

გრიგოლ აბრამია

პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური  
ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლა, მოდელირება და მისი  
აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებები

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია

შიფრი -0410

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო  
2019

საავტორო უფლება © 2019 წელი გრიგოლ აბრამია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გრიგოლ აბრამიას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლა, მოდელირება და მისი აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებები და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2019 წელი

თანახელმძღვანელები: პროფესორი ლეილა გვერდწითელი

პროფესორი დიმიტრი ერისთავი

რეცენზენტი:\_\_\_\_\_

რეცენზენტი:\_\_\_\_\_

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2019 წ

ავტორი: გრიგოლ აბრამია

დასახელება: პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლა, მოდელირება და მისი აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებები

სადოქტორო პროგრამა: ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

-----

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომი განეკუთვნება პალიასტომის ტბის ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას. წყლის ეკოქიმიური, მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე დამუშავებული იქნა პათოგენური ბაქტერიების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება, აგრეთვე პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შესამუშავებლად განხორციელდა წყლის მოდელური ნიმუშის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა სეფტოფაგებით, რაც კვლევითი სამუშაოს სიახლეს წარმოადგენს.

რამსარის კონვენციის თანახმად პალიასტომის ტბა მიეკუთვნება საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიას და წარმოადგენს კოლხეთის ეროვნული პარკის ნაწილს. პალიასტომის ტბა ითვლებოდა ერთერთ მაღალპროდუქტიულ წყალსატევად. ეკოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებამ განაპირობა ტბის გამლაშება. წყლის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებების შედეგებმა გამოიწვია ტბის სახეობათა შემადგენლობაზე ზეგავლენა, საგრძნობლად შემცირდა თევზების სახეობათა რაოდენობა, აგრეთვე აღინიშნება მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონის ცვლილებაც.

პალიასტომის ტბას იყენებენ კულტურულ დასასვენებელ ზონად, საცურაოდ და თევზსაჭერად. აგრეთვე ის წარმოადგენს მნიშვნელოვან ტურისტულ და სარეკრეაციო ობიექტს, რომლის რესურსებითაც სარგებლობს ადილობრივი მოსახლეობა. პალიასტომის ტბა წარმოადგენს გადამფრენ ფრინველთა საბინადროს და მათ გამოსაზამთრებელ არეალს. ანთროპოგენულ ფაქტორებთან ერთად მიგრირებად ფრინველთა სახეობებმა შესაძლებელია გამოიწვიონ ბაქტერიოლოგიური დაბინძურება.

სამეცნიერო ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით პალიასტომის ტბის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია. ამიტომ პალიასტომის ტბის, როგორც საერთაშორისო მნიშვნელობისა და მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტის, ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მეტად აქტუალურია და საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს. სადისერტაციო ნაშრომის სიახლეს წარმოადგენს ტბის წყალში მიკროორგანიზმების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება, აგრეთვე წყლის მოდელური ნიმუშის დამუშავება სეფტოფაგებით მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გასაუვნებელყოფად.

დასახული ამოცანის შესასრულებლად 2017-2019 წლებში განხორციელდა რამდენიმე ექსპედიცია, შერჩეული და აღებული იქნა საანალიზო სინჯები წყლის, ფსკერული დანალექების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის ჩასატარებლად, რომელიც განხორციელდა ISO

სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით. ჩატარდა წყლის ნიმუშების სრული ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზი.

ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით პალიასტომის ტბის წყალი მიეკუთვნებოდა ქლორიდულ-ნატრიუმთან ტიპის წყალს. წყლის სიხისტე იცვლება ზომიერი ხისტიდან ძალიან ხისტამდე. ჟანბადის კონცენტრაციის მიხედვით მიეკუთვნება წყლის ხარისხის განმსაზღვრელი კლასის მიხედვით სუფთას, ხოლო თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიის წყალი კი დაბინძურებულს. მიკროელემენტების კონცენტრაცია ნორმატივით დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია. ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროელემენტების მნიშვნელობები შესაძლებელია ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად. ბიოგენურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძნობიარობაზე დაბალია.

ჩატარებული მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე საერთო კოლიფორმებისა და მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა აღემატება ნორმატიულად დასაშვებ რაოდენობრივ მნიშვნელობებს. ასევე დაფიქსირებულია E-coli-ის კლასის ბაქტერიები, ფეკალური სტრეფტოკოკები, ვიბრიონები, აერომონასები და სალმონელები.

ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროორგანიზმების რაოდენობა ნორმატიულად დასაშვები რაოდენობის მნიშვნელობებზე მაღალია. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებელ წყაროდ ითვლება ტბის სანაპიროზე არსებული გადამფრენი ფრინველების მიერ წარმოქმნილი ფეკალური მასები და ორგანიზმის ნარჩენები, აგრეთვე თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენური წყაროები და დასახლებული პუნქტიდან ჩამავალი საყოფაცხოვრებო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლები.

