

АНТРОПОГЕНИ УТИЦАЈ РУДНИКА И ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ (РИТЕ) УГЉЕВИК НА САДРЖАЈ ЕКОТОКСИЧНИХ МЕТАЛА У ПОДЗЕМНИМ И ПОВРШИНСКИМ ВОДАМА СЕМБЕРИЈЕ

Миленко Савић, Жељко Остојић

“Институт за воде” д.о.о. Бијељина, Ул. Милоша Обилића 51 76300 Бијељина

Телефон: ++ 387 55 203 567

Факс: ++ 387 55 211 574

savic@institutzavode.com zeljkooooo@institutzavode.com

Сажетак

Концентрација екотоксичних метала у траговима у сливу ријеке Јање је главни предмет испитивања овог рада. Посебан акценат дат је на испитивање концентрација екотоксичних метала у површинским водама Јање, Мезграјце и Угљевичке Ријеке које се налазе у непосредној близини рудника и термоелектране Угљевик. Анализирани су следећи метали: сребро, алуминијум, бор, баријум, бизмут, калцијум, кадмијум, кобалт, хром, бакар, жељезо, калијум, литијум, магнезијум, манган, никл, олово, стронцијум, цинк, жива, арсен и селен. Поред метала, одеђени и анализирани су рН, електропроводљивост и температура воде. Концентрације укупних метала су одређене методом ICP-OES, индуковано спрегнута плазма са оптичком емисионом спектрометријом. Резултати анализа показују да ријека Јања (Модран) трпи велико антропогено загађење али није доказано да загађење има утицај на квалитет подземних вода.

Кључне ријечи: ICP-OES, концентрација метала, Јања (Модран)

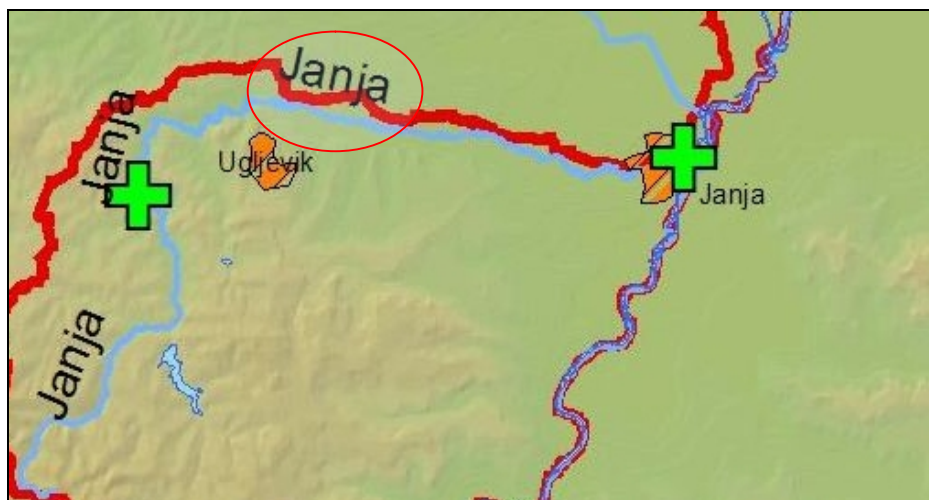
Abstract

Concentration of eco-toxic trace metals in the basin of river Janja (Modran) was the main subject of this paper. The emphasis was given on the concentration of eco-toxic metals in the rivers Janja (Modran), Mezgrajica, and Ugljevicke Rijeka, which are all nearby the coal mine and the power plant Ugljevik. The list of analysed metals is composed of: silver, aluminum, boron, barium, bismuth, calcium, cadmium, cobalt, chrome, copper, iron, potassium, lithium, magnesium, manganese, nickel, lead, strontium, zinc, mercury, arsenic, and selenium. Beside metal concentration, pH, conductivity, and water temperature were measured and analysed. Concentrations of total metals were determined by the ICP-OES, inductively coupled plasma with optical emission spectrometry. The results have showed that the river Janja (Modran) suffers a great anthropogenic pollution but it hasn't been proven that pollution has an impact on groundwater quality.

