

VASO NOVAKOVIĆ¹
MILADIN GLIGORIĆ²
RANKO GRUJIĆ¹

Stručni rad
UDC:628.112.161

Uticaj upotrebe komprimovanog vazduha pri izvođenju bunara na rezultate fizičko-hemijskih analiza vode

Za potrebe bušenja ili kvalitetne razrade i ispiranja pijezometara i bunara, često se koristi komprimovani vazduh. Ovim radom se ukazuje na to, da se rastvoreni kiseonik, ubačen u podzemne vode, može zadržati na velikom prostoru i dugo vremena nakon toga. To objektivno može uticati na rezultate ispitivanja fizičko-hemijskog sastava uzoraka podzemne vode, uzetih tokom prvog testiranja bunara.

U radu su prezentovani rezultati ispitivanja ovog uticaja, u akviferu neogene starosti u Stanarima kod Doboja i u aluvijalnoj izdani u Kozluku kod Zvornika, Republika Srpska, korelacijom rezultata ispitivanja odmah nakon izvedbe bunara i kasnije u toku njegovog korišćenja.

Kako bi se u budućnosti eliminisao ovaj problem, u radu su date preporuke za promjenu uobičajene procedure hidrogeoloških istraživanja, da se sagleda efekat aeracije vode u akviferu, tokom razrade bunara.

Ključne riječi: podzemne vode, gvožđe, mangan, amonijak, razrada bunara

UVOD

Bušenje za potrebe izvođenja pijezometara u fazi hidrogeoloških istraživanja, kao i izvođenja bunara, često podrazumijeva korišćenje vazduha, kao fluida za izbacivanje nabušenog materijala, što je dobro objasnio K. Rafferty 2001 [1]. Razlog tome su uglavnom povećana brzina bušenja, očuvanje i poboljšanje filtracionih karakteristika pribušotinske zone u toku bušenja i mogućnost detekcije intervala dubine sa prisutnom podzemnom vodom, već u toku bušenja. Funkcije ispirnog fluida su: održavanje stabilnosti zidova bušotine i sprečavanje obrušavanja, čišćenje dleta i bušotine od krhotina stijene i hlađenje dleta.

Cilj korišćenja komprimovanog vazduha u toku ispiranja i razrade pijezometara i bunara je svakako efikasnije ispiranje i razrada pribunarske zone. Metode i svrha su objašnjeni u stručnoj literaturi i publikovanim radovima od strane T. Hartera 2003. [2]. Od uspješnosti izvedene razrade direktno zavisi kapacitet bunara u datim uslovima.

Korišćenje komprimovanog vazduha pomoću kompresora, za ispiranje i razradu bunara se izvodi utiskivanjem vazduha u bunar i direktno u akvifer, kroz cijevnu konstrukciju (aer-lift sistem), sekcioni ispirrač i otvore bunarskog filtera. Otvaranjem ventila na odvodu, smješa mutne vode sa česticama mulja i pijeska iz pribunarske zone i bunarske cijevne konstrukcije se izbacuje van bunara.

Imajući u vidu da se pri razradi bunara uz korišćenje aerlifta, naizmjenično vazduh utiskuje direktno u sloj uz minimalne gubitke, a kada se otvori ventil na odvodu smješa vazduha i vode djelimično izbacuje iz bunara, neophodno je sagledati orijentacione vrijednosti prečnika zone utiskivanja vazduha oko bunara, i intenzitet procesa aeracije u samom vodonosnom sloju, koji se jednokratno dešava isključivo pod uticajem antropogenog faktora, odnosno primjenom metoda bušenja, razrade i ispiranja bunara.

Vazduh je smješa gasova od kojih su neki u vrlo promjenjivom sastavu. Suvi vazduh je smješa: azota (78,1 %), kiseonika (20,9 %), argona (0,934 %) i u vrlo malim količinama ugljendioksida, neona, helijuma, kriptona i drugih komponenata što je objasnio Randall D. 2010 [3].

Dakle, sa injektiranjem jednog m³ vazduha, u kojem je prosječno sadržano oko 0,2095 m³ ili 299,3755 g kiseonika, teoretski je moguće stvoriti zonu zasićenosti kiseonikom od 50 %, podzemne vode zapremine oko 60 m³.

Kapacitet kompresora koji se pri tom koriste je najčešće oko 8 m³/min sa prosječnim pritiskom od 8 bara.

