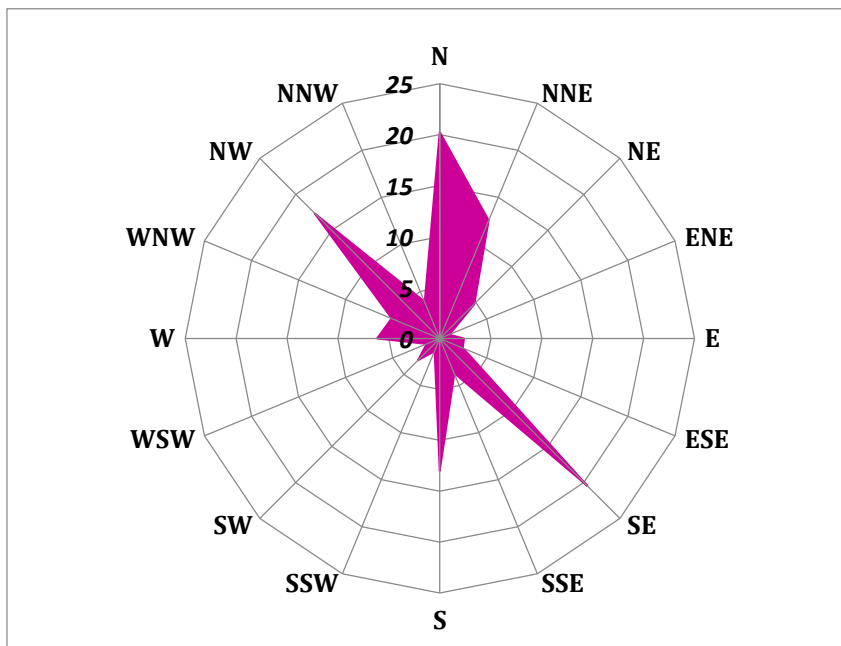
Графикон 3. Средња мјесечна количина падавина за период 2000-2015. г.

На падавински режим Билеће и Требиња највећи утицај имају циклонске активности различитог поријекла које се манифестују у продорима влажних и хладних ваздушних маса са Атлантског океана са запада и сјеверозапада, топлих са југа и југозапада из области Медитерана, као и продора зимских ваздушних маса са сјевера. Такође велики утицај на количину падавина овог подручја има и рељеф. Средња годишња количина падавина у Билећи износи 1672,2 mm. Највише их је у новембру (227,9 mm), а најмање у јулу (50 mm). Средња годишња количина падавина у Требињу износи 1726,6 mm. Највише их је у новембру (228,3 mm), а најмање у јулу (49,4 mm). На графичком приказу 3 уочава се несразмјерна количина падавина по мјесецима што доводи до појаве суше у љетњим периодима, а до поплава током јесени и зиме.

### Ваздушни притисак и вјетрови

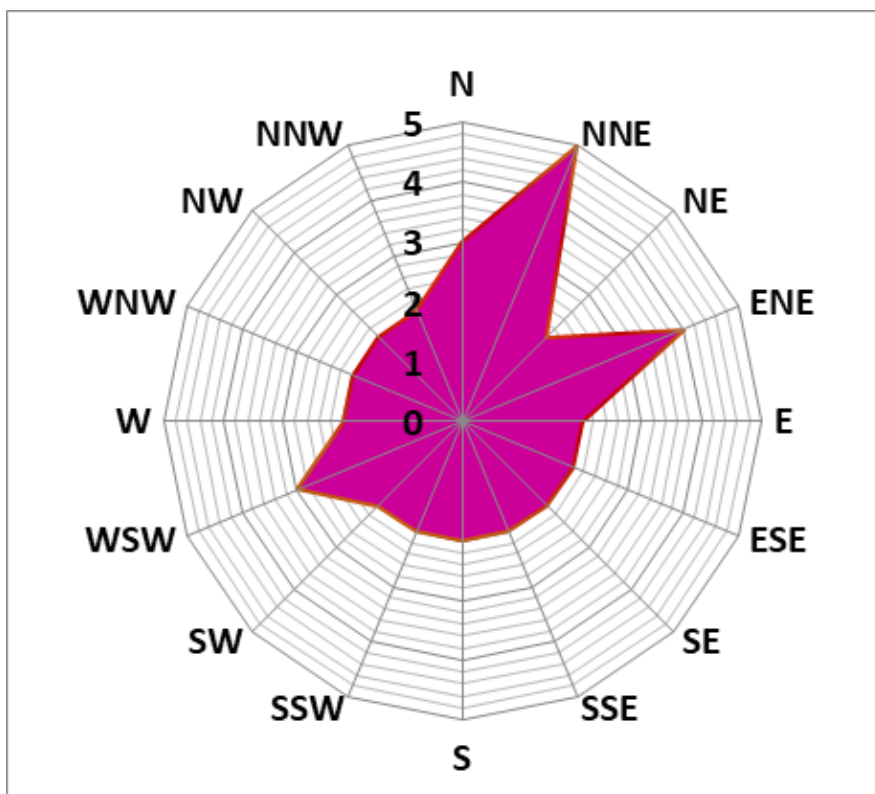
Струјања ваздушних маса условљена су дистрибуцијом ваздушног притиска и сложеном локалном геоструктуром која може утицати на измјене правца и брзине вјетра. Ниске зимске температуре у залеђу и релативно високе у приморју изазивају разлике у ваздушном притиску. На основу података Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске (РХМЗ РС) просјечна годишња вриједност ваздушног притиска

у периоду од 2000-2015. године у Гацку износи 909 mb, а у Билећи 963 mb, због чега се ваздушне масе доминантно крећу ка ниској Херцеговини.



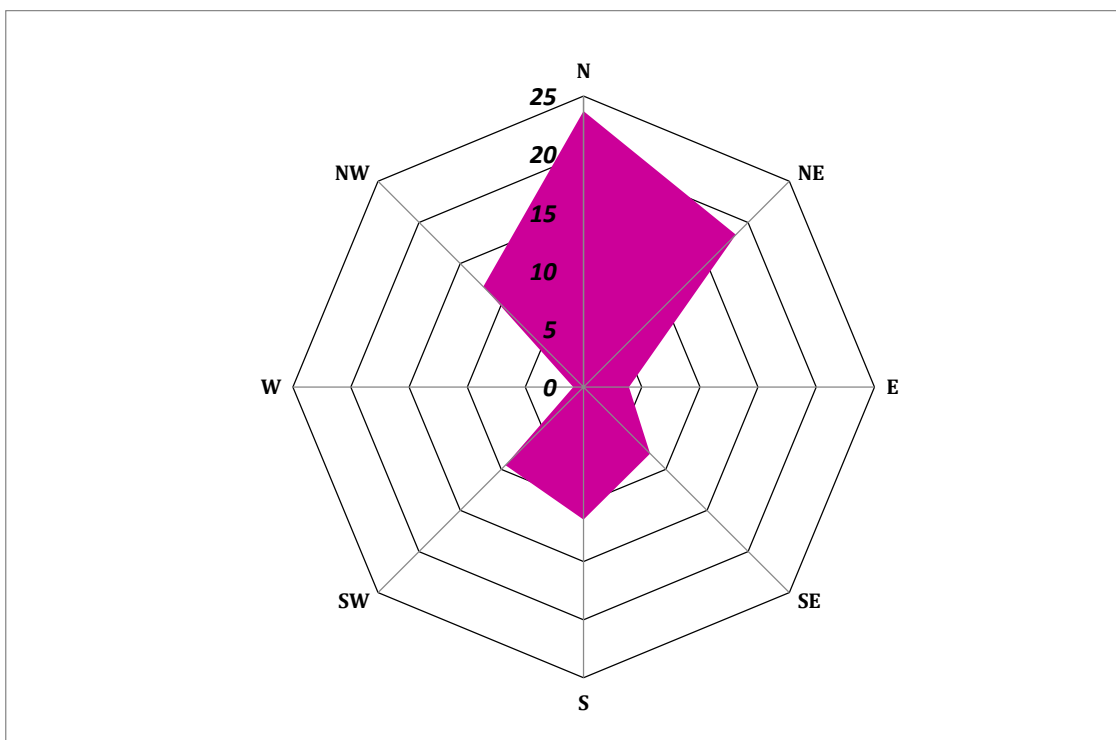
Графикони 4. Честина правца вјетра (у %) за период 2004-2018. г. у Гацку

У источној Херцеговини вјетрови су честа метеоролошка појава, а према подацима РХМЗ РС највише су заступљени сјеверни (N), сјеверозападни (NW), југоисточни (SE) и јужни (S) вјетрови. Средња годишња брзина вјетра у Гацку износи 8 m/s. На овом простору карактеристични су локални вјетрови, даник и ноћник.



Графикони 5. Средња јачина вјетра (у бофорима) за период 2004-2018. г. у Гацку

Како би се детаљније сагледали неповољни утицаји распрострања загађујућих материја из ТЕ Гацко које се емитују у атмосферу приказана је ружа вјетрова од 16 праваца. Графички приказ указује доминирајући вјетрови на локацији метеоролошке станице ТЕ Гацко су из правца сјевера, сјеверозапада, југоистока и југа, што је и јасно ако се у обзир узме утицај околних планина и превоја који усмјеравају вјетар у назначеним смјеровима. Учесталост тишина у Гацку износи 27%, а већ је познато да услови тихог времена погодују нагомилавању и задржавању загађујућих материја у локалном подручју.

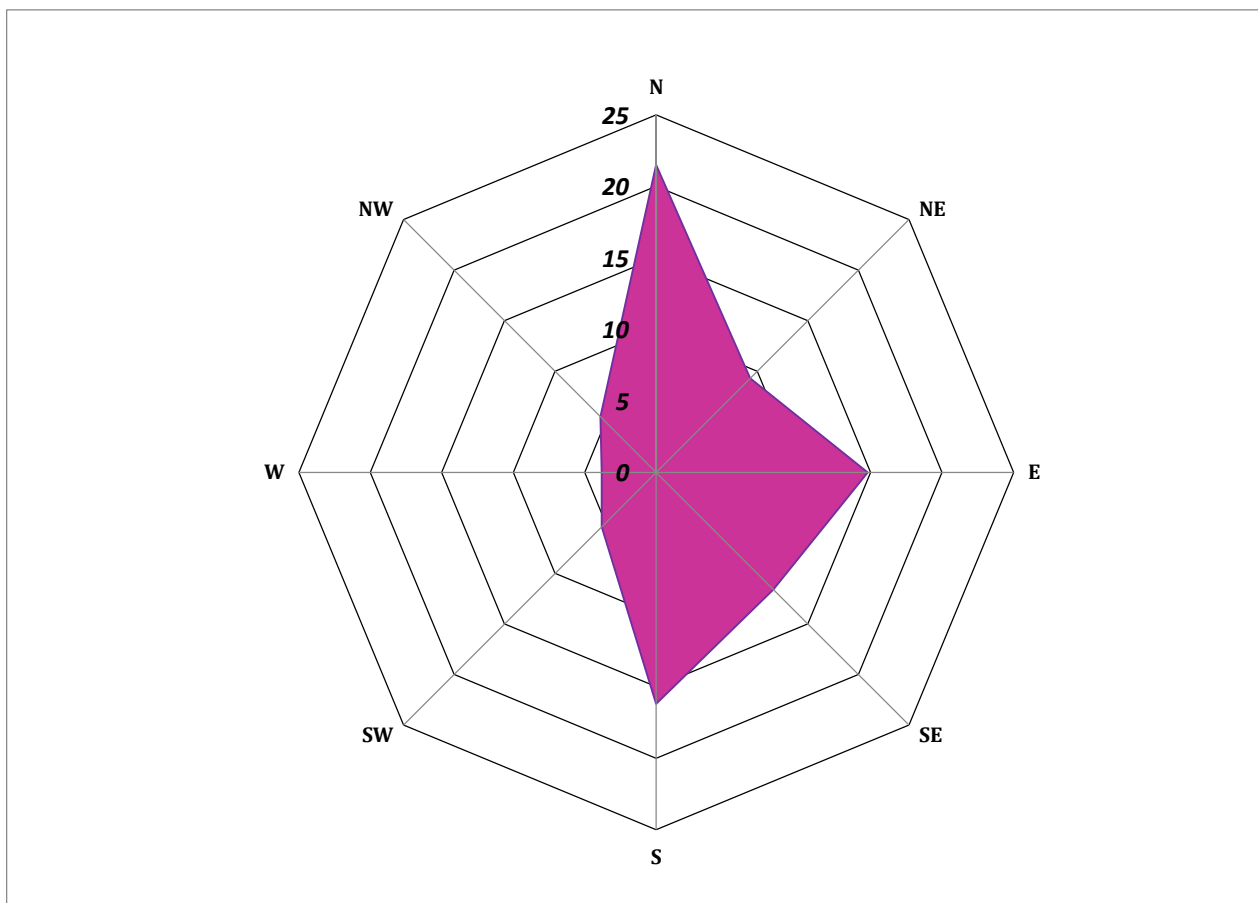


Графикон 6. Честина правца вјетра (у %) за период 1956-1984. г. у Требињу<sup>11</sup>

При разматрању негативних утицаја распрострања загађујућих материја нужно је истаћи да је локација ТЕ Гацко у односу на доминантне правце вјетрова и положај насеља релативно повољна, јер преовлађујућа ваздушна струјања којима се преносе загађујуће материје нису усмјерена непосредно према градском насељу. С друге стране, при разматрању овог проблема, треба узети у обзир и чињеницу да сјеверозападни вјетрови који су усмјерени према насељу, учествују са 11% у укупној годишњој расподјели честина правца вјетра, што спада у групу неповољних фактора када је ријеч о локалном загађивању ваздуха у градском насељу.

Као што се из графичког приказа 6 уочава доминантан вјетар на подручју Требиња је из сјеверног квадранта (23,7%). Затим су заступљени сјевероисточни (18,5%), сјеверозападни (12,2%), јужни (11,4%), југозападни (9,5%) и југоисточни (9,5%) вјетрови. Највећи утицај на овакав распоред ваздушних струјања имају околне планине и превоји. Битна је и чињеница да су на већој висини у току године преовлађујући вјетрови из сјеверног квадранта, а нарочито зими због честе појаве буре. Учесталост тишина у Требињу је недовољно заступљена (12%).

<sup>11</sup> Због неисправности анемометра не располаже се подацима о учесталости и брзини вјетрова на подручју Требиња за период од 2000-2015. године. С тим у вези коришћени су подаци СХЗ, 1956-1984. године.



Графикон 7. Честина правца вјетра (у %) у Билећи (Пецелъ, 2001)

Посматрајући графички приказ 7 примјетно је да на подручју Билеће највећу заступљеност имају сјеверни (21%), јужни (16,2%) и источни вјетрови (14,8%). Највеће брзине вјетра долазе из континенталног правца тј. са сјевера, док су из јужног смјера знатно мање.

### Хидролошке карактеристике регије

Подручје источне Херцеговине је једно од најбогатијих с падавинама. Њихова висина се креће у просјеку 1730 mm годишње. То су количине воденог талобага које уз велики број сунчаних дана, представљају значајан фактор за развој пољопривреде, а у енергетском смислу огроман потенцијал за производњу електричне енергије.

Како је привреда једног краја често у највећој мјери зависна од воде и њиховог правилног искоришћавања, то је случај да сливови ријека чине привредне цјелине. Територија источне Херцеговине припада сливу Требишњице. Хидролошке прилике на подручју овог слива представљају резултат утицаја физичко-географских и друштвено-географских фактора. Воде у источној Херцеговини се појављују као површински, подземни токови и у виду периодичних поплава у пољима. Висока поља источне Херцеговине имају један или више сталних водотока, који у вријеме поводња образују периодична језера.

Највећи површински ток је Требишњица. Формира се од врела код Билеће, а понире у Попову пољу, одакле преко врела и вруља дотиче највећим дијелом у море, а

другим дијелом преко врела по ободу поља отиче у Неретву<sup>12</sup>. То је „највећа понорница динарског крша која дренира читаву источну Херцеговину” (Петровић, 1973).

Требишњица је најзначајнија ријека источне Херцеговине. „Од укупно 90 km тока, 62 km ријеке је повремено ток, који је активан само у влажном периоду године” (Milanović, 2006). Чини је сложен систем површинских и подземних токова а њену највећу вриједност представља развој енергетике. Слив Требишњице простире се од Чемерна (1300 m) до Поповог поља (220 m). Припадају му Гатачко, Билећко, Фатничко, Љубомирско, Церничко, Љубињско, Требињско и Попово поље (Петровић, 1973). „Укупни билансни вишкови воде у просјечно влажној години износе 1 200 000 000 m<sup>3</sup>. Узимајући то у обзир и велике висинске разлике између поља и близину мора (што пружа могућност коришћења тих вода на укупном паду), представљају значајан хидроенергетски потенцијал”<sup>13</sup>. На основу вишегодишњих истраживања дошло се до сазнања да се на овом подручју може остварити значајна производња електричне енергије, тј. просјечно годишње 3898 GWh. Од ове количине до сада је изграђеним објектима и постројењима реализовано 2777 GWh годишње<sup>14</sup>. Преостала количина електричне енергије реализоваће се у наредним фазама изградње система.

Табела 5. Стање система електрана на Требишњици

Хидроцентрале	Запремина акумулације <sup>15</sup>		Инсталисана снага MW	Производња у просјечно влажној години (GWh)
	hm <sup>3</sup>	GWh		
ХЕ Требиње I	1280	1010	180	571
ХЕ Требиње II	15,9	6	8	22
РХЕ Чапљина	5,2	3	420	620
ХЕ Дубровник	-	-	216	1564
Укупно			824	2777

Извор: Просторни план посебног подручја „Слив Требишњице”, 1990.

На Требишњици је планирана изградња шест акумулација и седам хидроцентрала а до сада су формиране четири: Требиње I, Требиње II, Дубровник и Чапљина. Поменути четири објекта представљају реализацију прве етапе енергетског система „Требишњице”. За потребе ХЕ Требиње I изграђена је брана Гранчарево и формирана акумулација Билећа, а за ХЕ Требиње II брана Горица и истоимена акумулација. РХЕ Чапљина користи вишак воде изводно од бране Горица који се не може прерадити у ХЕ Дубровник.

Осим Требишњице значајни површински токови су Мушница и њена притока Грачаница у Гатачком пољу, Кључка ријека и Степенички поток у Церничком пољу, Ријека у Фатничком пољу, Заломка у Невесињском пољу и ријека Брегава. У хидрографском погледу потребно је нагласити и значај вјештачких језера на подручју источне Херцеговине. За потребе хидроцентрала Требиње I и II изграђено је Билећко и Горичко језеро, а за потребе Рудника и термоелектране Гацко изграђено је језеро Клиње. На њему су саграђене двије бране: Клиње и Врба. Вода из акумулације се полифункционално употребљава као: сирово за производњу дека и деми воде за потребе

<sup>12</sup> Kraška polja istočne Hercegovine, 1967.

<sup>13</sup> Višenamjensko korišćenje voda Gornjih horizonata rijeke Trebišnjice, 1984.

<sup>14</sup> Просторни план посебног подручја „Слив Требишњице”, 1990.

<sup>15</sup> Запремина акумулације је изражена у хектометрима кубним (hm<sup>3</sup>). 1 hm<sup>3</sup>износи 1 000 000 m<sup>3</sup>.



производног циклуса термоелектране, за обезбјеђење сигурности заштите од пожара, питка за потребе термоелектране и градског насеља Гацка, вода за потребе иригације, обезбјеђење минималног биолошког протока ријеке Мушнице и за допуну протока ријеке Грачанице.

## **Педолошке и биогеографске карактеристике**

Земљиште је значајан сегмент природне средине. У педолошком погледу источна Херцеговина се карактерише неуједначеним земљишним покривачем. Петровић (1959), на подручју Гацка издваја четири групе земљишта: ливадска, алувијална, баувице и осмеђене еродирани црвенице. „Ливадска и алувијална земљишта су распрострањена по дну Гатачког поља и захватају велике површине. Ливадско земљиште се ствара под утицајем поплавних вода, плитке издани и травног покривача. Алувијална земљишта су заступљена у горњем дијелу тока ријеке Грачанице и Мушнице. Непосредно у близини алувијалних налазе се и скелетна земљишта”.

Баувице и осмеђене еродирани црвенице доминантне су у вишим дијеловима, на површи Поникве и у удолинама. Оне су обично под пашњацима. Основна одлика ових земљишта је лоша ефективна и потенцијална плодност (Петровић, 1959).

Поред поменутих земљишта у источној Херцеговини заступљени су сироземи или регосоли на подручју Дабарског и Фатничког поља, минерално-мочварна земљишта у Невесињском пољу. Рендизине, смеђа тла, црвенице и делувијална тла су заступљена у Планском, Билећком, Љубомирском и Љубињском пољу.

Долинска земљишта (алувијална, делувијална, минерално мочварна) распрострањена су на простору херцеговачких Рудина и представљају добру основу за развој пољопривредне производње. Бреговита тла обухватају велика пространства и немају пољопривредни значај (Пецељ, 2001).

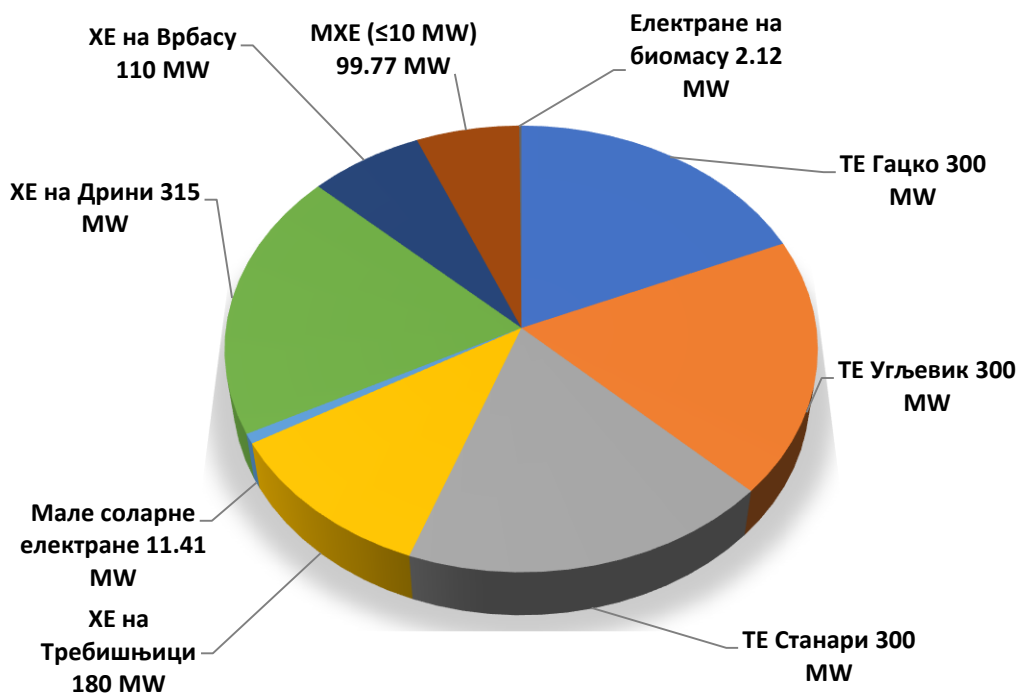
Алувијално-карбонатна глиновита земљишта и алувијално-карбонатно скелетна земљишта преовлађују у Требињском и Поповом пољу, и представљају најквалитетнија земљишта у источној Херцеговини, што погодује развоју пољопривредне производње.

Биогеографске карактеристике источне Херцеговине резултат су геолошких, рељефних, климатских, педолошких и антропогених утицаја, па се издвајају три основна типа вегетације: примарна коју чине шумски екосистеми, секундарна је представљена ливадама а терцијарна обрадивим површинама. Планински простор источне Херцеговине карактерише релативно развијена шумска дрвенаста вегетација а највећи значај имају букове шуме чије највеће распрострањење налазимо у ширем подручју Чемерна. За разлику од планинског дијела, простор Хумина и Рудина одликује заступљеност голети и деградираних шумске вегетације.

## ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ У СТРАТЕШКИМ ДОКУМЕНТИМА

Један од основних услова друштвеног и економског развоја је енергетика и она има производни, технолошки, социјални и културни значај (Љешевић, 2010). Развојем енергетског сектора остварује се технолошки развој, јачање домаћих компанија и повећање конкурентности привреде. Република Српска располаже значајним природним енергетским ресурсима, а најважнији су угаљ и воде. Налазишта мрког угља и лигнита просторно су дистрибуирана у 7 басена. Укупне билансне резерве износе 684 000 000 t, а експлоатационе 578 000 000 t. Сходно томе, угаљ је најзаступљенији енергент који се користи за производњу електричне енергије у термоелектранама (> 90%). Поред угља Република Српска располаже значајним хидропотенцијалом. Укупни расположиви хидроенергетски потенцијал износи 3200 MW инсталисане снаге односно 9500 GWh/год<sup>16</sup>.

Република Српска своје потребе за електричном енергијом задовољава производњом у домаћим електроцентрама, док се вишкови електричне енергије извозе.



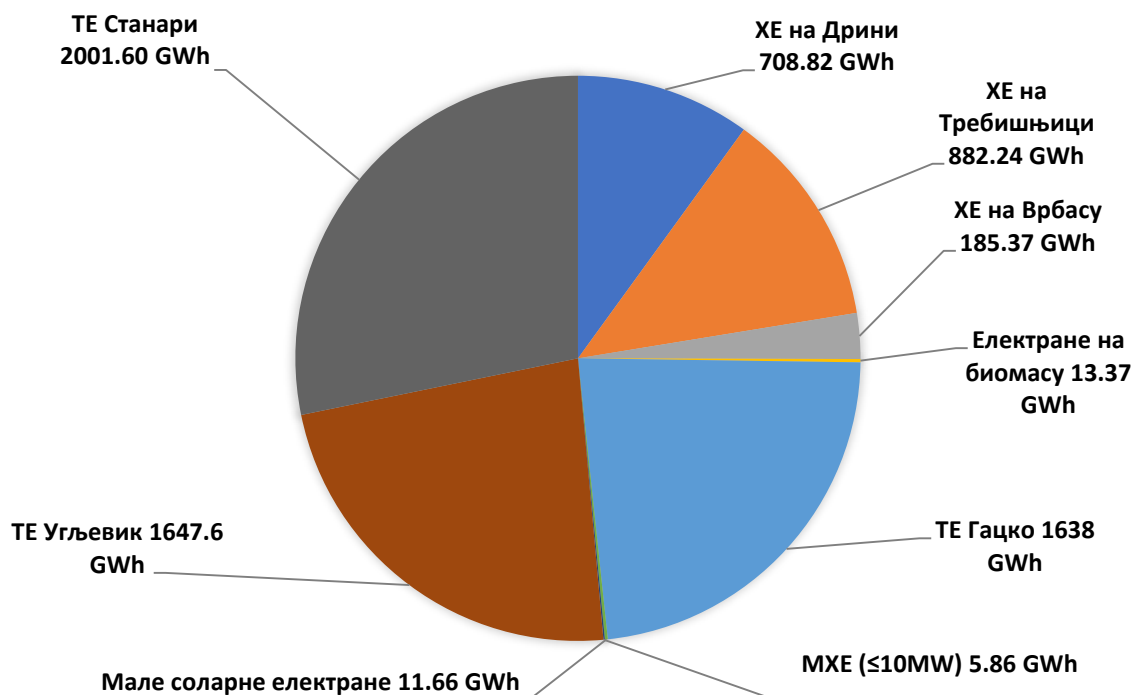
Слика 4. Инсталисане снаге енергетских постројења Републике Српске, 2020. године<sup>17</sup>

Током 2020. године највећи дио производње електричне енергије у Републици Српској остварен је у термоелектранама. Њихов удио у укупној производњи електричне енергије износио је 65%. На другом мјесту је била производња електричне енергије у хидроелектранама (29,5%), док се остатак обавља у малим хидроелектранама, соларним и електроцентрама на биомасу. Веома је важна чињеница да је производња базирана на коришћењу домаћих извора примарне енергије. Укупна производња електричне

<sup>16</sup>Стратегија развоја енергетике Републике Српске, 2012.

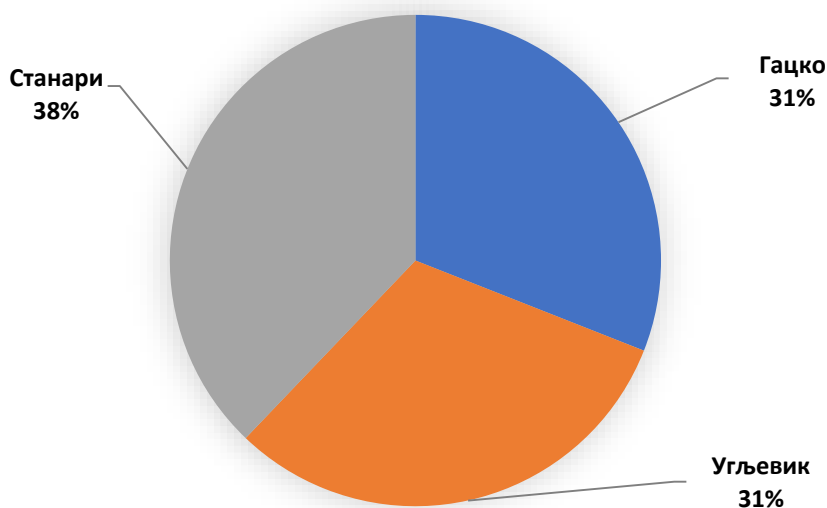
<sup>17</sup> Регулаторни извјештај о тржишту електричне енергије, природног гаса и нафте и деривата нафте у Републици Српској за 2020. годину.

енергије у Електропривреди Републике Српске 2020. године износила је 7308,05 GWh, у термоелектранама (5287,22 GWh) и хидроелектранама (1996,8 GWh).



Слика 5. Удио појединих електрана у укупно оствареној производњи електричне енергије 2020. године<sup>18</sup>

Када је у питању учешће појединих електрана у производњи електричне енергије у Републици Српској очигледно да источна Херцеговина са својим енергетским постројењима има значајан удио, тачније 25,70% произведене електричне енергије остварује се у термоелектрани Гацко, а 13,84% у хидроелектранама на Требишњици.

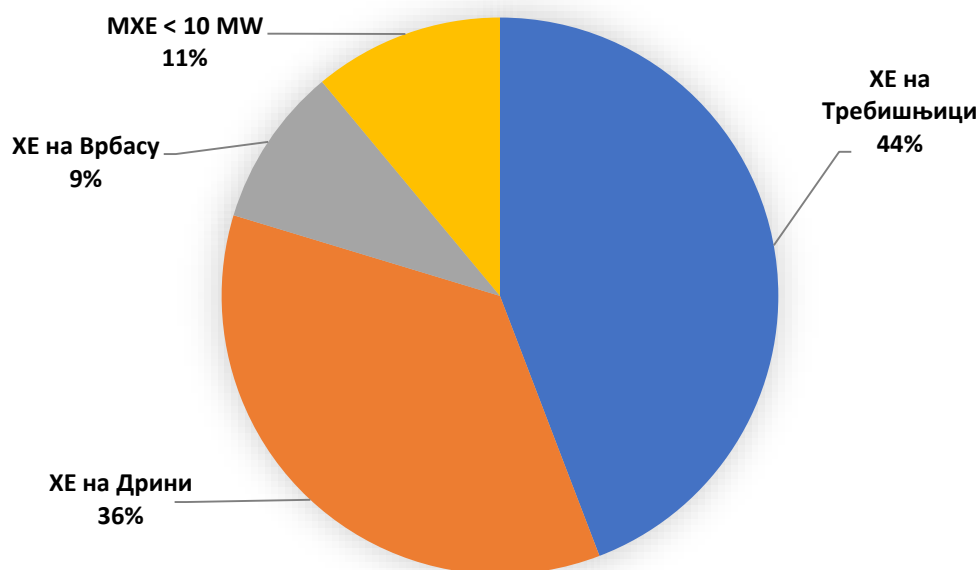


Слика 6. Удио појединих термоелектрана у укупној производњи електричне енергије у Републици Српској, 2020. године<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Регулаторни извјештај о тржишту електричне енергије, природног гаса и нафте и деривата нафте у Републици Српској за 2020. годину.

<sup>19</sup> Исто, стр. 5.

У ТЕ Гацко 2020. г. остварена је производња електричне енергије од 1638 GWh (31% укупно произведене енергије из термоелектрана РС).



Слика 7. Удио појединих хидроцентрала у укупној производњи електричне енергије у Републици Српској, 2020. године<sup>20</sup>

Производња електричне енергије у хидроелектрана Републике Српске 2020. године износила је 1996,80 GWh. Од тога највећи дио производње остварен је у ХЕ на Требишњици (882,24 GWh). Дакле, 44% производње електричне енергије из хидроелектрана у Републици Српској се остварује управо у источној Херцеговини.

<sup>20</sup> Регулаторни извјештај о тржишту електричне енергије, природног гаса и нафте и деривата нафте у Републици Српској за 2020. годину.

## ПРИРОДНИ ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Природни ресурси су важни за друштвени, привредни и економски развој једног подручја. „Природни ресурси и енергија имају велики значај за одржавање живота на Земљи и за развој људске цивилизације, односно основа енергије су ресурси” Đukanović (1996). „Појам ресурс потиче од француске ријечи „ressource” и означава извор материјалне моћи, из кога се добављају сировине за привреду, које ће се искористити као извор дохотка и профита” (Милановић и др., 2008).

„Природни ресурси представљају материјалну основу за обезбјеђење елементарних животних потреба савременог човјека” (Бајат, 2009). „Природни ресурси су дио свеукупности природних услова постојања човјечанства и најважнија компонента природне средине која га окружује, искориштаване у процесу друштвене производње за задовољење материјалних и културних потреба друштва” (Мастило, 2013). Љешевић (2010) под природним ресурсима „подразумијева природне материје, које се из природе преузимају, прерађују и прерађене и прилагођене користе за потребе људи”. Дакле, појам природних ресурса је веома сложен. У ширем смислу, ради се о материји и енергији генетски везаној за природну средину које се користе у производним процесима у смислу остварења корисних производа, објеката и средстава рада, предмета потрошње и извора информација о животној средини. „Природни ресурси су ограничени капацитетом Земље која их донекле обнавља. Да би њихово коришћење било уравнотежено стопа потрошње ресурса мора да буде одржавана унутар капацитета за регенерацију природних система” (Veljković, 2006).

Ресурси могу бити: природни – руде, воде, биљни и животињски свијет; демографски – становништво, радна снага, образовање; привредни – пољопривреда; технички – инфраструктура. За природне ресурсе може се рећи да су опште добро и заједничко богатство. Њихово коришћење, привредна примјена и економско вредновање треба да буде плански усмјерено и намјенски контролисано. Без обзира на врсту, структуру и количине, они су темељ за развој сваког подручја. Данас се доста говори о одрживом развоју, тј. развоју који задовољава потребе садашњих генерација, али и потребе будућих генерација, а то се управо односи на искоришћавање природних ресурса.

Природни ресурси су свуда око нас, а због све већих потреба, брзо се искоришћавају. Већина од њих се исцрпљују брже него што их ми можемо замијенити новим. Управо из тог разлога потребно је обратити пажњу да ће се многи ресурси исцрпити и да ћемо остати без њих ако не смањимо њихову потрошњу, што је данас један од озбиљних проблема због тога што живот на Земљи зависи баш од ресурса. Постоји велики број класификација природних ресурса. Љешевић (2010), их дијели према припадности на природне ресурсе:

- ❖ Литосфере – земљине коре (минералне сировине и земљиште)
- ❖ Атмосфере (вјетар, падавине, инсолација)
- ❖ Хидросфере (површинске и подземне воде)
- ❖ Биосфере (флора и фауна)

Према трајању природни ресурси се дијеле на:

- ❖ Обновљиве (земљиште, вода, флора и фауна, неки минерали као што су пијесак, шљунак, морска со)
- ❖ Необновљиве (минералне материје и материје органског поријекла<sup>21</sup>)

---

<sup>21</sup> Материје органског поријекла називају се каустобиолити.

На основу поријекла и учешћа органске материје ресурси се дијеле на:

- ❖ Биотичке
- ❖ Абиотичке

Биотички ресурси се добијају из биљака и животиња. Абиотички ресурси се добијају из неживог свијета, као нпр. из воде, ваздуха, земљишта. Минерали и енергетски ресурси су абиотички ресурси, који се добијају из природе.



Слика 8. Подјела извора енергије<sup>22</sup>

Милановић и др. (2008), указују на различите класификације природних ресурса, па према томе издвајају се подјеле природних ресурса према Блундену, Лојтеру и Хачатурову. Блунден класификује природне ресурсе на три групе: промјенљиве (шуме, земљиште) – њихова количина зависи од људске дјелатности, непромјенљиве (минералне сировине) и континуелне (соларна енергија, енергија вјетра, енергија плиме) – њихово присуство није условљено људском активношћу. Лојтер је извршио подјелу природних извора на потенцијалне (ресурси који у датој економској ситуацији не могу да буду коришћени) и расположиве (природни извори који се могу искоришћавати у конкретним економским условима). Хачатуров даје подјелу природних ресурса према могућности надокнађивања на надокнадиве и ненадокнадиве, према могућности супституције на замјенљиве и незамјенљиве.

Простор источне Херцеговине има одличне природне потенцијале који су значајни за привредни развој и креирање знатно повољнијих услова живота.

<sup>22</sup> Преузето са: <https://slidetodoc.com/primarni-energetski-izvori-neobnovljivi-izvori-energije-su-izvori-2/>

## Необновљиви извори енергије

Необновљиви извори енергије су извори који се не могу обновити и поново произвести након њихове експлоатације. Формирали су се дугим геолошким процесима који су трајали милионима година, па у вези с тим њихове резерве су у лимитираним количинама. „Појам необновљивих извора енергије подразумијева све потенцијалне носиоце неког вида енергије који су једном створени, али се за сада не могу обновити” (Vuković i dr., 2013).

У необновљиве изворе енергије спадају:

❖ Фосилна горива (угаљ, нафта и гас)

Због велике потрошње енергије „резерве фосилних горива се исцрпљују 100 000 пута брже него што се стварају” (Грчић, 1994). Најзаступљенији представник фосилних горива из кога се добија електрична енергија је угаљ. То је енергент који се вијековима користи. „Укупна количина угља који лежи испод Земљине површине је астрономски велика 13 868 милијарди тона, а до сада је из земље извађено нешто више од 400 милијарди тона” (Реџић, 2005). У посљедњих четрдесет година потрошња угља је повећана два пута и „обезбјеђује око 26,57% глобалне примарне енергије и генерише око 40% свјетске електричне енергије” (Bulatović, 2012).

Adamović i dr. (2013), наводе предности необновљивих извора енергије а то су „константност, боља могућност прилагођавања потребама, складиштење и транспорт у природном облику, мање инвестиције за изградњу постројења”, а као главне разлоге њиховог већег коришћења истичу већу техничку могућност и бољу економску оправданост.

Еколошки посматрано необновљиви извори енергије односно фосилна горива, прије свега угаљ представљају један од најопаснијих извора енергије. Основни проблем који настаје приликом сагоријевања фосилних горива јесте ослобађање огромних количина угљен-диоксида са ефектом стаклене баште, а то је уједно и главни узрочник климатских промјена тј. глобалног повећања температура на планети Земљи. Стога су индустријализоване земље свијета потписале и ратификовале Кјото протокол који се залаже за драстично смањење емисије CO<sub>2</sub>, азот оксида, метана и сумпор хексалфлуорида. Све то подразумијева окретање ка обновљивим изворима енергије и ка постепеном смањењу коришћења необновљивих извора енергије.


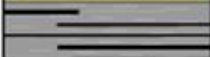

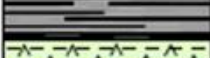


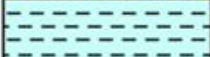







## Угаљ Гатачког угљеног басена

Угаљ је седиментна стијена органског поријекла која има способност горења, па се користи као фосилно гориво. Примарно састоји се од угљеника и водоника, али и других примјеса. Важно је гориво за добијање електричне енергије.

На основу геолошких испитивања установљено је да је у насталој међупланинској депресији одлагање биљне материје и стварање тресета кренуло непосредно након депоновања првих неорганских слојева у одвојеним палеодубљењима плитког језера. Установљено је да се слојеви угља јављају, на мањим или већим растојањима, кроз цио постојећи геолошки стуб неогених седимената, све до врха<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Минералне сировине Републике Српске, 2011.

Q	Oznaka paketa	Maks. deblj. (m)	Naziv paketa
	<sup>13</sup> Ng	35	Krovinske gline i lapori
	<sup>12</sup> Ng	31	Treci krovinski ugljeni sloj
	<sup>11</sup> Ng	28	Drugi krovinski ugljeni sloj
	<sup>10</sup> Ng	24	Prvi krovinski ugljeni sloj
	<sup>9</sup> Ng	22	Gornji tufogeni paket
	<sup>8</sup> Ng	166	Lapori visoke krovine glavnog ugljenog sloja
	<sup>7</sup> Ng	7	Trakasti lapori sa ugljem
	<sup>6</sup> Ng	36	Vapnoviti lapori - "kongenjski nivo"
	<sup>5</sup> Ng	34	Glavni ugljeni sloj
	<sup>4</sup> Ng	45	Lapori i tuffitni lapori (sa melanopsisima)
	<sup>3</sup> Ng	22	Prvi podinski ugljeni sloj
	<sup>2</sup> Ng	95	Lapori, gline i tufovi sa fosarulusima (donji tufogeni paket)
	<sup>1</sup> Ng	21	Drugi podinski ugljeni sloj
	<sup>0</sup> Ng	<100	Gline sa karbonatnim konkrecijama

Слика 9. Шематски приказ геолошког стуба гатачке угљоносне формације (Извор: Олујић и др., 2007)

Угљени басен обухвата површину око 40 km<sup>2</sup> и смјештен је у Гатачком пољу<sup>24</sup>. Према Vukoviću (2011), подијељен је на Централно, Источно и Јужно поље.

Централно поље се састоји од три угљена слоја:

- ❖ Главни (обухвата површину од 4,7 km<sup>2</sup> и експлоатабилну дебљину до 33 m)
- ❖ Први подински (обухвата површину од 4,8 km<sup>2</sup> и дебљину 13,1-22 m)
- ❖ Други подински (обухвата површину од 4,8 km<sup>2</sup> и дебљину 10 m)

Источно поље обухвата:

- ❖ Главни угљени слој (развијен на површини од 8 km<sup>2</sup> и дебљину 13,6 m)
- ❖ Први подински (обухвата површину од 7 km<sup>2</sup> и дебљину 13,8 m)
- ❖ Други подински (дебљине 10 m)

<sup>24</sup> Минеларне сировине Републике Српске, 2011.



Јужно поље („повлатна зона“) састоји се од три кровинска угљена слоја:

- ❖ Првог (површине око 3,7 km<sup>2</sup> и дебљине 24 m)
- ❖ Другог (површине 2,9 km<sup>2</sup> и дебљине 18,5 m)
- ❖ Трећег (дебљине 17,5 m)<sup>25</sup>

У Гатачком басену се налази угаљ лигнитско мрко-лигнитског типа као економски тип сировине. Користи се као енергетско гориво за потребе термоелектране и представља једну од стратешких сировина Републике Српске.

## Историјат геолошких истраживања и валоризације угља

Геолошка истраживања ширег подручја лежишта угља Гацко, заснована на научном приступу и пропраћена објављивањем научних и стручних студија и радова, почињу у првој половини 19. вијека и настављају се промјенљивим интензитетом до данас. Из прегледа доступне документације може се закључити, да су ово подручје у периоду прије Првог свјетског рата истраживали бројни геолози.

У периоду од 1840. године до Другог свјетског рата геологија овог подручја помиње се у радовима аустријских и аустроугарских геолога. Често цитиран F. Katzer, о фосилним угљевима у Босни и Херцеговини наводи да су наслаге Гатачког басена олигомиоценске старости и не слаже се са испитивачима који овим наслагама одређују неогену старост. Основни геолошки подаци о распрострањењу мезозојских и терцијарних јединица у ужем и ширем подручју Гацка налазе се на Кацеровој прегледној геолошкој карти, 1:200.000 (Katzer, 1926) и нешто потпунијој карти исте размјере Симића и др. (1939). Радови и подаци до којих су наведени аутори дошли имају углавном историјски значај, посебно са становишта каснијих обимних детаљних истраживања Гатачког угљоносног басена. Најпотпунији стратиграфски и тектонски приказ Гацка налази се на Основној геолошкој карти СФРЈ (ОГК) размјере 1:100.000, листови Гацко (Mirković i dr., 1974) и Невесиње (Мојићевић, Лаушевић, 1965), као и у пратећим Тумачима за ове карте. Геолошко - економске карактеристике тих истраживања у доброј мјери се огледају кроз историјат рударске дјелатности и развоја термоенергетских капацитета, па се поред тога дају још неки основни геолошко - економски показатељи резултата истраживања угља у подручју рударско - енергетског басена Гацко.

Почетни кораци на искоришћавању руде угља на подручју Гацка извршени су током 1954. године. ПК „Грачаница“ је стављен у функцију 1978. године у западном дијелу Гатачког поља са годишњим капацитетом од 3 200 000 m<sup>3</sup> откритке и 1 800 000 тона угља. Ратна дешавања од 1991 - 1995. године негативно су утицала на развој копа и стање опреме. До 1999. године производња угља и откритке је вршена углавном примјеном континуалне технологије, а тада се у рад уводи и дисконтинуална опрема. У периоду прве организоване експлоатације угља тј. током 1978 - 2015. године експлоатисано је 68 000 000 t угља и уклоњено 115 000 000 m<sup>3</sup> откритке<sup>26</sup>.

## Експлоатација угља

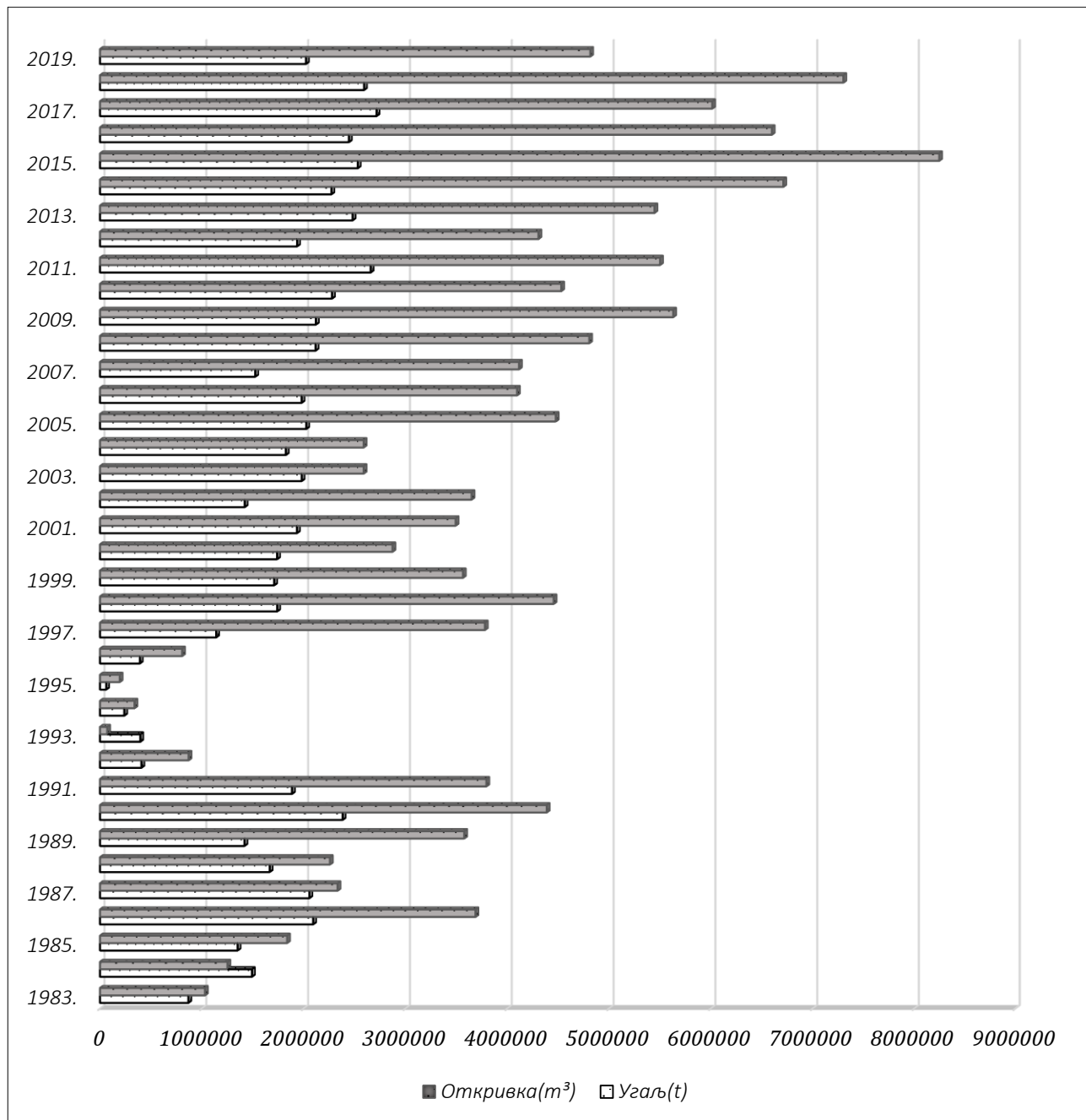
Површински коп „Грачаница“ је смјештен у западном дијелу Гатачког поља и подијелен је на експлоатациона поља: „А“, „Б“ и „Ц“. Експлоатација угља је завршена у пољима „А“ и „Б“, активна је на пољу „Ц“. Такође, 2015. години почела је експлоатација угља повлатних угљених слојева на локалитету Јужног поља. Угаљ из ПК „Грачаница“ се

<sup>25</sup> Дебљина угља износи 2,7 m.

<sup>26</sup> РИТЕ Гацко, интерна документација.

користи за снабдијевање „ТЕ Гацко”, а мањи дио и за широку потрошњу становништва у ужем окружењу<sup>27</sup>.

На уклањању откритке је примијењена континуална и дисконтинуална технологија експлоатације. „Вертикална подјела на откритци извршена је на основу техничко - технолошких карактеристика основне откопне опреме и карактеристика отпорности материјала. Континуална технологија експлоатације се врши са два БТО<sup>28</sup> система и комбајном. Дисконтинуално откопавање откритке обавља се хидрауличним багерима кашикарима и утоварачем“ (Vuković, 2011).



Графикон 8. Преглед производње угља у Гатачком басену од 1983 – 2019. године  
(Извор: РиТЕ Гацко, интерна документација)

<sup>27</sup> [www.ritegacko-rs.ba](http://www.ritegacko-rs.ba)

<sup>28</sup> Багер-транспортне погонске јединице-одлагач.

Одлагање откритке се обавља на Западно спољашње, на унутрашња одлагалишта поља „Б” гдје је завршен процес експлоатације и на активно поље „Ц”. На откопавању угља се користи комбинована технологија селективног откопавања. Селективно издвојена јаловина се транспортује до унутрашњег одлагалишта поља „Ц”. Годишњи капацитет површинског копа на експлоатацији угља је усаглашен са потребама ТЕ Гацко, и износи 2 200 000 t или 1 750 000 m<sup>3</sup>. Максимална годишња производња јаловине износи 9 000 000 m<sup>3</sup>.<sup>29</sup>

## Резерве угља

Прорачун резерви угља у Гатачком угљеном басену вршен је методом паралелних вертикалних профила. У најистраженијем Западном пољу (простор ПК „Грачица”), већина резерви је А - категорије истражености које су билансне као и дио резерви Б - категорије. Резерве Б категорије у заштитном појасу Гојковића потока и ријеке Мушнице сврстане су у ванбилансне<sup>30</sup>. У ове резерве уврштен је и дио главног слоја испод објекта термоелектране (Олујић, 2007.)

Табела 6. Укупне резерве угља Гатачког угљеног басена

Резерве									
	А		Б		Ц <sub>1</sub>		А+Б+Ц <sub>1</sub>		Потенцијалне
	Билансне	Ванбилансне	Билансне	Ванбилансне	Билансне	Ванбилансне	Билансне	Ванбилансне	Ц <sub>2</sub>
Количина (у 000 t)	33 139,6	13 588	114 568	70 013	44 269	16 407 + 7 146	191 154	107 154	36 112

Извор: Документација ТЕ, 2015.

Ово је највреднија минерална сировина источне Херцеговине на којој се заснива садашњи и будући развој. Резерве угља у Гатачком угљеном басену имају велики значај у енергетским билансима Републике Српске. Са потврђеним билансним резервама од 200 000 000 t, ванбилансним од 107 000 000 t и потенцијалним резервама од 36 000 000, може се закључити да Гатачки угљени басен представља стабилан извор енергетских ресурса.

<sup>29</sup> www.ritegacko-rs.ba

<sup>30</sup> Измјештањем корита ријеке Мушнице резерве су класификоване у билансне.

## Обновљиви извори енергије

Обновљиви извори енергије<sup>31</sup> се добијају из природе и за разлику од необновљивих они се могу регенерисати и најчешће немају велики утицај на животну средину. „Сам назив обновљиви, као трајни, потиче од чињенице да се енергија троши у износу који не премашује брзину којом се стварају у природи. Неки пут се међу обновљиве изворе енергије сврставају и они извори за које се тврди да су резерве толике да се могу експлоатисати милионима година. Ово је у супротностима са необновљивим изворима, којима су резерве процијењене на десетине или стотине година, док је њихово стварање трајало десетинама милиона година” (Mihajlović - Milanović, 2010). Коришћење обновљивих извора енергије је од посебног значаја, не само због смањења концентрације угљен-диоксида него и из разлога дугогодишње неекономичне потрошње необновљивих енергената, што је имало за посљедицу исцрпљивање тих природних ресурса. Vidosavljević (2013), наводи да најважнији извор енергије чине фосилна горива „из којих се задовољава око 80% укупне енергетске потребе”, а с обзиром на будући економски развој и све веће потребе за енергијом неопходно је тражити нова рјешења управо у обновљивим или алтернативним изворима енергије.

Битна карактеристика обновљивих извора енергије је то што се временски обнављају и имају велику улогу у смањењу емисије загађујућих материја у атмосфери, „повећању енергетске одрживости система, смањивању увоза енергетских сировина и електричне енергије” (Томић, 2009).

Иако се обновљиви извори енергије користе вијековима, они тек након „енергетске кризе” 1974. године добијају на значају. „Многи енергетичари сматрају да је ово „прелазни период” од досадашње епохе коришћења конвенционалних горива ка будућој епохи коришћења нових и обновљивих извора енергије” (Ђајић, 2002). Глобални еколошки проблеми су уско повезани са глобалном енергетском кризом тако да се „ова два проблема третирају као један проблем а то је проблем добијања еколошки чисте енергије тзв. „green energy” (Hornjak, 2005).

„Алтернативни<sup>32</sup> извори енергије су енергетски ресурси који се могу надокнађивати природним процесима и користити неограничено, под условом да коришћена количина не премашује њихов капацитет обнављања” (Јовановић, Томић, 2011). Алтернативна енергија је форма енергије која поријекло не води од фосилних горива, а њен назив потиче од потребе проналаска алтернативе сагоријевању угљоводоника који доминирају у данашњој свјетској економији.

Обновљиви извори енергије представљају све енергетске изворе који се „налазе у природи и обнављају се у цјелости или дјелимично, посебно енергија водотока, вјетра, неакумулирана сунчева енергија, биомаса, геотермална енергија и др.” (Првуловић и др., 2012). Међународна агенција за енергију (International Energy Agency, IEA) је обновљиве изворе енергије разврстала на двије групе и то: класичне и нове обновљиве изворе енергије. Класични обновљиви извори настају сагоријевањем отпадака попут чврсте биомасе, дрвеног угља, пољопривредних и животињских отпадака. Овим изворима енергије припада и хидроенергија, а нови обновљиви извори енергије обухватају мале хидроцентрале, енергију сунца, вјетра, мора и геотермалну енергију.

---

<sup>31</sup> Енг. Renewable Energy- енергија која се стално обнавља.

<sup>32</sup> Енг. Alternative Energy- извор енергије који је алтернатива фосилним горивима.

Обновљиви извори енергије представљају кључни потенцијал развоја у многим земљама свијета, па је с обзиром на то потребно предузети читав низ активности у циљу њихове веће експлоатације (Ђајић, 2002). Žikić i dr. (2016), наглашавају да је „улагање у зелену економију императив будућег развоја сваке националне привреде. Иако се већина националних политика земаља са тим не слажу, постоје бројне баријере због којих се у овај облик не улаже довољно. Са једне стране неопходно је подизање свијести, знања и схватања о употреби енергије, а посебно кроз коришћење зелене енергије, а са друге стране, укидање свих баријера које на било који начин коче улагање у ове изворе. Сходно томе, у посљедње двије деценије, обновљиве енергије су се развиле од алтернативног извора енергије до једног од значајних сила покретача одрживе економије XXI вијека. Обновљиви извори енергије постају све битнији аспект енергетских система бројних држава. Тако, на примјер, на глобалном нивоу је 2009. године сектор обновљивих извора енергије обезбједио више од 10% потрошене енергије у Европи. Такође, истиче да је постигнуто смањење 7% емисије гасова стаклене баште у односу на ниво из 1999. године што је четвртина од задатог циља, а то је 20% мање емисије гасова стаклене баште у односу на ниво из 1990. године”.

Загађење животне средине као једно од „горућих свјетских питања посљедњих неколико деценија” произвело је тежњу за коришћење обновљивих извора енергије (Žećirović, Baljinac, 2010). Потребно је истаћи да се данас користе сви видови обновљивих извора енергије али још увијек је њихово коришћење мање у односу на необновљиве. Такође, од великог значаја је чињеница да је глобално загађивање прије свега узрок антропогене активности – сагоријевања фосилних горива (Гвозденац и др., 2011). Из свега наведеног произилази тежња ка усмјеравању коришћења алтернативних извора енергије, смањењу коришћења фосилних горива а самим тим и очувању животне средине.

## Хидроенергија

Хидроенергија је енергија која настаје од снаге воде. Она представља конвенционални обновљиви извор енергије који се користи дуго. Хидроелектране представљају један од најприхватљивијих начина добијања електричне енергије из обновљивих извора и оне су најраширеније.

„Имајући у виду да се у природи под дејством Сунчевог зрачења остварује сталан циклус промјене фаза воде и водене паре путем испаравања, кондензације и падавина, хидроенергија постаје све интересантнија, не само за енергетику, већ имајући у виду значај водоснабдијевања и наводњавања, за укупан развој друштва” (Ђајић, 2002). За разлику од термоелектрана које су највећи загађивачи животне средине, хидроцентралне имају далеко мањи утицај. Кључна предност хидроелектрана је у томе што нису емитери загађујућих материја, с обзиром да не користе фосилно гориво као покретач турбине. Ђајић (2002), истиче да се данас у свијету користи само 28% економски искористивог потенцијала. „Око 6400 TWh/год. економског потенцијала се може искористити, што је еквивалентно око 1800 GW”. У Европи се налази око 10% свјетског хидроенергетског потенцијала, тачније око 7% технички искористивог потенцијала. Такође, битно је истаћи да данас производња електричне енергије у хидроелектранама учествује у укупној производњи са око 18%.

За источну Херцеговину може се рећи да кључни природни и развојни ресурс представљају воде. Најзначајнији дио хидроенергетског потенцијала налази се у сливу ријеке Требишњице. Укупна површина слива износи 2254 km<sup>2</sup>. Од тога 1930 km<sup>2</sup> припада територији Републике Српске<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> Минералне сировине Републике Српске, 2011.

## Хидроенергетски потенцијал вода Горњих хоризоната<sup>34</sup>

Приликом истражних радова о коришћењу хидропотенцијала ријеке Требишњице, а посебно испитивањем површинских и подземних токова свих крашких поља источне Херцеговине, схватило се да је изводљиво на ефикасан начин валоризовати њихов хидропотенцијал. Ово пре свега због чињенице да су крашка поља смјештена тако да на релативно малом простору имају велике релативне разлике у надморским висинама.



Карта 5. Систем Горњих хоризоната  
(Извор: ХЕТ)

<sup>34</sup> Пројекат Горњи хоризонти подразумејева искоришћавање вода високих и средњих поља источне Херцеговине (Гатачко, Невесињско, Дабарско и Фатничко).

То су углавном поплавне воде горњих крашких поља<sup>35</sup>, која се налазе узводно од постојеће акумулације Билећа. Оне у природним условима отичу подземним крашким каналима у правцу ријека Брегаве, Буне и Бунице. Проведене анализе показале су да се оне најекономичније могу искористити ако се пребаце у постојећу акумулацију Билећа, и даље искористе на већ изграђеним низводним хидроелектранама: ХЕ Требиње I и II, ХЕ Дубровник и РХЕ Чапљина<sup>36</sup>.

Потврђена стратегија је у сагласности са потребама коришћења хидроенергетских извора и рјешавања сложених водопривредних проблема поменутог подручја. Изградњом система Горњих хоризоната успостављају се повољни хидролошки услови на горњим крашким пољима. На тај начин отклања се проблем плављења Невесињског, Дабарског и Фатничког поља, а системом тунела и акумулација пружа се могућност наводњавање по изузетно повољним условима<sup>37</sup>.

Наведеним концептом је планирано да се дио вода Гатачког поља преведе у акумулацију Заломка на истоименом водотоку. Преведене воде Гатачког поља скупа са властитим од ријеке Заломке искоришћавале би се за потребе ХЕ Невесиње. А потом са водама Невесињског поља користиле би се преко акумулације Невесиње у ХЕ Дабар. Прерађене воде ХЕ Дабар скупа са природним водама Дабарског поља преводиле би се каналом у тунел Дабар-Фатница ка ХЕ Билећа<sup>38</sup>.

Поменутом стратегијом на подручју Горњих хоризоната планирана је изградња три хидроелектране: ХЕ Невесиње (61 MW), ХЕ Дабар (160 MW) и ХЕ Билећа (36 MW).

Систем Горњих хоризоната је велики развојни пројекат чији је основни циљ интегрално уређење, коришћење, заштита и развој слива ријеке Требишњице. Најзначајнији интегрисани економски и еколошки циљеви изградње овог система су<sup>39</sup>:

1. Повећање производње електричне енергије у хидроцентралама Невесиње, Дабар и Билећа.
2. Уређење водног режима крашких поља кроз заустављање учесталих плављења, будући да су поплаве један од најдеструктивнијих удара на екосистеме.
3. Провођење антиерозионих мјера заштите, заштита од бујица, конзервација земљишта, биолошке мјере заштите сливова.
4. Мјере заштите квалитета вода, заштита акумулација од процеса еутрификације.
5. Управљање водним режимом на ширем простору, а огледа се у смањењу великих вода и повећању малих вода, чиме се побољшава еколошко стање низводно од акумулација. Побољшањем водног режима врши се уређење ријечне обале и спречава плављење насеља која су имала проблем од поплава.
6. Одржавање непоремећених режима малих вода Буне и Бунице након реализације пројекта Горњих хоризоната.

---

<sup>35</sup> Укупни билансни вишкови воде на подручју Гатачког, Невесињског, Дабарског и Фатничког поља у просјечно влажној години износе око 116 600 m<sup>3</sup>.

<sup>36</sup> [www.ers.ba](http://www.ers.ba)

<sup>37</sup> Одрживи развој хидро потенцијала на подручју Горњих хоризоната ријеке Требишњице, 2010.

<sup>38</sup> Višenamjensko korišćenje voda Gornjih horizonata rijeke Trebišnjice, 1984.

<sup>39</sup> Одрживи развој хидро потенцијала на подручју Горњих хоризоната ријеке Требишњице, 2010.

## Соларна енергија

Соларна енергија представља енергију која је добијена претварањем сунчевог зрачења у електричну енергију помоћу соларних ћелија, а највећи значај добија седамдесетих година прошлог вијека усљед настанка свјетске енергетске кризе. Поред енергије вјетра, сунчева енергија спада у најкоришћеније обновљиве изворе. Осим што је у питању чиста енергија која не штети животној средини битна карактеристика за њену појачану употребу налази се у чињеници да коришћење обновљивих извора енергије постаје све више економски исплативо. У посљедње вријеме широм свијета, а нарочито на простору Европске уније све више се користе сви облици обновљиве енергије. У новије вријеме све већи значај добија унапређивање енергетске ефикасности са ослонцем на стратегију рационалног коришћења енергије. Првенствено, у питању је коришћење прилива сунчеве енергије. Сунце је заједнички извор свих обновљивих извора енергије чији капацитет се може сматрати неограниченим.