Key words: ICP-OES, metal concentration, Janja (Modran)

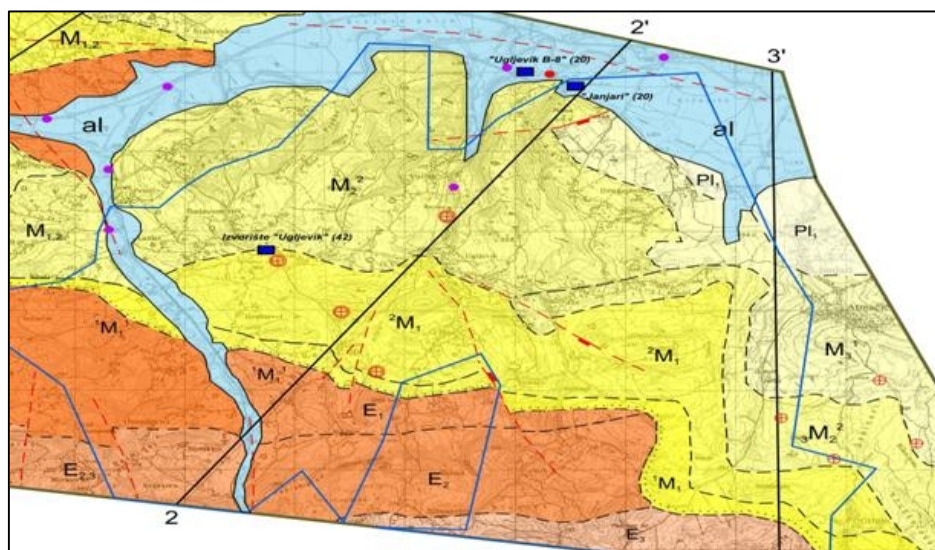
УВОД

У многим радовима који описују испитивања о концентрацијама метала у животној средини примјетно је коришћење термина „тешки метали“. То је прилично неприкладан термин, јер и неки лаки метали, као што је берилијум, су отровни, док са друге стране гвожђе, као тешки метал, није. Најприкладније би било користити назив метали у траговима (траце метала) или еко токсични метали јер су њихове природне концентрације врло ниске (ppb). Најчешће повећање концентрације метала у неком еколошком систему је антропогеног поријекла. Воде постају прилично опасне по живи свијет али непосредно или посредно и по човјека. Метали су у водама увијек присутни и њихове концентрације су регулисане природним процесима. Загађење вода металима услед људских активности постаје озбиљан еколошки проблем, поготово зато што се метали акумулирају те када се једном унесу у систем постају трајно његов дио. Смртоносне болести [1.], [2.] као тумори, запушења носних слузница и грла, едема очних капака, као и неки генетски поремећаји за узрочнике имају повећане концентрације токсичних метала, у организмима људи. Да бисмо могли одредити антропогени утицај на неки ријечни водени систем морамо познавати природни састав тог система прије и после извора загађења, као и подручје у којем се водени систем налази односно састав стијена и тла. Слика 1 представља карту слива ријеке Јање (Модран) али и зону интензивног мјерења концентрација метала око рудника и термоелектране (РиТЕ) Угљевик.



Слика 1. Карта слива Јање (Модран)

Дефинисање профила је обављено у сарадњи са РиТЕ Угљевик и Гео заводом Зворник. Профили су приказани на слици 2.



Слика 2. Просторни распоред дефинисаних профила са геолошким подлогом

Сви профили се налазе непосредно у зони прихрањивања подземних вода ертерске издани. Идентификација, узимање и анализа узорака је обављена у марту 2010. године. Општи подаци о мјерним мјестима су приказани у табели 1.

Табела 1. Дефинисани профили за узорковање са општим подацима

Редни број	Мјерно мјесто	Координате		Надморска висина
		X	Y	
1.	Јања (улаз) - мост ТЕ Угљевик	4949370,82	6576749,90	169,00
2.	Мезграјица-после улива В. потока	4948017,61	6577313,50	189,00
3.	Мезграјица-послије рудних вода	4948724,60	6577346,40	183,53
4.	Мезграјица-ушће у Јању	4949776,80	6577843,00	161,60
5.	Угљ. Ријека - прије старог Угљевика	4948515,00	6580445,80	181,00
6.	Угљ. Ријека –ушће у Јању	4950045,50	6580896,60	155,43
7.	Јања (излаз) - У. Обријеж	4950149,00	6582349,00	146,40
8.	Б8 - Бунар за водоснабјевање	-	-	-
9.	Артерска издан - Угљевичка Обријеж	-	-	-