Ukupno vrijeme, neophodno za razradu bunara se kreće od nekoliko sati za pijezometre na rudnicima, do nekoliko nedelja za velike bunare posebne namjene sa dugim filterima.

Ukoliko razrada bunara traje samo 12 sati (minimalno trajanje razrade), pod pretpostavkom da se 90 % komprimovanog vazduha utisnutnog u bunar izbaci tokom ispiranja van bunara, pri kapacitetu kompresora od 8 m³/min u akvifer se utisne oko 576 m³ vazduha. Ova količina je dovoljna za stvaranje zone zasi-

Adrese autora: ¹DOO „IPIN“ Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, ² Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, R. Srpska

Rad primljen: 20. 09. 2011.

ćenosti od 50 %, podzemne vode kiseonikom zapremine oko 34.500 m³.

Upravo tako se može objasniti pojava koja je utvrđena na primjeru akvifera u Kozluku kod Zvornika i Stanara kod Doboja, da se neposredno nakon završetka procesa bušenja, razrade i ispiranja bunara dobijaju nerealno niske vrijednosti sadržaja gvožđa, mangana i amonijaka, iako je prirodno visok sadržaj ovih parametara hemijskog sastava [4-8].

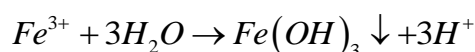
Na osnovu izloženog proračuna, se jasno može zaključiti, da se kiseonik u akviferu može zadržati na velikom prostoru i dugo vremena nakon izvođenja i ispiranja bunara, što objektivno može uticati na rezultate ispitivanja fizičko-hemijskog sastava podzemne vode u toku prvog testiranja bunara.

Za vrijeme razrade i ispiranja bunara, u pijezometre i bunare se prosječno utisne od 1000 m³ (za pijezometre na rudnicima) do 100.000 m³ vazduha (za bunare velikog prečnika, posebne namjene sa dugim filterima). Ako se tome doda i vazduh koji se utisne u akvifer pri bušenju nekih pijezometara i bunara (metoda "down the hole"), onda to povećava količinu utisnutog vazduha. Naravno manji dio vazduha utisnutog u bunar, završi u akviferu, a značajno veći dio se u vidu smješe vode i vazduha izbacuje tokom ispiranja bunara.

Korišćenjem vazduha koji se utiskuje u akvifer, kroz bunar, pri bušenju nekim metodama bušenja i u toku ispiranja i razrade bunara, odvija se intenzivno uklanjanje gvožđa iz podzemne vode u široj zoni, zahvaljujući tome što prilikom oksidacije Fe²⁺ u Fe³⁺ i zatim hidrolize nastalih ferihidroksida sa vodom, dolazi do nastajanja ferihidroksida, koji se izdvajaju u vidu taloga u samom akviferu:



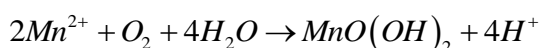
(oksidacija)



(hidroliza i taloženje)

Stehiometrijski, prema gornjim jednačinama je lako pokazati da je za oksidaciju 1 mg/l Fe²⁺ potrebno 0,143 mg/l kiseonika, što je lako ostvariti, obzirom da je rastvorljivost kiseonika u vodi oko 10 mg/l (na 15 °C). Drugim riječima, ako se voda zasiti kiseonikom iz injektiranog vazduha, do 50 %, tj. do 5 mgO₂/l, obezbjeđuje se uslovi za oksidaciju i izdvajanje čak 5/0,143 = 35 mg/l gvožđa.

U toku oksidacije, iz vode se izdvaja i mangan kao manganioksidhidrat:



Prema ovoj reakciji, za oksidaciju 1 mg/l Mn²⁺ u Mn⁴⁺ treba utrošiti 0,291 mg/l rastvorenog kiseonika, što znači da se sa oko 5 mg/l rastvorenog kiseonika (zasićenost oko 50 % na 15 °C) moglo oksidisati oko 17 mg Mn²⁺/l.

U stručnoj praksi na više terena je uočeno da rezultati prvih laboratorijskih ispitivanja fizičko-hemijskog sastava uzoraka podzemne vode, koji se uzimaju u toku testiranja probnim crpljenjem novih bunara, ne prikazuju realan sadržaj gvožđa, mangana, i amonijaka u podzemnoj vodi [4-8]. Naime, često su dobijeni rezultati sadržaj manji od očekivanih i poznatih za taj akvifer. To može dovesti neiskusnog istraživača i investitora u situaciju da donose ishitrene odluke o nastavku ulaganja, u objekte za zahvatanje i tretman voda ili da sumnjaju u ispravnost izvedenih laboratorijskih analiza fizičko-hemijskog sastava vode.