დამუშავებული იქნა პალიასტომის ტბის წყალში მიკროორგანიზმების გავრცელების რიცხვითი მოდელი. საერთო კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ- აღმოსავლეთ ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბინძურების 3 წყარო (რეინჯერების ბაზა 1-3). დაბინძურების მე-4 წყაროს შემთხვევაში, რომელიც მდებარეობს პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში საერთო კოლიფორ-მების იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აქვატორიაში არაერთგვაროვანია. პალიასტომის ტბასთან არსებული აეროპორტის არხისა და მდინარე ფიჩორას შესართავთან კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში-ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში. კონცენტრაციის ჰორიზონტალური გრადიენტები დაახლოებით ერთნაირია და მცირდება ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო -დასავლეთის და სამხრეთის მიმართულებით, რაც აიხსნება მეტეოროლოგიური პირობებით გამოწვეული, წყლის ლოკალური ცირკულაციისა და ფორმირებული ტურბულენტური დიფუზიით.

პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შესამუშავებლად ალებული წყლის მოდელური ნიმუში დამუშავდა სეფტოფაგებით მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გასაუვნებელყოფად. წყლის მოდელური ნიმუშის სეპტოფაგით დამუშავების შედეგად E-coli-სა და მაფანმ-ს რაოდენობა შემცირდა 60 %-ით. წყლის სინჯებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო)ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით ჩატარდა წყლის მოდელურ ნიმუშში ფაგომგრძობელობის განსაზღვრა, რის შედეგადაც ინტესტი ბაქტერიოფაგმა გამოიწვია სუსტი ლიზური რეაქცია სალმონელასა და E-coli ბაქტერიების მიმართ. ხოლო ენკო ბაქტერიოფაგმა სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია E-coli ბაქტერიების მიმართ.

ამრიგად, პალიასტომის ტბაში და მასში ჩამდინარე წყლებში სანიტარულ-მიკრობული ინდიკატორების დინამიკის საფუძველზე გამოყოფილი პათოგენური აგენტების მგრძობიარობის განსაზღვრა ფაგებზე და აქედან გამომდინარე პრევენციული ღონისძიების გატარების მიზნით ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მიკრობიოლოგიურად დაბინძურებული ნებისმიერი წყლის ობიექტის მხოლოდ ლოკალური დაბინძურებული წყაროებისათვის.

პალიასტომის ტბაში ჩვენს მიერ დამუშავებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებით მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ პალიასტომის ტბის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ზოგადი სურათი არაერთგვაროვანია. ის დამოკიდებულია დამაბინძურებელი წყაროების მდებარეობაზე, დაბინძურების ინტენსიობაზე და მეტეოროლოგიური პირობებით ფორმირებული ტბის წყლის დინებებზე მიღებული მათემატიკური და რიცხვითი მოდელი იძლევა საშუალებას ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების მიკროორგანიზმებით დაბინძურების პროგნოზირებისათვის.

## Abstract

The dissertation work is based on the assessment of the ecological condition of the lake Paliastomi. Based on the results of water eco chemical, microbiological research has been developed numerical modeling of the dissemination of pathogenic bacteria, as well as, for the purpose of working out preventive measures against impact of the pathogenic bacteria on the ecological conditions of the lake Paliastomi has been conducted clean up of microbiological pollution of water model pattern of the water body by Septaphage.

According to the Ramsar Convention, the lake Paliastomi belongs to the protected area of international importance and is the part of the Kolkheti National Park. The lake Paliastomi was considered as one of the high-productive water reservoirs. The impact of ecological factors caused Lake Salianation. The changes in water hydrology have resulted in impact on the composition of the lake species, the number of fish species significantly decreased. There is also a change of fresh water phytoplankton.

The Lake Paliastomi is used as a cultural leisure zone. It also serves as an important tourist and recreational facility with the resources of the local population. The lake Paliastomi represents the habitat and the wintery for the migratory birds. Along with the anthropogenic factors migratory bird species may cause bacteriological contamination.

According to scientific literary data the data on the hydroelectric and microbiological survey of the lake Paliastomi is very limited. Therefore, the ecological condition of the lake Paliastomi, as well as the importance of water and multilateral use, is more relevant and needs regular monitoring. The novelty of the dissertation is the numerical modeling of the dissemination of microorganisms in the lake water, as well as clean up of microbiological pollution of water model pattern of the water body by Septaphage.

Several expeditions were carried out in 2017-2019 to accomplish the objective tasks, and the samplings were conducted to carry out chemical and microbiological research of water and sediments using ISO standard methods. The complete chemical and microbiological analysis of water samples was conducted.