НАЧИН И МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА

Узорковање воде, конзервирање и транспорт узорака извршено је према методи BAS ISO 5667:2,3 и 6 [3.], [4.] и [5.]. Температура, pH и електропроводљивост су одређене на лицу мјеста (ин ситу) сљедећим инструментима: Дигитални термометар PT-411 Elmetron, pH-metar Senso Direct 197и кондуктометар Senso Direct Con 197. Дигестија узорака извођена је у микроталасној пећи ETHOS 1, Advanced Microwave Digestion Sistem, MILESTONE, са ротором HPR-1000/10S high pressure segmented rotor. Метода по којој је рађена дигестија је: Digestion Application Note US EPA METHOD 3015. Мјерења концентрација метала у овом раду су извршена на оптичком емисионом спектрометру са индуковано куплованом плазмом iCAP 6500 Duo ICP, Thermo SCIENTIFIC, UK. Овај систем има интегрисану јединицу за генерисање хидрида. Хидридном техником одређене су концентрације живе,

арсена и селена. За припрему свих калибрационих раствора на ICP-OES за директну технику коришћен је мултиелементи стандард Multi-Element Plasma Standard Solution 4, Specpure®, Alfa Aesar GmbH & Co KG (Germany) концентрације 1000 ppm. Калибрационе криве су прављене у опсегу од 0,1- 1000 ppb. За хидридну технику коришћен је стандард Multi-Element Plasma Standard Solution 4, Specpure®, Alfa Aesar GmbH & Co KG (Germany). Калибрационе криве су прављене у опсегу од 1- 200 ppb.

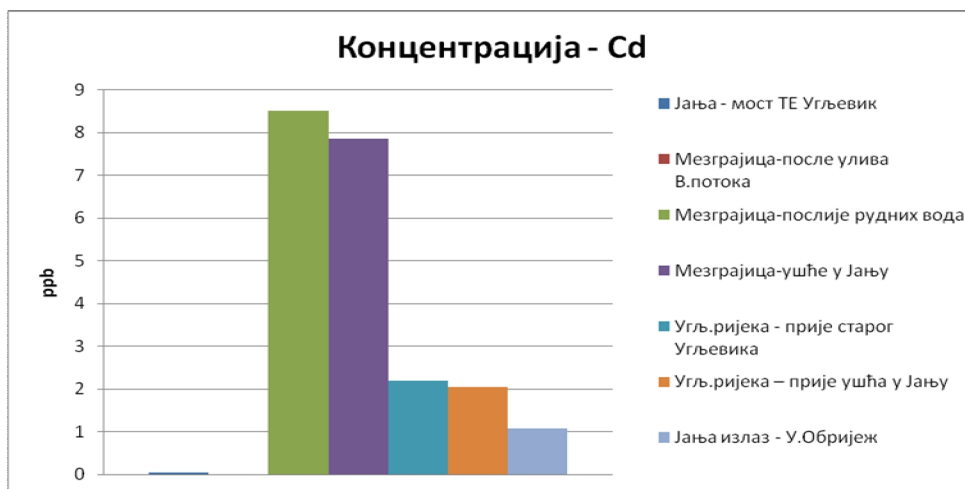
РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

Испитивања су показала да је рН вриједности површинских вода Мезграјице, Угљевичке Ријеке и ријеке Јање (Модран), у алкалном опсегу 7,7-8,3. Максимално забиљежена вриједност рН је констатована на два мјерна профила у току испитивања, и то на шестом и седмом мјерном мјесту, што је последица изливања рудних отпадних вода, насталих као последица експлоатације угља, и отпадних вода из ТЕ Угљевик, чему се придружују комуналне отпадне воде из локалне заједнице Угљевик. Приликом испитивања најмања измјерена вриједност електропроводљивости је износила 289,00 [$\mu\text{S}/\text{cm}$] на првом мјерном месту на ријеци Јањи (Модран), прије уливања Мезграјице и Угљевичке Ријеке, па до 1397,00 [$\mu\text{S}/\text{cm}$] на шестом мјерном месту на Угљевичкој Ријеци. Резултати испитивања рН, електропроводљивости и температуре су приказани у табели 4.