Imajući u vidu vlastito iskustvo u pogledu ponavljanja ove pojave na više različitih terena, literaturnih podataka o sličnim pojavama u prošlosti, kao i vremensku podudarnost takvih rezultata laboratorijskog ispitivanja, sa terminom završetka izvođenja i razrade bunara, u ovom radu je izvršena analiza ovog uticaja na dva primjera. Za ispitivanje su izabrana dva akvifera za koja je već utvrđen povišen sadržaj gvožđa i povremeno mangana, nitrita i amonijaka. To su akvifer neogene starosti u Stanarima kod Doboja i akvifer od šljunkovito-pjeskovitih sedimenata kvartarne starosti u Kozluku kod Zvornika. Izvršena je fizičko-hemijska analiza uzoraka vode i korelacija rezultata ispitivanja uzoraka vode uzetih odmah nakon izvedbe bunara i uzoraka uzetih kasnije u toku njegovog korišćenja. U radu su dati objašnjenje uzroka ovog uticaja i preporuke kako bi se u budućnosti eliminisao ovaj problem kod uobičajenog postupka hidrogeoloških istraživanja.

METODE

U radu se razmatra trajanje ubacivanja komprimovanog vazduha, pritisak i količina vazduha koja se ubacuje u akvifer tokom izvođenja bunara i pijezometara, efekti i prognozno trajanje aeracije vode, kao i udaljenost od bunara ovih procesa u pribunarskoj zoni akvifera.

Uzorkovanje je vršeno uz obaveznu konzervaciju uzoraka. U Kozluku je uzorkovanje vršeno na pijezometarskim bušotinama BV-2 i BV-3 (01.07.2002.), te na bunarima EB-1, EB-2 i EB-3 koje eksploatiše fabrika mineralne vode Vitinka iz Kozluka (u periodu od 2006. do 2012). Sve bušotine i bunari su plići od 14 m tj. zahvataju vodu iz pjeskovito-šljunkovitog akvifera kvartarne starosti u kome je nivo vode na dubini oko 4 m od površine terena. Zbog visokog sadržaja gvožđa i povremeno mangana, nitrita i amo-

nijaka u podzemnoj vodi na ovoj lokaciji, fabrika vrši deferizaciju radi korišćenja ove vode u tehničke svrhe.

Na prostoru Stanara kod Doboja je vršeno uzorkovanje na bunarima kod upravne zgrade rudnika i na lokaciji platoa buduće termoelektrane. Svi bunari na ovoj lokaciji zahvataju vodu iz šljunkova pjeskovitih pliocenske starosti. Podzemna vode iz ovog akvifera ima povišen sadržaj gvožđa i ponekad mangana i amonijaka [3,5,6]. Uzorkovanje na prostoru platoa TE Stanari iz bunara IB-1 je izvršeno 06.09.2006.g, bunara B-2 i B-3 2007.g. te bunara BS-1/10 2010.g. kada su tek izvedeni odn. kada je izvršena razrada, ispiranje i prvo testiranje bunara. Navedeni podaci su

upoređeni sa sadržajem ovih parametara u podzemnoj vodi tokom eksploatacije ovih bunara.

