



Primjena gasne hromatografije u analizi trihalometana u gradskim i seoskim vodovodima na teritoriji Grada Banja Luka

Vodovod A.D. Banja Luka
Marija Stojaković, dipm.hem.
Miljana Miljanović, dipl.ing.hem.tehn.
Sandra Bešlagić, dipl.ing.hem.tehn.



Vodovod nudi usluge **kontrole kvaliteta vode, održavanje, popravke i rekonstrukciju sistema vodosnabdijevanja, izradu tehničke dokumentacije za vodovodne objekte, ispiranje i dezinfekciju mreže, popravku i baždarenje vodomjera, usluge specijalnom mehanizacijom i još mnogo toga.**

Vodovodni sistem Vodovoda Banja Luka **sastoji se od Fabrike vode u Novoseliji te bunarskog sistema i niza izvorišta.** Od 2017. u sistem su uvedeni **i seoski vodovodni sistemi: Crno vrelo, Gašića vrelo, Bočac, Banjica, Verići, Potkozarje, Bronzani Majdan, kao i vodovodni sistemi koji su prepriključeni na sistem Crno vrelo i kontrolišu se u okviru tog sistema (Đukića vrelo – Gornja Bistrica, Gornja Piskavica, Čokori, Borkovići, Bojanića vrelo – Donja Bistrica).**

U Vodovodu Banja Luka vršimo **kontrolu kvaliteta vode za piće na dnevnom nivou**, prikupljajući uzorke iz različitih dijelova vodovodne mreže. U skladu sa zahtjevima nadležnih institucija i **Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode namjenjene za ljudsku potrošnju** Sl. glasnik RS br.88/17,97/18 i 93/23 i 96/24, analiziramo prisutnost različitih parametara, uključujući organske i neorganske materije, bakterije i druge mikroorganizme, te hemijska i fizička svojstva vode.

Analiza trihalometana

Pomoću **gasne hromatografije sa ECD detektorom** koja se vrši na uzorcima iz Fabrike u Novoseliji, bunarskih sistema te seoskih vodovodnih sistema.



Način funkcionisanja fabrike vode



Način funkcionisanja bunarskog sistema

izdani
obogaćene iz
vještačkih
infiltracionih
bazena

dezinfekcija
gasovitim
hlorom





Seoski vodovodni sistemi imaju regulisanu dezinfekciju hlorom

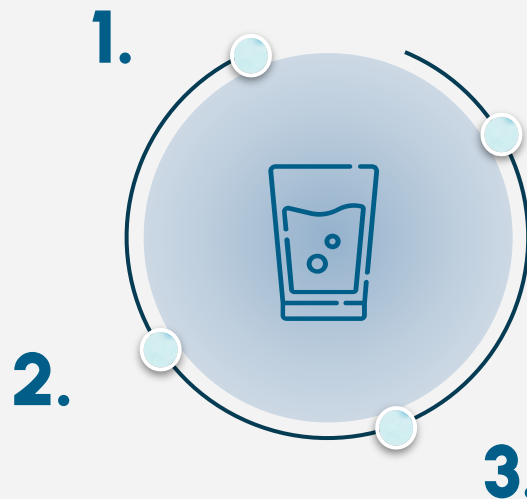
SA DEZINFEKCIJOM HLOROM NIJE DO KRAJA ZAVRŠEN PROCES NAKON KOJEG SE VODA OTPREMA POTROŠAČIMA:

Proces hlorisanja dovodi do reakcije organske materije koja se nalazi u vodi sa hlorom koji se adekvatno dozira u procesu prerade vode gdje dolazi do stvaranja različitih organskih jedinjenja. Ta jedinjenja takođe predstavljaju opasnost po ljudsko zdravlje ako prekorače maksimalno dozvoljene koncentracije u prerađenoj vodi te se moraju stalno kontrolisati.



Trihalometani: hloroform,
dihlorbrommetan,
dibromhlormetan,
bromoform

Halosirćetne kiseline:
dihlorsirćetna kiselina i
trihlorsirćetna kiselina



4. 2,4,6 - trihlorfenol

**3. Halogenovani
acetonitrili**

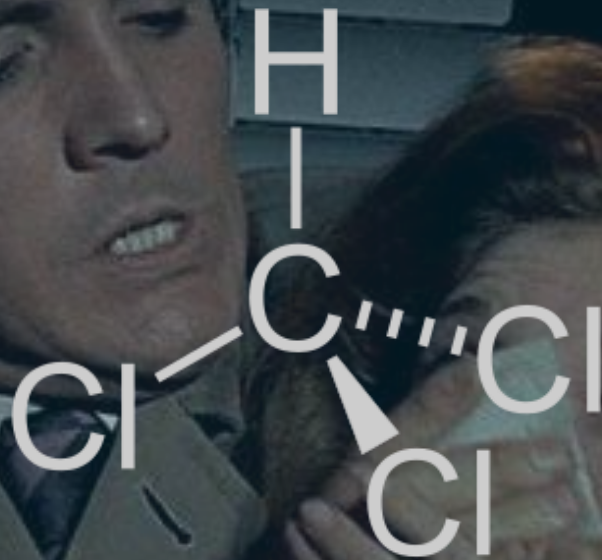
ŠTA SU TRIHALOMETANI (THM)?