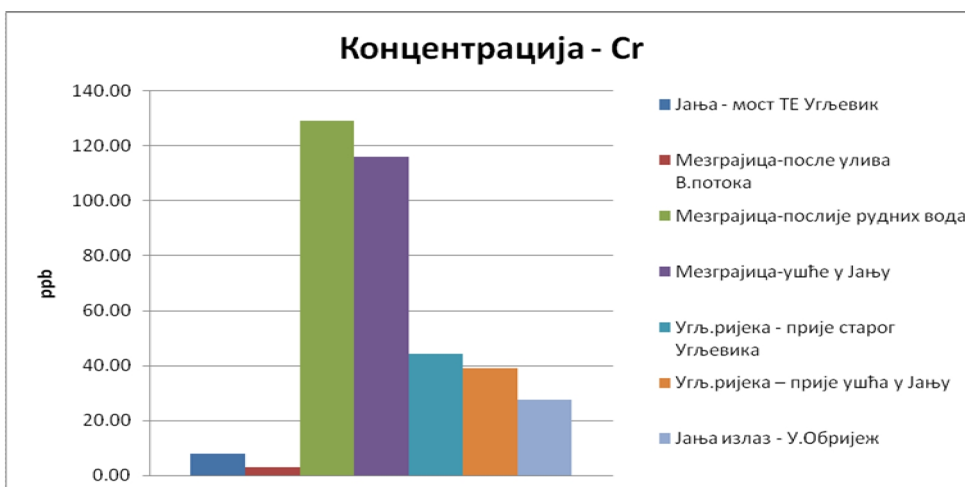
Табела 4. Резултати рН, електропроводљивост и температура

Редни број	Мјерно мјесто	In situ параметри		
		pH	Ер ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	t (°C)
1.	Јања (улаз) - мост ТЕ Угљевик	8,2	289,0	6,9
2.	Мезграјица-после улива В.потока	7,7	696,0	6,9
3.	Мезграјица-послије рудних вода	7,9	740,0	7,6
4.	Мезграјица-ушће у Јању	7,8	742,0	8,0
5.	Угљ.Ријека - прије старог Угљевика	8,2	1166,0	7,8
6.	Угљ.Ријека –ушће у Јању	8,3	1397,0	9,0
7.	Јања (излаз) - У.Обријеж	8,3	576,0	9,4
8.	Б8 - Бунар за водоснабдјевање	7,8	838,0	10,0
9.	Артерска издан - Угљевичка Обријеж	8,0	618,0	17,6

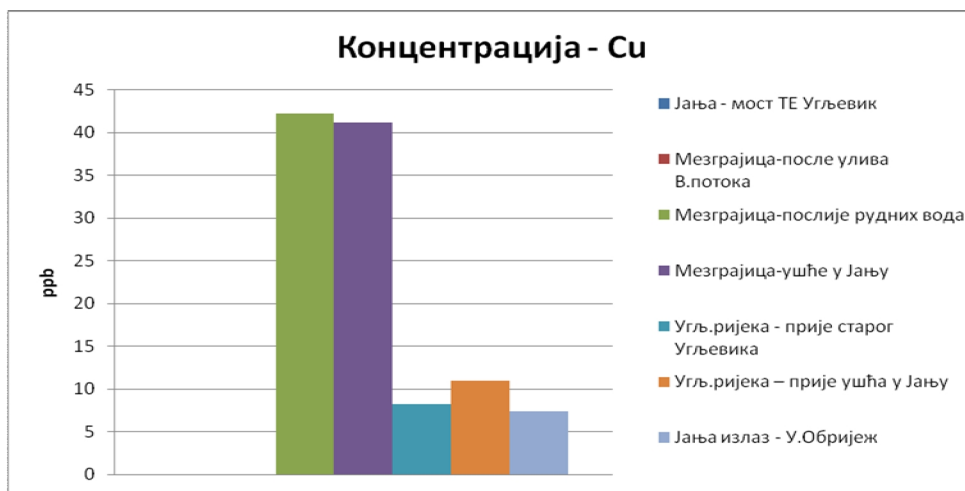
Анализом присуства метала може се закључити да воде ријеке Јање (Модран), због разнородног присуства метала, поготово метала који су означени као изузетно токсични од стране Европског Парламента и то олова, никла, кадмијума, арсена и живе, али и због чињенице да се метали у водама акумулирају у седименту, тако да њихово квантитативно присуство дефинише класу водотока. На сликама 3, 4, 5, 6, 7, 8, и 9 су приказане концентрације метала који прелазе вриједности за 5 класу.