REZULTATI I DISKUSIJA

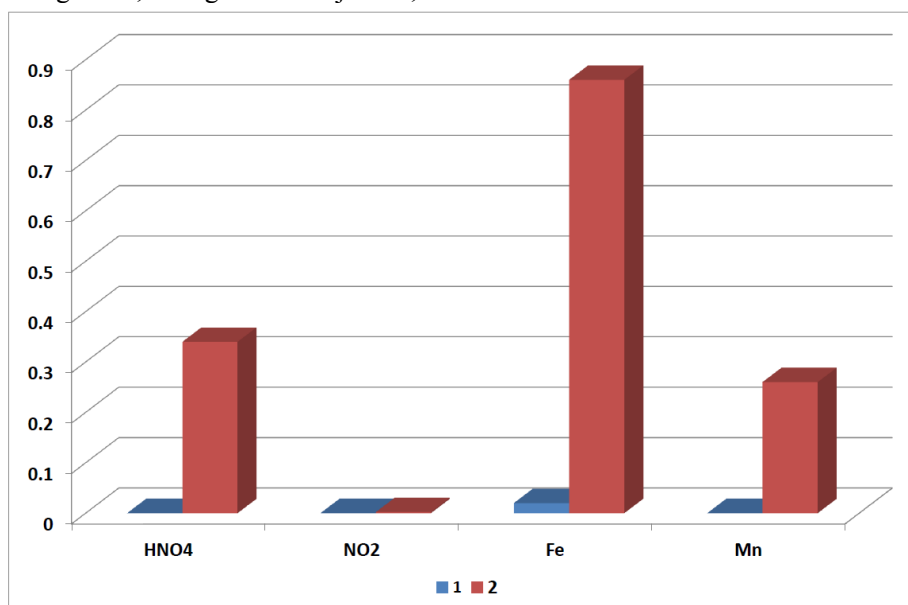
Izdan akumulirana do dubine 10 m, u aluvijalnim sedimentima rijeke Drine u Kozluku kod Zvornika, ima povišen sadržaj gvožđa (0,47 do 1,58 mg/l) i mangana (0,13 do 0,15 mg/l), te povremeno i amonijaka (0,43 mg/l), a nakon tretmana, se koristi za tehničke potrebe fabrike Vitinka. U narednoj tabeli se daje prikaz sadržaja gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka u vodi nakon izvođenja istražnih bušotina i kasnije u fazi eksploatacije bunara.

Tabela 1 - Sadržaj gvožđa, mangana, amonijaka i nitrita, neposredno nakon izvođenja bunara u Kozluku i njihovog sadržaja tokom eksploatacije istih bunara

Oznaka bušotine/bunara	Amonijak (mg/l)	Nitriti (mg/l)	Gvožđe (mg/l)	Mangan (mg/l)	
BV2 i BV-3 odmah nakon izvođenja	0,00	0,000	0,02	0,00	
tokom eksploatacije	VEB-1	0,17	0,000	0,54	0,03
	VEB-2	0,41	0,006	1,58	0,13
	VEB-3	0,43	0,001	0,47	0,10
Prosječne vrijednosti u eksploataciji	0,34	0,002	0,86	0,26	

Kao što se iz tabele 1 vidi, nakon izvođenja, razrade i testiranja pijezometara, BV-2 i BV-3, prvi rezultati laboratorijskih analiza (01.07.2002.g.) su ukazivali da je voda ispravna za piće sa sadržajem gvožđa 0,02 mg/l, mangana 0,00 mg/l i amonijaka 0,00

mg/l. Očigledno je da rezultati u fazi prvih hidrogeoloških istraživanja nisu dali realne rezultate u pogledu sadržaja pojedinih parametara hemijskog sastava vode. Jedino sadržaj nitrita nema značajnijih odstupanja.



Slika 1 - Uporedni dijagram sadržaja pojedinih parametara hemijskog sastava podzemne vode u aluvijalnom akviferu u Kozluku kod Zvornika: 1) Odmah nakon izvođenja pijezometarskih bušotina; 2) Tokom višegodišnje eksploatacije bunara

Akifer neogenog basena u Stanarima kod Doboja, prosječne debljine 16,8 m ima povišen sadržaj gvožđa (do 3,27 mg/l), mangana (0,30 mg/l) i amonijaka 0,195 mg/l, a koristi se za tehničke potrebe rudnika Stanari. Međutim, u vrijeme nakon izvođenja i razrade, tj pri završetku prvog testiranja bunara