Trihalometani su grupa hemijskih jedinjenja koja nastaju reakcijom organske supstitucije sa hlorom.

U vodi koja je higijenski ispravna za piće ne smije da bude trihalometana. Pri redovnim prilikama higijenski ispravna voda za piće ne bi trebalo da sadrži više od **100 µg/L ukupnih trihalometana** po **Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode namjenjene za ljudsku potrošnju** .

Najpoznatiji predstavnik je **hloroform**.





Trihalometan	Udio u ukupnoj koncentraciji (%)
Hlorofom (CHCl_3)	70–90%
Bromodihlormetan (BDCM)	5–20%
Dibromohlorometan (DBCM)	0–5%
Bromoform (CHBr_3)	0–5%

Prema prethodnim radovima i analizama rijeka Vrbas kao ulazna sirovina ima nisku koncentraciju organske materije pa samim tim je i koncentracija THM mnogo niža od MDK. Ovim je pokazano da je sirova voda iz rijeke zbog niske koncentracije TOC pogodna za dezinfekciju hlorom.

Brojne studije su pokazale da je izloženost opštoj kategoriji THM, uključujući hlorofom na prvom mjestu, povezana sa povećanim rizikom od karcinoma bešike ili sistema organa za varenje.

U slučaju prekomjerne koncentracije THM - **aktivni ugalj**



Primjena gasne hromatografije u analizi THM

- 2018. uvodi se **HS-GC-ECD**
- Model: **Agilent Tehnologies GC Sistem 7890B, Headspace Sampler 7890B**
- Zašto je ova metoda pogodna za analizu THM?

broj uzoraka mjesečno je najmanje 32 za gradske vodovodne sisteme uz dodatak seoskih vodovodnih sistema koji se analiziraju jednom mjesečno i po potrebi. Metoda je brza, efikasna i precizna, pogodna za rutinske analize jer nema potrebe za rastvaračima i laka je priprema uzoraka

1. Priprema ambalaže za uzorkovanje:

dodavanje 10 kapi 10% Na-arsenita u tamne reagens boce od 100 mL

2. Priprema uzoraka:

5 mL konzervisanog uzorka se stavlja u vialo; uzorke bi trebalo analizirati u roku od 24 h

3. Analiza uzorka pomoću GC:

Tečni uzorak se konvertuje u gasnu fazu, te prolazi kroz kolonu i na osnovu vremena zadržavanja (retencionog vremena) detektuju se prisutni THM i računa njihova koncentracija

4. Detekcija na ECD detektoru:

ECD (Electron Capture Detector) je izrazito osjetljiv na halogene atome koji su prisutni u THM te ih mjeri na osnovu pada struje izvan prisustva halogenih jedinjenja, što je proporcionalno njihovoj koncentraciji