According to the chemical analysis, the lake Paliastomi water belongs to chloride-sodium type water. Water hardness changes from mild hard to very hard. According to the concentration of the oxygen belongs to the pure water according to the water quality determinant, while the water in the surrounding the fish factory is contaminated. The concentration of microelements is within normative concentration limits. The value of the microelements in the waters of the lake can be considered as

natural background. The concentration of biogenic substances is less sensitive to determination.

Based on the results of the conducted microbiological survey, the number of general coliforms and mesophilic aerobes and the quantity of facultative anaerobes microorganisms exceeds normative permissible quantities. There are also e-coli class bacteria, fecal streptococcus, vibrios, aeromonas and salmonelas.

The number of microorganisms in the lake water sediments is normally higher than the number of permissible quantities. Fecal masses and wasted bodies of the migratory birds on the lake coast are considered as the microbiological hazardous source of water for the lake Paliastomi, as well as anthropogenic sources of fish processing plant and household-wastewater wastes from the populated area.

The numerical model of the distribution of microorganisms in the water of the Lake Paliastomi was developed.

In order to develop preventive measures against the impact of pathogenic bacteria on the lake Paliastomi the model sample of water from the lake was processed against microbiological contamination by Septaphage. The number of E-coli as a result of the processing of water model sample decreased. Determination in a sample of water sampled by phage spots test (salmonella, fecal coli, vibrio) from water samples, resulting in test bacteriophage caused weak lysine reaction to salmonella and E-coli bacteria, while Enco bacteriophage has a reaction to e-coli bacteria.

Therefore, the determination of sensitivity of separated pathogenic agents on bacteriophages on the bases of dynamics of sanitary-microbial indicators of inflowing waters of the lake Paliastomi, and as a result preventive measures for microbiological decontamination of bacterially polluted waters by phage can be used for purification of local point sources of any other microbiologically contaminated water objects.

In accordance with the results obtained by mathematical and numerical modeling of microorganisms developed by us in the lake Paliastomi, the general picture of microbiological contamination of the lake Paliastomi is diverse that depends on the location of contaminant sources, the pollution intensity and the water flows created by meteorological conditions allows us to make prognoses of contamination by microorganisms of any type of water reservoir.



## შინაარსი

შესავალი-----	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა -----	24
1.1. ტბის წყლის ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ქიმიური შემადგენლობის დახასიათება-----	25
1.1.1. ბუნებრივი წყლის ხარისხი-----	30
1.2. საქართველოს ტბების ეკოქიმიური მდგომარეობის დახასიათება-----	35
1.3. პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება-----	37
2. კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა-----	54
2.1. პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები -----	56
2.2. პალიასტომის ტბის ფსკერული ანალიზის შედეგები-----	65
2.3. პალიასტომის ტბის წყლისა და ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები-----	66
2.3.1. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზი-----	77
2.4. პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება სეფტოფაგის საშუალებით-----	79
2.5. პალიასტომის ტბის წყალში პათოგენური ბაქტერიების გავრცელების მათემატიკური მოდელირება-----	88
3. ექსპერიმენტალური ნაწილი-----	100
3.1. ცხოველმოქმედი მიკროორგანიზმების განსაზღვრა-----	102
3.2. ნაწლავური ენტეროკოკების განსაზღვრის მეთოდი-----	104
3.3. კოლის და კოლიფორმული ბაქტერიების განსაზღვრა ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებში-----	108
3.4. სალმონელების განსაზღვრა-----	114
დასკვნა-----	120
გამოყენებული ლიტერატურა-----	123

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. პალიასტომის წყლის ბალანსი-----	40
ცხრილი 2. პალიასტომის ტბის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები---	46
ცხრილი 3. ძირითადი იონების შემცველობა პალიასტომის ტბის წყალში, მგ/ლ-----	46
ცხრილი 4. ლითონების შემცველობა პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში-----	47
ცხრილი 5. მდ. მალთაყვას ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები-----	47
ცხრილი 6. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. მალთაყვას წყალში, მგ/ლ---	48
ცხრილი 7. მდინარე მალთაყვას ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები-----	49
ცხრილი 8. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები (რეინჯერების ბაზა -1) -----	58
ცხრილი-9. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები (რეინჯერების ბაზა - 2)-----	59
ცხრილი 10.პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები (რეინჯერების ბაზა - 3) -----	60
ცხრილი 11. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები (თევზის ქარხანა-4)-----	61
ცხრილი 12. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგები (15 მაისი, 2017წ.)-----	66
ცხრილი 13. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 15 მაისი)-----	71
ცხრილი 14. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 10 აგვისტო)-----	71
ცხრილი 15. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2018 წლის 29 მარტი, 18 აპრილი )-----	73
ცხრილი 16. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2019 წლის 30 იანვარი)-----	75
ცხრილი 17. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2019 წლის 30 იანვარი)-----	76
ცხრილი 18. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური	