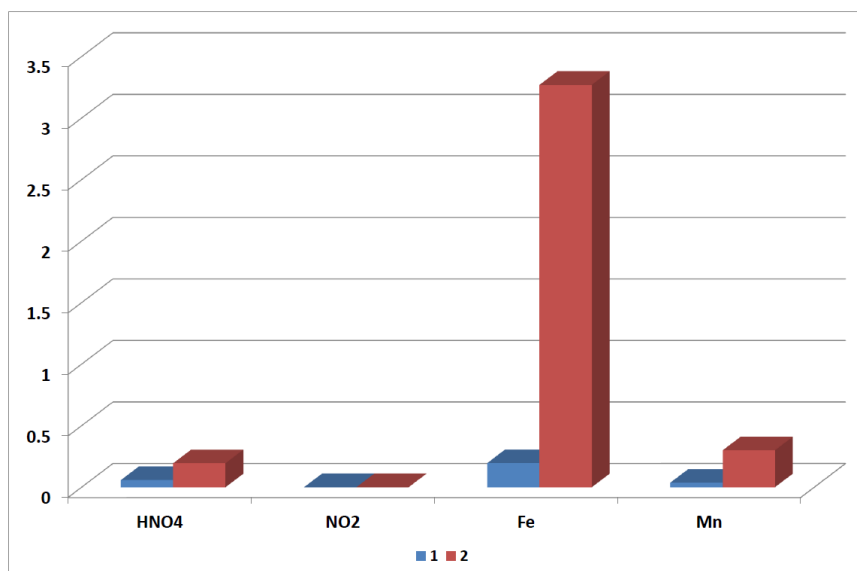
probnim crpljenjem, prvi rezultati laboratorijskih analiza su ukazivali da je prosječan sadržaj gvožđa 0,196 mg/l, mangana 0,037 mg/l, i amonijaka 0,058 mg/l. Rezultati hemijskih analiza sadržaja gvožđa, mangana, amonijaka i nitrita su dati u tabeli 2.

Tabela 2 - Sadržaj gvožđa, mangana, amonijaka i nitrita, neposredno nakon izvođenja bunara u Stanarima i sadržaja istih parametara tokom eksploatacije tih bunara

Oznaka bunara	Datum uzorkovanja	Amonijak (mg/l)	Nitriti (mg/l)	Gvožđe (mg/l)	Mangan (mg/l)
IB-1	06.09.2006.	0,04	0,000	0,25	0,04
B-2	25.07.2007.	0,1	0,000	0,18	0,05
B-3	25.07.2007.	0,035	0,000	0,098	0,03
BS-1/10	13.08.2010.	<0,05	<0,005	0,257	0,028
Prosječne vrijednosti		0,058	0,000	0,196	0,037
Izmjerene vrijednosti u toku eksploatacije bunara		0,195	<0,007	3,27	0,30

Iz abele 2 može se uočiti da je, tokom eksploatacije bunara, došlo do povećanja sadržaja gvožđa, mangana i amonijaka u vodi.

Evidentno je da je sadržaj gvožđa i mangana u uzorcima vode, uzetim odmah po izvođenju i ispiranju pijezometara i bunara, mnogo manji nego u prirodnim uslovima tokom višemjesečne i višegodišnje eksploatacije bunara.



Slika 2 - Uporedni dijagram sadržaja pojedinih parametara hemijskog sastava podzemne vode u neogenom akviferu u Stanarima kod Doboja: 1) Odmah nakon izvođenja i razrade bunara; 2) Tokom višegodišnje eksploatacije bunara

Za donjepliocenski šljunkovito-pjeskoviti akvifer u neogenom basenu Stanara kod Doboja, može se usvojiti prosječna debljina od 16,8 m, a koeficijent efektivne poroznosti 0,93 %.

To znači da je razradom bunara kompresiranjem tokom 12 sati, u području Stanara kod Doboja, moguće stvoriti zonu zasićenja 50 % kiseonikom u poluprečniku od 265 m. Naravno ovaj proračun ostaje sa-

mo u sferi idealno ravnomjernog rasprostranjenja u akviferu. Naime, stvaranje zone zasićenja podzemne vode kiseonikom je uslovljeno i drugim faktorima (nivo-om vode u akviferu, prisustvom tzv. "vadozne zone" u akviferu, pritiskom i protokom vazduha iz kompresora, smjerom i brzinom podzemnog toka, promjenom vrijednosti poroznosti vodonosnog sloja i njegove hidrauličke provodljivosti u različitim smjerovima i na različitim udaljenostima od bunara).

Imajući u vidu da će se podzemna voda u bliskoj pribunarskoj zoni, brzo zasititi gasovima, to će se nastavkom utiskivanja vazduha, nove količine vazduha nagomilavati u vadoznoj zoni, privremeno povećavajući geostatički pritisak ili će, kod arteskih akvifera, formirati vazdušni jastuk u njegovom gornjem dijelu. Kiseonik iz ove zone će se tokom vremena, usporeno rastvarati u vodi i tokom crpljenja bunara, odn. Radikalno usmjerenog kretanja vode ka bunaru vršiti njenu aeraciju. Aeracija kao proces direktno utiče na obaranje sadržaja gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka u vodi.