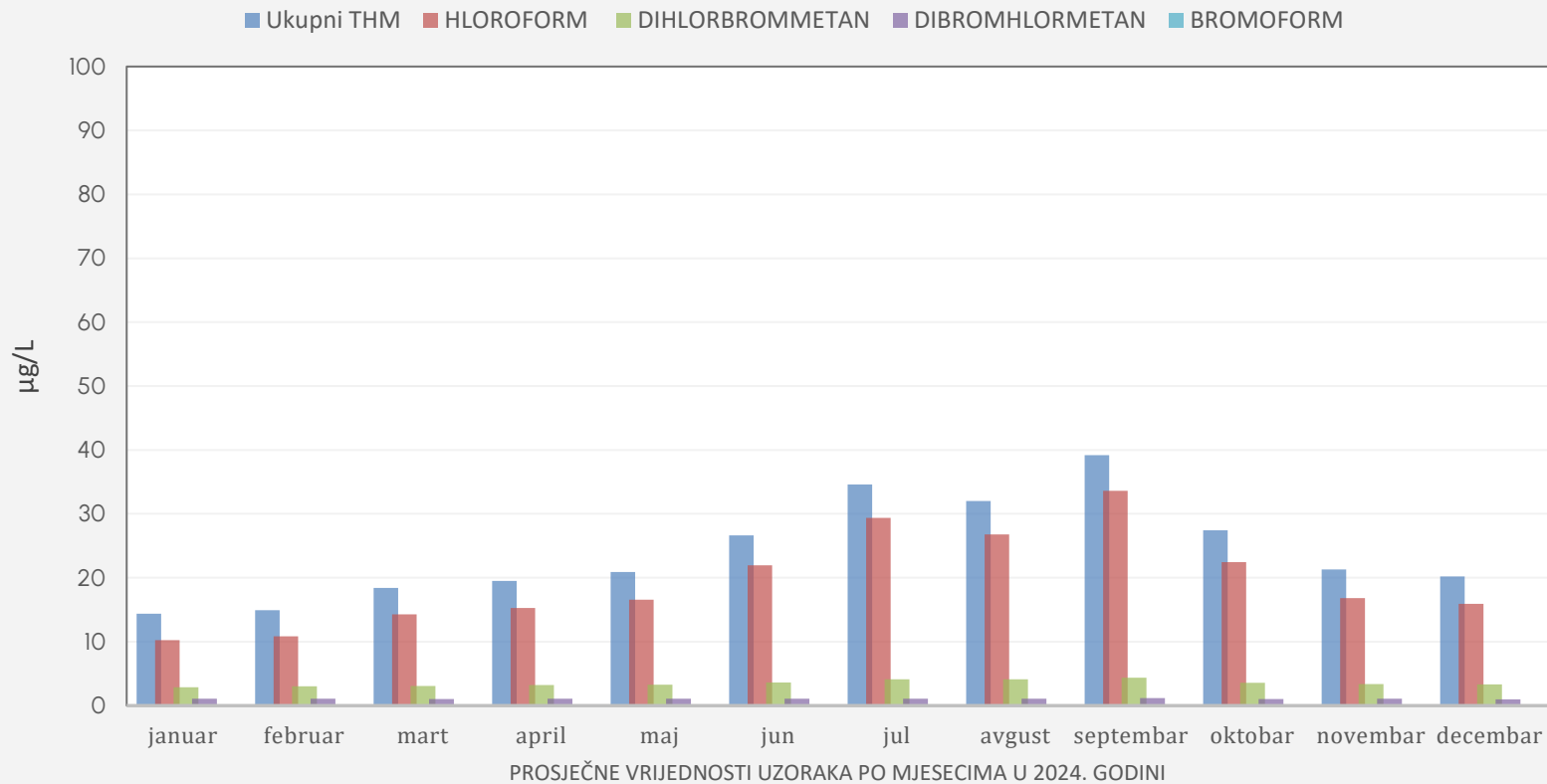
5. Obrada podataka:

Hromatogram prikazuje pikove koji odgovaraju THM i na osnovu površine pikova softver računa koncentracije koje se upisuju u konačni izvještaj u $\mu\text{g/L}$

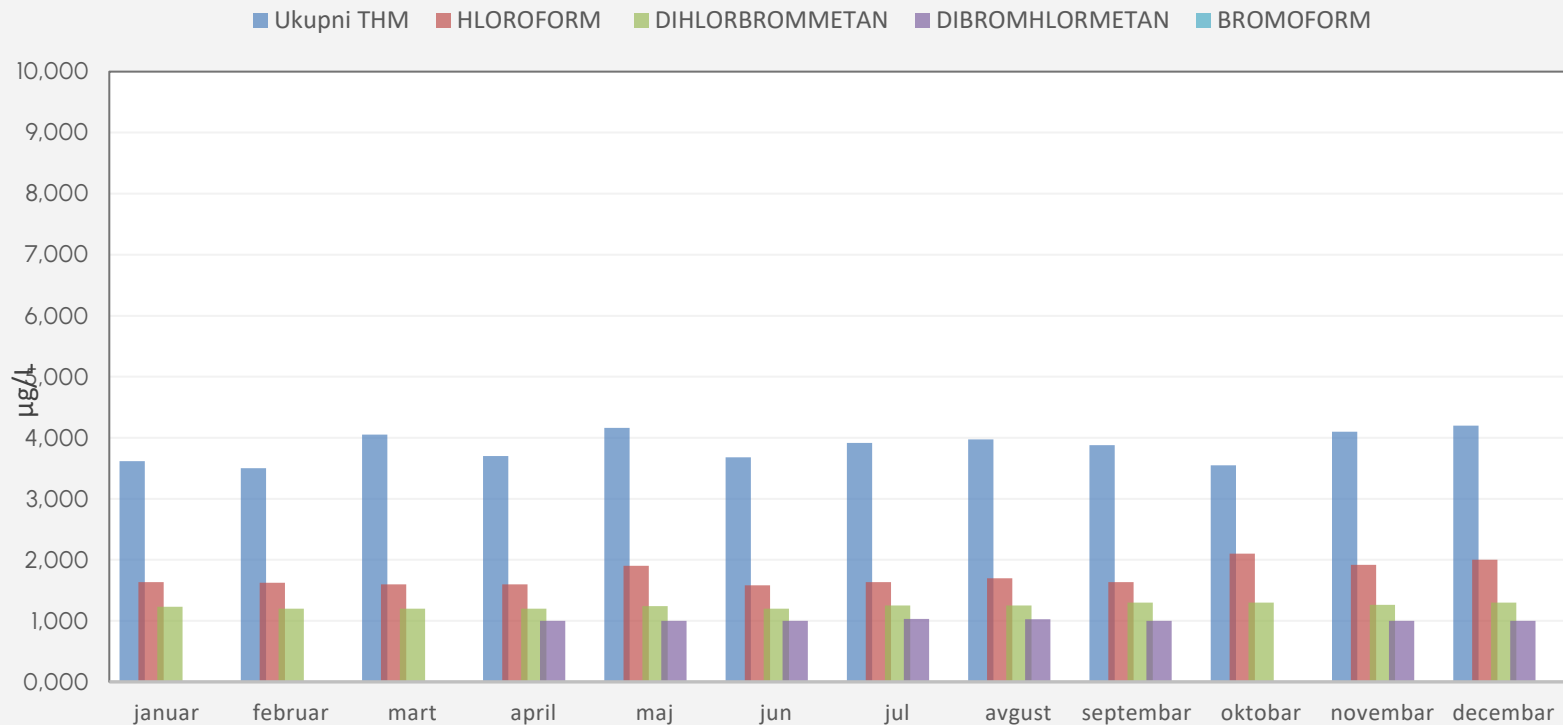
**REZULTATI ANALIZA
TRIHALOMETANA KOJE SU SE
SPROVELE U TOKU 2024. GODINE U
GRADSKIM I SEOSKIM
VODOVODNIM SISTEMIMA NA
TERITORIJI GRADA BANJA LUKA**