Укупна количина енергије коју Сунце зрачи износи  $3,8 \cdot 10^{26}$  W, док од те количине Земља прима  $1,7 \cdot 10^{17}$  W (Stamenković i dr., 2017). Дакле, Сунчева енергија која долази до Земље је веома велика „и она износи  $1 \cdot 10^9$  TWh годишње”. То вишеструко превазилази све енергетске потребе, тј. петнаест пута више од енергије у укупним свјетским залихама угља (Ђорђевић, 2008). „Сунчево зрачење на Земљи достиже густину снаге од 970-1030 W/m<sup>2</sup>” (Ламбић, 2015). Ова енергија се може користити како за производњу електричне, тако и топлотне. Већина облика енергије на Земљи настала је и настаје дјеловањем Сунчевог зрачења. Коришћењем Сунчеве енергије смањује се потреба за фосилним горивима те се смањује и загађење животне средине проузроковано њиховим сагоријевањем. Сунчева енергија не производи директне емисије загађујућих материја и рад фотонапонских система је потпуно бешуман.

„Енергија Сунчевог зрачења је у принципу највећи извор енергије, јер поред директног коришћења за различите намјене, стално обнавља енергију водних снага, вјетра, плиме и осеке, термалног градијента у океанима и морима и природном фотосинтезом подстиче вегетациони циклус. Такође и сва конвенционална горива су акумулирана енергија Сунчевог зрачења која је допрла до Земље прије много милиона година” (Ђајић, 2002). Важно је напоменути да они дијелови свијета који располажу највећом количином Сунчевог сјаја најмање троше енергије. У вези с тим јавља се потреба интензивнијег коришћења овог природног ресурса у циљу снабдијевања енергијом оних дијелова свијета којима је заиста потребна (Vidosavljević, 2013).

Енергетска политика Европске уније континуирано се залаже за већу експлоатацију обновљивих извора енергије, односно ка масовнијој употреби фотонапонских система. Подстицај експлоатације обновљивих извора енергије једна је од карактеристика политика очувања земљишта, заштите подручја, једном ријечју брига о утицају на животну средину. Што се тиче утицаја фотонапонских технологија на околину поједини аутори наводе:

- Коришћење земљишта и
- Утицај на климу локације.

Приликом инсталације соларних панела од круцијалног значаја је одабир локације да не би дошло до заузимања обрадивих површина и до смањивања биодиверзитета. Свака постојећа вегетација може да буде уклоњена или деградирана постављањем фотонапонских система. Што се тиче утицаја на климу локације она се



јавља као посљедица температуре коју достиже фотонапонски модул<sup>40</sup> током рада, као и загријавање изазвано инфрацрвеном компонентом Сунчевог зрачења. Фотонапонски модул може да достигне температуре 70-80°C, што доводи до загријавања ваздуха у окружењу (Chiabrando et al., 2009). Као што је очигледно да употреба конвенционалних извора енергије има читав спектар негативних ефеката, обновљиве технологије су значајно сигурније и нуде решења за многе проблеме животне средине као и социјалне проблеме повезане са фосилним горивима. Њихова главна предност је у томе што не утичу на осиромашавање природних ресурса, смањују емисију загађујућих материја, побољшавају квалитет водних ресурса, редукују изградњу далековода и слично. Са друштвено-економског становишта значај експлоатације соларне енергије огледа се у повећању регионалне/националне енергетске независности, сигурност снабдијевања енергијом, подршка дерегулације енергетских тржишта, убрзање руралне електрификације у земљама у развоју и слично (Tsoutsos et al., 2005).

Производња електричне енергије из соларних панела 2018. у односу на 2017. годину порасла је за више од 30%, на преко 580 TWh. Са овим повећањем, удио соларне енергије у глобалној производњи електричне енергије први пут је премашио 2%. То је четврта по величини технологија обновљивих извора електричне енергије у смислу производње, након хидроенергије, енергије вјетра и биоенергије (IEA, 2019).

Будући да у источној Херцеговини постоје веома погодни природни услови за коришћење соларне енергије, велики број сунчаних дана у години, потребно је преузети све активности на интензивирању употребе овог обновљивог ресурса.

Највеће дневне вриједности за интензитет директног Сунчевог зрачења имају Требиње, Ластва, Љубиње и Плана (Pavlović i dr., 2013). На подручју Требиња планирана је изградња соларне електране инсталисане снаге од 100 MW са просјечном годишњом производњом од 147,7 GWh.

О потенцијалима обновљивих извора енергије, па тако и Сунца, нема потребе ни говорити, него се треба фокусирати на рјешавање различитих баријера како би се омогућило њихово коришћење јер у супротном све остаје само на потенцијалима и нема никакве друштвене користи.

## Енергија вјетра

Један од најбрже обновљивих извора енергије је енергија вјетра. Она је свеprisутна и непотрошна. Енергија вјетра представља потенцијални извор обновљиве енергије. Дакле, енергија вјетра као дио обновљивих извора енергије почиње се све више истраживати и искоришћавати. Њени потенцијали су били познати још старим Египћанима а почињу се и данас сматрати за озбиљне ресурсе иако је све до индустријске револуције вјетар уз дрво био највећи извор енергије и користио се за покретање млинова и пумпи за воду. „Енергија вјетра је трансформисани облик Сунчеве енергије. Сунце неравномјерно загријава различите дијелове Земље и то резултира различитим притисцима ваздуха, а вјетар настаје због тежње њиховог изједначавања. Као добре стране искоришћавања енергије вјетра истичу се висока поузданост рада постројења, нема трошкова за гориво и нема загађивања околине. Лоше стране су високи трошкови изградње и промјенљивости брзине вјетра, због чега се не може гарантовати испоручивање енергије” (Јовановић i dr., 2012). Да би се обезбиједила економична производња електричне енергије у вјетрогенераторима потребно је да средња годишња брзина вјетра буде већа од 6 m/s (Milosavljević i dr., 2010). Генерално посматрано,

---

<sup>40</sup> Фотонапонски модул (енг. PV – Photovoltaic).

енергетски потенцијали вјетра су различити у различитим дијеловима свијета па самим тим и могућности његовог коришћења. „Средња брзина вјетра на висини 20-30 метара изнад Земљине површине треба да је довољно велика да би могла да се користи за претварање у другу врсту енергије. Од почетне снаге вјетра може се искористити 30-40%” (Ђукановић, 1996).

Индустријском револуцијом и наглом експлоатацијом фосилних горива и производњом електричне енергије у термoeлектранама маргинализована је употреба вјетрогенератора. Међутим, сада енергија вјетра постаје све конкурентнија традиционалним фосилним горивима. Према становишту Ђуровића (2001), енергијом вјетра би се могло покривати више од 20% свјетске електричне енергије до 2040. године. Савремене вјетротурбине почеле су да се користе у индустријске сврхе масовније почетком 80-их година прошлог вијека. Од тада па до краја наредне деценије просјечна снага турбине повећана је за око 100 пута. Током истог периода трошкови производње струје из енергије вјетра смањени су за 80%.

На основу процјена посљедњих година у свијету су повећани инсталациони капацитета вјетрогенератора до 30%. Многи су мишљења да ће у земљама Европске уније производња електричне енергије из ових извора бити много већа него што је предвиђено (Ђуровић, 2005).

Најважнија карактеристика коришћења енергије вјетра огледа се у томе што не загађује околину у толикој мјери колико необновљиви извори и иза себе не оставља тешко разградиви отпад. Производња енергије путем вјетроелектрана је, у поређењу са негативним утицајем на животну средину традиционалних извора електричне енергије, значајно мања, јер оне за свој рад не користе гориво и самим тим не доприносе повећању емисије гасова са ефектом стаклене баште. „У току 2001. године, вјетрогенератори су смањили емисију CO<sub>2</sub> за око 24\*10<sup>6</sup> t, SO<sub>2</sub> за око 80\*10<sup>3</sup> t и NO<sub>x</sub> за око 65\*10<sup>3</sup> t” (Норњак, 2005).

Негативни утицаји који вјетроелектране могу да остављају на животну средину огледају се у утицају на станишта која се налазе у непосредној близини, могућа су страдања птица усљед судара са вјетрогенераторима, мијењање миграционих навика, смањење доступних пребивалишта и поремећаји везани за прехранивање (Бегич, Нађиабдић, 2011). Приликом рада вјетротурбина долази до појаве буке, међутим развојем савремених технологија њен ниво је значајно смањен.

Изградњом вјетропаркова јавља се повећање нивоа електромагнетних зрачења што може узроковати сметње код пријема радио и микроталаса, који се користе за пренос радио и телевизијских сигнала. Такође, због рефлексије електромагнетних сигнала на лопатицама ротора може доћи до нежељене појаве узајамног утицаја таласа (слабљења или појачавања).

Њемачка државна компанија за одрживи развој GTZ<sup>41</sup> је 2004. године израдила регионални Атлас енергетског потенцијала вјетра у БиХ. На основу истраживања утврђено је да је расположиви потенцијал вјетра у Републици Српској значајан за изградњу вјетроелектрана а посебно је интересантан простор источне Херцеговине – Попово поље у Требињу, Морине, Хргуд у Берковићима, Крушевљани, Гребак и Горња Трусуна у Невесињу<sup>42</sup>. Поменуте локације су погодне за изградњу средње великих вјетроелектрана.

За Републику Српску од посебног интереса су локални планински вјетрови који дувају у приземном слоју атмосфере на висини од 200 m од тла, па овакве локације погодују постављању вјетротурбина. Као једна од таквих локација је и Трусуна која се

<sup>41</sup> GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH).

<sup>42</sup> Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године.

налази на граници општина Невесиње и Берковићи. С циљем сагледавања детаљнијих могућности за изградњу вјетропарка вршена су истраживања вјетропотенцијала која су обухватила дугорочна мјерења брзине, правца и јачине вјетра. Мјерење је извршено коришћењем стубова висине од 12 и 50 метара у периоду од 2006-2009. године, док је процес мјерења на стубу висине од 50 m трајао до 2012. године. У настојању да се одреде што вјеродостојнији подаци забиљешка измјерених података је спроведена путем такозваних дата логера у форми серије сваких 10 минута за вриједност брзине вјетра регистрованих на анемометру, а вриједност правца вјетра путем показивача правца вјетра и метеоролошких сензора. Прорачун услова вјетра направљен је на основу забиљежених података<sup>43</sup>.

Табела 7. Резултати мјерења брзине вјетра на локацији Трусуна са стубом висине 12 m

Карактеристика	Вриједност
Висина мјерења	11,5
Мјесто монтаже носача	Врх стуба
Расположивост података	99,3% (сваких 10 мин.)
Просјечна брзина	7,46 m/s
Коригована брзина	10,67 m/s

Извор: Студија о процјени утицаја вјетроелектране Трусуна, 2011.

За мјерни стуб од 50 m сваких 10 минута вршено је мјерење вриједности вјетра на четири анемометра.

Табела 8. Резултати мјерење брзине вјетра на локацији Трусуна са стубом висине 50 m

Карактеристика	Вриједност			
Канал	3	13	6	2
Висина мјерења (m)	41,75	41,66	48,45	49,9
Мјесто монтаже носача (степени)	45	-35	45	90
Расположивост података (%)	100	100	100	100
Просјечна брзина (m/s)	7,34	7,19	6,73	9,45
Коригована брзина (m/s)	8,49	8,32	7,62	10,65

Извор: Студија о процјени утицаја вјетроелектране Трусуна, 2011.

На основу представљених података укупна израчуната просјечна брзина вјетра на стубу висине 12 m износила је 7,46 m/s, а на стубу висине 50 m (7,67 m/s). Узимајући у обзир ове податке извршена је процјена производње електричне енергије. С тим у вези, вјетропарк Трусуна би могао да производи електричну енергију на бази коришћења расположивог вјетропотенцијала са капацитетом од 15 вјетротурбина појединачне снаге 3,3 MW, што даје укупни производни капацитет система (15 турбина) од 49,5 MW. Годишња производња вјетропарка Трусуна износила би 160 000 MWh<sup>44</sup>.

Такође на подручју општине Невесиње интересантно мјесто за изградњу вјетропарка је Гребак. С тим у вези у периоду од 2008-2012. године извршена су мјерења брзине вјетра на одређеним висинама чиме је доказано да ова локација пружа могућност

<sup>43</sup> Studija o ekonomskoj opravdanosti izgradnje vjetroparka „Trusina” u Nevesinju, 2017.

<sup>44</sup> Isto, str. 23.

изградње вјетропарка инсталиране снаге 49,5 MW са појединачном снагом вјетротурбина од 3,3-3,6 MW.

На нивоу од 20 m изнад тла брзине вјетра се крећу 6,48 m/s. На 30 m изнад тла брзина је у просјеку већа за 1 m/s него на 20 m, а на висини од 60 m износи 7,23 m/s. Током зимског периода честа је појава сјеверца чија просјечна брзина на 30 m изнад тла износи 7,8 m/s, а на висини од 60 m - 8,9 m/s. Током прољећа најзаступљенији је јужни вјетар са брзином од 6 m/s на 20 m и 7,3 m/s на 60 m над тлом<sup>45</sup>.

Поред Трусине и Грпка за изградњу вјетроелектране погодан је и локалитет Хргуда. Мјештовити холдинг (МХ) „Електропривреда Републике Српске” провела је једногодишње испитивање потенцијала вјетра на овом подручју. Установљено је да постоје повољности за изградњу вјетропарка инсталисане снаге 66 MW и просјечне годишње производње око 180 GWh. Анализом испитивања установљено је да средња годишња брзина вјетра износи од 6,1-8,1 m/s.

---

<sup>45</sup> Studija o ekonomskoj opravdanosti za produženje koncesionog ugovora sa 30 na 50 godina za izgradnju i eksploataciju vjetroparka u Nevesinju od 49,5 MW, izgrađenog u pet proizvodnih kapaciteta, 2017.

## УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Приликом производње електричне енергије, енергетски системи носе различит потенцијал негативног утицаја на животну средину. Њих је неопходно идентификовати и проучити начине на који могу да утичу на загађење ваздуха, воде, земљишта. На крају је потребно открити и спроводити ефикасне методе за смањење загађења.

### Утицај термоенергетских постројења на животну средину

Под појмом животна средина подразумевамо све оно чиме смо окружени, тачније све оно чиме је на неки начин непосредно или посредно повезана човјекова животна и производна активност. Наглим развојем човјечанства дошло је до угрожавања свих медијума животне средине чије су посљедице различите и превасходно зависе од врсте загађујућих материја и степена загађивања (Čučulović i dr., 2011). Развојем индустријске активности човјек је нарушио животну средину, а самим тим и „равнотежу природних биоценоза као и материјалних и енергетских токова у биосфери” (Mitovski, 2008).

„Развој човјечанства и потреба за задовољењем енергетских потреба учинила је да се све до друге половине XX вијека није посвећивала довољна пажња процесима и појавама које прате производњу, дистрибуцију и потрошњу енергије, а које, као што су научна испитивања показала имају значајан ефекат на човјекову околину” (Stojiljković, 2005). При свим енергетским процесима долази до загађења животне средине и њених медијума.

Производња електричне енергије из термоенергетских постројења на углав представља највећу опасност када је у питању загађење животне средине, због емисије штетних гасова који настају као продукт технолошког процеса производње енергије. С обзиром на ту чињеницу поменутој дјелатности се налаже свеобухватан, комплексан и цјеловит приступ заштите и унапређења животне средине (Цвејић и др., 2013). Већ је познато да је квалитет ваздуха достигао велики ниво загађености у многим областима свијета па је све актуелније питање шта предузети и које мјере спроводити са циљем умањења негативних утицаја.

Када је у питању енергија „проблем загађења животне средине повезан је са чињеницом да највећи дио произведене електричне енергије, око 70% потиче из термоелектрана које користе фосилна горива” (Avakumović, 2008). Приликом производње електричне енергије у термоенергетским постројењима долази до ослобађања гасова као што су сумпор-диоксид, азотни оксиди, угљен-диоксид, угљен-моноксид, чађ и лебдеће честице. Услјед једногодишњег рада термоенергетског постројења инсталиране снаге 1000 MW испусти се у атмосферу 8,5 милиона тона угљен-диоксида, 40 000 тона сумпор-диоксида, 6 милиона тона прашине и 0,5 милиона тона пепела који одлети у ваздух (Црногорац, 2006).

Од укупно присутног сумпор-диоксида у атмосфери 1/3 настаје сагоријевањем фосилних горива. Углав као фосилни енергент садржи 0,2-5% сумпора у виду једињења (Ђармати, 2007). Код појединих садржај сумпора достиже и до 10%.

Утицај површинских копова угља и термоелектрана на животну средину је вишеструк. Експлоатацијом у рудницима долази до спуштања нивоа подземних вода на ширем подручју, њихове промјене правца и динамике циркулације, девастације и деградације земљишта, уништавања станишта и сл. Термоелектране загађују животну средину честицама из ложишта котла, депонијама угља, шљаке, пепела, долази до

настанка отпадних вода које имају негативан утицај на површинске и подземне воде и изазивају контаминацију земљишта тешким металима.

Примјењујући савремене методе одсумпоравања постоји могућност одстрањивања 90% сумпор-диоксида и 99% пепела. Те методе обухватају регенеративни и нерегенеративни приступ. Али с друге стране приликом примјене нерегенеративног приступа јавља се проблем настанка ефлуената који загађују воду. Многа термоенергетска постројења нису у могућности да спроведу овај приступ одстрањивања загађујућих материја због релативно високих цијена. Регенеративни приступ подразумијева додавање пијеска и кречњака у смјешу што доводи до лакшег сагоријевања. Кречњак има могућност да упија сумпор-диоксид током сагоријевања угља а након тога се уклања са пепелом (Jablanović i dr., 2003).

### **Анализа и оцјена утицаја Рудника и термоелектране Гацко на животну средину**

Рудник и термоелектрана Гацко, као један од водећих енергетских објеката Републике Српске налазе се у сјевероисточном дијелу Херцеговине. Године 1974. отворен је површински коп Грачаница капацитета 1,8 милиона тона угља годишње и постројење инсталисане снаге 300 MW. Термоелектрана послује у оквиру Зависног предузећа (ЗП) Рудник и Термоелектрана „Гацко” А. Д. Гацко (Додер, 2011).



Слике 10 и 11. Рудник и термоелектрана Гацко (фото: Црногорац Љ., 2019)

Приликом рада термоелектрана и површински коп без обзира на сва техничко-технолошка рјешења и коришћење опреме представљају извор загађења животне средине. Самим тим евидентни су негативни утицаји на животну средину и њене појединачне медијуме: ваздух, воду и земљиште.

С обзиром на физичку и хемијску природу сировина издвојени су сљедећи утицаји:

- Загађење атмосфере емисијом гасова, прашине и повећаном буком;
- Загађење тла и водотока, односно подземних вода при неадекватном третману отпадних вода са површинског копа, на депонији пепела и вода које настају као посљедица рада термоелектране;

- Контаминација земљишта и водотока пепелом, шљаком, другим отпадним материјама, као и могућност стварања дивљих депонија због неконтролисаног одлагања отпада;
- Загађење земљишта и водотока, усљед цурења мазута због лоше конструкције резервоара;
- Могућност избијања пожара при неадекватном руковању запаљивим течностима и при појави самозапаљења угља;
- Нарушавање свих медијума животне средине при неадекватном управљању хемикалијама<sup>46</sup>.

## Утицај Рудника и термоелектране Гацко на ваздух

Од самих почетака свога постојања човјек је испољавао свијест о значају и улози средине којом је био окружен и која му је пружала елементарне услове за живот. Слично другим живим бићима човјек је био повезан са цјелокупном неживом и живом природом која је чинила интегрални дио природног оквира његовог битисања. Током дугог периода човјек и природа су се релативно хармонично развијали и унапређивали. Природа је помагала човјеку да опстане, давала му своје богатство и била несебична према њему. У његовој скоријој историји, захваљујући великом прогресу науке и технике, у трци за напретком човјек је заборавио на природу. Због унапређења квалитета живота и остваривања економске добити, човјек из природе узима много тога што му је потребно. На тај начин унапређује животну средину, али је истовремено и девастира, јер многи природни ресурси, међу којима је и ваздух, су лако подложни загађивању, деструкцији и девастацији, и губе своју употребну вриједност (Stanković, 2017). Квалитетан ваздух је основни услов за здравље и опште добро свих људи и екосистема. Загађен ваздух одражава се на бројне начине, како на здравље сваког човјека, тако и на екосистеме и материјале. У технолошком процесу откопавања угља и откривке, површински копови су извори емисија у ваздух: прашине, издувних гасова који потичу од течних енергената и буке. Највећи и најзначајнији негативан утицај на квалитет ваздуха радне и животне средине има емисија прашине, која настаје за вријеме радова на површинском копу. Прашина је минералног поријекла и настаје приликом откопавања, транспорта, дробљења и одлагања угља. Утицаји прашине су позиционирани и на мјесту формирања радних и завршних косина копа и настају као посљедица механичке деградације при откопавању откривке и угља на површинском копу. Из хемијског састава угља закључује се да прашина која настаје од угља у свом саставу има и силицијум-диоксид, те због тога може имати негативан утицај на здравље радника.

Извори емисије прашине на површинском копу су:

- процес рада на откопавању, транспорту и одлагању откривке,
- процес рада на дробљењу, транспорту и одлагању угља,
- процес депоновања шљаке и пепела.

Негативни утицаји прашине на квалитет ваздуха су нарочито изражени у љетњем периоду године када су релативно високе температуре ваздуха, низак садржај воде и појачан вјетар, јер се тада стварају велике количине прашине у контурама површинског копа. У току рада рударске механизације јављају се ове емисије које негативно утичу на квалитет ваздуха мијењајући битно услове радне средине на површинском копу.

<sup>46</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница”, Гацко до краја експлоатације, 2004.

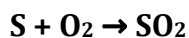
Прашина на површинском копу настаје и при откопавању јаловине и угља, кретању рударске механизације транспортним путевима, одлагању јаловине на одлагалиштима и при одлагању пепела на депонију. Утицај на квалитет ваздуха, првенствено радне средине, имају и издувни гасови који настају као посљедица сагоријевања дизел горива. Извори емисија штетних гасова су рударска механизација и опрема на површинском копу која као погонско гориво користе енергент Д-4: хидраулични багери кашикари, дамperi, камиони, булдожери, утоварачи, као и остала помоћна опрема. Извор стварања прашине код дробиличних постројења је на пресипним мјестима при истресању маса у пријемни бункер дробилице и при самом дробљењу маса. Приликом транспорта прашина се ствара истресањем материјала у пријемне бункере дробиличних постројења, дробљењем подлоге пута, преносом ситног материјала на гумама камиона, просипањем материјала из камиона и подизањем прашине иза камиона вртложним струјањем ваздуха<sup>47</sup>. Осим утицаја површинске експлоатације још веће посљедице на загађење ваздуха оставља процес сагоријевања угља приликом производње електричне енергије. Утицај термоенергетских постројења огледа се прије свега у емисији гасовитих и прашкастих загађујућих материја.

У склопу термоелектране Гацко, налазе се двије котловнице. Обе представљају потенцијалне загађиваче животне средине путем емисије димних гасова.



Слике 12 и 13. Испуштање непречишћених димних гасова у ваздух  
(фото: Тришић С., 2021)

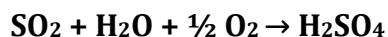
Основни утицај у процесу производње топлотне енергије на ваздух манифестује се кроз емисију димних гасова који настају као продукт сагоријевања угља. Основни полутанти који настају приликом сагоријевања угља су сумпор–диоксид ( $\text{SO}_2$ ) и угљен–моноксид ( $\text{CO}$ ).



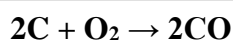
<sup>47</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница”, Гацко до краја експлоатације, 2004.



У реакцији сумпор-диоксида са водом и кисеоником из ваздуха настаје сумпорна киселина, односно киселе кише које угрожавају биљни свијет и материјална добра.



Приликом непотпуног сагоријевања угљеника, што се може десити услед недовољног довођења ваздуха у ложиште настаје веома отровни угљен-моноксид. Поред наведених гасова настају и оксиди азота, сумпора, угљен-диоксид и други.



При сагоријевању угља емитују се чврсте честице које се, углавном, састоје од угљеника, оксида силицијума, алуминијума и гвожђа, а представљају летећи пепео. Димни гасови настали у процесу сагоријевања угља из велике котловнице смјештене у главном машинском објекту, одводе се у димњак са два симетрична прикључка. Прије уласка у димњак врши се отпрашивање димних гасова у електрофилтерима. Димни гасови из котла пречишћени у електрофилтерима се одводе у ваздух преко димњака висине 162 m.

На основу свега наведеног потребно је сагледати у којој мјери поменуто постројење утиче на ваздух, односно извршити анализу загађења.

### Мјерења и анализе резултата емисија у ваздух

Емисија представља испуштање загађујућих материја у гасовитом, чврстом или течном агрегатном стању из одређених извора загађења у ваздух<sup>48</sup>. Будући да РиТЕ Гацко није имала властиту опрему за праћење емисије димних гасова до 2009. године, анализе су радиле акредитоване лабораторије. У циљу сагледавања квалитета ваздуха предузеће „Sistem Qualita, S” д.о.о. Пале је израдило „Извјештај о узорковању, мјерењу, лабораторијском испитивању емисије штетних материја у ваздух: анализа угља, шљаке, пепела”. Резултати мјерења емисије димних гасова иза електрофилтера, а прије уласка у димњак представљени су у наредној табели<sup>49</sup>.

Табела 9. Резултати мјерења емисије димних гасова за ТЕ Гацко - велика котловница

Р. бр.	Концентрација загађујућих материја (mg/m <sup>3</sup> )				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Честице
1.	783	814	140	287	862
2.	1264	843	188	399	772
3.	582	699	158	279	1008
Ср. вриј.	876,33	758,33	162	321,66	880,66

Извор: Документација ТЕ Гацко, 2007.

<sup>48</sup> Закон о заштити ваздуха, Службени гласник Републике Српске, број 124.

<sup>49</sup> Мјерење емисије димних гасова извршено је у три временска интервала 1, 2, 3.

Да би увид у степен загађености ваздуха био потпунији потребно је добијене резултате упоредити са вриједностима прописаним Правилником о граничним вриједностима емисије у ваздух из постројења за сагоријевање (Службени гласник Републике Српске бр. 39/05).

На основу поређења средњих вриједности емисије загађујућих материја из велике котловнице са поменутиим Правилником евидентно је:

- средње вриједности емисије сумпор-диоксида ( $876,33 \text{ mg/m}^3$ ), азотних оксида ( $758,33 \text{ mg/m}^3$ ) и чврстих честица ( $880,66 \text{ mg/m}^3$ ) прекорачују граничне вриједности емисије.
- емисија угљен-моноксида ( $162 \text{ mg/m}^3$ ) се налазила у оквиру граничне вриједности емисије.

Повећане вриједности емисије загађујућих материја указују да је енергент који се користи (лигнит) неуједначеног квалитета. Други проблем представља непотпуно функционисање електрофилтерског система.

Табела 10. Граничне вриједности емисија из ложишта на чврста горива

Загађујућа материја	Постојећа постројења		
	Снага постројења (у MW)	Гранична вриједност емисије ( $\text{mg/m}^3$ )	
SO <sub>2</sub>	50-100	2000	
	100-500	2000-400 (линеарно смањење)	
	>500	400	
	Нова постројења		
	50-100	850	
	100-300	200	
	>300	200	
	NO <sub>x</sub>	Постојећа постројења	
Снага постројења (у MW)		Гранична вриједност емисије, $\text{mg/m}^3$	
		до 2016.	послије 2016.
50-500		600	600
>500		500	200
Нова постројења			
50-100		400	
100-300		200	
>300	200		
чврсте честице	Постојећа постројења		
	Снага постројења (у MW)	Гранична вриједност емисије, $\text{mg/m}^3$	
		$\geq 500$	50
	<500	100	
	Нова постројења		
	50-100	50	
>100	30		

Извор: Директива ЕУ 2001/80/ЕС

Приликом поређења резултата мјерења емисије димних гасова из велике котловнице, које је урадио „Sistem Qualita, S” д.о.о., Пале, са граничним вриједностима из директиве

EU 2001/80/EC<sup>50</sup> за постојећа постројења примјећује се да су прекорачене граничне вриједности сумпор-диоксида, азотних оксида и чврстих честица.

Табела 11. Резултати емисије димних гасова  
(вањска температура 16°C, при снази котла од 25,4 MW)

Хемијско једињење	Јединица мјере	Вријеме мјерења	
		8 h 17 min	8 h 32 min
Кисеоник (O <sub>2</sub> )	%	13,7	16
Угљен-моноксид (CO)	mg/m <sup>3</sup>	1385	889
Угљен-диоксид (CO <sub>2</sub> )	%	5,5	3,7
Сумпор-диоксид (SO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	160	187
Азот-диоксид (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	16	8
Азотни-оксиди (NO <sub>x</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	140	105
Азот-моноксид (NO)	mg/m <sup>3</sup>	124	9
Вишак ваздуха λ	%	2,9	4,3
Губитак топлоте qA	%	7	11,2
зацрњеност по Bacharach-у		2	0
температура гасова °C		80	90

Извор: Документација ТЕ, 2008.

Институт заштите, екологије и информатике Бањалука извршио је мјерење емисије димних гасова из мале стартне котловнице. Мјерење је извршено на једном котлу тј. на мјесту излаза димних гасова из котловнице.

Табела 12. Граничне вриједности емисија из ложишта

Полутанти	Снага постројења (MW)	ГВЕ, mg/m <sup>3</sup>
Угљен-моноксид CO	10-50	1700
Азотни оксиди изражени као NO <sub>x</sub>	10-50	150-350
	> 50 (за нова постројења)	450
Чађ за ложишта на средње и тешко уље, ГВЕ по Бакараку	-	2
Сумпор-диоксид SO <sub>2</sub>	>500 (за нова постројења)	400

Извор: Правилник о граничним вриједностима емисије у ваздух из постројења за сагоријевање (Службени гласник Републике Српске, бр. 39/05)

<sup>50</sup> Босна и Херцеговина је потписница уговора о оснивању енергетске заједнице између ЕУ и земаља Југоисточне Европе, прихваћени су рокови за имплементацију законодавства ЕУ које се односе на животну средину, тако да има обавезу да имплементира Директиву 2001/80/EC Европског парламента и Савјета од 23.10.2001. године о ограничења емисије одређених загађивача у ваздух од стране великих термо постројења, као и Директиву 2010/75/EU о индустријским емисијама за постојећа постројења. БиХ је изабрала опцију имплементације NERP (национални план за смањење емисије), који подразумева постепено смањење емисија до вршних граничних емисија (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> и прашине) базираних на граничним вриједностима емисије утврђеним у Директиви 2010/75/EU. Према Одлуци D/2013/05/MC-EnC, NERP се може примјењивати само од 1. јануара 2018. до 31. децембра 2027. године.

Мјерење емисије димних гасова из димњака котловнице обављено је помоћу аутоматског гасног анализатора<sup>51</sup>. Извршено је мјерење концентрације: угљен-моноксида, угљен-диоксида, сумпор-диоксида, азотних оксида и температуре гаса. Такође, одређена је зацрњеност димних гасова, а резултат вреднован према скали по Vacharach-у за течна горива.

Упоредјујући резултате мјерења емисије димних гасова из мале (стартне) котловнице са вриједностима из Правилника о граничним вриједностима емисије у ваздух из постројења за сагоријевање (Службени гласник Републике Српске бр. 39/05) за постројења топлотне снаге од 10-50 MW евидентно је:

- да се измјерена вриједност угљен-моноксида (1385 mg/m<sup>3</sup>), азотних оксида (140 mg/m<sup>3</sup>) и сумпор-диоксида (187 mg/m<sup>3</sup>) налази у оквиру граничних вриједности емисије.
- Да добијена зацрњеност димних гасова, која је упоређена са скалом по Бакараку, не прелази граничне вриједности прописане чланом 19. наведеног Правилника.

Табела 13. Граничне вриједности емисија из ложишта за течна горива

Загађујућа материја	Постојећа постројења	
	Снага постројења (у MW)	Гранична вриједност емисије, mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	<50	1700
	50-300	1700
	300-500	1700-400 (линеарно смањење)
	>500	400
	Нова постројења	
	50-100	850
	100-300	400-200 (линеарно смањење)
	>300	200
NO <sub>x</sub>	Постојећа постројења	
	Снага постројења (у MW)	Гранична вриједност емисије, mg/m <sup>3</sup>
	50-500	450
	>500	400
	Нова постројења	
	50-100	400
	100-300	200
>300	200	
Чврсте честице	Постојећа постројења	
	Снага постројења (у MW)	Гранична вриједност емисије, mg/m <sup>3</sup>
	за сва постројења	50
	Нова постројења	
	50-100	50
>100	30	

Извор: Директива EU 2001/80/EC

<sup>51</sup> Gas Analyzer IMR 2800 P

Приликом поређења резултата мјерења емисије димних гасова из мале котловнице са граничним вриједностима из директиве EU 2001/80/EC измјерене вриједности сумпор-диоксида и азотних оксида не прекорачују граничне вриједности које су прописане у директиви.

Такође, 2008. године предузеће Sistem Qualita, S је извршило мјерење емисије штетних материја у струји димних гасова и то на мјерном мјесту у димоводном каналу, да би се добио репрезентативни узорак са равномјерном расподјелом штетних материја преко цијелог пресека димоводног канала. Проток димних гасова у јединици времена је сведен на нормиране услове (притисак 1013 mbar и температура 273 K). Измјерена је просјечна емисија SO<sub>2</sub> од 1719 mg/m<sup>3</sup>, што је чак четири пута више од дозвољене вриједности. Емисија NO<sub>x</sub> је била испод граничних вриједности и износила је 298 mg/m<sup>3</sup>, док је емисија чврстих честица (1911,5 mg/m<sup>3</sup>) имала 38 пута већу вриједност од дозвољене<sup>52</sup>.

Димни гасови настали процесом сагоријевања угља у котлу прије уласка у димњак се пречишћавају путем електростатичких таложника. Између котловнице и димњака смјештени су електрофилтери, димни вентилатори и димноводни канали. Уграђена су два електрофилтера са десет поља и пројектовани су тако да се уклапају у двије линије одвода димних гасова – канал А и канал Б. Димни канали налазе се на висини од 2,5 m од земље. Мјерна мјеста су направљена тако да формирају 3 пресека дијагонала канала. Пречник канала на мјерном мјесту је 4,55 m, а дебљина зида канала је 8 mm. Праћење емисија димних гасова за блок ТЕ Гацко од 2009. године обавља се континуално властитом опремом<sup>53</sup> инсталисаном у димним каналима. Врше се мјерења концентрације SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, прашине, брзине димних гасова, протока димних гасова и температуре.

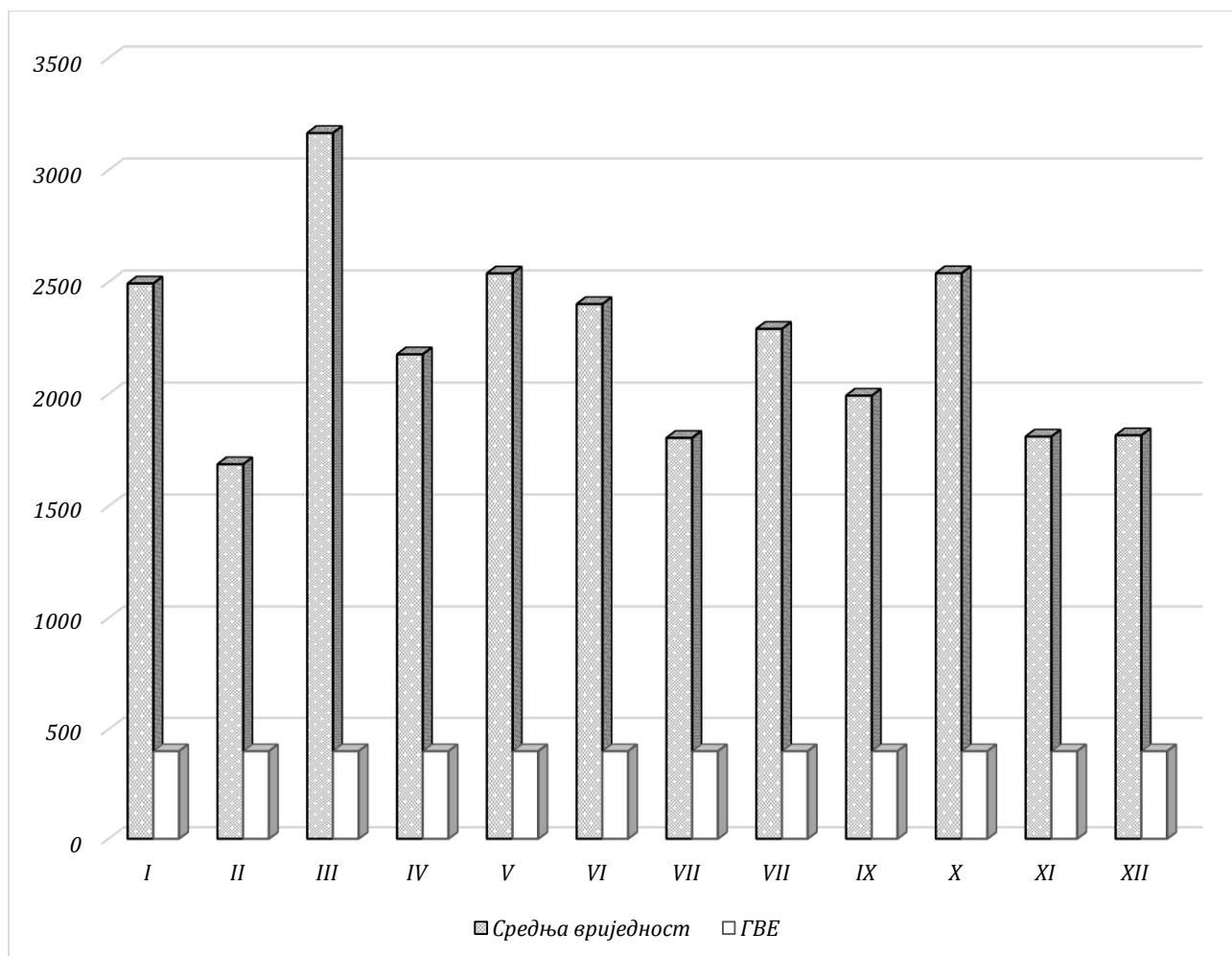
Табела 14. Емисија сумпор-диоксида (mg/m<sup>3</sup>) у димном гасу 2014. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност SO <sub>2</sub>		
Јануар	2454,401	2494,126	2474,264
Фебруар	1477,162	1897,008	1687,085
Март	3442,464	2888,985	3165,725
Април	2496,608	1859,09	2177,849
Мај	2777,653	2300,581	2539,117
Јун	2699,365	2104,813	2402,089
Јул	1628,832	1980,897	1804,865
Август	2334,502	2248,657	2291,58
Септембар	2334,502	1652,516	1993,509
Октобар	2675,314	2404,677	2539,996
Новембар	1885,47	1736,385	1810,928
Децембар	1934,852	1698,222	1816,537

<sup>52</sup> Dokumentacija TE, 2008.

<sup>53</sup> Када је у питању континуално мјерење емисије димних гасова у постројењу термоелектране Гацко присутан је проблем учесталих кварова на инструментима, па из тога разлога се не располаже потпуним подацима.

Основни утицај, у процесу производње електричне енергије на ваздух манифестује се кроз емисију димних гасова који настају као продукт сагоријевања угља. Циљ мјерења је утврђивање постојећег стања и провјера квантитативних и квалитативних карактеристика емисија у емитованим димним гасовима. На основу обраде података РиТЕ Гацко извршена је анализа средњих мјесечних количина емитованих полутаната за период од 2014 до 2016.

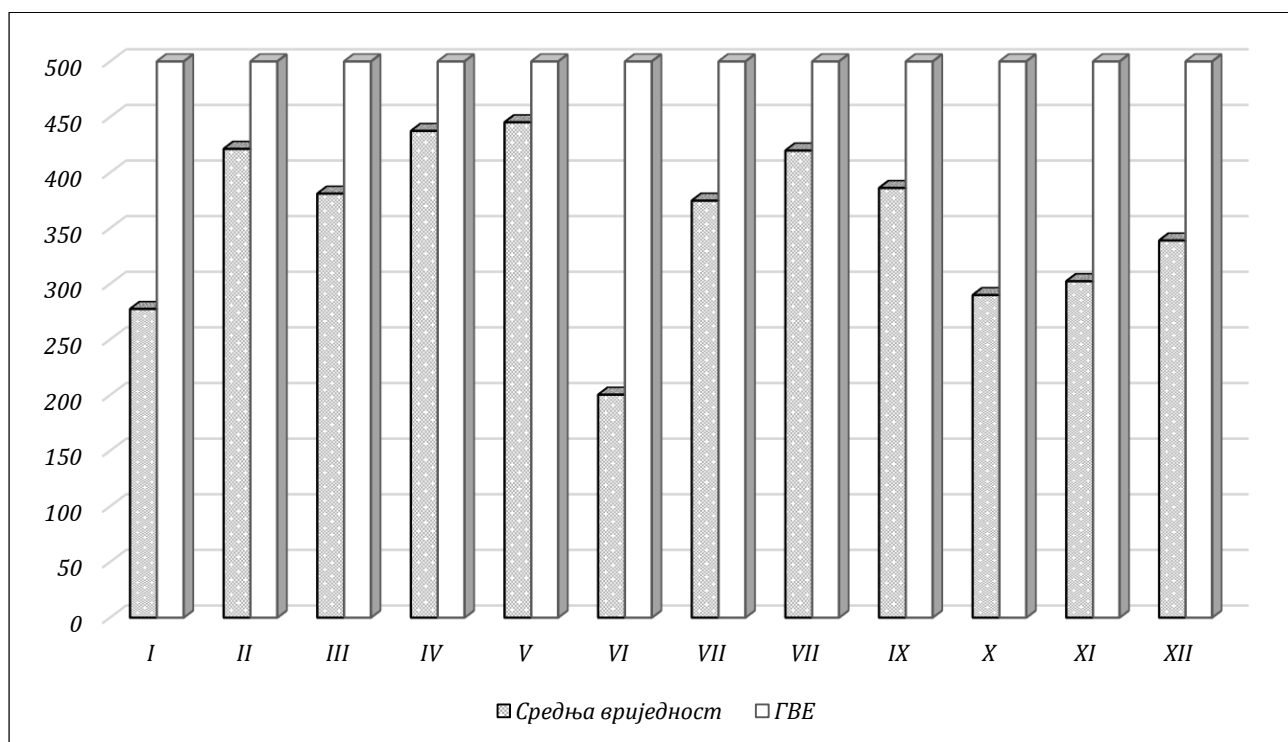


Графикон 9. Средња вриједност емисије сумпор-диоксида (SO<sub>2</sub>) у димном гасу канал А и Б

У котловском постројењу присутан је процес природног одсумпоравања, дакле долази до везивања сумпора из угља са калцијум оксидом чији је садржај у Гатачком лигниту веома висок. Са графикона 9 може се јасно уочити да просјечне концентрације емитованог сумпор-диоксида са оба канала у димном гасу крећу од 1687,085 до 3165,725 mg/m<sup>3</sup>, што је 4 до 8 пута више од прописане граничне вриједности SO<sub>2</sub> која износи 400 mg/m<sup>3</sup>. На основу тога примјетно је да се постојећим процесом сулфатизације којим се врши природно одсумпоравање не могу достићи граничне вриједности емисије ове компоненте.

Табела 15. Емисија укупних оксида азота ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2014. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност $\text{NO}_x$		
Јануар	208,616	346,294	277,455
Фебруар	409,012	433,852	421,432
Март	386,299	376,035	381,167
Април	467,691	407,354	437,522
Мај	457,234	433,354	445,294
Јун	196,377	204,458	200,417
Јул	359,198	390,569	374,883
Август	339,013	500,798	419,905
Септембар	428,314	344,124	386,219
Октобар	299,581	280,337	289,959
Новембар	295,389	309,431	302,41
Децембар	338,059	339,963	339,011



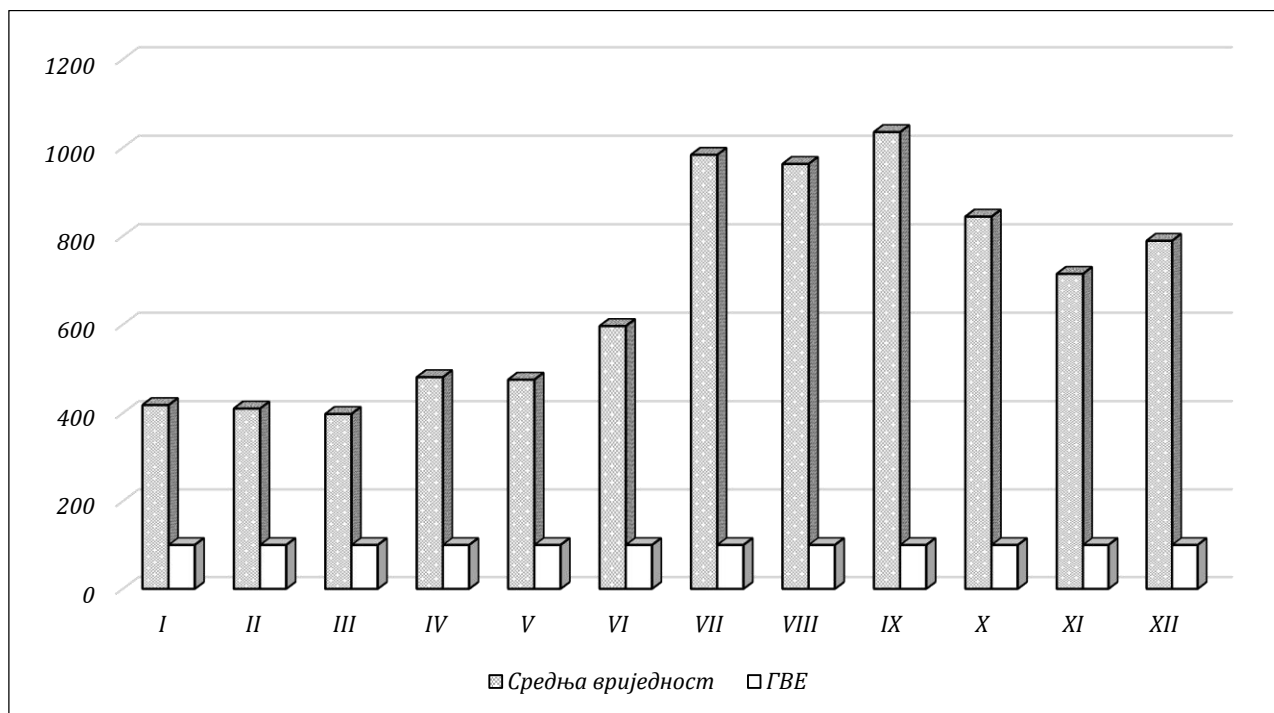
Графикон 10. Средња вриједност емисије оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б

Графички приказ 10 указује да се просјечне концентрације емитованих оксида азота у димном гасу канала А и Б крећу у распону од 200,417 до 445,294  $\text{mg}/\text{m}^3$ , према томе налазе се у границама<sup>54</sup> прописаним Правилником о мјерама за спречавање и смањење загађивања ваздуха и побољшање квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр. 3/15) и Директивом 2001/80ЕС.

<sup>54</sup> Прописана вриједност концентрације  $\text{NO}_x$  исноси 500  $\text{mg}/\text{m}^3$ , а 200  $\text{mg}/\text{m}^3$  након 2016. године.

Табела 16. Емисија укупних чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2014. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност чврстих честица		
Јануар	334,522	330,45	418,029
Фебруар	312,806	306,04	410,196
Март	327,396	340,76	397,92
Април	409,897	422,73	481,014
Мај	410,451	402,81	475,472
Јун	475,871	324,26	596,616
Јул	852,82	45,3	983,684
Август	537,838	606,45	963,218
Септембар	597,787	914,83	1035,257
Октобар	409,121	887,78	844,055
Новембар	392,688	566,29	714,623
Децембар	366,659	605,19	789,3



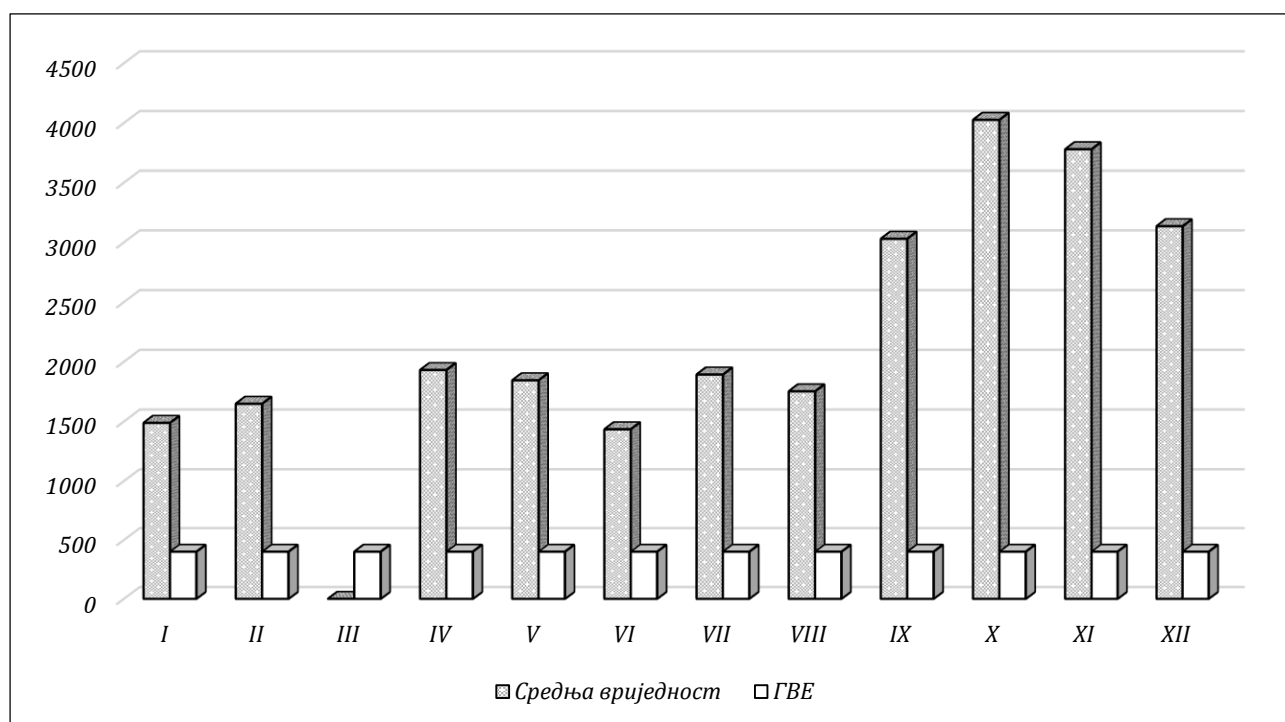
Графикон 11. Средња вриједност емисије чврстих честица у димном гасу канал А и Б

Просјечна концентрација емитованих чврстих честица у димном гасу са оба канала крећу се од 397,92 до 1035,257  $\text{mg}/\text{m}^3$ , тако да имају вриједности које не задовољавају граничне вриједности прописане Правилником о мјерама за спречавање и смањење загађивања ваздуха и побољшање квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр. 3/15), Директивом 2001/80ЕС и еколошком дозволом од 100  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Постојећи електрофилтери не омогућавају свођење емисије чврстих честица на граничне вриједности.



Табела 17. Емисија сумпор-диоксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност $\text{SO}_2$		
Јануар	1614,21	1363,40	1488,805
Фебруар	1760,53	1536,34	1648,435
Март <sup>55</sup>	-	-	-
Април	0	1930,98	1930,98
Мај	1859,49	1830,39	1844,94
Јун	1499,87	1370,05	1434,82
Јул	1949,59	1837,16	1893,375
Август	1841,48	1663,25	1752,365
Септембар	3277,99	2782,43	3030,21
Октобар	4423,47	3628,80	4026,135
Новембар	4062,39	3497,40	3779,895
Децембар	3627,55	2643,52	3135,535



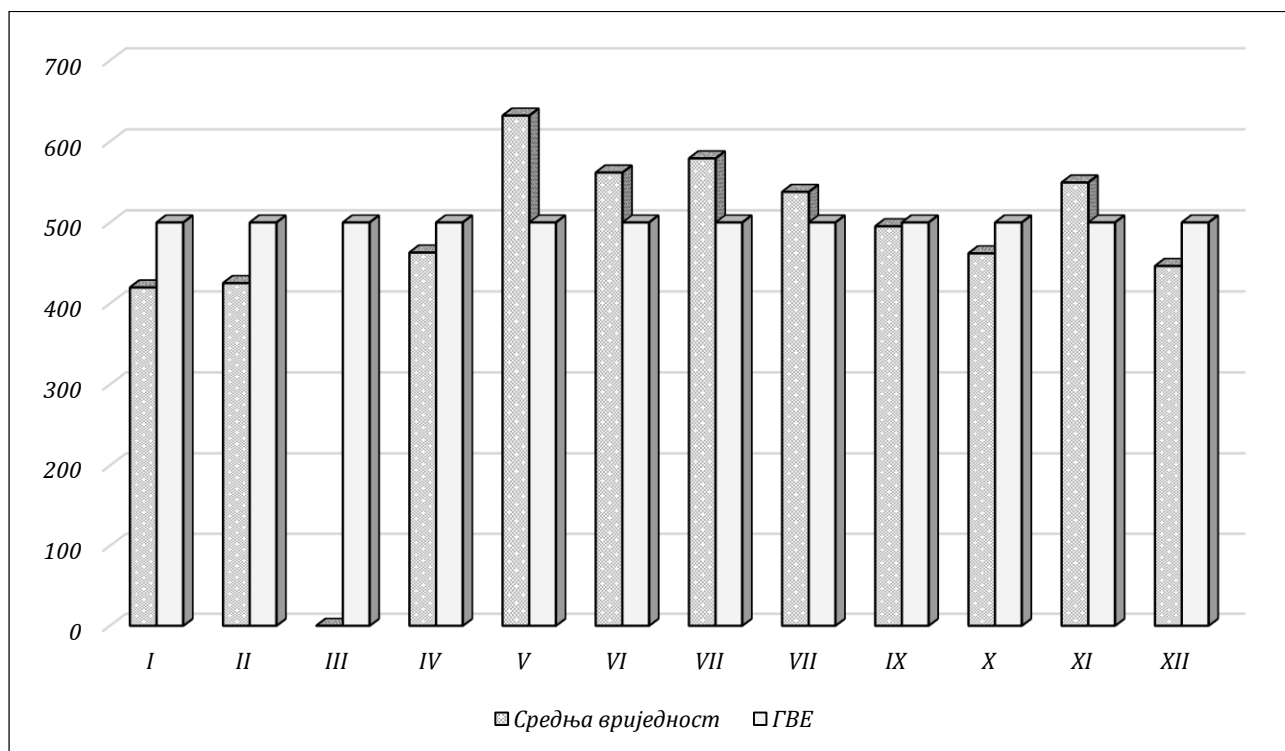
Графикон 12. Средња вриједност емисије сумпор-диоксида ( $\text{SO}_2$ ) у димном гасу канал А и Б

Из графичког приказа се уочава да су вриједности концентрације емитованог сумпор-диоксида 4 до 10 пута више од прописане граничне вриједности која износи  $400 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Највећа средња вриједност емисије сумпор-диоксида забиљежена је у октобру ( $4026,135 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

<sup>55</sup> У мјесецу марту вршен је ремонт термоенергетског постројења.

Табела 18. Емисија азотних оксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. године

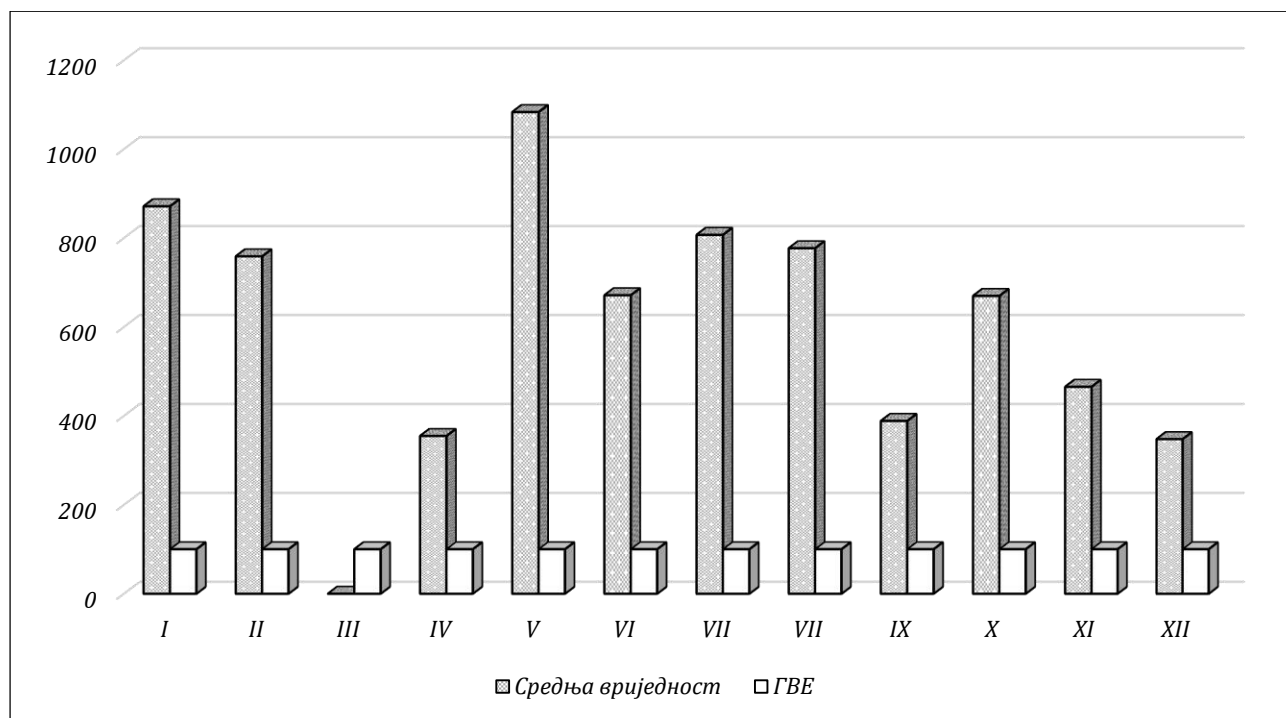
Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност $\text{NO}_x$		
Јануар	405,23	434,29	419,76
Фебруар	409,6	440,72	425,16
Март	-	-	-
Април	0	462,94	462,94
Мај	663,74	600,15	631,94
Јун	601,69	521,65	561,67
Јул	578,48	579,78	597,13
Август	551,29	524,27	537,78
Септембар	505,93	484,8	495,36
Октобар	481,27	442,51	461,89
Новембар	509,41	589,3	549,35
Децембар	496,47	396,16	446,31

Графикон 13. Средња вриједност емисије оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б

Средње вриједности концентрације емитованих азотних оксида са оба канала у димном гасу кретала се од 419,76 до 631,95  $\text{mg}/\text{m}^3$ . У мају, јуну, јулу, августу и новембру налазиле су се изнад граничних вриједности прописаних Правилником о мјерама за спречавање и смањење загађивања ваздуха и побољшање квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр.3/15) и Директивом 2001/80ЕС која прописује вриједност концентрације  $\text{NO}_x$  500  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Табела 19. Средња вриједност емисије чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност чврстих честица		
Јануар	428,13	1314,75	871,44
Фебруар	372,58	1145,17	758,87
Март	-	-	-
Април	279,44	430,03	354,73
Мај	860,12	1306,64	1083,38
Јун	552,32	790,36	671,34
Јул	681,49	932,92	807,20
Август	569,49	984,01	776,98
Септембар	352,24	425,19	388,71
Октобар	610,91	728,73	669,82
Новембар	489,55	441,3	465,42
Децембар	362,06	333,36	347,71

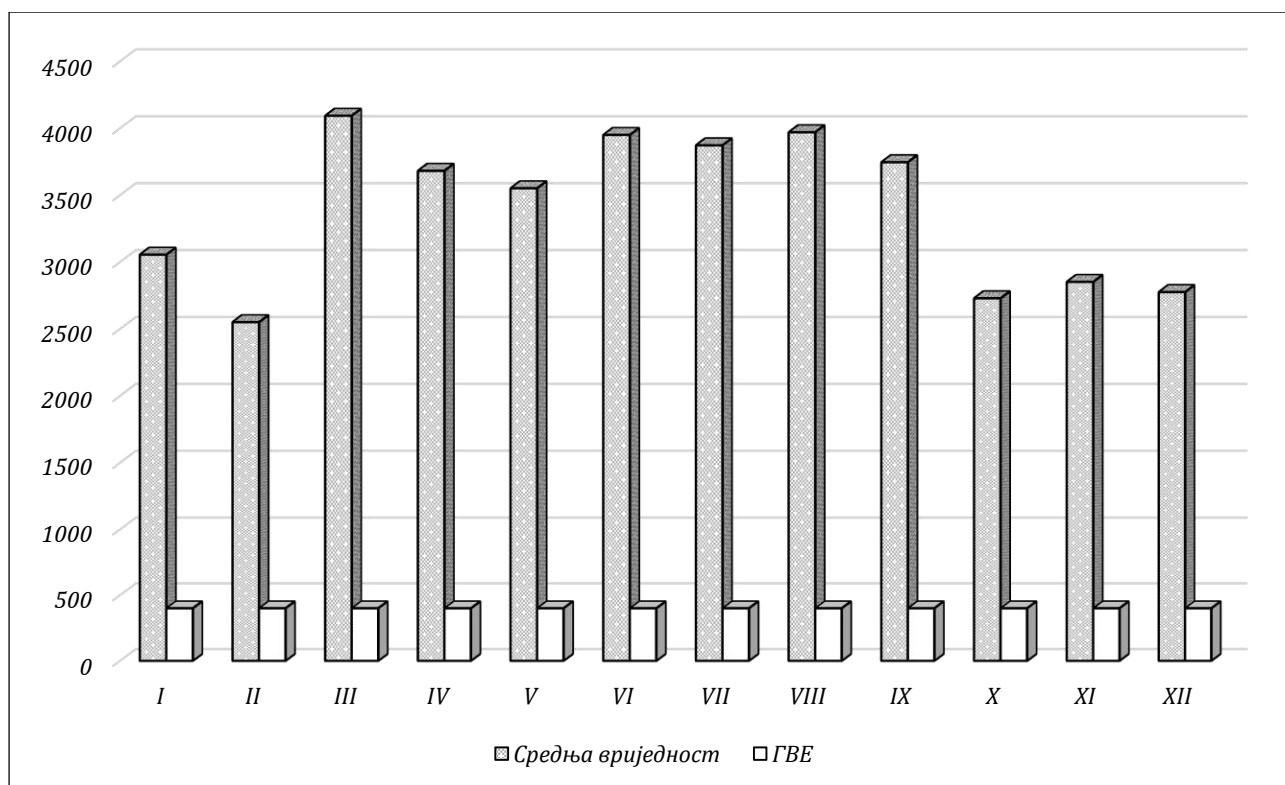


Графикон 14. Средња вриједност емисија чврстих честица у димном гасу канал А и Б

Као што се уочава на графикону 14 средња вриједност емисије чврстих честица је у сваком мјесецу 2015. године била је изнад граничних вриједности прописаних Правилником о мјерама за спречавање и смањење загађивања ваздуха и побољшање квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр. 3/15), Директивом 2001/80ЕС и еколошком дозволом. Концентрација емитоване прашине у димном гасу креће се од 354,73 до 1083,38  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Дакле, 3 до 10 пута су повећане вриједности емисије. Највећа концентрација емитовања чврстих честица достигнута је у мјесецу мају (1083,38  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Табела 20. Анализа емисије сумпор-диоксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) за 2016. годину

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност $\text{SO}_2$		
Јануар	3229,56	2881,28	3055,42
Фебруар	2575,22	2527,08	2551,15
Март	4163,07	4023,97	4093,52
Април	3871,58	3492,67	3682,12
Мај	3578,20	3525	3551,6
Јун	3864,35	4036,29	3950,32
Јул	3803,65	3942	3872,82
Август	3951,72	3988,80	3970,26
Септембар	3721,97	3771,08	3746,52
Октобар	2598,95	2860,25	2729,6
Новембар	2891,51	2812,82	2852,16
Децембар	2765,97	2786,17	2776,07

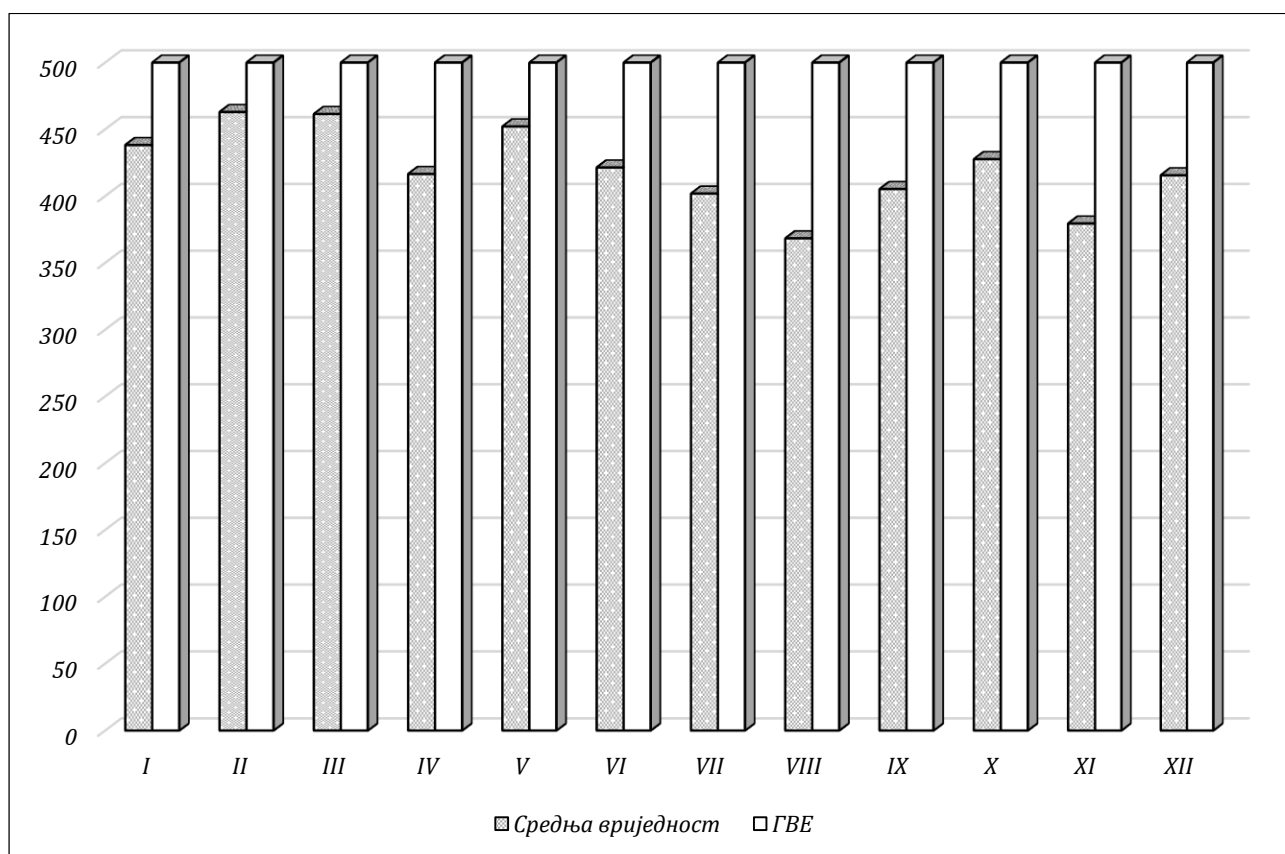


Графикон 15. Средња вриједност емисије сумпор-диоксида ( $\text{SO}_2$ ) у димном гасу канал А и Б

Вриједности концентрације сумпор-диоксида 2016. године кретале су се од 2551,15 до 4093,52  $\text{mg}/\text{m}^3$ , што је 6 до 10 пута више од граничних вриједности емисије. У марту мјесецу емисија сумпор-диоксида у димном гасу канала А и Б достигла је максималну вриједност (4093,52  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Табела 21. Емисија азотних оксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2016. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност $\text{NO}_x$		
Јануар	449,43	427,04	438,23
Фебруар	468,34	457,60	462,97
Март	457,73	465,27	461,5
Април	412,36	420,74	416,55
Мај	451,16	453,15	452,15
Јун	413,62	429,24	421,43
Јул	393,66	410,07	401,86
Август	357,28	379,44	368,36
Септембар	391,46	419,11	405,28
Октобар	415,74	439,58	427,66
Новембар	350,08	408,86	379,47
Децембар	410,35	420,83	415,59



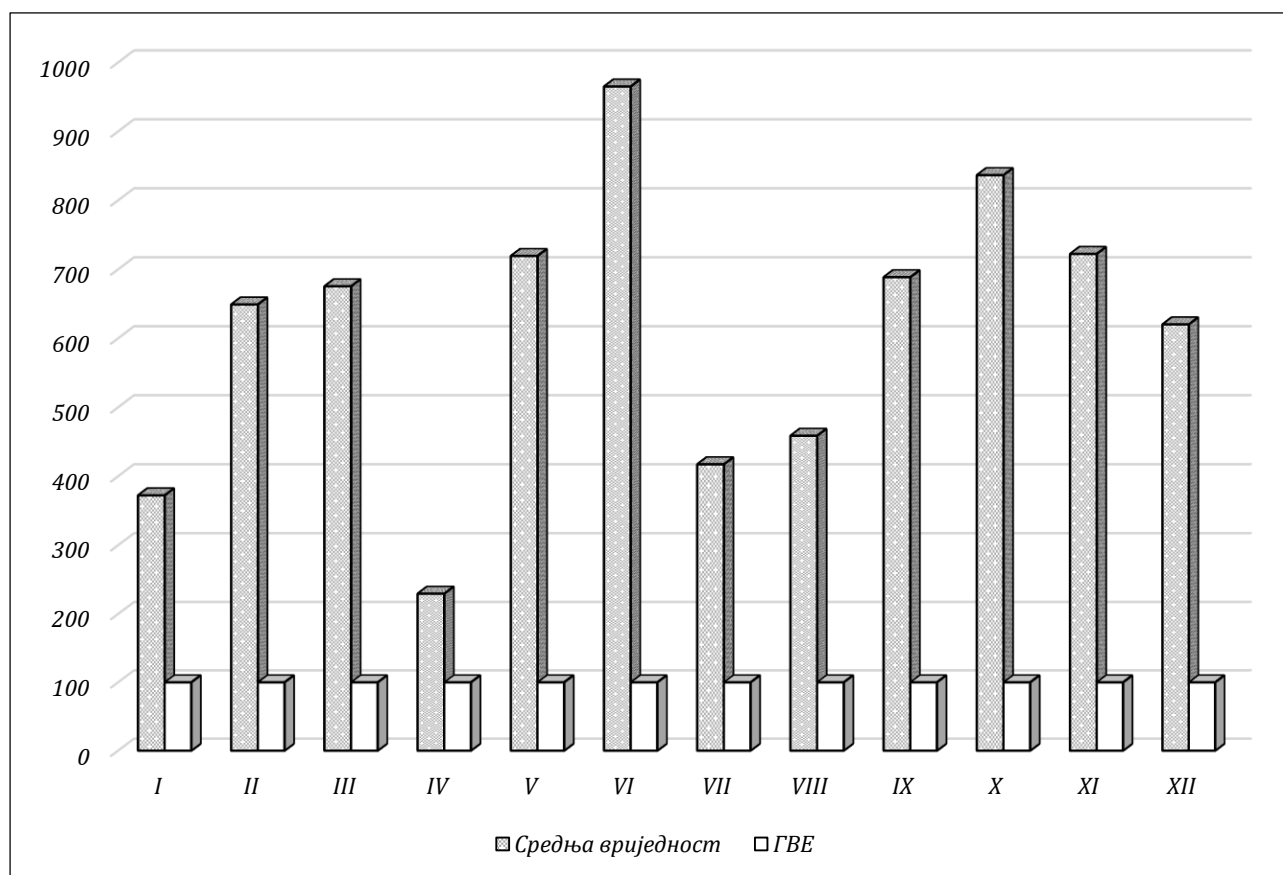
Графикон 16. Просјечна емисија оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б

Као што је приказано на графикону 16 измјерене вриједности концентрације азотних оксида за 2016. годину су испод граничних вриједности прописаних Правилницима и директивом.

