

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თამარ ნიკურაძე

მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო
წყალმომარაგების სისტემად გამოყენების ეკოლოგიური მდგომარეობის
შეფასება

სადოქტორო პროგრამა-ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია
შიფრი - 0410

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2020 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტში

თანახელმძღვანელები: პროფესორი ლეილა გვერდწითელი
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა
დოქტორი ალექსანდრე სურმავა

რეცენზენტები: -ქიმიის აკადემიური დოქტორი, პროფ. ვახტანგ გვახარია-
-ქიმიის აკადემიური დოქტორი ლია ინჭკირველი-

დაცვა შედგება 2020 წლის "--29--" -ოქტომბერი-, -14⁰⁰- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი --II კორპუსი--, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა: სადისერტაციო ნაშრომი ეძღვნება მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას. საქართველოში მდინარე ხრამისა და დებედას მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის წყალმომარაგების სისტემად. ქ.რუსთავის მოსახლეობის და სამრეწველო ზონის ზრდასთან ერთად დღის წესრიგში დგება წყალმომარაგების განვითარების აუცილებლობა. სასმელი წყლის წყალმომარაგების წყალამღები მდებარეობს მდინარე ხრამისა და მდინარე დებედას აუზებს შორის. სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის წყალმომარაგება ხორციელდება მდინარე ხრამისა და დებედას მიმდებარედ განლაგებული 34 ჭაბურღილითა და 7 შახტური ჭით. ლიტერატურული მონაცემებით ორივე მდინარის წყალი ბინძურდება სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით. მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსება ხდება უპირატესად ატმოსფერული ნალექებითა და ზედაპირული წყლებით. გამოკვლეული ლიტერატურული წყაროებიდან გამომდინარე მდინარე ხრამის მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის მონაცემები უმწირესია, ამიტომ მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემისათვის მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების ხარისხის დასადგენად მეტად აქტუალურია მდინარე ხრამის აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კომპონენტების კონცენტრაციებისა და აგრეთვე ფსკერული ნალექების ქიმიური შემადგენლობის დადგენა.

სამუშაოს მიზანი: მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად მდინარე ხრამის აუზის ზედაპირული წყლებისა და ფსკერული დანალექების, მიწისქვეშა ჭაბურღილებისა და

შახტური ჭების, ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების წყლის, აგრეთვე ქ.რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის მოსახლეობის სასმელი წყლის ეკოქიმიური, მიკრობიოლოგიური კვლევის ჩატარება და მათი შედეგების ანალიზი.

კვლევის ძირითადი ამოცანები: დასახული კვლევითი სამუშაოს ამოცანების შესასრულებლად ექსპედიციის მოწყობა, წყლისა და ფსკერული დანალექების საანალიზო სინჯების ასაღები წერტილების შერჩევა.

სამუშაოში პრიორიტეტულად გამოისახა მდინარე ხრამის აუზის ჰიდროლოგიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები, ასევე ფსკერული დანალექის ქიმიური ანალიზი.

კვლევის ძირითადი ამოცანა მოიცავდა ეკოქიმიური კვლევის ოთხ ეტაპს:

პირველი ეტაპი - საკვლევ ობიექტზე შესწავლილი იქნა მდინარე ხრამის აუზის და მისი ძირითადი შენაკადების ფიზიკურ-გეოგრაფიული მდებარეობისა და ლანდშაფტის ბუნებრივი და ანთროპოგენური წყაროები. დათვალიერებული და შერჩეული იქნა საკვლევ წყლის ნიმუშების აღების ადგილები;

მეორე ეტაპი - მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას ეკოლოგიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის გამოკვლევა და შეფასება, ასევე მათი ფსკერული დანალექების ქიმიური ანალიზი;

მესამე ეტაპი- მიწისქვეშა წყლების შახტური ჭებისა და ჭაბურღილების ჰიდროლოგიური დახასიათება. ასევე შახტური ჭების, ჭაბურღილების, ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა;

მეოთხე ეტაპი - ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის მოსახლეობის სასმელი წყლის სინჯების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა. მდინარე ხრამის, დებედასა და მაშავერას წყლებში და ფსკერულ დანალექებში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება.

კვლევის მეთოდები: წყლისა და ფსკერული დანალექების სინჯის აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება, სტაციონალურ ლაბორატორიაში წყლის სინჯების ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ანალიზი წარმოებდა საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდიკებით. ორგანოლექტიკური მაჩვენებლების განსაზღვრა განხორციელდა საველე პორტატული აპარატურით. კონდუქტომეტრი MultiMeter Instrument Aqualytic AL15(სამი ელექტროდით) და სიმღვრივის მზომი AQUA LYTIC-AL250. სტაციონალურ ლაბორატორიაში წყლის სინჯების ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ანალიზი წარმოებდა ISO სტანდარტული მეთოდიკებით. წყლის სინჯებში მეტალების განსაზღვრავად გამოყენებულ იქნა ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრი ინდუქციური შეკაშვირებული პლაზმით Agilent ICP-OES 710. არაორგანული ანიონებისა და ბიოგენური კომპონენტების შემცველობის განსაზღვრა მოხდა იონური ქრომატოგრაფი Dionex ICS-1100 გამოყენებით. ორგანული ნივთიერებების კვლევა ჩატარებული იქნა გაზური ქრომატოგრაფის(GC) საშუალებით, რომელიც აღჭურვილია მას-სპექტომეტრითა და ალურ-იონიზაციური დეტექტორით (Agilent GC-MS-FID). ამონიუმის იონის, ციანიდებისა და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების განსაზღვრისას გამოყენებულ იქნა სპექტოფოტომეტრი HACH-DR-6000. წყალში საერთო სიხისტის, ჰიდროკარბონატ იონისა და ჟანგვადობის კვლევა განხორციელდა ტიტრიმეტრიული მეთოდებით. მიკრობიოლოგიური კვლევისთვის გამოყენებულ იქნა პირდაპირი დათესვისა და ფილტრაციის მეთოდები. ფსკერული დანალექის ნიმუშის დამუშავება განხორციელდა სტანდარტული EPA-200.2 მეთოდის შესაბამისად მიკროტალღური დამშლელი ხელსაწყო „milestone“ ექსტრაქტორის გამოყენებით, ხოლო დამუშავებულ ნიმუშებში მეტალების შემცველობის განსაზღვრა წარმოებდა სტანდარტული EPA-3050B-მეთოდით ატომურ ემისიური სპექტრომეტრის გამოყენებით.

მეცნიერული სიახლე: მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის, ეკოლოგიური მდგომარეობის სრული შეფასებისათვის ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა მდინარის ხრამის აუზის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების კონცენტრაციათა მნიშვნელობების განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელი. უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგან-ზომილებიანი განტოლების გამოყენებით მოდელირებულია მდინარე ხრამის წყალში და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების განაწილება სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან მის შერთებაამდე.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა: სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი მდინარე ხრამის აუზის ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის, ასევე ფსკერული დანალექების კვლევის შედეგები ახასიათებს წყლის ხარისხს, მათ დღევანდელ ეკოლოგიურ მდგომარეობას. მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა ჭაბურღილებისა და შახტური ჭების, ხრამი I და II რეზერვუარების წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგენლობის თვალსაზრისით წყლის ხარისხი შეესაბამება ქ.რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებას. აგრეთვე სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის შედეგები შესაძლებელია გათვალისწინებული იქნას მდინარე ხრამის აუზის ჭაბურღილებისა და შახტური ჭების წყლის გარემოს ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებისა და წყაროების ზემოქმედებით გამოწვეული ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგებლობის ცვლილებების შესაფასებლად.