ანალიზის შედეგები (2018 წლის 29 მარტი, 18 აპრილი)-----	78
ცხრილი 19. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ფაგებით გაუვნებელყოფის შედეგები-----	81
ცხრილი 20. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები(რეინჯერების ბაზის ხელმარჯვნივ 50 მეტრზე, 31 მარტი, 2019 წელი)-----	83
ცხრილი 21. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე, 31 მარტი,2019 წელი)-----	85
ცხრილი 22. ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრის შედეგები-----	86
ცხრილი 23.ნაწლავის ჩხირების ჯგუფის ბაქტერიების ინდექსის განსაზღვრა წყლის ეტაპობრივი კვლევისას-----	101
ცხრილი 24.სინჯის განზავების პირობები-----	108
ცხრილი 25.სინჯის განზავება-----	113

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. 2018 წლის პალიასტომის ტბის წყლის საშუალო ტემპერატურათა ცვლილებები-----	38
ნახ.2. პალიასტომის ტბის ბათიმეტრია-----	41
ნახ.3. კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კოლიფორმების განაწილება პალიასტომის ტბის ზედაპირზე 2017 წლის 15 მაისის მონაცემებით-----	90
ნახ.4. კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კოლიფორმების განაწილება პალიასტომის ტბის ზედაპირზე 2018 წლის 29 მარტს----	91
ნახ.5. წყლის ნაკადების ვექტორული ველი ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში-----	91
ნახ. 6. წყლის ნაკადების დინებათა სქემა დასავლეთის ქარის (10 მ/წმ) შემთხვევაში-----	93
ნახ.7. კოლიფორმების განაწილება ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით. (I ექსპერიმენტი)-----	94
ნახ.8. კოლიფორმების განაწილება 6 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)-----	94
ნახ. 9. კოლიფორმების განაწილება 12 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)---	95
ნახ.10. კოლიფორმების განაწილება 24 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)---	95
ნახ.11. კოლიფორმების განაწილება ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით (II ექსპერიმენტი)-----	96
ნახ.12. კოლიფორმების განაწილება 6 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)---	97
ნახ.13. კოლიფორმების განაწილება 12 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)--	98
ნახ.14. კოლიფორმების განაწილება 24 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)--	98

## სურათების ნუსხა

სურათი 1. პალიასტომის ტბის ფრინველები-----	42
სურათი 2. პალიასტომის ტბის ფოტოები-----	43
სურათი 3. პალიასტომის ტბის ფრინველები-----	44
სურათი 4. წყლის სეპტოფაგით გაწმენდა-----	82

## რუკების ნუსხა

- რუკა 1. პალიასტომის ტბაში ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ანალიზისათვის აღებული სინჯების წერტილები (2017 წლის 15 მაისი)-----57
- რუკა 2. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლის სინჯების აღების წერტილები (2017 წლის 10 აგვისტო)-----68
- რუკა 3. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლის და ფსკერული სინჯების აღების წერტილები (2018 წლის 29 მარტი და 18 აპრილი)-----69
- რუკა 4. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლის სინჯების აღების წერტილები (2019 წლის 30 იანვარს და 12 მარტს)-----70

## მადლიერება

წარმოდგენილი სადოქტორო ნაშრომის შესრულებაში დიდი წვლილი მიუძღვის ჩემს უშუალო სამეცნიერო ხელმძღვანელებს პროფესორ ლეილა გვერდწითელს და პროფესორ დიმიტრი ერისთავს. მინდა მათ მიმართ გამოვხატო მადლიერება, რადგანაც მათი რეკომენდაციები, რჩევები და თანადგომა დიდად მეხმარებოდა სადოქტორო ნაშრომის შესრულებაში.

უდიდეს პატივისცემასა და მადლიერებას გამოვხატავ შპს. სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს ხელმძღვანელის პროფესორ ვახტანგ გვახარიას, ასევე საგამოცდო ლაბორატორიის ხელმძღვანელს, აკად. დოქტორ ტარიელ ადამიას და მისი თანამშრომლების მიმართ, რომლებმაც დიდი დახმარება გამიწიეს კვლევითი სამუშაოს შესრულებაში.

დიდ მადლობას ვუხდის ბიოტექნოლოგიურ კომპანია “ბიოქიმფარმ“-ის, დირექტორს ალექსანდრე ლოლიჯაშვილს და ნანა ჯაფარაშვილს, რომლებმაც მაღალპროფესიონალური დახმარება გამიწიეს მიკრობიოლოგიური კვლევის პროცესში.