Табела 22. Емисија чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2016. године

Мјесец	Канал А	Канал Б	Канал А + Б
	Средња вриједност чврстих честица		
Јануар	399,30	345,34	372,32
Фебруар	786,23	511,95	649,09
Март	823,52	527,34	675,43
Април	211,27	248,12	229,69
Мај	871,36	567,42	719,39
Јун	996,22	934,01	965,11
Јул	544,34	290,42	417,38
Август	651,34	266,17	458,75
Септембар	844,96	532,27	688,61
Октобар	837,70	835,54	836,62
Новембар	745,40	699,44	722,42
Децембар	571,94	668,49	620,21

На графикону 17 примјетно је да просјечна концентрација емитованих чврстих честица у димном гасу канала А и Б износи од 229,70 до 719,40  $\text{mg}/\text{m}^3$  у првих пет мјесеци 2016. године, у јуну достиже максималну вриједност (965,11  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) чак 9 пута више од прописане граничне вриједности емисије. У другој половини године емисија чврстих честица се кретала од 417,38 до 836,62  $\text{mg}/\text{m}^3$ .



Графикон 17. Просјечна емисија чврстих честица у димном гасу канал А и Б

Посматрајући трогодишњи период мјерења емисије димних гасова из котловског постројења термоелектране Гацко могуће је издвојити сљедеће закључке:

- Сумпор-диоксид константно прекорачује граничне вриједности (400 mg/m<sup>3</sup>) прописане Правилником о мјерама за спречавање и смањење загађивања ваздуха и побољшање квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр. 3/15) и Директивом 2001/80ЕС. Вриједности су прекорачене од 4 до 10 пута. Највећа емисија сумпор-диоксида измјерена је 2015. године (4026 mg/m<sup>3</sup>). Будући да је процесом природног одсумпоравања немогуће достићи граничне вриједности емисије потребно је уградити адекватну опрему тачније мокри скруббер.
- Азотни оксиди углавном се налазе у дозвољеним граничним вриједностима прописаним и Директивом 2001/80ЕС (NO<sub>x</sub> 500 mg/m<sup>3</sup>). Године 2015. забиљежено је прекорачење оксида азота у распону од 537,78 до 631,94 mg/m<sup>3</sup>. С обзиром да је од 2017. године смањена гранична вриједност емисије азотних оксида на 200 mg/m<sup>3</sup>, потребна је уградња горионика угљеног праха у циљу смањења прекорачења вриједности емисије.
- Емисија чврстих честица константно прелази прописане граничне вриједности од 100 mg/m<sup>3</sup>. У септембру 2014. године достигнуто је највеће одступање, десет пута веће (1035,25 mg/m<sup>3</sup>). Да би се емисија чврстих честица свела на граничне вриједности потребно је уградити врећасте филтере који би задржавали честице.

Главни разлози због којих се јавља енормна емисија загађујућих материја у атмосферу су застарјела опрема (40 година), чести технички кварови, немогућност функционисања електрофилтера и лош квалитет угља<sup>56</sup>.

Према Ђонлагићу (2005), да би се израчунала емисија штетних материја у димним гасовима потребно је познавање основне анализе горива, температуре у ложишту и ефикасности пречишћавања димних гасова. С тим у вези емисија сумпор-диоксида и чврстих честица може да се добије рачунски по формули:

$$Q_{SO_2} = 5,56 \cdot V \cdot S_p \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \left[\frac{g}{s}\right]$$

$$Q_{\check{c}} = 278 \left[ \left(1 - \frac{q}{100}\right) \frac{A_p \cdot \alpha}{100} + \frac{q}{100} \right] \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \left[\frac{g}{s}\right]$$

гдје је:

$Q_{SO_2}$  – емисија SO<sub>2</sub>

$Q_{\check{c}}$  – емисија чврстих честица

$V$  – потрошња горива

$S_p$  – проценат сагоривог сумпора

$\eta$  – ефикасност одстрањивања штетних материја у %

$q$  – губитак горива услед непотпуног сагоријевања у %

$A_p$  – проценат пепела у гориву %

<sup>56</sup> Садржај пепела у угљу креће се до 35%. При дневној потрошњи 9000 t угља ослобађа се 3150 t пепела.

$\alpha$  – дио пепела који се уноси гасовима из котловског постројења у гасоводни тракт.

На стварање азотних оксида у ложишту највише утиче температура у зони сагоријевања угља, а брзина њиховог формирања расте са порастом температуре и концентрације  $O_2$  и  $N_2$ . Израчунава се по формули:

$$Q_{NO} = 8,34 \cdot 10^3 \cdot C_{NO} \cdot Q_{dg} \cdot B \quad \left[ \frac{g}{s} \right]$$

Гдје је:

$$C_{NO} = \left( \frac{A}{B'} \right)^{0,5} \cdot [\exp(2 \sqrt{AB'} \cdot t) - 1] / [\exp(2 \sqrt{AB'} \cdot t) + 1] \quad \left[ \frac{g \text{ mol}}{dm^3} \right]$$

При чему је:

$$A = 1,06 \cdot 10^{13} \cdot CO_2^{0,5} \cdot CN_2 \cdot \exp(-54000 / RT)$$

$$B' = 5 \cdot 10^4 \cdot CO_2^{-0,5} \cdot \exp(-36000 / RT)$$

$CO_2$  и  $CN_2$  – концентрација кисеоника и азота,  $\left( \frac{g \text{ mol}}{dm^3} \right)$

$t$  – вријеме задржавања димних гасова у ложишту постројења (зона високих температура) (s),

$T$  – температура у зони сагоријевања ( $^{\circ}K$ )

$Q_{dg}$  – количина димних гасова која се ствара при сагоријевању 1 kg горива ( $Nm^3 / g \text{ mol } ^{\circ}K$ )

$R$  – гасна константа ( $J / g \text{ mol } ^{\circ}K$ ).

Да би се добио податак о количини емитованих полутаната из термоелектране Гацко потребно је примијенити следећу формулу:

$$m(X) = \frac{Q \cdot t \cdot c}{1000000}$$

гдје је:

$m(X)$  – годишња количина загађујуће материје за коју се врши прорачун;

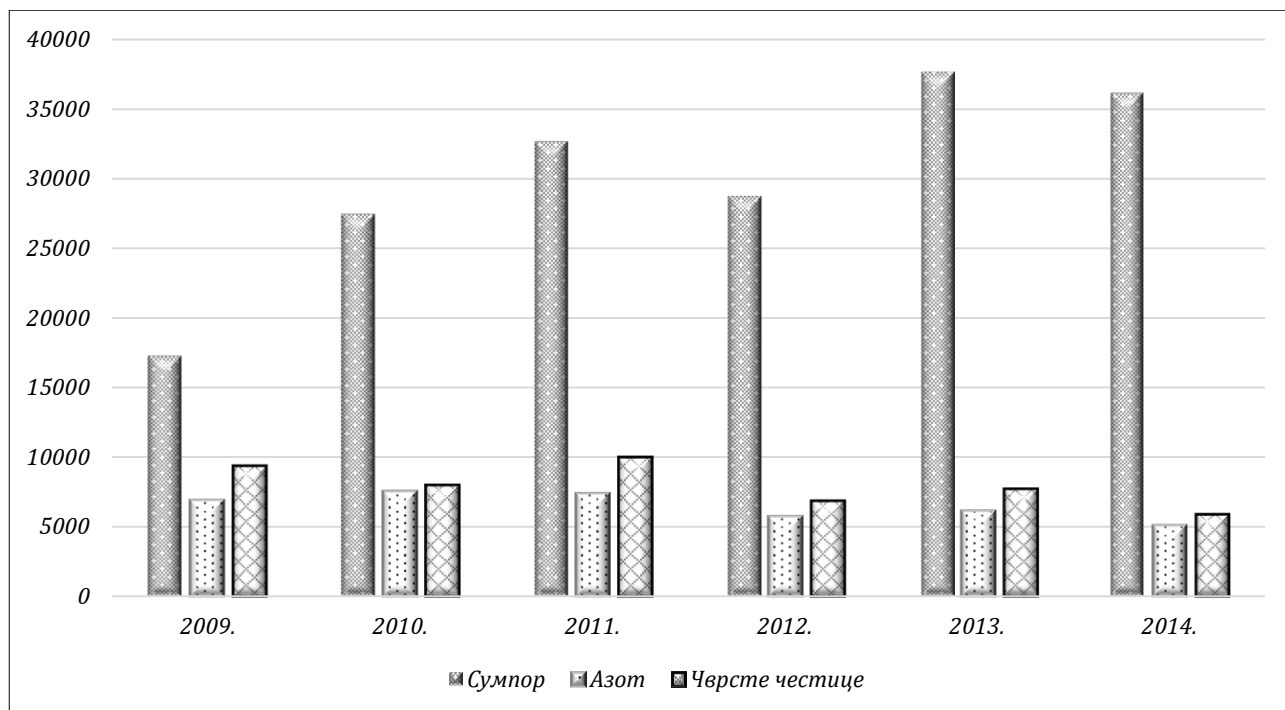
$Q$  – просјечни измјерени проток [ $Nm^3/h$ ];

$t$  – укупан број сати рада постројења у току обрачунског периода [h];

$c$  – просјечна концентрација загађујуће материје у димним гасовима [ $Nm^3/h$ ];

С обзиром да од 2015. године нема мјерења протока димног гаса на каналима А и Б котловског постројења термоелектране Гацко због неисправности сензора на уређају за мјерење протока, укупне количине емитованих полутаната графички су представљене за период 2009 - 2014. године.





Графикон 18. Укупна продукција сумпор-диоксида, оксида азота и чврстих честица 2009 - 2014. године

На основу добијених резултата прорачуна укупна продукција сумпор диоксида из термоелектране Гацко у шестогодишњем периоду износила је 180081,1 t. Највећа је остварена 2013. године (37647,47 t) када је број радних сати постројења износио 7606,81. На графикону се уочава годишњи тренд повећања продукције сумпор-диоксида. Укупна продукција азотних оксида износила је 38689,13 t, а максимална вриједност од 7519,17 t је достигнута 2010. године. Укупна количина чврстих честица у периоду 2009 – 2014. износила је 47778,6 t, а 2011. године забиљежена је вриједност од 9974,59 t.

### Мјерења и анализе резултата имисија у ваздух

У сврху што ефикаснијег управљања квалитетом ваздуха у Републици Српској успостављено је праћење квалитета ваздуха, тј. јединствени функционални систем праћења и контроле степена загађења ваздуха и одржавање базе података о његовом квалитету. Заштита ваздуха у Републици Српској уређена је Законом о заштити ваздуха („Службени гласник Републике Српске” број 124/11). Њиме је уређена заштита и управљање квалитетом ваздуха и одређене су мјере, начини организовања, контроле и спровођење заштите и побољшања квалитета ваздуха као природног добра. Ниво концентрације загађујућих материја утврђује се мјерењем на одређеном мјесту, а циљ контроле квалитета ваздуха је да се заштити здравље људи, утврди извор загађења, степен загађености, праћење кретања загађености током године и да се утврде мјере заштите. Имисија представља концентрацију гасова, аеросоли и других загађујућих материја у ваздуху, односно имисија изражава квалитет ваздуха у одређеном периоду.

У циљу заштите здравља људи постављена је имисиона станица 2012. године. Ради се о станици која првенствено треба да прати утицај индустријских објеката на квалитет ваздуха. Иста је постављена у кругу Основне школе „Свети Сава” Гацко. Међутим, због честих кварова и прекида у раду имисионе станице не располаже се са потпуним подацима.

## Имисија сумпор-диоксида

Приликом контроле загађења ваздуха први корак који је потребно урадити јесте инвентар загађујућих материја. Значајни извори загађујућих материја су индустријска постројења, а најзаступљеније загађујуће материје су: сумпор-диоксид, азотни оксиди и честице прашине.

Сумпор-диоксид је један основних загађивача ваздуха. Главни извор сумпор-диоксида је сагоријевање фосилних горива, а посебно угља. Његова концентрација у атмосфери зависи од садржаја сумпора у гориву које се користи за производњу енергије. Око 80% сумпора у угљу налази се у димним гасовима у форми сумпор-диоксида. Преостали сумпор присутан је као неоргански и као такав остаје у пепелу. Генерално, концентрација сумпор-диоксида у димним гасовима се креће од 0,05-0,25%, а повремено и до 0,40% (Рао, 2007). Претпоставља се да 1/3 сумпора у атмосферу доспијева сагоријевањем фосилних горива (Лакић и др., 2006).

Већина људи осјећа присуство сумпор-диоксида у ваздуху код концентрација које су изнад 5 ppm<sup>57</sup>. Концентрације SO<sub>2</sub> од 1-2 ppm осјећају само осјетљиве особе. Међутим, веће концентрације могу бити узрок озбиљних проблема. Иритирајуће дјеловање сулфатне киселине је веће него сумпор-диоксида. Веома значајно иритирајуће дјеловање настаје усљед интеракције сумпор-диоксида и чврстих честица које садржи ваздух. Сумпор-диоксид у атмосфери парцијално прелази у сулфатну киселину, која је са већим иритирајућим особинама. Степен токсичног дјеловања сулфатне киселине зависи од влажности ваздуха, присуства чврстих честица и од величине тако насталих честица сулфатне киселине.

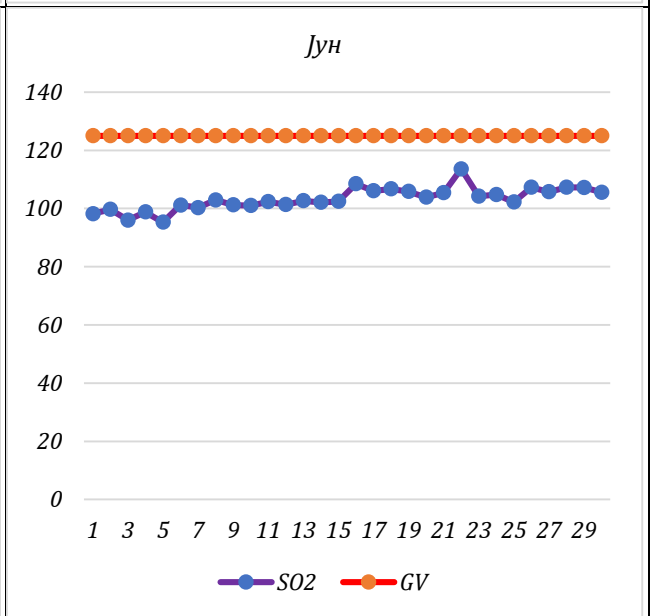
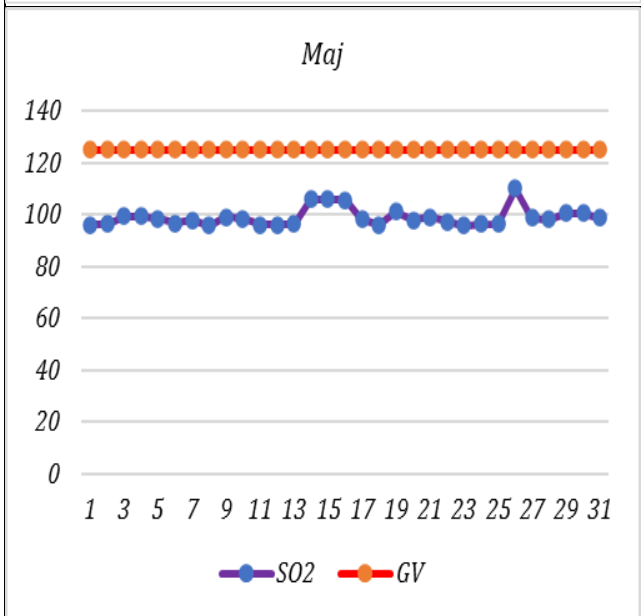
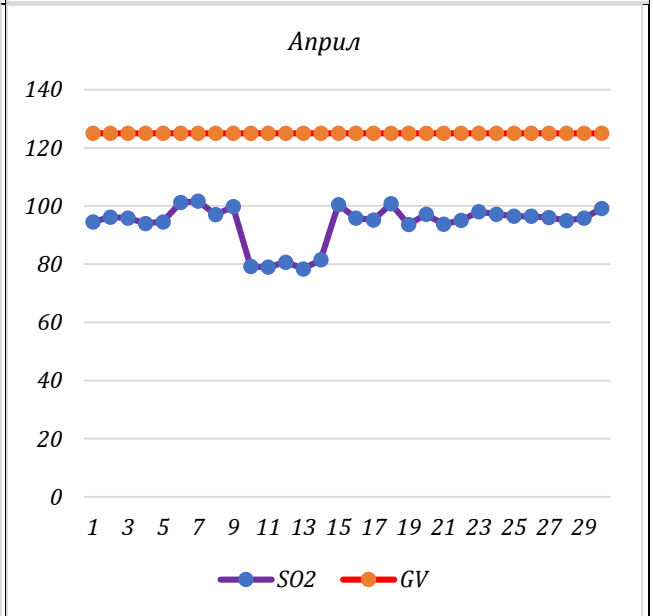
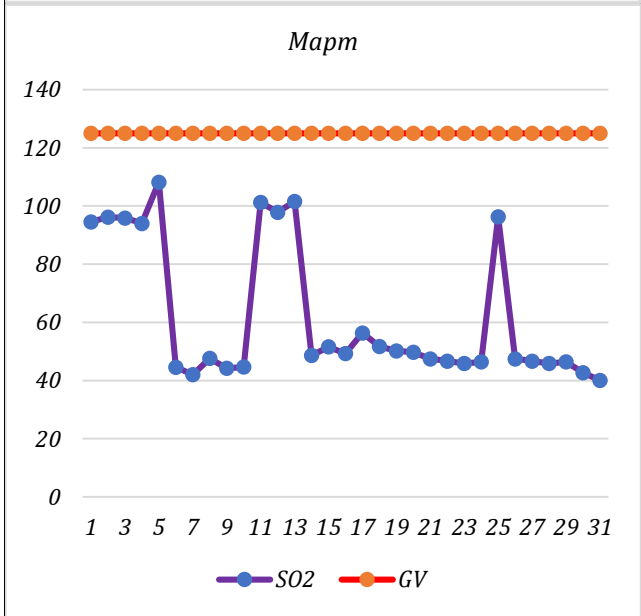
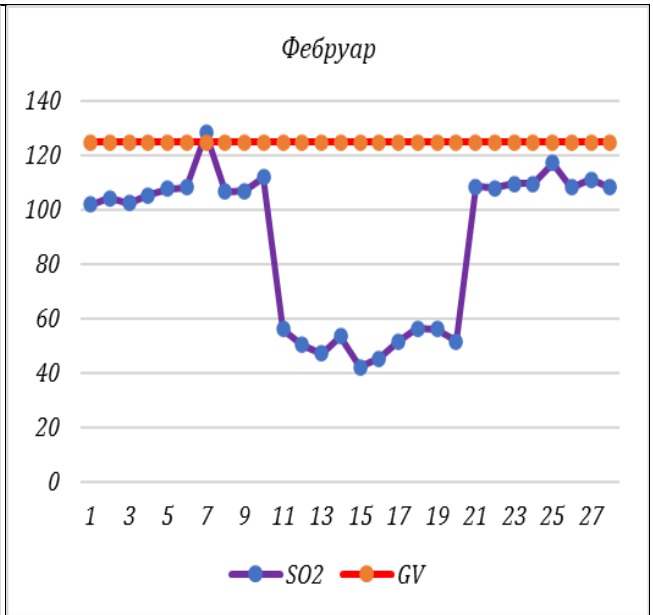
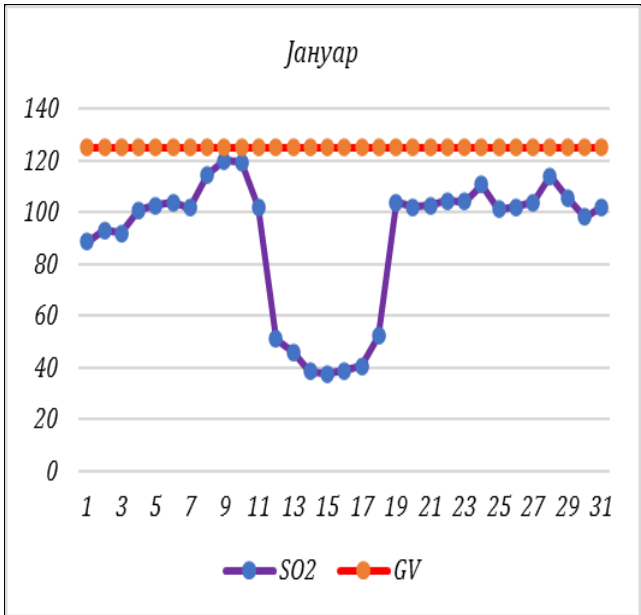
Епидемиолошка испитивања дала су резултате из којих је закључено да је утицај сумпор-диоксида на систем органа за дисање повезан са његовом концентрацијом у ваздуху. Нека испитивања, иако не потпуно систематска, показала су везу повећане смртности са повећањем концентрације сумпор-диоксида у ваздуху. То се посебно односи на поједина урбана подручја гдје је загађеност ваздуха велика. Да би имали што јаснији увид у стање квалитета ваздуха потребна су континуирана мјерења концентрације појединих полутаната, поготово у мјестима гдје је заступљена индустријска производња. Дневне концентрације сумпор-диоксида за 2015. годину представљене су графички.<sup>58</sup>

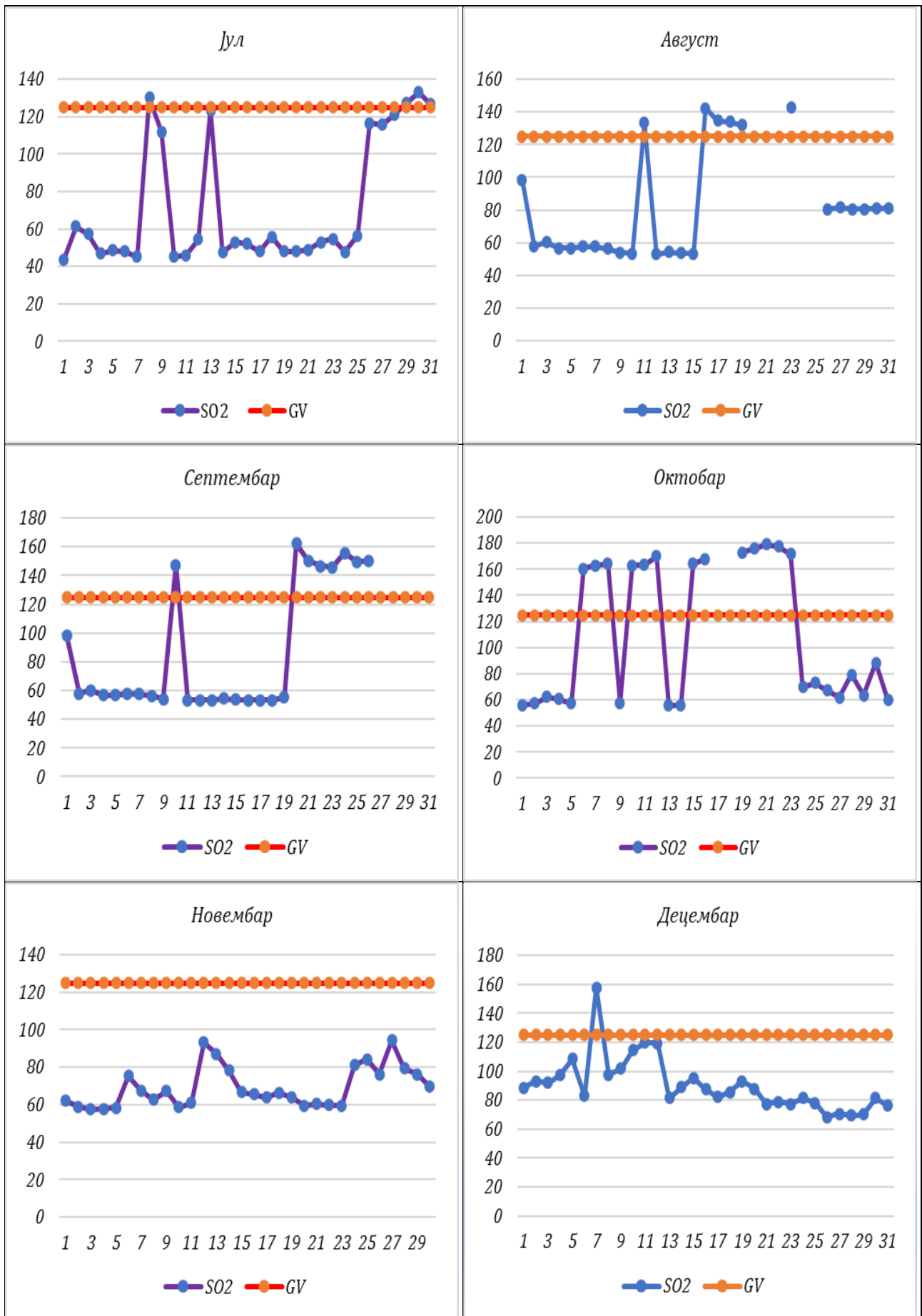
Иако је према Уредби о вриједности квалитета ваздуха („Службени гласник РС”, број 124/12), у току године дозвољено да вриједност сумпор-диоксида одступа највише 3 дана, на основу извршених мјерења може се констатовати да је 2015. године просјечна дневна концентрација овог гаса прешла граничну и толерантну<sup>59</sup> вриједност од 125 µg/m<sup>3</sup>, 33 дана и то у фебруару (1), у јулу (4), августу (6), септембру (8), октобру (13) и у децембру (1). Максимална дневна вриједност концентрације је износила 178,97 µg/m<sup>3</sup>. Гранична вриједност за једночасовни период узорковања износи 350 µg/m<sup>3</sup> и није забиљежено ниједно одступање у току године.

<sup>57</sup> Концентрација загађујућих супстанци се изражава у µg/m<sup>3</sup> (микрограм по метру кубном) ова јединица се назива и тежински ppm (parts per million) – милионских дијелова.

<sup>58</sup> Због квара на имисионој станици чести су прекиди у мјерењу концентрација сумпор-диоксида у августу, септембру и октобру мјесецу.

<sup>59</sup> Толерантна вриједност (TV) представља граничну вриједност увећану за границу толеранције.





Графикон 19. Имисија сумпор-диоксида

## Имисија азотних оксида

Вјероватно је да су оксиди азота после сумпор-диоксида други најобимнији атмосферски загађивач у многим градовима. Генерално, највиша концентрација азотних оксида у гасовитим емисијама се јавља у отпадним материјама из индустрије у којима се користи азотна киселина, а затим ефлуенти из великих термоелектрана. Од седам оксида азота само азотни-оксид и азот-диоксид настају из људских активности и класификују се као загађивачи. У атмосферским анализама они се обично наводе као „укупни оксиди азота” или  $\text{NO}_x$  (Rao, 2007). Испитивање токсичности азот монооксида и азот диоксида вршено је углавном на животињама. С обзиром да ова једињења и човјек и животиње уносе у организам путем респираторног система, добијени резултати испитивања на животињама могу се до великог степена примијенити и на човјека. Испитивања смртности на животињама су показала да је азот диоксид око 4 пута токсичнији од азот монооксида.

Познато је да крв, поред хемоглобина садржи и метхемоглобин (MeHb) који не може да веже кисеоник. Дакле, присуство метхемоглобина у крви смањује капацитет крви за преношење кисеоника. Нормална људска крв садржи метхемоглобин 0,01-0,5 g/100 ml. Високи садржај метхемоглобина у крви је нађен код животиња које су угинуле због тровања оксидима азота (1200 ppm). Примијеђено је да настанак метхемоглобина почиње код излагања концентрацијама од 5 до 10 ppm азот-монооксида.

Осим концентрације и времена експозиције, на токсичност азот-диоксида утиче и температура. Дневне концентрације азот-диоксида приказане су графички.

На основу графичког приказа дневних вриједности азот-диоксида за 2015. годину може се констатовати да вриједности не прелазе прописане граничне и толерантне вриједности. Највећа измјерена вриједност азот диоксида регистрована је у јануару (66,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## Имисија чврстих честица PM10

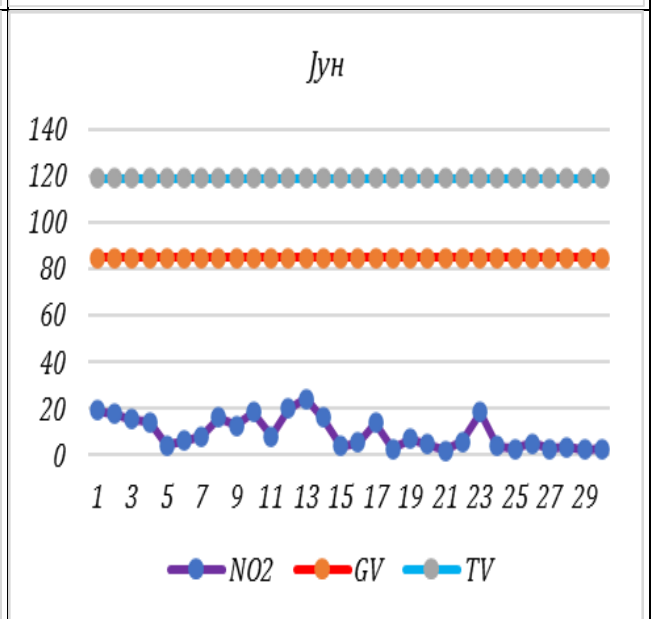
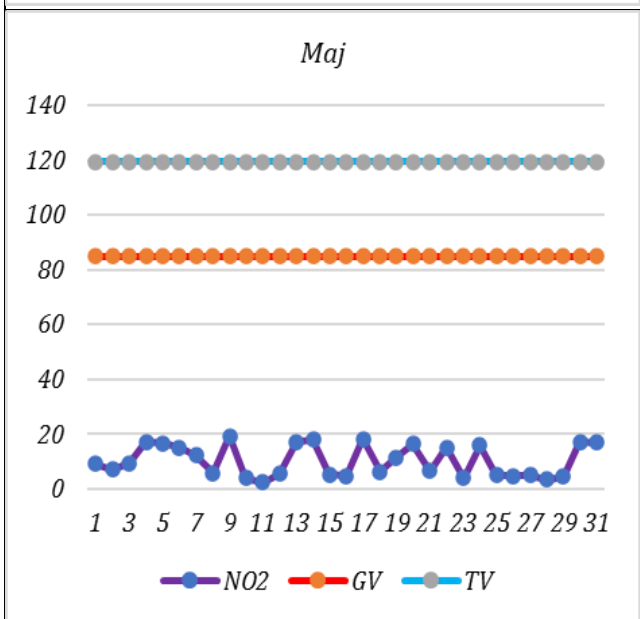
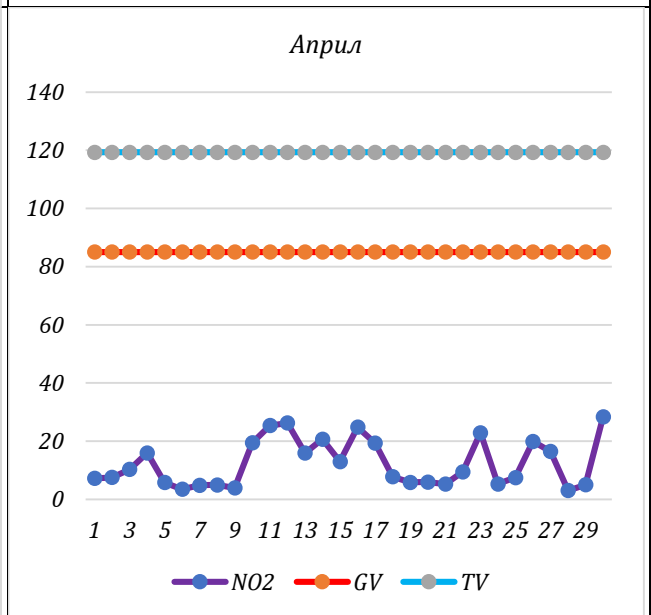
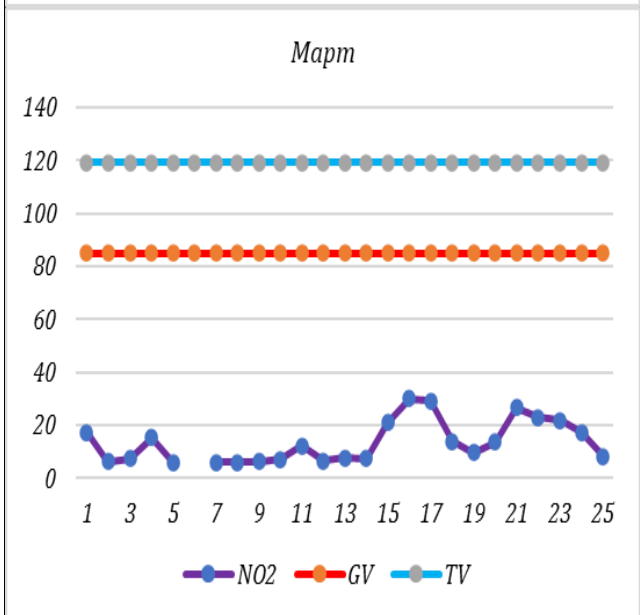
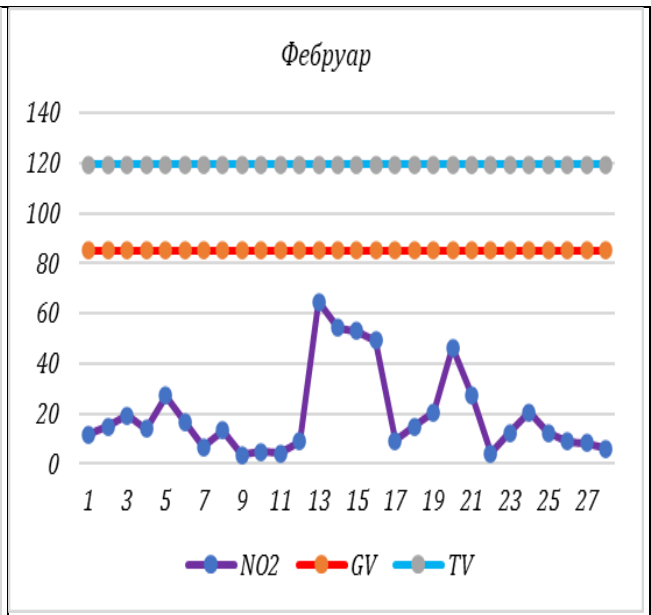
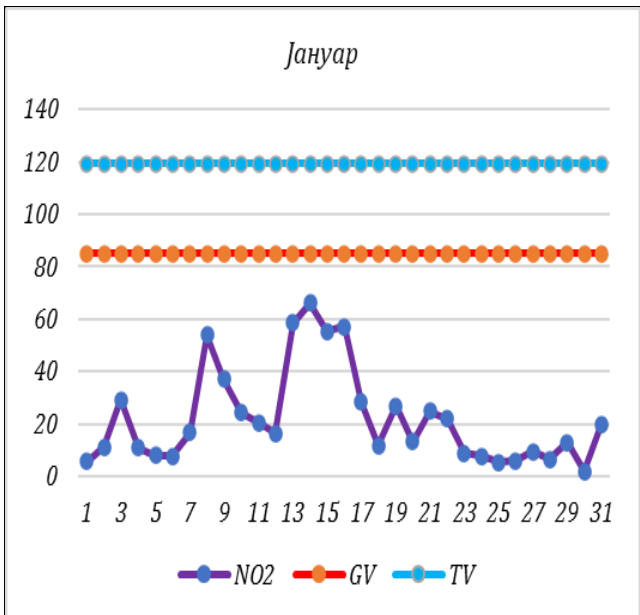
Чврсте честице представљају ситне честице мање од 10  $\mu\text{m}$  које имају могућност слободног кретања у атмосфери. Оне у атмосферу доспијевају природним и антропогеним поријеклом. Најзначајнији начин доспијевања антропогеним поријеклом јесте путем сагоријевања фосилних горива. У зависности од њихове величине, концентрације и времена присуства одређује се утицај на здравље људи.

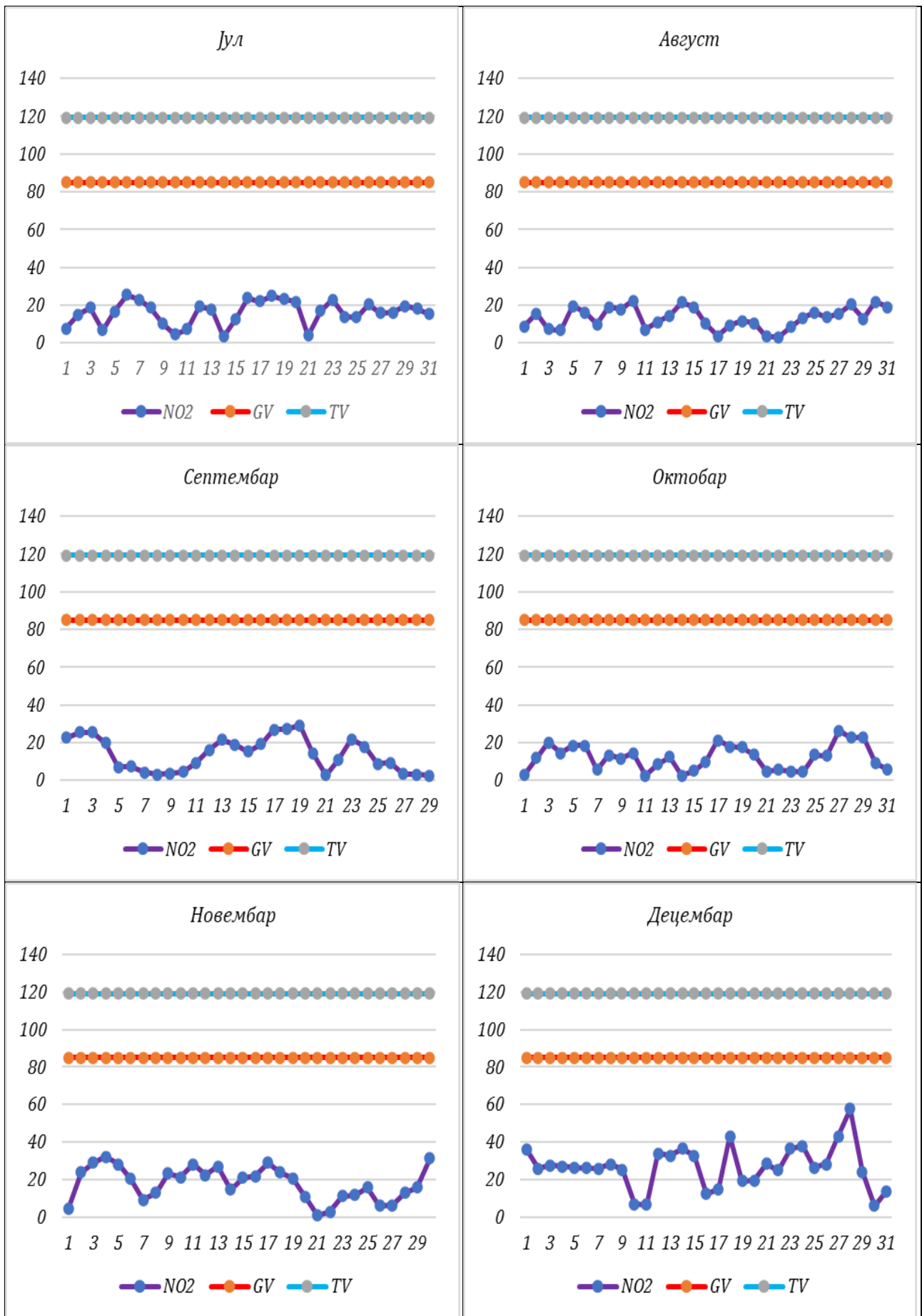
Честице у категорији PM10 утичу на људе више него било који други полутант. Њихове главне компоненте су сулфати, нитрати, амонијак, натријум хлорид, угљеник, минерална прашина и вода. Састоје се од комплексне мјешавине чврстих и течних органских и неорганских материја суспендованих у ваздуху. Честице пречника до 10  $\mu\text{m}$  могу доспјети дубоко унутар плућа, а још штетније за здравље људи су честице са пречником до 2,5  $\mu\text{m}$  (WHO, 2018). Прашина може изазвати обољења многих органа. Како она лебди у ваздуху, њеном штетном дјеловању највише су изложени органи за дисање (нос, уста и плућа), а затим очи и кожа.

Према подацима Европске агенције за животну средину<sup>60</sup> (ЕЕА) у периоду од 2003-2012. године забиљежен је благи пад концентрације PM10 у амбијенталном ваздуху у Европи (ЕЕА, 2014), док су 2015. године концентрације PM10 наставиле да прелазе прописане граничне вриједности у великим дијеловима Европе (ЕЕА, 2017). Дневне концентрације чврстих честица представљене су графички.

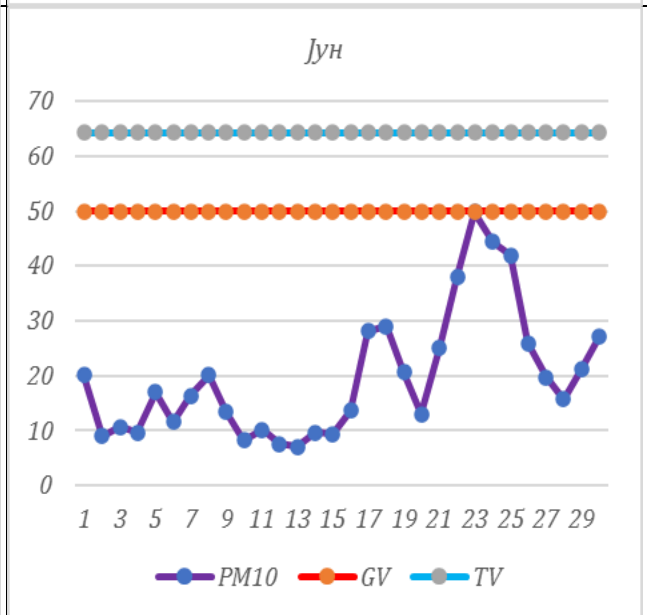
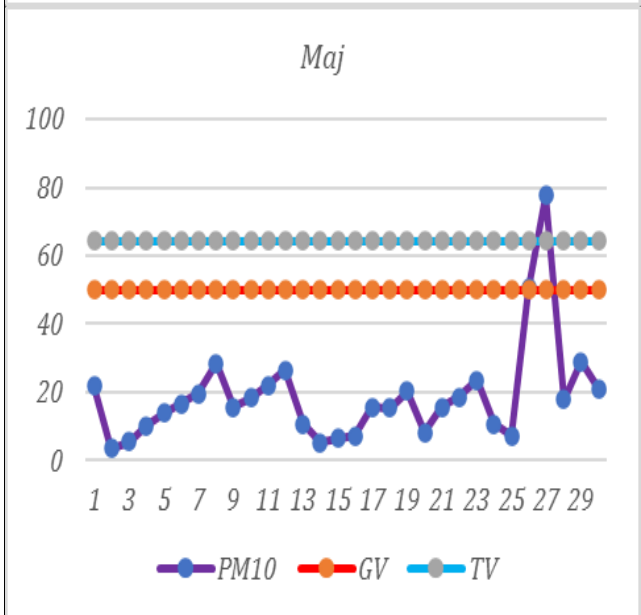
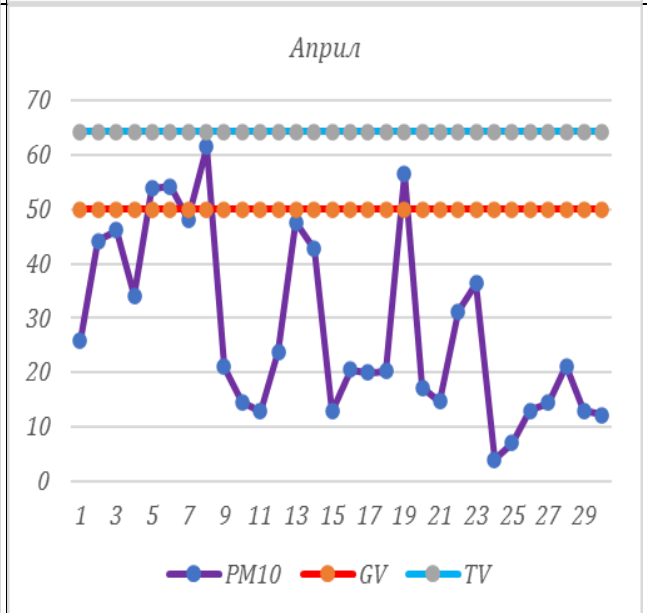
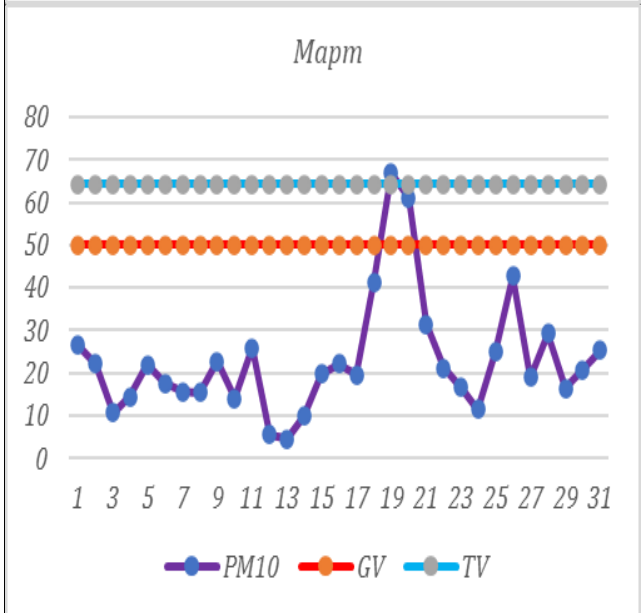
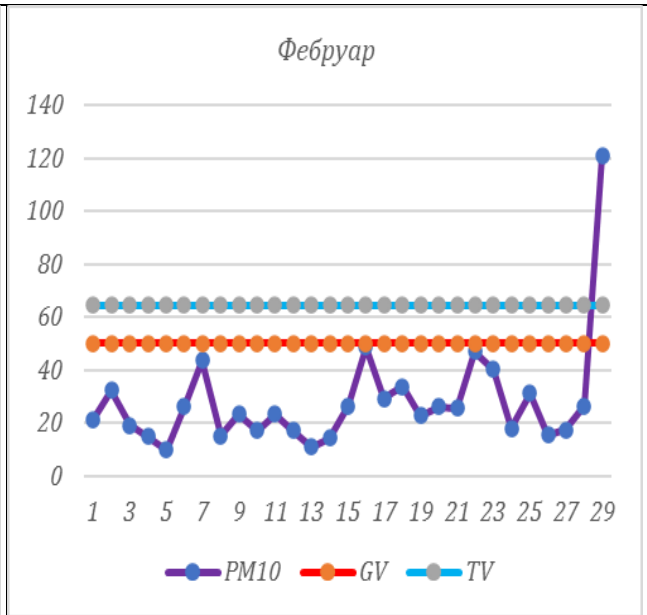
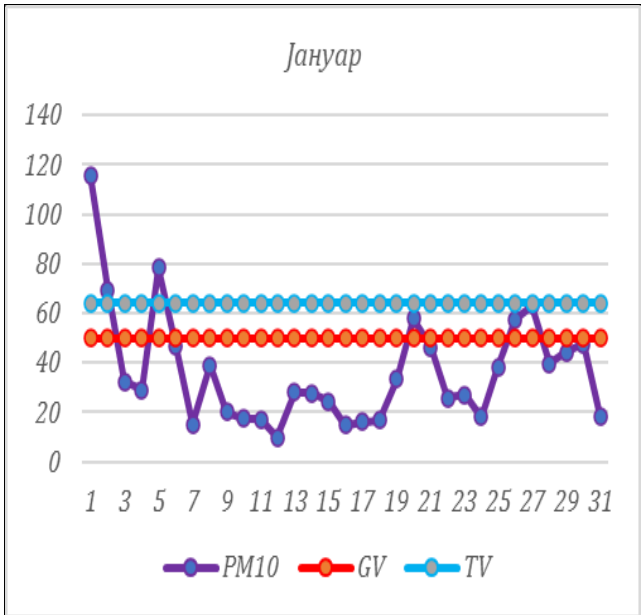
---

<sup>60</sup>енг. European Environment Agency (ЕЕА)

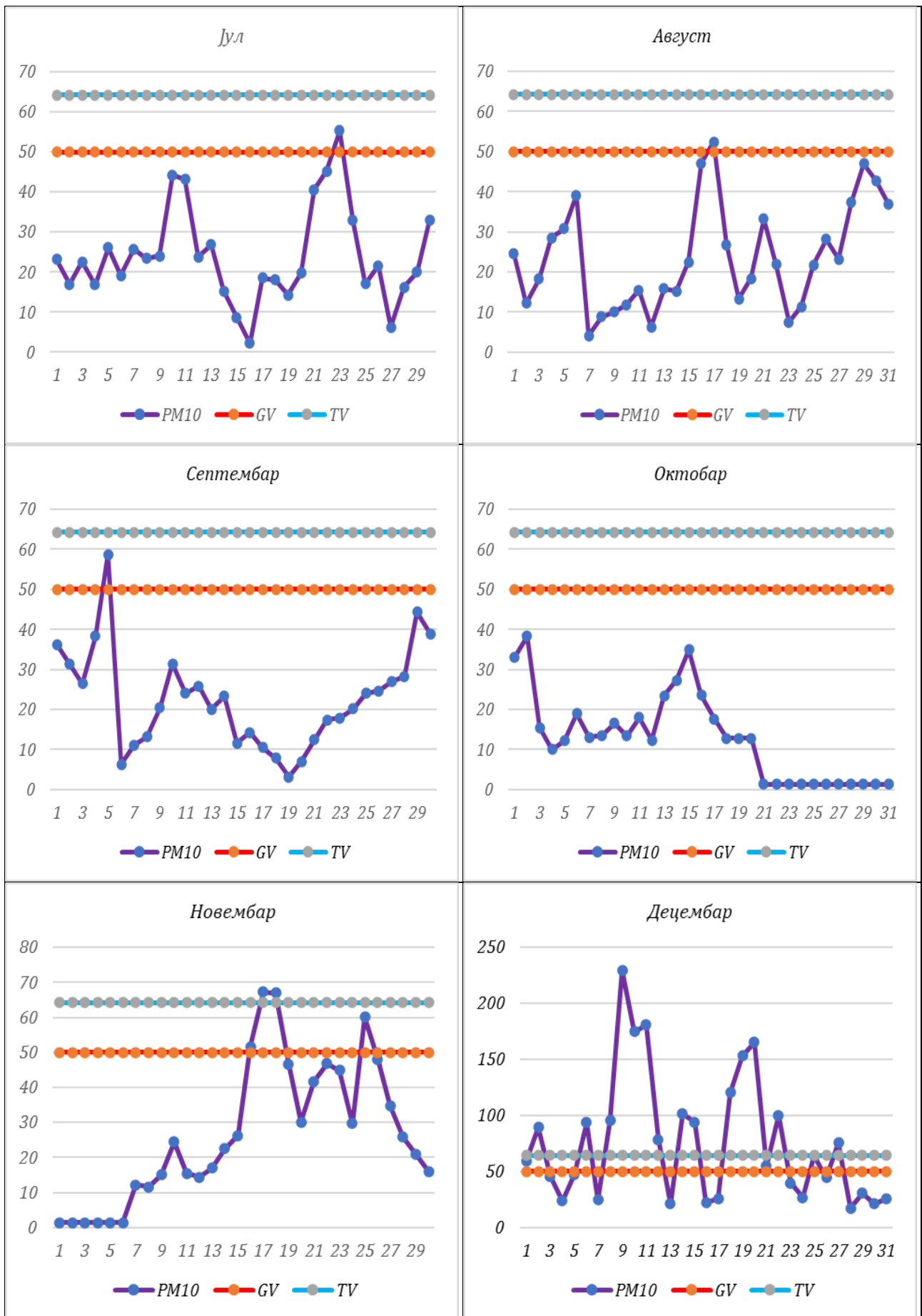




Графикон 20. Имисија азот-диоксида







Графикон 21. Имисије чврстих честица

Анализом дневних концентрација чврстих честица PM10 за 2016. годину евидентирано је 39 прекорачења граничних вриједности од 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  и то: јануар (6), фебруар (1), март (2), април (4), мај (2), јул (1), август (1), септембар (1), новембар (4), децембар (17). Према Уредби о вриједностима квалитета ваздуха („Сл. Гласник РС”, бр 124/12) у току године дозвољено је да вриједности PM 10 одступају највише 35 дана. Максимална дневна концентрација чврстих честица ( $229,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) достигнута је у децембру када је забиљежен највећи број дана са прекорачењем граничних вриједности.

С обзиром да је ТЕ Гацко као и већина других термоенергетских постројења лоцирана у близини насеља, нарочито је важан њен утицај на здравље локалног становништва. Усљед тога, веома је битна чињеница да у периоду од 2012. до 2016. године у општини Гацко просјечно дијагностификовано више од 50 обољелих становника од канцера плућа и душника сваке године. Дакле 5% обољелих у Републици Српској долази из општине са удјелом од 0,75% становника (Crnogorac, Vagić, 2018).

### Утицај Рудника и термоелектране на воде

Вода, као и ваздух, за човјека представља незамјенљиву материју. Бројна су мишљења стручњака да ће загађеност вода а уједно и њен недостатак бити један од кључних проблема будућности. Два највећа извора загађења водених токова чине индустријске и комуналне отпадне воде. Термоелектране и котловска постројења изискују велике количине воде за хлађење (Ljubić, 1977). Основни загађивач воде отпадном топлотом представља систем проточног хлађења у термоелектранама. С тим у вези, уколико је већа инсталирана снага постројења утолико је већа и количина отпадне топлоте (Avakumović, 2008). „Експлоатација и употреба угља има за посљедицу више врсте загађивања околине. Прво се односи на загађивање вода током рудничке експлоатација, а друга врста на сагоријевање угља усљед чега долази до загађења површинских и подземних вода филтратом из пепелишта. Чврсте честице које падају на дно котловске пећи се хладе и из котла односе водом” (Dalmacija i dr., 2016). Приликом испуштања отпадних вода у отворене водотоке требало би да се изврши пречишћавање као једна од обавезних мјера у циљу заштите и очувања животне средине. Поменуто воде могу да садрже органске, неорганске, радиоактивне компоненте и инфективне микроорганизме (Теодоровић и др., 2005). Неконтролисаним испуштањем индустријских отпадних вода у ријеке доведена је у питање способност њиховог самопречишћавања јер ријеке више нису у могућности да савладају велике количине контаминирајућих супстанци које свакодневно примају.

Када је у питању пречишћавање индустријских отпадних вода примјећују се одређени поступци који обухватају: грубо пречишћавање тј. одстрањивање крупних честица, примарно таложење и биолошки третман. Процес пречишћавање отпадних вода није ништа друго него уклањање штетних материја и смањење БПК<sup>61</sup>, и обухвата примарно и секундарно пречишћавање. Примарним пречишћавањем се уклањају суспендовани материјали путем процјеђивања, коагулације, уситњавања и флокулације. Секундарни процес је биохемијски процес којим се уклањају органске материје које су остале у води после примарног пречишћавања (Dražević i dr., 2007).

Узимајући у обзир чињеницу да се Гацко налази на врху сливног подручја ријеке Требишњице потребно је сагледати све негативне утицаје РиТЕ да не би дошло до трајног загађења површинских и подземних вода на овом простору. Основну

---

<sup>61</sup>„Биохемијска потрошња кисеоника за 5 дана (БПК<sub>5</sub>) представља потрошену количину кисеоника раствореног у води за процес оксидације и разлагање материја, то јест за биолошко самопречишћавање ријека, језера и мора” (Црногорац, 2006).