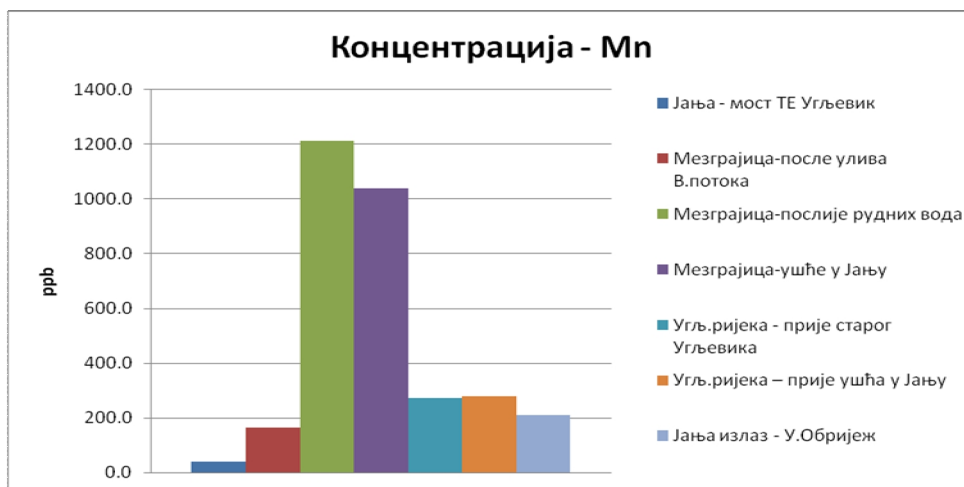
Слика 3. Концентрације кадмијума на дефинисаним профилима (ppb)



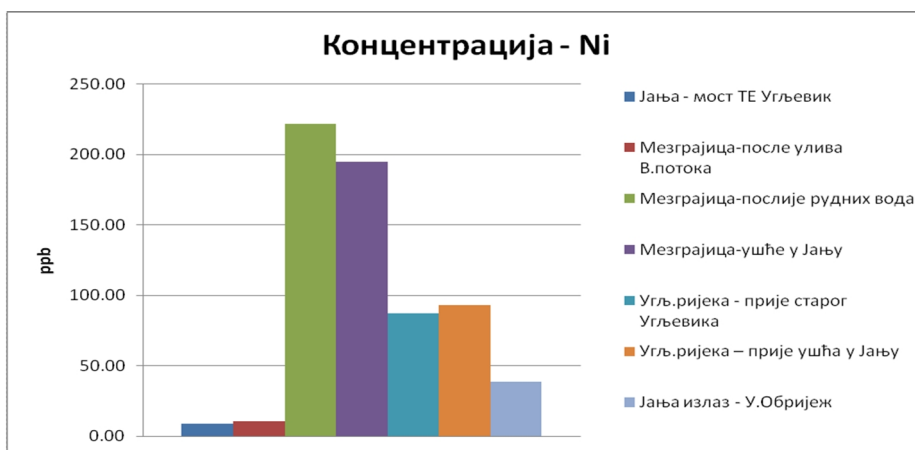
Слика 4. Концентрације хрома на дефинисаним профилима (ppb)



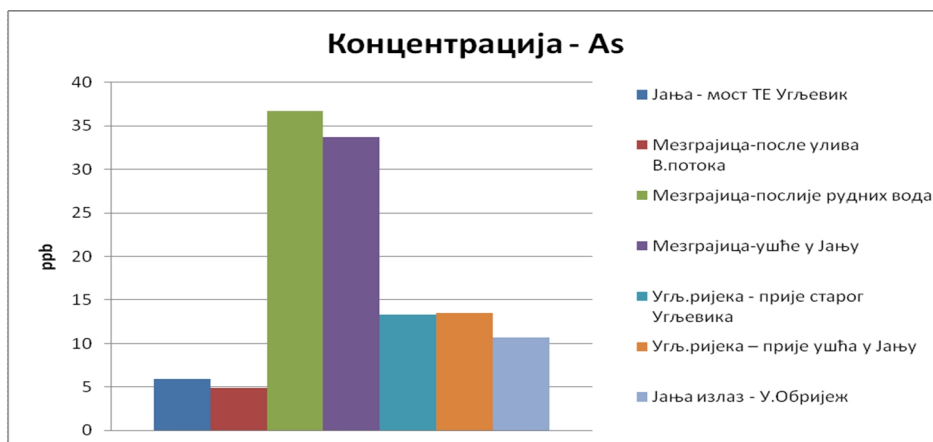
Слика 5. Концентрације бакра на дефинисаним профилима (ppb)