ZAKLJUČCI

Ovim radom se ukazuje na to, da se kiseonik u podzemlju može zadržati na velikom prostoru i dugo vremena nakon izvođenja i ispiranja pijezometara i bunara, što objektivno može uticati na rezultate ispitivanja fizičko-hemijskog sastava podzemne vode u toku prvog testiranja bunara.

U radu su prezentovani podaci o ovoj pojavi u akviferu neogene starosti u Stanarima kod Doboja i u aluvijalnoj izdani u Kozluku kod Zvornika.

Na osnovu provedenih ispitivanja sadržaja gvožđa, mangana, amonijaka i nitrita, može se zaključiti da rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičko-hemijskog sastava uzoraka podzemne vode, ne prikazuju realan sadržaj gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka u podzemnoj vodi u toku prvog testiranja probnim crpljenjem novog bunara, ukoliko se ispitivanja izvode, odmah nakon izvođenja, ispiranja i razrade bunara metodama uz korišćenje komprimovanog vazduha.

Naime, često su dobijeni rezultati manji od očekivanih i poznatih za taj akvifer, što može dovesti neiskusnog istraživača i investitora u situaciju, da donose ishitrene odluke o nastavku ulaganja, u objekte za zahvatanje i tretman voda ili da sumnjaju u ispravnost izvedenih laboratorijskih analiza fizičko-hemijskog sastava vode.

Kako bi se u budućnosti eliminisao ovaj problem u proceduri, hidrogeoloških istraživanja, neophodno je izvršiti fizičko-hemijske analize podzemne vode, prije i poslije razrade bunara aerliftovanjem (nakon ispiranja čistom vodom), kako bi se mogao sagledati efekat aeracije vode u akviferu, tokom razrade bunara.

REFERENCE

- [1] Rafferty K., "Specification of Water Wells" ASHRAE Transactions, Vol. 107, Pt. 2. ©2001 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. pp 487-493 [Available at <http://geoheat.oit.edu/pdf/tp112.pdf>]
- [2] Harter T., "Water well design and construction" Groundwater cooperative extension program, University of California, 2003. Publication 8086 [Available at http://groundwater.ucdavis.edu/Publications/Harter_FWQFS_8086.pdf]
- [3] Randall D., "The Composition of Air" Quick Studies in Atmospheric Science, Center for Multiscale Modeling of Atmospheric Processes CMMAP, 2010. [Available at: http://kiwi.atmos.colostate.edu/group/dave/pdf/Composition_of_Air.pdf]
- [4] Gligorić M., "Priprema vode za piće", Tehnološki fakultet Zvornik, Zvornik 2010.
- [5] Novaković V., Gligorić M., Grujić R., "Uticaj režima izdani na sadržaj gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka u podzemnim vodama" Zbornik radova, 29. stručno-naučni skup "Vodovod 2009" Savez inženjera i tehničara Srbije, Zlatibor, 2008.
- [6] Novaković V., Gligorić M., "Uticaj proizvodnje glinice u fabrici "Birač" Zvornik na kvalitet podzemnih voda", Međunarodna konferencija industrije aluminijuma Jugoslavije 1997. Banja Koviljača, Zbornik radova
- [7] Fondovska dokumentacija DOO "IPIN" Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, Bijeljina
- [8] Grujić R., Novaković V., Gligorić M., Zaštita materijala, 49, 4 (2008) 60-65

ABSTRACT

INFLUENCE OF USING COMPRESSED AIR FOR PERFORMING WELLS, TO THE RESULTS OF PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF WATER

The compressed air is often used for purpose of drilling or quality developing and flushing the piezometers and water wells. This paper suggests, that the dissolved oxygen, which is injected in groundwater, can retain in a large area for a long time after the performing and cleaning of the piezometers and water wells, which objectively, might have an affect on the the testing results of physical and chemical composition of groundwater samples when we test water wells in the first time.

The paper presents results of testing that influence, in the Neogene aquifer in the Stanari settlement, near of city of Doboj, and in the alluvial aquifer in the Kozluk village near city of Zvornik, by correlation of test results immediately after the performing of water wells and later, during their usage.

In order to eliminate this problem in the future, this paper offers proposals, cchange of the usual procedure of hydrogeological research. It will bi possible to examine the effect of aeration of groundwater in the aquifer, during the performing of the wells.

Key words: groundwater, iron, manganese, ammonia, development of water wells

Paper received: 20.09.2011.

Professional paper