хидрографску мрежу чине ријеке Мушница, Грачаница и Гојковића поток. За потребе заштите површинских копова „Грачаница” и „Гацко” извршено је дјелимично измјештање ових водотока. Мушница је највећи ток Гатачког поља и дренира све мање водотоке. Извире на сјеверној страни Лебршника. Правац њеног тока је исток – запад. Протиче јужном границом експлоатационог поља „Грачаница” и понирала је код села Срђевићи. Највећом дужином свога тока трпи изразит антропогени утицај. Године 2013. усљед обилних количина падавина и појаве клизишта у зони површинског копа дошло је до деградације корита Мушнице што је имало за посљедицу директно изливање воде у ПК „Грачаница” и формирање огромне акумулације. Хитном санацијом изграђено је привремено („бајпас”) корито Мушнице у дужини од 960 m. Након тога приступило се изградњи трајног корита (фаза I и II) у Великом Гатачком пољу дуж пута Гацко – Кула. Укупна дужина износи 4,5 km. Изградњом новог корита и заштитног појаса створени су услови за несметану експлоатацију угља у Централном пољу<sup>62</sup>.

Грачаница је десна притока Мушнице. Настаје од више извора у подножју Живња и Вучева. Правац њеног тока је од сјевера према југу. Још прије изградње РиТЕ Гацко каналисана је, а након изградње кроз шири круг предузећа преведена до корита ријеке Мушнице у близини села Срђевићи. До 2014. године уливала се у Мушницу на југоисточној граници ПК „Грачаница”. Исте године извршено је измјештање њеног корита из разлога што пролази преко простора који је планиран за отварање и експлоатацију централног поља.



Карта 6. Ситуациона карта измјештања површинских токова

Гојковића поток, такође тече од сјевера ка југу, паралелно са западном границом копа а затим наставља ток природним коритом Мушнице. С циљем заштите ПК „Грачаница” од изливања вода и одвијања несметаног процеса експлоатације угља 2013. године је извршено измјештање корита у сјеверозападном дијелу Гатачког поља од ушћа

<sup>62</sup> Glavni projekat izmještanja degradiranog dijela korita rijeke Mušnice, 2013.

у Мушницу па узводно<sup>63</sup>. Укупна дужина новоизграђеног корита Гојковића потока износи 2 km.

Узимајући у обзир чињеницу да је Гатачко поље хидрогеолошки колектор и да све површинске и подземне воде теку од сјевера према југу јасно је да експлоатациони радови утичу на загађење подручја које се налази низводно. Негативан утицај отпадне воде на површинске и подземне долази приликом повећања загађујућих материја у њима. На основу истражних радова који су рађени на овом подручју лежиште угља је сврстано у групу јако заводњених, чији се дотицаји крећу у интервалу од 5 до 6 m<sup>3</sup>/s. У циљу заштите вода извршена је регулација површинских токова и изведени су одбрамбени и инфилтрациони радови којима су пресјечени главни правци дотицаја подземних вода и на тај начин је успорен дотицај<sup>64</sup>.

Утицај на подземне и површинске воде подручја на коме се налази површински коп може се одразити кроз:

- снижавање нивоа подземних вода,
- загађење подземних вода инфилтрацијом отпадних вода са површинског копа,
- загађење површинских вода отпадним водама са површинског копа.

Утицај на површинске и подземне воде имају откривени дијелови лежишта угља, јер долази до снижавања нивоа подземних вода и исушивања терена у околини површинског копа. Највећи проблем представља загађење вода са депоније пепела која се налази у површинском копу. Приликом њиховог контакта са пепелом долази до повећања рН јона, што значи да воде постају базне, и загађене тешким металима. Међутим, како би се тај утицај спријечио, депонија пепела је одвојена од осталог дијела површинског копа глиновито - лапоровитим слојем и хидроизолационом фолијом<sup>65</sup>.

Негативан утицај вода са депоније пепела на површинске и подземне воде је могућ услед непридржавања прописаних мјера и поступака за процес одлагања пепела на депонију и управљање радовима на депонији, као и у ексцесним случајевима.

Тренутно техничко рјешење депоновања пепела омогућава неколико нивоа заштите подземних вода:

- Први ниво - депонија је лоцирана на хидроизолационим неогеним седиментима без веће тектонске оштећености.
- Други ниво – три слоја уваљаног лапорца, укупне дебљине 25 cm, на дну депоније.
- Трећи ниво – дно депоније је обложено пластичном фолијом која је чини непропусном и изолованом.
- Четврти ниво чини ињекциона завјеса и систем заштите површинског копа и депоније од подземних вода.
- Пети ниво заштите обухвата дренажни системи путем кога се врши евакуација атмосферских, контаминираних вода депоније пепела и елиминација њиховог штетног утицаја на подземне воде<sup>66</sup>.

Поред тога, одлагање пепела на депонију врши се у виду густе хидромјешавине, а вишак вода са депоније се прикупља и поново враћа у процес припреме хидромјешавине. На овај начин се у одређеној мјери спречава продирање вода које су биле у контакту са пепелом у површинске и подземне. Утицај на површинске и подземне воде имају и атмосферске воде које се сакупљају системом етажних канала и одводе до водосабирника<sup>67</sup> А1 и Б1 а затим се путем пумпних постројења 1 и 2 испуштају у

<sup>63</sup> Главни пројекат реконструкције и измеђтања Гојковића потока, 2013.

<sup>64</sup> Студија отпадних вода Рудника и термоелектране Гацко, 2010.

<sup>65</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница”, Гацко до краја експлоатације, 2004.

<sup>66</sup> Исто, стр. 41.

<sup>67</sup> Поменути водосабирници смјештени су на најнижем дијелу површинског копа.

површинске водотоке Гојковића поток, Грачаницу и Мушницу. Воде које се прикупе на овај начин приликом слијевања до водосабирника садрже честице прашине и уља која исцуре из машина и механизације. Код пумпне станице 3 су уграђени пропусти који за вријеме великих количина падавина и у случају појаве велике количине воде у пољу спречавају доток воде у површински коп из ријеке Мушнице. Санитарне отпадне воде се не пречишћавају и као такве се препумпавају директно у ријеку Грачаницу. Њихова дневна количина износи  $138 \text{ m}^3$ , са биолошким оптерећењем БПК<sub>5</sub> од  $25 \text{ kg}$ . Планом заштите животне средине у околини ТЕ Гацко (1997) било је предвиђено да отпадне воде које настају у објектима термоелектране отичу системом канализације до црпне станице одакле би се пребацивале до постројења за пречишћавање, а затим испуштале у ријеку Грачаницу.

У Грачаницу се сепаратном канализационом мрежом спроводе и непречишћене атмосферске воде, са површина унутар круга термоелектране. Њихова максимална дневна количина износи око  $600 \text{ m}^3$ . Састоје се од суспендованих честица: пијеска и угљене прашине. Адекватном третману нису подвргнуте ни зауљене отпадне воде настале у процесу транспорта, складиштења и ложења мазута. Будући да је предвиђено да се ове воде посебно прикупљају, пречишћавају и пребацују у Грачаницу то није спроведено јер пречистач није у функцији, а ефлуенти се директно испуштају у реципијент. Атмосферском канализацијом отичу и воде које су искоришћене за хлађење шљаке сакупљене испод котла. Шљака изазива дјелимично зачепљење канализације и изливање ових вода на околни простор. Количина отпадних вода које настају хлађењем шљаке износи  $75 \text{ m}^3/\text{h}$ . Имају повећану рН вриједност, температуру између  $40 - 60^\circ\text{C}$ , одређену количину механичких примјеса, а повремено и водоник-сулфид<sup>68</sup>.

Загађење ријеке Грачанице је израженије усљед испуштања отпадних вода од одмуљења расхладног торња. Количина отпадне воде од одмуљења расхладног торња износи  $130 \text{ m}^3/\text{h}$ . Одликује је карбонатна тврдоћа ( $12^\circ \text{ dH}$ ), рН вриједност ( $8,2 - 8,5$ ), садржај полифосфата ( $5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), растворене соли ( $440 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) и суспендоване материје ( $10 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

Предметним планом је предвиђен дјелимичан третман отпадних вода од декарбонизације. Процесом декарбонизације и бистрења у реакторима настаје талог усљед додавања кречног млијека и средстава за флокулацију, при чему се издвајају карбонати и суспендоване честице присутне у сировој води. Издвојени талог сакупља се на дну реактора, а затим уклања уређајем за аутоматско одмуљење.

Отпадне воде на површинском копу настају из водосабирника А и Б, депоније пепела и атмосферске воде са платоа индустријског круга, са платоа поред сервиса механизације. Отпадне воде које се прикупе са површина платоа поред сервиса механизације се прикупљају и одводе у пумпну станицу 1. Отпадне воде са депоније пепела се одводе у водосабирнике. На површинском копу не постоје уређаји за мјерење количине отпадних вода које настају и испуштају се у површинске воде. Њихова количина се евидентира преко Qx дијаграма и времена рада пумпних капацитета постављених у водосабирнику А1 и Б1, пумпној станици 1 и 2 и износи од 4 до 6,5 милиона  $\text{m}^3$ .

Количине отпадних вода по мјестима настанка на годишњем нивоу крећу се у границама:

- Водосабирник А1: од 2 до 2,5 милиона  $\text{m}^3$ ,
- Водосабирник Б1: од 1 до 1,75 милиона  $\text{m}^3$ ,
- Пумпна станица 1: од 0,05 до 0,10 милиона  $\text{m}^3$ ,
- Пумпна станица 2: од 0,85 до 2,00 милиона  $\text{m}^3$  и
- Пумпна станица 3: од 0,10 до 0,15 милиона  $\text{m}^3$ .

---

<sup>68</sup> План заштите животне средине у околини ТЕ Гацко (1997).

## Хемијске анализе вода

Анализе отпадних вода је извршио Институт за воде Бијељина на три мјеста:

- Мјерно мјесто 1 – испуст отпадних вода налази се испод моста код капије 3. Отпадне воде се испуштају у ријеку Грачаницу.
- Мјерно мјесто 2 - испуст отпадних вода смјештен на локалитету рудника блок „А”. Отпадне воде се пумпама преко шест металних цијеви испуштају у ријеку Мушницу. За вријеме узорковања отпадна вода је испуштана преко двије металне цијеви у ријеку Мушницу.
- Мјерно мјесто 3 - испуст отпадних вода налази се у близини путне комуникације према селу Срђевићи. Отпадне воде се пумпама преко четири металне цијеви испуштају у Гојковића поток. За вријеме узорковања отпадна вода је испуштана преко двије металне цијеви.

Мјерна мјеста 2 и 3 припадају радној јединици (РЈ) Рудник док мјерно мјесто 1 припада РЈ Термоелектрана. Извршеним анализама добијени су сљедећи резултати.

Мјерно мјесто М1

Табела 23. Анализа отпадних вода

Вријеме мјерења (h)	Електро проводљивост ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Температура воде ( $^{\circ}\text{C}$ )	Температура ваздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )
08-10	232	7,92	9	4,8
10-12	245	7,70	9	4
12-14	236	8,22	10,1	7
14-16	232	8,02	11,1	5
16-18	246	8,15	11	5
18-20	217	8,08	7,7	5
20-22	230	8,11	7,9	6
22-24	215	8,04	7,4	6
24-02	218	8,00	9	6
02-04	220	8,20	9	5
04-06	265	7,90	11	5
06-08	217	8,03	7,4	5

Извор: Документација ТЕ, 2008

Табела 24. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода

Параметар	Јединица	Резултати
Проток	$\text{m}^3/\text{дан}$	8035
Алкалитет	$\text{CaCO}_3 \text{ g}/\text{m}^3$	333
Укупне суспендоване материје	$\text{g}/\text{m}^3$	53,3
БПК <sub>5</sub>	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	7,8
НРК	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	34
Нитрити	$\text{gN}/\text{m}^3$	0,014
Нитрати	$\text{gN}/\text{m}^3$	0,60
Укупни азот	$\text{gN}/\text{m}^3$	4,36
Укупни фосфор	$\text{gP}/\text{m}^3$	0,118

Извор: Документација ТЕ, 2008

Узорковањем отпадне воде на мјерном мјесту М1 садржај укупних суспендованих материја ( $53,3 \text{ g/m}^3$ ) је био изнад граничних вриједности прописаних Правилником о условима испуштања отпадних вода у површинске воде (Сл. гл. Републике Српске, бр. 42/01).

Мјерно мјесто М2

Табела 25. Анализа отпадних вода

Вријеме мјерења (h)	Електро проводљивост ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Температура воде ( $^{\circ}\text{C}$ )	Температура ваздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )
08-10	589	6,70	7	4
10-12	541	8,10	7,1	4
12-14	544	8,24	7,2	4
14-16	550	8,42	6,5	5
16-18	537	8,18	6,3	3
18-20	535	8,38	7,1	3
20-22	540	8,30	6,6	3
22-24	532	8,55	4	6
24-02	540	8,40	4,5	6
02-04	530	8,35	4,5	5
04-06	528	8,38	5	5
06-08	537	8,40	5	5

Извор: Документација ТЕ, 2008

Табела 26. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода

Параметар	Јединица	Резултати
Проток	$\text{m}^3/\text{дан}$	14 947
Алкалитет	$\text{CaCO}_3 \text{ g/m}^3$	125
Укупне суспендоване материје	$\text{g/m}^3$	30
БПК <sub>5</sub>	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	10,1
НРК	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	28
Нитрити	$\text{gN/m}^3$	0,037
Нитрати	$\text{gN/m}^3$	1,18
Укупни азот	$\text{gN/m}^3$	3,85
Укупни фосфор	$\text{gP/m}^3$	0,03

Извор: Документација ТЕ, 2008

Узорковањем отпадне воде на мјерном мјесту М2 сви параметри су били у границама пописаним поменутих Правилником.

Мјерно мјесто МЗ

Табела 27. Анализа отпадних вода<sup>69</sup>

Вријеме мјерења	Електро-проводљивост	pH	Температура воде (°C)	Температура ваздуха (°C)
08-10	632	7,77	6,1	5,8
10-12	618	7,65	6,9	5
07-08	620	7,60	6,2	4

Извор: Документација ТЕ, 2008.

Табела 28. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода

Параметар	Јединица	Резултати
Проток	m <sup>3</sup> /дан	1 508
Алкалитет	CaCO <sub>3</sub> g/m <sup>3</sup>	333
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	76
БПК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	7,8
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	34,0
Нитрити	gN/m <sup>3</sup>	0,014
Нитрати	gN/m <sup>3</sup>	0,60
Укупни азот	gN/m <sup>3</sup>	4,36
Укупни фосфор	gP/m <sup>3</sup>	0,118

Извор: Документација ТЕ, 2008.

На мјерном мјесту МЗ садржај укупних суспендованих честица (76 g/m<sup>3</sup>) је имао дупло веће вриједности од прописаних (35 g/m<sup>3</sup>).

Поред анализе које изводе овлашћене лабораторије, на површинском копу врши се и интерни мониторинг вода сваког мјесеца. Исти обавља Хемијска лабораторија рудника и термоелектране Гацко. Мјеста на којима се врши мониторинг су:

1. Ван зоне површинског копа - површинске воде: ријека Грачаница, Мушница, Гојковића поток.
2. На површинском копу: депонија пепела, испод депоније пепела, одшљакивач, водосабирник А1, Б1, пумпна станица 2.

Воде у зони површинског копа су базног карактера, а највећа pH вриједност (12,3) је испод депоније пепела.

У зонама изван површинског копа pH вриједност се креће у границама од 6,8 до 8,2 на мјерном мјесту Грачаница мост. Највеће одступање pH вриједности (10,5) установљено је у водотоку Гојковића поток.

Воде површинског копа карактерише изразита тврдоћа (од 18 °dH на водосабирнику Б1 до 96,6 °dH на депонији пепела). Тврдоћа воде ван површинског копа се креће од 6 °dH на мјерном мјесту Грачаница мост, што припада групи умјерено тврдых

<sup>69</sup> На мјерном мјесту 3 није обављено мјерење протока због тога што не постоји уређен и сталан ток отпадне воде.



вода, затим 11,70 °dH Гојковића поток, па до 19 °dH на мјерном мјесту Срђевића кланац, због чега ове воде припадају групи тврдих<sup>70</sup>.

Институт „Јарослав Черни” из Београда је узорковао воде у ТЕ Гацко на седам локација:

- узорак бр. 1: декарбонизација, базен прљаве воде,
- узорак бр. 2: расхладни торањ,
- узорак бр. 3: отпадне воде од хлађења шљаке,
- узорак бр. 4: отпадне воде из машинске сале главног погонског објекта,
- узорак бр. 5: вода испод моста код капије бр. 3,
- узорак бр. 6: отпадна вода са депоније,
- узорак бр. 7: шахт фекалне канализације.

Табела 29. Анализа отпадних вода

Параметар		Ознака узорка						
		1	2	3	4	5	6	7
Ph		7,50	7,60	12,30	8,80	7,50	12,2	8,00
Специфична елект- ропроводљивост	µS/cm	335	522	6820	396	373	4990	412
m-алкалитет, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	178	290	1675	209	197,5	1209,5	192,5
p-алкалитет, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	0	0	1608,5	0	0	1179,5	0
Укупна тврдоћа, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	148,5	241,1	2054,5	194	172,4	1395,3	196,4
Укупне суспендоване материје	mg/l	128	248	669	32	18	80	10
Укупни испарени остатак на 105°C	mg/l	228	392	1552	259	235	1298	-
Таложне материје	mg/l	<1	3	1	<1	<1	<1	<1
Утрошак KMnO <sub>4</sub>	mg/l	7,2	310,7	266,8	8,2	7,3	160	18,3
Калцијум	mg/l	55,7	56,8	703	66,2	68,7	539	74,3
Магнезијум	mg/l	2,3	24,2	73,1	7	0,2	12,3	2,7
Сулфати	mg/l	146,3	40	500	36,3	16,3	290	48,8
Хлориди	mg/l	8,7	34,9	53,1	5	7,4	33,6	5,8
Амонијум јон	mg/l	-	-	-	-	-	-	0,55
ВРК <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	-	-	-	-	-	-	1,50
НРК (дихромат)	mgO <sub>2</sub> /l	-	-	-	-	-	-	<10

Извор: Студија отпадних вода РиТЕ Гацко, 2010.

Упоређујући резултате анализе отпадних вода са Правилником о условима за испуштање отпадних вода у површинске воде, (Сл.гл. Републике Српске, број 42/01), очигледно је сљедеће:

- у узорку отпадне воде бр. 1 и 2 укупне суспендоване материје су изнад дозвољених граничних вриједности,
- у узорку отпадне воде бр. 3 рН вриједност, укупне суспендоване материје и сулфати су изнад дозвољених граничних вриједности,
- у узорку отпадне воде бр. 4, 5 и 7 сви измјерени параметри су били у границама прописаним Правилником,
- у узорку отпадне воде бр. 6 рН, укупне суспендоване материје и сулфати нису задовољавали граничне вриједности.

<sup>70</sup> Студија отпадних вода РиТЕ, 2010.

Табела 30. Измјерене концентрације минералних уља у отпадним водама

Поријекло зауљених отпадних вода	Садржај минералних уља, mg/l
Шахт атмосферске канализације код уређаја на мазут	0,12
Расхладна вода после рецикулације	0,03
Отпадна вода из стројарнице ГПО	0,09
Отпадна вода испод моста код капије	0,49

Извор: Студија отпадних вода РиТЕ Гацко, 2010.

Упоређујући резултате анализе отпадних вода на садржај минералних уља са Правилником о условима за испуштање отпадних вода у површинске воде (Сл. гл. Републике Српске, број 42/01), може се констатовати да је у свим узорцима садржај минералних уља био у оквиру граничних вриједности.

Табела 31. Резултати испитивања отпадних вода – испуст пречишћених отпадних вода

Параметар	Јединица мјере	Резултати		
		Вода код капије бр. 3	Вода од хлађења шљаке	Водосабирник А1
Проток	m <sup>3</sup> /dan	3456	205	2880
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	26	365	33,6
ВРК <sub>5</sub>	g/m <sup>3</sup>	2,19	87,3	2,77
НРК	g/m <sup>3</sup>	18,2	190	18,6
Укупни азот	g/m <sup>3</sup>	1	3,35	2,43
Укупни фосфор	g/m <sup>3</sup>	0,148	0,186	0,028
Токсиколошки биооглед <i>Daphnia magna</i> , Straus 48hEC50	% отпадне воде у разблажењу	Без елемената токсичности	5,14	Без елемената токсичности

Извор: Документација РиТЕ, 2010.

На основу лабораторијских испитивања отпадних вода испуст код капије бр. 3 и водосабирник-А1 сви параметри задовољавају Правилником прописане вриједности. У узорку отпадних вода од хлађења шљаке одређени параметри су били изнад дозвољених вриједности. Укупне суспендоване материје (365 g/m<sup>3</sup>), десет пута су прекорачиле дозвољену вриједност. Биохемијска потрошња кисеоника након пет дана (ВРК<sub>5</sub>) забиљежила је вриједност од 87,3 g/m<sup>3</sup>, што је три пута више од дозвољене. Хемијска потрошња кисеоника (190 g/m<sup>3</sup>) је такође изнад граничних вриједности (125 g/m<sup>3</sup>).

Токсиколошким биоогледом установљено је присуство елемената токсичности у отпадним водама које су настале хлађењем шљаке, док су у осталим узорцима добијени резултати били у задовољавајућим вриједностима. Предузеће „System Qualita S” д.о.о. Пале извршило је мониторинг квалитета вода. На основу спроведене анализе у процједним водама депоније пепела забиљежена су највећа одступања параметара од граничних вриједности.

Табела 32. Хемијске карактеристике процједне воде – Депонија пепела

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	23,1
pH	pH jedinica	>14
Изглед	organolept	Мутна
Седиментиране материје	ml/l	0,26
Електропроводљивост	μS/cm	10700
Укупни испарени остатак	g/m <sup>3</sup>	3460
Суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	36,5
Жарени остатак	g/m <sup>3</sup>	25,03
Губитак жарењем	g/m <sup>3</sup>	11,47
Алкалитет као CaCO <sub>3</sub>	gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	256,3
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	209,4
ВРК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	50,3
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,632
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,044
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	1,748
Органски азот	g/m <sup>3</sup> N	1,605
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	4,029
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup> P	0,17
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	33,76
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	25,42
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	76,33
Олово	mg/m <sup>3</sup>	0,68
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	28,48
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	1,93
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	0,22
Никл	mg/m <sup>3</sup>	0,37
Манган	mg/m <sup>3</sup>	42,74
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	4,56
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	3,82
Жива	mg/m <sup>3</sup>	0,16
Садржај уља и масти	mg/m <sup>3</sup>	12,53
Токсиколошки тест (Dafna m. s)	ml/l (%tksič)	токсична - 22%

Извор: Документација ТЕ, 2014.

На основу физичко-хемијске анализе, процједне воде са „депоније пепела”, имају елементе отпадних, а вредновање резултата испитивања извршено је у односу на норме табеле 3 Правилника о условима испуштања отпадних вода у површинске воде „Службени гласник Републике Српске”, бр. 44/01 и Уредбе о класификацији вода и категоризацији водотока „Службени гласник Републике Српске”, бр. 42/01.

Табела 33. Хемијске карактеристике воде ријеке Грачанице  
– испод испуста отпадних вода

Параметри	Јединица	Резултат
Проток	l/s	860,63
Температура воде	°C	13,2
рН	рН јединица	8,12
Изглед	органолепт	благо мутна
Мирис	органолепт	Без мириса
Седиментне материје	ml/l	<** 0,05
Електропроводљивост	μS/cm	394
Укупни испарени остатак	g/m <sup>3</sup>	141
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	4,23
Жарени остатак	g/m <sup>3</sup>	1,91
Губитак жарењем	g/m <sup>3</sup>	2,32
Алкалитет као СаСО <sub>3</sub>	gСаСО <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	197
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	12,45
ВРК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	3,28
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,144
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,006
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,783
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	1,397
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup> P	0,012
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	8,23
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	14,31
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	73,4
Олово	mg/m <sup>3</sup>	0,35
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	4,9
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	0,86
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	< 0,003
Никл	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Манган	mg/m <sup>3</sup>	16,52
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	1,1
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001
Жива	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001
Садржај уља и масти	mg/m <sup>3</sup>	< 0,05
Укупне колиформне бактерије	MPN/100ml	< 0,10
Колиформне бактерије фекалног извора	MPN/100ml	< 0,10
Токсиколошки тест (Dafna m. s)	ml/l (%tksič)	100%

Извор: Документација ТЕ, 2014.

Сходно претходном, утврђени квалитет процједне воде са депоније пепела не задовољава норме наведеног Правилника и Уредбе, а односи се на наредне параметре:

- рН вриједност је била већа од 14, и према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока сврстана у V категорију.
- Електропроводљивост (10700 μS/cm) и укупни испарени остатак (3460 g/ m<sup>3</sup>) воду су класификовали у V категорију;

- Суспендоване материје ( $36,5 \text{ g/m}^3$ ) су прекорачиле дозвољену вриједности параметра у индустријским отпадним водама које се смију испуштати у површинске воде ( $35 \text{ g/m}^3$ );
- Према вриједности НРК ( $209,4 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ ), вода је класификована у V категорију, а дозвољена вриједност у површинским водама износи  $125 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ ;
- ВРК<sub>5</sub> ( $50,3 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ ) је два пута прекорачила максималну дозвољену вриједност;
- Такође, по концентрацији укупног фосфора/ортофосфата ( $0,17 \text{ g/m}^3 \text{ P}$ ), вода је класификована у V категорију;
- Вриједности присутног нитрита ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), Рb и Си воду сврстава у III категорију;
- Према вриједности нитрата ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), кадмијума и никла, припада II категорији.
- На основу резултата теста токсичности може се констатовати да су процједне воде „депоније пепела” токсичне.

Табела 34. Хемијске карактеристике површинске воде Водосабирник „ВС-1”

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	9,3
pH	pH јединица	7,81
Изглед	Органолепт	благо мутна
Електропроводљивост	$\mu\text{S/cm}$	502
Укупни испарени остатак	$\text{g/m}^3$	256
Суспендоване материје	$\text{g/m}^3$	8,64
Жарени остатак	$\text{g/m}^3$	2,87
Губитак жарењем	$\text{g/m}^3$	5,77
Алкалитет као $\text{CaCO}_3$	$\text{gCaCO}_3/\text{m}^3$	219
НРК	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	12,7
ВРК <sub>5</sub>	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	4,14
Амонијак $\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	0,185
Нитрити $\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	0,009
Нитрати $\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	1,439
Органски азот	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	0,916
Укупни азот	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	2,549
Укупни фосфор/ортофосфати	$\text{g/m}^3 \text{ P}$	0,014
Сулфати	$\text{g/m}^3$	8,12
Хлориди	$\text{g/m}^3$	6,18
Гвожђе	$\text{mg/m}^3$	53,46
Олово	$\text{mg/m}^3$	0,35
Бакар	$\text{mg/m}^3$	7,34
Сулфиди	$\text{mg/m}^3$	1,29
Кадмијим	$\text{mg/m}^3$	<0,003
Никл	$\text{mg/m}^3$	0,26
Манган	$\text{mg/m}^3$	9,47
Алуминијум	$\text{mg/m}^3$	2,08
Арсен	$\text{mg/m}^3$	< 0,001
Жива	$\text{mg/m}^3$	< 0,001
Садржај уља и масти	$\text{mg/m}^3$	< 0,05
Укупне колиформне бактерије	MPN/100ml	< 0,1
Ентерококе	MPN/100ml	< 0,1
Токсиколошки тест (Dafna m. s)	ml/l (%tksič)	нетоксична

Извор: Документација ТЕ, 2014.

Узорковањем воде ријеке Грачанице – испод испуста отпадних вода може се констатовати:

1. На основу рН вриједности (8,12), укупних суспендованих материја (4,23), НРК (12,45) и ВРК<sub>5</sub> (3,28) воде припадају II класи. Параметри из осталих група налазили су се у вриједностима које воду класификују у I категорију.
2. Површинска вода ријеке Грачанице (испод испуста отпадних вода), има добар еколошки статус по свим испитаним параметрима, а тест токсичности је показао да воде нису токсичне.

Узорковањем површинске воде на водосабирнику „BC-1” добијене су вриједности које су воду сврстале од I до III категорије:

1. Параметри из групе А: рН (7,81) и електропроводљивост (502  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) припадају II класи, алкалитет као  $\text{CaCO}_3$  сврстан је у прву класу, док је вриједност укупних суспендованих материја (8,64  $\text{g}/\text{m}^3$ ) припадала III класи квалитета.
2. Параметри из групе Б: НРК (12,7) и ВРК<sub>5</sub> (4,14) припадају II класи.
3. Параметри из групе С: Нутријенти – нитритни азот припада I класи квалитета, а нитрати (1,43), амонијак (0,18), укупни фосфор (0,014) и укупни азот (2,54) сврстани су у II класу квалитета.
4. Параметри из групе Е – неорганске токсичне супстанце (групе Е<sub>1</sub> – метали и металоиди, Е<sub>2</sub> – друге неорганске супстанце) су I класа квалитета, осим бакра (7,34), олова (0,35) и никла (0,26) који припадају II класи квалитета.
5. Параметри из групе G1 – санитарно – микробиолошки параметри (биолошки статус воде) припадају I класи квалитета.
6. Број имобилизираних организама *Daphnia magna* у узорку без разблажења (100%) није прелазио 50% од укупно изложених организама, што значи да анализирана вода није токсична.

Површинска вода Водосабирник „BC-1” , има умјерен еколошки статус.

На основу резултата узорковања површинске воде Водосабирник „BC-2” може се констатовати сљедеће:

1. Параметри из групе А: рН и суспендоване материје припадају II класи, а електропроводљивост и алкалитет као  $\text{CaCO}_3$  сврстани су у прву класу.
2. Параметри из групе Б: НРК и ВРК<sub>5</sub> припадају II класи.
3. Параметри из групе С: Нутријенти – нитрати, амонијак и укупни азот припадају II класи, а укупни фосфор и нитрити сврстани су у другу класу.
4. Параметри из групе Е – неорганске токсичне супстанце (групе Е<sub>1</sub> – метали и металоиди, Е<sub>2</sub> – друге неорганске супстанце) су I класа квалитета, сем бакра, олова и никла који припадају II класи квалитета.
5. Параметри из групе G1 – санитарно – микробиолошки параметри (биолошки статус воде) припадају I класи квалитета, осим укупних колиформних бактерија које су сврстане у II класу квалитета.
6. Резултати токсиколошког теста показали су да површинске воде Водосабирник „BC-2” нису токсичне.

Површинска вода Водосабирник „BC-2” има умјерен еколошки статус.

Табела 35. Хемијске карактеристике површинске воде Водосабирник „ВС-2”

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	9,4
pH	pH јединица	7,72
Изглед	Органолепт	благо мутна
Седиментне материје	ml/l	<0,05
Електропроводљивост	μS/cm	384
Укупни испарени остатак	g/m <sup>3</sup>	192
Суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	4,53
Жарени остатак	g/m <sup>3</sup>	1,68
Губитак жарењем	g/m <sup>3</sup>	2,85
Алаклитет као CaCO <sub>3</sub>	gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	236
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	16,77
ВРК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	3,54
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,19
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,01
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	1,303
Органски азот	g/m <sup>3</sup> N	1,155
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	2,658
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup> P	0,01
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	18,28
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	6,83
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	76,7
Олово	mg/m <sup>3</sup>	0,29
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	5,58
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	0,83
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	<0,003
Никл	mg/m <sup>3</sup>	0,16
Манган	mg/m <sup>3</sup>	42,5
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	3,26
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	0,77
Жива	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001
Садржај уља и масти	mg/m <sup>3</sup>	7,94
Укупне колиформне бактерије	MPN/100ml	48,2
Колиформне бактерије фекалног извора	MPN/100ml	12,6
Ентерококе	MPN/100ml	< 0,01
Токсиколошки тест (Dafna m. s)	ml/l (%tksič)	Нетоксична

Извор: Документација ТЕ, 2014.

Институт за воде д.о.о Бијељина 2016. године извршио је физичко-хемијско испитивање вода на територији општине Гацко. Узорковањем су обухваћене отпадне воде од одшљакивача, старо корито ријеке Мушнице, спој ријека Грачанице и Мушнице,

Водосабирник А, воде од декарбонизације, Гојковића поток прије улијевања у Грачаницу, Гојковића поток после улијевања вода из ободног канала, Грачаница прије испуста отпадних вода ТЕ Гацко, Грачаница након испуста отпадних вода, испуст испод моста код капије 3, језеро Клиње, језеро Врба, линија отпадних вода од декарбонизације на постројењу за третман отпадних вода, линија зауљених отпадних вода на постројењу за третман отпадних вода, Мушница низводно од насеља Автовац, Мушница прије улијевања градске канализације, Срђевића кланац, Водосабирник Б1, Водосабирник П1.

Лабораторијским испитивањима установљено је да су у већини узорака параметри били у граничним вриједностима. Значајнија одступања вриједности параметара заступљена су отпадним водама од одшљакивача, старом кориту ријеке Мушнице, у водама гдје се спајају ријеке Грачанице и Мушнице, Водосабирнику А и водама од декарбонизације.

Табела 36. Резултати физичко-хемијских испитивања отпадне воде из одшљакивача

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	13
рН	рН јединица	12,7
Талог након 0.5 часова таложења	ml/l	9
Електропроводљивост	μS/cm	5580
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	438
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	67,6
ВРК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2,89
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,298
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,151
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	1,19
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	2,09
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup> P	0,033
Сулфити	g/m <sup>3</sup>	6,85
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	223
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	7,52
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	<0,03
Олово	mg/m <sup>3</sup>	0,92
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	3,04
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	0,07
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	< 0,05
Никл	mg/m <sup>3</sup>	2,11
Манган	mg/m <sup>3</sup>	<0,01
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	46,08
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	<0,50
Жива	mg/m <sup>3</sup>	< 0,10

Извор: Документација ТЕ, 2016.

Анализом отпадних вода од одшљакивача утврђено је одступање појединих параметара, а то су:



- рН вриједност која је износила 12,7, док је Уредбом прописана вриједност до 9.
- Талог након 0.5 часова таложења је достигла вриједност од 9 ml/l, што је 18 пута више од дозвољене (0,5 ml/l).
- Концентрација сулфата је износила 238 g/m<sup>3</sup>, док је дозвољена вриједност 200 g/m<sup>3</sup>.
- Сулфиди су прекорачили граничне вриједности (0 mg/m<sup>3</sup>) и кретали су се у вриједностима 0,07 mg/m<sup>3</sup>.
- Концентрација сулфита (6,85 mg/m<sup>3</sup>) је била скоро 7 пута већа од прописане вриједности (1 mg/m<sup>3</sup>).
- Садржај укупних суспендованих материја (438 g/m<sup>3</sup>) имао је 13 пута већу концентрацију.

Табела 37. Резултати физичко-хемијских испитивања вода на мјесту спајања ријека Грачанице и Мушнице

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	8,5
рН	рН јединица	8,25
Електропроводљивост	μS/cm	329
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	6,2
НРК	g/m <sup>3</sup>	7,2
ВРК <sub>5</sub>	g/m <sup>3</sup>	3,64
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup>	0,085
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup>	0,001
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup>	0,156
Укупни азот	g/m <sup>3</sup>	0,36
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup>	0,038
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	12,92
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	2,22
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	<0,03
Олово	mg/m <sup>3</sup>	0,26
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	1,66
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	<0,04
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	<0,05
Никл	mg/m <sup>3</sup>	1,44
Манган	mg/m <sup>3</sup>	0,01
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	11,84
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	<0,50
Жива	mg/m <sup>3</sup>	<0,10

Извор: Документација ТЕ, 2016.

Узорковањем воде на мјесту спајања ријека Грачанице и Мушнице издвојене су категорије водотока на основу резултата одређених параметара:

- На основу вриједности биолошке потрошње кисеоника за пет дана (3,64 g/m<sup>3</sup>) и концентрацији олова (0,26 g/m<sup>3</sup>) водоток је класификован у II категорију.
- Према укупним суспендованим материјама (6,2 g/m<sup>3</sup>), укупном фосфору (0,038 g/m<sup>3</sup>), никлу (1,44 mg/m<sup>3</sup>), на основу броја колиформних бактерија, колиформних бактерија фекалног поријекла, укупног броја аеробних хетеротрофа и бројности интестиналних стрептокока водоток је класификован у III категорију.
- Нитратни азот је достигао вриједност од 0,156 g/m<sup>3</sup>, што је водоток сврстало у IV категорију.

Табела 38. Резултати физичко-хемијских испитивања вода – старо корито ријеке Мушнице прије улијевања у Грачаницу

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	3,2
pH	pH јединица	7,8
Укупни алкалитет, као CaCO <sub>3</sub>	g/m <sup>3</sup>	449
Укупна тврдоћа, као CaCO <sub>3</sub>	g/m <sup>3</sup>	1205
Електропроводљивост	μS/cm	1605
Укупне суспендоване материје	g/m <sup>3</sup>	24,4
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	10,8
ВРК <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1,05
Амонијак NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,201
Нитрити NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,006
Нитрати NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,874
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	1,29
Укупни фосфор/ортофосфати	g/m <sup>3</sup> P	0,035
Сулфати	g/m <sup>3</sup>	699
Хлориди	g/m <sup>3</sup>	1,61
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	0,146
Олово	mg/m <sup>3</sup>	<0,10
Бакар	mg/m <sup>3</sup>	2,58
Сулфиди	mg/m <sup>3</sup>	<0.04
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	<0.05
Никл	mg/m <sup>3</sup>	15,53
Манган	mg/m <sup>3</sup>	0,493
Алуминијум	mg/m <sup>3</sup>	13,43
Арсен	mg/m <sup>3</sup>	<0.50
Жива	mg/m <sup>3</sup>	<0.10

Извор: Документација ТЕ, 2016.

Узорковањем вода старог корита Мушнице прије улијевања у Грачаницу већина параметара је имала вриједности изнад дозвољених и на основу тога класификована у категорије од II-V.

- Укупни азот ( $1,29 \text{ g/m}^3$ ), гвожђе ( $0,146 \text{ mg/m}^3$ ) и укупан број колиформних бактерија сврстали су водоток у II категорију.
- Амонијачни азот ( $0,201 \text{ g/m}^3$ ), укупни фосфор ( $0,035 \text{ g/m}^3$ ) и алуминијум ( $13,43 \text{ mg/m}^3$ ) класификовали су водоток у III категорију.
- Електропроводљивост ( $1605 \text{ }\mu\text{S/cm}$ ), укупне суспендоване материје ( $24,4 \text{ g/m}^3$ ), манган ( $0,493 \text{ g/m}^3$ ), никл ( $15,53 \text{ mg/m}^3$ ), сулфати ( $699 \text{ g/m}^3$ ) и сулфити ( $3,74 \text{ g/m}^3$ ) старо корито ријеке Мушнице су класификовали у V категорију.

Табела 39. Резултати физичко-хемијских испитивања вода – Водосабирник А1

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	$^{\circ}\text{C}$	7,6
pH	pH јединица	11,54
Електропроводљивост	$\mu\text{S/cm}$	1279
Укупне суспендоване материје	$\text{g/m}^3$	12,4
НРК	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	3,8
ВРК <sub>5</sub>	$\text{gO}_2/\text{m}^3$	0,76
Амонијак $\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	2,03
Нитрити $\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	0,02
Нитрати $\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	0,128
Укупни азот	$\text{g/m}^3 \text{ N}$	2,49
Укупни фосфор/ортофосфати	$\text{g/m}^3 \text{ P}$	0,003
Сулфати	$\text{g/m}^3$	426
Хлориди	$\text{g/m}^3$	3,07
Гвожђе	$\text{mg/m}^3$	<0,03
Олово	$\text{mg/m}^3$	<0,10
Бакар	$\text{mg/m}^3$	0,87
Сулфити	$\text{mg/m}^3$	1,16
Кадмијум	$\text{mg/m}^3$	<0,05
Никл	$\text{mg/m}^3$	9,88
Манган	$\text{mg/m}^3$	<0,01
Алуминијум	$\text{mg/m}^3$	5,86
Арсен	$\text{mg/m}^3$	<0,50
Жива	$\text{mg/m}^3$	<0,10

Извор: Документација ТЕ, 2016.

Физичко – хемијском анализом вода у водосабирнику А примјетно је повећање сљедећих параметара:

- pH вриједност (11,54),
- Сулфати ( $426 \text{ g/m}^3$ ), два пута више од дозвољене вриједности ( $200 \text{ g/m}^3$ ) и
- Сулфити  $1,16 \text{ g/m}^3$ .

На основу претходних истраживања воде у водосабирнику А су се кретале у границама вриједности прописаним Уредбом. Повећана концентрација сулфата и

сулфита може се довести у вези са експлоатацијом новог поља површинског копа Гацко гдје је заступљено излијевање градске канализације<sup>71</sup>.

## Утицај Рудника и термоелектране Гацко на земљиште

Све бржим развојем технологије површинског откопавања испољавају се утицаји са негативним посљедицама на природну средину. Доминантан и најзначајнији утицај рударских радова код површинске експлоатације угља одражава се на педосферу, која се сматра основном компонентом геобиоценозе. Самим тим, штетном утицају изложена је цјелокупна биосфера на читавом подручју површинског копа. Штетни утицаји на земљиште, тачније на геобиоценозу и биосферу огледају се у сљедећем:

- Приликом површинске експлоатације драстично се мијења постојећи рељеф подручја;
- Овим начином експлоатације се у потпуности уништава педолошки покривач;
- Откопавањем и одлагањем откритке уништава се фитоценоза на природном станишту;
- Природни распоред геолошких серија се мијења као и њихове физичке особине;
- Промјеном рељефа и физичких особина новонасталог тла, долази до измјене режима површинских и подземних вода.

Земљиште је основни природни ресурс, а заједно са водом и ваздухом, те са нижим и вишим организмима сачињава сложени екосистем. То је практично необновљиви природни ресурс и представља услов егзистенције живог свијета. „Земљиште је један од најдрагоцјенијих природних необновљивих ресурса, чије је формирање трајало хиљадама година у геолошкој прошлости па је његово очување морална, цивилизацијска и етичка обавеза човјека према природи, према себи, према потомству” (Grujić, 2006). Оно се користи мултифункционално, са аспекта његових еколошких и техничких функција. Основна функција земљишта је укорјењавање биљака, гдје оне налазе потребне хранљиве материје, воду и ваздух. Оно је и станиште широког спектра живог свијета, микро и макроорганизама који у њему проводе цијели свој живот. Земљиште је живи организам који се постепено ствара и има своје специфичне законе генезе и еволуције те се карактерише специфичним својствима: плодношћу<sup>72</sup> и продуктивношћу. Поред ових еколошких критеријума оно посједује и многобројне техничке функције. Оне се карактеришу разним начинима коришћења земљишта изван еколошке сфере. Ту спада изградња насеља, индустрије, експлоатације разних сировина, одлагање отпада, изградња водних акумулација, саобраћајница и др. Наведене функције (еколошке, техничке), претендују на исти земљишни простор те су међу њима присутна супротна дјеловања. Као резултат дјеловања ових функција дошло је и долази до константног смањења укупног земљишног фонда.

Количина земљишта која је на располагању за производњу хране је ограничена. Али, све више смо свјedoци свакодневног антропогеног утицаја које је уништило 430 милиона хектара пољопривредног земљишта или чак 30% укупних обрадивих

---

<sup>71</sup> Површински слој земљишта из новоотвореног копа Гацко се одлаже у поље А гдје се налази поменути водосабирник.

<sup>72</sup> Према процјенама „природи је потребно од 200-1000 година да би се формирао најплоднији слој земљишта од 2,5 cm“ (Ђukić, Ђukanović, 2015).

површина наше Планете<sup>73</sup>. Ови губици су присутни на ширем подручју општине Гацко, па се поставља кључно питање, да ли се ова два начина коришћења земљишта тј. еколошки и технички могу хармонизовати? Нажалост – апсолутних мјера за такве поступке нема, али постоје релативне мјере којима се могу сачувати квалитетна земљишта. Једно од кључних питања са којим се данас сусрећемо у вези са управљањем земљишних ресурса односи се на њихову заштиту од оштећења или трајног уништења.

Трајно уништење земљишног простора најчешће настаје усљед његовог неконтролисаног коришћења од стране заинтересованих инвеститора, а индустријска производња допринијела је смањењу пољопривредног земљишта (Resulović i dr., 1991). Наведени процеси доводе до још већег смањења ионако ограничених површина за биљну производњу, што за посљедицу има повећање зависности за храном и другим биљним производима. „Загађивање тла путем гасова, прашине, соли, метала и њихових једињења, као и радиоактивних материја доводи до читавог низа посљедица. Индустријски отпад доводи до промјене реакције тла, његове засићености токсичним једињењима, до разградње адсорптивног комплекса, до неповољног састава хумуса, повећања садржаја фулвокиселина на рачун хуминских киселина, што за посљедицу има деградацију, повећање збијености, смањење порозности и водопрпусности тла” (Resulović i dr., 1986).

Један од главних потрошача пољопривредних земљишта су рудници, а посебно мјесто заузимају рудници угља. Површинском експлоатацијом земљиште се уништава и стварају депосоли односно долази до веома интензивног нарушавања површине терена. Посљедица оваквог коришћења су веома дубоки кратери, чија дубина износи и преко 100 m и депоније јаловине. Површинском експлоатацијом угља врши се физичко разарање земљишта. Према становишту Đukića i Đukanovića (2015), коефицијент откривке креће се у размјеру 15:1, што значи да се за једну тона уља откопава 15 m<sup>3</sup> земље.

Озбиљан проблем представљају оштећена земљишта, будући да се појављују на скоро сваком кораку и обично настају на рачун плодних обрадивих површина (Fuštić, 1989). „Фонд продуктивних земљишта, најчешће, од прве до четврте бонитетне класе може се сматрати веома угроженим, до таквих размјера да њиховом угроженошћу долази до нарушавања еколошке равнотеже и пријетње животу” (Antonović, 1980). Оштећења земљишта долазе као резултат експлоатације угља и депоновања материјала.

Приликом површинске експлоатације угља долази до значајне девастације земљишта. Гатачки угљени басен простире се на око 4000 ha, дакле 32% укупне обрадиве површине општине Гацко је угрожено рударством (Čustović i Bjelogrić, 1985). Депоновани материјали се одлажу стихијски при чему се не води рачуна о њиховим карактеристикама (Resulović, 1986).

Рударским радовима на ПК „Грачаница“ умјесто њива и пашњака створене су деградирани површине. Квалитет земљишта на коме се врши откопавање је IV и V катастарске класе. Дио површина су обрадиве и под пољопривредним културама, а дио под пашњацима. Као што је познато у току вађења разних сировина, захваљујући великом технолошком напретку посебно у развоју механизације, дошло је до могућности приступа сировинама (нпр. угљеним слојевима) од саме површине терена. Ово је условило скидање свих земљишних и геолошких слојева који леже изнад угљених наслага. Овај одстрањени материјал, кога рудари називају јаловином износи се на површину терена и одлаже у виду депонија. Тај депоновани материјал се процесима рекултивације (техничка и биолошка) претвара у продуктивне површине. На депонованим материјалима долази до развоја земљишта. О процесима који се одигравају на овако депонованим материјалима мало је истражено (Čustović, 1989).

---

<sup>73</sup> Основа заштите, коришћења и унапређења пољопривредног земљишта Републике Српске као компонента процеса планирања коришћења земљишта, 2009.

Важно је нагласити да земљиште на подручју Гацка представља изузетно значајан природни ресурс. Посебно се истиче значај овог природног ресурса уз чињеницу да се у претходном времену мало урадило у смислу заштите земљишних ресурса од оштећења и трајне деструкције нарочито на подручјима гдје су површине пољопривредног земљишта испод егзистенцијалног пољопривредног минимума по становнику.

Утицај Рудника и термоелектране Гацко на земљиште је вишеструк, а огледа се прије свега у заузимању великих површина, деградацији усљед одлагања јаловине, шљаке, пепела и загађености усљед емисије гасова из термоелектране.

Сам површински коп заузима велику површину земљишта, а у процесу експлоатације угља откопава се и велика количина јаловине која се одлаже на унутрашња и спољашња одлагалишта. На тај начин долази до велике девастације и заузимања земљишта на подручју површинског копа. Одлагање јаловине на земљиште се негативно одражава јер се плодне површине прекривају неплодним и на тај начин постају неупотребљиве за било какву даљу производњу.

Процијењено је да ће по завршетку експлоатације копа јаловином бити прекривена површина од 283 ha плодног земљишта. Такође, пепео и шљака који се одлажу у откопни простор ће по завршетку експлоатације на површинском копу заузети површину од 52,5 ha. Укупно, утицај површинског копа на земљиште ће бити значајан.

Ћustović i Peħar (1986), наводе да ће на подручју Гацка одређени дио површина бити деградиран, тачније 579 ha од чега:

- Површинским копом – 335 ha,
- Спољашњим одлагалиштима - 205 ha,
- Површине у кругу ТЕ – 29 ha,
- Зоном санитарне заштите – 10 ha.

Утицај на земљиште у виду деградације врши и тешка рударска механизација која се користи у процесу рада на површинском копу, због своје масивне конструкције. Утицај на земљиште имају и отпадне воде са површинског копа. То су отпадне воде са депоније пепела, оборинске воде са радних површина (етажа) и воде са одлагалишта које се одводним каналима преводе у водосабирнике а затим у крајње реципијенте. Поред ових вода негативно утичу и оборинске воде које падају на манипулативне површине у индустријском кругу површинског копа. Усљед слабе носивости основног тла на површинском копу може доћи до клизања терена при откопавању угља, јаловине и приликом одлагања на одлагалишту. До клизања одложених маса на одлагалишту може доћи и у случају повећане висине одлагања и непридржавања одређених углова завршне косине одлагалишта, што би негативно утицало на околно земљиште и на површинске водотоке који се налазе у близини површинског копа. Појава клизишта на завршним косинама површинског копа може утицати на оштећење заштитних насипа<sup>74</sup>.

У вези са локацијом и природом технолошког процеса, загађеност земљишта настаје усљед:

- необузданог одлагања отпадних материја насталих у производном процесу - шљаке и пепела (његовог неадекватног депоновања на крајњем одлагалишту),
- одбацивања амбалаже средстава за одржавање постројења и машина, зауљених крпа, органских и неорганских отпадака корисника,
- неодговарајућег третмана отпадних вода као и усљед испуштања разних уља и мазива.

Главни узроци оштећења земљишта на подручју општине Гацко су:

- Површински коп угља,
- Депонија јаловине,

---

<sup>74</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница“, Гацко до краја експлоатације, 2004.

- Депонија пепела,
- Изграђени објекти везани за рад термоелектране,
- Емисија гасова из термоелектране,
- Разношење пепела вјетром.

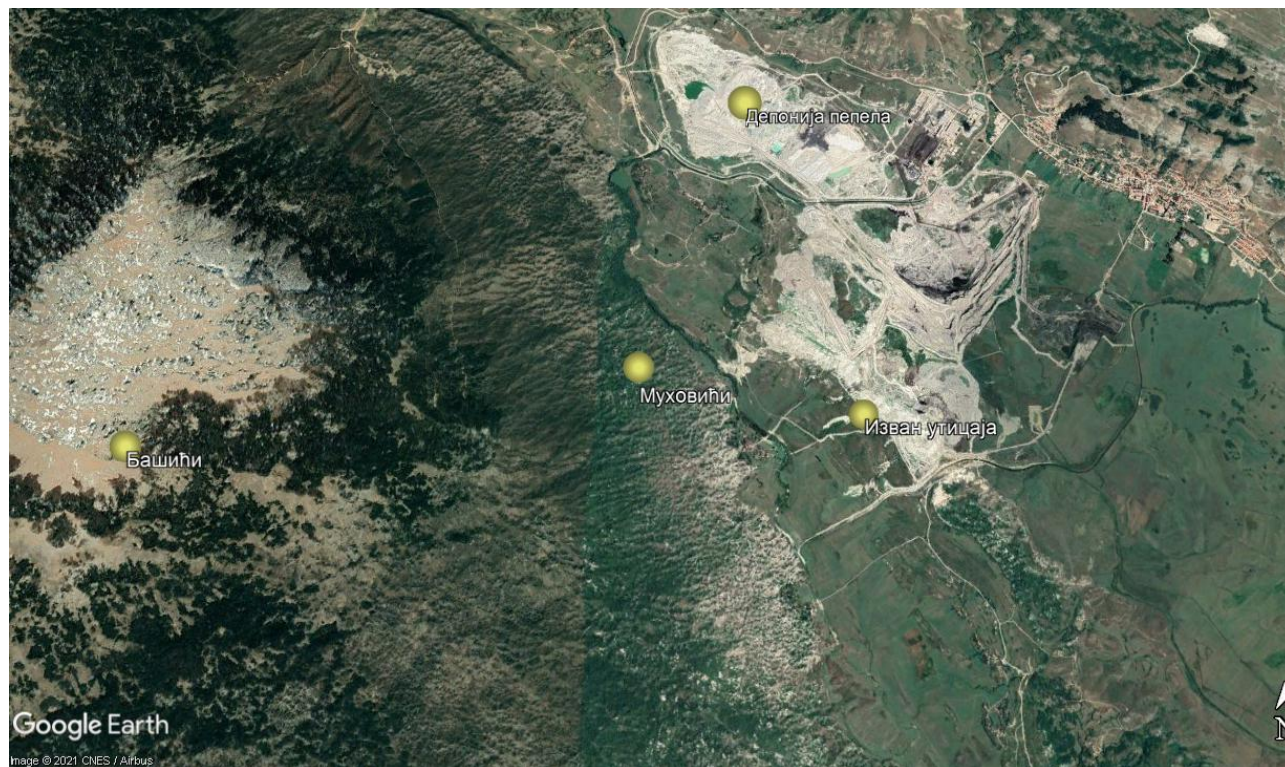
Да би се добио увид у степен загађености земљишта 2011. године је узорковано пољопривредно земљиште на шест локација са по пет подузорака и то на локацијама:

- Рудо поље – сјеверно од рудника - земљиште је под пашњаком (узорак бр.1);
- Гојковића поток (западна страна рудника), према селу Меданићи, 100 m ваздушне линије од рудника - земљиште је под пашњаком (узорак бр. 2);
- село Срђевићи, јужно од рудника - башта мјештана засијана културама кромпира, лука, парадајза, пасуља; 500 m ваздушне линије од копа (узорак бр. 3);
- мјесто између села Срђевићи и Муховићи, у подножју планине Бјеласнице, југозападно од копа и одлагалишта јаловине, 50 m ваздушне линије од копа – пашњак (узорак бр. 4);
- Поље „Б” јужно од рудника, 150 m ваздушне линије - ливада II класе (узорак бр. 5);
- воћњак и башта мјештана, 80 m сјеверно од рудника (узорак бр. 6).

Табела 40. Резултати хемијске анализе земљишта

Узорак	pH	Fe	Ca	Mg
1.	8,14	2,0	0,45	0,23
2.	8,25	1,8	0,43	0,26
3.	8,01	2,0	0,38	0,25
4.	6,89	1,9	0,15	0,11
5.	7,96	2,0	0,30	0,13
6.	7,78	1,9	0,40	0,18

Извор: Документација ТЕ, 2011.



Карта 7. Локација узорковања земљишта

На основу резултата истраживања установљено је да земљиште припада групи слабо алкалних, што се и очекује с обзиром на базност пепела али и на карактеристике крашког подручја.

Да би се одредио степен девастације и загађења земљишта по дужини вањског одлагалишта јаловине у реону села Башићи и Муховићи Пољопривредни институт Бањалука је извршио детаљнију анализу земљишта. Узето је десет узорака, од тога један узорак је узет са лапоровитог материјала са депоније и девет узорака земљишта. Један узорак земљишта је узет као референтни који је изван домаћаја утицаја депоније изазваним спирањем материјала. Четири узорка су узета у два појаса.

Табела 41. Карактеристике узорака

Р. бр.	Локација	Удаљеност од депоније (m)	Начин кориштења	Утицај депоније	Девастација
1	Депонија	0	Депонија	-	
2	Муховићи	100	Ливада	Нанијет материјал по цијелој површини	Знатна
3	Муховићи	200	Ливада	Дјелимично нанијет материјал (острвца)	Дјелимична
4	Муховићи	500	Ливада	Није видљив	Неуочљива
5	Муховићи	650	Ливада	Нанијет материјал на 80% површине	Знатно
6	Башићи	700	Ливада	Дјелимично нанијет материјал	Знатан
7	Башићи	850	Ливада	Нанијет материјал у тањем слоју	Знатан
8	Башићи	900	Ливада	Није видљив	Неуочљива
9	Башићи	1200	Ливада	Невидљива	Неуочљив
10	Башићи	1600	Ливада	Без утицаја	Без утицаја

Извор: Документација ТЕ, 2011.

Узорци земљишта су узети сондама до дубине ораничног слоја 25 cm. Извршене су анализе основних показатеља плодности (рН, хумус, фосфор и калијум) као и садржај тешких метала.

Да би се добила боља прегледност резултата и јасније сагледавање утицаја депоније на земљиште околних парцела узорци су подијељени у четири групе у зависности колико је видљив нанос материјала депоније на површину земљишта:

1. Земљишта на којима је видљив знатан утицај депоније (2, 5, 6, 7);
2. Земљиште са дјелимичним утицајем (3);
3. Земљиште без видљивих утицаја депоније (4,8,9);
4. Земљиште без утицаја (10).

На основу утврђеног стања на терену и резултата хемијске анализе може се закључити да спирање лапоровитог материјала са депоније и његово наношење на земљишта околних парцела није имало утицаја у смислу загађења земљишта тешким металима. Истовремено, исти процес има негативан утицај на плодност земљишта околних парцела, у зависности од количине нанесеног материјала.



Табела 42. Резултати основних параметара плодности

Утицај депоније	Ознака узорка	pH		Хумус %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	K <sub>2</sub> O mg/100g
		H <sub>2</sub> O	KCl			
0	1	8,1	8,1	-	1,8	4,0
1	2	8,0	8,0	1,4	1,1	9,4
	5	8,1	8,0	2,1	0,9	7,6
	6	8,1	8,0	2,2	1,5	6,8
	7	8,0	7,9	2,5	1,8	6,4
2	3	7,8	7,4	9,4	2,6	16,5
3	4	7,3	6,8	13,4	1,8	27,4
	5	7,2	6,7	11,2	1,4	22,6
	9	6,7	6,4	17,5	2,8	20,3
4	10	7,8	7,2	8,4	3,4	19,2

Извор: Документација ТЕ, 2011.

Околна земљишта су алкалне реакције и свако наношење лапоровитог материјала има негативан утицај на плодност земљишта и гајење биљака. У зависности од количине нанесеног материјала смањује се његова продуктивност. У конкретном случају долази до повећања pH вриједности до те мјере да се не могу гајити пољопривредне културе.

Табела 43. Укупан садржај тешких метала

Утицај депоније	Ознака узорка	mg/kg					
		Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn
0	1	21	1,4	85	77	9	14
1	2	27	1,3	86	77	11	19
	5	30	1,4	87	84	12	20
	6	20	1,2	82	80	13	16
	7	28	1,4	88	83	11	20
2	3	27	0,4	112	83	31	70
3	4	36	0,6	132	126	34	97
	8	38	0,2	130	120	40	81
	9	34	0,5	124	115	37	93
4	10	28	0,7	105	81	27	62

Извор: Документација ТЕ, 2011.

Упоређујући резултате добијене анализом земљишта са Правилником о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у пољопривредном земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање („Службени гласник Републике Српске”, бр. 56/16) евидентно је повећање концентрације никла у свим узетим узорцима. Њене вриједности се крећу од 85 до 132 mg/kg, што је два и по пута више од дозвољене. У узорцима 3, 4, 5, 7, 8, 9 и 10 повећане су концентрације хрома (80-126 mg/kg).

Табела 44. Максимално дозвољене количине опасних и штетних материја

Елемент	mg/kg
Кадмијум (Cd)	1
Олово (Pb)	100
Никл (Ni)	50
Хром (Cr)	80
Бакар (Cu)	90
Цинк (Zn)	150

Извор: Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у пољопривредном земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање („Сл. гласник Републике Српске”, бр. 56/16)

С циљем утврђивања постојећег стања животне средине као и степена загађености земљишта узорковано је земљиште у околини површинског копа „Гацко – централно поље”. Анализа земљишта је извршена на 4 локације:

- М1 - Површински коп,
- М2 - Насеље Зечице, сјеверно од ПК,
- М3 – градско насеље Гацко –испод стадиона, источно од ПК,
- М4 - Срђевићи, југозападно од ПК.



Карта 8. Локација узорковања земљишта

На основу резултата хемијске анализе земљишта на сва четири мјерна мјеста примјетан је повећан садржај укупног никла, баријума и ванадијума. Концентрација цинка на мјерном мјесту 3 је изнад дозвољених вриједности. Поменутом анализом

земљиште је класификовано у категорије према степену оптерећености земљишта тешким металима<sup>75</sup>. Према томе могуће је издвојити двије врсте земљишта: високо оптерећена и земљишта врло високе оптерећености. С обзиром на количину никла присутног у земљишту на мјерним мјестима М1, М2 и М4 земљиште је сврстано у четврту категорију (високо оптерећено земљиште), а на мјерном мјесту М3 земљиште припада класи V (врло висока оптерећеност).

Табела 45. Резултати хемијске анализе земљишта

Параметри (mg/kg )	Мјерна мјеста			
	М1	М2	М3	М4
Кадмијум	0,26	0,33	0,97	0,21
Хром	50,3	61,2	54,1	75,3
Бакар	45,1	36,2	58,6	45,2
Жива	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Никл	62	79,9	66,5	120
Олово	33,9	30,7	73,2	17,8
Цинк	82,3	75	188	92,7
Кобалт	25	17	15	20
Молибден	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Арсен	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Баријум	203	186	264	307
Ванадијум	94	1,4	72,5	112
Талијум	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Бор	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Сумпор	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Флуор	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Извор: Документација РИТЕ Гацко, 2020.

Према садржају баријума земљиште је на сва четири мјерна мјеста сврстано у класу V (врло висока оптерећеност). Према садржају ванадијума на мјерним мјестима М1, М2 и М4 припада класи V (врло висока оптерећеност), док је на мјерном мјесту М3 садржај ванадијума у границама које земљиште припада класи IV. Садржај укупног цинка на мјерном мјесту М3 има повећану вриједност и земљиште припада класи IV.

### Оцјена утицаја радиоактивности на животну средину у околини Рудника и термоелектране Гацко

Поред појма природне радиоактивности, половином седамдесетих година уводи се појам технолошки повишене радиоактивности, који означава радиоактивне природне

<sup>75</sup> „Резултати испитивања садржаја тешких метала и потенцијално токсичних елемената у пољопривредном земљишту изражавају се степеном оптерећености земљишта Соз (%), који се израчунава на основу следеће формуле – Соз (%) = (укупан садржај тешких метала у земљишту : максимално дозвољене количине) · 100“ (Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у пољопривредном земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање „Службени гласник Републике Српске“, бр. 56/16.

изотопе који се концентришу у технолошком процесу. „Технолошки поступци који доводе до повећања природне радиоактивности су најчешће: експлоатација фосилних енергената, сагоријевање угља у термоелектранама и разним постројењима” (Kasumović i dr., 2013).

Угаљ се углавном састоји од органских компоненти, а одређени елементи у њему су природно радиоактивни и представљају радиоактивни материјал. „Ови радиоактивни елементи укључују уранијум (U), торијум (Th), њихове бројне продукте распадања, укључујући радијум (Ra) и радон (Rn). Током сагоријевања угља већина уранијума, торијума и њихових продуката одлази из његове структуре и распоређује се између гасне фазе и чврстих продуката сагоријевања. Скоро цјелокупан гас радон присутан у горивом угљу прелази у гасну фазу и губи се у емисији. Насупрот њему, мање гасовити елементи, као што су торијум, уранијум и већина продуката њиховог распада задржавају се у чврстом отпаду који настаје у процесу сагоријевања” (Kisić i dr., 2013).

Приликом сагоријевања угља у термоелектранама, као и у процесу његовог сушења, дробљења и гасификације ослобађају се многи полутанти хемотоксичног и радиотоксичног дјеловања. При сагоријевању органске компоненте у угљу, запремина му се смањује на шљаку и пепео што неминовно доводи до концентрације радиоактивних супстанци. Из поменутог разлога концентрација природних радионуклида у пепелу и шљаци је много већа него у земљиној кори (Адровић и др., 1995). Својим радом термоелектране у околини изазивају значајније загађење животне средине и узрокују повећање природне радиоактивности усљед чега је неопходна редовна контрола у циљу систематског праћења промјена нивоа основног зрачења.