REZULTATI ANALIZE THM ZA FABRIKU VODE (cj. 1000 mm)



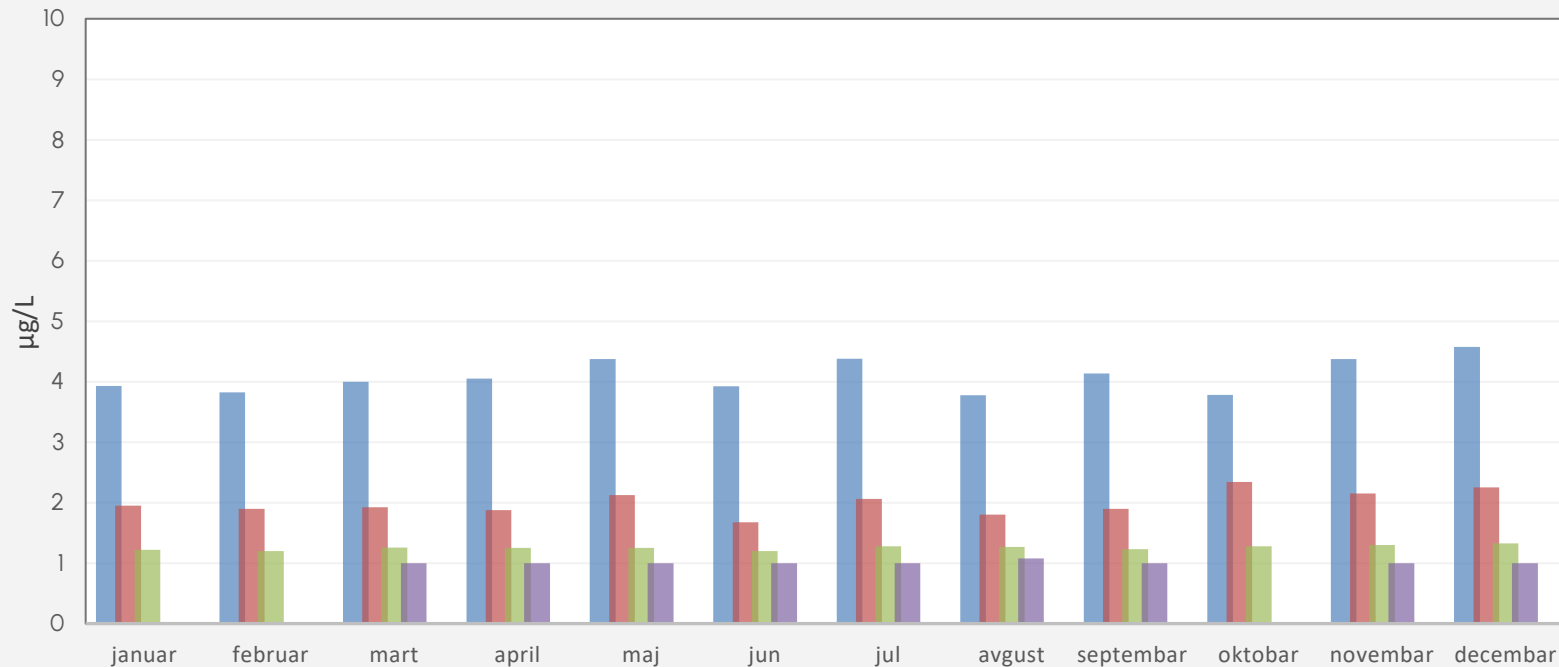
REZULTATI ANALIZE THM ZA BUNARSKI SISTEM (cj. 400 mm)