დიდი მადლიერების გრძნობა მინდა გამოვხატო გიორგი ელიავას ბაქტერიოფაგების, მიკრობიოლოგიისა და ვირულოგიის მიკრობიოლოგიური ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსს მიკრობიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორს მარინა თედიაშვილს, რომლის კონსულტაციითა და უშუალო დახმარებით გგანვახორციელე მიკრობიოლოგიური კვლევა.

უღრმეს პატივისცემას გამოვხატავ ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში პროფესორ აკაკი გირგვლიანის მიმართ, რომელმაც კონსულტაცია და დიდი დახმარება გამიწია მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირების პროგრამის შემუშავებისას.

ასევე მადლიერება მინდა გამოვხატო კოლხეთის ეროვნული პარკის ხელმძღვანელომისა და მისი თანამშრომლების მიმართ სინჯების აღების დროს ხელისშემწყობი პირობების შექმნისათვის.

## შესავალი

საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ მიხედვით ზედაპირული წყლების გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დაგეგმვა ხორციელდება მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით, რომლებიც მოიცავს „დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ“ საქართველოს კანონებისა და სხვა ნორმატიული აქტების შესაბამისად გარემოს დაცვის სამენეჯმენტო გეგმის საკითხებს. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად საქართველოში არის 6 ძირითადი მდინარის აუზი: ალაზანი-ივრის აუზი, მტკვრის აუზი, ხრამი-დებედას აუზი, ენგური-რიონის აუზი,

ჭოროხი-აჭარისწყლის აუზი, ბზიფი-კოდორის აუზი. პალიასტომის ტბა მდებარეობს ენგური-რიონის სააუზო უბანში, რომლის რესურსების მართვის გეგმა არ არის შედგენილი.

პალიასტომის ტბა საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიის, კოლხეთის ეროვნული პარკის ნაწილია, რომელსაც იცავს რამსარის კონვენცია” საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ.” კონვენციის მოხოვნების თანახმად საქართველოში განისაზღვრა საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი ტერიტორიის სტატუსის მქონე ტერიტორიები: ცენტრალური კოლხეთის ჭარბტენიანი სავარგულები, ჭურის ნაბადას, ფიჩორა-პალიასტომის ჭაობები, პალიასტომის ტბა, მათი მიმდებარე ტერიტორიები და შავი ზღვის აქვატორია.

საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ 24-ე მუხლი ითვალისწინებს დაცული ტერიტორიის კატეგორიის მქონე წყლის ობიექტის ან დაცული ტერიტორიის ფარგლებში არსებული წყლის ობიექტების დაცვისა და გამოყენების რეჟიმს, ხოლო საერთაშორისო ქსელში ჩართული წყლის ობიექტების დაცვისა და გამოყენების სამართლებრივი რეჟიმი განისაზღვრება



საერთაშორისო შეთანხმებებისა და ხელშეკრულებით დაგეგმილი ნორმებით და ხორციელდება საქართველოს კანონმდებლობით.

პალიასტომის ტბა ითვლებოდა ერთ-ერთ მაღალპროდუქტიულ წყალსატევად. ეკოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებამ განაპირობა ტბის გამლაშება. წყლის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებების შედეგებმა გამოიწვია ტბის სახეობათა შემადგენლობაზე ზეგავლენა, საგრძნობლად შემცირდა თევზების სახეობათა რაოდენობა. აგრეთვე აღინიშნება მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონის ცვლილებაც.

პალიასტომის ტბა ითვლება გადამფრენ ფრინველთა საბინადროდ და მათ გამოსაზამთრებელ არეალად. პალიასტომის ტბას იყენებენ კულტურულ დასასვენებელ ზონად, საცურაოდ და თევზსაჭერად. აგრეთვე ის წარმოადგენს მნიშვნელოვან ტურისტულ და სარეკრეაციო ობიექტს, რომლის რესურსებითაც სარგებლობს ადილობრივი მოსახლეობა.

პალიასტომის ტბა წარმოადგენს გადამფრენ ფრინველთა საბინადროს და მათ გამოსაზამთრებელ არეალს. ანთროპოგენულ ფაქტორებთან ერთად შესაძლებელია ტბაზე მიგრირებად ფრინველთა სახეობებმაც გამოიწვიონ ბაქტერიოლოგიური დაბინძურება.

საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ მე-14 მუხლის მიხედვით „წყლის დაცვის ღონისძიებათა დაგეგმვისა და განხორციელების დროს უზრუნველყოფილი უნდა იყოს შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები: წყლის ობიექტების დაცვა გაბინძურების, დანაგვიანების, დაშრეტის და სხვა ისეთი უარყოფითი ზემოქმედებისაგან, რომელმაც შეიძლება ზიანი მიაყენოს მოსახლეობის ჯანმრთელობას, შეამციროს თევზის მარაგი, გამოიწვიოს წყლის ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გაუარესება, ბუნებრივი თვითგაწმენდის უნარის დაქვეითება.“

ამიტომ პალიასტომის ტბის, როგორც საერთშორისო მნიშვნელობისა და მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტის, ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მეტად აქტუალურია და საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს.