## **Мјерење радиоактивност угља, шљаке, пепела и земљишта**

Сагоријевањем угља формирају се велике количине шљаке и пепела који се одлажу на одлагалишта, „а присутни природни радионуклиди због дугог времена полураспада (нпр.  $^{226}\text{Ra}$ :  $T_{1/2} = 1600$  година) остају трајна пријетња животној средини” (Marović i dr., 2006).

Да би се процијенио утицај Рудника и термоелектране Гацко на животну средину и евентуални радијациони ризик извршена су мјерења радиоактивности. Она су обухватила: мјерење јачине апсорбоване дозе гама зрачења у кругу термоелектране, спектрометрију гама емитера узорака угља, јаловине, пепела, шљаке, ватросталних опека, отпадног гвожђа, отпадних вода, вода узетих из ријека Мушнице и Грачанице, земљишта и биљних култура. Овим истраживањем обухваћено је и мјерење укупне алфа и бета активности воде.

У испитиваним узорцима детектовани су природни радионуклиди: радијум ( $^{226}\text{Ra}$ ), торијум ( $^{232}\text{Th}$ ), калијум ( $^{40}\text{K}$ ), уранијум ( $^{235}\text{U}$ ), олово ( $^{210}\text{Pb}$ ), и произведени радионуклид цезијум ( $^{137}\text{Cs}$ ). Концентрација природних радионуклида у угљу и шљаци ниже су у односу на њихов садржај у пепелу, што је посљедица концентрисања. Добијене вриједности у угљу, шљаци и пепелу налазе се у дозвољеним количинама. Битно је истаћи да садржај природних радионуклида зависи од геолошког поријекла и врсте угља. У процесу сагоријевања угља, највећи дио минералних материја остаје у пепелу чији тежи дио пада на дну котла као шљака. Лебдећи дио преноси се дуж котла до електростатичких филтера а након тога у димњак.

Концентрација природних радионуклида у електрофилтерском пепелу је већа него у угљу. Однос активности  $^{235}\text{U}/^{239}\text{U}$ , у свим анализираним узорцима одговара природном уранијуму.

Табела 46. Концентрација природних и произведених радионуклида (Bq/kg) у угљу, пепелу, шљаци и земљишту

Врста узорка	Bq/kg						
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>235</sup> U	<sup>238</sup> U	<sup>137</sup> Cs	<sup>210</sup> Pb
Угаљ коп крило Б	449±31	7.6±2.3	<MDC	45±3	601±60	<MDC	529±74
Електрофилтерски пепео	78±8	13±2	73±8	5.3±0.5	91±25	<MCD	59±11
Јаловина са депоније јаловине	11±1	8.2±1.1	71±7	0.8±0.1	14.5±1.7	<MCD	14±3
Јаловина депонија источна страна	6.1±0.6	5.4±0.6	71±7	<MCD	3±0.8	<MCD	<MCD
Шљака	97±9	12±2	53±9	12.7±1.3	204±49	<MCD	<MCD
Пепео са депоније код касете	67±7	13±2	101±2	8.6±0.9	169±37	<MCD	61±21
Пепео са депоније Дражљево	186±15	15±2	23±2	18±2	257±36	<MCD	245±39
Земља, Срђевићи	51±5	41±4	188±19	3±0.4	46±9	233±16	72±21
Земља, код извора Милошевац	48±5	38±4	509±41	3±0.4	46±22	140±9	42±17
Земља, село Врба	24±3	43±5	857±77	3.5±0.5	31±11	149±12	35±14
Земља, Клиње код бране	28±3	24±2	854±28	3.1±1.4	31±12	190±13	70±21
Шамотна цигла неуграђивана	125±10	118±11	372±37	8.9±0.9	167±38	<MDC	41±16
Ватростална цигла у зиду котла	<MDC	17±3	387±46	1.6±0.4	23±12	0.8±0.3	13±9
Биље, Срђевићи	<0.40	<0.20	508±51	<0.08	<1.7	4.14±0.5	9±4

Извор: Извјештај о мјерењу радиоактивности у кругу ТЕ, 2004.

У земљишту поред природних радионуклида, запажа се и присуство физионог радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ . Измјерене активности су у интервалу који је уобичајен за земљиште на простору источне Херцеговине. Такође, битно је нагласити да је концентрација природних радионуклида у земљишту нижа него у шљаци и пепелу, али је већа вриједност калија  $^{40}\text{K}$ . Из приказаних резултата мјерења један узорак угља са копа – крило Б има значајно више радијума  $^{226}\text{Ra}$  ( $449\pm 31$ ) и уранијума  $^{235}\text{U}$  ( $601\pm 60$ ).

### Мјерење радиоактивности отпадног гвожђа

Отпадно гвожђе је одложено у више гомила које су распоређене у кругу постројења. У термоелектрани је извршено мјерење јачине апсорбоване дозе гама зрачења и провјерена површинска контаминација цијеви. Испитивањем цијеви утврђено је на неким дијеловима присуство радиоактивности која је 7-8 пута већа од дозвољене. Површине које су контаминирани су релативно мале а њихова дужина износи по неколико центиметара. Мјерењем јачине апсорбоване дозе у ваздуху у близини контаминираних цијеви показало је резултате који су у дозвољеним вриједностима природног зрачења. С обзиром да се није могао утврдити ниво површинске контаминације нити радионуклид којим је гвожђе контаминирано, због неправилног облика и неравномјерне контаминације, узети су узорци за лабораторијске анализе. Узорковање је извршено на тај начин што су исјечени дијелови цијеви за које је претходно детекторима утврђена највиша контаминација. Узето је осам узорака. Гамасектrometerом је утврђено да су контаминирани радионуклидом олова  $^{210}\text{Pb}$ . Присуство дугих X и  $\gamma$  емитера није установљено. Изотоп  $^{210}\text{Pb}$  је члан природног радиоактивног низа распада  $^{238}\text{U}$ , и он је бета емитер X зрачења.

### Мјерење радиоактивности воде

Испитивање вода обухватило је анализирање шест узорака, са различитих локација. У већини узорака добијене су вриједности испод детекционе концентрације. Ови резултати не указују на значајније присуство природних радионуклида у водама.

Табела 47. Активност природних и произведених радионуклида у водама (Bq/l)<sup>76</sup>

Врста узорка	Bq/l					
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{137}\text{Cs}$
Излив из ТЕ у р. Грачаницу	<0,05	<0,02	<0,30	<0,14	<0,01	<0,008
Вода са дна копа	0,15± 0,03	<0,02	2,8± 0,5	<0,14	<0,01	0,013± 0,006
Воде из ријеке Мушнице испод излива отпадних вода	<0,05	0,02	<0,30	<0,14	<0,01	<0,008
Изворска вода, Милошевац	<0,05	<0,02	0,23± 0,06	<0,14	<0,01	<0,008
Вода из канала око депоније пепела	0,13± 0,01	<0,02	0,23± 0,06	<0,14	<0,01	<0,008
Вода из ријеке Грачанице изнад улива отпадних вода	<0,05	<0,002	0,40± 0,08	<0,14	<0,01	<0,008

Извор: Извјештај о мјерењу радиоактивности у кругу ТЕ, 2004.

<sup>76</sup> Бекерел (енг. becquerel -Bq), дефинише се као активност количине радиоактивног материјала.

У свим анализираним водама добијене вриједности укупне алфа и бета активности су испод границе детекције.

Табела 48. Укупна алфа и бета активност (Bq/l) у водама

Мјерно мјесто	Укупна алфа активност	Укупна бета активност
Излив отпадних вода из ТЕ	<MDC	0,10±0,02
Вода са дна копа	0,13±0,02	3,5±0,5
Вода из ријеке Мушнице испод излива	<MDC	0,20±0,03
Изворска вода	<MDC	0,19±0,03
Вода из канала око депоније пепела	<MDC	0,24±0,04
Вода из ријеке Грачанице	<MDC	<MDC

Извор: Извјештај о мјерењу радиоактивности у кругу ТЕ, 2004.

Анализом вода која обухвата шест узорак утврђено је да сви параметри задовољавају прописане вриједности осим воде са дна копа гдје укупна бета активност износила 3,5±0,5 Bq/l. Битно је нагласити да је у води узетој прије испуштања отпадних вода у ријеку Мушницу, укупна алфа и бета активност значајно нижа од граничне вриједности.

### Анализа и оцјена утицаја буке и вибрација на животну средину

У животној и радној средини један од најприсутнијих загађивача је бука. Она представља сваки нежељени звук који изазива непријатне аудитивне осјећаје (Drinčić i dr., 2009). Индустриска бука представља буку која настаје у радној средини усљед рада машина и технолошког процеса експлоатације угља и производње електричне енергије. Јачина звука изнад 50 dB<sup>77</sup> утиче на слух и смањује радну способност. При адекватној звучној изолацији машина и објеката утицај буке се може свести на ужи радни простор. Она се умањује удаљавањем од извора и то са квадратом растојања. Током рада термоенергетских постројења у појединим технолошким цјелинама долази до појаве вибрација које могу имати негативан утицај на здравље радника с обзиром на природу процеса и врсту машина које се користе.

### Мјерење и анализа нивоа буке у животној средини

У циљу утврђивања нивоа буке у животној средини у околини рудника и термоелектране Гацко, Институт заштите, екологије и информатике Бањалука извршио

<sup>77</sup> Децибел (dB) – јединица мјерење нивоа буке.

је мјерење нивоа буке у складу са Правилником о дозвољеним границама интензитета звука и шума (Сл. лист СР БиХ бр. 46/89). Испитивање је извршено на 5 локација:

- Срђевићи,
- Рудо Поље,
- Грачаница,
- Муховићи и
- Централни дио градског насеља.



Карта 9. Локације мјерења нивоа буке

У складу са намјеном посматраног подручја и у чијој близини се налазе насеља са становништвом које би било угрожено буком насталом од рада постројења, подручја са највишим дозвољеним нивоом буке према Правилнику би се могли сврстати у III и IV зону. Зони III припадају Срђевићи, Рудо Поље, Грачаница и Муховићи, док централни дио градског насеља спада у зону IV.

На основу добијених резултата нивоа буке може се констатовати да су све измјерене вриједности на поменутих локацијама биле углавном испод граничних вриједности прописаних Правилником. Својства атмосфере и конфигурација терена играју важну улогу код ширења чујности звука из извора. Код извора буке на отвореном простору апсорпција звука је незнатна и њен утицај долази у обзир само с већом удаљеношћу и то претежно код виших фреквенција.



Табела 49. Резултати мјерења нивоа буке<sup>78</sup>

Локација	Параметри	Резултати
Срђевићи	$L_{eq}$ dB (A)	36,7
	$L_{10}$ dB (A)	39,1
	$L_1$ dB (A)	42,3
Рудо Поље	$L_{eq}$ dB (A)	42,4
	$L_{10}$ dB (A)	46
	$L_1$ dB (A)	49,1
Грачаница	$L_{eq}$ dB (A)	34,4
	$L_{10}$ dB (A)	36,8
	$L_1$ dB (A)	39,9
Муховићи	$L_{eq}$ dB (A)	32,3
	$L_{10}$ dB (A)	35,3
	$L_1$ dB (A)	38,4
Централни дио градског насеља	$L_{eq}$ dB (A)	55,4
	$L_{10}$ dB (A)	58
	$L_1$ dB (A)	61,9

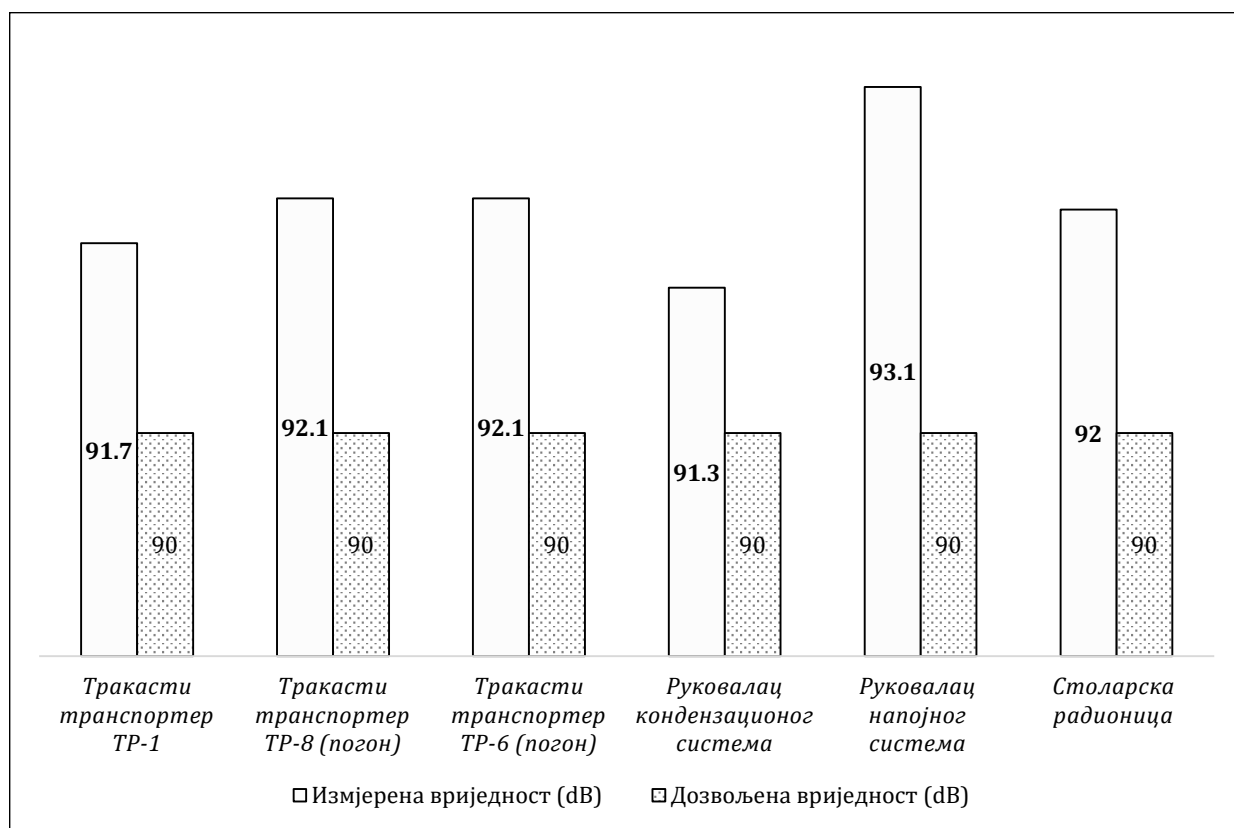
Извор: Елаборат о испитивању нивоа буке у животној средини у околини предузећа, 2008.

Срђевићи и Кула су својим положајем ближе површинском копу гдје се врши експлоатација угља испод нивоа земље чиме се умањује могућност директног преноса буке на околна насеља. Рудо Поље је смјештено поред магистралног пута Гацко - Невесиње тако да су великим дијелом изложени дјеловању буке моторних возила са саобраћајнице, док је бука површинског копа и термоелектране са мањим утицајем. Село Грачаница је смјештено сјевероисточно од површинског копа па је изложено буци која настаје од кретања моторних возила магистралним путем и буци која настаје радом термоелектране. Бука која настаје радом термоелектране је константна, њен интензитет је непромјенљив и без већих варијација. Централни дио градског насеља је више оптерећен комуналном буком која настаје од моторних возила, рада локала и осталих градских активности, док је утицај буке површинског копа и термоелектране мањи. Важно је напоменути да током мјерења није било могуће одвојити буку која настаје од моторних возила и буку од површинског копа и термоелектране.

<sup>78</sup> Бука се изражава еквивалентним 15 минутним нивоом  $L_{eq}$  и вршним вриједностима  $L_{10}$  и  $L_1$  у dB(A).

## Мјерење и анализа нивоа буке и концентрације прашине и штетних хемијских супстанци у радној средини

Поред испитивања нивоа буке у животној средини Институт заштите, екологије и информатике Бањалука извршио је мјерење услова радне средине у ТЕ Гацко. Извршена су два мјерења, једно у зимском периоду године, а друго у лјетњем. Мјерењем је обухваћено 65 радних мјеста, а анализом је устављено да бука прекорачује Правилником прописану максималну дозвољену вриједност нивоа за осмочасовно радно вријеме на сљедећим локацијама: Тракасти транспортер ТР-1, Тракасти транспортер ТР-8 (погон), Тракасти транспортер ТР-6 (погон), Руковалац кондензационог система, Руковалац напојног система и Столарска радионица, што је графички представљено.



Графикон 22. Приказ резултата нивоа буке у радној средини<sup>79</sup>

Такође, на више мјерних мјеста регистрована бука прекорачује допуштени ниво прописан Правилником с обзиром на врсту обављања дјелатности то су: утоваривач 160 С, пулт за управљање ENP1 ENP2 ТНР, први помоћник на турбини, руковалац система за чишћење котла, руковалац дугоходних парних дувача, руковалац котловског постројења II, млинско постројење, пумпна станица, декарбонизација – реактор бр. I, мазутна станица, котловско постројење, пумпна станица, тракасти транспортер бр. 1, 2, 3 и 4. Измјерени ниво буке има екстрааудитивне ефекте на организам радника. Упоредо је извршено и мјерење вибрација. На основу добијених вриједности еквивалентног и ефективног убрзања код вибрација на машинама и постројењима, узимајући у обзир да у току осмочасовног радног времена машине постројења раде непрекидно, утврђено је

<sup>79</sup> Записник о испитивању услова радне средине, 2008.

да је дневно вријеме изложености радника општим вибрацијама на свим мјерним мјестима у складу са Правилником и Директивом ЕУ.

Институт заштите екологије и информатике Бањалука извршио је мјерење концентрације прашине у ваздуху и штетних хемијских супстанци. На анализираним мјерним мјестима концентрација укупне прашине испитиване у узорцима узетим у зони дисајних органа радника не прекорачује максимално дозвољене вриједности. Изузетак представљају мјерна мјеста: повратни дио ТР-6 и руковалац котловског постројења II, на којима концентрација прашине прекорачује максимално дозвољену вриједност. На мјерном мјесту повратни дио ТР-6 забиљежена је концентрација прашине од  $15 \text{ mg/m}^3$ , а на мјерном мјесту Руковалац котловског постројења II  $13 \text{ mg/m}^3$ , док је Правилником прописана максимална концентрација од  $12 \text{ mg/m}^3$ . Дакле, у питању је прашина силиката са мање од 10%  $\text{SiO}_2$  (талк, оливин, лискун). Она може штетно дјеловати на радника, изазивајући патолошке промјене на његовом тијелу и у организму, у виду тјелесних повреда на кожи и органима вида, слуха и дисајним органима. Ако је радник изложен њеном штетном дјеловању у дужем временском периоду настају професионална обољења.

Мјерењем концентрације хемијски штетних супстанци (бензен, формалдехид и пиридин) примјећује се да је на више мјерних мјеста знатно прекорачена максимална дозвољена вриједност. Повећана концентрација бензена забиљежена је на мјерном мјесту Утоварач 160 С ( $286 \text{ mg/m}^3$ ), Булдожер САТ D73 ( $248 \text{ mg/m}^3$ ), док је максимална дозвољена вриједност  $3 \text{ mg/m}^3$ . Формалдехид је у већини случаја био изнад дозвољених вриједности ( $1,5 \text{ mg/m}^3$ ), а највеће концентрације забиљежене су на мјестима: Пулт за управљање ENP1 ENP2 TNP ( $5 \text{ mg/m}^3$ ), Први помоћник на турбини ( $6 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац котловског постројења I ( $7 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац система за чишћење котла ( $9 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац дугоходних парних дувача ( $9 \text{ mg/m}^3$ ), Млинско постројење ( $6 \text{ mg/m}^3$ ), Пумпна станица ( $2 \text{ mg/m}^3$ ), Лабораторија ( $2 \text{ mg/m}^3$ ), Командна просторија ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), Котловско постројење ( $3 \text{ mg/m}^3$ ), Тракасти транспортер 1 и 2 ( $11 \text{ mg/m}^3$ ), Тракасти транспортер 3 и 4 ( $11 \text{ mg/m}^3$ ).

Испитивањем услова радне средине запажа се и повећан ниво пиридина на мјерним мјестима: Први помоћник на турбини ( $21 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац котловског постројења I ( $55 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац система за чишћење котла ( $90 \text{ mg/m}^3$ ), Руковалац дугоходних парних дувача ( $90 \text{ mg/m}^3$ ), Млинско постројење ( $32 \text{ mg/m}^3$ ), Тракасти транспортер 1 и 2 ( $93 \text{ mg/m}^3$ ) и Тракасти транспортер бр 3 и 4 ( $130 \text{ mg/m}^3$ ). Његова максимална дозвољена концентрација износи  $15 \text{ mg/m}^3$ .

## **МЈЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ШТЕТНИХ УТИЦАЈА РУДНИКА И ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ГАЦКО НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

У циљу заштите животне средине и свих њених медијума нужно је примијенити одговарајуће мјере које би обезбиједиле свођење штетних материја у законски дозвољене норме, при томе водећи рачуна о очувању еколошког капацитета. Мјере заштите неопходно је спроводити константно и планирати их за наредни период како би се задовољили све строжији законски прописи из ове области. За ефикасно планирање и спровођење мјера заштите животне средине неопходно је успоставити систем праћења квалитета ваздуха, отпадних и других вода и земљишта.

### **Мјере за смањење утицаја на ваздух**

У току површинске експлоатације угља и процеса производње електричне енергије ослобађа се велика количина загађујућих материја. Alivojvodić (2007), наводи да индустријски процеси дају чак више од 50% укупних емитованих честица, а њихова емисија се може умањити одређеним уређајима за пречишћавање гасова: циклонима, електростатичким филтерима, пречистачима са филтерима и скруберима. Најчешћу примјену код нас имају скрубери са мокрим и сувим филтерима. За разлику од мокрих скрубера који уклањају сумпор-диоксид, азотове оксиде и лебдеће честице, суви скрубери су мање ефикасни јер задржавају загађујуће материје на сорпционом грануларном материјалу. Као сорпциони грануларни материјал највише се користи кречњак, магнезијумова, натријумова једињења и амонијак.

Најзначајније мјере које је потребно спровести за смањења негативних утицаја код експлоатације угља и производње електричне енергије у РиТЕ Гацко су:

- Редовно вршити мониторинг квалитета ваздуха будући да велики негативан утицај на ваздух радне и животне средине има прашина која настаје на површинском копу и емисија димних гасова настала при сагоријевању угља.
- Одлагање пепела на депонију која се налази у откривеном дијелу површинског копа вршити у виду густе хидромјешавине, како би се спријечило настајање прашине.
- Брзине транспортних средстава на површинском копу прилагодити условима пута.
- Током периода ниске влажности ваздуха, прашину насталу на површинском копу на транспортним трасама и радним површинама обарати прскањем воде. Реализацијом адекватних мјера, прскања и орошавања саобраћајница на површинском копу може се у значајној мјери умањити емисија прашине у радној средини, самим тим и њен негативан утицај.
- Мјере у вези са заштитом ваздуха обављати на свим изворима емисије.
- Континуирано одржавање система за отпашивање.
- Спровођење националног плана за смањење загађења (NERP).
- Изградити системе за мокро одсумпоравање димних гасова. То је доминантна технологија која се користи за контролу сумпор диоксида.
- Уградити електростатичке филтере за смањење емисије лебдећих честица.
- Уградити врећасте електрофилтере за смањење емисије азотних оксида.
- Формирати заштитни појас зелених површина између рудника и градског насеља у циљу смањења аерозагађења.

## Мјере за смањење утицаја на воде

Имајући у виду даљу стратегију развоја Гатачког угљеног басена односно реализацију усвојеног рјешења за проширење капацитета површинске експлоатације, неминован је захтјев успостављања јединственог система мјера мониторинга и очувања (унапређења) животне средине. Посебан осврт је на дефинисању примарних мјера заштите вода које су тренутно њен најосјетљивији дио. Због тога је неизбежно одредити режим, хемијске, хидролошке и биолошке карактеристика вода Гатачког поља. Дакле, намеће се захтјев да се одреди узрок измјена овог режима као и степен и интензитет његове промјене у времену и простору. Само овакво потпуно одређење може дати опште прихватљиве и ефикасне мјере заштите. Осим тога разматрање заштите ових водних екосистема мора бити усмјерено на успостављање конкретних акција за спречавање даљег пада њиховог квалитета. Све ове активности морају бити у функцији успостављања природне равнотеже поменутих екосистема као резултата успостављања ефикасних мјера њихове заштите. Имајући у виду да је избор оптималног технолошког рјешења техничког процеса експлоатације угља на простору Централног поља Гатачког угљеног басена у функцији изузетно сложених и међусобно условљених параметара треба одабрати и примијенити најрационалнији систем заштитних мјера. Овај систем тренутно је свакако „еколошки најактуелнији” узимајући у обзир утицај технологије одлагања термоенергетског пепела на депонији откопног поља „А”.

За смањење негативних утицаја на квалитет површинских и подземних вода, неопходно је:

- Проводити одговарајуће мјере за контролу система за одводњавање на површинском копу, насталих отпадних вода и било којег другог излијевања загађујућих течности до кога може доћи.
- Обезбјеђење и одржавање система за пречишћавање отпадних вода.
- Реализација пројекта за раздвајање, сакупљање и евакуацију отпадних вода из комплекса ПК „Грачаница” и „Гацко”.
- Током постављана хидроизолационе фолије на депонију пепела посебну пажњу обратити на мјеста спајања. Иста морају бити добро спојена да би се спријечило отицање загађених вода из депоније пепела у површинске и подземне.
- Санитарне отпадне воде прије испуштања у површинске морају се механички и биолошки пречишћавати.
- У случају излијевања горива или уља предметно земљиште одмах механички уклонити и одложити у водонепропусне контејнере за чврсти отпад.
- Функционално одржавање канала за прикупљање атмосферских вода, те редовно овај систем чистити и одржавати.
- Редовно вршити мониторинг вода које се прикупљају на површинском копу и одводе у водосабирнике.
- Отпадна и машинска уља одвојено сакупљати у металне бачве и испоручивати овлашћеним субјектима на рерафинацију.
- Одржавање и чишћење транспортних средстава обављати на водонепропусној површини.
- Допуну радних и других машина енергентима, техничким уљима и мастима обављати на интерној бензинској станици опремљеној сепаратором за масти и уља. Површине око исте и на платоу поред сервиса механизације морају бити

бетониране или асфалтиране са урађеним сливницима који ће воде са ових површина одводити у сепаратор масти и уља.

- Воде са манипулативних површина, објекта бензинске станице и сервиса механизације третирати преко сепаратора масти и уља прије испуштања у крајњи реципијент.
- У случају неконтролисаног испуштања горива, техничких уља и масти из машина и транспортних средстава, обезбиједити средства за њихово упијање (пиљевина или неко друго средство које има способност апсорпције), а контаминирану подлогу механички одстранити.
- Отпадне воде настале након производног процеса које квалитетом и саставом не задовољавају прописане услове, морају се пречистити механичким и хемијским путем прије испуштања у крајњи реципијент.
- Прије одлагања шљаке и електрофилтерског пепела на депонију обавезно вршити хемијску анализа шљаке и пепела.
- Успостављање сталног мониторинга површинских вода.

### **Мјере за смањења утицаја на земљиште**

Основне мјере које је потребно спровести за смањење негативног утицаја на земљиште су:

- Увођење нових технологија селективног откопавања и лагровања повлатних слојева.
- Рекултивација (техничка и биолошка) деградираних површина након завршетка експлоатације. Предметни простор измијењен рударским радовима преуредити за коришћење у неке друге производне, рекреативне или естетске сврхе.
- Техничку фазу рекултивације вршити сукцесивно на секторима гдје су завршени експлоатациони радови. По завршетку експлоатације рекултивисати површину читавог подручја које је заузимао површински коп. Рекултивацијом деградираниг простора спријечиће се ерозиони процеси.
- Депоноване јаловине на адекватан начин и њено коришћење за рекултивацију деградираниг подручја експлоатационим радовима.
- Редовно вршити контролу и одржавање одводних канала за атмосферске воде како би се стабилизовале и заштитиле површине које су подложне ерозионим процесима и спријечило одношење материјала у водотоке који се налазе у околини површинског копа.
- Обезбиједити да се сва складиштења горива одвијају у сигурним подручјима у циљу спречавања излијевања на земљиште. Сличне поступке примијенити на мазивна уља, хемикалије и течни отпад.
- Обавезно паркирати машине на уређеним мјестима и предузети мјере заштите од загађивања тла уљем, нафтом и њеним дериватима.
- При вршењу експлоатације на површинском копу на земљиште не одлагати чврсти отпад. Мјесто за привремено одлагање чврстог отпада у индустријском кругу мора бити са чврстом подлогом, заштићено од атмосферских утицаја.
- Праћење концентрације тешких метала у земљишту.
- Предузимање мјера за смањење опасности од загађења земљишта усљед складиштења и превоза опасних хемикалија и нафтних деривата.

## ОПИС ПРОЦЕСА РАДА И ИДЕНТИФИКАЦИЈА ЗАГАЂИВАЧА

Површински коп „Грачаница” је подијељен на три експлоатациона крила или поља: „А”, „Б” и „Ц”. Терен је равничарски са надморском висином 940 m. Највећа дубина радова у односу на површину терена у пољу „А” износи 67 m, „Б” 105 m, и „Ц” 41 m. Експлоатациони радови на пољу „А” и „Б” су завршени, док се тренутна експлоатација обавља у пољу „Ц”. На отклањању откритке примијењена је континуална и дисконтинуална технологија а на откопавању угља комбинована<sup>80</sup>. Ова технологија се обавља хидрауличним багерима кашикарима и транспортује се до постројења за допрему угља системом 1 и 2 који се састоји од полумобилне примарне дробилице и трачних транспортера.

Након транспорта угаљ се складишти на депонију дробилице и помоћу утоварача дозира на грабуљар, уситњава а потом трачним транспортерима отпрема до постројења за допрему. После тога транспортује се до главног погонског објекта у вентилационе млинове гдје се меље на одређену гранулацију. Гранулација угља који се допрема у котловске бункере треба да одговара условима даљег мљењења у систему припреме угљеног праха. За лигните она износи 30 mm. Припрема чврстог горива завршава се његовим сушењем и мљењем у угљени прах. Из котловских бункера, угаљ се додаје дозаторима у млинове гдје се врши сушење и мљење. Угљени прах се даље транспортује из млинова у горионике и ложиште котла. Ваздух неопходан за процес сагоријевања доводи се помоћу вентилатора свјежег ваздуха преко цјевастих ваздушних гријача. Загријани ваздух се грана на примарни који се уводи у систем припреме угљеног праха и секундарни ваздух доведен непосредно кроз горионике у ложиште котла. Димни гасови из ложишта одводе се кроз гасни тракт и димноводне канале помоћу вентилатора димног гаса у димњак и атмосферу. Несагориви дио угља издваја се у ложишту у виду шљаке, а већи дио се као летећи пепео износи са димним гасовима. Ради заштите атмосфере летећи пепео се издваја у електрофилтерима који су постављени испред вентилатора димних гасова.

Шљака испод ложишта котла се транспортује на одлагалиште помоћу одшљакивача и система транспортних трака. Пепео се од електрофилтера пнеуматски транспортује до силоса гдје се налази постројење за припрему, транспорт и депонију пепела које је пројектовано за капацитет од 150 t/h пепела, односно 200 m<sup>3</sup>/h хидромјешавине<sup>81</sup>.

Табела 50. Хемијски састав пепела

Компонента	Садржај (%)	Компонента	Садржај (%)
SiO <sub>2</sub>	8,08	SO <sub>3</sub>	7,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,69	TiO <sub>2</sub>	0,49
CaO	66,25	Na <sub>2</sub> O	66,25
MgO	3,50	K <sub>2</sub> O	3,5

Извор: План заштите животне средине у околини ТЕ Гацко, 1997.

<sup>80</sup> www.elektroprivreda-rs.com

<sup>81</sup> Deponija pepela Gračanica, 1991.

Пепео настао сагоријевањем лигнита у ТЕ Гацко представља опасан материјал са великим садржајем калцијум-оксида ( $\text{CaO}$ ) који у контакту са водом ствара бурну реакцију и прелази у калцијум-карбонат ( $\text{CaCO}_3$ ). Процес је егзотерман, што значи да се ослобађа топлота. Брзина хемијске реакције зависи од масеног односа пепела и воде. Поред поменутих компоненти у пепелу је установљена концентрација тешких метала: мангана, гвожђа, кобалта, никла, бакра, галијума, германијума, арсена, рубидијума, стронцијума и цирконијума<sup>82</sup>.



Слика 14. Угрожене зоне у општини Гацко

Површинска експлоатација угља и производња електричне енергије у термоелектранама оставља велике посљедице по животну средину. Из тог разлога је било потребно издвојити најугроженије тачке и зоне и спровести одговарајуће мјере заштите да би се предуприједио и санирао дио негативних утицаја. С тим у вези, на подручју општине Гацко могу се издвојити сљедеће зоне:

1. Депонија пепела „Дражљево“
2. Депонија пепела на површинском копу „Грачаница“
3. Депонија јаловине.

<sup>82</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница“, Гацко до краја експлоатације, 2004.



## Депонија пепела „Дражљево“

Под појмом депонија подразумијева се мјесто на коме се врши одлагање отпадних материја и оне представљају један од најчешћих извора загађења свих медијума животне средине. Vukmirović и Daković (1991), депоније дефинишу као „слободну површину земљишта на којој се врши систематско и континуирано одлагање отпада, при чему је земљиште претходно припремљено за тај процес“. „Депонија је мјесто на земљиној површини или испод ње гдје се отпад одлаже, укључујући интерна и стална мјеста која се користе за привремено одлагање отпада осим трансфер станица и складишта“ (Роџића и др., 2005). Дobar дио депонија које уједно остављају и највеће посљедице по животну средину представљају депоније пепела и шљаке настале површинском експлоатацијом угља и његовим сагоријевањем. озбиљан проблем представљају термоелектране које користе угаљ са високим садржајем пепела (Mandal, Sengupta, 2006). Садржај пепела представља количину несагоривих састојака по килограму угља. За разлику од каменог угља лигнит у себи садржи знатно веће количине пепела, у појединим случајевима достиже и до 60% (Роџаг, 1976). Негативни утицаји депонија на животну средину манифестују се на све њене медијуме. Највећи ефекти се огледају у уништавању земљишта, стварању великих удубљења и високих гомила отпада од пепела и шљаке. Дакле, долази до стварања једног хаотичног предјела, потпуно уништеног природног и антропогеног екосистема.

Загађивање земљишта депонијама је већином посљедица:

- неконтролисаног одвођења површинских вода са приступних и манипулативних површина,
- продирања филтрата у земљиште испод депоније,
- просипања отпада приликом складиштења на депонију и
- разношења загађујућих материја вјетром (Radosavljević, Đorđević, 2013).

Када је у питању експлоатација угља на нашим просторима она се не обавља на адекватан начин који би ублажио утицај на животну средину. У циљу тога намеће се потреба селективног откопавања земљишта и јаловине, како би земљишни слој сачувао своју вриједност.

Експлоатација угља се врши са различитих дубина у зависности од дебљине слоја земљишта, лапоровитог дијела и угљених наслага, па самим тим настају „депресије дубина и до 100 m, које су простране и по неколико километара“ (Janković, 1977). Ćanak-Nedić и др. (1977), су мишљења да технологија депоновања пепела захтијева подјелу депонија на активни и пасивни дио. Активни дио представља површину на којој се тренутно врши одлагање пепела, а пасивни означава површину на којој је привремено завршено одлагање. Да би терен у коме је завршен процес експлоатације у одређеној мјери вратио свој првобитни облик потребно је извршити рекултивацију. Она представља скуп мјера, али и једини пут да се природи донекле врати одузето. Дакле, потребно је спровести све фазе рекултивације: техничку, агротехничку и биолошку.

Техничка фаза рекултивације укључује радње попут транспорта кровинског материјала, његовог одлагања, доношења плодног земљишта на јаловину. Ова фаза рекултивације „подразумијева скуп радова на просторима површинских копова и пратећих објеката као што су одлагалишта, депоније, акумулације, којим се простори припремају за враћање природних функција за пољопривреду, шумарство, изградњу паркова и слично“ (Вујић и др., 2009).

Агротехничка фаза обухвата заштиту од ерозије, уношење органских и минералних ђубрива. Док биолошка фаза подразумијева формирање вјештачке површине специфичног састава и њено озелењавање трајним засадом заштитног карактера. Када су у питању депоније пепела и шљаке и њихов утицај на загађење намеће се потреба провођења низа активности као што су:

- селективно откопавање угља,
- чишћење угља прије сагоријевања,
- повећање ефикасности опреме за сагоријевање угља,
- проналажење потенцијалних корисника пепела.

Од почетка рада термоелектране Гацко до 1995. године пепео се одлагао на депонију „Дражљево” удаљену 6 km од термоелектране. Лоцирана је у подножју превоја Чемерно. Заузима површину 18 ha и висину од 1160 m. Одлагање пепела и шљаке у почетном периоду није обављано на адекватан начин што је имало велики утицај на животну средину<sup>83</sup>. Постављањем хидроизолационе фолије и примјеном технологије хидромјешавине проблем загађења околине је у одређеној мјери смањен<sup>84</sup>.



Слике 15 и 16. Депонија пепела „Дражљево” (фото: Црногорац Љ., 2021)

Испитивањем процједних вода депоније „Дражљево” утврђено је присуство веће концентрације тешких метала, анјона, катјона повишена рН вриједност као и „оптерећење минерализацијом” (Vasiljević i dr., 2003). Иако су за уређење и одржавање депоније „Дражљево” утрошена велика средства, околни терен највећим дијелом је деградиран, а подручје је мјестимично загађено. На основу свега претходно наведеног поменута депонија се мора сматрати објектом који угрожава шире подручје и потребно је контролисати и одржавати. На њој је завршен процес одлагања пепела и шљаке и извршена техничка и биолошка фаза рекултивације.

### Депонија пепела на површинском копу

За одлагање пепела и шљаке из термоелектране од 1995. године се користила касета I смјештена у откривеном простору ПК „Грачаница”, поље „А”. Допрема пепела из термоелектране до простора унутрашњег одлагалишта вршила се пнеуматским путем

<sup>83</sup> При мијешању пепела и воде развија се релативно велика температура (80-100°C), уз то хемијски процеси у депонији могу трајати јако дуго. Такође све воде које дођу у додир са пепелом у депонији постају базичне (pH ≥ 12).

<sup>84</sup> Депонија pepela Gračanica, 1991.

кроз челичне цјевоводе. У близини простора за одлагање хидромјешавине на ободу површинског копа постављен је уређај за припрему хидромјешавине. У поменути уређај поред пепела доводи се и вода и на тај начин ствара хидромјешавина која одлази до шахта, а затим се помоћу цјевовода одводи гравитацијски до подкасете, гдје се врши испумпавање. Хидромјешавина се одлаже у танким слојевима, а слободне воде се из депоније одводе у таложни шахт а даље уз помоћ челичног цјевовода у пумпну станицу повратне воде. Када је достигнута висина депоније од 925 m дошло је до појаве нестабилности терена и овај процес је обустављен. Одлагање пепела је настављено на касети II. Она обухвата површину око 17 ha и планирано је да се одложи 4 523 020 m<sup>3</sup> пепела<sup>85</sup>. Приближно правоугаоног облика, формирана је у наставку касете I према транспортеру за угаљ. Оконтурена је са јужне стране постојећим транспортером, са сјеверне депонијом (касета I), а са источне геолошким профилима 5 и 17. Обадвије касете формиране су на седиментима неогене старости који су по својој грађи хидроизолациони. Преко овог подинског слоја уграђен је слој лапорца. Ранијим испитивањима одређен је његов коефицијент водопрпусности реда величине 10 cm/s. Уваљани слој лапорца представља добру подлогу за постављање водонепропусне фолије дебљине 2 mm. Поменута фолија је намијењена за облагање хазардних материјала. С тим у вези одликује се изузетном еластичношћу чиме се спречава њено оштећење у случају слијегања депонованог материјала временом. Фолија је постављана по основама касете II, на унутрашњим косинама почетног ободног насипа и по спољној косини и круни почетног насипа касете I. На овај начин је извршено потпуно раздвајање депоније од природне основе<sup>86</sup>.



Слика 17. Депонија пепела на површинском копу „Грачаница“ касета I и II  
(фото: Црногорац Љ., 2016)

<sup>85</sup> Glavni projekat deponije pepela TE „Gacko“ na unutrašnjem odlagalištu PK „Gračanica“ deponija pepela - kasete II, 2002.

<sup>86</sup> Isto, str. 55.

Неповољан утицај подземне воде на депонију пепела огледа се у могућности подизања нивоа подземне воде и стварања притиска који може негативно да утиче на стабилност самог објекта. Детаљним истраживањима терена лоцирана су изворишта подземне воде која су захваћена изградом каптажних објеката и контролисано се одводе до постојећег водосабирника.

У циљу успостављања контроле свих вода из депоније и око ње израђен је дренажни систем за прихватање и евакуацију филтрационих вода. У случају да у хидромјешавини пепела која се одлаже на депонију има више воде него што је потребно за одвијање хемијског процеса очвршћавања пепела и његовог претварања у калцијум-карбонат долази до стварања вишка слободне воде. Заједно са дијелом вода од атмосферских падавина које се инфилтрирају и које се проласком кроз пепео контаминирају, овај вишак технолошке воде би се кретао ка дну депоније и ту задржавао, умањујући у одређеном степену стабилност депоније. Да до тога не би дошло, унутар депоније је уграђен још један дренажни систем за прихватање и евакуацију свих процједних вода са депоније.

Заштита депоније од површинских вода подразумева заштиту атмосферских падавина. Да би се спријечило непотребно дотицање тих вода њихово задржавање, па чак и стварање мањих акумулација што би имало негативан утицај на стабилност депоније, изграђена су два канала који штите депонију са сјеверне и јужне стране.

За вријеме падавина малог интензитета долази до потпуног упијања цјелокупне воде, међутим за вријеме падавина већег интензитета дио воде отиче низ спољне косине депонованог и очврслог пепела повећавајући при томе своју рН вриједност. На основу добијених резултата констатовано је да при кратком контакту падавина са очврслим пепелом практично не долази до повећања рН вриједности, док се при дужем контакту она креће од 8,5 до 8,8.

## Депонија јаловине

Откривка и међуслојна јаловина одлажу се на спољашњем (источном и западном) и унутрашњем одлагалишту (крило А и Б). Код формирања спољашњих и унутрашњих одлагалишта присутна су одређена ограничења. Код спољашњег источног одлагалишта потребно је очувати трасу постојећег сеоског пута. Код западног спољашњег одлагалишта са сјеверне стране је корито ријеке Грачанице и Мушнице и површински коп. Са јужне стране је такође траса постојећег пута. Унутрашња одлагалишта на крилу А и Б, формирају се у откопаним дијеловима површинског копа и ослањају се на формиране завршне косине. У крилу А ограничење за формирање унутрашњег одлагалишта је касета за пепео из ТЕ, а у крилу Б динамика експлоатације угља и положај водосабирника Б1. На спољашња и унутрашња одлагалишта може да се депонује 38 330 472  $\text{cm}^3$  јаловине<sup>87</sup>. Њено одлагање обавља се помоћу два одлагача.

На спољашњим одлагалиштима ПК „Гацко“ гдје је завршен процес одлагања јаловине приступило се рекултивацији. На сјеверним дијеловима и косинама је извршена ауторекултивација и биолошка рекултивација. Док је на западном и источном одлагалишту завршена фаза техничке рекултивације.

---

<sup>87</sup> Студија о утицају на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање филтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница“, Гацко до краја експлоатације, 2004.



Слика 18. Депонија јаловине (фото: Црногорац Љ., 2018)

### **Чврсти отпад**

Отпад представља бројну и разноврсну групу загађивача животне средине. Осим велике загађености ваздуха, воде, земљишта, све је присутнији проблем пораста великих количина таквог чврстог материјала. Са порастом броја становника, интензивирањем индустријске производње и потрошње, настаје повећана количина таквих супстанци које у еколошком смислу доводе до све веће загађености животне средине (Роров, 2012). Отпад се дефинише као скуп одбачених материја и предмета, односно то је свака супстанца коју власник намјерава да одстрани. Он је заступљен у сва три агрегатна стања: чврстом, течном и гасовитом. У прошлости се мислило да је одбацивањем из видокруга ријешен његов проблем и да је на тај начин нестао; међутим то је било једно у потпуности погрешно схватање па је постало очигледно да његово збрињавање мора да се врши на један адекватан начин. Некада су природни екосистеми били у могућности да одрже своју стабилност у ограниченој производњи. Убрзаним технолошким развојем и индустријализацијом долази до неконтролисаних продукција непотребних материја а сходно томе јавља се и преоптерећење екосистема јер природа више није у могућности да разгради сав отпад који се свакодневно повећава.

Забринутост за стање животне средине све више је присутна у свијести људи. Многи стручњаци којима је предмет интересовања заштита животне средине страхују да ћемо бити затрпани отпадом који сами производимо (Џајка, Јовановић, 2014).

Током 2014. године у земљама Европске уније произведено је 2598 милиона тона отпада који је заузео запремину од 8372 милиона m<sup>3</sup> (Милутиновић, 2018). Према процјенама „у свијету се годишње ствара око 350 милиона тона опасних материја, док од 10 до 15% укупног индустријског отпада представља опасност” (Плећевић, 2018). Он означава један од најочигледнијих производа који настају коришћењем ресурса због чега се појавила потреба за заштитом здравља људи и животне средине. Према Trumić i dr. (2014), интегрално управљање отпадом заснива се на анализама, разматрањима, дефинисању метода као и поступака третмана, превасходно водећи рачуна о смањењу и бирању путева сакупљања отпада, начину третирања и његовом коначном збрињавању са што мањим посљедицама по животну средину.

Схватањем да убрзан раст броја становника, интензиван развој индустрије и технологије и повећана експлоатација природних ресурса доводи до загађења животне средине и угрожавања развоја будућих генерација наметнута је потреба тражења глобалног рјешења проблема, а оно се огледа у одрживом развоју. Сходно томе, и увођење система интегралног управљања мора да буде ефикасно са аспекта заштите животне средине, тачније отпад мора да се третира као обновљиви извор енергије кроз издвајање секундарних сировина и добијање енергије из њега (Милутиновић, 2018).

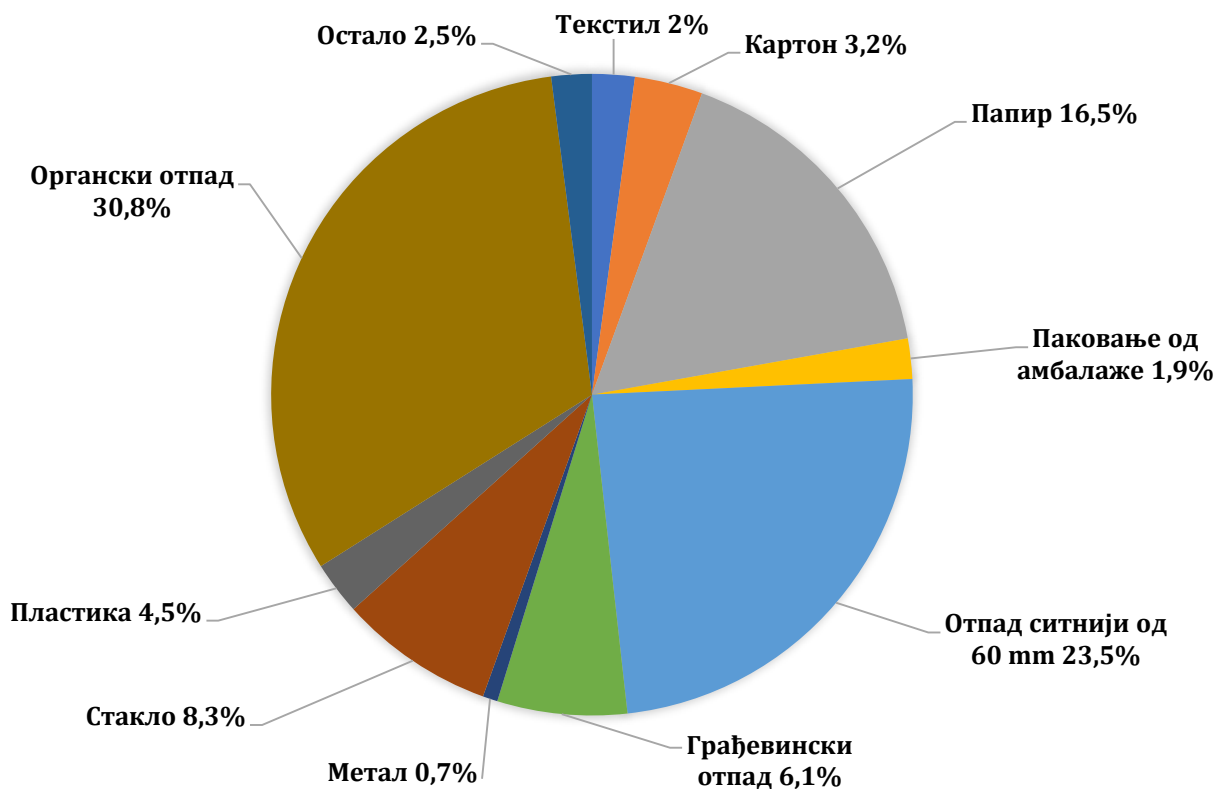
У суштини отпад је економски, правни појам који има своје еколошке релације. Самим тим однос друштва према „сопственом отпаду указује на степен развоја и ниво свијести тог друштва, тачније приказује однос друштва према животној средини и будућности” (Ђармати, Аливојводић, 2007). Кнежевић и др. (2018), наводе да велике количине произведеног отпада изазивају страх за опстанак живота на планети. „Од седамдесетих година 20. вијека увелико се прича о одрживом опстанку, а поступања са отпадом су дио тог глобалног програма. Из тог разлога 20. вијек називају „вијек управљања отпадом”, а 21. вијек „вијек управљања одбаченим ресурсима”. Да би отпад имао што мањи негативан утицај на околину његов третман мора да буде адекватан и везан за одговарајуће циљеве, прије свега за:

- обнављање ресурса,
- смањивање запремине и тежине материјала који се депонују,
- издвајање опасних материја из отпада и заустављање њиховог ослобађања у животну средину,
- избјегавање стварања штетних материја у процесу збрињавања истог, а самим тим и враћање штетних материја у кружни ток (Аливојводић, Кокалј, 2018).

Приликом обављања процеса рада на површинском копу као и током производње и дистрибуције електричне енергије настаје комунални и индустријски отпад.

## **Комунални отпад**

Према Закону о управљању отпадом комунални отпад је „отпад који је због своје природе или састава сличан отпаду из домаћинства”. Настанак чврстог комуналног отпада резултат је појединих активности (процеса) унутар просторног и функционалног система РиТЕ Гацко. Произвовање отпадних материја настаје током различитих производних активности, тако да су оне дошле до стања да се даље не могу сврсисходно употребити и морају се уклонити. У кругу погона термоелектране, поред објеката управних административних јединица, ресторана друштвене исхране, и осталих намјенских објеката, налази се и медицинска амбуланта која представља извор медицинског отпада. Укупна количина чврстог комуналног отпада који се генерише из радних јединица индустријског круга РиТЕ Гацко дневно износи 110 kg.



Графикон 23. Састав комуналног отпада који се продукује унутар индустријског круга ТЕ Гацко

Комунални чврсти отпад се сакупља путем намјенских контејнера и канти, који су распоређени унутар индустријског круга термоелектране. Сакупљање свих компоненти комуналног отпада врши се заједно у металне намјенске контејнере, металне и пластичне канте, које су углавном дотрајале или у оштећеном стању. Тренутно, комунални отпад се сакупља заједно. Остаци од хране раздвајају се од осталог комуналног отпада, сакупљањем у посебне контејнере који се свакодневно празне од стране пољопривредника који ове компоненте користе за исхрану стоке, док се остатак сакупља заједно, то јест не постоји њихово раздвајање на мјесту настанка.

### Индустријски отпад

Индустријски отпад је сваки материјал настао током једног индустријског процеса и није више погодан за враћање у производни процес (Kokunešoski i dr., 2009). Састављен је од стабилних и нестабилних елемената органског и неорганског поријекла, а по својим особинама може бити опасан, неопасан и инертан. Инертан индустријски отпад је сваки сувишни материјал настао у индустријском процесу, а по својим особинама не може се сврстати у хазардни индустријски отпад. Захваљујући својој природи, ова врста отпада се потпуно или издвајањем одређених дијелова који се употребљавају као секундарне сировине, може сигурно одлагати на уређена и заштићена одлагалишта.

Хазардни индустријски отпад је сваки материјал настао у току индустријског процеса, који због своје количине, концентрације, физичких, хемијских или других сличних особина може представљати опасност по живот или окружење када се

непрописно третира, складишти, транспортује или се са њим непрописно управља (Кнежевић и др., 2014). Управљање овим отпадом има велики значај због огромног утицаја на животну средину и он мора да укључује одређене поставке, као што су:

- подстицање одрживог коришћења природних ресурса,
- подржавање превенције генерисања опасног материјала (примјена чистих технологија, реконструкција постојећих технолошких поступака због заштите животне средине, замјена опасних сировина мање опасним),
- санација загађених локација разним врстама отпада а посебно опасним отпадом” (Radenković, Nedeljković, 2007).

Типичне врсте и количине индустријског отпада које се појављују унутар индустријског комплекса РиТЕ Гацко приказане су табели.

Табела 51. Годишња количина индустријског отпада

Врста	Количина (годишње)
Откривка/јаловина	5 000 000 m <sup>3</sup>
Пепео	350 000 t
Шљака	135 000 t
Отпадна моторна уља	10 t
Кочионе течности	100 l
Антифриз	100 l
Филтери за уље	500 kom.
Акумулаторски отпад	1 t
Потрошне гуме	250 kom.
Крупни метални отпад - одбачене олупине и дијелови моторних возила, рударске механизације	100 t

Извор: РиТЕ, Гацко, интерна документација 2016.

Када је у питању одлагање чврстог отпада у кругу ТЕ Гацко потребно је спровођење низа активности у циљу његовог адекватног збрињавања. Прије свега треба осигурати безбједна мјеста за сакупљање чврстог отпада, типске контејнере поставити на бетонске површине, прикупљање отпада вршити селективно.



## ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Енергија је примарна компонента у развоју економије, искорјењавању сиромаштва и побољшању животног стандарда. Она директно доприноси задовољавању основних потреба и све софистициранијим људским захтјевима. Енергија и развој су уско испреплетени, тако да модерно друштво не би било могуће без енергије, али повећање потрошње енергије на бази фосилних горива значајно доприноси еколошким проблемима на локалном и глобалном нивоу. Хидроенергија остаје најбоља међу обновљивим енергетским опцијама за земље које имају довољно водних ресурса. То је због тога што се хидроенергија сматра економски најприхватљивијим извором енергије. Важност хидроенергије је данас већа него икада те се на тај начин очекује рјешавање глобалних еколошких проблема. Врло важна карактеристика хидроенергије огледала се у чињеници да је животна доб хидроелектрана преко 100 година, што је дуже за 20 година од вјетроелектрана и 30 година од термоелектрана на угаљ (Sabir et al., 2014).

Хидроенергија је међународно признат извор чисте зелене енергије, и она је одиграла кључну улогу када је у питању глобално снабдијевање енергијом. Већа потражња енергије и глобалне климатске промјене подстакле су многе земље да дају приоритет развоју хидроенергије у својим енергетским секторима (WSHPDR, 2016). Хидроелектране имају значајну улогу у економско-социјалном развоју многих држава. Хидроенергија је најчистији облик енергије којом се умањује загађивање чврстим, течним, гасовитим, термичким и радиоактивним отпаcima (Forouzbakhsh et al., 2007). Производња електричне енергије из хидроцентрала је једна од најефикаснијих мјера за ублажавање негативних ефеката гасова стаклене баште (GHG) што је и регулисано Кјото протоколом. Управо из тог разлога су хидроелектране вид позитивног дјеловања на плану смањења процеса глобалног загријавања и неповољних климатских промјена. „Од укупних падавина које падну на копно може да се добије енергија и укупна снага од  $P = 1,7 \cdot 10^{14} \text{ kW}$ ” (Ristić, 1997). Често су хидроелектране најјефтинија метода генерисања електричне енергије (IRENA, 2015). Оне представљају окосницу привредног развоја многих земаља свијета.

Да би се успјешно могла користити расположива енергија једног ријечног тока или његовог дијела, потребно је пројектовати одговарајуће хидроенергетско постројење, у чији састав улазе хидротехнички објекти, хидроелектрана са одговарајућим турбинама, хидромашинска опрема и друга пратећа опрема. Прије него што се приступи овом послу, потребно је знати на који је начин најбоље хидроенергију претворити у механички рад, а потом у електричну енергију. Електрична енергија произведена у хидроелектранама добар низ година је „сматрана бијелим угљем дајући свој допринос развоју друштва” (Милинчић и др., 2014). „Хидроелектрана је потпуно чисто предузеће које не врши загађивање атмосфере, воде и земљишта већ оплемењује човјекову околину” (Ristić, 1997). Постоје три основне врсте хидроелектрана: проточне, акумулационе и реверзибилне.

Проточне хидроелектране су тип хидроелектрана које немају узводне акумулације, оне имају малу висинску разлику испред и иза мјеста захвата воде, што значи да се директно користи кинетичка енергија воденог тока за покретање турбине. Ово је најједноставнији вид хидроелектрана и зависне су од тренутне количине протока (Ristić, 1997). У поређењу са осталим типовима хидроцентрала оне имају низак степен

утицаја на водене екосистеме као и на измјене предјела а самим тим не долази до појаве издизања нивоа подземних вода.

Акумулационе хидроелектране су најчешћи тип електрана. Оне се изграђују преграђивањем ријеке и заустављањем ријечног тока, стварањем акумулационог језера са великом количином воде узводно од бране. Акумулационо језеро посједује потенцијалну енергију која настаје као резултат висинских разлика горње коте језера и мјеста монтаже генератора. Разликујемо два типа акумулационих хидроцентрала а то су: прибранске и деривационе. Прибранске хидроцентралне су лоциране непосредно испод бране, док су деривационе знатно ниже од брана и низом цјевовода су повезане са акумулацијом. Код акумулационих хидроцентрала присутне су велике разлике у количини дотока воде у току године. У сушном периоду када је доток воде мали јавља се потреба одржавања нивоа воде тј. биолошког минимума. За разлику од проточних хидроцентрала акумулационе хидроцентралне утичу на подизање нивоа подземних вода (Ristić, 1997).

Реверзибилне хидроцентралне су сличне деривационим. Код њих се проток воде обавља у два смјера. „У вријеме када у електроенергетском систему има вишка енергије, агрегати реверзибилне ХЕ раде у пумпном режиму „вуку струју“ из система и тада транспортују воду из доње у горњу акумулацију“ (Ristić, 1997). У периоду нестанка енергије вода се пушта из акумулације и производи струја.

Поред угља, хидроенергија представља основни енергетски извор Републике Српске, а од посебног значаја је ријека Требишњица. Њен хидропотенцијал је највише искоришћен у Републици Српској, а у склопу тога су извршени и хидромелиорациони радови којим је ријешен проблем плављења крашких поља и оспособљавање за аграрну функцију.

### **Утицај хидроенергетских потенцијала источне Херцеговине на животну средину**

Хидросистем на ријеци Требишњици представља један од најсложенијих вишенамјенских система. Та сложеност је настала као резултат више чинилаца, а то су: сложена крашка структура слива у виду терасасто пореданих крашких поља узајамно повезаних површинском и подземном хидрографском мрежом, неравномјерни водни режими у сливу (велике количине воде у кишном периоду и мале количине у сушним периодима).

### **Основне карактеристике ХЕ на Требишњици**

Слив ријеке Требишњице је један од приоритетнијих сливова за развој вишенамјенског система, уређење и заштиту, јер на релативно концентрисаном простору постоје природне хидрографске, орографске и геотехничке околности<sup>88</sup>. Примарна стратегија искоришћавања воде на ширем простору ријеке Требишњице прихваћена је водопривредном основом 1958, а допуњена новом 1967. године. Хидросистем Требишњице је грађен поступно. Прву етапу изградње чинили су објекти који су омогућавали да се што прије започне производња електричне енергије. С тим у

<sup>88</sup> Višenamjensko korišćenje voda Gornjih horizonata rijeke Trebišnjice, 1984.

вези 1965. године формирани су објекти брана Горица на Требишњици и доводни тунел за ХЕ Дубровник. Током 1968. године изграђена је брана Гранчарево и ХЕ Требиње I. У другој етапи изграђени су објекти РХЕ Чапљина са доводним каналом који је пуштен у погон 1979. године и прибранска ХЕ Требиње II, пуштена у погон 1981. године. Систем хидроелектрана на Требишњици је реализован као јединствен технолошки систем (Milanović, 2006). Системи хидроелектрана на Требишњици припадају електропривреди: Републике Српске (ХЕ Требиње I и II), Херцег-Босне (РХЕ Чапљина) и Хрватске (ХЕ Дубровник).

Најзначајнији објекти овог система су акумулације Билећа и Требиње. Оне су вишенамјенске и омогућују годишње регулисање протока, а сходно томе имају више функција попут: хидроенергетике, активне заштите од поплава, снабдијевања насеља водом, оплемењивања малих вода и уређења водних режима у Требињу, еколошке и туристичке валоризације обје акваторије, рибарства, могућности интервентног дјеловања испуштања чисте воде у кризним еколошким стањима на низводном дијелу Требишњице<sup>89</sup>.

ХЕ Требиње I је прва степеница која је реализована на површинском дијелу ријеке Требишњице. Брана је лоцирана око 18 km низводно од врела које представља извориште ријеке Требишњице и око 17 km узводно од града Требиња. Главни објекти постројења ХЕ Требиње I су:

- лучна брана Гранчарево са органима за евакуацију великих вода и темељним испустима,
- тлачни цјевоводи с улазним грађевинама,
- стројара,
- одводни канал.



Слике 19 и 20. Хидроелектрана Требиње I, брана Гранчарево  
(фото: Црногорац Љ., 2019)

Постројење ХЕ Требиње I користи воде акумулационог базена Билећко језеро укупне запремине 1280 000 000 m<sup>3</sup>. За потребе ове хидроцентрале изграђена је брана Гранчарево висине 123 m, средњег пада 83 m и корисне запремине 1082 000 000 m<sup>3</sup> (Stojić, 1965). Акумулација Билећко језеро омогућава годишње изравнање протицаја ријеке Требишњице, тако је да ова акумулација кључни сегмент читавог система јер својом запремином омогућава прихватање и ретензирање поплавних таласа и тиме врши заштиту од поплава, регулише проток - годишња прерасподјела. Цјеловитије

<sup>89</sup> www.vladars.net

искоришћавање хидроенергетског потенцијала на ХЕ Требиње I омогућено је продубљивањем корита Требишњице чиме је формиран одводни канал према компензационом базену Горица повољних протицајних карактеристика. „Просјечна годишња производња електричне енергије у ХЕ Требиње I износи 420-450 GWh” (Pavlović i dr., 2013).

За потребе ХЕ Требиње II изграђена је брана Горица. То је гравитационо бетонска брана смјештена 4 km узводно од Требиња. Ствара акумулацију запремине 15,6 милиона  $m^3$  (Milanović, 2006). Брана Горица са акумулацијом Требиње представља главно чвориште за расподјелу вода у оквиру система Требишњице. На том чворишту се вода усмјерава у два правца: према ХЕ Дубровник (преко захватне грађевине) и РХЕ Чапљина. Дакле, прерађене воде хидроелектране Требиње II и воде слива ријеке Требишњице, низводно од бране Горица одводе се према РХЕ Чапљина регулисаним бетонским коритом, дужине 66 километара и капацитета  $45 m^3/s$ . Оне се користе и за наводњавање Требињског и Попова поља. ХЕ Требиње II је прибранска електрана. У средини бране Горица изграђена су два преливна поља са сегментним затварачима укупног капацитета  $412 m^3/s$ , два темељна испуста опремљена помоћним и главним затварачима (Mikulec, Praštalo, 1965). Jonson уређај је уграђен на брану Горица због испуњавања услова из водопривредне дозволе. Она налаже обавезу да се обезбиједи водопривредни минимум то јесте нормални проток воде кроз град Требиње и Попово поље, са посебним освртом на вегетациони период од марта до септембра. Предузеће спроводи активности чишћења и одржавања корита ријеке Требишњице помоћу специјалног чамца са привремено инсталираним цијевним системом којим се муљ одводи на привремену депонију која је смјештена на лијевој обали ријеке Требишњице, а након исушивања на стално одредиште.



Слика 21. Хидроелектрана Требиње II, брана Горица (Фото: Црногорац Љ, 2019)

Хидроелектрана Требиње II се налази испод бране Горица тако да је доња вода ХЕ Требиње II у исто вријеме и горња вода хидроелектране Требиње I и ХЕ Дубровник. Укупна максимална пропусна способност кроз евакуационе органе и турбину ХЕ Требиње II низводно од бране Горица износи  $1280 m^3/s$ . „Просјечна годишња производња електричне енергије у ХЕ Требиње II износи 14,5 GWh” (Pavlović i dr., 2013).

## Утицај хидроелектрана на Требишњици на животну средину

Хидропотенцијал је најефикаснији ресурс за производњу електричне енергије, а модерне хидро турбине могу да претворе чак 90% расположиве енергије у електричну (Bahtiyar, Cihan, 2011). Хидроенергетски потенцијал је обновљив извор енергије који припада групи најјефтинијих и еколошки најприхватљивијих, у функцији је очувања животне средине.

Очигледно да велике хидроелектране са својим бранама и акумулацијама често изазивају друштвено-економске промјене и проблеме, као што су пресељавање становништва, плављење земљишта и слично (Sernea, 2004). Привремени утицаји на животну средину током изградње хидроелектрана су: повећање буке, загађеност ваздуха и вода, визуелне промјене пејзажа и сл. Периметар утицаја обухвата и оближњи простор хидроелектране, биљни и животињски свијет. Поменути утицаји, због привременог карактера и мјера заштите су минорни. Са друге стране, код трајних утицаја се повећањем коришћења водних маса дјелимично мијењају еколошки параметри (ствара се нови режим нивоа површинских и подземних вода), визуелне промјене пејзажа које у одређеној мјери трансформишу изглед ријечних долина. „Са аспекта заштите животне средине велике хидроцентралне имају одређене недостатке, јер су акумулацијске хидроцентралне везане за градњу високих брана и акумулационих језера, а велике акумулације воде због дужег задржавања воде постају склоне процесу еутрификације што се негативно одражава на квалитет воде, режим наноса и на температуру воде” (Šuljić, Kovčić, 2010).

Ђорђевић (1990), међу позитивне утицаје хидроенергетских система издваја:

- Повећање протока на дијеловима водотока који се налазе низводно од акумулација,
- Смањивање поплавних таласа у низводним дијеловима ријека,
- Врши се производња чисте енергије, а уједно и штити животна средина од загађености.
- Наводњавају се пољопривредне површине,
- Акумулације у горњим дијеловима слива дају могућност испуштања вода и спречавања еколошких катастрофа у акцидентним ситуацијама.
- Стварају се услови за развој туризма и рекреације на води.

Од негативних утицаја истиче:

- Мијењање режима површинских и подземних вода због чега долази до угрожавања појединих врста,
- Спречавање миграција риба браном,
- Процес еутрификације који изазива еколошку деградацију,
- Измјене природних станишта биљака и животиња,
- Промјене квалитета воде у акумулацији и токовима.

Загађења животне средине могу да изазову хидроенергетска постројења у акцидентним ситуацијама и то уљима и мазивима која се користе у хидрауличким системима, затим велику опасност по животну средину имају трансформаторска уља

која садрже РСВ<sup>90</sup>, нефункционисање система пречишћавања фекалних вода, непостојање сепаратора масти и сл.

Имајући у виду чињеницу да је на простору источне Херцеговине неравномјерна расподјела падавина, односно у љетњем периоду године суша а у зимском периоду обилна количина падавина то је имало за посљедицу честа плавлена околног терена. Једино адекватно рјешење овог проблема била је изградња хидроенергетског система. Изградњом прве фазе хидроенергетског система на ријеци Требишњици остварен је енергетски значај чиме је омогућено генерисање великих количина електричне енергије и постигнут низ позитивних ефеката који се односе на водопривреду, снабдијевање водом, наводњавање пољопривредних површина и повећање пољопривредне производње. Као што је већ познато изградњом хидроенергетских постројења и промјенама природног режима доносе се велики позитивни ефекти али се са друге стране јављају и неке негативне појаве.

### **Мониторинг и утицај на животну средину**

Стање животне средине, на свим просторним нивоима, је „трнутак“ у слиједу дуге и интензивне трансформације реалног окружења природних и антропогених компоненти геопростора. Мониторинг има за циљ да континуирано контролише и прати ове промјене и стање животне средине. Обављају га овлашћене организације али и сами привредни субјекти (загађивачи).

### **Мјерење квалитета ваздуха**

Да би се утврдио квалитет ваздуха на локацијама хидроелектране Требиње II - Горица и хидроелектране Требиње I - Гранчарево, обављена су његова мјерења. Извршена су покретним еколошким лабораторијем и обухваћена су мјерења концентрације релевантних показатеља квалитета ваздуха укључујући концентрације сумпор-диоксида, азот-диоксида, лебдећих честица, угљен-моноксида и озона. Према еколошкој дозволи мјерење се вршило петогодишње.

---

<sup>90</sup> Полихлорисани бифенили (РСВ) спадају у групу дуготрајних органских загађујућих материја. То је група хемијских спојева грађених од двоструког бензеновог прстена на који су са вањске стране везани атоми хлора. Прије него се строго ограничила производња и употреба РСВ-а редовно су се користили у разним комерцијалним производима (трансформатори, велики високо - и нисконапонски кондензатори, електрични мотори са текућим хлађењем, хидраулични системи, системи за пренос топлоте, електромагнети, каблови са текућим пуњењем, прекидачи, регулатори напона, вакум пумпе, микровалне пећи, електронска опрема папиру и бојама за папир). Вишеструко је штодљив утицај РСВ-а на човјека. Доказано је токсично као и канцерогено дејство. У САД-у Environmental Protection Agency (ЕРА) је законски забранила производњу РСВ-а 1990. године. РСВ су универзални загађивачи животне средине, живог и неживог свијета и присутни су готово свуда. Након што су многе земље ограничиле употребу или у потпуности забраниле коришћење ових материјала, њихов уплив у животну средину је знатно умањен у односу на прошла времена. Америчка агенција за заштиту животне средине (ЕРА) електроизолационе течности је класификовала као загађење уколико садрже 0-50 ppm РСВ, загађене ако садрже од 50-500 ppm РСВ и РСВ ако садрже више од 500 ppm РСВ.

Табела 52. Резултати мјерења квалитета ваздуха на локацији ХЕТ I и ХЕТ II

Полутант	Период узорковања	Јединица	2012.		2017.	
			Горица	Гранчарево	Горица	Гранчарево
SO <sub>2</sub>	1 сат	µg/m <sup>3</sup>	3,5	5,3	16,5	34,2
	24 сата		1,5	2,9	8,6	21,4
NO <sub>2</sub>	1 сат	µg/m <sup>3</sup>	6,2	4,4	24,1	33,2
	24 сата		3,2	4	13,9	21,4
PM <sub>10</sub>	1 сат	µg/m <sup>3</sup>	13	11,3	9,4	25,2
	24 сата		8	9,5	5,6	13,1
CO	8	µg/m <sup>3</sup>	600	621,1	0,831	0,967
O <sub>3</sub>	8	µg/m <sup>3</sup>	13,6	26,7	31,5	29,4

Извор: Документација ХЕТ, 2012., 2017.

На основу извршених мјерења квалитета ваздуха 2012. и 2017. године на локацијама ХЕ Горица и ХЕ Гранчарево није било неких већих осцилација. Примјетно је незнатно повећање вриједности концентрације сумпор-диоксида, азот-диоксида и озона 2017. године, док је током истог периода концентрација угљен-моноксида била знатно нижа. И поред тога, сви измјерени параметри задовољавају граничне вриједности прописане Правилником.

За оцјену квалитета ваздуха на некој локацији потребно је вршити мјерења непрекидно током петогодишњег периода да би се имао јасан увид у стање квалитета ваздуха. Резултати параметара који се мјере једном у петогодишњем периоду не могу се упоређивати са вриједностима које су прописане у Правилнику али могу бити индикативни и упућивати на стање квалитета ваздуха. Објекти хидроелектрана на Требишњици са својим постројењима не производе емисије штетних гасова. Емисије у ваздух које се јављају на поменутих локацијама усљед сагоријевања горива у моторима возила и механизације којима се манипулише су значајне само са аспекта дјеловања на ужу локацију. Будући да хидроцентрале нису емитери загађујућих материја у ваздух и захваљујући свим предузетим мјерама, савременој опреми и добијеним стандардима, новом еколошком дозволом предузеће ХЕ на Требишњици је ослобођено мјерења квалитета ваздуха у наредном периоду.

### Мјерење нивоа буке

Приликом рада хидроенергетских система јавља се могућност потенцијалне емисије буке у животну средину. С тим у вези, важећом еколошком дозволом за хидроелектране на Требишњици је прописано мјерење еквивалентног нивоа буке годишње. Мјерења се врше на локацијама ХЕ Требиње I и II, на више мјерних мјеста. На објекту Горица то су:

- М1 – Поред објекта машинске сале,
- М2 – Улазна капија,
- М3 – Плато испред командног објекта.

Табела 53. Резултати мјерења нивоа буке – брана Горица

M1				
	2015.	2016.	2017.	Дозвољени ниво
Leg	47,6	61,6	61,1	70
L <sub>1</sub>	54,7	71,3	70,2	85
L <sub>10</sub>	49,7	64,4	60	80
M2				
Leg	46,9	70	72,8	70
L <sub>1</sub>	54,7	70,8	73,8	85
L <sub>10</sub>	49,7	70,4	53,8	80
M3				
Leg	56,1	51,1	60	70
L <sub>1</sub>	63,5	60,4	70,4	85
L <sub>10</sub>	58,6	52,8	66,2	80

Извор: Записник о мјерењу еквивалентног нивоа буке, 2015., 2016., 2017.

Посматрајући резултате мјерења еквивалентног нивоа вањске буке на објекту ХЕ Требиње II – брана Горица измјерене вриједности су у границама дозвољених вриједности за зону VI (дан) према Правилнику о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СР БиХ”, број 46/89). Одступање је евидентирано на мјерном мјесту М2 (2017. год.), када је регистрована вриједност од 72,8 dB(A), а велики утицај на то је имао јак вјетар.

Локације мјерних мјеста на објекту ХЕ Требиње I – брана Гранчарево су:  
 М1 – Поред објекта машинске сале,  
 М2 – Улазна капија на објекту Гранчарева,  
 М3 – Капија са десне стране обале.

Табела 54. Резултати мјерења нивоа буке – брана Гранчарево

M1				
	2015.	2016.	2017.	Дозвољени ниво
Leg	59,9	66,8	65,5	70
L <sub>1</sub>	68,9	71,2	67,9	85
L <sub>10</sub>	60,6	66,4	66,5	80
M2				
Leg	50,7	47,9	47,3	70
L <sub>1</sub>	58,9	52,1	58,1	85
L <sub>10</sub>	52,2	49,4	46,3	80
M3				
Leg	56,2	58	51,5	70
L <sub>1</sub>	67,2	67,4	64,1	85
L <sub>10</sub>	50,3	58,7	55,1	80

Извор: Записник о мјерењу еквивалентног нивоа буке, 2015., 2016., 2017.



За разлику од мјерног мјеста ХЕ Требиње II - брана Горица гдје су забиљежена одређена одступања, на мјерном мјесту ХЕ Требиње – брана Гранчарево током мјерења еквивалентног нивоа вањске буке није регистровано ниједно прекорачење дозвољених вриједности.

С обзиром на локацију објеката и постројења хидроелектрана на Требишњици, природу технолошког процеса као и активности које се одвијају унутар њега, повећана емисија буке у животну средину није евидентна и не очекују се значајнија одступања у наредном периоду.

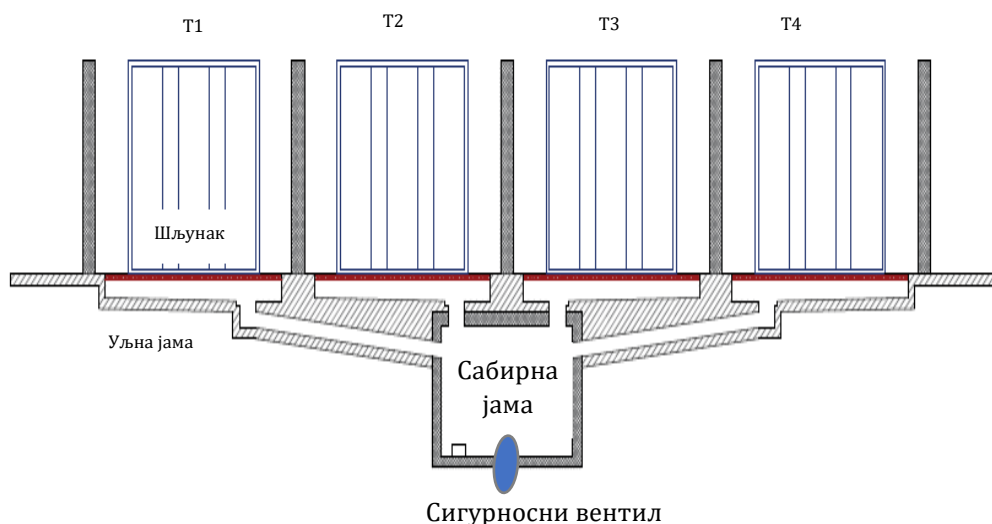
## Отпад

С обзиром да током рада сваког енергетског постројења долази до стварања одређених количина отпадних материја, тако и приликом рада хидроелектрана на Требишњици евидентна је продукција више врста таквих материја. Највише је заступљена амбалажа која садржава остатке штетних материја или је загађена њима. То се прије свега односи на хидраулична, трансформаторска и синтетичка уља, зауљену воду из сепаратора као и отпад од електричне и електронске опреме. Имајући у виду чињеницу да хидроелектране током рада користе уља, мазива и нафтне деривате који представљају потенцијалне загађиваче животне средине, неопходно је спровести одговарајуће мјере и минимизирати негативне утицаје. С обзиром да се у погонским објектима ХЕ Требиње I и II користе хидраулична и трансформаторска уља, 2007. године извршена је анализа уља и контрола трансформатора у ХЕ Требиње I.

Табела 55. Резултати испитивања садржаја РСВ-а у уљу трансформатора

Број узорка	Садржај РСВ, ppm (mg/l)
T1	58
T2	99
T3	207
T4	347

Извор: План активности са мјерама и роковима за поступно смањење емисија-загађења, 2007.



Слика 22. Трансформатори на постројењу ХЕТ I

Узорковањем трансформаторских уља на ХЕ Требиње I установљено је да су концентрације РСВ изнад прописаних од 58 до 347 ppm и представљају велику опасност по животну средину. У циљу очувања и заштите животне средине у период од 2012-2013. године извршена је замјена трансформаторских уља и деконтаминација свих дијелова трансформатора и опреме која је долазила у додир са уљима. Тако су првобитни трансформатори од 20 t на постројењу ХЕ Требиње I замијењени трансформаторима капацитета 14 t. На постројењу ХЕ Требиње II инсталиран је један уљни трансформатор укупног капацитета 20 t. Извршена је замјена шљунка непосредно испод сваког трансформатора, комплетна хидроизолација сабирне јаме и уградња сигурносног вентила како би се у случају акцидентних ситуација спријечило изливање уља у ријеку.

Осим трансформаторских уља на погонима ХЕ Требиње I и II присутне су и друге врсте опасног отпада. Према Годишњем извјештају о постројењима/загађивачима из 2016. године то су: запаљиве материје - амбалаже боја и лакова (0,01 t), штампарски тонери који садрже опасне материје (0,002 t), отпадно уље (8 t), турбинско уље (7,50 t), хидраулично уље (0,90 t), апсорбери и одјећа онечишћена опасним материјама (0,31 t), кочионе облоге - азбест (0,80 t), флуоресцентне цијеве (0,20 t), живине сијалице (0,05 t) и стаклена вуна (0,015 t). Поменуте отпадне материје се складиште на привременом складишту а затим се врши одвоз са објекта од стране овлаштене институције. Годишња продукција неопасног отпада износи 11,3 t и он се збрињава на комуналним депонијама.

## **Мониторинг вода**

Вода је основни услов за опстанак свих живих бића и најраспрострањенија материја у природи. То је најдрагоцјенији природни ресурс и најосјетљивији медијум животне средине због чега је потребно дефинисање приоритетних мјера заштите. Узимајући у обзир чињеницу да се воде ријеке Требишњице користе мултифункционално: за производњу електричне енергије, наводњавање, водоснабдијевање, од посебног значаја је праћење њиховог квалитета. Прва испитивања квалитета вода ријеке Требишњице почињу 1960. године када се приступило пројектовању и изградњи хидроенергетског система. Од 1974-1983. године узорковање се обављало једном или два пута годишње. Након тога формирана је лабораторија за испитивање квалитета вода на подручју хидроенергетског система Требишњице која врши испитивања физичко-хемијских и микробиолошких параметара.

## **Физичко-хемијске карактеристике акумулације Требиње и ријеке Требишњице**

Праћење квалитета вода у акумулацији Требиње врши се од 1974. године, с тим да мјерење није вршено у периоду 1990-1997. Анализа квалитета вода је обухватала мјерење физичко-хемијских параметара тј. температуру воде, боју, мутноћу, алкалитет, рН, испарени остатак, електропроводљивост, потрошњу  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{BPK}_5$ , НРК, растворени  $\text{O}_2$ , засићење са  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , укупну тврдоћу, алкалитет, сталну тврдоћу, калцијум, магнезијум, хлориде, сулфате, укупни фосфор, нитрате, нитрите, амонијак, детерценте, гвожђе, манган.

На основу дугогодишњих испитивања квалитета вода ријеке Требишњице највећи дио параметара је задовољавао вриједности прве класе водотока. Мали број параметара је одступао од тих вриједности и водотоке класификовао у другу категорију, а односио се на: алкалитет, засићење кисеоником, растворени кисеоник и укупну тврдоћу воде. Вриједност алкалитета воде важна је приликом употребе и третмана не само природне, него и отпадне воде. С обзиром да алкалитет површинских вода зависи од присутних карбоната, бикарбоната и садржаја хидроксида, прихваћен је као индикатор за присуство ових састојака. Он може да проузрокује и присуство бората, фосфата, силиката и других база у анализираним узорцима.

Такође, било је евидентно повећање концентрације раствореног кисеоника у периоду повећане температуре воде. Растворени кисеоник и температура воде су битни параметри кад је у питању праћење квалитета површинских вода. Температура воде је врло важан параметар са гледишта растворљивости кисеоника и других гасова из ваздуха у води, јер се са порастом температуре растворљивост гасова у води смањује. Количина кисеоника зависи од процеса потрошње кисеоника за разградњу органских материја и реакције воде са атмосферским кисеоником који је у суштини и најважнији извор снабдијевања воде кисеоником. На растворљивост кисеоника у води утиче његов парцијални притисак. Вода се кисеоником снабдијева и преко зеленог растиња водотока, али и то зависи од многих фактора и постаје минимална у периодима слабог развитка фитопланктона и виших водених биљака. Биљке имају важан утицај на садржај раствореног кисеоника путем процеса фотосинтезе и респирације. Фотосинтеза се одвија током дана, док респирацију биљке врше ноћу. Ови процеси проузрокују пораст концентрације раствореног кисеоника у току дана, са максимумом у подне. По заласку сунца биљке престају да производе кисеоник и садржај раствореног кисеоника почиње да опада због респирације биљака и водених организама. Такође, на концентрацију раствореног кисеоника утиче дубина воде, сезонске промјене, загађивачи који доспијевају у површинске воде канализацијом, муљевима, ерозијом обале или нутријенти који стимулишу раст алги. Отпадне воде из индустрије и домаћинства, које се испуштају у водене токове су обично богате органским материјама и имају високу потребу за кисеоником у води. Посљедица тога је смањење садржаја кисеоника у води. Недостатак кисеоника или његова недовољна количина, може да буде узрок већих поремећаја у здрављу риба. Различите врсте риба имају различиту потребу за овим гасом. Обично рибља млађ захтијева веће количине кисеоника. Од рибљих врста највеће потребе за кисеоником имају рибе из фамилије Салмониде, док шаран, сом, деверика се задовољавају са мањом количином<sup>91</sup>.

На основу новијих мјерења квалитета вода у периоду 2014-2019. године примјетно је да је на оба мјерна мјеста испод бране Гранчарево и на површини Горичког језера највећи дио параметара у вриједностима који задовољавају прву класу водотока. Упоређујући резултате физичко-хемијских испитивања вода акумулације Требиње, може се донијети закључак да вода има најбољи квалитет у првом периоду испитивања (велике воде), а најлошији у другом периоду (мале воде). То се највећим дијелом односи на алкалитет, засићење кисеоником и ВРК<sub>5</sub>. Током мјерног периода који је обухватао 23 узорковања воде, алкалитет 2 пута није задовољавао вриједности које одговарају првој категорији водотока на оба мјерна мјеста, док је засићење воде кисеоником имало вриједност који одступају од прве категорије водотока у 4 случаја на мјерном мјесту испод бране Гранчарево и у једном случају на мјерном мјесту Горичко језеро-површина. ВРК<sub>5</sub> је три пута имала вриједности веће од прописаних.

---

<sup>91</sup> Studija o procjeni stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem, 2013.

Табела 56. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара Горичког језера за период од 2014-2019. године.

Горичко језеро							
Параметри	Јединица	Испод бране Гранчарево			Горичко површина		
		Мин.	Мах.	Сред.	Мин.	Мах.	Сред.
Температура воде	°C	5,4	12,9	9,23	5,90	21,30	11,58
pH	pH јединица	7,34	8,73	7,76	7,44	8,10	7,83
Изглед	Органолепт.	без	Без	без	без	без	без
Боја	CoPt скала	0	30	9,35	0,00	26,00	7,81
Мирис	Органолепт.	без	Без	без	без	без	без
Укус	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Ел.проводљ. 20°C	µS/cm	170	381	299,78	170,00	368,00	284,24
Мутноћа	°NTU јед.	0,71	4,7	1,87	0,66	6,36	2,08
Прозирност	М	0	0		4,50	4,50	4,50
Алкалитет	mg CaCO <sub>3</sub> /l	9,52	221,53	157,78	165,69	221,53	188,79
Укупна тврдоћа	°dH	9,31	13,41	10,54	8,51	12,77	9,86
Испарни остатак	mg/l	145	249	191,17	138,00	227,00	182,81
Укупне сусп. матер	mg/l	3,5	3,5	3,50	0,00	0,00	0,00
Детерџенти	mg/l	0,5	0,5	0,50	0,00	0,00	0,00
Сулфати	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	15,19	39,13	26,65	13,14	42,94	27,66
CO <sub>2</sub>	mg/l	0	4	1,98	0,50	3,50	1,47
Хлориди	mg Cl/l	0,63	8,6	2,97	0,99	8,40	3,22
Растворени кисео.	mg/l	9,74	14,95	12,06	11,04	14,19	12,60
Засићење са O <sub>2</sub>	%	86,57	135,9	107,16	96,78	161,78	118,58
ХПК	mg O <sub>2</sub> /l	1	3	1,76	1,20	2,90	1,65
БПК <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,03	2,21	0,93	0,06	2,92	1,48
Утрошак KMnO <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> /l	5,06	13,45	8,61	4,11	11,62	8,15
Амонијачни азот	mg N/l	0,06	0,5	0,28	0,00	0,00	0,00
Нитритни азот	mg N/l	0,006	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Нитратни азот	mg N/l	0,9	0,9	0,90	0,60	0,60	0,60
Укупни фосфор	mg P/l	0,01	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01

Извор: Лабораторија ХЕТ

У цјелини гледано, вода акумулације Требиње, на основу параметара показатеља квалитета из Уредбе о класификацији вода, налази се у првој, са незнатним одступањем ка другој, класи квалитета.

Када је у питању ток ријеке Требишњице мјерење квалитета вода се обавља на више локација, а најзначајнија мјерења су на локацијама: Попово – Пољице, Старо слано, испод колектора, Бегов јаз, испод индустрије алата (ИАТ) и праг испод бране Горица.

Табела 57. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године

Локалитет	Јединица	Требишњица 2014-2019.					
		Попово - Пољице			Старо слано		
		Мин.	Мах.	Сред.	Мин.	Мах.	Сред.
Температура воде	°C	3,5	19,3	13,11	4,00	17,50	12,36
рН	рН јединица	7,36	8,49	8,03	7,67	8,65	8,15
Изглед	Органолепт.	0	без	без	без	без	без
Боја	CoPt скала	0	23	11,95	5,00	20,00	11,20
Мирис	Органолепт.	0	без	без	без	без	без
Укус	Органолепт.	0	без	без	без	без	без
Ел.проводљивост 20°C	µS/cm	200	387	290,14	200,00	390,00	294,43
Мутноћа	°NTU јед.	0,45	2,48	1,36	0,49	3,08	1,29
Алкалитет	mg CaCO <sub>3</sub> /l	10,08	188,03	149,08	9,52	184,65	146,92
Укупна тврдоћа	°dH	7,97	11,74	9,87	7,77	11,09	9,69
Испарни остатак	mg/l	124	214	175,00	139,00	214,00	177,05
Укупне суспендоване материје	mg/l	<2,5	3,1	3,10	2,50	3,80	3,20
Детерџенти	mg/l	<0,5	0,6	0,55	0,50	0,60	0,53
Сулфати	mg/l	16,21	43,33	12,79	18,21	46,95	28,64
СО <sub>2</sub>	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	0	7	1,54	0,00	3,00	1,00
Хлориди	mg/l	0,88	16,21	12,79	0,10	7,00	2,56
Растворени кисеоник	mg Cl <sup>-</sup> /l	8,97	16,21	12,80	9,11	17,02	13,97
Засићење са О <sub>2</sub>	mg/l	89,16	157,38	123,22	86,76	175,53	132,95
ХПК	%	1,2	3,6	2,11	1,20	4,10	2,66
БПК <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,2	2,92	1,55	0,10	3,71	1,61
Утрошак КМnО <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,89	18,33	9,84	3,79	30,66	9,56
Амонијачни азот	mg KMnO <sub>4</sub> /l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Нитритни азот	mg N/l	<0,03	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Нитратни азот	mg N/l	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Укупни фосфор	mg N/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1

Извор: Лабораторија ХЕТ

Табела 58. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године

Локалитет	Јединица	Требишњица 2014-2019.					
		Испод колектора			Бегов јаз		
		Мин.	Мах.	Сред.	Мин.	Мах.	Сред.
Температура ваздуха	°C	12,3	18,4	15,0	10,9	18,4	14,5
Температура воде	°C	5,1	18,0	12,6	6,2	15,2	11,6
рН	рН јединица	7,6	8,7	8,2	7,4	8,3	7,9
Изглед	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Боја	CoPt скала	6,0	41,0	17,6	0,0	23,0	8,1
Мирис	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Укус	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Ел.проводљивост 20°C	μS/cm	210,0	382,0	304,6	130,0	376,0	296,8
Мутноћа	°NTU јед.	0,4	7,8	1,9	0,3	3,6	1,2
Алкалитет	mg CaCO <sub>3</sub> /l	161,2	195,1	176,4	161,5	194,1	175,2
Укупна тврдоћа	°dH	9,3	13,9	10,1	7,8	12,6	10,3
Испарни остатак	mg/l	159,0	238,0	184,0	146,0	214,0	178,7
Укупне сусп.материје	mg/l	2,7	4,4	3,6	2,0	2,8	2,4
Детерџенти	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Сулфати	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	18,0	40,1	27,4	16,6	40,8	27,4
СО <sub>2</sub>	mg/l	0,0	4,0	1,4	0,0	4,5	1,7
Хлориди	mg Cl <sup>-</sup> /l	1,5	8,0	3,7	0,7	9,0	2,8
Растворени кисеоник	mg/l	11,2	20,0	14,5	9,7	15,8	12,8
Засићење са О <sub>2</sub>	%	109,5	211,9	139,1	93,1	150,0	119,3
ХПК	mg O <sub>2</sub> /l	1,3	4,9	2,4	1,1	3,5	2,0
БПК <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,5	5,0	2,8	0,2	3,3	1,2
Утрошак КМnО <sub>4</sub>	mg КMnO <sub>4</sub> /l	4,1	15,7	11,0	4,4	24,7	8,5
Амонијачни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Нитритни азот	mg N/l	0,01	0,18	0,077	0,0	0,0	0,0
Нитратни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Укупни фосфор	mg N/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1

Извор: Лабораторија ХЕТ

Табела 59. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године

Локалитет	Јединица	Требишњица 2014-2019.					
		Испод ИАТ			Праг испод бране Горица		
		Мин.	Мах.	Сред.	Мин.	Мах.	Сред.
Температура ваздуха	°C	8,8	18,4	14,0	10,2	22	16,4
Температура воде	°C	7,1	15,1	11,8	6,6	14,7	11,2
рН	рН јединица	7,24	8,07	7,6	7,22	8,31	7,8
Изглед	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Боја	CoPt скала	0	30	8,4	0	18	5,4
Мирис	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Укус	Органолепт.	без	без	без	без	без	без
Ел.проводљивост 20°C	µS/cm	3,41	386	305,6	180	376	297,87
Мутноћа	°NTU јед.	0,51	3,36	1,2	0,49	3,64	1,30
Алкалитет	mg CaCO <sub>3</sub> /l	172,68	203,62	185,8	163,19	218,59	179,05
Укупна тврдоћа	°dH	8,94	14,39	10,8	8,88	11,52	9,94
Испарни остатак	mg/l	166	246	197,0	145	234	180,87
Укупне сусп.материје	mg/l	2,6	4,8	3,7	2,7	2,7	2,70
Детерџенти	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Сулфати	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	16,02	42,23	28,3	14,85	59,47	30,30
СО <sub>2</sub>	mg/l	0	4,5	2,1	0	3	1,72
Хлориди	mg Cl <sup>-</sup> /l	0,88	10	3,8	0,5	10	3,30
Растворени кисеоник	mg/l	4,63	14,34	10,5	9,25	16,37	13,28
Засићење са О <sub>2</sub>	%	45,39	140,59	98,1	89,8	152,28	123,08
ХПК	mg O <sub>2</sub> /l	1,2	4,5	2,2	1	3,1	1,82
БПК <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,24	5,37	2,4	0,17	7,03	1,71
Утрошак КМnО <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> /l	3,47	24,02	11,1	4,42	9,29	6,85
Амонијачни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Нитритни азот	mg N/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Нитратни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Укупни фосфор	mg P/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Извор: Лабораторија ХЕТ

Приказани резултати испитивања квалитета вода указују да највећи дио параметара задовољава вриједности прописане за прву и другу категорију. Спроведеном анализом установљено је одступање појединих параметара од прописаних вриједности а то су: алкалитет, засићење воде кисеоником, растворени кисеоник, БПК<sub>5</sub>. Алкалитет не задовољава прописане вриједности на мјерном мјесту Попово - Пољице у 10 испитиваних узорака, на мјесту Старо слано (13), испод колектора (9), на Беговом јазу (9), испод Индустрије алата (1) и праг испод бране Горица (11). Процент засићења воде кисеоником на свим мјерним мјестима је повишен тј. воде су презасићене кисеоником. На основу 22 мјерења евидентна су 3 одступања од прописаних вриједности што је одговарало трећој и четвртој категорији водотока. Растворени кисеоник не задовољава прописане вриједности на мјерном мјесту испод Индустрије алата у 3 узорка што је воде класификовало у другу и трећу категорију. Такође, БПК<sub>5</sub> имала је повећане вриједности на појединим мјерним мјестима, а највећа одступања су била испод колектора<sup>92</sup>.

### Микробиолошке карактеристике ријеке Требишњице

У циљу микробиолошких испитивања карактеристика ријеке Требишњице у периоду од 2000-2012. године извршено је 117 мјерења. Мониторинг је обухватао четири параметра квалитета вода: укупан број аеробних хетеротрофа на 22 °C, cfu/ml; укупан број колиформних бактерија, MPN/100ml; укупан број колиформних бактерија фекалног поријекла, MPN/100ml и укупан број фекалних стрептокока, MF, cfu/100ml.

Када је у питању укупан број аеробних хетеротрофа на 22°C, током поменутог дванаестогодишњег периода извршено је укупно 37 мјерења при чему је седам мјерења ријеку класификовало у прву, 20 у другу, 8 у трећу, док је по једно припадало границама IV и V категорије. Дакле, на основу свеобухватне анализе може се констатовати да је највећи дио мјерења квалитета вода припадао II класи<sup>93</sup>.

На основу испитивања укупног броја колиформних бактерија највећи дио мјерења налази се у границама вриједности које водотоке сврставају у другу категорију (укупно 24 мјерења), док је 13 мјерења припадало првој класи квалитета водотока што уједно представља низак ниво санитарног загађења ријеке. Укупан број колиформних бактерија је достигао максималну вриједност од 4500 cfu/100ml.

Као један од битних микробиолошких параметара квалитета вода је укупан број колиформних бактерија фекалног поријекла. Дугогодишњим мониторингом установљено је да је ниво фекалних контаминаната прилично низак. Број колиформних бактерија фекалног поријекла имао је вриједности од 0 до 450 cfu/100ml. У 18 испитиваних случајева вода је класификована у прву, а 19 у другу категорију квалитета<sup>94</sup>.

Укупан број фекалних стрептокока доприноси општој оцјени микробиолошког квалитета вода. Вриједности овог параметра на ријеци Требишњици се прате од 2010. године. У вези с тим извршено је 6 узорковања, а на основу 5 воде су биле у границама вриједности друге категорије. Вриједности овог параметра су се кретале од 3 до 210 cfu/ml<sup>95</sup>.

<sup>92</sup> На основу 22 мјерења, у 16 случајева је вриједност прекорачена.

<sup>93</sup> Studija o procjeni stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem, 2013.

<sup>94</sup> Isto, str. 25.

<sup>95</sup> Isto, str. 26.



На основу добијених резултата микробиолошких параметара квалитета ријеке Требишњице очигледно је да су воде умјерено оптерећене органским контаминантима.

## **Биолошке карактеристике ријеке Требишњице**

Биолошким истраживањем карактеристика ријеке Требишњице установљено је присуство више заједница. На основу спроведене анализе у периоду од 2004 до 2012. године утврђено је да фитопланктонске заједнице чине 84 врсте из 49 родова алги а то су: модрозелене, златне, силикатне, ватрене алге, Euglenophyta и зелене алге. Највећу процентуалну заступљеност представљају силикатне (59%), које доминирају квантитативно и квалитативно у свим циклусима испитивања, и зелене алге (26%). Осим фитопланктона у ријеци Требишњици уочено је и присуство фитобентоса и то силикатних бентосних алги. На профилу Горица идентификовано је 58 таксона. Током истраживања биолошких карактеристика вода ријеке Требишњице извршено је рачунање индекса сапробности. На основу добијених резултата доказано је да се квалитет воде ријеке Требишњице - праг Горица налази у границама прописаним за другу класу водотока. Године 2011. је обављено истраживање макрофитске фауне и утврђено је да је ријека Требишњица изузетно богата воденим макрофитама, чак толико да се њено дно не види од њиховог великог раста. Дужина испитиваног трансекта износила је 100 m, гдје су обале прилично стрме и састављене од неорганског материјала<sup>96</sup>.

Проучавање квалитативног и квантитативног састава макроинвертебрата на ријеци Требишњици почело је 2007. године. На основу анализе резултата на мјерном мјесту праг Горица идентификовано је присуство укупно 34 таксона са 32 рода макроинвертебрата. Доминирају пужеви и инсекти. Одређивањем индекса сапробности 50% вриједности је припадало другој, а 50% трећој класи водотока.

## **Физичко-хемијске карактеристике акумулације Билећа**

С циљем праћења стања квалитета акумулације Билећког језера 2008. године почео је да се врши мониторинг. Он обухвата сљедеће локације:

- ❖ врело Требишњице,
- ❖ након испуста постројења за третман отпадних вода и
- ❖ брана.

У току свих година испитивања од 2009. године, када је успостављен редован мониторинг, узорковање и анализе су обављени у оквиру 4 серије мјерења како би се што боље обухватио један хидролошки циклус акумулације. Истраживања су вршена у периоду од јуна до октобра сваке године. Сва мјерења на акумулацији обављана су дубинским сондама по дубини акумулације од површине до дна. Извршено је одређивање вриједности: температуре воде, раствореног кисеоника, засићење воде кисеоником, рН и електропроводљивост. Истовремено је вршено праћење хемијских параметара: укупни алкалитет, биохемијска потрошња кисеоника (БПК<sub>5</sub>), хемијска потрошња кисеоника перманганатном и дихроматном методом, укупне суспендоване материје, укупна тврдоћа (као сума калцијума и магнезијума), нитритни азот, нитратни

---

<sup>96</sup> Studija o procjeni stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem, 2013.

азот, амонијачни азот, укупни азот, растворени органски угљеник, укупни фосфор, укупни растворени фосфор и орто фосфати.

Температура, растворени кисеоник, концентрације фосфора и азота представљају важне елементе животних услова у акватичним срединама. Стога је посебна пажња била посвећена мјерењу поменутих параметара у акумулацији Билећа.

Табела 60. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара Билећког језера за период од 2014-2019. године

Билећко језеро							
Параметри	Јединица	Изнад бране			Орах		
		Мин.	Мах.	Сред.	Мин.	Мах.	Сред.
Температура воде	°C	5,4	12,9	9,23	5,90	21,30	11,58
pH	pH јединица	7,34	8,73	7,76	7,44	8,10	7,83
Изглед	Органолепт.	Без	без	без	без	без	без
Боја	CoPt скала	0	30	9,35	0,00	26,00	7,81
Мирис	Органолепт.	Без	без	без	без	без	без
Укус	Органолепт.	Без	без	без	без	без	без
Ел.проводљивост 20°C	µS/cm	170	381	299,78	170,00	368,00	284,24
Мутноћа	°NTU јед.	0,71	4,7	1,87	0,66	6,36	2,08
Алкалитет	mg CaCO <sub>3</sub> /l	9,52	221,53	157,78	9,52	207,53	147,03
Укупна тврдоћа	°dH	9,31	13,41	10,54	8,51	12,77	9,86
Испарни остатак	mg/l	145	249	191,17	138,00	227,00	182,81
Укупне сусп.материје	mg/l	<2,5	<2,5	<2,5	0,00	0,00	0,00
Детерџенти	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,00	0,00	0,00
Сулфати	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	15,19	39,13	26,65	13,14	42,94	27,66
CO <sub>2</sub>	mg/l	0	4	1,98	0,50	3,50	1,47
Хлориди	mg Cl <sup>-</sup> /l	0,63	8,6	2,97	0,99	8,40	3,22
Растворени кисеоник	mg/l	9,74	14,95	12,06	11,04	14,19	12,60
Засићење са O <sub>2</sub>	%	86,57	135,9	107,16	96,78	161,78	118,58
ХПК	mg O <sub>2</sub> /l	1	3	1,76	1,20	2,90	1,65
БПК <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,03	2,21	0,93	0,06	2,92	1,48
Утрошак KMnO <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> /l	5,06	13,45	8,61	4,11	11,62	8,15
Амонијачни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Нитритни азот	mg N/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Нитратни азот	mg N/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Укупни фосфор	mg P/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Извор: Лабораторија ХЕТ

Концентрације и распоред раствореног кисеоника су под јаким утицајем биохемијских процеса у којима се динамички мијењају два супротна процеса (фотосинтеза и дисање), односно развој алги и разградња органских материја бактеријама и протозоама. У процесима фотосинтезе ствара се кисеоник, а у процесима дисања он се троши. Због тога је концентрација раствореног кисеоника најважнији

индикатор хидробиолошких процеса који директно и посредно утичу на акватични екосистем. Генерално, на основу истраживања може се закључити да на свим профилима при дну има довољно кисеоника и да не владају анаеробни услови. Највећа концентрација је на дубини од 15 m а затим опада<sup>97</sup>. Испитивањем је утврђено да рН вриједност благо опада у површинском слоју а електропроводљивост има константне вриједности.

На основу праћења квалитета вода Билећког језера у периоду од 2014 до 2019. године забиљежена су одређена одступања алкалитета који је на мјерном мјесту изнад бране у 13 испитиваних узорака и на мјерном мјесту Орах (12) задовољавао вриједности друге и треће категорије. Такође, БПК<sub>5</sub> је приликом седам узорковања одговарала вриједностима друге и треће категорије водотока.

### **Микробиолошке карактеристике акумулације Билећа**

У свим акватичним екосистемима запажа се широко распрострањење микроорганизама који су укључени у процес трансформације материје и енергије. Заједнице микроорганизама у језерским екосистемима одређује низ различитих услова као што су: морфометријска својства језера, климатски фактори, природа околног земљишта, количина нутријената, интензитет еутрофикације и слично. Усљед промјене климатских фактора долази и до промјене састава заједница. Укупан број аеробних хетеротрофа – сапрофита је микробиолошки индикатор стања и квалитета вода. Сходно томе, велики број аеробних хетеротрофа упућује на воду богату органским материјама које су подложне бактеријској разградњи. Параметри фекалног загађења дефинишу степен и тип контаминације што указује да ли се ради о тренутном или сталном извору загађења<sup>98</sup>.

Узорковање воде из акумулације Билећко језеро за потребе микробиолошке анализе извршено је у оквиру 4 серије мјерења.

Када је у питању анализа укупног броја аеробних хетеротрофа извршено је 125 мјерења. У највећем броју случајева (69), вода Билећког језера дефинисана је границама III категорије. Ни у једном случају није задовољавала вриједности граница прве категорије. Испитивањем параметара фекалног оптерећења утврђено је да се воде акумулације Билећа налазе у границама вриједности прве и друге категорије. Мјерењем укупног броја колиформних бактерија MPN/100ml, од 125 анализа, 62 су припадале I категорији а 58 анализа II категорији. Укупан број колиформних бактерија фекалног поријекла MPN/100ml, у 77 узорковања припадао је I категорији, а у 43 II категорији. Док су фекалне стрептококе MF, cfu/100ml највећим дијелом задовољавале границе I категорије (83)<sup>99</sup>.

Генерално посматрано, на основу спроведених микробиолошких анализа које се односе на фекалну контаминацију квалитет вода Билећког језера припада I и II категорији у складу са Уредбом о класификацији и категоризацији водотока Републике Српске (Сл. Гласник бр. 42/01). Значајно одступање је евидентно код нивоа аеробних хетеротрофа, гдје се највећи број мјерења налази у границама III класе квалитета.

---

<sup>97</sup> Istraživanje stanja kvaliteta vode akumulacije Bilećko jezero, 2009.

<sup>98</sup> Isto, str. 64.

<sup>99</sup> Isto, str. 64.

## Биолошке карактеристике акумулације Билећа

Као индикатор квалитета вода дуго времена се користила бројност фитопланктона. Неке врсте фитопланктона цвјетају у еутрофним водама а друге су веома осјетљиве у случају хемијског и органског загађења. Приликом цвјетања долази до појаве непријатног мириса и стварања токсичности што има за посљедицу тровање животињских врста<sup>100</sup>.

Заједнице фитопланктонских организама у акумулацији Билећа прате се од 2009. године. Урађено је укупно 14 серија узорковања с циљем утврђивања статуса квалитета акумулације, чиме је установљено присуство 6 раздјела алги. Највећу бројност је имао раздио ватрених и силикатних алги. Током истраживања одређене су 42 вриједности индекса сапробности од којих је 38 у границама II, а 4 у границама I класе квалитета. Дакле, може се констатовати да с обзиром на бројност фитопланктонских заједница воде Билећке акумулације припадају II категорији. Поред фитопланктонских заједница установљено је и присуство зоопланктона и у највећем броју мјерења (17) индекс сапробности је у границама II класе. Дно акумулације прекривено је слатководним шкољкама<sup>101</sup>.

## Анализа отпадних вода постројења ХЕ Требиње I и Требиње II

Непосредно испуштање отпадних вода које су настале технолошким процесима у површинске воде представља један од круцијалних проблема. Иако у развијеним земљама постоји велики број постројења за пречишћавање отпадних вода код нас се већина истих испушта директно у водотоке без пречишћавања. Главни проблем који је био присутан у Хидроелектранама на Требишњици односио се на испуштање загађујућих материја које су настале у објектима током рада постројења. До загађења долази усљед испуштања санитарних вода, несавјесног испуштања уља коришћених у турбинама, трафоима, хидраулици и возилима.



Слике 23 и 24. Биопречистач ХЕТ I и Биопречистач ХЕТ II (фото: Црногорац Љ., 2019)

<sup>100</sup> Istraživanje stanja kvaliteta vode akumulacije Bilečko jezero, 2009.

<sup>101</sup> Istraživanje stanja kvaliteta vode akumulacije Bilečko jezero, 2010.

Простор на коме су изграђени објекти ХЕ Требиње I и II нема прикључак на градску канализациону мрежу што за посљедицу има појаву загађености површинских и подземних токова отпадним водама. Отпадне воде настају из управних, машинских и командних зграда. С тим у вези јавила се потреба уградње система за пречишћавање.

Након дефинисања оптерећења Требињског језера и ријеке Требишњице санитарним водама, одређено је који је биопречистач најбоље уградити. Сходно томе на објектима ХЕТ I и II постављени су уређаји за пречишћавање отпадних вода<sup>102</sup>. Мониторинг вода се обавља у сарадњи са ЈЗУ Институт за јавно здравство Републике Српске два пута годишње. Резултати указују да су добијене вриједности у оквиру граничних.

Табела 61. Отпадна вода испод биопречистача на брани Гранчарево

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	17,5
pH	pH јединица	7,12
Суспендоване материје (након 0,5 h таложења)	ml/l	0,4
Остатак – филтрабилни	mg/l	2258
Остатак – нефилтрабилни	mg/l	2430
Електропроводљивост	μS/cm	919
% засићења кисеоником	%	71,4
Растворени кисеоник	mgO <sub>2</sub> /l	5,61
Укупни испарни остатак	g/m <sup>3</sup>	653
Алкалитет као CaCO <sub>3</sub>	gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	223,5
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	114,7
ВРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	21,8
NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	5,425/4,461
NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,055
NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	5,95
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	9,43
Укупни фосфор	g/m <sup>3</sup> P	1,35
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	115
Цинк	mg/m <sup>3</sup>	251
Олово	mg/m <sup>3</sup>	9
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	8,2
Никл	mg/m <sup>3</sup>	8,1
Манган	mg/m <sup>3</sup>	284
Укупни хром	mg/m <sup>3</sup>	28
Масти и уља	mg/m <sup>3</sup>	9,3

Извор: Документација ХЕТ, 2019.

<sup>102</sup> АЧБ СБР-50 и биојама БЈТ-50.

Осим испитивања физичких и хемијских карактеристика вода ријеке Требишњице лабораторија Sistem Qualita, S извршила је у јуну 2019. године узорковање отпадних вода на двије локације и то испод биопречистача на брани Гранчарево и Горица.

Табела 62. Отпадна вода испод биопречистача на брани Горица

Параметри	Јединица	Резултат
Температура воде	°C	7,15
pH	pH јединица	7,17
Суспендоване материје (након 0,5 h таложења)	ml/l	0,2
Остатак – филтрабилни	mg/l	156
Остатак – нефилтрабилни	mg/l	144
Електропроводљивост	μS/cm	418
% засићења кисеоником	%	140,1
Растворени кисеоник	mgO <sub>2</sub> /l	11,1
Укупни испарни остатак	g/m <sup>3</sup>	296
Алкалитет као CaCO <sub>3</sub>	gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	316,5
НРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	32,7
ВРК	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	6,5
NH <sub>4</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	1,337/1,099
NO <sub>2</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	0,032
NO <sub>3</sub> -N	g/m <sup>3</sup> N	2,792
Укупни азот	g/m <sup>3</sup> N	5,41
Укупни фосфор	g/m <sup>3</sup> P	0,52
Гвожђе	mg/m <sup>3</sup>	46
Цинк	mg/m <sup>3</sup>	56
Олово	mg/m <sup>3</sup>	4
Кадмијум	mg/m <sup>3</sup>	2,5
Никл	mg/m <sup>3</sup>	1,8
Манган	mg/m <sup>3</sup>	14
Укупни хром	mg/m <sup>3</sup>	25
Масти и уља	mg/m <sup>3</sup>	7,5

Извор: Документација ХЕТ, 2019.

Узорковање отпадне воде испод биопречистача на брани Горица и Гранчарево обухватило је анализу 26 параметара. Сви измјерени параметри на обадије локације задовољавају граничне вриједности прописане Правилником о условима испуштања отпадних вода у површинске воде „Службени гласник Републике Српске” број 44/01.

## Утицај хидроенергетских постројења ријеке Требишњице на стање ихтиофауне у акумулацијама Билећа и Требиње

Деструкција водених екосистема настаје приликом изградње брана. Појачани радови, улазак механизације у корито, урушавање материјала и непрестано замућење воде у великој мјери уништава рибља станишта и животне заједнице на дну ријека. Бране су физичка баријера која спречава миграцију риба и ремети природни ток живота (поремећај ланца исхране, промет материја итд.). Проблем је још комплекснији због неизграђености рибљих стаза на бројним бранама. На поменути начин већина аутохтоних врста риба нема могућност да из својих станишта мигрира у природна мријестилишта која су најчешће смјештена у горњим токовима ријека и њиховим притокама. Стварањем акумулације најприје су погођене рибље врсте које су прилагођене чистој, хладној води богатој кисеоником. На тај начин се у кратком раздобљу мијења састав рибљих врста, нестају аутохтоне, често ендемичне, висококвалитетне врсте салмонида, док се истовремено развијају циприниди и друге, мање захтјевне врсте, које се лакше прилагођавају на средину акватичног екосистема.

Приликом изградње сваког хидроенергетског комплекса долази до одређеног утицаја на ихтиофауну. С тим у вези акумулације су на одређен начин колектори у којима се врши задржавање и таложење загађујућих материја, што се одражава на здравље водене фауне. Успорени или онемогућени проток воде повећава ове учинке јер овај феномен знатно смањује ефекат природног пречишћавања. Осцилација нивоа воде у акумулацији негативно утичу на живи свијет, а посебно на рибе не само у акумулацијама него и низводно. Редовне осцилације због рада хидроелектрана непосредно дјелују на репродукцију. Јаја шарана положена на обалне подводне биљке често остају на сувом. Тиме се биолошка репродукција губи за читаву годину. Осцилацијама или пражњењем акумулација до „биолошког минимума” приликом ремонта или ванредних кварова и интервенција разорно се дјелују на преживљавање риба.

Реализацијом пројекта хидросистема на ријеци Требишњици у великој мјери је извршен утицај на водене организме јер је изградња брана Гранчарево и Горица потпуно измијенила природни режим ријеке Требишњице. Када је у питању ихтиофауна Горичког и Билећког језера као и читавог сливног подручја ријеке Требишњице она је у великој мјери измијењена у односу на првобитно стање. Детектоване су одређене врсте које су интрадуковане у слив. Посматрајући садашњу структуру идентификованих врста примјетно је да су преобладајуће дунавске врсте. Важан аспект јесте да се ради о два различита система тј. о акумулационом и проточном језеру са дневним варирањем нивоа воде од више метара а и чињеницом да је одређени дио тока Требишњице бетонизованог ријечног корита гдје је еколошки потенцијал ријеке на минимуму<sup>103</sup>.

Да би се допринијело очувању и побољшању ихтиофауне потребне су активне и пасивне мјере заштите. Активна заштита подразумева спровођење активности које имају циљ да се поврати првобитно стање станишта од значаја за рибе, као и порибљавање у циљу смањивања риболовног притиска на одређену врсту рибе као и порибљавање с циљем повећања бројности. Са друге стране, пасивна заштита представља измјене у начину газдовања неким воденим тијелом, а то се огледа у

<sup>103</sup>Studija o procjeni stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem, 2013.

прописивању најмањих дозвољених величина за лов појединих врста и забране лова у неком временском периоду. Теренским истраживањима која су обављена 2013. године установљено је на које врсте рибе је потребно предузети одговарајуће мјере заштите у наредном периоду, а то су: јадранска поточна пастрмка, јегуља „угор”, стругач, гатачка гаовица и мекоусна пастрмка. Билећко језеро је према саставу рибље фауне шаранског типа, а поред тога има и услове за развој пастрмке. Све врсте популације су у високим вриједностима биомасе па с разлогом ово језеро представља најважнији риболовни дио слива Требишњице због чега се јавља потреба порибљавања калифорнијском пастрмком и шараном.

За разлику од Билећког језера Требињско је проточног типа и еколошки услови више одговарају узгоју пастрмке. Суштина је у томе што се Требињско језеро пуни водом из најдубљих дијелова Билећког језера, односно вода са тих дубина има температуру од 6-10 °C, што погодује развоју пастрмке<sup>104</sup>. Сходно томе, даље активности треба да буду усмјерене само порибљавању калифорнијском пастрмком. На основу спроведених истраживања у читавом сливном подручју није откривено присуство поточне пастрмке јадранског типа „мерџан”. Разлог лежи у чињеници да током изградње хидроенергетског система није вођено рачуна о очувању ове аутохтоне фауне која је уједно и најосјетљивија. Због промјене услова, губитка одређеног дијела природних мријестилишних зона и усљед порибљавања са осталим врстама, аутохтона врста је највећим дијелом ишчезла.

Да би се очувао рибљи фонд, ХЕ на Требишњици из године у годину обављају порибљавање са калифорнијском и поточном пастрмком различите узрастне категорије, која је произведена у сопственом мријестилишту Миротињ. Оно је дио погона ХЕ Требиње I и има систем од 25 паралелних базена у низу и матичним базеном. Ријеч је о цјеловитом системском узгоју који обухвата матична јата, мријест и производњу млађи. Продукција се одвија на два мјеста: мријестилишту Миротињ и рибогојилишту Јазина.



Слике 25 и 26. Мријестилиште Миротињ и рибогојилиште Јазина  
(фото: Црногорац Љ., 2019)

Да би се побољшао диверзитет ихтиофауне 2018. године обављено је порибљавање мекоусном пастрмком становником вода јадранског слива. Све то ће у

<sup>104</sup> Studija o procjeni stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem, 2013.



великој мјери помоћи развоју рибарства у сливу Требишњице те појачати привлачност спортско-рекреативног риболова који на простору источне Херцеговине већ дуго времена има изражену традицију. Наведеном политиком управљања ХЕ на Требишњици посветиле су се очувању ендемских аутохтоних врста риба што спада у приоритетна питања заштите ријеке Требишњице.

## Утицај пражњења акумулација Требиње и Билећа на животну средину

Због извођења радова на ремонту опреме и објеката на постројењима ХЕ Требиње II – Горица јавља се потреба потпуног пражњења акумулације Требиње, а посљедње пражњење акумулације спроведено је 2011. године. С обзиром на сложеност активности везаних за пражњење и пуњење акумулације присутан је одређени низ негативних утицаја на околину и биљни и животињски свијет који је на одређени начин везан за воду у акумулационом басену. Узимајући у обзир ову чињеницу намеће се потреба превентивног дјеловања како би негативни утицаји били ублажени у што већој мјери.

Када је у питању пражњење акумулације Требиње од круцијалног значаја је било да се осигура мала брзина пражњења<sup>105</sup> која неће довести до појаве денивелације воде у акумулационом басену што би проузроковало појаву клизишта и ограничен капацитет<sup>106</sup> бетонског корита Требишњице кроз Требињско и Попово поље<sup>107</sup>. Након завршетка радова на ремонту и осталих геотехничких радова приступило се пуњењу акумулације. И овом процесу се морала посветити максимална пажња, а то се прије свега односило на одговарајућу брзину пуњења акумулације да се не би изазвало замућење воде, неповољни утицају у подземљу, а ту је од посебног значаја градско врело Око.

Промјене услова животне средине настале при пражњењу и пуњењу акумулације оставиле су негативне посљедице по биљне и животињске врсте у самој акумулацији и низводно од ње, јер акватични екосистеми представљају јединствене цјелине. Да би се обезбиједило максимално очување екосистема потребно је добро познавање физичко-хемијских, биолошких и микробиолошких карактеристика, тачније утврђивање „нултог стања“ у акумулацији. Када је у питању дјелимично, кратко пражњење акумулације биљни свијет се добрим дијелом регенерише, док дуготрајно и потпуно пражњење акумулација изазива угинуће многобројних биљних врста. За разлику од биљних врста, по животињске врсте се оставља много већи негативан утицај, при чему је посебно угрожена ихтиофауна која остане у тзв. „цеповима“ акумулације јер нема могућност да се повуче у корито ријеке Требишњице усљед чега долази до њиховог помора и труљења.

Исто тако, потребно је водити рачуна о периоду пражњења акумулације од априла до јуна због великог штетног утицаја на аутохтону врсту рибе стругач која се у том периоду мријести. Много су веће посљедице по биљне и животињске врсте у самој акумулацији за разлику од низводног дијела. Проблем је евидентан и у водотоцима који остају без активне водене масе. У кориту ријеке Требишњице највећи негативни утицаји су присутни у периоду дјелимичног покретања наноса када долази до дјелимичне контаминације која се преноси из загађеног дијела наноса из акумулације Требиње. Као једино рјешење враћања првобитне равнотеже у акумулацији јесте систематско

<sup>105</sup> Просјечна брзина пражњења акумулације Требиње, од  $Q = 35 \text{ m}^3/\text{s}$  износи  $2,6 \text{ mm}/\text{min}$ , у горњем дијелу акумулације око  $2,1 \text{ mm}/\text{min}$ , док је у доњем дијелу акумулације нешто већа.

<sup>106</sup> Капацитет бетонског корита ријеке Требишњице износи  $Q = 35\text{-}45 \text{ m}^3/\text{s}$ .

<sup>107</sup> Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Trebinje, 2011.

порибљавање и постепено оживљавање ихтиофауне након пуњења акумулације<sup>108</sup>. Осим поменутог утицаја на ихтиофауну приликом пражњења акумулације Требиње постоји могућност да се појаве опасности изазване повећаним протицајем низводно од бране Горица. Такође и у самој акумулацији присутне су потенцијалне опасности а оне се огледају у појави клизишта и одрона који могу да угрозе људске животе. Опасности се могу појавити у случају крађе риба у „цеповима” акумулације гдје су се наталожиле велике количине муља. С друге стране, током пуњења акумулације опасност представља константно повећање нивоа воде уколико се у акумулационом басену појаве људи или животиње.

Пражњење акумулације Требиње доводи до смањења издашности извора као и до потпуног пресушивања. У циљу ублажавања негативних ефеката предузет је низ радњи, а то су: измјештање рибњака и алтернативно снабдијевање водом у одређеним количинама за кориснике који су користили воду из ових изворишта<sup>109</sup>.

За разлику од акумулације Горица, приликом пражњења и пуњења акумулације Билећа биле би присутне много веће посљедице по животну средину. Оне се не би могле умањити. Акумулацију Билећа настањује велики број алохтоних врста ихтиофауне која води поријекло из црноморског подручја. Према извршеним истраживањима утврђено је присуство 14 врста риба, од којих су 4 живјеле у том дијелу тока Требишњице прије формирања акумулационог басена. С тим у вези пражњење акумулације би довело до деградације екосистема. Негативне посљедице би биле реверзибилне јер би за поновно успостављање нормалног екосистема било потребно 5 до 10 година. При пражњењу акумулације велики број риба остаје заробљен у удубљењима са формираним барама, али током дужег периода због процеса исушивања, нестаје кисеоника а самим тим долази до помора.

Приликом процеса распадања рибљег ткива настају разни токсини који имају негативне утицаје на врсте које могу да опстану у условима смањења кисеоника у води. С тим у вези неопходно је извршити процес уклањања угинулих риба да не би дошло до контаминације воде и еутрификације језерског екосистема при пуњењу акумулације<sup>110</sup>. Билећко језеро је вјештачки екосистем, односно изградњом бране и стварањем акумулације извршен је кључан негативни утицај на животну средину. Приликом пражњења акумулације долази до краткотрајног враћања ријеке у природно корито. Посматрано из биолошког угла и потреба животне средине процес пражњења и пуњења акумулације се састоји из 3 фазе. Прва фаза обухвата пражњење акумулације које може да траје од 15 до 45 дана. Са аспекта живог свијета значајнија је варијанта да пражњење буде слабијег интензитета и дужег временског трајања из разлога што се пружа могућност рибљим врстама да се повлаче у дубље дијелове. Такође, спорије пражњење не изазива велико замућивање воде у низводним дијеловима. Приликом пражњења протицаји на низводним дијеловима не смију да буду већи од 90 m<sup>3</sup>/s.

У другој фази овог процеса ријека Требишњица се враћа у своје првобитно корито. Јасно је да ће се у том периоду наћи многе рибље врсте које су се повукле са повлачењем воде у ријечно корито што ће опет имати велики проблем усљед пренасељености врста, смањења запремине воде као и смањења кисеоника који ће условити угинуће појединих рибљих врста. Све то са собом носи читав низ негативних утицаја на доње дијелове тока, јер приликом разградње угинулих врста настају многа органска и неорганска једињења која имају чак и токсична дејства на водене организме. Да би се у одређеној мјери

<sup>108</sup> Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Trebinje, 2011.

<sup>109</sup> Током формирања акумулационог језера Требиње повећана је минимална издашност појединих извора у односи на ранији период.

<sup>110</sup> Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Bileća, 2014.

минимизирали негативни утицаји нужно је вршити контролу стања екосистема узводно од бране Гранчарево, анализу физичко-хемијских параметара воде, предузимање мјера сакупљања и одлагања мртве рибе на одређеним микролокалитетима, излов рибе током ремонта и слично<sup>111</sup>.

Трећа фаза представља почетак пуњења акумулације а трајање зависи од дотока воде на сливном подручју. При пуњењу из језера ће се испуштати еколошки прихватљиви проток од 1,823 m<sup>3</sup>/s, а самим тим еколошки услови се полако поправљају јер се повећава запремина воде што позитивно утиче на угрожене организме. У овој завршној фази пуњења акумулације намеће се потреба планског и систематског порибљавања и оживљавања ихтиофауне<sup>112</sup>.

Будући да пражњење и пуњење акумулације има значајне утицаје на животну средину, а поготово на ихтиофауну, од посебне важности је да се редовни радови ремонта обављају уз дјелимично пражњење акумулације чиме би се добар дио негативних ефеката избјегао. Према Елаборату пуњења и пражњења акумулације Билећа, овај процес је значајан јер се ради о вјештачком екосистему гдје је детектована висока фреквенција инфекције риба метиљским паразитом па се пражњење акумулације може посматрати и као санитарна акција којом се у одређеној мјери проређују популације коровских риба у којима је детектована највећа фреквенција заражености паразитима. У условима рапидног смањивања водостаја, заражене рибе врсте које су заробљене у локвама и вртачама ће теже преживљавати.

Празна акумулација Билећа, такође може довести до екстремног загађења ријеке Требишњице и водозахвата Око због великих количина угинуле рибе. Најгори случај је када се велика количина рибе сконцентрише у природном кориту Требишњице јер одређен дио риба изумире, а самим тим долази до трансфера штетних материја низводно од бране Горица ка Поповом пољу, ка ХЕ Дубровник и ка самој акумулацији Горица<sup>113</sup>.

Поред утицаја пражњења и пуњења акумулације на ихтиофауну, присутни су негативни утицаји на водоснабдијевање Билеће и једним дијелом Требиња, на мале привредне погоне, објекте за рекреацију, спорт и риболов. У циљу смањења негативних утицаја на водоснабдијевање насеља водом морају се обезбиједити што је могуће више стабилнији нивои воде у акумулацији без осцилација. Велики значај има извршење радова на уређењу изворишта врела Око, да не би дошло до замућења воде. У постојећем третману питке воде врши се само филтрација. Честа је појава да и након филтрације вода има мутноћу која је преко дозвољене вриједности.

## **Поштовање еколошки прихватљивог протока**

Еколошки прихватљив проток представља минимални проток који мора да се осигура у кориту ријеке низводно од бране ради очување природне равнотеже и водних екосистема. Он мора да спријечи погоршање стања квалитета водних тијела површинских и подземних вода, постизање доброг еколошког потенцијала и хемијског стања водених маса, заштиту, унапређење и обнову водних тијела, а специфични циљеви одређивања еколошки прихватљивог протока су ограничавање захвата вода за вријеме малих вода и заштита станишта ендемски и угрожених врста<sup>114</sup>.

<sup>111</sup> Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Bileća, 2014.

<sup>112</sup> Isto, str. 103.

<sup>113</sup> Isto, str. 105.

<sup>114</sup> Закон о водама Републике Српске (Службени гласник РС, бр. 50/06).

Изградња брана на ријекама омогућава управљање водним режимом тј. осигурава се временска редистрибуција протока и на тај начин се поправљају детерминанте водних режима. То је од битног значаја због тзв. оплемењивања малих вода из разлога што се планским испуштањем вода најбољих квалитативних карактеристика мијењају квантитативне и квалитативне компоненте водних режима низводно од брана. То је важна водопривредна мјера којом се врши заштита вода.

Главни циљеви поштовања еколошки прихватљивог протока ријеке Требишњице огледају се у одржавању одређене количине воде која ће спријечити читав низ негативних ефеката као што је појава великог броја алги, одржавање њихове биомасе до уобичајеног нивоа, спречавање доласка превласти једне или више врста перитонских алги, одржавање квалитета воде тј. одржавање стабилности физичких и хемијских параметара воде и очување станишта. Еколошки прихватљив проток зависи од више еколошких фактора (квалитет воде, извори енергије, свјетлост, физичка структура рибљег станишта, температура воде, количинска компонента водног режима и сл.) који су међусобно зависни.

Иако ријека Требишњица не спада у заштићена подручја Републике Српске, она посједује одређене еколошке вриједности које намећу потребу заштите и очувања. У складу с тим јавила се потреба одређивања еколошки прихватљивог протока ради обезбјеђења адекватног режима тока у смислу квантитета, квалитета и динамике како би се осигурао опстанак акватичних екосистема у ријеци низводно од бране Горица. Слив Требишњице има прилично неравномјерне водне режиме тј. у зимском периоду обиље падавина а током љетних мјесеци мале количине воденог талоба. Због тога је од круцијалног значаја поштовање еколошки прихватљивог протока у поменутом периоду. Испуштањем еколошки прихватљивог протока побољшавају се и стабилизују водни режими у односу на оне који се јављају у сушном периоду. На величину еколошки прихватљивог протока важан утицај има морфологија корита низводно. Канал кроз Попово поље је вјештачки са облогом која спречава губљење воде у крашким формацијама, и из тог разлога праћење еколошки прихватљивог протока је значајно од бране Горица до њеног уласка у канал. Вриједности еколошки прихватљивог протока обрађене су на 3 профила: „Горица”, „Добромани” и „Дражин До”.

Да би се што потпуније одредила ова анализа у обзир су узети расположиви подаци о средњим мјесечним протицајима испод ХЕ Требиње II у периоду од 1954-1963. године. Израчуната је вриједност протицаја 95% обезбијеђености минималних средњих протицаја у износу:  $Q_{min}$ . средње мјесечно (95%) = 5,9 m<sup>3</sup>/s. Узимајући у обзир овај параметар као и морфолошке карактеристике тока, брзину воде, степен разблаживања отпадних вода и слично дошло се до закључка да је еколошки прихватљив проток за период од октобра до маја  $\geq 5$  m<sup>3</sup>/s, док је од јуна до септембра  $\geq 6$  m<sup>3</sup>/s, изузев тропских дана када је потребно да буде  $\geq 7$  m<sup>3</sup>/s<sup>115</sup>.

Због неопходности управљања малим водама и одређивања еколошки прихватљивог протока вршене су детаљне анализе на три локације: Добромани, Горица и Дражин До. Честе су биле ситуације када је ријечно корито у потпуности суво током читавог мјесеца. Дакле, вриједности средњег мјесечног протока од 0 m<sup>3</sup>/s регистроване су на мјесту Добромани и Дражин До. С обзиром на то од кључног значаја су били подаци са водомјерне станице Горица а најзначајније вриједности су:

- Мала мјесечна вода обезбијеђености 95%: 5,9 m<sup>3</sup>/s,
- Мала мјесечна вода обезбијеђености 90%: 6,1 m<sup>3</sup>/s,

---

<sup>115</sup> Elaborat istraživanje, praćenje i obrada podataka radi utvrđivanja ekološki prihvatljivog protoka nizvodno od brane HET 2, 2011.

- Мала мјесечна вода обезбијеђености 80%: 6,3 m<sup>3</sup>/s,
- Мала мјесечна вода обезбијеђености 50%: 7,1 m<sup>3</sup>/s<sup>116</sup>.

Сходно томе, током зимског периода године није потребно испуштање већих протока из разлога што је то период са великим количинама падавина, док се током љетњег периода јавља потреба испуштања већег протока због опстанка ихтиофауне, водених организама, приобалних екосистема као и због процеса еутрификације. Према методи гарантованог еколошког протока, узимајући у обзир средњи вишегодишњи проток, малу мјесечну воду обезбијеђености 95% и малу мјесечну воду обезбијеђености 80% могуће је добити вриједности еколошки прихватљивог протока, тако да он износи за зимски период 7,8 m<sup>3</sup>/s, а за љетњи 11,8 m<sup>3</sup>/s. У циљу заштите природног тока од еутрификације редовно се спроводи процес уклањања растиња и биомасе алги из корита како би баланс кисеоника остао непромијењен. Уградња система за пречишћавање отпадних вода игра исто тако важну улогу<sup>117</sup>.

Такође, за одређивање еколошки прихватљивог протока коришћена је и метода абиотичких и биотичких параметара и индекса сапробности према којој се величине еколошки прихватљивог протока најпрактичније могу одредити узимајући у обзир температуру ваздуха. У складу с тим, у зимском периоду године када се просјечне температуре ваздуха крећу од 5 до 20°C, низводно од бране Горица добијен је еколошки прихватљив проток од 4 до 6 m<sup>3</sup>/s. У периоду године када су просјечне вриједности температуре ваздуха од 20 до 30°C, вриједност еколошки прихватљивог протока је од 6 до 8 m<sup>3</sup>/s и на температури већој од 30°C, еколошки прихватљив проток је већи од 8 m<sup>3</sup>/s<sup>118</sup>.

Када је у питању поштовање еколошки прихватљивог протока воде од посебног значаја је дио који се налази низводно од хидроелектране гдје се јавља потреба испуштања воде у старо природно корито ријеке јер она мора да одржава развој аутохтоних врста, и осигурава њихове основне услове за живот. Највећи проблем представљају сушни периоди током љета чији је утицај трострук, а односе се на одржавање екосистема, наводњавање и производњу електричне енергије. Према истраживањима установљено је да „парцијални систем за наводњавање функционише уколико се у вегетационом, најтоплијем дијелу године испушта низводно од бране Горица проток од око 7 m<sup>3</sup>/s”<sup>119</sup>.

Да би се одржао одговарајући квалитет, квантитет и динамика ријеке Требишњице и акватичних екосистема намеће се потреба испуштања довољних количина квалитетне воде у корито ријеке. Будући да је на цијелом току ријеке Требишњице у одређеној мјери доминантан утицај човјека, еколошки прихватљив проток је доста сложеније одредити.

На основу свих спроведених анализа могуће је таксативно навести одређене закључке:

- Током периода када није у погону ХЕ Требиње II, низводно од бране еколошки прихватљив протицај треба да буде од 4 до 6 m<sup>3</sup>/s и то у зимском периоду године, а за вријеме топлијег дијела године 6 до 8 m<sup>3</sup>/s.

<sup>116</sup> Elaborat istraživanje, praćenje i obrada podataka radi utvrđivanja ekološki prihvatljivog protoka nizvodno od brane НЕТ 2, 2011.

<sup>117</sup> Isto, str. 66.

<sup>118</sup> Isto, str. 66.

<sup>119</sup> Isto, str. 72.

- Најбитнији захтјев је да се у топлом дијелу године обезбиједe протоци који су довољно велики да буду у функцији хидрауличка радна кола, која служе за традиционално наводњавање у Требињском пољу и горњем дијелу Поповог поља.
- За управљање тим протоцима у топлом дијелу године мора да буде потпуно расположив регулациони Џонсонов затварач, који омогућава да се флексибилно испуштају протоци од 0,5 до 18 m<sup>3</sup>/s. Због тога се његов ремонт и одржавање обављају у периоду када се обавља евакуација великих вода и када ради агрегат ХЕ Требиње II.
- Испуштање еколошки прихватљивог протока у одређеним количинама мора првенствено да буде еколошка категорија која је везана за „здравље” ријеке Требишњице<sup>120</sup>.

---

<sup>120</sup> Elaborat istraživanje, praćenje i obrada podataka radi utvrđivanja ekološki prihvatljivog protoka nizvodno od brane HET 2, 2011.

## ГОРЊИ ХОРИЗОНТИ И УТИЦАЈ ИЗГРАДЊЕ ХЕ „ДАБАР“ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Горњи хоризонти представљају подручје геотектонски издвојено крашким пољима у источној Херцеговини, које се налази на развођу ријека Неретве и Требишњице и то у виду каскадних поља<sup>121</sup> која ће бити међусобно повезана хидротехничким системом тунела и канала. Ово подручје припада изузетно развијеном динарском холокарсту. Хидрографска мрежа је веома слабо развијена, већина површина се дренира вертикално путем шкрапа, вртача и подземних карстних канала. Читаво подручје карактеришу бројни извори, врела, понори, еставеле, суве долине и крашка поља, која су дуге или краће времена плављена<sup>122</sup>. Основним пројектом изградње система Горњих хоризоната планирана је реализација три хидроелектране:

- ХЕ „Невесиње“ (61 MW) са акумулационим басеном у Гатачком пољу;
- ХЕ „Дабар“ (160 MW), са акумулацијом у Невесињском пољу;
- ХЕ „Билећа“ (30 MW).



Карта 10. Хидросистем Требишњице - Горњи и Доњи хоризонти  
Извор: (www.henatrebisnjici.com)

ХЕ „Дабар“ ће користити воду из акумулације у Невесиње  $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$  међудоток ријеке Заломке низводно од бране Риља ( $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ), укључујући и дио преведених вода

<sup>121</sup> Крашка поља на простору источне Херцеговине су висински распоређена на преко 500 m надморске висине.

<sup>122</sup> Kraška polja istočne Hercegovine, 1967.

сјеверозападног дијела Невесињског поља (1,7 m<sup>3</sup>/s). Формираће се брана „Пошћење” и то ће бити најузводнија хидроелектрана у хидросистему Требишњице<sup>123</sup>. Вода се од акумулације до машинске зграде у Дабарском пољу доводи деривационим тунелом и тунелским цјевоводом под притиском. Хидроелектрана „Дабар” припада мултифункционалном систему кориштења водног потенцијала Горњи хоризонти. Воде ће се системом ХЕ „Дабар” из слива Неретве преводити у слив Требишњице а затим након вишестепеног енергетског искоришћавања поново враћати у Неретву преко хидроелектране Чапљина. Хидроелектрана „Дабар” се састоји од акумулационог басена у Невесињском пољу и пратећих објеката (брана „Пошћење”, насипи „Гребак” и „Врањача”, деривациони тунел, водостан и цјевовод под притиском) и машинске зграде са опремом и одводним каналом у Дабарском пољу. Дакле, акумулација ХЕ „Дабар” је смјештена у Невесињском пољу, а машинска зграда у Дабарском пољу. Брана „Пошћење” је изграђена на Заломки 3 km узводно од понора Биоград. Насип „Гребак” је формиран на лијевој обали Заломке и његова функција је да спречава губљења воде из акумулације у околној понорској зони. Насип „Врањача” спречава неконтролисано преливање великих вода из акумулационог басена низводно од понора Биоград. Пуштањем у погон поменутог хидроенергетског постројења оствариће се средња годишња производња електричне енергије од 251,80 GWh<sup>124</sup>.

### **Изградња система Горњих хоризоната и могући утицаји на медијуме животне средине**

Приликом изградње хидроенергетског система Горњих хоризоната могу се појавити двије врсте утицаја на животну средину, тј. утицаји током изградње и експлоатације постројења. Утицаји приликом изградње су просторно ограничени на локацију гдје се врши извођење радова а огледају се у нарушавању квалитета ваздуха, земљишта, површинских вода, повећању нивоа буке, нарушавању екосистема и слично. На промјене квалитета ваздуха највећи утицај има прашина емитована приликом минирања терена, издувни гасови из грађевинских машина и осталих моторних возила. Загађеност површинских токова настаје усљед таложења одређених количина укупних суспендованих материја које су настале приликом ископавања земљишта, док земљиште може да буде оштећено усљед неадекватног одлагања ископаног, грађевинског материјала, комуналног отпада итд. Приликом експлоатације хидроенергетског комплекса Горњих хоризоната биће евидентне промјене на: водни режим и режим наноса, квалитет воде, земљишта, биљни и животињски свијет, промјене пејзажа. Захватањем воде из акумулационог басена Невесиње за потребе ХЕ „Дабар”, преводе се у воде Дабарског поља. На овај начин долази до промјене њиховог правца кретања, из слива Неретве ка сливу Требишњице што има за посљедицу утицај на режиме Буне, Бунице и Брегаве<sup>125</sup>.

Хидролошким анализама природног стања подручја и будућег стања изграђености система Горњих хоризоната закључено је да се код врела Бунице и Брегаве утицај превођења вода испољава у домену средњих и високих протицаја<sup>126</sup>.

<sup>123</sup> Uticaj prevođenja voda rijeke Zalomke na režim voda Bune i Bunice, 1985.

<sup>124</sup> Studija uticaja projekta HE „Dabar“ na životnu sredinu, 2012.

<sup>125</sup> Isto, str. 132.

<sup>126</sup> Elaborat - uticaj prevođenja voda Dabarskog polja na režim voda rijeke Bregave, 1985.



Изградња акумулације Невесиње доводи до промјене и побољшања водног режима ријеке Заломке у смислу неутралисања дневних и сезонских неравномјерности протицаја, смањење плављења крашких поља у влажном периоду године, промјена режима подземних вода у околном подручју.

Формирање акумулационог басена има за посљедицу промјене физичких и биолошких карактеристика водотока. Настала акумулација може да појача испаравање воде што би довело до промјене климатских параметара попут температуре, влажности ваздуха, појаве магле и повећања интензитета вјетра. Највећи негативни утицаји се одражавају на земљиште због његовог трајног губитка усљед потапања површина. Овим процесом потапа се ријечна долина и вегетација везана за земљиште као и многе врсте слабо покретне фауне. Претварањем ријечног тока у језеро доводи до промјене биоценозе и до стварања нових еколошких услова за развој разних биолошких и животињских врста прилагођених акумулацијама. Претварањем сталног водотока у језеро, као и изградњом свих пратећих објеката и саме хидроцентрале нарушиће се природни пејзаж. Упркос низу негативних промјена изградњом овог хидроенергетског комплекса издвајају се и бројни позитивни ефекти, као што су: обезбјеђивање довољних количина воде за наводњавање и водоснабдијевање, производња чисте електричне енергије без емитовања загађујућих материја, ублажавање посљедица поплава и деградације земљишта, развој различитих видова рекреације и слично<sup>127</sup>.

### **Утицај на квалитет ваздуха и воде**

Усљед изградње хидроцентрале, приступних путева, током допремања грађевинског материјала, извођења грађевинских радова и транспортовања отпадних материјала биће присутна емисија прашине, као и емисија издувних гасова из моторних возила. Оно што је битно за хидроцентрале јесте да током њихове експлоатације нема емисије загађујућих материја и загађења ваздуха. Што се тиче природних карактеристика квалитета вода промјене неће бити изражене у највећем дијелу тока. Евидентне промјене квалитета воде биће присутне у акумулационом басену као и у подземном току од излаза из акумулације до изворишта Бунице. Те промјене се огледају у смањењу температуре, и повећању садржаја кисеоника. Нешто мање изражене промјене очекују се на изворишту врела Буне, Бунице и Брегаве<sup>128</sup>. Промјенама физичко хемијских параметара оствариће се позитиван утицај будући да се повећањем температуре воде повећава садржај кисеоника и побољшавају се вриједности индекса сапробности. При извођењу радова на откопавању, насипању и одлагању материјала долазиће до појаве замућености вода.

### **Утицај на земљиште**

Реализацијом хидроцентрале Дабар евидентне су промјене коришћења земљишта. Директни утицаји манифестују се на пољопривредно земљиште у Невесињском пољу, јер стварањем акумулационог басена долази до преображаја пољопривредног земљишта у водно. Изградња машинске зграде је планирана на

---

<sup>127</sup> Studija uticaja projekta HE „Dabar“ na životnu sredinu, 2012.

<sup>128</sup> Isto, str. 132., 133.

шумском земљишту и ту ће доћи до претварања шумског у грађевинско земљиште. Непосредан утицај хидроцентрале Дабар на промјену коришћења земљишта се очекује формирањем акумулације у Невесињском пољу, што ће за последицу имати стварање нове хигрофилне зоне. Хигрофилне заједнице заузимају мјесто ксеротермних у појасу гдје су присутна колебања воде, што неће довести до губитка постојеће фитоценозе. Промјене ће бити актуелне и на пољопривредном и шумском земљишту<sup>129</sup>.

### **Утицај на флору и фауну**

Стварањем акумулационог басена и осталих пратећих објеката условљава значајне промјене намјене простора. Самим тим долази до утицаја на флору која се огледа у губљењу ливадских екосистема и појави нових хигрофилних биљних екосистема. Већа количина воде проузрокује појаву планктона и доводи до квантитативних и квалитативних промјена фитопланктона. Флора која изграђује вегетацију стијена гдје има више ријетких и ендемичних врста ће се дијелом промијенити и уништити у најнижим дијеловима усљед потапања, док се на већим висинама не очекују никакве промјене. Током изградње на одређеним локалитетима гдје се врши изградња објеката флора и фауна ће бити изложена одређеним промјенама. Важно је истаћи да се формирањем акумулације у Невесињском пољу трајно мијењају животни услови рибе гаовице с тим да неће доћи до ишчезавања ове ендемске врсте. Такође, створиће се услови за даљи развој нових врста. Трансформацијом постојећег екосистема нарушиће се природна станишта појединих сисара, водоземаца, гмизаваца, птица, животињских врста нижих системских категорија и бескичмењака. Све ово утиче на састав и структуру орнитофауне и губитак њихових станишта, смањење исхране свих биљоједа и остале дивљачи<sup>130</sup>.

---

<sup>129</sup> Studija uticaja projekta HE „Dabar“ na životnu sredinu, 2012.

<sup>130</sup> Isto, str. 133.

## МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ И УТИЦАЈ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Хидроелектране, велике и мале, неоспорно представљају најважније обновљиве изворе из којих се производи електрична енергија широм планете.

Мале хидроцентралне представљају добро развијену технологију обновљиве енергије која може да осигура поуздану и чисту електричну енергију у урбаним и руралним подручјима (Warren, 2017). То је најбоље и најједноставније рјешење за локалну производњу електричне енергије када је доступан одговарајући проток воде (Khan et al., 2013). Оне имају јединствене предности - то је развијена технологија која је економски изводљива и има минималан утицај на животну средину. Мале хидроелектране су у великој мјери допринијеле рјешавању проблема електрификације села, побољшању животног стандарда, економском развоју руралних средина, ублажавању сиромаштва и смањењу емисија. Стога, то је економски ефикасна технологија, и као таква је веома фаворизирана од стране међународне заједнице, посебно у земљама у развоју (WSHPDR, 2016). Допринос малих хидроцентрала у укупним инсталираним капацитетима хидроенергије је око 5% (Singal, 2010). Мале хидроелектране, за разлику од великих представљају „run of river” – хидрокинетичке електране без брана и акумулација које су постављене директно на ријеци. Према томе, мале хидроелектране у односу на велике немају толико неповољне утицаје на околину када се изграђују на ријекама које имају одговарајући проток воде (Paish, 2002). У данашње вријеме коришћење обновљивих извора енергије, међу којима су и мале хидроцентралне постаје све популарније, посебно из разлога заштите и очувања околине (Јовановић et al., 2014). Повећање глобалне свијести о негативним утицајима сагоријевања фосилних горива на околину дало је подстицај за експлоатацију обновљивих извора енергије. Сходно томе, мале хидроцентралне се сматрају атрактивним извором неконвенционалне обновљиве енергије. Изградња малих хидроелектрана траје годину-двије, захтијева релативно малу количину новца и једноставно повезивање са локалним дистрибутивним системима (Dragojević, 2010).

Мала хидро технологија је изузетно стабилна јер системи могу да трају и више од 50 година уз мало одржавање и то је једна од еколошки најприхватљивијих енергетских технологија која је тренутно доступна (Mishra et al., 2012). „Сваки KWh произведене електричне енергије у малим хидроцентралама представља уштеду 1,6-2,2 kg угља или 0,25 kg мазута” (Stevović, 2005).

За разлику од великих хидроцентрала мале не захтијевају изградњу већих акумулационих базена али њиховом изградњом настају и негативни утицаји на рибе и друге животињске врсте које настајују водоток због тога што нису обезбијеђене „рибље стазе” које омогућавају слободно кретање ради исхране и мријести.

Када су у питању дефиниције малих хидроелектрана присутна су различита становишта, па се углавном при дефинисању узима у обзир излазна снага постројења. Сходно томе, горња граница снаге варира од 2,5 – 30 MW. У свијету је најшире прихваћена граница од 10 MW, док је у Кини граница 25 MW (Ardizzon et al., 2014). У упутствима и информационом документима који су објављени у Европској унији нису предложени јединствени приступи класификацији малих хидроцентрала. Максимално дозвољени инсталирани капацитет варира од 3 MW у Луксембургу, 5 MW у Њемачкој па до 12 MW у Француској. Међутим, у посљедње вријеме је све прихваћенија класификација хидроелектрана према њиховој снази и капацитету (Panić et al., 2013). Ristić i Milenković (1997), мале хидроелектране класификују с обзиром на расположиву снагу ријечног тока гдје се подиже хидроцентрала. Сходно томе издвојена је подјела на:

- Микро хидроцентрале са снагом мањом од 100 kW,
- Мини хидроцентрале са снагом од 100-1000 kW, и
- Мале хидроцентрале са снагом до 10 MW.

Генерално говорећи, хидроелектране се класификују према величини (генеришућем капацитету) и типу. Иако не постоји званична дефиниција појма малих хидроелектрана, на основу величина присутна је класификација на следеће групе:

- Средње хидроелектране са снагом 10-100 MW (скоро стално снабдијевају електро-мрежу),
- Мале хидроцентралe са снагом 1-20 MW (углавном снабдијевају електро-мрежу),
- Мини хидроцентралe са снагом 100 KW – 1 MW (самосталне, везане на мању или већу електро-мрежу),
- Микро хидроцентралe са снагом 5 – 100 KW (нису на мрежи, производе електричну енергију за мање јединице, или мања индустријска постројења која су удаљена од електро-мреже).
- Пико хидроцентралe са снагом од неколико стотина вати до 5 KW – обично се користе у удаљеним подручјима далеко од мреже (Hydropower, 2012).

Такође, значајна је подјела малих хидроелектрана с обзиром на друге критеријуме, па у вези с тим издваја се подјела према захвату воде на проточне и акумулацијске. Проточне МХЕ су зависне од тренутног дотока воде који је промјенљив током читаве године, а акумулацијске МХЕ садрже акумулациони базен за поравнање дотока ријечног тока. Акумулација служи за техничку и економску оптимизацију рада МХЕ. Према нето паду заступљена је подјела на МХЕ са ниским ( $h < 30$  m), средњим ( $30$  m  $< h < 100$  m) и високим падом ( $h > 100$  m).

Када је у питању изградња малих хидроцентрала она се у већини случајева може извести на различитим локацијама неког ријечног слива, а самим тим потребно је узети у обзир хидролошке карактеристике (средњи годишњи проток), карактеристике акумулације, пад и енергетске карактеристике (Тresović, 2013). Основна намјена МХЕ је производња електричне енергије, али њихов полифункционални значај требао би битно да се валоризује и у следећим системима: водоснабдијевање, наводњавање, развој пољопривреде, рибогојство, рекреација и туризам.

У погледу утицаја малих хидроцентрала на животну средину, присутне су двије врсте утицаја на природну и социјалне односе. Природни утицаји укључују хидрологију и ефекте таложења, промјене у температури и квалитету воде, екологији, геологији, пејзажу, ваздуху, буци, промјени локалне климе у случају великих акумулација. Социјални утицаји обухватају друштвени, културни и економски развој. Једно од битних ограничења у погонима малих хидроелектрана је одржавање биолошког минимума, то јесте минималне количине воде која мора несметано тећи незахваћена објектима мале хидроелектране. За разлику од великих хидроцентрала овај проблем је много присутнији код малих из разлога што се ради о водотоцима са знатно мањом количином воде (Моћевић, 2015).

Црногорац и Рајчевић (2014), истичу привремене и трајне утицаје изградње малих хидроцентрала на животну средину. Међу привремене утицаје убрајају: повећан ниво буке и загађеност ваздуха приликом градње МХЕ, промјене пејзажа као и промјене у биолошкој разноврсности, док у трајне утицаје спадају:

- нови начин коришћења водних маса које мијењају еколошку слику простора гдје се изграђује МХЕ,
- промјене режима површинских и подземних вода у сливу ријеке (бетонирање током изградње, изградња брана),

- визуелне промјене пејзажа дјелимично могу измијенити попречни профил ријечних корита и долина, а новоформиране акумулације могу валоризовати ријечну долину новоствореним пејзажом и обогатити и заштитити вриједности животне средине у сливу,
- трајни утицаји који могу имати дугорочне негативне утицаје су изградња путне инфраструктуре (приступни путеви за изградњу акумулације, тлачног цјевовода и машинске хале) и трасе трансфера струје до потрошача путем далековода, као и могућа индукована сеизмичност.

Генерално посматрано, на простору Републике Српске мале хидроцентралне су малих инсталационих капацитета и мале производње електричне енергије а остављају велике и неповратне негативне утицаје на животну средину јер се не стварају акумулације што у већини случајева изазива исушивање ријечног корита. Забрињавајућа је сама чињеница да је у Босни и Херцеговини већ изграђено 106 малих хидроцентрала, док је још 400 у разним фазама планирања, припреме и изградње, што значи да ће мало која ријека бити без изграђене хидроцентрале. Дакле, питање изградње малих хидроцентрала у Републици Српској решава се путем концесија и то на период од 30-50 година. Штета која настаје изградњом малих хидроцентрала неупоредиво је већа од штете изазване изградњом соларних и вјетроелектрана из разлога што се граде на брзотекућим малим планинским ријекама, остављајући огромне негативне утицаје на природу. У већини случајева током градње малих хидроцентрала сијеку се велике количине шуме, мијења се квалитет воде и настају измјене у ријечном кориту. Упркос Законским одредбама о поштовању биолошког минимума, корита бројних ријека на којима се налазе мале хидроцентралне током одређеног периода године остају потпуне сува јер централа црпи сву количину воде што има далекосежне посљедице за ријечни и обални живи свијет. Да би мала хидроцентрала имала своју економску исплативост мора да посједује довољно водене енергије а то се само може постићи на планинским ријекама које имају одговарајући пад. Када су у питању мале хидроелектране које су изграђене на ријекама у РС може се констатовати да је од њих безначајна корист а велика еколошка штета. Током формирања малих хидроцентрала долази до захвата воде и провођења кроз цијеви дуге и по пар километара, затим пропуштања воде кроз турбину и поновног враћања у водоток што представља прави екоцид који се огледа у потпуном уништавању живог свијета. Из тог разлога преовладава схватање да је безначајна енергетска корист и вишеструка еколошка штета од малих хидроцентрала деривационог типа.

### **Мала хидроцентрала „До” на ријечи Брегави и утицај на животну средину**

Брегава је лијева притока Неретве чије сливно подручје смјештено између Неретве на западу и Требишњице на југоистоку. Према процјенама површина слива врела Брегаве износи 396 km<sup>2</sup> (Milanović, 2006). Формира се од сталних врела Битуње и Хргуда и периодичних врела Малог и Великог Сухавића. Прихрањује се водама које дотичу кроз поноре из Дабарског поља и од падавина. Дужина тока износи 35 km са просјечним падом од 3,7 m/km. Улијева се у ријеку Неретву код Чапљине. Своје корито је удубила у облику кањона чије долиненске стране достижу висину чак 700 m (Pecelj, 1971). Укупна корисна водена површина ријеке Брегаве износи око 24 km сталног тока, и она дренира велико сливно подручје које лежи у крашном терену<sup>131</sup>. Раније је била знатно богатија водом и преко ње се површински дренирало шире подручје Невесињског и

<sup>131</sup> Rijeka Bregava, mogućnost povećanja malih voda, 1986.

Дабарског поља. Међутим, интензивна еволуција крашког процеса резултирала је брзи развој подземне хидрографске мреже, тако да је један дио корита ријеке Брегаве временом постао сува долина. Ријека Брегава је хидроенергетски коришћена у периоду између два свјетска рата, па је 1929. године на њој изграђена једна мала хидроелектрана, инсталисане снаге 30 kW, која је била комунална јавна електрана<sup>132</sup>.

Природно стање ријеке Брегаве у одређеној мјери је измијењено након изградње тунела у сливу Требишњице, Фатничко поље – акумулација Билећа. Средњи протицај прије изградње тунела је износио 17,5 m<sup>3</sup>/s, а након изградње 11,9 m<sup>3</sup>/s (Milanović, 2006). Године 2016. на њеном најузводнијем дијелу је изграђена МХЕ „До”. То је проточно деривациона хидроцентрала чији је средњи пад 17,74 m. Због водних осцијалација може да ради 8 до 9 мјесеци годишње.



Слика 27. Мала хидроцентрала „До” на Брегави (фото: Црногорац Љ., 2022)

Усљед изградње мале хидроцентрале „До”, Институт за грађевинарство „ИГ” Бањалука извршио је валоризацију стања животне средине. Обављено је мјерење имисијских концентрација свих полутаната, ниво саобраћајне и индустријске буке. Мјерење квалитета ваздуха обављено је помоћу покретног еколошког лабораторија непосредно уз регионални пут Столац - Берковићи. Извршено је мјерење концентрације CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO и укупних лебдећих честица.

Извршеном анализом квалитета ваздуха на подручју МХЕ „До” видно је да су усредњене 24-часовне концентрације сумпор-диоксида износиле 24,3 μ/m<sup>3</sup>. Највиша вриједност (29,8 μ/m<sup>3</sup>) забиљежена је средином мјерног периода, што је свакако испод граничне просјечне годишње вриједности. Просјечна концентрација укупних суспендованих честица током мјерења износила је 40,7 μ/m<sup>3</sup>. Највиша регистрована концентрација поменутих честица током мјерења износила је 59,7 μ/m<sup>3</sup>. Измјерене концентрације укупних лебдећих честица на простору МХЕ „До” не оптерећују атмосферу, а самим тим и не прелазе граничне вриједности. Када је у питању просјечна вриједност CO, она је износила 115 μ/m<sup>3</sup> и представља релативно ниску вриједност. Просјечна концентрација NO у ваздуху унутар обухвата МХЕ „До” током 24-часовног

<sup>132</sup> Није познато када је престала са радом ова хидроцентрала. Тренутно постоје остаци објеката ове хидроелектране (брана са водозахватом, доводни канал и машинска зграда) који су ван функције и у девастираном стању.

периода мјерења износила је 3,3  $\mu/m^3$ , док су вриједности азот-диоксида износиле 20,3 29,8  $\mu/m^3$  што је испод граничних вриједности прописаних Правилником.

Табела 63. Резултати мјерења квалитета ваздуха

Полутант	Период мјерења	Измјерена вриједност	Јединица
SO <sub>2</sub>	24 часа	24,3	$\mu/m^3$
	1 час	29,8	
Укупне суспендоване материје	24 часа	32,1	$\mu/m^3$
	1 час	59,7	
CO	8 часова	115	$\mu/m^3$
NO	24 часа	3,3	Аритметичка средина $\mu/m^3$
	1 час	8,7	Максимална вриједност $\mu/m^3$
NO <sub>2</sub>	24 часа	20,3	$\mu/m^3$
	1 час	26,9	

Извор: Извјештај о мјерењима квалитета ваздуха на локацији МХЕ „До” на ријеци Брегави.

На отвореном простору на три микролокалитета извршено је мјерење петнаестоминутног еквивалентног нивоа комуналне буке тј. нивоа саобраћајне и индустријске буке. Локације су биле сљедеће:

Мјерно мјесто М1 – око 50 метара низводно од водозавата МХЕ,

Мјерно мјесто М2 – локација удаљена око 800 метара низводно од водозавата МХЕ,

Мјерно мјесто М3 – локација машинске зграде.

Табела 64. Резултати мјерења петнаестоминутног еквивалентног нивоа буке

Мјерно мјесто	Измјерени ниво буке	Дозвољени ниво буке
	Leg dB (A)	Дан
М1	52,9	70
М2	55,4	70
М3	53,1	70

Извор: Записник о стручном налазу мјерења укупног нивоа буке на локацији МХЕ „До” на ријеци Брегави

Испитивањем петнаестоминутних еквивалентних нивоа буке на 3 локације МХЕ „До” видно је да добијене вриједности не прелазе дозвољене нормативе Правилника о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СР БиХ”, број 46/89).

Током изградње енергетског комплекса мале хидроцентралне долазило је до емисије прашине у ваздух и укупних суспендованих честица у водоток. Такође, коришћењем грађевинске механизације на предметној локацији била је евидентна емисија продуката настала сагоријевањем фосилних горива из мотора са унутрашњим сагоријевањем. Поред емисије у ваздух примјетна је била и замућеност воде због испирања финих фракција земљишта усљед ископавања корита и страна ријеке.

## **Утицај МХЕ „До” на животну средину током изградње и експлоатације**

Када је у питању изградња малих хидроцентрала и утицај на животну средину могу се издвојити двије врсте ефеката: позитивни и негативни. Негативни ефекти изградње хидроенергетских капацитета одређују се проценом могућих утицаја и посљедицама изградње енергетских постројења на компоненте животне средине као и на природне и културно-историјске вриједности. Сходно томе, могу се издвојити утицаји који су посљедица изградње бране и акумулације. Они имају привремени и трајни карактер и представљају утицаје од посебног интереса. Да би се у што већој мјери смањили негативни утицаји потребно је предузети мјере заштите у циљу постизања прихватљивог утицаја на све компоненте животне средине. Важно је истаћи да подручје гдје је изграђено поменуто енергетско постројење слабо насељено и није присутна антропогена деградација.

Током изградње и експлоатације МХЕ „До” издвојени су најзначајнији утицаји на животну средину:

- утицај на квалитет воде,
- утицај на квалитет ваздуха,
- утицај на квалитет земљишта,
- утицај на укупан ниво буке,
- утицај на интензитет вибрација и зрачења,
- утицај на квалитет флоре и фауне,
- утицај на метеоролошке параметре и климатске карактеристике
- утицај на квалитет екосистема,
- утицај на квалитет пејзажних карактеристика.

### **Утицај на квалитет ваздуха**

Прашина која је настала процесом транспорта и извођењем радова, издувни гасови грађевинских машина и осталих возила довели су до смањења квалитета ваздуха у области изградње хидроцентрале. Утицајем су изложени запослени радници као и биљни и животињски свијет у непосредној близини постројења. Када је у питању утицај изградње МХЕ на метеоролошке параметре највеће испољавање је присутно код повећања влажности ваздуха. Неопходност да се осигура сталност процеса изградње малих хидроцентрала условљава складиштење одређених количина агрегата на депонијама. Оне су најчешћи извор дифузног загађења прашином јер најситније честице бивају ношене вјетром. Изградња водозахвата, доводног цјевовода и машинске зграде била је у стијенском дијелу па је вршено минирање терена. Тако су створане велике количине честица прашине и гасова које су вјетром ношене на веће удаљености. У вези с тим могуће је констатовати да су током изградње хидроенергетског постројења били запажени негативни утицаји на квалитет ваздуха док током његове експлоатације нема опасности од емитовања прашине и загађивања ваздуха.

У циљу провјере квалитета ваздуха у кругу МХЕ „До” на ријеци Брегави извршено је мјерење кључних параметара.



Табела 65. Резултати измјерених параметара квалитета ваздуха

Загађујућа материја	Период узорковања	Резултати мјерења 2015.	Резултати мјерења 2016.	Јединица мјере
SO <sub>2</sub>	24 h	18,23	12,21	µg/m <sup>3</sup>
	1 h	25,2	20,3	
PM <sub>10</sub>	24 h	45,22	22,45	µg/m <sup>3</sup>
	1 h	72,4	52,78	
NO <sub>2</sub>	24 h	15,14	14,35	µg/m <sup>3</sup>
	1 h	21,4	21,8	
CO	8 h	68,44	72,53	µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	8 h	88,45	82,45	µg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	24 h	673,12	622,32	ppm
NO	24 h	8,54	8,54	µg/m <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	24 h	2,02	2,02	mg/m <sup>3</sup>

Извор: Записник о извршеним мјерењима у животној средини 2015. и 2016. године.

Добијеним резултатима у табели 65 евидентно је да се концентрације измјерених параметара квалитета ваздуха налазе испод максималних граничних вриједности, што је било и очекивано узевши у обзир чињеницу да се ради о средини која није загађена индустријом и близином насеља.

### Утицај на квалитет воде

Током извођења грађевинских радова, отклањањем површинског слоја земљишта, дубоким ископима дошло је до спирања земљишта у површински ток а самим тим и до замућености воде. Такође, исти проблем је био присутан и током извођења грађевинских радова. Замућеност воде је представљала проблем због смањености кисеоника раствореног у води што се неповољно одражавало на ихтиофауну. Током експлоатације енергетског комплекса МХЕ „До” на ријеци Брегави до неповољних утицаја на воде долази узводно и низводно од преливног прага водозахвата, и то услед:

- испуштања опасних и штетних материја у водоток и
- током испуштања плутајућег наноса.

Значајан проблем може да настане при неисправном функционисању уређаја за третман сакупљања оборинских и санитарних вода и услед акцидентних ситуација - цурење трансформаторског изолационог и турбинског уља. Мала хидроцентрала „До” не формира већу акумулацију и не подиже ниво воде изнад природног у кишном периоду године. Али доводи до стварања разлике у нивоу воде узводно и низводно од преграде и до задржавања одређене количине воде узводно што може узроковати поремећај еколошке равнотеже у сливном подручју Брегаве. Изградњом овог хидроенергетског постројења евидентирани су негативни утицаји, а то су:

- Губитак аутохтоне флоре и фауне,
- Нарушавање еколошке равнотеже и миграцијских путева за водене организме,
- Ерозиони процеси<sup>133</sup>.

<sup>133</sup> Студија о утицају на животну средину, МХЕ „ДО” на ријеци Брегави, 2011.

Табела 66. Резултати испитивања отпадних вода

Параметри	Јединица мјере	2015.		2016.		Гранична вриједност
		М1	М2	М1	М2	
Температура	°C	3	3,1	7	7,1	30
pH	јединице pH	7,54	7,55	7,88	7,89	6,50 - 9
Талог након 0,5 h таложења 1,26	ml <sup>-1</sup>	0,1	0,3	0	0,1	0,5
Укупне суспендов. материја	gm <sup>3</sup>	0,692	1,51	0,622	0,891	35
ВРК5	gO <sub>2</sub> m <sup>-3</sup>	1,88	1,92	1,98	2,12	25
НРК-дихидромат	gO <sub>2</sub> m <sup>-3</sup>	6,01	6,55	5,51	6,21	125
Амонијачни азот	gm <sup>-3</sup> N	0,120	0,120	0,112	0,112	10
Нитритни азот	gm <sup>-3</sup> N	0,005	0,005	0,012	0,013	1
Нитратни азот	gm <sup>-3</sup> N	0,200	0,300	0,400	0,450	10
Укупни азот	gm <sup>-3</sup> N	1,20	1,15	1,20	1,15	15
Укупни фосфор	gm <sup>-3</sup> P	0,008	0,010	0,007	0,007	3
Минерална уља	mg <sup>-3</sup>	3,30	15,30	2,30	9,40	500

Извор: Записник о извршеним мјерењима у животној средини 2015. и 2016. године.

МХЕ „До” је у одређеној мјери нарушила амбијенталне карактеристике тока ријеке од водозаврата до машинске зграде из разлога што је у овом дијелу водотока, у највећем дијелу године само законски дефинисан минимум воде који износи 95% најмањег средњег минимума у току дана<sup>134</sup>.

Да би се сагледале карактеристике квалитета отпадних вода извршено је узорковање вода на двије локације:

М1 – површинска вода узводно од водозаврата

М2 – вода низводно од машинске зграде

Резултатима испитивања параметара квалитета вода утврђено је да се њихове вриједности крећу у оквиру максимално дозвољених које су одређене Правилником о условима испуштања отпадних вода у површинске воде („Службени гласник Републике Српске”, бр. 44/01).

### Утицај на квалитет земљишта

Земљиште као сложен еколошки систем реагује и на врло мале промјене. Проблем заузимања површина потребних за изградњу МХЕ је један од параметара који су мјеродавни за дефинисање односа изградње објекта и животне средине. Прије извођења грађевинских радова дефинисана је локација за депоновање материјала. Под појмом

<sup>134</sup> Студија о утицају на животну средину, МХЕ „ДО” на ријеци Брегави, 2011.

деградације земљишта подразумијева се више различитих процеса од којих посебну тежину имају појава клизишта, одрона, ерозија које имају мањи или већи утицај. Деградиција земљишта на локалитету у ком је изграђена МХЕ „До” није у великој мјери изражена јер није било потребе да се формира акумулација веће запремине воде изван садашњих граница природног тока ријеке Брегаве, није било трајног потапања земљишта а самим тим није било ни услова за настанак ерозије, клизишта и слично. Оно што се може примијетити јесте засјеченост обала због изградње водозахвата и објеката у кориту ријеке.

### Утицај на укупан ниво буке, интензитет вибрација и зрачења

Истраживања из домена животне средине недвосмислено показују да бука представља један од просторно изражених утицаја при извођењу грађевинских радова на изградњи МХЕ. Повремени извори буке били су присутни приликом минирања стијенских маса, укључујући буку већег интензитета при бушењу минских бушотина и бучним ударима током активирања мина. Рад механизације такође изазивао је повећан ниво буке. Она је на градилишту ометала говорне комуникације и комуникације путем уређаја због тога што њена вриједност изнад 65 dB смањује могућност споразумијевања говором на удаљеностима испод 1 m. Као секундарна посљедица минирања терена и рада грађевинске механизације била је појава подрхтавања тла и вибрација узрокованих створеним сеизмичким таласима.

Мјерење интензитета еквивалентног нивоа буке извршено је на 2 дефинисана мјерна мјеста.

Табела 67. Измјерене вриједности нивоа буке у животној средини

Мјерно мјесто		Измјерена вриједност	Гранична вриједност буке (dB)
2015.	M1	54,1-57,7	70
	M2	68,2-73,1	70
2016.	M1	70,1-72,8	70
	M2	65,2-66,3	70

Извор: Записник о извршеним мјерењима у животној средини 2015. и 2016. године.

На основу спроведених мјерења нивоа буке у животној средини током 2015. године на мјерном мјесту M2 и 2016. године на мјерном мјесту M1 вриједности су биле изнад максимално дозвољених прописаних Правилником о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СР БиХ”, број 46/89).

### Утицај на квалитет флоре и фауне

Током изградње водозахвата, водостана, доводног цјевовода и осталих пратећих објеката искрчена је сва вегетација на површини. У току грађевинских радова као и током рада механизације и сагоријевања фосилних горива неминован је био негативни утицај на осјетљиву флору околног подручја. Уништавање флоре на поменутом подручју вуче за собом читав низ негативних ефеката попут испирања земљишта, смањивања

хранљивих састојака у њему, промјене микроклиматских услова и уништавања склоништа одређеним животињским врстама. Такође, за вријеме извођења радова били су поремећени еколошки услови и миграциони путеви водених организама. Негативни ефекти се огледају кроз поремећај протока воде у самом ријечном кориту, замућеност воде, промјене попречних профила корита. А све то неповољно утиче на миграцију поточне пастрмке, на популацију ријечних ракова, водених инсеката и сл. Пуштањем у рад МХЕ „До” врши се изузимање већег дијела воде из природног корита ријеке и њено каналисање у производне системе што доводи до утицаја на ихтиофауну. Вишак воде који хидроенергетско постројење не може да прима ( $>14 \text{ m/s}$ ), прелива се преко преливног прага на коти 117,5 m н.в.<sup>135</sup>.

Током експлоатације хидроенергетског система МХЕ на ријеци Брегави од круцијалног значаја за заштиту екосистема у сушном периоду године је поштовање гарантованог минимума. Он укључује двије категорије минималног протока а то су: водопривредни минимум односно проток који мора да се осигура у ријеци због потреба низводних корисника и биолошки минимум<sup>136</sup> тј. проток који мора да обезбиједи нормалан опстанак и развој биоценозе ријеци и биотопу.

---

<sup>135</sup> Студија о утицају на животну средину, МХЕ „До“ на ријеци Брегави, 2011.

<sup>136</sup> У Аустрији је обавезно одржавање минималног водостаја 20 cm у равничарским ријекама, а 25 cm у планинским ријекама да не би дошло до помора животињског свијета.

## СТРАТЕГИЈА КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ

Свеопшти циљеви стратешког развоја енергетских потенцијала источне Херцеговине дефинисани су у Стратегији развоја енергетике Републике Српске до 2030. године. Наведена Стратегија представља важан документ из разлога што дефинише начин на коме се заснива будући развој. То се односи прије свега на коришћење домаћих енергетских ресурса, предузимање низа активности и мјера када је у питању примјена савремених технологија коришћења енергетских потенцијала и заштита животне средине која је у великој мјери угрожена усљед експлоатације необновљивих енергетских ресурса. Национални стратедијски циљеви енергетике Републике Српске као и источне Херцеговине су:

- Обезбјеђење потребне количине енергената да би се омогућило редовно и сигурно снабдијевање електричном енергијом привреде и грађана на простору Републике Српске. Обезбјеђење потребне количине енергената треба да се изврши по економски одрживим цијенама водећи рачуна о проблемима енергетског сиромаштва;
- Повећање ефикасности производње необновљивих енергетских ресурса, прије свега угља;
- Створити услове за постепено отварање тржишта електричне енергије (улагање у термоенергетски, хидроенергетски сектор, као и развој експлоатације обновљивих извора енергије);
- Успостава ефикасног система подстицања обновљивих извора енергије с циљем заштите и очувања животне средине;
- Усклађивати законодавство са правним наслеђем Европске уније.

Развојна стратегија термоенергетског комплекса Гацко, заснована на базном документу има, за главни циљ да дефинише територијалне контуре лежишта Гацко, чијом се експлоатацијом по економски повољним вриједностима може обезбиједити енергетско гориво како за постојећу тако и за будућу термоелектрану Гацко II. На основу тога дефинисани су главни циљеви израде стратешког документа „Стратегија рударско-технолошког отварања, разраде, оптимизације и одржавања континуитета производње угља са израдом студије оправданости увођења поступка суве гравитационе сепарације”. Прије израде поменутог документа постављени су циљеви које треба да ријеши стратегија а они се прије свега односе на:

- Дефинисање основних праваца развоја површинске експлоатације угља са циљем континуалног, стабилног и поузданог снабдијевања термоелектране Гацко угљем одговарајућег квалитета,
- Дефинисање оптималних технолошких параметара система површинске експлоатације на основу резултата спроведене анализе и оптимизације засноване на економским критеријумима,
- Утврђивње могућности и услова примјене нових технологија експлоатације и прераде угља са циљем оптимизације техно-економских параметара, односно максимизације финансијских ефеката производње уз побољшање квалитета произведеног угља (Vaduvesković, Stepanović, 2015).

Развој који слиједи као и степен валоризације угља у Гацку у највећој мјери зависиће од производње електричне енергије у термоелектрани. При томе, свакако треба настојати испунити основни услов – да цијена коришћења топлоте угља као и у већини земаља буде у одређеној мјери приближно конкурентна цијени коришћења топлоте из других примарних извора енергије (Вуковић, 2019). „С обзиром да су рудник и термоелектрана јединствено предузеће, узајамно су повезани ревитализација постојећег термоенергетског постројења и развој рудника. Развој рудника биће омогућен продајом електричне енергије на околним тржиштима (формирањем слободног тржишта електричне енергије у региону, гашењем појединих електрана у окружењу, тражња за електричном енергијом). Будући развој термоенергетског сектора у великој мјери ће зависити и од поштравања захтјева заштите животне средине“ (Vuković, 2011).

У циљу редовног снабдијевања угљем, термоелектране Гацко, од 2015. године, усвојено је ново концепцијско рјешење површинске експлоатације угља са лежишта Гацко. Откопавање отквивке, угља и слојне јаловине на простору поља „Ц“ услед недостатка одговарајуће отквивне и транспортне опреме одвијало се отежано уз стално кашњење у реализацији планова на откопавању отквивке. То је довело до тога да се из активног површинског копа (поље „Ц“) није могло обезбиједити стабилно снабдијевање термоелектране угљем.

Спроведеном оптимизацијом могућих варијанти развоја површинског копа издвојиле су се двије перспективне зоне са могућношћу ефикасне и економски повољне експлоатације угља, а то су:

- поље „Ц“ (Централно поље) - експлоатишу се главни и први подински угљени слој и
- повлатна угљена зона - експлоатише се трећи кровински угљени слој (Vaduvesković, 2014).

Отварање површинског копа на локалитету повлатне угљене зоне, обезбјеђује континуитет у снабдијевању угљем термоелектране Гацко. Зато је нужна рационализација његове експлоатације како у функцији одрживог коришћења угља као енергетског ресурса ТЕ Гацко тако и његове експлоатације у што дужем временском оквиру. Овим се отварају перспективе за сигурно снабдијевање (садашње и будуће) овог термоенергетског постројења, али и рационализацију у експлоатацији истог. Главни циљ у стратегији експлоатације овог ресурса је да се обезбиједи потребни предуслови за одговорно и ефикасно управљање овим енергетским потенцијалом у односу на потврђене резерве, утицај на животну средину и друштвено-економски развој (Вуковић, 2019).

Стратешки циљеви развоја водопривреде Републике Српске а самим тим и источне Херцеговине проистичу из приступа планирању водне инфраструктуре са позиције интегралног управљања водним ресурсима. Међу основне стратешке циљеве убрајају се рационално коришћење вода, експлоатација водних ресурса у циљу производње електричне енергије, заштита вода, унапређење животне средине, постизање привредног развоја и слично. У документу Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године разматрано је и о хидроенергетском потенцијалу и његовом коришћењу. Водени потенцијал РС је систематизован у 6 главних ријечних токова са притокама, а највише је искоришћен хидроенергетски потенцијал ријеке Требишњице. У оквиру хидросистема Требишњице пружа се могућност изградње значајних постројења ХЕ Дабар, Невесиње и Билећа, чији би потенцијал износио 825 GWh/god. Ово је интегрално развојни пројекат чији је приоритетни задатак да се пробијањем тунела омогући уређење водног режима крашких поља источне

Херцеговине, при чему се пробијање тунела користи и за концентрацију пада и протока и реализацију деривационих хидроелектрана<sup>137</sup>.

Како би се урадило стратегијско планирање одређених привредних субјеката потребна је примјена одговарајућих метода и техника. Једна од најчешће коришћених техника стратегијског менаџмента јесте SWOT анализа која омогућава препознавање позитивних и негативних фактора и пружа могућност да се на њих адекватно реагује. Сваки привредни субјекат мора да води рачуна о унутрашњој организацији и спољном окружењу из разлога што утицаји спољне околине на пословање привредних субјеката могу да буду позитивни у смислу стварања прилика за раст конкурентности, проналазак нових тржишта и негативни због стварања одређених пријетњи. SWOT анализа ће послужити у идентификацији стратегије којом ће се на најбољи начин искористити снаге и смањити слабости а самим тим и капитализовати прилике и минимизирати пријетње. Према томе, SWOT анализа представља приказ унутрашњих снага и слабости и спољашњих прилика и пријетњи са којима се суочавају привредни субјекти. Основна начела ове анализе су:

- S – снага (strengths), означава потенцијал тј. указује на предности у односу на друге.
- W - слабости (weaknesses), указује на особине шта није добро у циљу спровођења мјера за постепено побољшање.
- O - прилике (opportunities), анализа у односу на околину, који спољашњи фактори могу да се искористе и ако се укаже прилика и нађу ресурси.
- T – пријетње (threats), који су то спољашњи фактори који могу имати пријетњу на раст и развој.



<sup>137</sup> Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године.

## SWOT анализа енергетског потенцијала Рудника и термоелектране Гацко

Као што је већ познато Рудник и термоелектрана Гацко представљају једно од водећих предузећа у производњи електричне енергије у Републици Српској које има огроман значај у погледу привредног раста, запослености и повећања укупних прихода. Рудник Гацко има значајне билансне, ванбилансне и експлоатационе резерве угља које омогућавају обезбијеђеност енергетским горивом садашњег и будућих термоенергетских постројења у источној Херцеговини.

### Снаге

- Довољна количина резерви угља обезбјеђује снабдијевање енергетским горивом термоелектрану Гацко. Укупне експлоатационе резерве износе 162 582 048 t (стање 31.12. 2018. године).
- Сигурност снабдијевања електричном енергијом – годишњом производњом електричне енергије у термоелектрани Гацко од 1638 GWh (стање 2020. године) задовољавају се сопствене потребе.
- Дугогодишња традиција и искуство у производњи угља и електричне енергије.
- Висок степен запослености.
- Капацитети рударске механизације на експлоатацији угља и откопавању откривке, обезбјеђују остваривање пројектованих производних резултата на површинском копу и задовољавање услова тражње термоелектране за енергетским горивом и захтјева широке потрошње за комерцијалним угљем.

### Слабости

- Старост термоенергетског постројења и смањење степена корисног дејства;
- Негативни утицај производње угља и електричне енергије на животну средину који се огледају у утицају на ваздух (емисије сумпор-диоксида, азот оксида, лебдећих честица, утицај угљене прашине), воду (испуштање отпадних непречишћених вода у површинске водотоке) и земљиште (деградација земљишта, депоније пепела и јаловине);
- Неисправност постројење за пречишћавање отпадних вода.
- Проблем великог броја нерадних дана у години на откопавању откривке дисконтинуалном опремом због лошег времена. Рокови амортизације за поједину дисконтинуалну опрему су истекли тако да су и повећани кварови који онемогућавају достизање пројектованих капацитета.
- Велика раслојеност угљених слојева.
- Лоше стање путева на површинском копу и проблем кретања тешке рударске механизације у кишном периоду.

### Прилике

- Производња електричне енергије у ТЕ Гацко омогућава економски развој ове општине као и цјелокупног дијела источне Херцеговине;
- Велики потенцијал за поуздано снабдијевање термоенергетског капацитета,
- Ревитализација постојећег термоенергетског постројења у складу са ЕУ стандардима.



- Изградња новог термоенергетског постројења. У току су преговори са стратешким партнером, компанијом из НР Кине за изградњу термоелектране Гацко II.
- Могућност искоришћавања секундарних минералних сировина (електрофилтерски пепео) за изградњу цементаре;
- Примјена стандарда Европске уније;
- Развој и примјена савремених технологија код експлоатације угља;
- Повећање енергетске ефикасности на површинском копу;
- Комплексна искоришћеност лежишта угља.
- Укупне експлоатационе резерве угља обезбјеђују постројење за производњу електричне енергије наредних 80 година.
- Боља примјена мјера заштите животне средине и безбједности на раду.

#### Пријетње

- Отварањем новог површинског копа „Гацко” неопходна су велика финансијска средства, за ревитализацију постојеће рударске механизације и куповину нове.
- Угрожавање животне средине. Због великих количина загађујућих материја које се емитују у све компоненте животне средине потребна су одређена финансијска улагања у циљу њиховог минимизирања.
- За ревитализацију и изградњу новог термоенергетског постројења неопходна су велика финансијска улагања које предузеће није у могућности самостално да обезбиједи па су потребна кредитна задужења.
- Неријешена регулација корита ријеке Мушнице (II фаза) која пролази кроз локацију будућег рудника.
- Проблем неријешености експропријације земљишта на локалитету новог површинског копа.
- Ризик од повећаног притиска на минерална богатства како би се убрзао економски развој;
- Неусклађеност законодавства у области рударства и заштите животне средине.

### **SWOT анализа енергетског потенцијала Хидроелектрана на Требишњици**

Све веће исцрпљивање необновљивих енергетских ресурса и све озбиљнији проблеми Планете на глобалном еколошком плану усмјеравају ка интензивнијем коришћењу обновљивих извора енергије, прије свега воде. Из поменутог разлога све више су присутне тенденције преласка технички искористивог у економски искористиви хидропотенцијал. Сходно томе, хидроенергија је све више тражена у свијету будући да се постављају све строжија еколошка ограничења приликом изградње термоенергетских постројења. Такође, глобална стратегија мјера против климатских промјена која је озваничена Кјото протоколом ствара озбиљна ограничења када је у питању изградња и развој термоелектрана које представљају највеће загађиваче животне средине путем емисије гасова стаклене баште. Увођењем ових ограничења повећава се цијена изградње термоелектрана а самим тим се појачава дисхармонија између пораста електроенергетске потрошње са једне стране и опадања и стагнације производних капацитета с друге стране. Из тога разлога може се рећи да је на значају добио хидроенергетски потенцијал тачније наступило је вријеме хидроелектрана.

Захваљујући богатом потенцијалу, хидроелектране су најзначајнији корисник вода на територији Републике Српске. Важна чињеница је, да је управо из тог разлога Република Српска једна од земаља која из својих хидроелектрана успијева да покрије више од половине хидроенергетске потрошње. У зависности од хидролошких прилика из хидроенергетских постројења се производи 45-55% електричне енергије. Самим тим, то је позитивна чињеница с аспекта задовољења сопствених потреба за електричном енергијом из обновљивих извора енергије. Узевши у обзир тренутна кретања на тржишту енергије због којих цијене електричне енергије значајно расту и уз финансијске механизме из Кјото протокола гдје се врши стимулација изградње хидроенергетских система, Република Српска као и источна Херцеговина остварује и оствариваће значајну економску добит. Највећи дио производње електричне енергије из хидроелектрана остварује се на Требишњици<sup>138</sup>.

#### Снаге

- Подручје слива ријеке Требишњице располаже значајном количином воде.
- Вишенамјенско коришћење вода.
- Хидроелектрана Требиње I која користи воде акумулационог базена Билећко језеро чија је запремина 1280 милиона m<sup>3</sup> производи 450 GWh електричне енергије годишње.
- Хидроелектрана Требиње II са браном Горица ствара акумулацију Требиње укупне запремине 15, 6 милиона m<sup>3</sup> воде и годишње производи 5,75 GWh електричне енергије.
- Поуздано и сигурно снабдијевање електричном енергијом.
- Примјена еколошких стандарда и ефикасно коришћење ресурса.
- Уважавајући значај свих видова енергије а поготово електричне, и чињеницу да на простору Југоисточне Европе долази до већег отварања тржишта електричне енергије, видно се истиче значај хидроенергетских постројења на ријеци Требишњици не само у РС већ и шире.
- Ублажавање ефеката поплава.
- Унапређење и економично коришћење воде на бази дугорочне заштите расположивих ресурса вода.
- Постојења за биолошко пречишћавање отпадних вода.

#### Слабости

- Непостојаност потпуне, стопостотне сигурне евакуације вода услед великих количина падавина.
- Удари велике воде и повећање протока на ријеци Неретви од 1400 m<sup>3</sup>/s условљава престанак рада РХЕ Чапљина што представља проблем у случају застоја неког од постројења на Требишњици.
- Непланско испуштање вода.
- Узрочно – посљедична повезаност система (техничка исправност система у максималним водостајима, котатама и екстремним условима падавина).
- Недостатак адекватно изграђених канализационих система тј. повезаност канализационе мреже.

---

<sup>138</sup> Стратегија интегралног управљања водама Републике Српске, 2015-2024.

## Прилике

- Проширење Хидросистема Требишњице и изградња нових хидроелектрана Невесиње, Дабар и Билећа.
- Повећање производње електричне енергија за 856 GWh.
- Ономогућавање поплава изградњом нових постројења.
- Отварање нових радних мјеста.
- Повећана тражња за енергијом.
- Производњом електричне енергије у хидроелектранама Требиње I и II омогућава се економски развој општине Требиње и источне Херцеговине.

## Пријетње

- Сложеност система, приликом обуставе рада једног хидроенергетског погона долази до проблема у производњи електричне енергије других постројења.
- Ограниченост производње електричне енергије усљед застоја неког од хидроенергетских постројења. Због квара на постројењу ХЕ Дубровник 2019. године, произведена је само 1/3 планиране струје у хидроелектранама на Требишњици.
- Пуцање трансформатора. Усљед неконтролисаног излијевања изолационих уља из трансформатора долази до несрећа опасних по околину које се огледају у загађењу.
- Управљање великом количином воде. Због великих количина падавина и непланског испуштања воде на брани Горица може доћи до појаве поплаве насеља у Поповом пољу и насеља која се налазе уз обалу ријеке Требишњице (Примјер поплава 1979. године, када су се у кратком временском периоду излучиле велике количине падавина по метру квадратном).
- Опасности од појаве пукотина на брани која би довела до њене нестабилности, чиме би се угрозила безбједност људи и објеката низводно.

## АКЦИОНИ ПЛАН

Динамичан развој привредних дјелатности прије свега енергетике и рударства у општини Гацко имао је кључан утицај на стање животне средине због чега је ово једно од најугроженијих тј. најзагађенијих подручја у источној Херцеговини. Експлоатација угља утицала је на смањење обрадивих површина што је примјетно кроз ширење површинског копа, формирање одлагалишта јаловине, шљаке и пепела. Све то довело је до стварања еколошки и биолошки угрожених простора на коме се налазе шљачишта контаминирана тешким металима. Експлоатација угља и производња електричне енергије у термоелектрани извршила је огромне притиске на животну средину па је управо из тог разлога потребно урадити детаљан акциони план како би се у одређеној мјери санирали, ублажили и конзервирани негативни ефекти. Досадашња политика заштите животне средине у општини Гацко окарактерисана је неактивним приступом заштите и исцрпљивања природних ресурса, недовољном информисаношћу становништва, неефикасношћу и незаинтересованошћу власти и служби за надзор.

Дакле, кључни задатак који се намеће јесте детаљно сагледавање тј. анализа стања животне средине (њених медијума) и рјешавање еколошки и социјално најургентнијих проблема. Јасним дефинисањем проблема, постављањем приоритета, утврђивањем и спровођењем адекватних програма, акција и мјера могуће је довести стање животне средине на знатно повољнији ниво, а све то захтијева систематичност у раду, интензивну сарадњу, квалитетну размјену података између институција, организација, медија и грађана у локалној заједници.

### Управљање квалитетом ваздуха

Развојем индустријске активности у одређеном степену је неизбежна деградација животне средине па је неопходно одржавање и унапређивање примарног оквира живота као и поправљање стања гдје су доминанти одређени поремећаји животне средине. По многим аспектима стање животне средине на подручју општине Гацко је такво да је неопходно предузимање конкретних мјера и активности на поправљању стања. Основни извор загађења ваздуха у општини Гацко је индустрија у којој сагоријевањем фосилних горива долази до емисије загађујућих материја. Термоелектрана Гацко као основни енергент користи лигнит чије су карактеристике ниска топлотна вриједност и висок садржај сумпора. С обзиром на ту чињеницу она је велики емитер сумпор диоксида, азотних оксида, суспендованих честица.

Да би се у одређеној мјери ријешила проблематика загађења ваздуха и успоставио интегрални приступ управљању ваздухом неопходно је институционално и кадровско оспособљавање за активности у области заштите животне средине, формирање базе података о емисији загађујућих материја, истраживање утицаја контаминираниог ваздуха на остале компоненте животне средине воду, земљиште и утицај на људски организам.