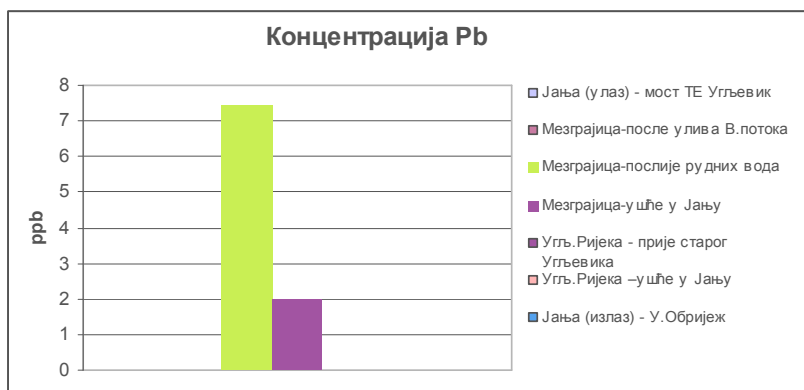
Слика 6. Концентрације мангана на дефинисаним профилима (ppb)



Слика 7. Концентрације никла на дефинисаним профилима (ppb)



Слика 8. Концентрације арсена на дефинисаним профилима (ppb)



Слика 9. Концентрације олова на дефинисаним профилима (ppb)

Највеће концентрације метала су забиљежене у водама Мезграјице јер је директно изложена рудничким водама али и отпадним водама термоелектране. Није детектовано присуство сребра, бизмута и индијума, галијум и бакар присутни само на два профила Мезграјице, а жива је присутна на трећем профилу Мезграјице.

Концентрације метала који нису детектовани у површинским водама на профилима 1 до 7 (сребро, бизмут, галијум и индијум) нису представљене у табели 5, а њихова вриједност је 0,1 ppb. Концентрације калцијума, магнезијума и калијума су велике јер су они представници макро елементних метала. Алуминијум и жељезо су такође присутни у великим концентрацијама јер су ослобођени из нерастворних силиката путем дигестије. Концентрације готово свих метала на профилу Јања (Модран) улаз који представља улаз у подручје загађења су знатно повишене на профилу Јања (Модран) излаз. У подземним водама нису детектовани сљедећи метали: сребро, бизмут, кадмијум, кобалт, галијум, индијум, олово и жива, а алуминијум, хром, никл, бакар и арсен није детектован у артерској води. Остале концентрације не прелазе максимално дозвољене концентрације према директиви (80/778/ЕЕС) [6.]. Табела 5 приказује концентрације свих детектованих метала.

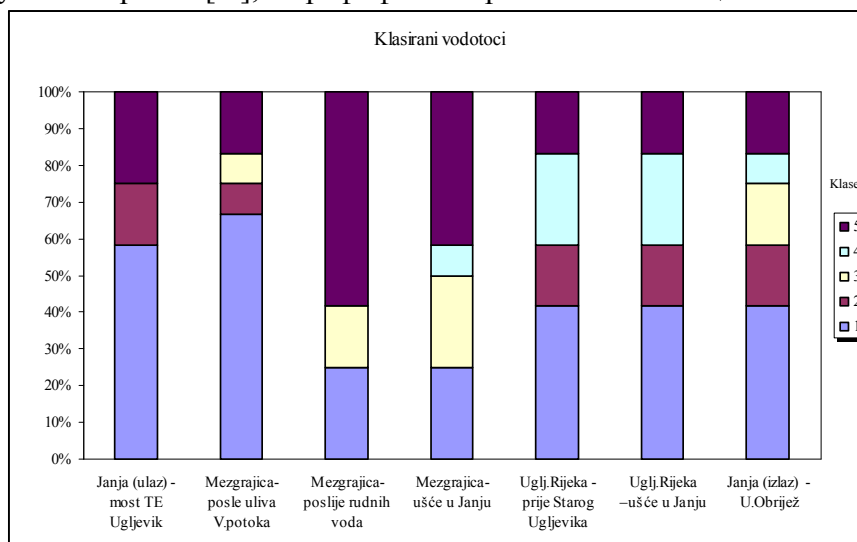
Табела 5. Приказ концентрација метала (ppb)