PROSJEČNE VRIJEDNOSTI UZORAKA PO MJESECIMA U 2024. GODINI

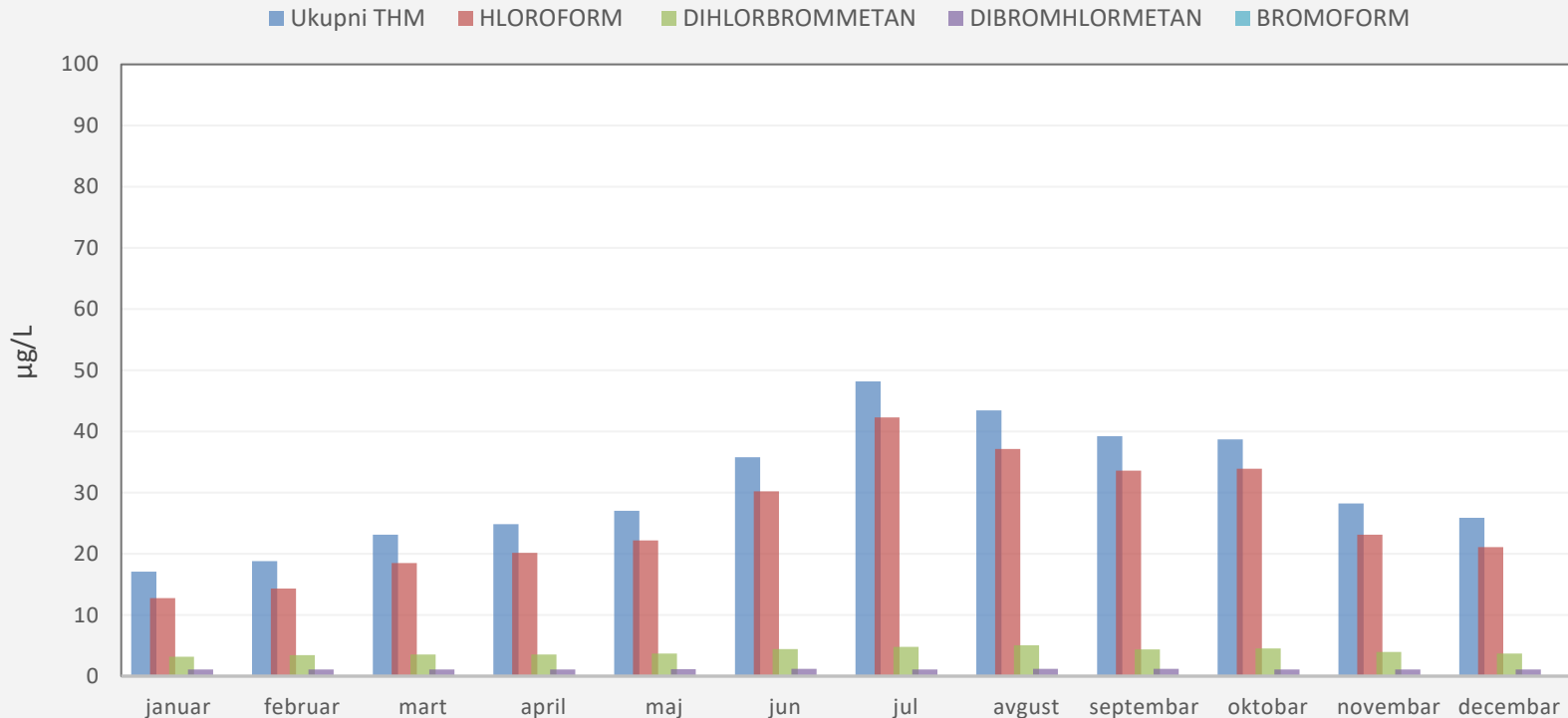
REZULTATI ANALIZE THM ZA BUNARSKI SISTEM (cj. 350 mm)