ჩატრებული კვლევითი სამუშაოს შედეგად ექსპერიმენტლურად მიღებული და დამუშავებული მძიმე მეტალების კონცენტრაციათა მნიშვნელობების გავრცელების რიცხვითი მოდელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი მდინარის წყალსა და ფსკერულ

დანალექში მძიმე მეტალების გავრცელების კანონზომიერების ალბათობის, კვლევისა და დაბინძურების პროგნოზირებისათვის.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ნაშრომი წარმოდგენილია 1 საერთაშორისო კონფერენციაზე. გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია.

აპრობაცია: სადოქტორო ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი და განხილული იქნა ვიქტორ ერისთავის 80 წლისთავისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციაზე „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ (თბილისი, 11-12 ნოემბერი, 2019 წელი.)

დისერტაციის ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი იყო გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის თემატურ სემინარზე.

სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: დისერტაცია მოიცავს 159 გვერდს, 19 ცხრილს, 19 სურათს, 25 ნახაზს. დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ლიტერატურული მიმოხილვისაგან, კვლევა, შედეგებისა და მათი განსჯისგან, ექსპერიმენტალური ნაწილისაგან, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

საქართველოში მდინარე ხრამისა და დებედას მიწისქვეშა წყლებს იყენებენ ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების მოსახლეობის წყალმომარაგების სისტემად. სასმელი წყლის წყალმომარაგების წყალამღები მდებარეობს მდინარე ხრამსა და მდინარე დებედას აუზებს შორის. ლიტერატურული მონაცემებით მდინარე ხრამის, დებედასა და მაშავერას წყალი ბინძურდება სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით. მდინარე მაშავერა დაბინძურებულია მადნეულის სამთო გამამდიდრებელი კომბინატის ჩამდინარე წყლებით, ხოლო მდინარე დებედა, ალავერდის ტერიტორიაზე არსებული ძვირფასი ლითონების მომპოვებელი საწარმოს ჩამდინარე წყლებით. მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსება ხდება უპირატესად ატმოსფერული ნალექებითა და ზედაპირული წყლებით.

გამოკვლეული ლიტერატურული წყაროებიდან გამომდინარე მდინარე ხრამის აუზისა და მიწიქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის მონაცემები უმწირესია, ამიტომ მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემისათვის მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების ხარისხისა და ფსკერული ნალექების ეკოქიმიური შემადგენლობის დადგენა მეტად აქტუალურია.

1. მდინარე ხრამის აუზის წყლის ეკოქიმიური კვლევა

ჩვენს მიერ 2018 წლის ნოემბერის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იქნა 7 წერტილიდან საანალიზო სინჯები : 1. მდინარე ხრამი თამარისთან; 2. მდინარე ხრამთან მაშავერას შეერთების შემდეგ; 3. მდინარე ხრამი ლეჟბადინთან; 4. მდინარე ხრამთან დებედას შეერთების შემდეგ; 5. მდინარე მაშავერა ბოლნისთან (რაჭისუბანი); 6. მდინარე მაშავერა თამარისთან; 7. მდინარე დებედა ლეჟბადინთან (ხრამთან შეერთებამდე).

ცხრილი 1. მდინარე ხრამისა და მაშავერას წყლების ეკოქიმიური ანალიზი შედეგები

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდინარე ხრამი (თამარისი) N1	მდინარე მაშავერა (თამარისი) N6	მდინარე ხრამი და მაშავერა შეერთება (თამარისი) N7	მდინარე მაშავერა (ბოლნისი, რაჭისუბანი) N5
1	2	3	4	5	6	7	8
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები							
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	8	9.1	7.8	8.3
2	სუნი	ბალი	1	0	0	0	0
3	გემო	ბალი	1	-	-	-	-
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0	0	0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	-	7.71	28.65	9.51	258.7
ზოგადი მაჩვენებლები							
6	წყალბადის მაჩვენებელი	pH	6.5-8.5	7.84	7.92	7.9	7.87
7	პერმანგანატული ჟანგვალობა	მგ O ₂ /ლ	3	2.6	4.2	2.8	5.1

ცხრილი 1. გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7	8
8	შეწონილი ნაწილაკები	მგ/ლ	-	21	159	46	515
9	გახსნილი ჟანგბადი	მგ/ლ	>4	14.1	14.2	13.9	15.9
10	ელექტროგა მტარობა	μS/სმ	-	202.0	535.0	213.0	439.0
ძირითადი იონები							
11	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	158.4	437.9	173.3	425.2
12	სულფატები (SO ₄ ²⁻)	მგ/ლ	500	13.78	134,27	18.39	96.48
13	ქლორიდები (Cl ⁻)	მგ/ლ	350	4.99	11.06	5.19	8.56
14	სიხისტე	მგ-ეკვ./ლ	7	2.75	6.68	2.93	6.80
15	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	174.5	316.6	181.2	361.1
16	კალციუმი(Ca)	მგ/ლ	-	36.74	92.48	39.05	100.98
17	მაგნიუმი (Mg)	მგ/ლ	-	11.24	25.13	11.95	21.42
18	ნატრიუმი(Na)	მგ/ლ	-	12.38	34.11	13.14	30.21
ბიოგენური კომპონენტები							
19	ამონიუმი	მგ/ლ	0.39	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
20	ნიტრატები (NO ₃ ⁻)	მგ/ლ	45	4.32	16.93	4.80	13.83
21	ნიტრიტები (NO ₂ ⁻)	მგ/ლ	3.3	<0.075	<0.075	<0.075	<0.075
22	პოლიფოსფატები (PO ₄ ³⁻)	მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები							
23	ბარიუმი (Ba,ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.03	0.1	0.04	0.19
24	ბორი (B,ჯამური)	მგ/ლ	0.5	0.08	0.17	0.09	0.16
25	დარიშხანი (As,ჯამური)	მგ/ლ	0.05	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
26	ვერცხლისწყალი (Hg არაორგ.)	მგ/ლ	0.0005	0.001	0.002	0.001	0.002
27	კადმიუმი (Cd,ჯამური)	მგ/ლ	0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.002
28	მანგანუმი (Mn,ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.05	0.26	0.09	0.55

ცხრილი 1. გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7	8
29	მოლიბდენი (Mo, ჯამური)	მგ/ლ	0.25	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
30	ნიკელი (Ni, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.03	0.04	0.03	0.05
31	სელენი (Se, ჯამური)	მგ/ლ	0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
32	სპილენძი (Cu, ჯამური)	მგ/ლ	1	0.02	0.23	0.06	0.33
33	ტყვია (Pb, ჯამური)	მგ/ლ	0.03	0.001	0.004	0.001	0.006
34	ფტორიდები (F ⁻)	მგ/ლ	0.05	0.17	0.31	0.18	0.33
35	ქრომი (Cr, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.001	0.001	0.001	0.002
36	სტიბიუმი (Sb)	მგ/ლ	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
37	თუთია (Zn, ჯამური)	მგ/ლ	1	0.02	0.14	0.05	0.22
38	რკინა (Fe, ჯამური)	მგ/ლ	0.3	0.51	1.31	0.65	1.54
39	ალუმინი (Al, ჯამური)	მგ/ლ	0.5	0.7	1.58	0.71	2.61
40	სილიციუმი (Si, ჯამური)	მგ/ლ	-	15.09	17.19	14.72	18.77