ჩვენს მიერ შესწავლილი სამეცნიერო ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით პალიასტომის ტბის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შესახებ მონაცემები მწირია.

ჩვენი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული დანალექების ეკოქიმიური კვლევა. სამუშაოში პრიორიტეტულად გამოისახა პალიასტომის ტბის წყალში ბაქტერიების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება და გარემოსდაცვითი პრევენციული ღონისძიებების მიზნით წყლის ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებლობა ბაქტერიოფაგების გამოყენებით.

კვლევითი სამუშაოს ამოცანების შესასრულებლად ჩვენს მიერ 2017 წლის 14-15 მაისისა და 9-10 აგვისტოს თვეში, აგრეთვე 2018 წლის მარტისა და აპრილის თვეში და 2019 წლის იანვარში და მარტში მოეწყო ექსპედიცია პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული დანალექების ეკოქიმიური კვლევის ჩასატარებლად. საანალიზო სინჯების ასაღებად შერჩეული იქნა 7 წერტილი. ტბის წყლის სინჯის აღება, დაკონსერვება, შენახვა, ტრანსპორტირება, აგრეთვე წყლის ორგანოლექტიური, ქიმიური, მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების და ფსკერული ნალექების ქიმიური მაჩვენებლების ანალიზი ჩატარდა საერთაშორისო ISO და USEPA სტანდარტული მეთოდით.

პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური ანალიზების შედეგებით დადგინდა, რომ იგი შესაძლებელია მივაკუთნოთ ქლორიდულ-ნატრიუმთან ტიპის წყალს, მინერალიზაციის მონაცემების მიხედვით მლაშეა, რომელზედაც გავლენას ახდენს შავი ზღვის წყალიც. ჟანგბადის რეჟიმი ღრმა გავლენას ახდენს წყალსატევების სიცოცხლისუნარიანობაზე, უზრუნველყოფს თევზების

ნორმალურ განვითარებას. წყლის სინჯების ქიმიური ანალიზის მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრული კლასის მიხედვით მეორე კლასს-სუფთას, ხოლო თევზის ქარხანასთან აღებული სინჯის მიხედვით მიეკუთვნება გაბინძურებული-მეოთხე კლასს. სიხისტის მნიშვნელობის მიხედვით წყალი ძალიან ხისტია, ხოლო თევზის ქარხანასთან აღებული წყლის სინჯის მიხედვით კი არის ზომიერად ხისტი, რაზედაც მიუთიებს კალციუმისა და მანიუმის კონცენტრაციის მნიშვნელობაც. ბიოგენური ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძობიარობაზე დაბალია მიკროელემენტებისა (Cu, Zn, Mn) და რკინის კონცენტრაცია წყალში დასაშვები კონცენტრაციების ფარგლებშია, ხოლო რკინის კონცენტრაცია თევზის ქარხანასთან აღებული წყლის სინჯის ქიმიური ანალიზის მიხედვით აღმატება ზღვ-ს, რაც შეიძლება აიხსნას თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენული წყაროების გავლენით.

პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების აღებული სინჯების მიხედვით ჩატარებული ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე მძიმე ლითონთა რაოდენობა ფ.კლარკისა და ა.ფერსმანის მიხედვით შეესაბამება დედამიწის ქარქში არსებული საშუალო მონაცემებს და შესაძლოა ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად.

2017 წლის მაის-აგვისტოს თვეში და 2018 წლის იანვრის თვეში ჩატარებული მიკრობიოლოგიური ანალიზით განისაზღვრა საერთო კოლიფორმებისა და მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა, რომელთა მნიშვნელობა ბევრად აღმატება ნორმატიულად დასაშვებ რაოდენობრივ მნიშვნელობებს. ხოლო E-coli-ის კლასის ბაქტერიები დაფიქსირდა აღებული წყლის ორ სინჯში- რეინჯერების ბაზა-2 და თევზის ქარხანა-4, აგრეთვე 2018 წლის მარტის თვეში თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე აღებულ წყლის სინჯში დაფიქსირდა ფეკალური სტრეფტოკოკები და სალმონელები. 2019 წლის იანვრისა და

მარტის თვეში ჩატარებული მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით საერთო კოლიფორმების რაოდენობა მდინარე კაპარჭინასთან აღებულ წყლის სინჯში კოლიფაგების კოლიფაგების რაოდენობა, ასევე რეინჯერების ბაზისა და თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე აღებულ წყლი სინჯში მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ რაოდენობრივ მნიშვნელობებს. თითქმის ყველა წყლის სინჯში დაფიქსირდა ფეკალური სტრეფტოკოკები, ვიბრიონები, აერომონასები და სალმონელები.

2018 წლის მარტისა და აპრილის თვის პალიასტომის ტბის ფსკერულ დანალექებში მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების, ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობებისა და E-coli-ის რაოდენობა მაღალია. ასევე დაფიქსირებულია პათოგენები და მათ შორის სალმონელები.

პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინუძრების ლოკალურ წყაროდ შესაძლებელია ჩაითვალოს ტბის სანაპიროზე არსებული გადამფრენი ფრინველების მიერ წარმოქმნილი ფეკალური მასები და ორგანიზმის ნარჩენები, აგრეთვე თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენური წყაროები და დასახლებული პუნქტიდან ჩამავალი საყოფაცხოვრებო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლები.

დამუშავებული იქნა პალიასტომის ტბის წყალში მიკროორგანიზმების გავრცელების რიცხვითი მოდელი რაც სადისერტაციო ნაშრომის სიახლეს წარმოადგენს.

პალიასტომის ტბაში კოლიფორმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებისათვის გამოყენებულ იქნა Visual C++ ენაზე შედგენილი კომპიუტერული პროგრამა. კომპიუტერული მოდელი ეფუძნება ტბის დინამიკის ორგანზომილებიან თავთხელი წყლის და წყლის არეში პასიური მინარევების გავრცელების ინტეგრირებას თანამედროვე მაღალ-

გარჩევისუნარიან რიცხვითი სქემის გამოყენებას. ინტეგრირების პროცესში გამოყენებულია მიღებული შედეგების ვიზუალიზაციის მეთოდი.

მოდელირების პროცესში გამოყენებული იქნა პალიასტომის ტბის რეალური რელიეფი და განისაზღვრა: ტბის დინების ვექტორული ველები; წყლის თავისუფალი ზედაპირი; და მინარევების კონცენტრაცია ტბის აქვატორიაში.

ჩრდილო-აღმოსავლეთი ქარის შემთხვევაში ჩვენს მიერ მიღებული მიკრობიოლოგიური ანალიზის მონაცემების საფუძველზე და აღნიშნული კომპიუტერული მოდელის საშუალებით დამუშავებული იქნა ექსპერიმენტები და მიღებული იქნა პალიასტომის ტბაში საერთო კოლიფორმების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება. კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბინძურების 3 წყარო (რეინჯერების ბაზა 1-3).

დაბინძურების მე-4 წყაროს შემთხვევაში, რომელიც მდებარეობს პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში საერთო კოლიფორმების იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აქვატორიაში არაერთგვაროვანია. კონცენტრაცია მინიმალურია რეინჯერების ბაზა 2-3 -ის მიდამოებში, თანდათანობით იზრდება ჩრდილოეთის მიმართულებით და თავის მაქსიმუმს აღწევს მე-4 ბაზის ტერიტორიაზე. კონცენტრაციების ჰორიზონტალური გრადიენტები დიდია ბაზების მიმდებარე ტერიტორიაზე და თანდათანობით მცირდება ბაზებიდან დაშორებისას ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

პალიასტომის ტბასთან არსებული აეროპორტის არხისა და მდინარე ფიჩორას შესართავთან კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კოლიფორმების განაწილება მნიშვნელოვნად განსხვავდება რეინჯერების ბაზის მიხედვით მიღებულ რიცხვითი მოდელისაგან. კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში-ჩრდილო-

დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში. კონცენტრაციის ჰორიზონტალური გრადიენტები დაახლოებით ერთნაირია და მცირდება ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო -დასავლეთის და სამხრეთის მიმართულებით, რაც აიხსნება მეტეოროლოგიური პირობებით გამოწვეული, წყლის ლოკალური ცირკულაციისა და ფორმირებული ტურბულენტური დიფუზიით..

ამრიგად მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე პალიასტომის ტბის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ზოგადი სურათი არაერთგვაროვანია, რაც დამოკიდებულია დამაბინძურებელი წყაროების მდებარეობაზე, დაბინძურების ინტენსიობაზე და მეტეოროლოგიური პირობებით ფორმირებული ტბის წყლის დინებებზე.

პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შესამუშავებლად ჩვენს მიერ აღებული წყლის სინჯი გამოყენებული იქნა როგორც მოდელური ნიმუში და განხორციელდა წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა სეფტოფაგებით, რაც ასევე ჩვენი სადისერტაციო ნაშრომის სიახლეს წარმოადგენს.