■ Ukupni THM ■ HLOOROFORM ■ DIHLORBROMMETAN ■ DIBROMHLORMETAN ■ BROMOFORM



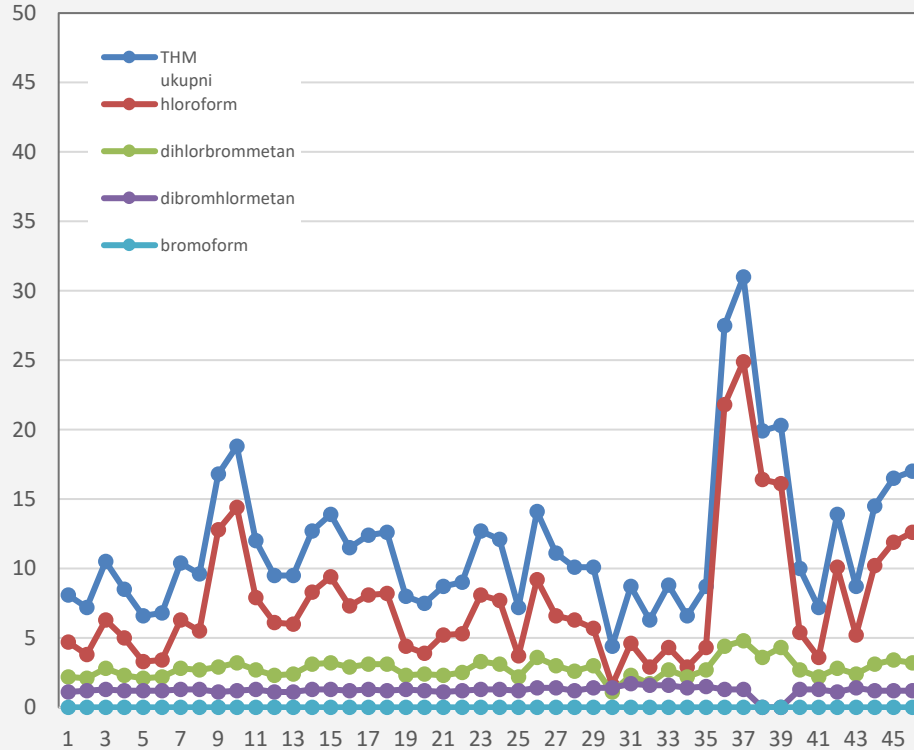
PROSJEČNE VRIJEDNOSTI UZORAKA PO MJESECIMA U 2024. GODINI

MREŽA NA TERITORIJI GRADA KOJA SE SNABDIJEVA IZ FABRIKE VODE I BUNARSKI SISTEM

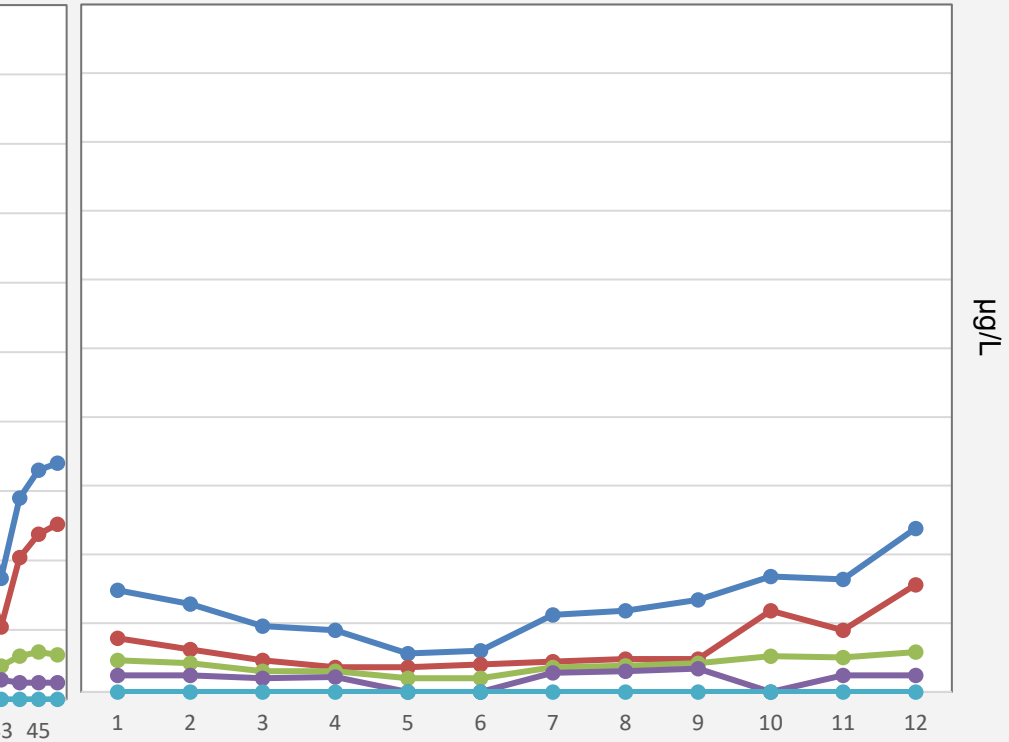


PROSJEČNE VRIJEDNOSTI UZORAKA PO MJESECIMA U 2024. GODINI

CRNO VRELO



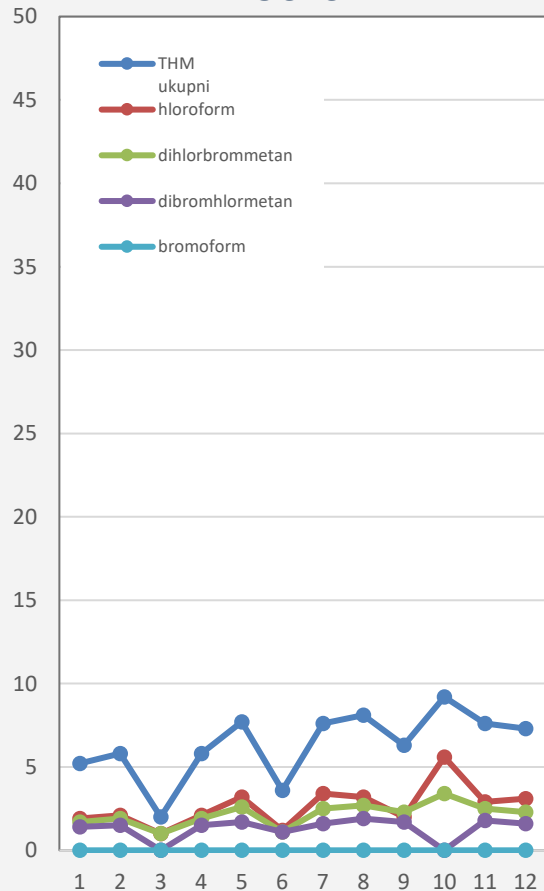
GAŠIĆA VRELO