ცხრილი 2. მდინარე ხრამისა და დებედას წყლების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდინარე ხრამი (ლეგზადინი) N3	მდინარე დებედა (ლეგზადინი) N7	მდინარე ხრამი და დებედას შეერთების შემდეგ (ლეგზადინი) N4
1	2	3	4	5	6	7
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები						
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	9.2	8.5	9.3
2	სუნი	ბალი	1	0	0	0
3	გემო	ბალი	1	-	-	-
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0	0

ცხრილი 2. გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	-	9.69	4.41	7.31
ზოგადი მაჩვენებლები						
6	წყალბადის მაჩვენებელი	pH	6.5-8.5	8.32	8.34	8.34
7	პერმანგანატული ჟანგვადობა	მგ O ₂ /ლ	3	2.6	2.4	2.8
8	შეწონილი ნაწილაკები	მგ/ლ	-	26.0	13.0	23.0
9	გახსნილი ჟანგბადი	მგ/ლ	>4	13.5	13.8	12.3
10	ელექტროგამტარობა	µS/სმ	-	375.0	475.0	386.0
ძირითადი იონები						
11	მშრალი ნაშთი (მინერალიზაცია)	მგ/ლ	1000	291.9	400.6	295.9
12	სულფატები (SO ₄ ²⁻)	მგ/ლ	500	59.31	117.44	58.88
13	ქლორიდები (Cl ⁻)	მგ/ლ	350	9.37	18.29	9.19
14	სიხისტე	მგ-ეკვ./ლ	7	4.6	5.4	4.58
15	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	250.7	255.6	249.5
16	კალციუმი (Ca)	მგ/ლ	-	62.67	79.08	62.23
17	მაგნიუმი (Mg)	მგ/ლ	-	18.02	17.64	17.89
18	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	-	23.06	40.37	22.97
ბიოგენური კომპონენტები						
19	ამონიუმი	მგ/ლ	0.39	<0.08	<0.08	<0.08
20	ნიტრატები (NO ₃ ⁻)	მგ/ლ	45	8.31	10.94	8.23
21	ნიტრიტები (NO ₂ ⁻)	მგ/ლ	3.3	<0.075	<0.075	<0.075
22	პოლიფოსფატები (PO ₄ ³⁻)	მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები						
23	ბარიუმი (Ba, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.04	0.04	0.04
24	ბორი (B, ჯამური)	მგ/ლ	0.5	0.12	0.15	0.11
25	დარიშხანი (As, ჯამური)	მგ/ლ	0.05	<0.01	<0.01	<0.01

ცხრილი 2. გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7
26	ვერცხლისწყალი (Hg არაორგ.)	მგ/ლ	0.0005	0.002	0.002	0.002
27	კადმიუმი (Cd, ჯამური)	მგ/ლ	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
28	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.03	0.05	0.03
29	მოლიბდენი (Mo, ჯამური)	მგ/ლ	0.25	<0.02	<0.02	<0.02
30	ნიკელი (Ni, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.04	0.03	0.04
31	სელენი (Se, ჯამური)	მგ/ლ	0.001	<0.01	<0.01	<0.01
32	სპილენძი (Cu, ჯამური)	მგ/ლ	1	0.02	0.02	0.01
33	ტყვია (Pb, ჯამური)	მგ/ლ	0.03	<0.001	<0.001	0.001
34	ფტორიდები (F ⁻)	მგ/ლ	0.05	0.23	0.2	0.21
35	ქრომი (Cr, ჯამური)	მგ/ლ	0.1	0.01	0.008	0.01
36	სტიბიუმი (Sb)	მგ/ლ	0.05	<0.02	<0.02	<0.02
37	თუთია (Zn, ჯამური)	მგ/ლ	1	0.009	0.04	0.01
38	რკინა (Fe, ჯამური)	მგ/ლ	0.3	0.47	0.5	0.48
39	ალუმინი (Al, ჯამური)	მგ/ლ	0.5	0.8	0.5	0.7
40	სილიციუმი (Si, ჯამური)	მგ/ლ	-	16.8	13.43	16.51

მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე დადგინდა, რომ მდინარე ხრამის წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყალს, ხოლო მდინარე მაშავერა და დებედას წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს. მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის pH-ის მნიშვნელობა იმყოფება მდინარის წყლისათვის დამახასიათებელ ზღვარში (6.5-8.5), ხოლო გახსნილი ჟანგბადის კონცენ-

ტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს-სუფთას. მდინარე ხრამის წყლის სიხისტე დასაწყისში, წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება რბილს, ხოლო შემდეგ სოფელ ლეჟბადინთან მდინარე დებედას შეერთების შემდეგ წყლის სიხისტე მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს. მდინარე მაშავერასა და დებედას წყლის სიხისტეც შეესაბამება საშუალოდ ხისტს. მდინარე ხრამისა და დებედას წყლების ჟანგვადობა არ აღემატება დასაშვებ ნორმების დონის სიდიდეს, ხოლო მდინარე მაშავერას წყალი ჟანგვადობის მნიშვნელობის მიხედვით მიეკუთვნება დაბინძურებულს.

მდინარე ხრამის წყლის მინერალიზაცია სოფელ ლეჟბადინამდე შეესაბამება დაბალ მინერალიზებულს, ხოლო მდინარე დებედას მიერთების შემდეგ კი საშუალოდ მინერალიზებულს. მდინარე მაშავერასა და დებედას წყლების მინერალიზაციაც მიეკუთვნება საშუალოდ მინერალიზებულს. შესაბამისად, მდინარე ხრამის წყლის ელექტროგამტარობა იცვლება 202.0–375.0 მიკრო სიმ./სმ. ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა ყველა მდინარის სინჯის წყალში არ აღემატება ნორმატივით დასაშვებ მნიშვნელობებს. მძიმე მეტალთა კონცენტრაციები მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყალში არ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს. გამონაკლისს წარმოადგენს ალუმინის, რკინისა და მანგანუმის კონცენტრაციები, რომელთა შედეგები აღემატება ზრვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მნიშვნელობას.

ჩატარდა წყლის ძირითად იონებსა და ძირითად მახასიათებლებს შორის კონცენტრაციათა ცვლილების ამსახველი დიაგრამები, რომლებიც კორელაციური ანალიზის კორექტულობაზე მიუთითებს. ჩატარებული კორელაციური სტატისტიკური ანალიზის მიხედვით კორელაციის მაღალი ხარისხით ხასიათდება შემდეგი წყვილები: სიხისტე და კალციუმი, სიხისტე და მინერალიზაცია, აგრეთვე ელექტროგამტარობა და მინერალიზაცია.

2. მდინარე ხრამის აუზის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

2018 წლის ნოემბერის თვეში წყლის ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად ჩატარდა მდინარე ხრამის, დებედასა და მაშავერას წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზი.