Метал	Hg	Ga	Pb	Cd	Co	Cu	As	Zn	Li	Cr	B
Јања (улаз) - мост ТЕ Угљевик	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,93	0,42	17,5	8,01	78,7
Мезграјица-после улива В. потока	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	4,93	<0,1	48,0	3,01	127
Мезграјица-послије рудних вода	1,55	4,15	7,43	8,51	28,4	42,2	36,7	105	132	129	221
Мезграјица-ушће у Јању	<1	2,78	1,98	7,86	24,1	41,1	33,7	106	113	116	188
Угљ. Ријека - прије старог Угљевика	<1	<0,1	<0,1	2,20	6,79	8,27	13,3	22,8	79,5	44,2	148
Угљ. Ријека -ушће у Јању	<1	<0,1	<0,1	2,04	7,15	10,9	13,5	28,8	107	39,0	217
Јања (излаз) - У.Обријеж	<1	<0,1	<0,1	1,09	2,87	7,35	10,7	21,2	36,6	27,5	69,0
Б8 - Бунар за водоснабјевање	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,35	<1	29,5	8,35	1,90	62,9
Артерска издан - Угљевичка Обријеж	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	1,05	27,5	<0,1	95,3

Nastavak Tabele 5. Приказ концентрација метала (ppb)

Метал	Ba	Ni	Mn	Sr	Mn	Al	K	Mg	Fe	Ca
Јања (улаз) - мост ТЕ Угљевик	52,2	9,12	39,1	342	39,1	2484	2185	12460	1862	52979
Мезграјица-после улива В.потока	34,1	10,7	166	956	166	623	6062	27274	744	115979
Мезграјица-послије рудних вода	217	222	1211	1548	1211	34778	12256	39561	49025	195404
Мезграјица-ушће у Јању	190	195	1039	1289	1039	32103	10659	34874	45937	161779
Угљ.Ријека - прије старог Угљевика	76,5	87,4	272	1022	272	10434	7374	28474	13250	120029
Угљ.Ријека –ушће у Јању	73,4	93,0	278	1478	278	8756	8932	34411	12115	129779
Јања (излаз) - У.Обријеж	76,4	38,6	212	572	212	8736	4355	17674	9105	73429
Б8 - Бунар за водоснабдјевање	31,3	0,54	0,52	485	0,52	6,89	1780	13599	6,84	110479
Артерска издан - Угљевичка Обријеж	202	<0,1	3,37	1758	3,37	<0,1	2389	16711	11,8	25379

Водотоци су класирани према официјелној уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске [7.], и графички приказани на слици 10.



Слика 10. Класирани водотоци према концентрацијама метала

Хидрогеолошке карактеристике подручја Корај-Угљевик-Тавна

За сагледавање хидрогеолошке грађе терена са аспекта предметне проблематике најзначајније је сагледати улогу карбонатних седимената тортона (M_2^2), сармата (M_3^1), те алувијалних (ал) пјесковит-шљунковитих наслага у долинама површинских токова, прије свага Јање (Модрана) приказано на слици 2.

Такође, за сагледавање евентуалних утицаја људких активности на квалитет подземних вода у оквиру побројаних стијенких маса (у којима су формиране издани) неопходно је сагледати однос површинских и подземних вода. Ту се првенствено мисли на квалитет ријечне воде Јање (Модрана), Мезграјице и Угљевичке Ријеке, утицај антропогене

активности у сливу на њихов квалитет, те надаље могући утицај површинских вода на квалитет подземних вода. Хидрогеолошке карактеристике стијенских маса на разматраном подручју у највећем предодређују литолошке карактеристике. У том смислу могу све издвојити практично три типа издани: збијени (у алувијалним наслагама, најзначајнији онај у наслагама Јање (Модрана)), пукотински и карстно-пукотински тип у седиментима тортонске и сарматске старости.