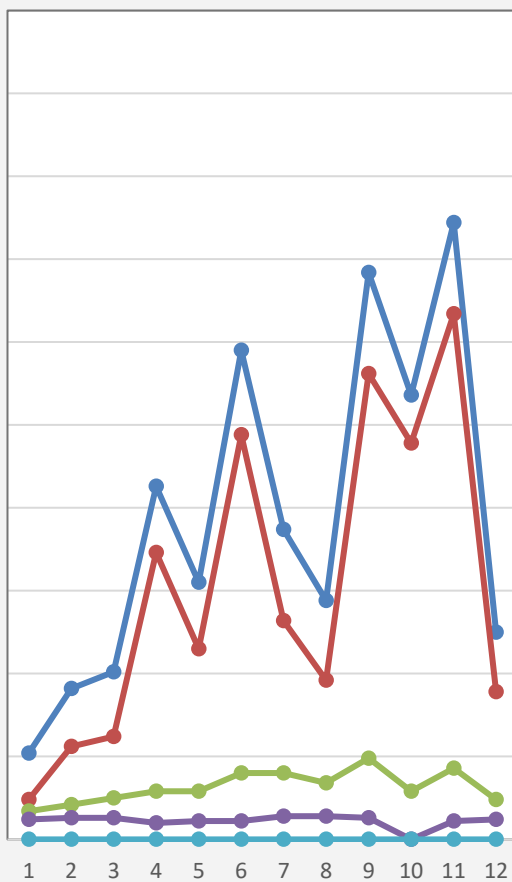
broj uzoraka

$\mu\text{g/L}$

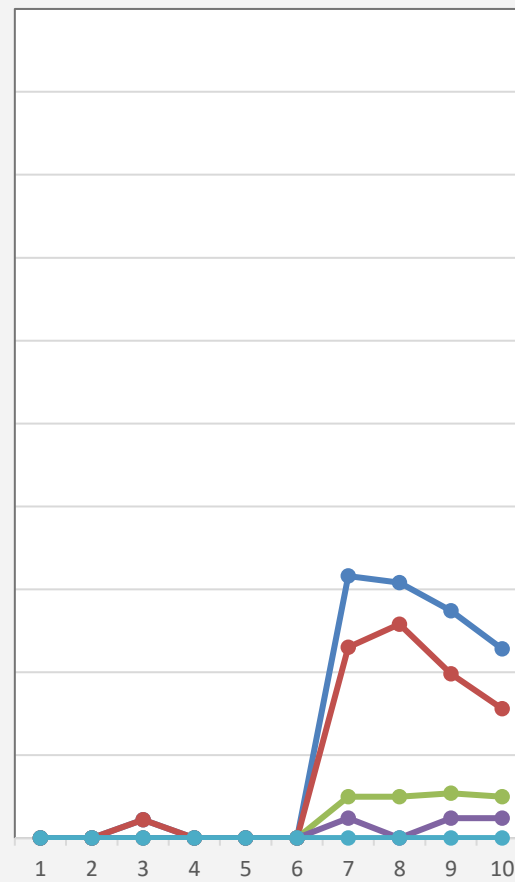
BOČAC



BANJICA



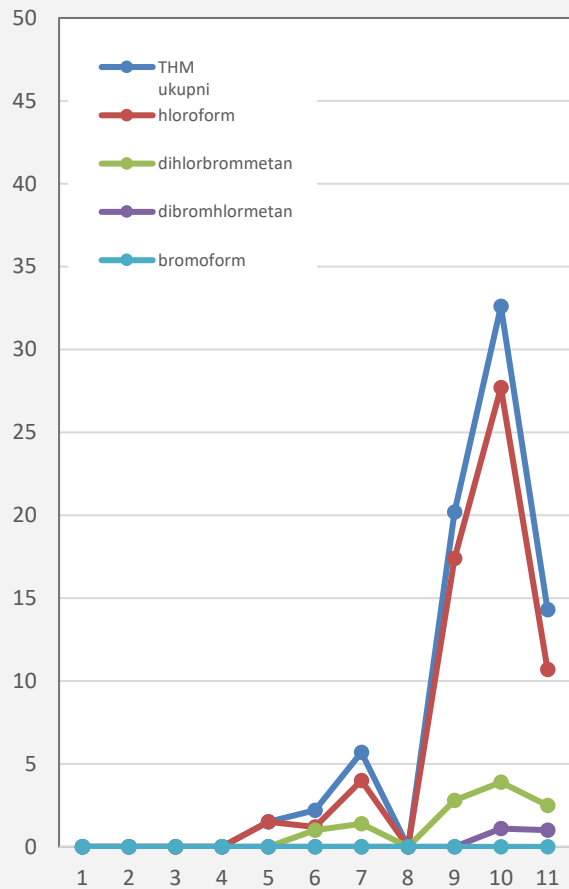
KONOTARI



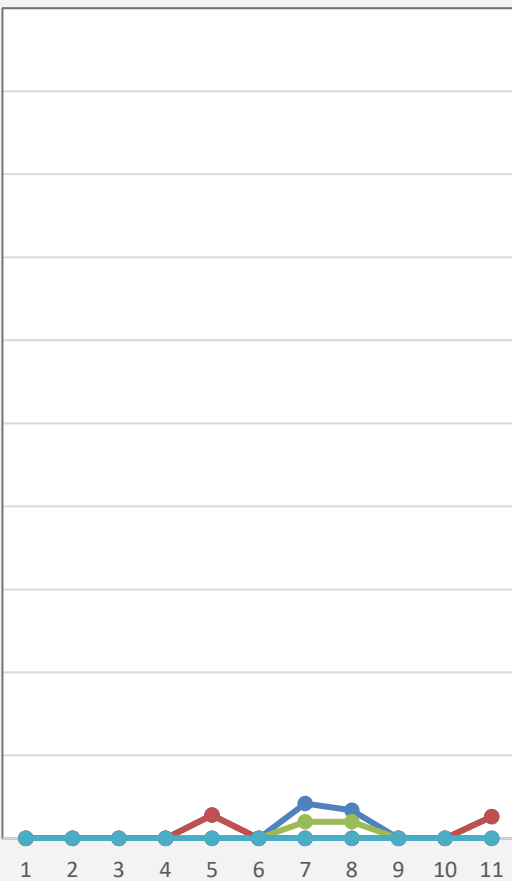
$\mu\text{g/L}$

broj uzoraka

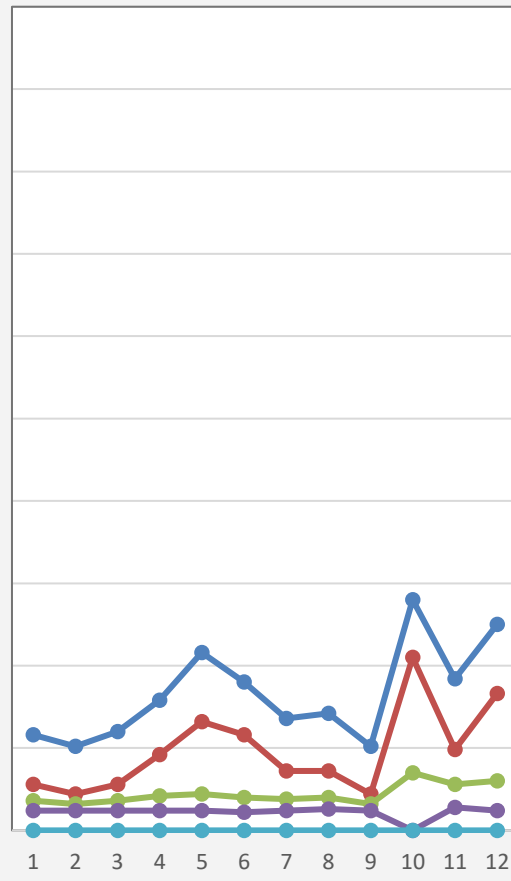
VERIĆI



POTKOZARJE



BRONZANI MAJDAN



µg/L

broj uzoraka



cijena GC: 105 000 KM

49,5 KM po uzorku * najmanje 43 uzorka na mjesečnom nivou = 2 128, 5 KM

Na godišnjem nivou: 25 542 KM

Uređaj u potpunosti isplaćen kroz 4 godine

Koristi se već 7 godina te je ušteda na analizi THM u toku 3 godine :

76 626 KM

ZAKLJUČAK

- **posvećenost i efikasnot u kontroli kvaliteta vode**
- **analiza velikog broja uzoraka gradskih i seoskih vodovodnih sistema na teritoriji Grada Banja Luka**
- **praćenje savremenih metoda**



Hvala!

Kontakt:

MARIJA STOJAKOVIĆ

marija.stojakovic@vodovod-bl.com