Циљ 1. Смањење загађења ваздуха			
Мјере које је потребно предузети	Опис мјере	Временски период	Носилац одговорности
Употреба горива	Коришћење нискосумпорних горива чији се садржај креће до 1%	Сталан процес	ЗП РиТЕ Гацко
Уградња система за одсумпоравање	Уградња полусувих пречистача у којим се високо атомизирана смјеша воде и алкала прска у апсорбер. Приликом испаравања капљица воде, сумпор диоксид се абсорбира у капљице и реагује са отопљеним алкалним материјалом. На тај начин се суве капљице увлаче у димни гас и прикупљају у електростатичким таложницима и врећастим филтерима.	2026.	ЕП Републике Српске ЗП РиТЕ Гацко
Уградња система за смањење количине азотних оксида	Уградња горионика са ниском емисијом азотних оксида. Поменути горионици користе комбинацију модификованих техника сагоријевања тј. степености довод ваздуха, степености довод горива и рециркулацију димних гасова.	2023.	ЕП Републике Српске ЗП РиТЕ Гацко
Уградња система за смањење емисије пепела	Извршити реконструкцију електрофилтера доградњом врећастих филтера такозвана хибрид варијанта. Врећасте филтери имају високу ефикасност (чак 99.9%) у прикупљању веома отпорног летећег пепела из ниско сумпорног угља.	2022.	ЕП Републике Српске ЗП РиТЕ Гацко
Уређење манипулативних површина	Прекрити радне и манипулативне површине асфалтним или бетонским слојем и на тај начин смањити емисију дифузне прашине.	2022.	ЗП РиТЕ Гацко
Уградња аутоматских анализатора димних гасова	Због праћења процеса сагоријевања и повећања ефикасности и смањења потрошње горива и емисије	2023.	ЗП РиТЕ Гацко
Мониторинг квалитета ваздуха	Инсталирање мониторинга за праћење концентрације загађујућих материја у ваздуху и обезбиједити доступност података	2022.	ЗП РиТЕ Гацко и Општина Гацко

Примјена система за орошавање	Уградњом система за орошавање при рударским радовима и на депонијама спречава се појава прашине и разношења пепела на отвореном простору.	Сталан процес	ЗП РиТЕ Гацко
Адекватно одлагање пепела	Одлагање пепела вршити у виду густе хидромјешавине и на тај начин спријечити настајање прашине на површинском копу.	Сталан процес	ЗП РиТЕ Гацко
Подизање зеленог појаса	Извршити садњу заштитног појаса који је отпоран на негативне услове животне средине на мјестима гдје је то најпотребније, то јесте око површинског копа и на тај начин смањити разношење прашине.	2025.	ЗП РиТЕ Гацко
Уређење депоније чврстог опада	На одговарајући начин уредити депонију чврстог опада и спријечити појаву самозапаљења отпада и ослобађања полутаната у ваздух.	2024.	Општина Гацко ЈП Комус
Изградња система даљинског гријања	Изградња мреже централног градског гријања из термоелектране и развијање услова за прикључке у градском и приградском дијелу што би смањило број индивидуалних котловница и ложишта које представљају загађиваче ваздуха	2025.	Општина Гацко и ЗП РиТЕ Гацко
Вршити контролу квалитета ваздуха	Ојачати инспекцијске активности и циљу контроле квалитета животне средине	2022.	Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Р. Српске
Одржавање система за отпрашивање	Системом за отпрашивање кондициона се врши припрема хидромјешавине путем мокрих отпрашивача а системом за отпрашивање у погон припрема кречног млијека што функционише на бази затвореног система из кога нема емитовања прашине у околину.	Сталан процес	ЗП РиТЕ Гацко

## Управљање квалитетом водених ресурса

Као што је већ познато вода представља основу живота и саставни је дио сваког сегмента људског дјеловања, али нажалост све је заступљенији проблем загађености површинских и подземних вода па у вези с тим јавља се потреба сталне заштите.

Општина Гацко располаже одређеним водним богатством који уједно представља важан економски потенцијал. Ипак дугогодишњом експлоатацијом угља и производњом електричне енергије овај медијум животне средине у одређеној мјери је нарушен. Може се рећи да је присутан читав низ проблема као што су: неадекватно снабдијевање водом становништва и индустрије, испуштање отпадних вода без претходног пречишћавања, појава дивљих депонија у близини изворишта и све чешћа појава загађивања изворишта као и недовољна брига и заштита вода. Да би се поменути проблеми ријешили потребно је успоставити систем интегралног управљања водама којим би се дефинисали циљеви: адекватно обезбјеђивање довољних количина квалитетне воде и заштита површинских и подземних водних ресурса.

Циљ 2. Смањење загађења водених ресурса			
Мјере које је потребно предузети	Опис мјере	Временски период	Носилац одговорности
Уградити пречистаче	Санитарне отпадне воде одводити до система за пречишћавање и његово одржавање у функционалном стању.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Вршити третман зауљене отпадне воде	Зауљене отпадне воде са радног платоа предвиђеног за манипулацију моторним возилима и машинама, воде са манипулативних површина интерне бензинске станице и сервиса механизације проводити кроз сепаратор уља и масти до егализационог базена.	2023.	Рудник и термоелектрана Гацко
Неутралисати отпадне воде	Отпадне воде из лабораторије неутралисати прије испуштања у крајњи реципијент.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Пречишћавати атмосферске воде	Атмосферске воде са манипулативног платоа и интерних саобраћајница пречишћавати у таложнику и сепаратору атмосферске канализације прије крајњег испуштања у ријеку Грачаницу.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко

Одводњавање јаловишта	Урадити пројекат одводњавања јаловишта са дефинисаним начином и мјестом збрињавања отпадне воде са јаловишта.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Изградити систем за хидраулични транспорт шљаке	Изградњом овог система све отпадне воде би биле третиране на одговарајући начин што би омогућило да се највећи дио третираних вода опет користи. На овај начин би се комплетна вода са прелива одшљакивача транспортовала до касете пепела и на тај начин би био стављен у функцију систем за третман воде од хлађења шљаке.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Постављати хидроизолациону фолију на адекватан начин	Приликом постављања хидроизолационе фолије на депонији пепела обавезно провјерити мјеста спајања и на тај начин спријечити протицање отпадних вода из депоније.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Уградити водомјере	Уградити мјерне уређаје за узете, тј. искоришћене воде и испуштене претходно пречишћене воде.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Вршити мониторинг вода	У складу са еколошком дозволом редовно вршити анализу физичко-хемијских карактеристика отпадних вода.	Сталан процес	Рудник и ТЕ Гацко Институт за воде д.о.о Бијељина
Контролисати систем пречишћавања вода	Редовно пратити ефекте пречишћавања отпадних вода и квалитет ефлуената на испусту у водоток.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Одржавање и пуњење транспортних средстава вршити на адекватном простору	Одржавање, чишћење и пуњење транспортних средстава нафтом, уљима и мастима обављати на водонепропусној подлози.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Оборинске воде прикупљати у водосабирнике и редовно их одржавати	Оборинске воде са радних површина на површинском копу, сакупљену етажним и одводни каналима прикупљати у водосабирнике да би се извршио процес таложења прије испуштања у крајњи реципијент. Талог са дна водосабирника редовно чистити у сарадњи са овлашћеном институцијом.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко



## Управљање квалитетом земљишних ресурса

Земљиште као једно од најважнијих и највреднијих ресурса природе постаје све више угрожено. Једном уништено споро се обнавља, а чак у неким случајевима нема услова за његову ревитализацију. Главни проблеми везани за оштећења земљишта су: површинска експлоатација минералних сировина због стварања великих количина кровинског материјала који се одлажу на неадекватан начин по површини земљишта и оно постаје потпуно неупотребљиво. У циљу заштите и смањења загађења земљишних ресурса потребан је читав низ радњи као што је планско коришћење земљишта, успостављање систематског мониторинга земљишта, адекватност вредновања земљишта и провођење мјера рекултивације и ремедијације.

Циљ 3. Смањење загађења земљишних ресурса			
Мјере које је потребно предузети	Опис мјере	Временски период	Носилац одговорности
Формирати мјеста за одлагање откритке, шљаке и пепела	Откривку, пепео и шљаку одлагати на адекватно припремљеном мјесту за ту врсту одлагања, гдје је регулисано одвођење оборинских и процједних вода.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Селективно откопавање земљишта и одлагање на посебне локације	Површински слој земљишта са предвиђеног дијела експлоатационог поља одлагати на мјеста гдје неће бити одлагања других материјала с циљем коришћења овог материјала у експлоатационој фази за заштитни насип и у завршној фази за биолошку санацију и рекултивацију.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Вршити мониторинг земљишта	Редовно спровођење анализа земљишта и предузимање одређених активност у случају присуства контаминираних материја.	2022.	Рудник и тТЕ Гацко Институт за пољопривреду Р Српске
Адекватно одржавати рубове копа	Формирање заштитног зеленог појаса на рубовима површинског копа, најприје садња аутохтоних биљних врста због очувања природног изгледа предјела и заштите биотопа.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко

Санација деградираних површина	Фазно извршити техничку и биолошку рекултивацију деградираних површина тј. трајно одржавање рекултивисаних површина након завршетка експлоатације на читавој површини коју је заузимао површински коп.	2023.	Рудник и термоелектрана Гацко
Формирати водонепропусна мјеста на одлагалиштима	Одстрањено загађено земљиште збрињавати на водонепропусним одлагалиштима.	2023.	Рудник и термоелектрана Гацко
Заштитити пољопривредно земљиште	Спријечити испуштање отпадних вода на пољопривредно земљиште и одлагање отпада.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Уклањати загађено земљиште	Приликом просипања нафте и нафтних деривата одмах вршити њихово купљење посипањем екопора или неког другог материјала а затим отклањање загађеног земљишта.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Рекултивација и ревитализација простора	У току извођења радова вршити рекултивацију одређених простора рударског комплекса и спречавање расипања отпада.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко

## Управљање отпадом

Пораст броја становника, развој индустрије, повећање производње и потрошње материјалних добара довео је до стварања великих количина отпада. Отпад представља један од примарних проблема у општини Гацко. Као једина опција управљања отпадом јесте одлагање на локалне депоније на неадекватним локацијама које нису технички опремљене. Примјетан је пораст дивљих депонија, локалних сметљихта а чак и одређен број случајева одлагања отпада у ријеке, напуштене каменоломе и површинске копове. Термоелектрана посједује властито одлагалиште у свом окружењу гдје се врши одлагање јаловине, шљаке и пепела. Одлагање опасног отпада углавном није ријешено на адекватан начин. Одређене врсте индустријских сировина попут старог жељеза, обојених метала и папира се у одређеној мјери врше успјешно.

У вези са тим може се установити да не постоји контролисан систем управљања опасним отпадом прије свега не постоји регистар генератора опасног отпада, не постоји раздвајање опасног и неопасног отпада, не постоји ниједна депонија за одлагање опасног отпада, а највећи проблем представља одлагање свих врста отпада на заједничке комуналне депоније које су приступачне и људима и животињама. Да би се ријешили поменути проблеми потребно је изградити и успоставити дјелотворан систем управљања отпадом, смањење количине одложеног отпада кроз рециклажу, смањење отпада по количини, повећање материјалне и енергетске употребе отпада и сл. За постизање ових циљева неопходно је спровођење одређених мјера као што су смањење

настанка отпада на мјесту генерисања, третман отпада којим се осигурава поврат сировинског материјала, сортирање отпада по врсти и материјалу.

Циљ 4. Управљање отпадом			
Мјере које је потребно предузети	Опис мјере	Временски период	Носилац одговорности
Збрињавати отпад на адекватан начин	Одмах уклонити чврсти отпад у кругу РиТЕ Гацко и збринуту га на одговарајући начин.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Изградња депоније	Изградити регионалну депонију затвореног типа са свим потребним елементима заштите гдје неће бити негативних утицаја на животну средину.	2023.	Рудник и термоелектрана Гацко
Вршити селекцију отпада	Приликом одлагања отпада извршити његову селекцију: метал, картон, пластика, стакло, електронски отпад, медицински отпад.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Отпадна уља адекватно збрињавати	Отпадна уља сакупљати у металне бачве и испоручивати овлашћеним оператерима.	Сталан процес	Рудник и термоелектрана Гацко
Изградити објекте за складиштење одређених врста отпада	Изградити објекат у коме ће се складиштити опасне отпадне компоненте: отпадна уља, замашћене крпе, антифриз, материјали који садрже азбест и друге опасне компоненте, акумулаторски отпад и слично.	2022.	Рудник и термоелектрана Гацко
Поставити контејнере намјенског типа	Поставити контејнере затвореног типа за чврсти комунални отпад, контејнере за сакупљање прехранбеног отпада, за прикупљање отпада са отворених површина поставити довољан број пластичних канти, за збрињавање папира, стакла, пластике, лименки поставити посебне контејнере.	2023.	Рудник и термоелектрана Гацко

<p>Санација дивљих депонија</p>	<p>Санација дивљих депонија и уклањање отпадног материјала нагомиланог на зеленим и манипулативним површинама. Приликом уклањања отпада селективно издвојити компоненте које се могу користити као рециклабилно-секундарне сировине (метал), инертни неопасни отпад који се може депоновати на одлагалишта јаловине, а комунални отпад који нема употребну вриједност одвозити на централну депонију и рекултивисати земљиште након затварања дивље депоније.</p>	<p>2023.</p>	<p>Рудник и термоелектрана Гацко Општина Гацко ЈП „Комус“</p>
---------------------------------	---	--------------	---

## ЗАКЉУЧАК

Истраживано подручје источне Херцеговине располаже богатством природних ресурса који имају огроман значај за привредни развој. Тренутно највећу употребну вриједност има лигнит у Гатачком угљеном басену и водени потенцијал ријеке Требишњице. Поред поменутих природних ресурса велики значај у будућности могла би да има енергија Сунца и вјетра.

Међутим, валоризација угља и производња електричне енергије на простору источне Херцеговине, сем наведене користи, донијела је и читав низ еколошких проблема. Сходно томе, угрожени су сви медијуми животне средине.

Током експлоатације угља и јаловине присутни су индикативни утицаји на ваздух. Они се прије свега односе на емисију прашине која представља највећи и еколошки најутицајнији полутант у копу. С друге стране, сагоријевањем лигнита у ТЕ Гацко као нуспродукт емитују се у ваздух велике количине загађујућих материја: сумпор диоксид, азот оксиди и лебдеће честице чије су концентрације изнад законски прописаних вриједности. Посебан проблем представља емисија честица лебдећег пепела које имају изразито базни карактер. Енормна емисија загађујућих материја у ваздух јавља се као посљедица сагоријевања угља лошег квалитета, застарјеле опреме, недовољног улагања у системе заштите животне средине и слично. Негативни утицаји термоенергетског постројења били би знатно нижи кад би читав процес производње електричне енергије био технолошки осавременењен и еколошки оријентисан.

Посматрајући опште карактеристике стања система животне средине на простору источне Херцеговине гдје је заступљена експлоатација угља видљив је утицај на водне ресурсе: површинске и подземне. Важно је нагласити да су урађени вјештачки захвати регулације водених токова Мушнице, Грачанице и Гојковића потока. На Мушници и Грачаници су изграђени одбрамбени насипи с циљем спречавања излијевања вода директно у површински коп. Одводњавање копа ријешено је на тај начин што се све атмосферске воде које гравитирају ка њему и подземне које истичу у коп прихватају у водосабирницима и одводе ка површинским токовима.

На основу хемијских анализа евидентно је да воде у зони површинског копа одликује повећана рН вриједност. Највећа одступања забиљежена су испод депоније пепела (>14), док се изван копа креће од 6,8 до 8,2. Такође, процједне воде депоније пепела показују високе вриједности и осталих параметара: електропроводљивост, НРК, фосфор. У њима су присутни и елементи токсичности.

Електропроводљивост је повећана што према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока воде површинског копа сврстава у пету категорију, док воде изван површинског копа имају знатно мање вриједности и спадају у прву класу квалитета.

Садржај укупних суспендованих материја достиже високе вриједности у зони површинског копа, чак тринаест пута веће од прописаних, док воде изван копа имају знатно ниже вриједности.

С обзиром на тврдоћу, према њемачким степенима, воде у зони површинског копа припадају изразито тврдим, а ван њега су меке и средње меке. Према укупној тврдоћи израженој као  $\text{CaCO}_3$  карактеришу се повећаним вриједностима карбонатне тврдоће. Све то указује на повећану минерализацију.

Тешки метали су заступљени у скоро свим отпадним водама као посљедица различитих природних геохемијских процеса или производних активности. Све ово је

видљиво у индустријским отпадним водама којима припадају и оне са депоније пепела у Пољу „А“ површинског копа „Грачаница“.

Површинска експлоатација угља изазвала је драстична оштећења земљишта која се огледају у заузимању великих површина, девастацији и деградацији усљед одлагања јаловине, шљаке и пепела. Будући да Гатачки угљени басен обухвата површину од 4000 ha, практично 1/3 потенцијала за производњу хране је угрожена рударским радовима што има далекосежне посљедице. Осим површинске експлоатације угља, негативни ефекти на тло и околни простор створени су током рада термоелектране Гацко као резултат таложења контаминирајућих материја. Количине тих материја које доспијевају на земљиште највеће су у правцу дувања доминантних вјетрова и у непосредној близини постројења. Дугогодишње таложење пепела одразило се на физичке и хемијске карактеристике тла као и на удио адсорбованих катјона. Хемијском анализом земљишта на овом простору установљено је присуство опасних и штетних материја попут: никла, хрома, цинка, баријума и ванадијума. Озбиљан еколошки проблем на истраживаном подручју представљају депоније пепела због присуства веће концентрације тешких метала, анјона, катјона, рН вриједности и минерализације.

За разлику од РиТЕ Гацко хидроелектране на Требишњици имају много мањи утицај на животну средину. Формирање хидроенергетских постројења на Требишњици донијело је одређене негативне утицаје попут измјене изгледа површина и начина функционисања, промјене режима нивоа површинских и подземних вода, спречавање миграције риба, измјене станишта биљака и животиња и промјене квалитета вода у акумулацији. С друге стране остварен је извјестан број позитивних ефеката као што су: повећање протока низводно од акумулације, смањење поплавних таласа и плављење поља, хидромелиорација и слично. Када је у питању заштита животне средине поменуто предузеће је предузело све потребне мјере у циљу њене заштите и унапређења.

У односу на велика хидроенергетска постројења мале хидроцентрале имају много мањи утицај на животну средину уколико се њихова изградња обавља уз јасно поштовање дефинисаних правила. У супротном стварају огромну еколошку штету односно екоцид у водотоцима. Према томе несумњиво је да је МХЕ „До“ на Брегави имала и има девастационо дејство на природу, акватичне екосистеме и обитавајући живи свијет у водотоку.

Узимајући у обзир чињеницу да тренутно економски најзначајније енергетске ресурсе у источној Херцеговини представљају угљ и вода, њихову валоризацију је потребно стратешки планирати. Као основа стратегијског планирања и коришћења енергетских потенцијала на поменутом подручју урађена је SWOT анализа. Њом је обухваћено испитивање свих интерних и екстерних обиљежја и дат приказ снага, слабости, прилика и пријетњи.

Када је у питању привредни развој источне Херцеговине од круцијалног значаја је да буде еколошки прихватљив како би се у одређеној мјери смањио степен деградације, а дјелимично и девастације животне средине. С циљем рјешавања поменутих еколошких проблема приказан је и акциони план са скупом активности које је потребно спровести у одређеном временском периоду. Други важан сегмент који је усмјерен ка одрживом развоју и минимизирању штетних ефеката на животну средину фокусира се на валоризацији обновљивих потенцијала енергије Сунца, вјетра и вода Горњих хоризоната.

## ЛИТЕРАТУРА

- Адровић, Ф., Тодоровић, Д., и Нинковић, М. (1995). Испитивање садржаја природних радионуклида у пепелу из ТЕ Обилић. Југословенско друштво за заштиту од зрачења, Београд, стр. 253-256.
- Вујић, С., Миљановић, И., Цвејић, Ј. и Дражић, Д. (2009). Пројектовање рекултивацијеи уређења предела површинских копова. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- Вуковић, Б. (2000). Комплексна оцјена Гатачког угљеног басена и његов значај за укупни енергетски потенцијал Републике Српске, Магистарски рад, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- Вуковић, Б. (2019). Стратешко планирање експлоатације угља из лежишта Гацко у функцији одрживог развоја садашњег и будућег термоенергетског постројења Гацко 1 и Гацко 2. Књига апстраката, Академија наука и умјетности Републике Српске, Бањалука.
- Гвозденац, Д., Накомчић-Смарагдакис, Б. и Гвоздена-Урошевић, Б. (2011). Обновљиви извори енергије. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад.
- Ђато, О. (2004). Источна Херцеговина – Природне туристичке вриједности. Географско друштво Републике Српске, Бања Лука.
- Ђато, Р. (1991). Источна Херцеговина-регионално-географски проблеми развоја. Географско друштво, Сарајево.
- Грчић, М. (1994). Индустијска географија. Научна књига, Београд.
- Дедијер, Ј. (2001). Херцеговина. Књижевна заједница „Јован Дучић”, Требиње.
- Додер, М. (2011). Техничке карактеристике, експлоатација и одржавање опреме блока 300 MW ТЕ Гацко. Савез енергетичара Републике Српске, Бања Лука.
- Дукић, Д. (1998). Климатологија. Географски факултет Универзитет у Београду, Београд.
- Кнежевић, Д., Нишић, Д., Томанец, Р. и Ранђеловић, Д. (2018). Карактеризација и управљање индустријским отпадом. Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду.
- Кнежевић, Д., Торбица, С., Рајковић, З. и Недић, М. (2014). Одлагање индустријског отпада. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- Лакић, Н., Међед, Д. и Јочић, Л. (2006). Оцјена квалитета ваздуха града Бањалуке на основу измјерених концентрација SO<sub>2</sub> у периоду 2000-2005. године. Прва научно стручна конференција са међународним учешћем, Заштита ваздуха и здравља, Бањалука.
- Ламбић, М. (2015). Сунчева енергија. Завод за уџбенике, Београд.

- Љешевић, М. (2005). Животна средина села и ненастањеног простора. Географски факултет, Београд.
- Марковић, Ј. (1967). Географске области Социјалистичке Федеративне Републике Југославије. Завод за издавање уџбеника Социјалистичке Републике Србије, Београд.
- Мاستило, Н. (2013). Речник савремене српске географске терминологије. Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Милановић, М., Цвијановић, Д. и Цвијановић, Г. (2008). Природни ресурси, економија-екологија-управљање. Институт за економику пољопривреде, Београд.
- Милановић, П. (2006). Карст Источне Херцеговине и Дубровачког приобаља. Асоцијација спелеолошких организација Србије, Београд.
- Милинчић, М., Мандић, Б., Милинчић, У. и Филиповић, Н. (2014). Мале хидроелектране на територији општине Александровац – могућност и ограничења. Жупски зборник, год. 9, бр. 9, стр. 95-110.
- Милутиновић, Б. (2018). Одрживост управљања отпадом. Висока техничка школа струковних студија, Ниш.
- Мирковић, М. (1974). Тумач ОГК-лист Гацко. Завод за геолошка истраживања СР Црне Горе, Титоград.
- Петровић, Д. и Манојловић, П. (2003). Геоморгологија. Географски факултет, Београд.
- Петровић, Ј. (1959). Гатачко поље, регионално географска испитивања. Посебна издања Српског географског друштва, свеска 37, Београд.
- Петровић, Ј. (1973). О постанку поља у кршу. Зборник радова природно - математичког факултета бр. 3, Нови Сад.
- Пецељ, М. (2001). Херцеговачке Рудине – поља у кршу. Завод за уџбенике и наставна средства, Српско Сарајево.
- Плећевић, Љ. (2018). Управљање отпадом. Висока школа струковних студија, Аранђеловац.
- Првуловић, С., Толмач, Д. и Чалета, Р. (2012). Преглед коришћења обновљивих извора на глобалном нивоу. ТЕРМОТЕХНИКА XXXVIII, 1.
- Реџић, Р. (2005). Природни ресурси и животна средина. Часопис Екоман, Српско учено друштво, Међународна асоцијација за урбану екологију Екоман, Ниш.
- Теодоровић, Р., Дамњаковић-Раденковић, Б., Вућинић, М., Јанковић, Љ. и Ђорђевић, М. (2005). Отпадне воде и заштита животне средине. Зборник радова -XVI саветовање Дезинфекција, дезинсекција и дератизација у заштити животне средине, Секција за дезинфекцију, дезинсекцију и дератизацију, Катедра за зоохигијену, Факултета ветеринарске медицине Универзитета у Београду, Београд.
- Црногорац, Ч. (2006). Географске основе заштите животне средине, Природно-математички факултет, Бањалука.



- Црногорац, Ч. и Рајчевић, В. (2014). МХЕ у Републици Српској – стање и просторно планска рјешења с освртом на мјесто и улогу у животној средини. Зборник Академије наука и умјетности Републике Српске, Одјељење природно-математичких и техничких наука, књига 25, Бања Лука.
- Adamović, Ž., Ilić, B., Vulović, M., Vulović, S., Meza, S. i Jurić, S. (2013). *Obnovljivi izvori energije: Energija – obnovljivi izvori energije*. Srpski akademski centar, Novi Sad.
- Alivojvodić, V. (2007). *Zaštita vazduha od zagađivanja*. Beogradska politehnika-Visoka škola strukovnih studija, Beograd.
- Alivojvodić, V. i Kokalj F. (2018). *Upravljanje otpadom i cirkularna ekonomija*. Beogradska politehnika, Visoka škola strukovnih studija, Beograd.
- Antonović, G. M. (1980). Oštećenja zemljišta i problemi njihove zaštite. *Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka*, vol. 29, No. 2, Beograd, str. 99-106.
- Ardizzon, G., Pavesi, G., Cavazzini, G. (2014). A new generation of small hydro and pumped – hydro power plants: Advances and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31, pp. 746-761.
- Avakumović, J. (2008). Energetika kao izvor zagađivanja životne sredine. *Ecologica* 15, broj 51, str. 33-38.
- Bahtiyar, D. and Cihan, G. (2011): The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. *Renewable Energy*, Vol. 36, pp. 1227-1235.
- Begić, F. i Hadžiabdić, M. (2011). *Energija vjetra, osnove konverzije, zaštita okoline, ekonomija*. Mašinski fakultet, Internacionalni univerzitet, Sarajevo.
- Bulatović, M. (2012). *Obnovljivi izvori energije*. Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd.
- Cernea, M. M. (2004). Social Impact and Social Risk in Hydropower Programs: Preemptive Planning and Counter-risk Measures, Keynote address: Session on social aspects of hydropower development. United Nations Symposium on Hydropower and sustainable Development Beijing, China.
- Chiabrando, R., Fabrizio, E., and Garnero, G. (2009). The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2441–2451. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.008>
- Cvejić, R., Cvejić, R. i Stefanović, S. (2013). Projekat modernizacije termoenergetskih postrojenja sa aspekta zaštite životne sredine. *Ecologica* 20, broj 70, str. 169-174.
- Čajka, Z. i Jovanović, L. (2014). Industrija i trendovi očuvanja životne sredine u budućnosti. *Ecologica* 21, broj 75, str. 401-405.
- Čanak-Nedić, A., Gavrilović, M., Pavlović, N., Nožinić, J., Stanković, N., Kuzmanović, U. i Nedić, M. (1977). Deponije pepela EPS-a sa aspekta zaštite životne sredine. *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 2, br. 3-4, str. 63-55.
- Čučulović A., Čučulović, R. i Veselinović, D. (2011). Životna sredina i održivi razvoj. *Ecologica* 18, broj 62, str. 133-136.

- Čustović, H. (1989). Istraživanja po programu rekultivacije zemljišta na Rudniku i termoelektrani Gacko. Apro Hercegovina, Istraživačko razvojni institut, Mostar.
- Čustović, H. i Bjelogrić, M. (1986). Neke karakteristike direktne i indirektno rekultivacije laporovitih materijala na području TE „Gacko”. Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka, vol. 35, No.3, Beograd, str. 195-201.
- Čustović, H. i Pehar, J. (1986). Izvještaj o izvršenim poslovima po programu rekultivacije zemljišta na Rudniku i termoelektrani Gacko. Apro Hercegovina, Istraživačko razvojni institut, Mostar.
- Dalmacija, B., Bečelić- Tomin, M. i Maletić, S. (2016). Monitoring otpadnih voda i njihov uticaj na životnu sredinu. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Dragojević, Ž. (2010). Small hydroelectric power stations on water currents & Windfarming in Republic of Serbia. Tehnika, No. 4, pp. 1-5.
- Dražević, Lj., Jovanović, D. i Biševac, Lj. (2007). Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda. Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd.
- Drinčić, D., Krstić, S., Zeković, A. i Martinović, D. (2009). Mjerenje i zaštita od buke. Ecologica 16, No. 54, str. 141-150.
- Đajić, N. (2002). Energija za održivi svet. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- Đarmati, Š. (2007). Zagađenje i zaštita vazduha. Beogradska politehnika-Visoka škola strukovnih studija, Beograd.
- Đarmati, Š. i Alivojvodić, V. (2007). Čvrsti i opasan otpad. Visoka škola strukovnih studija- Beogradska politehnika, Beograd.
- Đorđević, B. (1990). Vodoprivredni sistemi. Naučna knjiga, Beograd.
- Đorđević, B. (2008). Objektivno vrednovanje obnovljivih energija. Vodoprivreda, Vol. 40, br. 1-3, str. 19-39.
- Đukanović, M. (1996). Životna sredina i održivi razvoj. Elit, Beograd.
- Đukanović, S. (2009). Obnovljivi izvori energije – ekonomska ocena. Gradska biblioteka „Božidar Knežević” , Ub.
- Đukić, P., Đukanović, S. (2015). Održivi razvoj: ekonomsko-ekološki izazovi. Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
- Đurović, M. (2001). Izazovi budućnosti i energija. Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Podgorica.
- Đurović, M. (2005). Obnovljivi izvori energije – sadašnje stanje. Tehnika-elektrotehnika, Vol. 54, br. 2, str. 1-5.
- Forouzbakhsh, T., Hosseini, S. M. H. and Vakilian, M. (2007). An approach to the investment analysis of small and medium hydro-power plants. Energy Police Elsevir Journal 35, pp. 1013-1024.
- Fruštić, B. (1989). Oštećenja zemljišta i mogućnost njihove rekultivacije na području Pljevalja. Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka, vol. 38, No. 2, Beograd, str. 113-127.

- Grujić, M. (2006). Selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke u funkciji rekultivacije površinskih kopova uglja. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- Hornjak, N. (2005). Vetrogeneratori-izvori električne energije sa najvećim trendom porasta instalisanih kapaciteta u posljednoj deceniji. Energetske tehnologije, Br. 4, str. 31-38.
- Jablanović, M., Jakšić, P. i Kosanović, K. (2003). Uvod u ekotoksikologiju. Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica.
- Janković, M. (1977). Mogućnost revitalizacije i rekultivacije ekološki narušenih područja. Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 2, br. 3-4, str. 58-62.
- Jovanović, L., Ermakov, V. i Čajka, Z. (2014). Renewable energy resources in Serbia and Russia. Zaštita materijala No. 55, Vol. 2, pp. 133-141.
- Jovanović, L., i Tomić, A. (2011). Implementacija obnovljivih izvora energije kao uslov energetske efikasnosti u Republici Srbiji. Ecologica 18, broj 62, str. 234-238.
- Jovanović, O., Stamenović, M., Petrović, J. i Dimić I. (2012). Mogućnost korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji. Ecologica 19, broj 67, str. 535-540.
- Kacer, F. (1926). Geologija Bosne i Hercegovine. Izdanje direkcije državnih rudarskih preduzeća u Sarajevu, Sarajevo, str. 66-115.
- Kasumović, A., Adrović, F. i Kasić, A. (2013). Tehnološki modifikovana prirodna radioaktivnost i procjena doze zračenja. Zbornik radova, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica.
- Khan, U. Z., Askari, S. M., Khan, H. A. and Khan, A. N. (2013). An Innovative Approach for Generating 1 MW of Electricity through Setting up of Micro Hyder Power Plants at Hub Dam, Karachi, Pakistan, Journal of American Science 9 (10), pp. 227-233.
- Kisić, D., Miletić, S., Radonjić, V., Radanović, S., Filipović, J. i Gržetić, I. (2013). Prirodna radioaktivnost uglja i letećeg pepela u termoelektrani „Nikola Tesla B”. Časopis Hemijska industrija, Vol 67, No. 5, Beograd, str. 729-738.
- Kokunešoski, M., Pavlović, M., Kićević, D. i Popović, P. (2009). Strategija tretiranja ambalažnog industrijskog otpada u Republici Srbiji u skladu sa praksom i načelima EU. Međunarodno stručna konferencija o upravljanju otpadom, Tehnološko metalurški fakultet, Beograd.
- Ljubić, V. (1977). Energija, životna sredina i naše sutra. Radnički Univerzitet, Beograd.
- Mandal A. i Sengupta, D. (2006). An assessment of soil contamination due to heavy metals around a coal-fired thermal power plant in India, Environmental Geology, No. 51, pp. 409-420.
- Marović, G., Sečar J., Bronzović, M., Franić, Z. i Kovač, J. (2006). Otpad vezan za proizvodnju električne energije i proizvodnju mineralnih gnojiva. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju Vol. 57, No. 3, Zagreb, str. 333-338.
- Mihajlović Milanović, Z. (2010). Obnovljivi izvori energije – uvod u ekonomiju održive energetike. Megatrend univerzitet, Beograd.
- Mikulec, S. i Praštalo, B. (1965). Brana Gorica. Simpozij o izgradnji, Trebinje.

- Milosavljević D., i Pavlović, T. (2010). Obnovljivi izvori energije i održivi razvoj, Održivi razvoj i klimatske promjene. Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet, Beograd, str. 26-34.
- Milovanović, Z., Knežević, D., Milašinović, A., Dumonjić-Milovanović, S. i Škundrić, J. (2011). Analiza potencijala energije vjetra na lokaciji planinskog grebena Trusina u Republici Srpskoj. Banjaluka.
- Mirković, M., Kalezić, M., Pajović, M., Rašković, S., Čepić, M. i Vujisić, P. (1980). Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, list Gacko 1:100.000 – SGZ, Beograd.
- Mishra, S., Singa, S. K. and Khatod, D. K. (2012). Costing of a Small Hydropower Projects, IACSIT International Journal of Engineering Technology, Vol. 4, No. 3, pp. 239-242.
- Mitrovski, M. i Mitrovski, A. (2007). Energetika i životna sredina. Zbornik radova, Tehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Bor, str.155-161.
- Moćević, M. (2015). Tehno-ekonomska analiza malih hidroelektrana. Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Br. 9/2015, str. 1556-1559.
- Mojićević, M. i Laušević, M. (1965). Tumač OGK – list Nevesinje. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Natević, Lj. (1970). Tumač OGK- list Trebinje. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Olujić, J., Glavaš, S. i Nikolić, D. (2007). Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u ležištu Gacko sa stanjem 31.12.2006. god. Geozavod – Zvornik, str. 10-48.
- Paish, O. (2002). Small hydro power: technology and current status. Renewable and Sustainable Energy Reviews 6, pp. 537-556.
- Panić, M., Urošev, M., Milanović-Pešić, A., Brankov, J. i Bjeljac, Ž. (2013). Small hydropower plants in Serbia: Hydropower potential, current state and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews 23, pp. 341-349.
- Pavlović, T., Milosavljević, D. i Mirjanić, D. (2013). Obnovljivi izvori energije. Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banjaluka.
- Pecelj, S. (1971). Fizičko-geografski prikaz reke Bregave. Diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.
- Počuča, N., Arandžević, S. i Horvat, Ž. (2005). Zaštita životne sredine: upravljanje komunalnim otpadom. Privredni pregeled, Beograd.
- Popov, A. (2012). Specifičnosti reciklažnog centra za gradove veličine oko 60.000 stanovnika. Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад, Бр. 4/2012, стр. 927-930.
- Požar, H. (1976). Osnove energetike. Školska knjiga, Zagreb.
- Radenković, R. i Nedeljković, B. (2007). Industrijski opasan otpad. Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd.
- Radosavljević J. i Đorđević, A. (2013). Deponije i deponovanje komunalnog otpada. Univerzitet u Nišu Fakultet zaštite na radu, Niš.
- Rao, M. N. (2007). Air pollution. Academic Press, New Delhi.

- Resulović, H. (1986). O nekim specifičnostima uzimanja uzoraka sa oštećenih i rekultivisanih zemljišnih površina. *Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka*, vol. 35, No. 2, Beograd, str. 179-183.
- Resulović, H., Antonović, G.M. i Hadžić, V. (1991). Problems of soil degradation in Yugoslavia. *Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka*, vol. 40, No. 3, Beograd, pp. 123-131.
- Resulović, H., Korunović, R., Popovski, D. i Čirjaković, M. (1986). Oštećenja zemljišta Jugoslavije tokom poslednje decenije (1975-1984) i postignuti rezultati u sferi zaštite. *Acta biologica Iugoslavica – serija A: zemljište i biljka*, vol. 35, No.3, Beograd, str. 185-194.
- Ristić, B. (1997). *Hidroelektrane. Elektroprivreda Srbije*, Beograd.
- Ristić, B. i Milenković, D. (1996). *Male hidroelektrane; vodne turbine. Naučna knjiga*, Beograd.
- Sabir, A. M., Rehman, S.S., Umar, M., Waseem, A., Farooq M. and Irshad, M. (2014). Assessment of Hydro Power Potential of Swat, Kohistan Himalayas: A Solution for Energy Shortfall in Region. *Water Resources*, Vol. 41, No. 5, pp. 612-618.
- Singal, S. K. (2010). Planning and Implementation of Small Hydropower SHP Projects, *Hydro Nepal, Journal of Water. Energy and Environment*, Vol. 5, pp. 21-25.
- Stamenković, O., Tasić, M. i Veljković, V. (2017). *Alternativni izvori energije. Tehnološki fakultet u Leskovcu, Univerzitet u Nišu, Leskovac.*
- Stanković, S. (2017). Postulati o vodi, zaštita i planiranje životne sredine. *Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine, Asocijacija prostornih planera Srbije, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Beograd*, str. 51-63.
- Stevović, S. (2005). Značaj i namena malih hidroelektrana i malih akumulacija. *Vodoprivreda*, Br. 37, str. 299-304.
- Stojić, P. (1965). *HE Grančarevo – osnovne koncepcije projekata. Simpozij o izgradnji, Trebinje.*
- Stojiljković, D. (2005). *Energetika, zagađenje i zaštita životne sredine. Pravo energetike - zbornik radova, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd*, str. 625-637.
- Šuljić, N. i Kovčić, O. (2010). Primjena hidroenergije u Bosni i Hercegovini sa aspekta zaštite životne sredine. *Ecologica* 17, No. 60, str. 505-510.
- Tomić, A. (2009). Energetske i ekološke funkcije bezbednosti obnovljivih izvora energije. *Ecologica* 16, broj 54, str. 213-218.
- Tresović, P. (2013). *Male hidro-elektreane u Srbiji. Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, FTN, Novi Sad, Br. 7, str. 1163-1166.*
- Trumić, M., Andrić, Lj. i Trumić, M. (2014). *Upravljanje i tretman otpada. Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor.*
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N. and Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy* 33, 289–296.
- Vaduvesković, Z. (2014). *Prezentacija idejnog rešenja razvoja rudnika uglja Gacko. Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor.*

- Vaduvesković, Z. i Stepanović, S (2015). Strategiji rudarsko-tehnološkog otvaranja, razrade, optimizacije i održavanja kontinuiteta proizvodnje uglja sa uvođenjem postupka obogaćenja uglja suve separacije na PK – Gacko. Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor.
- Vasiljević, M., Maljević, E., Karadžić, V., Vasiljević, Lj. i Nikić, Z. (2003). Uticaj deponije pepela „Dražljevo” na vode akumulacije Vrba (Republika Srpska). Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd.
- Veljković, N. (2006). Indikatori održivog razvoja i upravljanje vodnim resursima. Zadužbina Andrejević, Beograd.
- Vidosavljević, S. (2013). Obnovljivi izvori energije kao neophodni faktori održivog razvoja. Ecologica 20, broj 71, str. 563-566.
- Vukmirović, V. i Daković, S. (1991). Problemi zagađenja površinskih tokova vodama sa deponije. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd.
- Vuković, B. (2000). Kompleksna ocena gatačkog ugljenog basena i njegov značaj za ukupni energetske potencijal Republike Srpske, Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Vuković, B. (2011). Geološko-ekonomska ocena obnovljivih energetske resursa Republike Srpske u funkciji nacionalne i komercijalne isplativosti, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu Beograd.
- Vuković, M., Štrbac, N., Voza, D., Damjanović, Z. i Petrović, A. (2013). Mogućnost za korišćenje energije vjetra u pograničju istočne Srbije. Ecologica 20, broj 72, str. 632-636.
- Zećirović, E., i Baljinac, A. (2010). Korišćenje obnovljivih izvora energije – predlog revitalizacije mini hidrocentrale u Novom Pazaru. Zbornik radova – Rizici i eko-bezbednost u postmodernom ambijentu, Državni fakultet, Novi Pazar.
- Žikić, S., Paunković, Dž. i Jovanović, V. (2016). Energetska efikasnost i obnovljiva energija kao nosioci koncepta održivog razvoja u Srbiji. Ecologica, Vol. 3, No. 82, str. 265-270.

#### Иzvори литературе

- \*\*\* Анализа вода (2008). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Анализа отпадних вода (2010). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Анализа отпадних вода испод биопречистача на брани Горица (2019). Документација ХЕТ.
- \*\*\* Анализа отпадних вода испод биопречистача на брани Гранчарево (2019). Документација ХЕТ.
- \*\*\* Анализа физичко-хемијских параметара Билећког језера. Лабораторија ХЕТ.
- \*\*\* Анализа физичко-хемијских параметара Горичког језера. Лабораторија ХЕТ.
- \*\*\* Анализа физичко-хемијских параметара ријеке Требишњице. Лабораторија ХЕТ.

- \*\*\* Верификација добивених резултата мјерења квалитета ваздуха и мјерења укупног еквивалентног нивоа вањске буке на локацијама хидроелектране Требиње I – Гранчарево и Требиње II – Горица (2012). Документација ХЕТ.
- \*\*\* Годишњи извјештај о постројењима / загађивачима, Требиње (2016). Мјешовити Холдинг „ЕРС” - МП а.д. Требиње, ЗП „Хидроелектране на Требишњици”.
- \*\*\* Доказ уз захтјев за издавање еколошке дозволе за ХЕ „Дабар” на ријеци Заломки (2012). Пројект а.д. Бањалука.
- \*\*\* Елаборат о испитивању квалитета ваздуха (2007). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Елаборат о испитивању квалитета ваздуха (2008). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Елаборат о испитивању квалитета ваздуха у животној средини у околини предузећа (2008). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Елаборат о испитивању нивоа буке у животној средини у околини предузећа (2008). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Закон о водама Републике Српске, Службени гласник РС, бр. 50/06.
- \*\*\* Закон о заштити ваздуха, Службени гласник Републике Српске, број 124/11.
- \*\*\* Записник о испитивању услова радне средине (2008). Институт заштите, екологије и информатике, Бањалука.
- \*\*\* Записник о мјерењу укупног еквивалентног нивоа вањске буке на локацији хидроелектране Требиње I – Гранчарево (2016). Завод за екологију, Бањалука.
- \*\*\* Записник о мјерењу укупног еквивалентног нивоа вањске буке на локацији хидроелектране Требиње II – Горица (2016). Завод за екологију, Бањалука.
- \*\*\* Записник о мјерењу укупног еквивалентног нивоа вањске буке на локацији хидроелектране Требиње I – Гранчарево (2017). Завод за екологију, Бањалука.
- \*\*\* Записник о мјерењу укупног еквивалентног нивоа вањске буке на локацији хидроелектране Требиње II – Горица (2017). Завод за екологију, Бањалука.
- \*\*\* Записник о стручном налазу мјерења укупнох нивоа буке на локацији МХЕ „До” на ријеци Брегави (2011). Институт за грађевинарство „ИГ” Бањалука.
- \*\*\* Записник о хемијској анализи земљишта за пројекат површински коп „Гацко-Централно поље” (2020). Институт за заштиту и екологију Републике Српске, Бања Лука.
- \*\*\* Извјештај о мјерењима квалитета ваздуха на локацији МХЕ „До” на ријеци Брегави (2011). Институт за грађевинарство „ИГ” Бањалука.
- \*\*\* Извјештај о мјерењу квалитета ваздуха на локацији хидроелектране Требиње II – Горица (2012). Документација ХЕТ.
- \*\*\* Извјештај о мјерењу квалитета ваздуха на локацији хидроелектране Требиње II – Горица (2017). Завод екологије, Бањалука.
- \*\*\* Извјештај о мјерењу квалитета ваздуха на локацији хидроелектране Требиње I – Гранчарево (2017). Завод екологије, Бањалука.
- \*\*\* Испитивање индустријске и отпадне воде (2014). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Испитивање индустријске и отпадне воде (2016). Документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Крашка поља источне Херцеговине, Водопривредна основа (1967). „Енергоинвест” Сарајево.

- \*\*\* Минералне сировине Републике Српске (2011). Републички завод за геолошка истраживања, Министарство индустрије, енергетике и рударства Републике Српске.
- \*\*\* Одрживи развој хидро потенцијала на подручју Горњих хоризоната ријеке Требишњице (2010). Мјешовитити холдинг ЕРС –МП а.д. Требиње, МХ ЕРС-ЗП ХЕТ а.д. Требиње.
- \*\*\* Основа заштите, коришћења и унапређења пољопривредног земљишта Републике Српске као компонента процеса планирања коришћења земљишта (2009). Влада Републике Српске.
- \*\*\* План активности са мјерама и роковима за поступно смањење емисија - загађења и усаглашавање са најбољом расположивом техником, постројења Хидроелектране Требиње I и Требиње II са осталим објектима (2007). В&З – заштита, Бањалука.
- \*\*\* План заштите животне средине у околини ТЕ „Гацко“ (1997). Електропривреда Републике Српске.
- \*\*\* План управљања отпадом (2016). Интерна документација РиТЕ Гацко.
- \*\*\* Правилник о граничним вриједностима емисије у ваздух из постројења за сагоријевање, Службени гласник Републике Српске, број 39/05.
- \*\*\* Правилник о дозвољеним границама интензитета звука и шума, Службени лист СР БиХ, број 46/89.
- \*\*\* Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у пољопривредном земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање („Службени гласник Републике Српске” , бр.56/16).
- \*\*\* Правилник о здравственој исправности воде за пиће (Службени гласник Републике Српске, број 75/15).
- \*\*\* Правилник о мјерама за спречавање и смањење загађења ваздуха и побољшање квалитета, Службени гласник Републике Српске, број 3/15.
- \*\*\* Правилник о условима испуштања отпадних вода у површинске воде, Службени гласник Републике Српске, број 44/01.
- \*\*\* Претходна процјена утицаја на животну средину вјетроелектране Гребак (2017). Институт за заштиту и екологију Републике Српске. Бањалука.
- \*\*\* Регулаторни извјештај о тржишту електричне енергије, природног гаса и нафте и деривата нафте у Републици Српској за 2020. годину (2021). Регулаторна комисија за енергетику Републике Српске.
- \*\*\* Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске.
- \*\*\* Ри ТЕ Гацко, интерна документација.
- \*\*\* Стратегија интегралног управљања водама Републике Српске 2015-2024. године (2015). Влада Републике Српске, Бањалука.
- \*\*\* Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2030. године (2012). Влада Републике Српске, Бањалука.
- \*\*\* Студија о процјени утицаја на животну средину експлоатације угља и откривке, као и одлагање електрофилтерског пепела и шљаке на ПК „Грачаница” Гацко до краја експлоатације (2004). Институт заштите екологије, Бањалука.



- \*\*\* Студија о процјени утицаја на животну средину рудника угља ПК „Гацко“ (2004). Институт заштите екологије, Бањалука.
- \*\*\* Студија о утицају на животну средину, МХЕ „ДО“ на ријеци Брегави -Допуњена верзија (2011). Институт за грађевинарство „ИГ“ Бањалука.
- \*\*\* Студија отпадних вода Рудника и термоелектране Гацко (2010). Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд.
- \*\*\* Уредба о вриједности квалитета ваздуха, Службени гласник Републике Српске, број 124/12.
- \*\*\* Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока, Службени гласник Републике Српске, број 42/01.
- \*\*\* Хидроелектране на Требишњици ([www.henatrebisnjici.com](http://www.henatrebisnjici.com))
- \*\*\* Deponija pepela Gračanica (1991). Elektroprivreda Bosne i Hercegovine.
- \*\*\* Directiva 2001/80/EC Europskog parlamenta i Saveta o ograničenju emisije određenih загађујућих материја ваздух из великих постројења за сагорјевање (2001). Službeni list Europske unije, L 309/1.
- \*\*\* Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Bileća (2014). Zavod za vodoprivredu, Bijeljina.
- \*\*\* Elaborat pražnjenja i punjenja akumulacije Trebinje (2011). Institut za vode, Bijeljina.
- \*\*\* Glavni projekat deponije pepela TE „Gacko“ na unutrašnjem odlagalištu PK „Gračanica“ deponija pepela – kasete II (2002).
- \*\*\* Hydropower (2012). Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Volume 1: Power Sector, Issue 3/5. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, UAE.
- \*\*\* Idejni projekat „Deponija pepela Gračanica“ - kratki prikaz, Elektroprivreda Bosne i Hercegovine (1991). Zavod za vodoprivredu, Sarajevo.
- \*\* International Energy Agency (2019). Solar PV: Tracking Clean Energy Progress, <https://www.iea.org/tcep/power/renewables/solarpv/>
- \*\*\* International Renewable Energy Agency – IRENA (2015). Renewable Power Generation Cost in 2015, Innovation and Tehnology Centre IITC, Bon, Germany.
- \*\*\* Istraživanje stanja kvaliteta vode akumulacije Bilećko jezero, jun-septembar 2009. – Izvještaj (2009). Institut za vode, Bijeljina.
- \*\*\* Istraživanje stanja kvaliteta vode akumulacije Bilećko jezero, jun-oktobar 2010. – Izvještaj (2010). Institut za vode, Bijeljina.
- \*\*\* Izvještaj analiza otpadnih voda iz R i TE Gacko, Kvantitativno-kvalitativna analiza riječnog sliva Gatačkog polja (2003). Institut za vode, Bijeljina.
- \*\*\* Izvještaj o provedenoj QA/QC kontroli u skladu sa BAS EN 14181 za sistem za kontinuirani monitoring dimnih gasova u TE Gacko (2008). Dokumentacija R i TE.
- \*\*\* Izvještaj o rezultatima kontrole plodnosti zemljišta (2011). Poljoprivredni institut Republike Srpske, Banjaluka.

- \*\*\* Izvještaj o uporednim mjerenjima emisije u zrak polutanata u dimnim gasovima iz kanala A i B na lokalitetu R i TE Gacko (2008). Dokumentacija RiTE.
- \*\*\* Izvještaj o uzorkovanju zemljišta (2011). Poljoprivredni institut Republike Srpske, Banjaluka.
- \*\*\* Izvještaj o uzorkovanju, mjerenju, laboratorijskom ispitivanju emisije štetnih materija u vazduh: analiza uglja, šljake i pepela (2007). Sistem Qualita, S. d.o.o Pale.
- \*\*\* Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina opasnih i štetnih materija u zemljištu, Službene novine Federacije BiH, broj 52/09.
- \*\*\* Procjena stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korištenjem – Studija (2013). Zavod za vodoprivredu, Bijeljina.
- \*\*\* Projekat izvedenog stanja monitoringa kvaliteta vazduha u Gacku (2011). Dokumentacija TE.
- \*\*\* Prostorni plan posebnog područja „Sliv Trebišnjice 2010. godine” – Analitičko-dokumentaciona osnova (1990). Institut za arhitekturu, urbanizam i prostorno planiranje arhitektonskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo.
- \*\*\* Studija o ekonomskoj opravdanosti izgradnje vjetroparka “ Trusina” u Nevesinju, Republika Srpska (2011). BiH Institut za građevinarstvo „IG”, Trebinje.
- \*\*\* Rijeka Bregava, mogućnost povećanja malih voda (1986). Hidroelektrane na Trebišnjici - Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje.
- \*\*\* Studija o ekonomskoj opravdanosti za produženje koncesionog ugovora sa 30 na 50 godina za izgradnju i eksploataciju vjetroparka u Nevesinju od 49,5 MW, izgrađenog u pet proizvodnih kapaciteta (2017). Institut za zaštitu i ekologiju Republike Srpske, Banjaluka.
- \*\*\* Studija procjena stanja ihtiofaune na akumulacijama Bileća i Trebinje sa planom zaštite i održivim korišćenjem (2013). Zavod za vodoprivredu, Bijeljina.
- \*\*\* Studija uticaja projekta HE „Dabar” na životnu sredine, nacrt studije (2012). Projekt a.d. Banjaluka.
- \*\*\* Uticaj prevođenja voda Dabarskog polja na režim voda rijeke Bregave – Elaborat (1985). Hidroelektrane na Trebišnjici - Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje.
- \*\*\* Uticaj prevođenja voda rijeke Zalomke na režim voda Bune i Bunice (1985). Hidroelektrane na Trebišnjici - Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje.
- \*\*\* Višenamjensko korišćenje voda Gornjih horizonata rijeke Trebišnjice (1984). Elektroprivreda – RO HE na Trebišnjici, Trebinje.
- \*\*\* Who (2005). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>, pristupljeno 19.06.2018.
- \*\*\* Who (2014). Air quality in Europe – 2014 report, Publication Office of the European Union, EEA, Luxemburg.
- \*\*\* Who (2017). Air quality in Europe – 2017 report, Publication Office of the European Union, EEA, Luxemburg.

- \*\*\* World Small Hydropower Development Report - WSHPDR (2016). United Nations Industrial Development Organization, Vienna, and International Center on Small Hydro Power, Hangzhou.
- \*\*\* Zapisnik o izvršenim mjerenjima u životnoj sredini. Institut za ekologiju, zaštitu na radu i zaštitu od požara (2015). Naučno – istraživački institut.
- \*\*\* Zapisnik o izvršenim mjerenjima u životnoj sredini. Institut za ekologiju, zaštitu na radu i zaštitu od požara (2016). Naučno – istraživački institut.
- \*\*\* Zapisnik o mjeranju ukupnog ekvivalentnog nivoa vanjske buke na lokaciji hidroelektrane Trebinje 1 – Grančarevo (2015). Zavod za ekologiju, Banjaluka.
- \*\*\* Zapisnik o mjeranju ukupnog ekvivalentnog nivoa vanjske buke na lokaciji hidroelektrane Trebinje 2 – Gorica (2015). Zavod za ekologiju. Banjaluka.

#### Интернет странице

- [www.elektroprivreda-rs.com](http://www.elektroprivreda-rs.com) (приступљено 25.02.2020.)
- [www.vladars.net](http://www.vladars.net) (приступљено 14.04.2021.)
- [www.ers.ba](http://www.ers.ba) (приступљено 02.06. 2019.)
- [www.ritegacko-rs.ba](http://www.ritegacko-rs.ba) (приступљено 20.09.2020.)

## СПИСАК ТАБЕЛА

- Табела 1. Средња мјесечна и годишња температура ваздуха за период 2000-2015. г.
- Табела 2. Средња мјесечна и годишња влажност ваздуха за период 2000 – 2015. год.
- Табела 3. Средња мјесечна и годишња инсолација у часовима за период од 2000 -2015. г.
- Табела 4. Средња мјесечна и годишња количина падавина за период 2000 – 2015. г.
- Табела 5. Стање система електрана на Требишњици
- Табела 6. Укупне резерве угља Гатачког угљеног басена
- Табела 7. Резултати мјерења брзине вјетра на локацији Трусина са стубом висине 12 m
- Табела 8. Резултати мјерење брзине вјетра на локацији Трусине са стубом висине 50 m
- Табела 9. Резултати мјерења емисије димних гасова за ТЕ Гацко - велика котловница
- Табела 10. Граничне вриједности емисија из ложишта на чврста горива
- Табела 11. Резултати емисије димних гасова (вањска температура 16°C, при снази котла од 25,4 MW)
- Табела 12. Граничне вриједности емисија из ложишта
- Табела 13. Граничне вриједности емисија из ложишта за течна горива
- Табела 14. Емисија сумпор диоксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2014. године
- Табела 15. Емисија укупних оксида азота ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2014. године
- Табела 16. Емисија укупних чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2014. године
- Табела 17. Емисија сумпор диоксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. године
- Табела 18. Емисија азотних оксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. године
- Табела 19. Средња вриједност емисије чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2015. год
- Табела 20. Анализа емисије сумпор диоксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) за 2016. годину
- Табела 21. Емисија азотних оксида ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2016. године
- Табела 22. Емисија чврстих честица ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) у димном гасу 2016. године
- Табела 23. Анализа отпадних вода
- Табела 24. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода
- Табела 25. Анализа отпадних вода
- Табела 26. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода
- Табела 27. Анализа отпадних вода
- Табела 28. Физичко-хемијске карактеристике отпадних вода
- Табела 29. Анализа отпадних вода
- Табела 30. Измјерене концентрације минералних уља у отпадним водама
- Табела 31. Резултати испитивања отпадних вода – постројење за пречишћавање отпадних вода-испуст пречишћених отпадних вода
- Табела 32. Хемијске карактеристике процједне воде – Депонија пепела
- Табела 33. Хемијске карактеристике воде ријеке Грачанице – испод испуста отпадних вода
- Табела 34. Хемијске карактеристике површинске воде Водосабирник „ВС-1”
- Табела 35. Хемијске карактеристике површинске воде Водосабирник „ВС-2”

- Табела 36. Резултати физичко-хемијских испитивања отпадне воде из одшљакивача
- Табела 37. Резултати физичко-хемијских испитивања вода на мјесту спајања ријека Грачанице и Мушнице
- Табела 38. Резултати физичко-хемијских испитивања вода – старо корито ријеке Мушнице прије улијевања у Грачаницу
- Табела 39. Резултати физичко-хемијских испитивања вода – Водосабирник А1
- Табела 40. Резултати хемијске анализе земљишта
- Табела 41. Карактеристике узорака
- Табела 42. Резултати основних параметара плодности
- Табела 43. Укупан садржај тешких метала
- Табела 44. Максимално дозвољене количине опасних и штетних материја
- Табела 45. Резултати хемијске анализе земљишта
- Табела 46. Концентрација природних и произведених радионуклида (Bq/kg) у угљу, пепелу, шљаци и земљишту
- Табела 47. Активност природних и произведених радионуклида у водама (Bq/l)
- Табела 48. Укупна алфа и бета активност (Bq/l) у водама
- Табела 49. Резултати мјерења нивоа буке
- Табела 50. Хемијски састав пепела
- Табела 51. Годишња количина индустријског отпада
- Табела 52. Резултати мјерења квалитета ваздуха на локацији ХЕТ I и ХЕТ 2
- Табела 53. Резултати мјерења нивоа буке – брана Горица
- Табела 54. Резултати мјерења нивоа буке – брана Гранчарево
- Табела 55. Резултати испитивања садржаја РСВ -а у уљу трансформатора
- Табела 56. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара Горичког језера за период од 2014-2019. године.
- Табела 57. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године
- Табела 58. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године
- Табела 59. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара ријеке Требишњице за период од 2014-2019. године
- Табела 60. Минималне, максималне и средње вриједности физичко хемијских параметара Билећког језера за период од 2014-2019. године
- Табела 61. Отпадна вода испод биопречистача на брани Гранчарево
- Табела 62. Отпадна вода испод биопречистача на брани Горица
- Табела 63. Резултати мјерења квалитета ваздуха
- Табела 64. Резултати мјерења петнаестоминутног еквивалентног нивоа буке
- Табела 65. Резултати измјерених параметара квалитета ваздуха
- Табела 66. Резултати испитивања отпадних вода
- Табела 67. Измјерене вриједности нивоа буке у животној средини

## СПИСАК ГРАФИКОНА

- Графикон 1. Средња мјесечна и годишња температура ваздуха за период 2000-2015. г.
- Графикон 2. Средња мјесечна и годишња влажност ваздуха за период 2000-2015. г.
- Графикон 3. Средња мјесечна количина падавина за период 2000-2015. г.
- Графикони 4. Честина правца вјетра (у %) за период 2004-2018. г. у Гацку
- Графикони 5. Средња јачина вјетра (у бофорима) за период 2004-2018. г. у Гацку
- Графикон 6. Честина правца вјетра за период 1956-1984. г. у Требињу
- Графикон 7. Честина правца вјетра у Билећи
- Графикон 8. Преглед производње угља у Гатачком басену од 1983 – 2019. године
- Графикон 9. Средња вриједност емисије сумпор-диоксида ( $\text{SO}_2$ ) у димном гасу канал А и Б
- Графикон 10. Средња вриједност емисије оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б
- Графикон 11. Средња вриједност емисије чврстих честица у димном гасу канал А и Б
- Графикон 12. Средња вриједност емисије  $\text{SO}_2$  у димном гасу канал А и Б
- Графикон 13. Средња вриједност емисије оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б
- Графикон 14. Средња вриједност емисија чврстих честица у димном гасу канал А и Б
- Графикон 15. Средња вриједност емисије сумпор-диоксида ( $\text{SO}_2$ ) у димном гасу канал А и Б
- Графикон 16. Просјечна емисија оксида азота ( $\text{NO}_x$ ) у димном гасу канал А и Б
- Графикон 17. Просјечна емисија чврстих честица у димном гасу канал А и Б
- Графикон 18. Укупна продукција сумпор диоксида, оксида азота и чврстих честица 2009 - 2014. године
- Графикон 19. Имисија сумпор-диоксида
- Графикон 20. Имисија азот-диоксида
- Графикон 21. Имисије чврстих честица
- Графикон 22. Приказ резултата нивоа буке у радној средини
- Графикон 23. Састав комуналног отпада који се продукује унутар индустријског круга ТЕ Гацко

## СПИСАК СЛИКА

- Слике 1 и 2. Шкрапе на Бјеласници
- Слика 3. Гатачко поље
- Слика 4. Инсталисане снаге енергетских постројења Републике Српске, 2020. године
- Слика 5. Удио појединих електрана у укупно оствареној производњи електричне енергије 2020. године
- Слика 6. Удио појединих термоелектрана у укупној производњи електричне енергије у Републици Српској, 2020. године
- Слика 7. Удио појединих хидроцентрала у укупној производњи електричне енергије у Републици Српској, 2020. године
- Слика 8. Подјела извора енергије

Слика 9. Шематски приказ геолошког стуба гатачке угљоносне формације  
Слике 10 и 11. Рудник и термоелектрана Гацко  
Слике 12 и 13. Испуштање непречишћених димних гасова у ваздух  
Слика 14. Угрожене зоне у општини Гацко  
Слике 15 и 16. Депонија пепела „Дражљево“  
Слика 17. Депонија пепела на површинском копу „Грачаница“ касета I и II  
Слика 18. Депонија јаловине  
Слике 19 и 20. Хидроелектрана Требиње I, брана Гранчарево  
Слика 21. Хидроелектрана Требиње II, брана Горица  
Слика 22. Трансформатори на постројењу ХЕТ I  
Слике 23 и 24. Биопречистач ХЕТ II и Биопречистач ХЕТ II  
Слике 25 и 26. Мријестилиште Миротињ и рибогојилиште Јазина  
Слика 27. Мала хидроцентрала „До“ на Брегави

#### СПИСАК КАРТА

Карта 1. Границе условно дефинисаног простора источне Херцеговине  
Карта 2. Географски положај и границе општина источне Херцеговине  
Карта 3. Релјефна карта источне Херцеговине  
Карта 4. Требињско и Попово поље  
Карта 5. Систем Горњих хоризоната  
Карта 6. Ситуациона карта измјештања површинских токова  
Карта 7. Локација узорковања земљишта  
Карта 8. Локација узорковања земљишта  
Карта 9. Локације мјерења нивоа буке  
Карта 10. Хидросистем Требишњице Горњи и Доњи хоризонти

## БИОГРАФИЈА

Љиљана (Милан) Црногорац је рођена 02.03.1989. године у Требињу. Основну школу и гимназију је завршила у Гацку.

Основне студије Географије на Филозофском факултету Универзитета у Источном Сарајеву уписала је школске 2008/2009. године и дипломирала 2012. године са просјечном оцјеном 9,56. После дипломирања наставила је школовање уписом на мастер студије Географског факултета, Универзитета у Београду, смјер Геопросторне основе животне средине. Мастер рад на тему „Утицај Рудника и термоелектране Гацко на животну средину“ под менторством проф. др Дејана Филиповића одбранила је 2013. године оцјеном 10 и стекла звање Мастер географ за област животне средине.

Докторске студије Геонаука на Географском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2015/2016. године.

Члан је Српског географског друштва „Јован Цвијић“, Географско-истраживачког друштва „Јевто Дедијер“ и Српског просвјетног и културног друштва „Просвјета“ Гацко.

У свом досадашњем раду учествовала је на већем броју научних и стручних скупова националног и међународног значаја. Аутор је више научних радова објављених у водећим домаћим и међународним часописима.



## **ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ**

Име и презиме аутора: **Љиљана Црногорац**

Број индекса: **11/2015**

**Изјављујем**

да је докторска дисертација под насловом

### **УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКОГ РАДА**

Име и презиме аутора: **Љиљана Црногорац**

Број индекса: **11/2015**

Студијски програм: **Геонауке**

Наслов рада: **УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ  
ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

Ментор: проф. Др Дејан Филиповић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

### **УТИЦАЈ КОРИШЋЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ИСТОЧНЕ ХЕРЦЕГОВИНЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

**3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.