ცხრილი 3. მდინარე ხრამისა და მაშავერას წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

№	გამოსაკვლევი მარცენხედი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდინარე ხრამი (თამარისი) N1	მდინარე მაშავერა (თამარისი) N6	მდინარე ხრამი და მაშავერა შეერთება (თამარისი) N2	მდინარე მაშავერა (ბოლნისი, რაჭისუბანი) N5
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 1 ლ-ში	10000	19180	61310	26130	559400
2	E-coli	კწე 1 ლ-ში	-	5040	22820	3590	365400
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 370C	-	350	710	1500	1480
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 220C	-	2070	2000	2400	4000
5	Streptococcus faecalis	კწე 100 მლ-ში	-	5475	5172	3076	34480
6	Salmonella	1 ლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	კოლიფაგები	ნკწე 1 ლ-ში	100	40	50	50	280

ცხრილი 4. მდინარე ხრამისა და დებედას წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდინარე ხრამი (ლეჟბადინი) N3	მდინარე დებედა (ლეჟბადინი) N7	მდ. ხრამი და დებედა შეერთების შემდეგ (ლეჟბადინი) N4
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 1 ლ-ში	10000	26030	104620	24890
2	E-coli	კწე 1 ლ-ში		6310	54750	8820
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 370C	-	200	600	160
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 220C	-	1200	3000	1400
5	Streptococcus faecalis	კწე 100 მლ-ში	-	254	945	254
6	Salmonella	1 ლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	კოლიფაგები	ნკწე 1 ლ-ში	100	10	20	არ აღმოჩნდა

მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სალმონელა მდინარის წყლის არცერთ სინჯში არ იქნა აღმოჩენილი, ხოლო დანარჩენი მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს.

3. მდინარე ხრამისა და მისი ძირითადი შენაკადების მაშავერასა და დებედას ფსკერული დანალექების ანალიზის შედეგები

ლიტერატურული მონაცემებით მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების შესახებ მონაცემები უმწირესია. 2018 წლის ნოემბერის თვეში აღებული იყო მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ფსკერული დანალექების სინჯები.

ცხრილი 5. ფსკერული დანალექების ანალიზის შედეგები

პუნქტი	Cu	Zn	Pb	Mn	Ni	Cd	Co	Fe	pH
	მგ/კგ								
მდინარე ხრამის ფსკერული ანალიზი (თამარისთან)	28.56	50.85	6.26	525.80	6.26	1.00	3.76	1.44	7.36
მდინარე დებედას ფსკერული ანალიზი (ლეჟბადინთან)	47.85	246.99	52.61	428.36	11.27	0.75	1.25	1.20	7.30
მდინარე ხრამის ფსკერული ანალიზი (ლეჟბადინთან)	26.78	37.54	8.51	89.59	7.01	1.25	3.25	0.20	7.2
მდინარე მაშავერას ფსკერული ანალიზი (თამარისთან)	31.59	87.76	21.06	380.89	16.55	0.25	3.51	0.84	7.6
ზდკ (ფომინი)	36	140	85	700	35	0.8	20		

მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ფსკერული დანალექების ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სპილენძის, ტყვიის, მანგანუმის, ნიკელის, კობალტის, რკინის კონცენტრაციების მნიშვნელობები განპირობებულია ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე და შეესაბამება ფონურ მნიშვნელობებს. მხოლოდ კადმიუმის კონცენტრაცია აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობას, ასევე ლეჟბადინთან აღებულ მდინარე დებედას ფსკერული დანალექის სინჯში თუთიის კონცენტრაცია ბევრად აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობებს.

4. მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა ჭაბურღილებისა და შახტური ჭის წყლების ეკოქიმიური კვლევა

ქალაქ რუსთავისა და მისი მიმდებარე რეგიონების წყალმომარაგება ხორციელდება მდინარე ხრამისა და დებედას მიმდებარედ განლაგებული ექსპლუატაციაში მყოფი 8 ჭაბურღილითა და 7 ჭახტური ჭით. 2019 წლის აპრილის თვეში აღებულ იყო შერჩეული საანალიზო წერტილებიდან ჭაბურღილებისა და შახტური ჭების წყლის სინჯები.

ცხრილი 6. ჭაბურღილების წყლების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

№	განმარტებული ადგილი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ზრამი I; კაბურღილი N6	ზრამი I; კაბურღილი N7	ზრამი I; კაბურღილი N8	ზრამი II; კაბურღილი N1	ზრამი II; კაბურღილი N2	ზრამი II; კაბურღილი N3	ზრამი II; კაბურღილი N5	ზრამი II; კაბურღილი N6
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები											
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	18	18	15	18	18	18	18	18
2	სუნი	ბალი	2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	გემო	ბალი	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0	0	0	0	0	0	0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	2	0.12	0.06	0.41	0.29	0.12	0.12	0.23	0.12
ზოგადი მაჩვენებლები											
6	წყალბადის მაჩვენებელი	pH	6--9	7.13	7.14	7.21	7.03	6.97	6.96	6.98	6.89
7	პერმანგანატული ჟანგვალობა	მგ O ₂ /ლ	3	0.64	0.77	0.74	0.77	0.74	0.74	0.67	0.67
ძირითადი იონები											
8	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	293.2	350.8	380.8	364.3	350.7	376.3	374.2	384.0
9	სულფატები (SO ₄ ²⁻)	მგ/ლ	250	111.22	153.05	174.99	166.91	159.83	171.93	185.55	183.96
10	ქლორიდები (Cl ⁻)	მგ/ლ	250	17.23	24.22	28.03	36.36	34.76	38.47	27.41	26.54
11	სიხისტე	მგ-ეკვ./ლ	7	4.52	5.28	5.73	5.43	5.16	5.55	5.45	5.59
12	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	143.96	130.54	123.83	103.09	96.38	101.26	98.82	111.63
13	კალციუმი (Ca ⁺⁺)	მგ/ლ	140	66.56	78.25	85.17	82.49	78.52	84.31	83.1	85.59
14	მაგნიუმი (Mg ⁺⁺)	მგ/ლ	85	14.6	16.72	17.99	15.93	15.07	16.31	15.84	16.16
15	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	200	15.01	16.81	16.74	17.68	16.77	17.64	18.37	19.00

ცხრილი 7. შახტური ჭების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ხრამი I; შახტური ჭა N1	ხრამი I; შახტური ჭა N2	ხრამი I; შახტური ჭა N3	ხრამი I; შახტური ჭა N4	ხრამი I; შახტური ჭა N5	ხრამი I; შახტური ჭა N6	ხრამი I; შახტური ჭა N7
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები										
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	18	18	18	18	15	18	18
2	სუნი	ბალი	2	0	0	0	0	0	0	0
3	გემო	ბალი	2	0	0	0	0	0	0	0
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0	0	0	0	0	0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	2	0.06	1.39	0.35	0.45	0.17	0.75	0.12
ზოგადი მაჩვენებლები										
6	წყალბადის მაჩვენებელი	pH	6--9	7.13	6.92	7.18	7.23	7.15	6.89	7.04
7	პერმანგანატული ჟანგვადობა	მგ O ₂ /ლ	3	0.74	0.74	0.64	0.77	0.71	0.77	0.67
ძირითადი იონები										
8	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	350.0	419.2	273.2	197.8	198.1	246.3	188.9
9	სულფატები (SO ₄ ²⁻)	მგ/ლ	250	129.54	197.72	107.87	77.05	72.58	95.17	74.91
10	ქლორიდები (Cl ⁻)	მგ/ლ	250	19.16	31.18	14.7	11.0	10.27	13.99	11.32
11	სიხისტე	მგ-ეკვ./ლ	7	5,29	6.06	3.92	2.74	2.87	3.51	2.79
12	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	173.8	123.8	125.6	92.11	109.8	116.51	95.16
13	კალციუმი (Ca ⁺⁺)	მგ/ლ	140	80.2	91.97	60.19	42,32	44.5	53.54	41.56
14	მაგნიუმი (Mg ⁺⁺)	მგ/ლ	85	15.7	17.82	11.15	7.65	7.88	10.21	8.71
15	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	200	18.45	22.25	18.42	15.69	16.68	17.64	14.89

მდინარე ხრამის აუზის ყველა ჭაბურღილიდან და შახტური ჭიდან აღებულ წყლის სინჯების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, ძირითადად, წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმის ტიპის წყალს. რაც დადგინდა თვალსაჩინოების მიზნით აგებული სულფატ-იონების, კალციუმის იონებისა და ჰიდროკარბონატების კონცენტრაციათა მნიშვნელობების ცვლილებების ამსახველი დიაგრამებითაც.

ყველა ჭაბურღილის და შახტური ჭის სიხისტე (4.52 - 5.73 მგ-ექვ/ლ) შეესაბამება სიხისტის ნორმატივებით დასაშვები ნორმების მიხედვით ზომიერად ხისტს (3.01-6.0 მგ-ექვ/ლ). ძირითადი იონების შემცველობა მიწისქვეშა წყლების ნორმატივებით დასაშვები ნორმების ფარგლებშია, თუმცა სულფატ-იონების კონცენტრაცია (77,08-192,72 მგ/ლ) შედარებით მაღალია, მაგრამ არ აღემატება სასმელი და მიწისქვეშა წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დასაშვებ ნორმატიულ სიდიდეს (250 მგ/ლ). ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა ყველა სინჯის წყალში ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე. მიკრო- და მაკრო ნივთიერებების კონცენტრაციათა მნიშვნელობებიც არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციათა სიდიდეებს.

5. მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა ჭაბურღილებისა და შახტური ჭების წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

2019 წლის აპრილის თვეში აღებულ იქნა მდინარე ხრამის 8 ჭაბურღილიდან და 7 შახტური ჭიდან წყლის სინჯები მიკრობიოლოგიური კვლევისთვის.

მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ყველა სინჯის წყალში საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, E.coli-ს კლასის ბაქტერიები, კოლიფაგები, სალმონელა და Streptococcus faecalis-ის ბაქტერიები არ აღმოჩნდა, ხოლო მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C და 22°C - ბევრად ნაკლებია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეზე.

6. ხრამი I და II რეზერვუარების, ქ. რუსთავის ქაშაკაშვილის ქუჩისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის სასმელი წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

2019 წლის აპრილის და სექტემბერის თვეში საანალიზოდ აღებული იქნა მარნეულის მუნიციპალიტეტში, სოფელ დიდი მულანლოს მიმდებარე ტერიტორიაზე, ლეჟბადინთან განთავსებული სასმელ-სამეურნეო წყლისათვის მოსამზადებელი რეზერვუარებიდან (ხრამი I და ხრამი II) ქლორირებით დამუშავებული წყლის სინჯები, აგრეთვე ქალაქ რუსთავის ქაშაკაშვილის ქუჩისა (ხრამი I რეზერვუარი) და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის (ხრამი II რეზერვუარი) მოსახლეობის სასმელი წყლის სინჯები.

ცხრილი 8. ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების წყლის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	ხრამი I რეზერვუარი	ხრამი II რეზერვუარი
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები					
1	ტემპერატურა (წყალი)	გრადუსი	-	18	18
2	სუნი	ბალი	2	0	0
3	გემო	ბალი	2	0	0
4	ფერი	გრადუსი	15	0	0
5	სიმღვრივე	მგ/ლ	2	0.06	0.17
ზოგადი მაჩვენებლები					
6	წყალბადის მაჩვენებელი	pH	6--9	6.98	6.98
7	პერმანგანატული ჟანგვადობა	მგ O ₂ /ლ	3	0.61	0.64
ძირითადი იონები					
8	მინერალიზაცია	მგ/ლ	1000	276.9	385.3
9	სულფატები (SO ₄ ²⁻)	მგ/ლ	250	111.86	186.52
10	ქლორიდები (Cl ⁻)	მგ/ლ	250	16.55	34.56
11	სიხისტე	მგ-ეკვ./ლ	7	3.95	5.64
12	ჰიდროკარბონატები	მგ/ლ	-	120.17	96.99
13	კალციუმი (Ca)	მგ/ლ	140	60.48	85.7
14	მაგნიუმი (Mg ⁺⁺)	მგ/ლ	85	11.3	16.48
15	ნატრიუმი (Na)	მგ/ლ	200	18.91	18.5

ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარებიდან, ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის რეგიონის მოსახლეობიდან აღებული სასმელ წყლის სინჯების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგად დადგინდა რომ იგი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს. ჰიდრო-კარბონატ-იონების შემცველობა შეესაბამება 188.5 მგ/ლ და 185.4 მგ/ლ, ხოლო სულფატ-იონების კონცენტრაცია შედარებით მაღალია და შეადგენს 145.04 მგ/ლ და 166.47 მგ/ლ, მაგრამ არ აღემატება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დასაშვებ ნორმატიულ სიდიდეს (250 მგ/ლ).

პერმანგანატული ჟანგვალობა (0.64 მგO₂/ლ) ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან სუფთას (1მგO₂/ლ), ხოლო წყლის სიხისტის მნიშვნელობა (3.95-6.51 მგ-ეკვ/ლ) სიხისტის კლასიფიკაციის მიხედვით შეესაბამება საშუალოდ ხისტს (4-8 მგ-ეკვ/ლ).

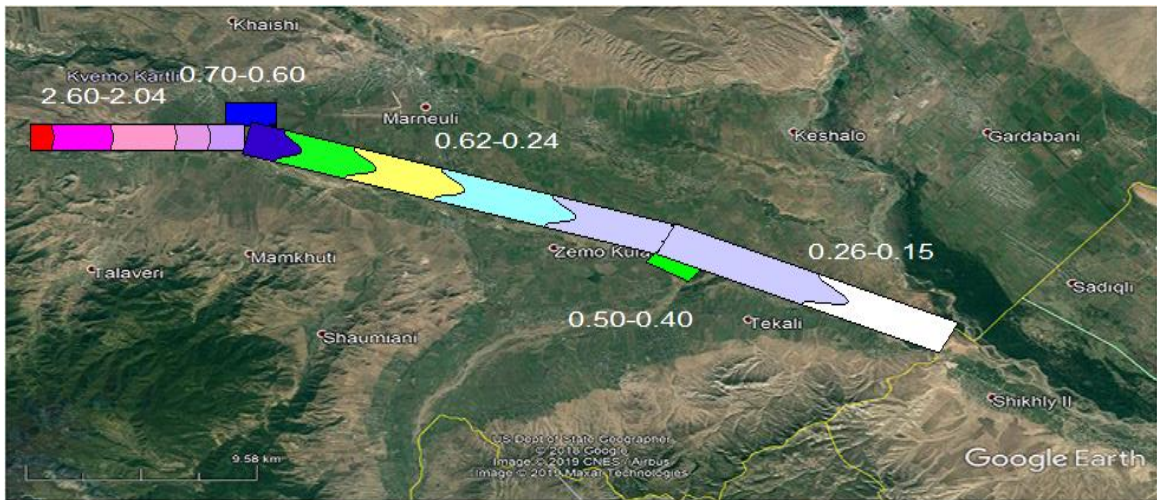
ბიოგენური ნივთიერებების, მაკრო- და მიკროელემენტების კონცენტრაციათა მნიშვნელობები ნაკლებია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით ნორმატიულად დასაშვებ სიდიდეებზე.

ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარებიდან, ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის რეგიონის მოსახლეობიდან აღებული სასმელ წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზის მიხედვით მინერალიზაცია (276,9- 429.8 მგ/ლ) შეესაბამება საშუალოდ მინერალიზირებულს, ხოლო ელექტროგამტარებლობა შეადგენს, შესაბამისად, 526.0 μ S/სმ და 579.0 μ S/სმ.

ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების, ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის მოსახლეობის სასმელი წყლის სინჯის მიკრობიოლოგიური ნალიზის შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, "E-coli"-ის ბაქტერიები, კოლიფაგები, სალმონელა და "Streptococcus faecalis"-ის ბაქტერიები არ იყო აღმოჩენილი. მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C და 22°C ტემპერატურაზე ბევრად დაბალია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეზე.

7. მდინარე ხრამის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების განაწილების რიცხვითი მოდელირება

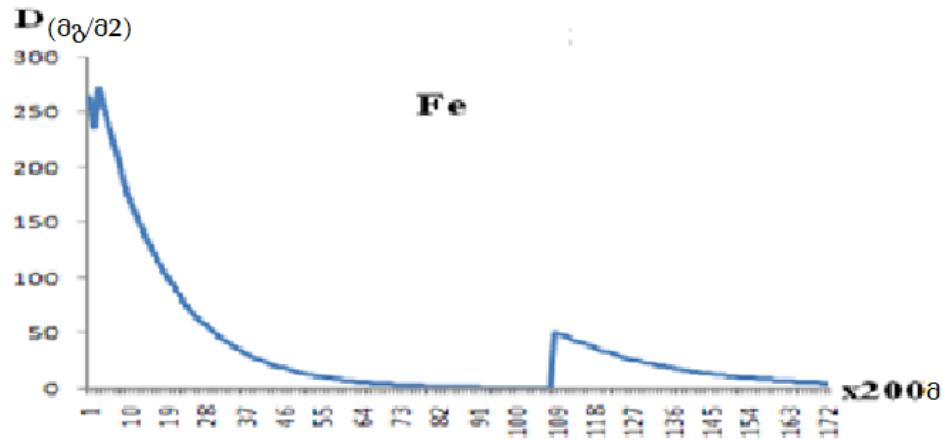
უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით მოდელირებულია მდინარე ხრამში ალუმინის, რკინისა და მანგანუმის კონცენტრაციათა განაწილება სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან მის შერთებამდე. მძიმე მეტალების წყაროს წარმოადგენენ მდინარე მაშავერისა და დებედას დაბინძურებული წყლები. მოდელირებისათვის მდინარე ხრამი დაყოფილია 3 პირობითად ერთგვაროვან წრფივ უბნებად. თითოეული უბისათვის გამოყენებულია მდინარის მახასიათებელი ჰიდროლოგიური პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობები. ამოცანის საწყის პირობად გამოყენებულია ექსპედიციური კვლევის მონაცემები.



ნახაზი 1. ალუმინის კონცენტრაციის C (მგ/ლ) განაწილება მდინარე ხრამში, მაშავერასა და დებედაში

მდინარე ხრამის დინების მიმართულებით, მდინარე მტკვართან შერთებამდე რკინის, ალუმინისა და მანგანუმის კონცენტრაციები მცირდება და შესაბამისად არ აღემატება ნორმატიულად დასაშვებ სიდიდეებს.

მდინარე ხრამის ფსკერზე დალექვის პროცესის ანალიზისათვის გამოთვლილი იქნა ერთი დღე-ღამის განმავლობაში დალექილი მანგანუმისა და რკინის ზედაპირული კონცენტრაციები.



ნახაზი 2. დალექილი რკინის ზედაპირული სიმკვრივის D(მგ/მ²) განაწილება მდინარე ხრამის ფსკერულ დანალექში

ორივე მეტალის დალექვის პროცესი ხორციელდება თვისებრივად ერთნაირად. მათი ზედაპირული სიმკვრივები მაქსიმალურია სოფელ თამარისთან. სოფელი თამარისიდან სოფელ ლეჟბადენამდე ზედაპირული სიმკვრივები მცირდება კვადრატულად და სოფელ ლეჟბადენთან ხდება მინიმალური. მდინარე დებედას დაბინძურებული წყლის ჩადინების შედეგად სოფელ ლეჟბადენთან კვლავ იზრდება დანალექი ინგრედიენტების ზედაპირული სიმკვრივები, რომლებიც მცირდებიან (წრფივად) დინების გასწვრივ მდინარე ხრამის მდინარე მტკვარში ჩადინების პუნქტამდე.

მოდელირების შედეგები შედარებულია ექსპერიმენტული გაზომვების მონაცემებთან და მიღებულია დამაკმაყოფილებელი თანხვედრა.

დასკვნა

1. საქართველოში მდინარე ხრამისა და დებედას მიწისქვეშა წყლები გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების მიზნებისთვის. მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსება ხდება უპირატესად ატმოსფერული ნალექებითა და ზედაპირული წყლებით.
2. ქალაქ რუსთავისა და მარნეულოს მუნიციპალიტეტის წყალმომარაგება ხორციელდება მდინარე ხრამისა და დებედას მიმდებარედ განლაგებული ექსპლუატაციაში მყოფი 8 ჭაბურღილისა და 7 შახტური ჭის მიწისქვეშა წყლებით.
3. მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე დადგინდა, რომ მდინარე ხრამის წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყალს, ხოლო მდინარე მაშავერა და დებედას წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატიან-კალციუმიან ტიპის წყალს.
4. მდინარე ხრამის წყლის სიხისტე დასაწყისში წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება რბილს, ხოლო შემდეგ სოფელ ლეჟბადინთან მდინარე დებედას შეერთების შემდეგ წყლის სიხისტე მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს. მდინარე მაშავერასა და დებედას წყლის სიხისტეც შეესაბამება საშუალოდ ხისტს.
5. მდინარე ხრამისა და დებედას წყლების ჟანგვადობა არ აღემატება დასაშვებ ნორმების დონის სიდიდეს, ხოლო მდინარე მაშავერას წყლის ჟანგვადობის მნიშვნელობა მიეკუთვნება დაბინძურებულს.
6. მდინარე ხრამის წყლის მინერალიზაცია სოფელ ლეჟბადინამდე შეესაბამება დაბალ მინერალიზებულს, ხოლო მდინარე დებედას მიერთების შემდეგ კი საშუალოდ მინერალიზებულს. მდინარე მაშავერასა და დებედას წყლების მინერალიზაციაც მიეკუთვნება საშუალოდ მინერალიზებულს.

7. ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა ყველა მდინარის სინჯის წყალში არ აღემატება ნორმატივით დასაშვებ მნიშვნელობებს.
8. მძიმე მეტალთა კონცენტრაცია მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყალში არ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს. გამონაკლისს წარმოადგენს ალუმინის, რკინისა და მანგანუმის კონცენტრაციები, რომელთა მნიშვნელობები აღემატება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მნიშვნელობებს. მდინარე მაშავერას წყალში ალუმინის, რკინისა და მანგანუმის შემცველობა შესაძლებელია განპირობებული იყოს სამთო-გამამდიდრებელი საწარმოს სს “მადნეულის“ ჩამდინარე წყლებით.
9. მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სალმონელა მდინარის წყლის არცერთ სინჯში არ იქნა აღმოჩენილი, ხოლო დანარჩენი მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლების ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს.
10. წყლის ძირითად იონებს შორის და ძირითად მახასიათებლებს შორის კონცენტრაციათა ცვლილების ამსახველი დიაგრამები კორელაციური ანალიზის კორექტულობაზე მიუთითებს. ჩატარებული კორელაციური სტატისტიკური ანალიზის მიხედვით კორელაციის მაღალი ხარისხით ხასიათდება შემდეგი წყვილები: სიხისტე და კალციუმი, სიხისტე და მინერალიზაცია, აგრეთვე ელექტროგამტარობა და მინერალიზაცია.
11. მდინარე ხრამის, მაშავერასა და დებედას წყლის ფსკერული დანალექების სინჯების ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სპილენძის, თუთიის, მანგანუმის, ტყვიის, ნიკელის, კობალტის, რკინის კონცენტრაციების მნიშვნელობები, განპირობებული ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე, შეესაბამება ფონურ მნიშვნელობებს. მხოლოდ კადმიუმის კონცენტრაცია აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობას, ასევე სოფელ ლეჟბადინთან აღებულ მდინარე დებედას ფსკერული დანალექის სინჯში

თუთიის კონცენტრაცია ბევრად აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობებს.

12. მდინარე ხრამის აუზის ყველა ჭაბურღილიდან და შახტური ჭიდან აღებულ წყლის სინჯების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, ძირითადად, წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიანი ტიპის წყალს, რაც დადგინდა თვალსაჩინოების მიზნით აგებული სულფატ-იონების, კალციუმის იონებისა და ჰიდროკარბონატების კონცენტრაციათა მნიშვნელობების ცვლილებების ამსახველი დიაგრამებითაც.
13. ყველა ჭაბურღილის და შახტური ჭის სიხისტე ძირითადად შეესაბამება სიხისტის ნორმატივებით დასაშვები ნორმების მიხედვით ზომიერად ხისტს. ძირითადი იონების, ბიოგენური კომპონენტების, მიკრო- და მაკრო ნივთიერებების შემცველობა ნორმატივებით დასაშვები ნორმების ფარგლებშია.
14. ჭაბურღილისა და შახტური ჭის წყლების სინჯების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგად გამომდინარე მიკრობიოლოგიური დაბინძურება არ დაფიქსირებულა.
15. ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარებიდან, ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის რეგიონის მოსახლეობიდან აღებული სასმელ წყლის სინჯების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგად დადგინდა რომ იგი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს. ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები და წყალბადის მაჩვენებელი არის ნორმატიულად დასაშვები ნორმების ფარგლებში. წყლის ჟანგვადობა ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან სუფთას, ხოლო წყლის სიხისტის მნიშვნელობა სიხისტის კლასიფიკაციის მიხედვით მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს.
16. მაკრო- და მიკროელემენტების, ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობა და თავისუფალი ქლორის ნარჩენი რაოდენობა წყლის სინჯებში სასმელი წყლის

ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით ნორმატიულად დასაშვები ნორმის ფარგლებშია. მინერალიზაცია შეესაბამება საშუალოდ მინერალიზირებულს, ხოლო ელექტროგამტარებლობა შეადგენს, შესაბამისად, 526.0 - 579.0 მიკრო სიმ./სმ .

17. ხრამი I და ხრამი II რეზერვუარების, ქალაქ რუსთავისა და მარნეულის მუნიციპალიტეტის სოფელი ქუთლიარის მოსახლეობის წყლის სინჯის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე სასმელი წყლის სინჯებში მიკრობიოლოგიური დაბინძურება არ დაფიქსირებულა.
18. უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით მოდელირებულია მდინარე ხრამის წყალში და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების განაწილება სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან მის შეერთებამდე. გამოყენებულია მდინარის მახასიათებელი ჰიდროლოგიური პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობები და ექსპედიციური კვლევის შედეგების მონაცემები. მდინარე ხრამის წყლის დინების მიმართულებით, მდინარე მტკვართან შეერთებამდე რკინის, ალუმინისა და მანგანუმის კონცენტრაციები მცირდება და შესაბამისად არ აღემატება ნორმატიულად დასაშვებ სიდიდეებს.
19. მანგანუმისა და რკინის ზედაპირული სიმკვრივეები ფსკერულ დანალექებში მაქსიმალურია სოფელ თამარისთან მდინარე მაშავერას შეერთებისას, შემდეგ იკლებს მდინარე ხრამის დინების მიმართულებით და კვლავ იზრდება მდინარე დებედას დაბინძურებული წყლის მდინარე ხრამში ჩადინების შედეგად სოფელ ლეჟბადენთან. ხოლო შემდეგ კვლავ მცირდება მდინარე ხრამის დინების გასწვრივ მდინარე მტკვართან შეერთების პუნქტამდე.
20. მდინარე ხრამში მიღებული მძიმე მეტალების კონცენტრაციის განაწილების სურათის მიხედვით სოფელი თამარისიდან მდინარე მტკვართან შეერთების ადგილამდე დადგენილია, რომ მდინარე მაშავერას წყალი არის მდინარე ხრამის ძირითადი დამაბინძურებელი წყარო.

21. უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების საფუძველზე მდინარე ხრამის აუზის დამაბინძურებელ ნივთიერებების კონცენტრაციათა გავრცელების მოდელირების შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მდინარეების წყლებისა და მათ ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების კონცენტრაციათა განაწილების დასადგენად, გავრცელების კანონზომიერების ალბათობის, კვლევისა და დაბინძურების პროგნოზირებისათვის.
22. მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის ჩატარებული ჰიდოქიმიური და მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ნალექების ეკოქიმიური კვლევის, აგრეთვე მდინარის ხრამის აუზის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების კონცენტრაციათა განაწილების რიცხვითი მოდელირების საფუძველზე მიღებული ეკოლოგიური მდგომარეობის სრული შეფასების შედეგად დადგინდა, რომ წყლის ხარისხი სავსებით შეესაბამება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით გათვალისწინებულ ნორმატიულად დასაშვებ ნორმებს.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. თ.ნიკურაძე, ლ.გვერდწითელი, ა.სურმავა, მდინარე ხრამის აუზის ეკოქიმიური კვლევა, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2019, ტომი 19 №1. 132-139.
2. თ.ნიკურაძე, ლ.გვერდწითელი, ა.სურმავა, მდინარე ხრამის აუზის მიკრობიოლოგიური კვლევა, საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2018, №4, ტომი 88, გვ. 60-62.
3. თ.ნიკურაძე, ლ.გვერდწითელი, ა.სურმავა, მდინარე ხრამის აუზის ჭაბურღილების მიწისქვეშა წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2019, ტომი 19 №1, გვ.147-152.
4. თ.ნიკურაძე, ლ.გვერდწითელი, ა.სურმავა, მდინარე ხრამის აუზის შახტური ჭების მიწისქვეშა წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები, საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2019, ტომი 89, გვ 114-118.

Abstract

The thesis paper covers assessment of the ecological state of use of Khrami catchment underground waters as potable-domestic water supply system. Article 53 of the Law of Georgia on Water involves basic goals and conditions of special water supply and addresses reliable protection from pollution and contamination of surface and underground waters used for potable-domestic and, also, agricultural purposes, when water special consumption, and their quality complies with the norms of Georgian state standards in their natural state or after corresponding treatment. Such norms will ensure safe environment for human health, protection of the environment, including water, observing ecological and economic interests.

The underground waters of the rivers Khrami and Debeda are used as the water supply system for the city of Rustavi and its neighbouring regions. Together with increasing of Rustavi population and its industrial zone development of water supply becomes crucial issue. The potable water supply intake is located between the catchments of Khrami and Debeda rivers. Water supply for potable-domestic purposes is carried out with the help of operating 8 boreholes and 7 shaft wells located in the vicinity of Khrami and Debeda rivers.

According to literature data, waters of the both rivers are polluted with industrial waste waters. The underground waters are resupplied mainly by atmospheric precipitation and surface waters. Resulting from the investigated literature sources, the data of hydro-chemical and microbiological research of Khrami underground waters is extremely scarce and that is why assessment of the Khrami catchment ecological state urgently needs consideration of concentration of hydro-chemical and microbiological components and identification of chemical contents of bed sediments. Numerical modeling of distribution of heavy metals concentration in the Khrami catchment water and bed sediments for complete assessment ecological state with the purpose of using the Khrami catchment underground waters for potable-domestic water supply is the novelty in this work. Studying and assessment of the Khrami catchment ecological situation was the goal of this work.

To fulfill the task, five expeditions were organized in 2018-2019. The expeditions studied physical-geographical location of the river Khrami and the sample taking points for underground and surface waters and bed sediments were selected.

Taking of samples of water and bed sediments, their conservation, labeling, storage and transportation, chemical, microbiological and bed analyses of water samples in the stationary laboratory were carried out in compliance with the ISO (International Organization for Standardization) methodology. The organoleptic indicators were defined using portable field devices.

Based on the results of chemical analyses of waters of the rivers Khrami, Mashavera and Debeda it has been discovered that the Khrami water belongs to hydro carbonate-calcic waters and the waters of Mashavera and Debeda rivers belong to the hydro carbonate-sulphatic-calcic type of waters. The pH value of the Khrami, Mashavera and Debeda waters is in the range characteristic to river waters (6.5-8.5) and the concentration of diluted oxygen corresponds to the specific class of surface water quality – “Clean”. The river Khrami water hardness in the beginning, according to the water classification hardness indicator, is soft and later, after joining Debeda river near the village of Lezbadini, the water hardness becomes “medium”. Oxidization of Khrami and Debeda waters does not exceed the permissible norms, but the Mashavera river water, according to the oxidization value, belongs to the polluted ones.

Mineralization of the Khrami river water up to the village of Lezbadini corresponds to low mineralization, but after joining Debeda river mineralization becomes medium. Mineralization of the Mashavera and Debeda rivers also belongs to medium class. Respectively, electric conductivity of the Khrami river water changes between 202.0-375.0 micro S/cm. Content of biogenic substances in the water samples of all rivers does not exceed the permissible values. Concentrations of heavy metals in the waters of Khrami, Mashavera and Debeda rivers do not exceed the permissible threshold norms. Concentrations of aluminum, iron and manganese represent an exception. Their values exceed the permissible threshold concentration values.

Concentration of aluminum, iron and manganese in the Mashavera river water may be caused by the waste waters from JSC Medneuli mining and beneficiation plant.

Resulting from the microbiological analyses of the Khrami, Mashavera and Debeda waters salmonella has not been detected in any of the samples, but the rest of the microbiological indicators largely exceed the values permissible for surface waters.

The diagrams reflecting the changes of concentrations between the basic water ions and basic characteristics indicates correctness of correlation analysis. According to the fulfilled static correlation analysis the following pairs are characterized by high correlation quality: hardness and calcium, hardness and mineralization and, also, electric conductivity and mineralization.

According to the literature, the data on heavy metals in bed sediments of Khrami, Mashavera and Debeda rivers are extremely scarce. Resulting from the analysis of the samples of Khrami, Mashavera and Debeda waters bed sediments, the values of copper, zinc, manganese, lead, nickel, cobalt, iron concentrations, caused by natural conditions, correspond to background rates. Only cadmium exceeds the permissible value. Besides the zinc concentration in the Debeda river bed sediment sample near the village of Lezbadini largely exceeds the permissible value.

During the expedition in April, 2019 the water samples were taken from analyses points of operating 8 boreholes and 7 shaft wells. Resulting from eco-

chemical analysis, the water, basically, belongs to hydro-carbonate-sulphatic-calcic type, that was determined also by means of the diagrams reflecting the changes of values of sulphate-ions, calcium ions and hydro-carbonates concentrations drawn up for illustration purposes.

Hardness of all boreholes and shaft wells, basically, according to the permissible hardness norms, is “medium”. Content of basic ions, biogenic components, micro- and macro substances is in the limits of the permissible norms.

Microbiological analyses of the water samples from the boreholes and shaft wells did not identify any resulting microbiological pollution.

In April and September 2019, chlorinated water samples were taken from the reservoirs (Khrami-1 and Khrami-2) prepared for potable-domestic water in Marneuli municipality, in the vicinity of the village Didi Muganlo, close to Lezbadini; also, the potable water samples were taken in Rustavi, Kashakashvili street (Khrami-1 reservoir) and the village of Kutliari (Khrami-2 reservoir) in Marneuli municipality.

As a result of eco-chemical analysis of the potable water samples taken for Khrami-1 and Khrami-2 reservoirs and Marneuli region population it was discovered that it belongs to hydro-carbonate-sulphatic-calcic type of water. The organoleptic and hydrogen indicators are in the limits of permissible norms. Oxidization of water, according to the permissible norms, belongs to “very clean” and the water hardness value, according to hardness classification, belongs to medium hardness.

Content of macro- and micro elements, biogenic substances and, also, residual volume of free chlorine in the water samples, according to the potable water technical regulations, is in the limits of the permissible norms. Mineralization corresponds to medium mineralization and electric conductivity equals, respectively, 526.0-579.0 micro S/cm.

Resulting from the microbiological analysis of the Khrami-1 and Khrami-2 reservoirs, the potable water of the city of Rustavi and Marneuli municipality village of Kutliari, microbiological pollution has not been identified.

Using non-stationary linear three dimensional equation of a substance conveying-diffusion in uninterrupted environment, distribution of heavy metals in the Khrami river water and bed sediments has been modeled from the village of Tamarisi up to its joining the river Mtkvari.

The waters of the Mashavera and Debeda rivers polluted by anthropogenic springs represent the source of heavy metals. For the modeling purposes the Khrami river, from the village of Tamarisi up to its joining with the Mtkvari river, is divided into 3 conditionally similar sections. For each section there are used average annual values of hydrological parameters characteristic to the river and the data of the research made by the expeditions. Downstream the river Khrami, up to joining with the Mtkvari river, the iron, aluminum and manganese concentration are reducing and, correspondingly, it does not exceed the permissible values.

The surface concentrations of manganese and iron deposited in the river Khrami bed were calculated during twenty-four hours. The surface hardness of the both metals are maximal at the village of Tamarisi in the joining point with the river Mashavera, then it reduces downstream the Khrami river and increases again as a result of flowing of the polluted Debeda river water into the Khrami river near the village of Lezbadini; then it reduces again along the Khrami river up to the joining point with the Mtkvari river.

According to the picture of distribution of the concentration of heavy metals directed to the Khrami river from the village of Tamarisi up to the joining point with the Mtkvari river it has been discovered that the river Mashavera water is the basic pollution source for the Khrami river.

Based on the non-stationary linear three dimensional equation of a substance conveying-diffusion in uninterrupted environment, the result of modeling of distribution of pollutants of the Khrami river catchment can be used for identification of distribution of concentration of heavy metals in the river waters and their bed sediments.

So, as a result of complete assessment of the ecological situation obtained based on hydro-chemical and microbiological and eco-chemical research for the bed sediments and, also, the numerical modeling of distribution of the concentrations of heavy metals in the Khrami river catchment water and bed sediments carried out for usage of the Khrami river catchment underground waters as a potable-domestic water supply system, it was discovered that the water quality fully corresponds to the permissible norms set forth under the potable water technical regulations.