Најзначајнија издан, практично карстно-пукотинског типа, формирана је у кречњацима тортона (M_2^2), на слици 2 видљивим са обје стране Угљевичке Ријеке. На сјеверу се пружају даље од обухвата саме карте, испод алувијаних седимената, а даље су маркирани седиментима плиоквартара (Пл, Q). У појединим дијеловима терена мањег површинског распрострањења ове насlage доминатно изграђују плочасти лапори, као што је то у подручју Драгојевића и јужно од линије Угљевик-Дол. У том случају тортонске насlage имају својство хидрогеолошког изолатора.

Сарматске насlage (M_3^1), као и дио тортонских наслага у изворишном дијелу Лазића потока, углавном се карактеришу пукотинском порозношћу и мањом водообилношћу у односу на кречњачке насlage тортона.

С обзиром на директан контакт пјесковито-шљунковитих седимената и кречњака тортона, у подручју распрострањења ових првих, формира се јединствена издан. Узевши у обзир чињеницу да се збијена издан у шљунковима доминатно прихрањује ријечном водом јасан је могући утицај онечишћења из површинских водотока на квалитет изданских вода.

Свакако да сагледавање могућег утицаја захтијева читав низ анализа, како оних везаних за начин загађења површинских вода, врсте онечишћивача, тако и анализу могуће импликације на изданске воде, а која је свакако могућа.

ЗАКЉУЧАК

Резултати анализа показују да ријека Јања (Модран) трпи велико антропогено загађење али није доказано да загађење има утицај на квалитет подземних вода. Наиме концентрације готово свих метала на улазу у зону рудника и термоелектране су евидентно повишене на излазу из Угљевика. Послије мјерења рН и електропроводљивости било је видљиво да су првенствено Мезграјица, али и Угљевичка Ријека оптерећене са екотоксичним металима. Послије анализе укупних метала методом индукковано спрегнуте плазме са оптичком емисионом спектрометријом види се и појединачно да је, за све детектоване метале, вриједност концентрације порасла. Пошто је површина зоне прихрањивања артерских издани приближно 50 km^2 , а концентрације токсичних метала у површинским водама испитиваног подручја евидентно високе и прелазе вриједности за пету класу квалитета, црвена свјетла су упаљена.

Праћење стања квалитета воде ријеке Јање би требало да буде ургентан и приоритетан задатак из више разлога:

- Ријека Јања (Модран) са свим својим водним потенцијалом, са становишта квалитета, непосредно угрожава алувијон кроз који протиче (кроз наводњавање, као и остављање плавног наноса у непосредном окружењу),
- Анализом на присуство метала може се закључити да воде ријеке Јање (Модран), због разнородног присуства метала, поготово метала који су означени као изузетно токсични

од стране Европског Парламента, али и због чињенице да се метали у водама акумулирају у седименту, представљају потенцијално загађене воде.

- Отпадне воде рудника и термоелектране Угљевик, могу угрозити врло брзо изворишта за водоснабдевање Угљевика и сјеверног дијела Семберије.

- Иако није доказано да РИТЕ Угљевик угрожавају квалитет подземних вода (један од разлога је и мали број узорака), важно је схватити да постоји велика вјероватноћа да се онечишћење подземних вода може десити и да се морају предузети превентивне мјере. Најбољи показатељ онечишћења ријеке металима би била секвенцијална анализа седимента. Наиме, пошто метали имају особину акумулације у седименту и при већим вриједностима рН нису растворљиви, они остају везани у седименту и не представљају проблем, али уколико би се рН смањιο тј. средина постала кисела, велики број метала би се растворио у води и самим тиме повећао концентрацију, што би имало за резултат да вода постане токсична.

ЛИТЕРАТУРА

[1.] Johnson, F. M., (1998): “The genetic effects of environmental lead”, *Mutat. Res.*, 410, 123-140.

[2.] Khan, Y. S. A.; Hussain, M. S.; Hossain, S. M. G.; Hallimuzzaman, A. H. M., (1998): “An environmental assessment of tracemetals in Ganges-Brahmaputra-Meghna Estuary”, *J. Rem.Sens. Environ.*, 2, 103-117.

[3.] ISO 5667-2:1991, Water quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques.

[4.] ISO 5667-3:1985, Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples.

[5.] ISO 5667-3:1985, Water quality – Sampling – Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams.

[6.] COUNCIL DIRECTIVE (80/778/EEC) of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption.

[7.] Службени гласник Републике Српске, бр.42/01, Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока.