

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნინო შუშტაკაშვილი

მდინარე იორის აუზის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების  
სისტემად გამოყენებისათვის დამცავი პრევენციული ღონისძიებების  
შემუშავება

სადოქტორო პროგრამა-ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია

შიფრი - 0711

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2026 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: პროფესორი დიმიტრი ერისთავი-----  
ქიმ.მეც. აკადემიური დოქტორილიანა ინჭკირველი-----

დაცვა შედგება 2026 წლის ”-----” -----, -----საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებებისა და  
ქიმიური ტექნოლოგიების ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის  
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი -----

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა:** სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება მდინარე იორის აუზის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის დამცავი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებას. საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ მეოთხე მუხლის მიხედვით, დღევანდელი და მომავალი თაობების ინტერესებისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება და მათი დაცვა. ხოლო 53-ე მუხლისა, წყლის ჩარჩო დირექტივა 2000/60/EC-ისა და ალაზანი-იორის მდინარეთა აუზის მართვის გეგმის (RBMP) მიხედვით, წყლის რესურსების მართვის ძირითადი მიზანია, მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგების სისტემისთვის გამოყენებული იყოს დაბინძურებისაგან დაცული, საქართველოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილი ნორმების შესაბამისად სუფთა, ხარისხიანი ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები.

არსებული ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით მდ. იორის წყლის რესურსების გამოყენების არეალი ფართოა. მდ.იორის წყლის რესურსების მთავარი მომხმარებელია მოსახლეობა, ეკონომიკის ცალკეული სექტორები, ენერგეტიკის, ირიგაციისა და წყალმომარაგების სექტორები. მდ. იორის წყალი გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მოსარწყავად, თბილისის მცირე ზღვის, სიონის, სამგორისა და დალის წყალსაცავების მოსამარაგებლად წყლის რესურსებით. ასევე ხდება სიონის, საცხენისის, მარტყოფისა და თეთრახვის ჰიდროელექტროსადგურების ფუნქციონირების უზრუნველყოფა. ხოლო ბოლო პერიოდში სულ უფრო იზრდება მდ. იორის აუზში შემავალი წყალსაცავების ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის ათვისების მასშტაბები. მდინარე იორის საშუალო წყლის ჩამონადენი შემცირებულია მრავალრიცხოვანი სარწყავი სისტემის აგების, არსებული თუ პერსპექტივაში დაგეგმილი ჰიდროელექტრო-სადგურების ფუნქციონირებით.

წყლის ჩარჩო დირექტივის მე-10 მუხლის მიხედვით საჭიროა მდ. იორის აუზის უბანში ანთროპოგენული ზემოქმედებისა და მათი გამომწვევი მიზეზების იდენტიფიცირება. მდინარე იორის აუზის ზედაპირული წყლისა და მიწისქვეშა

წყლის ობიექტებზე ზემოქმედების ძირითად წყაროს წარმოადგენს: ჭარბი წყალადება, ფიზიკური, ჰიდრომორფოლოგიური ცვლილება, ურბანული განვითარება, მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, უსანქციო ნაგავსაყრელები, საკანალიზაციო სისტემების გაუმართაობა ან არარსებობა, სხვადასხვა სამშენებლო და მოსაპირკეთებელი მასალის წარმოება, ღვინის წარმოება, ქვის სატეხი, ქვიშისა და ხრეშის მომპოვებელი და გადამამუშავებელი საწარმოები. მდინარის აუზში არ არსებობს ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობა. ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის მიხედვით გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ მდ. იორის წყლის ხარისხის მონიტორინგი ხორციელდებოდა 2017 - 2021 წლებში მხოლოდ ორ უბანზე - იორი-სასადილო და იორი -სართიჭალა, ხოლო 2022 – 2024 წლებში კი ტარდებოდა 6 კვლევით ობიექტზე: სოფ.სასადილო, სოფ.სართიჭალა, სოფ. პადლო, სოფ. იორმუდანლო, სოფ. კოლაგირი და ალაზნის საზღვართან. მონიტორინგით ტარდებოდა მხოლოდ წყლის ჰიდროქიმიური კვლევები ყოველთვიურად ან კვარტალურად. უმწირესია მონაცემები მდინარის წყლის მიკრობიოლოგიური და ფსკერილი დანალექების დაბინძურების შესახებ, ასევე ინფორმაცია მდ. იორის წყლის ხარისხის ზოგადი მდგომარეობის შესახებ. ამიტომ მდინარე იორის აუზის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემისათვის გამოსაყენებლად, წყლის ხარისხის დასადგენად მეტად აქტუალურია მდინარე იორის აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კომპონენტების კონცენტრაციებისა და აგრეთვე ფსკერული დანალექების ქიმიური შემადგენლობის დადგენა.

**სამუშაოს მიზანი:** მდინარე იორის წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად მდინარე იორის აუზის წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური, ფსკერული დანალექების ქიმიური, აგრეთვე ქ.დედოფლისწყაროს მოსახლეობის ონკანის წყლის ეკოქიმიური, მიკრობიოლოგიური კვლევის ჩატარება და მათი შედეგების ანალიზი.

**კვლევის ძირითადი ამოცანები:** დასახული კვლევითი სამუშაოს ამოცანების შესასრულებლად სავლელ ექსპედიციის ჩატარება, მდინარე იორისა და მისი ძირითადი შენაკადების - მდინარეების საგამისა და კუსნოს წყლისა და ფსკერული დანალექების საანალიზო სინჯების ასაღები წერტილების შერჩევა.

სამუშაოში პრიორიტეტულად გამოისახა მდინარე იორის აუზის წყლის

ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები, ასევე ფსკერული დანალექის ქიმიური ანალიზი.

ჩვენი კვლევითი სამუშაო მოიცავდა შემდეგ ძირითად ხუთ ეტაპს:

პირველი ეტაპი - შესწავლილი იქნა მდინარე იორის აუზისა და მისი ძირითადი შენაკადების დამაბინძურებელი ბუნებრივი და ანთროპოგენური წყაროები. შერჩეული იქნა მდ.იორის წყლის, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზისათვის, აგრეთვე ფსკერული დანალექების ქიმიური ანალიზისათვის სინჯების აღების ადგილები;

მეორე ეტაპი - მდინარე იორის და მისი ძირითადი შენაკადების- საგამისა და კუსნოს ჰიდროქიმიური ანალიზი; მდ.იორის მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის გამოკვლევა და შეფასება, ასევე მისი ფსკერული დანალექების ქიმიური ანალიზი;

მესამე ეტაპი - მდინარე იორის წყლის და ფსკერული დანალექების დამაბინძურებელ კომპონენტთა კონცენტრაციათა მნიშვნელობების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება.

მდინარე იორის ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროებისა და კომპონენტთა იდენტიფიცირება და ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება;

მეოთხე ეტაპი - მდინარე იორის იდენტიფიცირებული დამაბინძურებელი წყაროებიდან დამაბინძურებელი პრიორიტეტული ნივთიერების დადგენა; დამაბინძურებელი კომპონენტისაგან გამწმენდი მეთოდისა და აპარატ-დანადგარების შერჩევა;

მეხუთე ეტაპი- ქ.დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სასმელ - სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარება და დამცავი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება.

**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: HACH-ის და Elmetron-ის

ფირმის SensION156 და CX-401, HANNA Instruments Turbitimeter. ხოლო სტაციონალურ ლაბორატორიაში ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზები განხორციელდა ISO და USEPA სტანდარტული მეთოდიკებით. წყლის სინჯებში მეტალების განსასაზღვრავად გამოყენებულ იქნა იყო ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრები: Perkin Elmer-305-B, და Perkin Elmer Analyst 200 და Karl Zeiss Ienna-AAS 3. ბიოგენური ელემენტები განისაზღვრა სპექტროფოტომეტრ „CΦ-26-ით და ფოტოკოლორიმეტრით KΦK-2-ით. ძირითადი ანიონების განსასაზღვრავად გამოყენებული იყო მოცულობითი და ტურბიდიმეტრიული მეთოდი. წყალში საერთო სიხისტის, ჟანგვადობის კვლევა განხორციელდა ტიტრიმეტრიული მეთოდებით.

ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების, ქლორორგანული პესტიციდების განსაზღვრა ჩატარდა ქრომატოგრაფიული მეთოდით, აირ-თხევადი ქრომატოგრაფის Perkin-Elmer-CLARUS-500“ საშუალებით.

ფტორის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო ფტორიდსელექტური ელექტროდი – BJYBRC-122F, ხოლო გამზომ საშუალებად იონომერი B-135 და ЭкоТест-120.

სელენი განისაზღვრა ფლუორომეტრიული მეთოდით. ფლუორესცენტული გამოსხივების ინტენსივობის გასაზომად გამოიყენებოდა ფლუორომეტრი „Jobin Yvon- JY3“.

ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების ანიონაქტიურებისა და ციანიდების განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო სპექტროფოტომეტრი „CΦ-26“

მიკრობიოლოგიური კვლევისთვის გამოყენებულ იქნა პირდაპირი დათესვისა და ფილტრაციის მეთოდები სტანდარტული ISO 6222-2008, ISO 9308-1:2014 და ISO 19250:2010 მეთოდიკების გამოყენებით.

ფსკერული დანალექის ნიმუშის დამუშავება განხორციელდა სტანდარტული EPA-200.2 მეთოდის შესაბამისად მიკროტალღური დამშლელი ხელსაწყოს „milestone“ ექსტრაქტორის გამოყენებით, ხოლო დამუშავებულ ნიმუშებში მეტალების შემცველობის განსაზღვრა წარმოებდა სტანდარტული EPA-3050B-მეთოდით ატომურ ემისიური სპექტრომეტრის გამოყენებით.

**მეცნიერული სიახლე:** კვლევითი სამუშაოს სიახლეს წარმოადგენს მდინარე იორის აუზის ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების მნიშვნელობების

განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება, უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით. დამაბინძურებელი წყაროებისა და ნივთიერებების იდენტიფიცირება და მათი შემცირების პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება. აგრეთვე ქ.დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის დამცავი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება.

**სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა:** სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი მდინარე იორისა და მისი ძირითადი შენაკადების - მდინარეების საგამისა და კუსნოს წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის, ასევე ფსკერული დანალექების კვლევის შედეგები ახასიათებს წყლის ხარისხს, მათ დღევანდელ ეკოლოგიურ მდგომარეობას. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის შედეგები შესაძლებელია გათვალისწინებული იქნას მდინარე იორის აუზის გარემოს ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებისა და წყაროების ზემოქმედებით გამოწვეული ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური შემადგენლობის ცვლილებების შესაფასებლად. პრევენციული ღონისძიებების გატარების მიზნით, მდინარე იორის აუზის წყლის ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროებისა და კომპონენტთა იდენტიფიცირება, დამაბინძურებელი კომპონენტებისაგან გამწმენდი მეთოდებისა და აპარატ-დანადგარების შერჩევა შესაძლებელია გამოყენებული იყოს დაბინძურებული ნებისმიერი წყლის ობიექტის შეტივტივებული ნაწილაკებისაგან გასაწმენდად. აგრეთვე, ქ.დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის შემუშავებული დამცავი პრევენციული ღონისძიებები შესაძლებელია გამოყენებული იყოს წყლის ლოკალური გაწმენდისათვის.

მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებით განსაზღვრული ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების შემცველობის ცვლილება დროსა და სივრცეში, მათი მუდმივი კონცენტრაციების მიღწევის დამოკიდებულება ორ პროცესზე - გრავიტაციულ სედიმენტაციასა და ტურბულენტურ დიფუზიაზე შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალთა კონცენტრაციათა განაწილების პროგნოზისათვის.

**აპრობაცია:** სადოქტორო ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი და განხილული

იქნა: 1.აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო - სამეცნიერო კონფერენციაზე „ქიმია - მიღწევები და პერსპექტივები“ (თბილისი, 2023 წელი).

2. ვიქტორ ერისთავის 85 წლისთავისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციაზე „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ (თბილისი, 12 ივნისი, 2024 წელი).

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

**სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა:** დისერტაცია მოიცავს 122 გვერდს, 16 ცხრილს, 14 სურათს, და 12 ნახაზს. დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ლიტერატურული მიმოხილვისაგან, კვლევა, შედეგებისა და მათი განსჯისაგან, ექსპერიმენტალური ნაწილისაგან, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

## კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

### მდინარე იორის აუზის წყლის ეკოქიმიური კვლევა

წყლის რესურსების მართვის რეგულირება ხდება საქართველოს კანონებით - 'წყლის შესახებ', 'გარემოს დაცვის შესახებ', 'წიაღის შესახებ', საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებებითა და შეთანხმებებით, სხვა ნორმატიული აქტებით. ასევე 'წყლის რესურსების მართვის შესახებ' კანონ-პროექტი შეესაბამება ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივისა და წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის ძირითად მიმართულებებს.

საქართველოს კანონის 'წყლის შესახებ' მეოთხე მუხლის მიხედვით სახელმწიფოს პოლიტიკის ინტერესებს უნდა შეადგენდეს უზრუნველყოს წყლის ობიექტების დაცვა და წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება. ხოლო 53-ე მუხლის, წყლის ჩარჩო დირექტივისა და წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის მიხედვით მოსახლეობის სასამელ-სამეურნეო, საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგების სისტემისათვის გამოყენებული უნდა იყოს დაბინძურებისაგან დაცული, საქართველოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილი ნორმების შესაბამისად სუფთა, ხარისხიანი ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები.

მდ. იორის წყლის რესურსების გამოყენების არეალი ფართოა. მდ. იორის აუზში წყლის რესურსების ძირითადი მომხმარებელია მოსახლეობა და ეკონომიკის ცალკეული სექტორები. არსებული ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით მდ.იორის წყლის რესურსების მთავარი მომხმარებელია ენერგეტიკის, ირიგაციისა და წყალმომარაგების სექტორები. აგრეთვე გამოიყენება თიანეთის, სართიჭალას, საგარეჯოს, ნაწილობრივ სიღნაღისა და დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში შემავალი სასოფლო-სამეურნო სავარგულების მოსარწყავად, სიონის, სამგორისა და დალის წყალსაცავების მოსამარაგებლად წყლის რესურსებით. ასევე ხდება სიონის, საცხენისის, მარტყოფისა და თეთრახევის ჰიდროელექტროსადგურების ფუნქციონირების უზრუნველყოფა. გარდა ამისა თანდათან იზრდება მდ.იორის აუზში შემავალი წყალსაცავების, განსაკუთრებით სიონის წყალსაცავის, ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის ათვისების არეალი.

წყლის ჩარჩო დირექტივის მე-10 მუხლის მიხედვით საჭიროა მდ. იორის აუზზე მნიშვნელოვანი ანთროპოგენული წყაროების ზემოქმედებისა და მათი გამომწვევი ფაქტორების იდენტიფიცირება. კახეთი თითქმის ყველა მუნიციპალიტეტი მდიდარია მინერალური რესურსებით, სხვადასხვა სამშენებლო და მოსაპირკეთებელი მასალით. ამიტომ მდინარის აუზის დაბინძურების დიფუზიურ წყაროებად შეიძლება ჩაითვალოს სოფლის მეურნეობა, უნებართვო ნაგავსაყრელები, გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების წყალჩაშვება, ასევე ღვინის წარმოება, ქვიშის და ხრეშის გადამუშავებელი საწარმოები. ასევე იორის აუზზე ზეწოლის ტიპებად შეიძლება ჩაითვალოს ჭარბი წყალაღება და ჰიდრომორფოლოგიური ცვლილება. მდინარის აუზის მიმდებარე ტერიტორიაზე არ არსებობს ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობა. 2017 - 2021 წლებში გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ ხორციელდებოდა მდ.იორის წყლის ხარისხის მონიტორინგი მხოლოდ 2 უბანზე - იორი-სასადილო და იორი -სართიჭალა, ხოლო 2022 – 2024 წლებში კი ტარდებოდა 6 კვლევით ობიექტზე: სოფ.სასადილო, სოფ.სართიჭალა, სოფ. ჰადლო, სოფ. იორმუღალნო, სოფ.კოლაგირი და ალაზნის საზღვართან. მონიტორინგი ხორციელდება ყოველთვიურად ან კვარტალურად. უმწირესია მდინარის ფსკერილი დანალექებისა და მიკრობიოლოგიური დაბინძურების შესახებ მონაცემები, არ არსებობს ინფორმაცია მდ. იორის წყლის ხარისხის ზოგადი მდგომარეობის შესახებ.

ამიტომ მდინარე იორის აუზის წყლის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემისათვის გამოსაყენებლად, წყლის ხარისხის დასადგენად აქტუალურია და ჩვენი კვლევითი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა მდინარე იორის აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად ჰიდოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კომპონენტების მნიშვნელობათა და აგრეთვე ფსკერული დანალექებში მძიმე მეტალთა შემცველობის დადგენა.

ჩვენს მიერ 2023 წლის ოქტომბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული ადგილ-მდებარეობის, ლანდშაფტის დათვალიერებისას შესწავლილი იყო მათი დამაბინძურებელი ბუნებრივი და ანთროპოგენული წყაროები, აგრეთვე შერჩეული იქნა საანალიზოდ ასაღები წყლის სინჯების 10 წერტილი.

ჩვენი კვლევითი სამუშაოს დასახული ამოცანის პირველი ეტაპის შესასრულებლად 2023 წლის ნოემბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იქნა მდინარე იორის, მისი შენაკადების - მდ.საგამისა და მდ. კუსნოს წყლების ჰიდროქიმიური ანალიზისათვის შემდეგი წყლის სინჯები:

1. მდ.იორი - სოფელ ლიშოს დასაწყისთან;
2. მდ. საგამი (მდ იორის მარცხენა შენაკადი)-სოფელ ჟებოტამდე;
3. მდ. საგამის მდ.იორთან შეერთების შემდეგ - სოფელ თეგერიანებთან;
4. მდ.კუსნო( მდ.იორის მარჯვენა შენაკადი) - სოფ თეთრახევის ქვევით ხიდთან;
5. მდ.კუსნოს მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი;
6. მდ.იორი - სიონის წყალსაცავსა და სოფ.ორხევის შორის;
7. მდ.იორი - სოფ ხაშმის ქვის სატეხ საწარმოსთან;
8. მდ.იორი - სართიჭალიდან კახეთისაკენ მიმავალ გზის ხიდთან;
9. მდ.იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ქვის სატეხ საწარმოსთან;
10. მდ.იორი ქ.თბილისის წყალსაცავთან შეერთებამდე.

წყლის სინჯების აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება, აგრეთვე ლაბორატორიული ანალიზი ჩატარებულ იქნა საერთაშორისო (ISO) სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად.

**ცხრილი 1. მდინარე იორის წყლის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები**

№	განსაზღვრული პარამეტრები	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები,ნღ-ის მიხედვით არა უმეტეს	მდ.იორი - სოფ. ლიშოს დასაწყისთან №1	მდ. საგამი ( მდ. იორის მარცხენა შენაკადი) - სოფელ ჟებოტამდე №2	მდ. საგამის მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სოფელ თეგერიანებთან; №3	მდ. კუსნო ( მდ. იორის მარჯვენა შენაკადი) - სოფ. თეთრახევის ქვევით ხიდთან; №4
1	2	3	4	5	6	7
<b>ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები</b>						
1	წყლის ტემპერატურა , °C	-	8	10	11	11
2	სუნი, ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო, ბალი	2	-	-	-	-

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

4	ფერიანობა, გრადუსი	15	24	<15	20	<15
5	სიმღვრივე, FTU	2.0	1.1	0.49	2.27	2.94
ზოგადი მაჩვენებლები						
6	pH	6 -9	7.90	7.60	7.40	7.75
7	პერმანგანა-ტული დაჟანგულობა, მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	0.48	0.48	1.36	1.12
9	გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ	>4	13	12.2	11.8	11.2
10	ელექტრო-გამტარობა, სიმ/მ	-	0.0265	0.0374	0.0404	0.0347
ძირითადი იონები						
11.	სულფატები (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), მგ/ლ	250	10.4	4.0	9.6	7.6
12.	ქლორიდები (Cl <sup>-</sup> ), მგ/ლ	250	8.51	9.22	9.93	9.22
13.	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	3.21	4.51	4.41	4.01
14.	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	-	175.7	263.5	256.2	229.4
15.	კარბონატები, მგ/ლ	-	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
16.	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	50.1	82.16	74.15	68.4
17.	მაგნიუმი (Mg), მგ/ლ	85	8.51	4.76	8.51	7.30
18.	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ,	200	3.52	3.08	4.84	4.84
19.	კალიუმი, მგ/ლ	-	0.55	0.66	1.27	0.88
ბიოგენური კომპონენტები						
20.	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
21.	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	50	<0.5	1.3	4.0	<0.5
22.	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	0.2	<0.02	<0.02	0.13	<0.02

**ცხრილი 1-ის გაგრძელება**

23	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები						
24.	დარიშხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
26.	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	<0.001	0.001	<0.001	0.001
27.	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
28.	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2.0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
29.	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
30.	თუთია (Zn,ჯამური) მგ/ლ	3.0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
31.	რკინა (Fe, ჯამური), მგ/ლ	0.3	<0.02	<0.02	0.65	1.54

**ცხრილი 2. მდინარე იორის წყლის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები**

№	განსაზღვრული პარამეტრები	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, ნდ-ის მიხედვით არა უმეტეს	. მდ. კუსნოს მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი; №5	. მდ. იორი - სიონის წყალსაცავსა და სოფ. ორხევეს შორის; №6	. მდ.იორი - სოფ. ხაშმის ქვის სატეხ საწარმოსთან; №7	. მდ.იორი - სართიკალიდან კახეთისაკენ მიმავალი გზის ხიდთან; №8
1	2	3	4	5	6	7
<b>ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები</b>						
1	წყლის ტემპერატურა, °C	-	14	13	14	12

ცხრილი 2-ის გაგრძელება

2	სუნი, ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო, ბალი	1	-	-	-	-
4	ფერი, გრადუსი	15	21	19	<15	16.1
5	სიმღვრივე, FTU	2	4.72	4.94	1.15	8.42
ზოგადი მაჩვენებლები						
6	წყალბადის მაჩვენებელი, pH	6-9	7.85	7.90	7.95	7.90
7	პერმანგანა- ტული ჟანგვადობა, მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	1.92	1.28	1.28	1.68
9	გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ	>4	10.8	10.2	9	9.2
10	ელექტრო- გამტარობა, სიმ/მ	-	0.0255	0.0238	0.0431	0.0462
ძირითადი იონები						
11	საერთო მინერალი- ზაცია, მგ/ლ	1000	231.6	231.0	377.3	396.0
12	სულფატები (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), მგ/ლ	250	8.0	9.6	50	68.0
13	ქლორიდები (Cl <sup>-</sup> ), მგ/ლ	250	8.51	7.09	15.6	12.8
14	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	2.80	2.81	4	4.51
15	ჰიდროკარბონ ატები, მგ/ლ	-	158.6	158.6	215.9	209.8
16.	კარბონატები, მგ/ლ	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
17	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	46.1	44.1	62.0	70.14
18	მაგნიუმი (Mg), მგ/ლ	85	6.06	7.30	10.9	12.16
19	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ,	200	3.52	3.63	20.9	19.91
20	კალიუმი, მგ/ლ	-	0.77	0.72	1.93	1.65
ბიოგენური კომპონენტები						
21.	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1

**ცხრილი 2-ის გაგრძელება**

22.	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	50	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
23.	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	0.2	<0.02	<0.02	<0.02	0.24
24.	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები						
25.	დარიშხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
26.	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
27.	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
28.	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
29.	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
30.	თუთია (Zn, ჯამური) მგ/ლ	3	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
31.	რკინა (Fe, ჯამური), მგ/ლ	0.3	0.05	0.07	0.02	0.13

**ცხრილი 3. მდინარე იორის წყლის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები**

	განსაზღვრული პარამეტრები	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, ნდ-ის მიხედვით არა უმეტეს	მდ.იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ქვის სატებ საწარმოსთან; №9	მდ იორი - ქ.თბილისის წყალსაცავთან შეერთებამდე; №10
1	2	3	4	5
<b>ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები</b>				
1	ტემპერატურა (წყალი), გრადუსი	-	11	13
2	სუნნი, ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო, ბალი	2	-	-
4	ფერი, გრადუსი	15	>70	40
5	სიმღვრივე, FTU	2(3.5)	4660.0	3.63

ცხრილი 3-ის გაგრძელება

ზოგადი მაჩვენებლები				
6	წყალბადის მაჩვენებელი, pH	6 -9	7.70	7.90
7	პერმანგანა-ტული ჟანგვალობა, მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	6.46	1.92
9	გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ	>4	8.4	10.2
10	ელექტრო- გამტარობა, სიმ/მ	-	0.0613	0.0310
ძირითადი იონები				
11	მშრალი ნაშთი (მინერალი-ზაცია) , მგ/ლ	1000	557.0	292.2
12	სულფატები (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), მგ/ლ მგ/ლ	250	226.0	32.0
13	ქლორიდები (Cl <sup>-</sup> ), მგ/ლ	250	16.4	9.93
14	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	5.66	3.51
15	ჰიდროკარბონატებ ი, მგ/ლ	-	170.8	178.1
16	კრბონატები,მგ/ლ	-	<0.5	<0.5
17	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	85.16	54.11
18	მაგნიუმი (Mg) , მგ/ლ	85	17.02	9.73
19	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ,	200	37.4	6.93
20	კალიუმი, მგ/ლ	-	2.48	1.27
ბიოგენური კომპონენტები				
21	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.1	<0.1
22	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	50	1,8	<0.5
23	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), მგ/ლ	0.2	<0.02	0.16
24	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები				

**ცხრილი 3-ის გაგრძელება**

25	დარიშხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	0.013	<0.005
26	დრიშხანი (გახსნილი), მგ/ლ	0.01	<0.005	-
27	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	<0.001	<0.001
28	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02
29	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2	<0.003	<0.003
30	თუთია (ჯამური), მგ/ლ	3.0	<0.003	<0.003
31	ტყვია (ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01
32	რკინა (ჯამური), მგ,ლ	0.3	<b>59.5</b>	-
33	რკინა (გახსნილი),მგ/ლ	0.3	0.05	-

პირველ, მეორე და მესამე ცხრილში წარმოდგენილია ჩვენს მიერ ჩატარებული მდინარე იორის, მისი შენაკადების მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლების ქიმიური ანალიზის შედეგები. მდინარე იორის pH-ის მნიშვნელობა (7.90 - 7.95, 7.40) შეესაბამება მდინარის წყლისათვის დამახასიათებელ ზღვრებს (6.5 – 8.5), რომელიც არ იცვლება მდინარე საგამისა (pH = 7,60) და მდინარე კუსნოს (pH=7.75) შეერთების შემდეგ, შესაბამისად pH= 7.40 და pH= 7.85.

პირველი ცხრილის მიხედვით მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლებში გახსნილი ჟანგბადის მნიშვნელობა მაღალია და შესაბამისად შეადგენს 13.0–11.2 მგ/ლ (T=8 - 11 °C), ხოლო 5–7 სინჯის წყლებში (ცხრილი 2) ჟანგბადის კონცენტრაცია შეადგენს 10.8 – 9.0 მგ/ლ (T= 14 - 13 °C), მერვე სინჯის წყალში ჟანგბადის კონცენტრაცია ტოლია 9.2 მგ/ლ (( T=12 °C), რაც შემოდგომის პერიოდის მიხედვით შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს - სუფთას. მეცხრე სინჯის წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა შეესაბამება შემოდგომის პერიოდის მიხედვით ზომიერად დაბინძურებულს 8.4 მგ/ლ ( ცხრილი 3 ). მეათე სინჯის წყალში კი გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა შემოდგომის პერიოდის მიხედვით შეესაბამება სუფთას

(10.2 მგ/ლ).

ბუნებრივი წყლის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს სიხისტე, რომელსაც უმთავრესად განაპირობებს მასში კალციუმისა და მაგნიუმის ხსნადი მარილები. ზედაპირული წყლების სიხისტე იცვლება სეზონური ცვალებადობის მიხედვით. ზამთრის დასასრულს აღწევს მაღალ მნიშვნელობას, ხოლო უმცირეს კი წყალდიდობისას. პირველი ცხრილის მიხედვით მდინარე იორის წყლის სიხისტე შეადგენს 3.21 მგ-ექვ/ლ (სინჯი 1), რაც წყლის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება რბილს (<4 მგ-ექვ/ლ), კალციუმის კონცენტრაცია ტოლია 50.1 მგ/ლ, ხოლო მაგნიუმის კონცენტრაცია კი ტოლია 8.51 მგ/ლ. მდინარე საგამის წყლის სიხისტე შეადგენს 4.51 მგ-ექვ/ლ (სინჯი 2), რაც წყლის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება საშუალოდ ხისტს (4 – 8 მგ-ექვ/ლ). კალციუმისა და მაგნიუმის კონცენტრაცია, შესაბამისად, ტოლია 82.16 მგ/ლ და 4.76 მგ/ლ. მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ მდინარე იორის სიხისტე იზრდება 4.41 მგ-ექვ/ლ-მდე, კალციუმის კონცენტრაცია 74.15 მგ-ექვ/ლ-მდე, ხოლო მაგნიუმის იონის მნიშვნელობა უცვლელია (წყლის სინჯი 3, ცხრილი 1). მდინარე კუსნოს წყლის სიხისტე შეადგენს 4.01 მგ-ვ/ლ, კალციუმის კონცენტრაცია არის 68.14 მგ/ლ, ხოლო მაგნიუმის კონცენტრაცია კი - 7.30 მგ/ლ (სინჯი 4, ცხრილი 1). მდინარე იორთან მდინარე კუსნოს შეერთების შემდეგ სიონის წყალსაცავის წყლის სიხისტე კლებულობს 2.80 მგ-ექვ/ლ-მდე (წყლის სინჯი 5, ცხრილი 2), რომელიც წყლის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება რბილს (<4 მგ-ექვ/ლ), ასევე იკლებს კალციუმისა (46.1 მგ/ლ) და მაგნიუმის კონცენტრაციაც (6.06 მგ/ლ), რასაც ალბათ განაპირობებს მცირე შენაკადები. მდინარე იორის დინების მიმართულებით სოფელ ორხევამდე სიხისტის მნიშვნელობა (2.81 მგ-ექვ/ლ), ასევე კალციუმისა (44.1 მგ/ლ) და მაგნიუმის კონცენტრაცია (7.30 მგ/ლ) თითქმის უცვლელია (წყლის სინჯი 6, ცხრილი 2). შემდეგ მეშვიდე და მერვე წყლის სინჯში სიხისტის მნიშვნელობა იზრდება 4.00 – 4.51 მგ/ლ-მდე ზღვრებში, რაც შეესაბამება საშუალოდ ხისტს (4 – 8 მგ-ექვ/ლ). ასევე კალციუმ-იონის მნიშვნელობაც მატულობს და შესაბამისად ტოლია 62.00 მგ/ლ და 70.14 მგ/ლ, ხოლო მაგნიუმის კონცენტრაციაც მომატებულია და შესაბამისად შეადგენს 10.0 მგ/ლ და 12.16 მგ/ლ (წყლის სინჯი 7, 8, ცხრილი 2). მესამე ცხრილიდან გამომდინარე მეცხრე წყლის სინჯში სიხისტე აღწევს 5.66 მგ-

ექვ/ლ, რომელიც, აგრეთვე წყლის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით მიეკუთვნება საშუალოდ ხისტს (4–8 მგ-ექვ/ლ). ასევე გაზრდილია კალციუმისა (85.16 მგ/ლ) და მაგნიუმის კონცენტრაციაც (17.02 მგ/ლ). მეშვიდე, მერვე და მეცხრე წყლის სინჯში სიხისტის, კალციუმისა და მაგნიუმის კონცენტრაციის გაზრდილი მნიშვნელობები შესაძლებელია გააპირობებული იყოს ხევის ტიპის მცირე შენაკადებით, აგრეთვე 8-10 ქვის სატეხი საწარმოების ზეგავლენით, რომლებიც განლაგებულია სოფელი ხაშმიდან საგარეჯომდე.

სიონის წყალსაცავის შემდეგ დიდი ლილოს გადასახვევისაკენ მდინარე იორის მცირე ნაწილი მიემართება და უერთდება თბილისის მცირე ზღვას.

მდინარე იორის მეათე წყლის სინჯში სიხისტის მიშვნელობა ტოლია 3.51 მგ-ექვ/ლ, რაც შეესაბამება რბილს (<4 მგ-ექვ/ლ), ხოლო კალციუმისა და მაგნიუმის კონცენტრაციათა მნიშვნელობები კი შესაბამისად ტოლია 54.11 მგ/ლ-ის და 9.73 მგ/ლ -ის (ცხრილი 3).

მდინარის წყლებში ჰიდროკარბონატ და კარბონატული იონების შემცველობა იცვლება წყლის pH-ის მიხედვით 30-400 მგ  $\text{HCO}_3^-$ /ლ ზღვრებში. მდინარე იორის წყლის პირველ სინჯში ჰიდროკარბონატ - იონების კონცენტრაციის მნიშვნელობა შეადგენს 175.7 მგ/ლ (ცხრილი 1), მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ იზრდება 256.2 მგ/ლ -მდე (წყლის სინჯი 3), ვინაიდან მდ. საგამის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობაა 263.5 მგ/ლ (წყლის სინჯი 2). მდ.იორის მარჯვენა შენაკადის მდ. კუსნოს წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობა შეადგენს 229.4 მგ/ლ (წყლის სინჯი 4, ცხრილი 1); ამიტომ მისი შეერთების შემდეგ მდ. იორის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობა მცირდება 158.6 მგ/ლ-მდე (წყლის სინჯი 5 და 6; ცხრილი 2); სოფელ ხაშმის ქვის სატეხ საწარმოსთან მდ.იორის წყლის ჰიდროკარბონატ - იონების კონცენტრაცია იზრდება 215.9 მგ/ლ-მგ -მდე (წყლის სინჯი 7), ხოლო შემდეგ კლებულობს 209.8 მგ/ლ-170.8 მგ/ლ ზღვრებამდე (შესაბამისად, წყლის სინჯი 8 და 9; ცხრილი 2 და 3). მეათე წყლის სინჯში - თბილისის მცირე ზღვასთან შეერთებამდე მდინარე იორის მეათე წყლის სინჯში ჰიდროკარბონატ - იონების კონცენტრაციის მნიშვნელობა ტოლია 178. მგ/ლ (ცხრილი 3).

პირველი, მეორე და მესამე ცხრილის მონაცემების მიხედვით მდინარე იორის წყალში ქლორიდების კონცენტრაციათა მნიშვნელობები იცვლება 8.51

მგ/ლ-16.4 მგ/ლ ზღვრებში. ხოლო სულფატების კონცენტრაციათა მნიშვნელობები მდ.იორის 1, 3, 5 და 6 წყლის სინჯებში 10.4 მგ/ლ, 9.6 მგ/ლ, 8.0 მგ/ლ და 9.6 მგ/ლ (ცხრილი 1, 2), ხოლო მეათე წყლის სინჯში კი იზრდება 32.0 მგ/ლ - მდე (ცხრილი 3). მდინარე საგამისა და კუსნოს წყალში სულფატების შემცველობა ასევე დაბალია და შესაბამისად შეადგენს 4.0 მგ/ლ და 7.6 მგ/ლ (ცხრილი 1). შემდეგ სოფელ ხაშმის ქვის სატეხ საწარმოდან მდინარე იორის დინების მიმართულებით სულფატების შემცველობა იზრდება 50 მგ/ლ-დან 68.0 მგ/ლ - მდე (სინჯი 7 და 8, ცხრილი 2), ხოლო საგარეჯოდან 1 კმ მანძილით დაცილებულ ქვიშა-ხრემის მომპოვებელ საწარმოსთან ადებულ მდინარე იორის წყლის სინჯში სულფატების მნიშვნელობა მატულობს 226 მგ/ლ- მდე (სინჯი 9, ცხრილი 5), მაგრამ არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციათა მნიშვნელობას - 250 მგ/ლ. სულფატ-იონების მაღალ მნიშვნელობებს შესაძლებელია განაპირობებდეს მდ.იორის სანაპიროსთან განლაგებული 10 ქვის სატეხი საწარმოს ანთროპოგენული ზემოქმედება.

პირველი, მეორე და მესამე ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარე 1 - 6 და 10 წყლის სინჯების ძირითადი კათიონებისა და ანიონების კონცენტრაციის მნიშვნელობების მიხედვით მდ. იორის წყალი, ასევე მდინარე საგამისა და კუსნოს წყალი შესაძლებელია მივაკუთვნოთ ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყალს. ხოლო შემდეგ მდინარე იორის დინების მიმართულებით 7 – 9 წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით იგი შესაძლებელია ეთანადებოდეს ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს ( $SO_4^{2-} = 50.0 - 68.0 - 226.0$  მგ/ლ;  $HCO_3^- = 215.9 - 209.8 - 170.8$  მგ/ლ;  $Ca^{2+} = 62.0 - 70.14 - 85.16$  მგ/ლ; ცხრილი 2, 3). მდინარე იორის 1 - 8 და 10 წყლის სინჯის მიხედვით პერმანგანატული დაჟანგულობა იცვლება 0.48 - 1.92 მგ  $O_2$ /ლ ზღვრებში (ცხრილი 1, 2, 3, ), რომელიც არ აღემატება დასაშვები ნორმების სიდიდეს (3 მგ  $O_2$ /ლ) და მიეკუთვნება სუფთას. ხოლო მეცხრე წყლის სინჯის მიხედვით მდინარე იორის წყლის ჟანგვადობა შეადგენს 6.46 მგ  $O_2$ /ლ (ცხრილი 3), რაც ბევრად აღემატება დასაშვები ნორმების სიდიდეს და მიეკუთვნება დაბინძურებულს, რომელიც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ანთროპოგენული ფაქტორებით.

მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლების მინერალიზაცია იცვლება 231 - 396.0 მგ/ლ (1 - 8 და 10 წყლის სინჯი), რომელიც შეესაბამება საშუალოდ

მინერალიზებულს ( 200 – 500 მგ/ლ ). ხოლო მდინარე იორის მეცხრე წყლის სინჯის მინერალიზაცია ანთროპოგენული ფაქტორების ზეგავლენით მომატებულია 557.0 მგ/ლ -მდე, და შეესაბამება მაღალ მინერალიზებულს ( 500 – 1000 მგ/ლ ).

ზედაპირული წყლების მინერალიზაციის შეფასება ხდება კუთრი ელექტროგამტარობის სიდიდით, რადგან იგი წარმოადგენს არაორგანული ნივთიერებათა ელექტროლიტების კონცენტრაციის მიახლოებით მაჩვენებელს. უმრავლესი მდინარეების მინერალიზაცია შეადგენს რამდენიმე ათეული მილიგრამიდან რამდენიმე ასეულ მილიგრამამდე ერთ ლიტრში, ხოლო მათი კუთრი ელექტროგამტარობა კი იცვლება  $2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-2}$  სიმ/სმ ზღვრებში.

მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლების კუთრი ელექტროგამტარობა იცვლება 0.0238 – 0.0462 სიმ/მ (ცხრილი 1, 2, 3; სინჯი 1 - 8, 10). ხოლო მეცხრე წყლის სინჯის კუთრი ელექტროგამტარობა კი მაღალია და შეადგენს 0.0613 სიმ/მ (ცხრილი 3).

მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლების ბიოგენური კომპონენტთა ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე წყლის ყველა სინჯში ამონიუმის იონის კონცენტრაცია  $< 0.1$  მგ/ლ, ასევე ფოსფატ - იონების კონცენტრაცია  $< 0.2$  მგ/ლ, რაც არ აღემატება მათ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს 1 – 7 და 9 წყლების სინჯებში ნიტრიტ-იონის კონცენტრაცია  $< 0.02$  მგ/ლ, ხოლო მათე წყლის სინჯში ტოლია 0.16 მგ/ლ (ცხრილი 1,2,3 ), რაც ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე. მერვე წყლის სინჯის ნიტრიტ-იონის კონცენტრაცია კი უმნიშვნელოდ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას და შეადგენს 0.24 მგ/ლ (ცხრილი 2).

მდინარე იორის პირველი წყლის სინჯში ნიტრატ-იონების კონცენტრაცია  $< 0.5$  მგ/ლ (ცხრილი 1). მდინარე საგამის წყლის ნიტრატ-იონების კონცენტრაციაა 1.3 მგ/ლ; მისი შეერთების შემდეგ მდინარე იორის წყლის ნიტრატ-იონების კონცენტრაცია იზრდება 4.0 მგ/ლ - მდე (ცხრილი 1), თუმცა არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. მდინარე კუსნოს წყალში და მისი შეერთების შემდეგ მდინარე იორის წყლის სინჯში ნიტრატ-იონების კონცენტრაცია მცირდება და  $< 0.5$  მგ/ლ (ცხრილი 1, 2, 3; წყლის სინჯები 4 – 8, 10). მეცხრე წყლის სინჯში დაფიქსირდა 1.8 მგ/ლ (ცხრილი 3), რომელთა

მნიშვნელობებიც არის დასაშვები ნორმების სიდიდეზე ბევრად დაბალი (50 მგ/ლ).

მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლის სინჯების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე მანგანუმის, რკინის, სპილენძის, ტყვიის, ქრომის, თუთიის, დარიშხანისა და კადმიუმის კონცენტრაციათა მნიშვნელობები არ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებს (წყლის სინჯები (1 – 8, 10; ცხრილი 1,2,3). მხოლოდ მდინარე იორის წყლის მეცხრე სინჯში რკინის ჯამური რაოდენობა - 59.5 მგ/ლ, რომელიც შესაძლებელია განპირობებული იყოს მთის ქანების ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვის პროცესების შედეგად თანმხლები მექანიკური რღვევითა და ხსნადობით, ასევე ღვინის ქარხნის ანთროპოგენული წყაროებით (წყლის სინჯი 9; ცხრილი 3). ხოლო ხსნად მდგომარეობაში რკინის შემცველობა - 0.05 მგ/ლ და ხსნად მდგომარეობაში დარიშხანის შემცველობა (<0.005 მგ/ლ) ნაკლებია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებზე (შესაბამისად, Fe- 0.3 მგ/ლ, As -0.01 მგ/ლ). დარიშხანის ხოლო ჯამური რაოდენობა - 0.013 მგ/ლ უმნიშვნელოდ აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეს.

მდინარე იორის დინების მიმართულებით აგებული იქნა ძირითადი იონების - კალციუმისა და ჰიდროკარბონატ-იონების, კალციუმისა და ქლორიდ-იონების, ნატრიუმისა და სულფატ-იონების, ასევე მაგნიუმისა და სულფატ-იონების კონცენტრაციათა ცვლილების ამსახველი დიაგრამები, აგრეთვე ელექტროგამტარობასა და მინერალიზაციას შორის ცვლილების ამსახველი დიაგრამები, რომლის მიხედვითაც მათი მნიშვნელობები ერთგვაროვნად იცვლება, რაც მათ დადებით ურთიერთდამოკიდებულებაზე მიუთითებს. მხოლოდ ჰიდროკარბონატ-იონების, კალციუმის კონცენტრაციათა შედარებით მაღალი მნიშვნელობები გამოწვეულია მდინარე საგამის მდინარე იორთან შეერთების შედეგად, ასევე სოფ. ხაშმთან მიმდებარე და საგარეჯოდან 1 კმ. მანძილის დაცილებით ქვის სატეხ საწარმოს ანთროპოგენული წყაროებით. ასევე სულფატ-იონების კონცენტრაციათა მნიშვნელობებზეც შეინიშნება სოფ. ხაშმთან მიმდებარედ და განსაკუთრებით, საგარეჯოდან 1 კმ. მანძილის დაცილებით ქვის სატეხ საწარმოს ანთროპოგენული წყაროების გავლენა.

ამიტომ მდინარე იორის წყლის სინჯებში თვალსაჩინოების მიზნით აგებული იქნა სულფატ-იონების, კალციუმის იონებისა და ჰიდროკარბონატების კონცენტრაციათა მნიშვნელობების ცვლილებათა ამსახველი დიაგრამები.

### მდინარე იორის აუზის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

ჩვენს მიერ 2023 წლის ნოემბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იყო მდინარე იორის, საგამისა და კუსნოს წყლის სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად. მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე საერთო კოლიფორმული ბაქტერიების, მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების, ასევე E-coli-ს კლასის ბაქტერიების რაოდენობა ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს. ხოლო მდინარის დინების მიმართულებით სალმონელა მდინარის წყლის არცერთ სინჯში არ იქნა დაფიქსირებული. მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების ლოკალურ წყაროს შესაძლებელია წარმოადგენს დასახლებული პუნქტების, კომერციული ობიექტების, სასტუმრო კომპლექსებიდან, მესაქონლეობის ფერმებიდან წარმოქმნილი საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები, მდინარის სანაპიროზე უნებართვო ნაგავსაყრელები, ასევე ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების არარსებობა.

#### ცხრილი 4. მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდ. საგამის მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სოფელ თევგორიანთან; №1	მდ. კუსნოს მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი; №2	მდ.იორი - სართიქალიდან კახეთისაკენ მიმავალი გზის ხილთან; №3	მდ.იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ილებით ქვის საწარმოსთან; №3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	1100	700	1200	2160
2	E-coli	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	1100	2	800	420

#### ცხრილი 4-ის გაგრძელება

3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატ	კწე 1 მლ-ში 37°C	≤ 20	63	23	60	90
---	---------------------------------	------------------	------	----	----	----	----

	ური ანაერობები						
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატიური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 22°C	≤100	220	150	240	420
5	პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის სალმონელა	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

### მდინარე იორის ფსკერული დანალექების ანალიზის შედეგები

ლიტერატურული მონაცემებით მდინარე იორის წყლის ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების შესახებ მონაცემები უმწირესია. ჩვენს მიერ 2023 წლის ნოემბერის თვეში აღებულ იქნა მდინარე იორის დინების მიმართულებით ფსკერული დანალექის სინჯები. მძიმე მატალთა განსაზღვრის შედეგები მოცემულია მესამე ცხრილში.

#### ცხრილი 5. ფსკერული დანალექების ანალიზის შედეგები

პუნქტი	Cu	Zn	Pb	Mn	Cd	Fe	As	pH
მგ/კგ								
1. მდ. საგამის მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სოფელ თეგერიანებთან; (12 <sup>05</sup> სთ. T = 11 <sup>0</sup> C);	41.3	11.2	26.5	976.5	< 2.0	3.59 %	8.8	7.40
2. კუსნოს მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი; ( 14 <sup>0</sup> სთ. T = 14 <sup>0</sup> C);	32.9	94.0	24.1	896.7	< 2.0	3.37 %	9.6	7.85

#### ცხრილი 5-ის გაგრძელება

3. მდ.იორი - სართიჭალიდან კახეთისაკენ მიმავალი გზის ხიდთან; ( 16 <sup>30</sup> სთ. T = 12° C );	24.5	80.5	17.5	979.5	< 2.0	1.85 %	5.2	7.90
4. მდ.იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ქვის საწარმოსთან; ( 17 <sup>20</sup> თ. T = 11° C );	28.6	78.5	16.8	927.0	< 2.0	2.07 %	6.8	7.70
დასაშვები ნორმატივები	36	140	85	700	0.8	3.80 %	20-29	

ანალიზის შედეგების მიხედვით თუთიის, ტყვიის, რკინისა და დარიშხანის კონცენტრაციათა მნიშვნელობები შეესაბამება ფონურ მნიშვნელობებს . ფსკერული დანალექების პირველი სინჯის ანალიზის მიხედვით სპილენძის შემცველობა (41,3 მგ/ლ) აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობას ( 36 მგ/ლ). ხოლო 2, 3 და 4 სინჯის შედეგებიდან გამომდინარე სპილენძის კონცენტრაციის მნიშვნელობა შეესაბამება ფონურ მნიშვნელობებს. მხოლოდ გამონაკლისს წარმოადგენს მანგანუმის შემცველობა, რომელიც ფსკერული დანალექის ყველა სინჯში მაღალია, იცვლება 896,7 - 979,5 მგ/ლ ზღვრებში და აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობას (700 მგ/ლ).

**მდინარე იორის წყალსა და ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების  
განაწილების რიცხვითი მოდელირება**

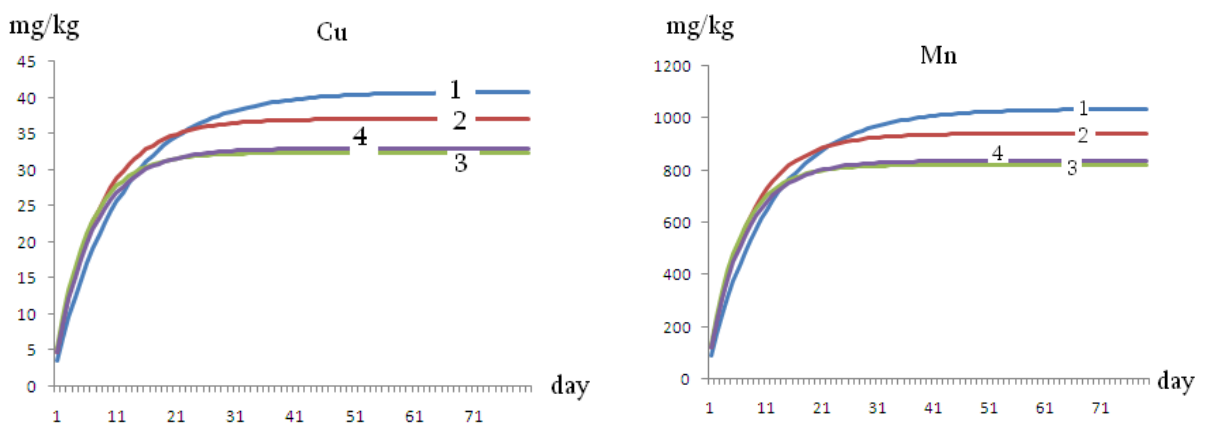
საქართველოს ცალკეულ მდინარეებსა და შედარებით მცირე ზომის მდინარეებში მინარევების გავრცელების, დაბინძურების დონის და ქვეფენილ ზედპირებზე მძიმე მეტალების სედიმენტაციის შესასწავლად დამუშავებულია შესაბამისი რიცხვითი მოდელები. ისინი ითვალისწინებენ ცალკეული წყლის ობიექტის ჰიდროლოგიურ თავისებურებას, ახორციელებენ ინგრედიენტების და ფსკერული დანალექების კონცენტრაციების განსაზღვრას უწყვეტ გარემოში მინარევების გადატანა-დიფუზიის განტოლების რიცხვით ინტეგრირებით.

იმისათვის, რომ მათემატიკურად განისაზღვროს ფსკერულ დანალექებში მძიმე მეტალების რაოდენობა მდ. იორის მონაკვეთზე სოფ. თეგერიანები - ქ.

საგარეჯო არჩეულია ოთხი პუნქტი. დამზებულია თითოეულ პუნქტში მდინარის მახასიათებელი ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრები არ იცვლებიან სიმაღლის მიხედვით: მუდმივია დინების სიჩქარე, სიღრმე, მინარევის სედიმენტაციის სიჩქარე, ვერტიკალური ტურბულენტობა და წყალში მძიმე მეტალის ჯამური კონცენტრაცია. მათი სიდიდეები ტოლია საშუალო წლიური მნიშვნელობებისა და განისაზღვრებიან ნატურული დაკვირვებებითა და ექსპერიმენტული გაზომვების საშუალებით.

**ცხრილი 6. დაკვირვებებითა და გამოთვლებით მიღებული ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრების მნიშვნელობები**

დაკვ. პუნქტი, $i$	$H_i$ მ	$U_i$ მ/წმ	Cu			Mn		
			$q_i$ (მგ/ლ)	$Q_{s,i}$ (მგ/კვ) გამოთვ.	$Q_{s,o,i}$ (მგ/კვ) დაკვ.	$q_i$ (მგ/ლ)	$Q_{s,i}$ (მგ/კვ) გამოთვ.	$Q_{s,o,i}$ (მგ/კვ) დაკვ.
1. სოფ.თეგერიანები	0.55	0.5	0.0007	40.7	41.3	0.02	1034.7	976.5
2. სიონის წყალსაც.	0.4	0.4	0.0007	37.0	32.9	0.02	940.6	896.7
3. სოფ. სართიჭალა	0.35	0.4	0.0007	32.4	24.5	0.02	823.1	979.5
4. საგარეჯო	0.4	0.45	0.0007	32.9	28.6	0.02	836.1	927.0



**ნახ. 1. გამოთვლებით მიღებული დალექილი სპილენძის და მანგანუმის მასური კონცენტრაციის  $Q_{s,i}$  (მგ/კვ) დროში ცვლილება დაკვირვების პუნქტებში 1-4.**

პირველად, ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებითა და რიცხვითი მოდელირებით განსაზღვრული იქნა ფსკერულ დანალექებში სპილენძისა და მანგანუმის შემცველობის ცვლილება დროსა და სივრცეში. დადგინდა, რომ პროცესი ხასიათდება მდინარის ფსკერზე ნივთიერების კონცენტრაციის სტაციონალური განაწილების დამყარებით, რაც მიიღწევა ერთმანეთისაგან განსხვავებულ დროსა და კონცენტრაციის ცვლილებით გამოწვეულ სიჩქარის პირობებში და დამოკიდებულია ორ პროცესზე – გრავიტაციულ სედიმენტაციასა და ტურბულენტურ დიფუზიაზე. ჩატარებული გამოთვლების შედეგები შედარებულია გაზომვების მონაცემებთან და ნაჩვენებია მათ შორის დამაკმაყოფილებელი თანხვედრა.

### **მდინარე იორის დამაბინძურებელი წყაროები და მისი აღკვეთის**

#### **პრევენციული ღონისძიებები**

2023 წლის ნოემბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას დავაფიქსირეთ მდ.იორის დინების მიმართულების მიხედვით სოფ ხაშმიდან საგარეჯომდე განლაგებულია დაახლოებით 8-10 ქვის სატეხი საწარმო.

2024 წლის ივნისში საველე ექსპედიციის დროს, ჩვენს მიერ ადგილზე შესწავლილი იქნა საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით განლაგებული ქვის სამტვრევი საწარმო. აღნიშნული საწარმო აწარმოებს 4 სახეობის, 5–40 მმ-ის ზომის ქვიშა-ლორღს, ხრეშს, კენჭს. დანადგარებიდან მათი ჩარეცხვით მიღებული ჩამდინარე წყალი მიედინება და უერთდება მდინარე იორს. ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ქვიშა- ხრეშის გადამუშავების შედეგად მიღებული სამრეწველო ჩამდინარე წყლის გაწმენდის პროცესი განხორციელდეს მექანიკური მეთოდით, ერთმანეთის თანმიმდევრობითი მიყოლებით მოწყობილი 5 ჰორიზონტალური ტიპის სალექარით, სადაც თანდათან მოხდება შეწონილი ნაწილაკების დალექვა.

### **ქ. დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის**

#### **ონკანის წყლის ეკოქიმიური კვლევა**

2024 წლის 3 ივნისს აღებული იყო საანალიზოდ ქალაქ დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის, სასმელი წყლის სინჯი. მათი აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება ხდებოდა საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდით. ხოლო წყლის სინჯის ქიმიური და

მიკრობიოლოგიური ანალიზი განხორციელდა ISO სტანდარტული მეთოდიკებით.

ცხრილი 7. ქ. დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის

ონკანის წყლის ქიმიურ-ანალიზის შედეგები

№	განსაზღვრული პარამეტრები	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, ნდ-ის მიხედვით არაუმეტეს	რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სასმელი წყლის სინჯი 1
<b>ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები</b>			
1	წყლის ტემპერატურა, °C	-	18
2	სუნი, ბალი	2	<2.0
3	გემო, ბალი	2	0
4	ფერი, გრადუსი	15	<15.0
5	სიმღვრივე, FTU	2 (3.5)	13.7
<b>ზოგადი მაჩვენებელი</b>			
6	წყალბადის მაჩვენებელი, pH	6--9	7.3
7	პერმანგანატული დაჟანგულობა, მგ O <sub>2</sub> /ლ	3	0.8
8	გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ	>4	8.3
9	ელექტროგამტარობა, $\mu$ S/სმ	-	244.7
<b>ძირითადი იონები</b>			
10	მინერალიზაცია, მგ/ლ	1000 (1500)	2178.0
11	სულფატები (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> , მგ/ლ	250	856.0
12	ქლორიდები (Cl) <sup>-</sup> , მგ/ლ	250	309.1
13	სიხისტე, მგ-ეკვ./ლ	7 (10)	12.4
14	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	-	314.8
15	კალციუმი (Ca) <sup>++</sup> , მგ/ლ	140	168.0
16	მაგნიუმი (Mg) <sup>++</sup> , მგ/ლ	85	48.0
17	ნატრიუმი (Na) <sup>+</sup> , მგ/ლ	200	451.0
18.	კალიუმი (K) <sup>+</sup> , მგ/ლ	--	7.2
<b>ბიოგენური კომპონენტები</b>			
19	ამონიუმი (NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup> , მგ/ლ	-	<0.1
20	ნიტრატები (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> , მგ/ლ	50	<0.5
21	ნიტრიტები (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup> , მგ/ლ	0.2	<0.02
22	პოლიფოსფატები (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> , მგ/ლ	3.5	<0.02

მიკროელემენტები

ცხრილი 7-ის გაგრძელება

23	დარიშხანი (As, ჯამური) , მგ/ლ	0.01	<0.005
24	ვერცხლისწყალი (Hg არაორგანული),მგ/ლ	0.0002	<0.0002
25	კადმიუმი (Cd, ჯამური) , მგ/ლ	0.003	<0.001
26	მანგანუმი (Mn, ჯამური) , მგ/ლ	0.4	<0.07
27	მოლიბდენი (Mo, ჯამური) , მგ/ლ	0.07	<0.0055
28	ნიკელი (Ni, ჯამური) , მგ/ლ	0.07	0.003
29	სელენი (Se, ჯამური) , მგ/ლ	0.01	<0.01
30	სპილენძი (Cu, ჯამური) , მგ/ლ	2.0	0.008
31	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01
32	ფტორიდები (F) <sup>-</sup> , მგ/ლ	0.7	<0.3
33	ქრომი (Cr) <sup>+6</sup> , მგ/ლ	0.05	<0.02
34	სტიბიუმი (Sb) , მგ/ლ	0.02	<0.0048
35	თუთია (Zn) <sup>+2</sup> , მგ/ლ	3	0.09
36	რკინა (Fe, ჯამური) , მგ/ლ	0.3	0.66
37	ალუმინი (Al) <sup>+3</sup> , მგ/ლ	0.1	<0.02
38	სილიციუმი (Si, ჯამური) ,მგ/ლ,	10.0	10.0
39	ციანიდები (CN) <sup>-</sup> , მგ/ლ	<0.02	0.07
ორგანული ნივთიერებები			
40	ქლორორგანული პესტიციდების საერთო შემცველობა , მგ/ლ	0.05	<0.01
41	ნავთობპროდუქტები, ჯამური , მგ/ლ	0.1	<0.05
42	ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები ანიონაქტიურები,,მგ/ლ,	<0.1	<0.1

ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა, რომ ქ.დედოფლისწყაროს მოსახლეობისათვის სასმელ - სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებულია მდინარე იორის აუზის მიწისქვეშა წყლის 9 ჭაბურღილი, რომელიც განლაგებულია ქ. დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში არსებული დალის წყალსაცავიდან 300 – 400 მეტრის დაცილებით. ჭაბურღილები ერთმენეთისაგან დაცილებულია 50- 60 -100 მეტრით. შვიდი ჭაბურღილის სიღრმე არის 40,0 მ, ხოლო დანარჩენი ორი ჭაბურღილის სიღრმე კი არის 160 მ. ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის

წყლის სინჯის ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ქლორიდულ-კალციუმიან ტიპის წყალს.  $SO_4^{2-}$  -ის კონცენტრაციის მნიშვნელობა ( 856.0 მგ/ლ),  $Cl^-$  -ის კონცენტრაციის მნიშვნელობა (309.21 მგ/ლ),  $Ca^{2+}$  -ის კონცენტრაციის მნიშვნელობა ( 168.0 მგ/ლ) და ნატრიუმის შემცველობაც (451.0 მგ/ლ) საკმარისად აღემატება ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მნიშვნელობებს. ასევე სიხისტის მნიშვნელობა ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით შეესაბამება ძალიან ხისტს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, წყლის სინჯის საერთო მინერალიზაციის მნიშვნელობა მაღალია და შეადგენს 2178,0 მგ/ლ, რაც აღემატება სასმელი წყლების ნორმატიულად დასაშვებ სიდიდის მნიშვნელობებს, შესაბამისად ელექტროგამტარებლობის მნიშვნელობა ტოლია 2447.0  $\mu S/cm$ .

ბიოგენური ნივთიერებების, მიკროელემენტების კონცენტრაციები, ქლორორგანული პესტიციდების საერთო შემცველობა, ნავთობპროდუქტების ჯამური და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები - ანიონაქტიურების შემცველობა არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

**ქ. დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

ჩვენს მიერ 2024 წლის ივნისის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იყო ქ. დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად. წყლის სინჯების აღება, შენახვა და ტრანსპორტირება, აგრეთვე ლაბორატორიული მიკრობიოლოგიური ანალიზი ჩატარებულ იქნა საერთაშორისო (ISO) სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად.

**ცხრილი 8. ქ. დედოფლისწყაროს რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	რუსთაველის ქუჩაზე მაცხოვრებლის ონკანის წყლის, სასმელი წყლის სინჯი 2
მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები				

### ცხრილი 8-ის გაგრძელება

1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	41
2	E.coli	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	101.0
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 37°C	≤ 20	271
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 22 °C	≤ 100	324
5	სალმონელა Spp	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა

ქ.დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე კოლიფორმული ბაქტერიების, მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების, ასევე E-coli- ს კლასის ბაქტერიების რაოდენობა ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს. ხოლო პათოგენური მიკროორგანიზმები და მათ შორის სალმონელა არ იქნა დაფიქსირებული..

ქალაქ დედოფლისწყაროს მცხოვრების ონკანის წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე წყლის ხარისხი არ შეესაბამება სასმელი წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს და არ შეიძლება გამოყენებული იყოს სასმელად.

**ქ. დედოფლისწყაროს ონკანის წყლის სასმელ - სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად გამოყენებისათვის პრევენციული ღონისძიების დამუშავება.**

**ქ. დედოფლისწყაროს ონკანის წყლის დამუშავება ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი მეთოდით**

ქალაქ დედოფლისწყაროს მცხოვრების ონკანის წყლის ეკოქიმიური კვლევის შედეგების მიხედვით წყალი არის მლაშე. ამიტომ ჩვენს მიერ პრევენციული ღონისძიების სახით ქ.დედოფლისწყაროს ონკანის წყლის გაუმარილოებისათვის გამოყენებული იქნა ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი მეთოდი. სხვა მეთოდებთან უპირატესობით იონმიმოცვლითი მეთოდით წყალი

კარგად იწმინდება სიხისტის გამომწვევი კომპონენტებისაგან. ჩვენს მიერ ლაბორატორიულ პირობებში ქ.დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის მლაშე წყლის გაუმარილოების პროცესის განხორციელებისთვის გამოენებული იქნა კატიომგამცვლელი ფისი KY -2-8 ტიპის და ანიონგამცვლელი ფისი AH – 31 ტიპის. ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი პროცესი მიმდინარეობს წყალში მყოფ იონებსა და იონიტის ზედაპირზე არსებულ იონებს შორის მიმოცვლით. იონმიმოცვლითი პროცესის კარგად წარმართვისათვის დარეგულირებული იქნა იონიტებზე წყლის გატარების სიჩქარე. ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი პროცესი კარგად მიმდინარეობდა იონიტებზე მლაშე წყლის 1,8 მლ/წთ სიჩქარით გატარებისას.

ასევე ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურებისაგან გაუვნებლყოფის პრევენციული ღონისძიება. ლაბორატორიულ პირობებში ონკანის წყლის სინჯის მიკრობიოლოგიური დაბინძურებისაგან გაუვნებლყოფა განხორციელდა აქტიური ქლორით, დოზირებით 10 მგ/ლ. 24 საათის დაყოვნების შემდეგ ჩატარებული იქნა გაუვნებლყოფილი წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზი.

ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მლაშე წყლის იონმიმოცვლითი დანადგარით გაუმარილოების ტექნოლოგიური პროცესის სქემა და აქტიური ქლორით წყლის გაუვნებლობის ტექნოლოგიური პროცესის დანადგარის სქემა.

ამრიგად ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყალი ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი მეთოდითა და აქტიური ქლორით გაწმენდის შემდეგ შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემად.

## დასკვნა

1. დადგინდა, რომ მდინარე იორის წყლის აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების შედეგებიდან გამომდინარე წყლის დინების მიმართულებით ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან ტიპის წყალი გადადის ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყლად. ასევე მდინარე იორის წყლის დინების მიმართულებით სიხისტის მნიშვნელობა იზრდება და შეესაბამება საშუალოდ ხისტს, ხოლო მინერალიზაცია კი შეესაბამება მაღალ მინერალიზებულს. ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენით პერმანგანატული დაჟანგულობის მნიშვნელობის მიხედვით წყალი მიეკუთვნება დაბინძურებულს.
2. დადგინდა, რომ მდინარე იორის წყლის ყველა საკვლევ სინჯში ბიოგენური ნივთიერებათა და მძიმე მეტალთა კონცენტრაციები ნაკლებია მათ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე. მხოლოდ საგარეჯოდან 1 კმ მანძილით დაცილებულ ქვიშა-ლორდის გადასამუშავებელ საწარმოსთან აღებულ წყლის სინჯში რკინის ჯამური რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას, რომელიც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ღვინის საწარმოების ანთროპოგენული ზემოქმედებით.
3. დადგინდა, რომ მდინარე იორის წყლის დინების მიმართულებით მიკრო-ბიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე კოლიფორმული ბაქტერიების, მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების, ასეე E-coli- ს კლასის ბაქტერიების რაოდენობა ბევრად აღემატება ზედაპირული წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს. ხოლო სალმონელა მდინარის წყლის არცერთ სინჯში არ დაფიქსირებულა. წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს მასში სხვადასხვა შემადგენლობის ჩამდინარე წყლებისა და საყოფაცხოვრებო წყლების ჩადინებით, ასევე მდინარის ნაპირზე უსაჩქოოდ არსებული ნაგავსაყრელებით.
4. დადგინდა, რომ მდინარე იორის დინების მიმართულებით ჩატარებული ფსკერული დანალექების ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით თუთიის, ტყვიის, რკინის, კადმიუმის და დარიშხანისა კონცენტრაციათა მნიშვნელობები შეესაბამება ფონურ მნიშვნელობებს. მხოლოდ მდ. საგამის მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სოფელ თეგერიანებთან ფსკერული დანალექებში სპილენძის

შემცველობა აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ მნიშვნელობას. მანგანუმის შემცველობა კი ფსკერული დანალექის ყველა სინჯში აღემატება ნორმატივებით დასაშვები სიდიდეების მნიშვნელობას.

5. დადგინდა, რომ ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებითა და რიცხვითი მოდელირებით ფსკერულ დანალექებში მანგანუმისა და სპილენძის შემცველობის ცვლილების პროცესი ერთმანეთისაგან განსხვავებულ დროსა და კონცენტრაციის ცვლილების სიჩქარის პირობებში დამოკიდებულია ორ პროცესზე – გრავიტაციულ სედიმენტაციასა და ტურბულენტურ დიფუზიაზე და ხასიათდება მდინარის ფსკერზე ნივთიერების კონცენტრაციის სტაციონალური განაწილების დამყარებით.

6. დადგენილი იქნა, რომ მდინარე იორის მნიშვნელოვან ანთროპოგენულ წყაროს წარმოადგენს ქვის სატეხი, ქვიშა - ხრემის მომპოვებელი და გადასამუშავებელი საწარმოები. საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით განლაგებული საწარმო აწარმოებს 4 სახეობის, 5 – 40 მმ-ის ზომის ქვიშა-ლორღს -ხრემს - კენჭს. დანადგარებიდან მათი ჩარეცხვით მიღებული ჩამდინარე წყალი მიედინება და უერთდება მდინარე იორს.

7. შემუშავებული იქნა ქვიშა- ხრემის გადამუშავების შედეგად მიღებული სამრეწველო ჩამდინარე წყლის გაწმენდის პროცესის ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც შედგება ერთმანეთის თანმიმდევრობითი მიყოლებით მოწყობილი 5 ჰორიზონტალური ტიპის სალექარებისაგან, სადაც თანდათან მოხდება შეწონილი ნაწილაკების დალექვა.

8. დადგინდა, რომ ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის სინჯის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ქლორიდულ-კალციუმიან ტიპის წყალს. სულფატ-იონების, ქლორიდ-იონების, კალციუმისა და ნატრიუმის კონცენტრაციათა მნიშვნელობები საკმარისად აღემატება ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მნიშვნელობებს. სიხისტის მნიშვნელობა ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მიხედვით შეესაბამება ძალიან ხისტს, ხოლო წყლის საერთო მინერალიზაციის ნორმატიულად დასაშვები სიდიდის მნიშვნელობის მიხედვით წყალი შეესაბამება მლაშეს.

9. დადგინდა, რომ ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის მიკრო-ბიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე კოლიფორმული

ბაქტერიების, მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების, ასევე E-coli- ს კლასის ბაქტერიების რაოდენობა ბევრად აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს. ხოლო პათოგენური მიკროორგანიზმები და მათ შორის სალმონელა არ დაფიქსირებულა.

10. დადგინდა, რომ ქალაქ დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის წყლის ხარისხი არ შეესაბამება სასმელი წყლის ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს.

11. შემუშავებული იქნა ქ. დედოფლისწყაროს მაცხოვრებლის ონკანის მლაშე წყლის იონმიმოცვლითი დანადგარით გაუმარილოების ტექნოლოგიური პროცესის სქემა ჰეტეროგენული იონმიმოცვლითი მეთოდით KY -2-8 ტიპის კატიომგამცვლელი ფისისა და AH – 31 ტიპის ანიონგამცვლელი ფისის გამოყენებით. ასევე შემუშავებულ იქნა აქტიური ქლორით წყლის გაუვნებლობის ტექნოლოგიური პროცესის დანადგარის სქემა.

## დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. შუმტაკაშვილი, ნ. მდინარე იორის აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება. აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო-სამეცნიერო კონფერენციის „ქიმია - მიღწევები და პერსპექტივები“ შრომების კრებული. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. 2023, გვ. 524-532.
2. შუმტაკაშვილი, ნ., გვერდწითელი, ლ., & სურმავა, ა. მდინარე იორის აუზის წყლის ეკოქიმიური კვლევა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, 3(533), საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. 2024, გვ.227-236.
3. შუმტაკაშვილი, ნ., გვერდწითელი, ლ., & სურმავა, ა. მდინარე იორის აუზის წყლის შენაკადების ეკოქიმიური კვლევა. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ სამეცნიერო შრომების კრებული. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2024, გვ. 348-362.
4. შუმტაკაშვილი, ნ., გვერდწითელი, ლ., & სურმავა, ა. მდინარე იორის აუზის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 1(100), 2024, .გვ. 92-94.
5. Shushtakashvili, N., Gverdtsiteli, L., & Surmava, A Numerical assessment of copper and manganese content in the bottom sediments of the Iori River. International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis, 8(7), 2025, July , pp. 3851-3854.

## Abstract

This dissertation focuses on developing protective and preventive measures for using the Iori River basin water as a drinking and household water supply system.

According to Article 4 of Georgia's "Water Law," water resources must be used rationally and protected, taking into account the interests of present and future generations and the principles of sustainable development.

According to Article 53, the Water Framework Directive 2000/60/EC, and the Alazani-Iori River Basin Management Plan (RBMP), the main goal of water resource management is to ensure that clean, high-quality surface and groundwater, protected from pollution and meeting Georgian state standards, is used for the population's drinking, household, and domestic water supply systems. According to the available literature, the use of the water resources of the River Iori is quite broad. The main users of the Iori River's water resources are the population, different sectors of the economy, and the energy, irrigation, and water supply sectors. The water is also used for irrigating agricultural lands and for supplying the Tbilisi Sea and the Sioni, Samgori, and Dali reservoirs. In addition, it supports the operation of the Sioni, Sachkhenisi, Martkopi, and Tetrakhevi hydropower stations.

In recent years, the use of the tourist and recreational potential of the reservoirs within the Iori River basin has been increasing. The average water flow of the River Iori has decreased because of the construction of numerous irrigation systems and the operation of existing and planned hydropower stations. According to Article 10 of the Water Framework Directive, it is necessary to identify the sources of human impact in the Iori River basin and the reasons that cause them. The main sources of impact on the surface and groundwater bodies of the Iori River basin are excessive water withdrawal; physical and hydromorphological changes; urban development; industry; agriculture; illegal landfills; malfunctioning or absent sewage systems; the production of different construction and finishing materials; wine production; and sand and gravel extraction and processing enterprises. There are no wastewater treatment facilities in the river basin. In 2017–2021, the National Environmental Agency monitored the water quality of the Iori River at only two locations — Iori-Sasadilo and Iori-Sartichala. In 2022–2024, monitoring was carried out at six sites: the villages of Sasadilo, Sartichala, Padlo, Iormughalno, Kolagiri, and near the Alazani border. The monitoring included only hydrochemical analyses of the water, conducted monthly or quarterly. There is very limited data on microbiological pollution and bottom sediments of the river, as well as general information about the overall water quality of the Iori River. Therefore, in order to determine whether the Iori River basin water can be used for drinking and household purposes, assessing water quality is highly important. The aim of our research was to evaluate the ecological condition of the Iori River basin, determine the concentrations of hydrochemical and microbiological components, and study the chemical composition of bottom sediments.

The novelty of the research lies in the numerical modeling of the distribution of pollutant components in the bottom sediments of the Iori River basin, the identification of pollution sources and substances, and the development of preventive measures to reduce them. Preventive measures were also developed to allow the use of groundwater from the Iori River basin for drinking and agricultural water supply. To achieve the goals of the research,

five field expeditions were carried out in 2023–2024. During these expeditions, the physical and geographical characteristics of the Iori River and its tributaries were studied, and sampling points were selected for hydrochemical and microbiological analysis of surface waters, as well as for the chemical analysis of bottom sediments.

Sampling, preservation, labeling, storage, and transportation of water and sediment samples—as well as chemical, microbiological, and sediment analyses in the stationary laboratory—were performed using the standard methods of the International Organization for Standardization (ISO). The organoleptic indicators of the water were determined using portable field equipment. Based on the eco-chemical research results of the Iori River, its tributaries (the Sagami and Kusno Rivers), and the Tbilisi Sea, the water corresponds to the hydrocarbonate–calcium type before the stone-crushing plant in the village of Khashmi, and then, downstream, it becomes hydrocarbonate–sulfate–calcium type. The pH of the Iori River water does not change after the confluence of the Sagami and Kusno rivers and remains within the typical range for river water (6.5–8.5).

As the river flows downstream, water hardness increases and corresponds to medium hardness, which may be caused by higher concentrations of calcium ions. The concentration of sulfate ions also increases downstream and reaches its peak 1 km from Sagarejo near the stone-crushing plant, although it does not exceed the allowable limit (250 mg/L). These changes may be influenced by small tributaries of the gorge type and especially by anthropogenic sources from stone extraction and processing enterprises located along the riverbanks. After the confluence of the Sagami and Kusno rivers, the mineralization of the Iori River water is considered medium, but farther downstream, due to anthropogenic factors, mineralization increases and becomes high. This is confirmed by the high electrical conductivity of the water (613  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). According to the results of chemical analysis, before reaching the stone-crushing plant (1 km from Sagarejo), the permanganate oxidation level indicates clean water, but after that point, the water is classified as polluted. In all water samples from the Iori River, the concentrations of biogenic components and heavy metals did not exceed their maximum allowable limits. Only in the sample taken 1 km from Sagarejo, near the stone-crushing plant, was the total iron concentration (59.5 mg/L) much higher than the permitted level. This is likely caused mainly by anthropogenic sources from the wine factory.

Diagrams were created to show changes in the concentrations of the main ions along the flow of the Iori River — including calcium and hydrocarbonate ions, calcium and chloride ions, sodium and sulfate ions, and magnesium and sulfate ions. Additional diagrams were prepared to illustrate the changes between electrical conductivity and mineralization. Their values change synchronously, which indicates the correctness of the correlation analysis. The relatively high concentrations of hydrocarbonate ions and calcium are caused by the confluence of the Sagami River with the Iori River, as well as by anthropogenic sources from the stone-crushing plant near the village of Khashmi and 1 km from Sagarejo.

The influence of anthropogenic sources from the stone-crushing plant is also noticeable in the concentrations of sulfate ions near Khashmi and especially 1 km from Sagarejo. Therefore, for better visualization, diagrams showing the concentrations of sulfate ions, calcium ions, and hydrocarbonates in the Iori River water samples were constructed. According to the results of the microbiological analysis carried out along the flow of the

Iori River, the number of coliform bacteria, mesophilic aerobes and facultative anaerobes, as well as *E. coli* bacteria, is much higher than the permissible limits for surface waters. However, *Salmonella* bacteria were not detected in any of the river water samples. The microbiological pollution of the rivers may be caused by the inflow of wastewater of different composition, domestic sewage, and illegal waste dumps located along the riverbanks. According to the literature, data on heavy metals in the bottom sediments of the Iori River basin are very limited. Based on the results of the chemical analysis of bottom sediments conducted along the river flow, the concentrations of zinc, lead, iron, cadmium, and arsenic correspond to background values.

Only after the confluence of the Sagami River with the Iori River — near the village of Tegeriants — did the chemical analysis of bottom sediments show that copper concentration exceeds the allowable limit (36 mg/L). After this point, its concentration decreases. The only exception is manganese, whose concentration exceeds the normative limit (700 mg/L) in all sediment samples. For the first time, experimental research and numerical modeling were used to determine the spatial and temporal changes in copper and manganese concentrations in bottom sediments. It was found that the process is characterized by the establishment of a stationary distribution of the substance on the riverbed. This distribution occurs under conditions of varying time and rates of concentration change and depends on two processes: gravitational sedimentation and turbulent diffusion. The calculation results were compared with measurement data, showing satisfactory agreement. Thus, based on the chemical and microbiological analysis of the Iori River basin water, the local sources of bacteriological pollution are likely to be domestic wastewater from settlements, commercial facilities, hotel complexes, and livestock farms, as well as illegal landfills along the riverbanks, discharges from malfunctioning sewage systems, and the absence of wastewater treatment facilities.

During a field expedition in May 2024, we studied a sand and gravel extraction and processing plant located 1 km from Sagarejo. The plant produces four types of sand, gravel, and pebbles ranging from 5 to 40 mm. The wastewater generated during washing in the processing equipment flows into the Iori River. We developed a mechanical wastewater treatment process for this industrial discharge, using ten sequentially arranged horizontal settling tanks, where suspended particles gradually settle. In June 2024, a tap water sample was taken from a resident's home on Rustaveli Street in Dedoplistskaro for analysis. The sampling, preservation, labeling, storage, and transportation were carried out according to international standard procedures. The chemical and microbiological analyses of the water sample were performed using ISO standard methods. It was determined that the drinking and household water supply system of Dedoplistskaro uses nine groundwater wells from the Iori River basin, located 300–400 meters from the Dali Reservoir in the municipality. The wells are spaced 50–60–100 meters apart. Seven wells are 40 meters deep, while the remaining two are 160 meters deep. Based on the hydrochemical analysis of the tap water, the water belongs to the hydrocarbonate–sulfate–chloride–calcium type. The concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$  (856.0 mg/L),  $\text{Cl}^-$  (309.21 mg/L),  $\text{Ca}^{2+}$  (168.0 mg/L), and  $\text{Na}^+$  (451.0 mg/L) significantly exceed the permissible limits. Water hardness also classifies the water as very hard. As a result, the total mineralization is high at 2178.0 mg/L, exceeding drinking water standards, and the electrical conductivity is 2447.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Concentrations of biogenic

substances, macro- and microelements, total chlorinated organic pesticides, petroleum products, and anionic surfactants do not exceed their maximum allowable limits.

However, the microbiological analysis of Dedoplistskaro tap water showed that the numbers of coliform bacteria, mesophilic aerobes, facultative anaerobes, and *E. coli* bacteria far exceed the permissible limits for surface water. No pathogenic microorganisms, including *Salmonella*, were detected. According to these chemical and microbiological results, the tap water does not meet drinking water standards and cannot be used for consumption. The water is classified as brackish. To address this, a preventive measure using a heterogeneous ion-exchange method was applied to desalinate the tap water. Compared to other methods, ion exchange effectively removes hardness-causing components.

In laboratory conditions, desalination was carried out using KU-2-8 cation-exchange resin and AH-31 anion-exchange resin. The ion-exchange process involves the exchange of ions in the water with ions on the resin surface. The flow rate of water through the ion-exchange resins was regulated to ensure effective operation. The heterogeneous ion-exchange process worked efficiently at a water flow rate of 1.8 mL/min. Additionally, a preventive measure for microbiological contamination was developed. In laboratory conditions, tap water was disinfected using active chlorine at a dose of 10 mg/L. After 24 hours, microbiological analysis confirmed complete disinfection. Technological process schemes were developed for both the ion-exchange desalination system and the active chlorine disinfection system.

Thus, after treatment using heterogeneous ion exchange and active chlorine, Dedoplistskaro tap water meets drinking water standards and can be safely used for household and drinking water supply.