სეფტოფაგი არის ბაქტერიის სპეციფიკური ვირუსი, რომელსაც აქვს ჰომოლოგიური ბაქტერიის უჯრედის მემბრანაზე ადსორბირების უნარი, არღვევს მის მთლიანობას, აღწევს უჯრედის შიგნით, მრავლდება და იწვევს მის დაშლას.

სეფტაფაგი გამოიყენება ბაქტერიებით (Shigella, Salmonella, E.Coli, Proteus, Staphylococcus, Pseudomonas, Enterococcus) ან მათი ერთობლიობით გამოწვეული ისეთი დაავადებების საწინააღმდეგოდ, როგორიცაა შიგელოზი, სალმონელოზი, მუცლის ტიფი, პარატიფი, გალიზიანებული ნაწლავის სინდრომი (დისბაქტერიოზი), ენტეროკოლიტი, ინფექციური კოლიტი.

წყლის მოდელური ნიმუშის სეპტოფაგით დამუშავების შედეგად E-coli-ს რაოდენობა  $1 \times 10^3$  კწე/მლ-დან შემცირდა  $2 \times 10^2$  კწე/მლ-მდე. ჩატარებული ცდის შედეგი შეიძლება ჩაითვალოს ეფექტურად, ვინაიდან წყლის ნიმუშის დამუშავებისას მოხდა მისი ბაქტერიული დაბინძურების 60%-ით შემცირება.

2019 წლის იანვრისა და მარტის თვეში აღებულ პალიასტომის ტბის წყლის სინჯებიდან ამოთესა ფეკალური კოლიფორმების, ენტეროკოკების, ვიბრიონების და სალმონელების 2-2- იზოლატი. წყლის მოდელურ ნიმუშში მოხდა ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრა წყლის სინჯებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით სტანდარტული ფაგების 7 ნარევის მიმართ. სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია ინტესტი ბაქტერიოფაგმა სალმონელასა და E-coli ბაქტერიების მიმართ. ხოლო ენკო ბაქტერიოფაგმა სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია E-coli ბაქტერიების მიმართ.

# 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

დღევანდელი სამეცნიერო და ტექნიკური პოტენციალი საკმარისია იმისათვის, რომ წყლის რესურსებს შენარჩუნებული ქონდეს ის საუკეთესო თვისებები, რაც აუცილებელია მოსახლეობის სიცოცხლისუნარიანობისა და ჯანმრთელობის დასაცავად. წყალი როგორც ბუნებრივი რესურსი, აგრეთვე სოციალური და ეკონომიკური ხასიათის საქონლის რაოდენობა და ხარისხი განსაზღვრავს მის გამოყენების სფეროს. საქართველოს ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოლოგიური, კლიმატური, თუ სხვა ბუნებრივი მრავალფეროვნება, ისტორიულად ჩამოყალიბებული ეთნოკულტურული ურთიერთობების ხასიათი და ფორმები, მნიშვნელოვანწილად აპირობებენ რესპუბლიკის მოსახლეობის სასიცოცხლო გარემოს, მათ შორის სასიცოცხლო მდგომარეობასა და მასზე ადამიანის ზემოქმედების თავისებურებებს. წყლის შემადგენლობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მრავალი წარმოების პროდუქციის ხასიათს, სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოყვანას, თევზების მოშენებას და ა.შ. წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება მოითხოვს ძირითადად განსაზღვრული მოცულობისა და ხარისხის ჰიდროქიმიურ ინფორმაციას.

წყლის რესურსების ეფექტური დაცვა და მისი რაციონალური გამოყენება წარმოადგენს გლობალურ პრობლემას. დღეისათვის საქართველოს ჰიდროსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას აქვს რეგიონალური ხასიათი. გაჭუჭყიანების მთავარ მიზეზს წარმოადგენს ანთროპოგენური წყაროები. ზედაპირული წყლების ქიმიური შემადგენლობა დამოკიდებულია მრავალ ურთიერთდამოკიდებულ ფაქტორებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ მათ ხარისხსა და პრაქტიკულ გამოყენებას [1].



## 1.1. ტბის წყლის ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ქიმიური შემადგენლობის დახასიათება

წყლის მიმოცვლის მიხედვით ტბები შეიძლება დაიყოს რამოდენიმე ჯგუფად, კერძოდ ტბები, რომელშიც სათავეს იღებენ მდინარეები, ტბები რომელშიაც არც ჩადის და არც გამოდის მდინარეები, აგრეთვე გამდინარე ტბები, რომელშიაც მდინარეების მიერ ჩატანილი წყლის რაოდენობა გაედინება სხვა მდინარეებით.

ტბები, ცხადია, განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც ფორმით, ასევე ზომებით, რომელთა რაოდენობრივი დახასიათება შეიძლება მორფომეტრიული ელემენტების მაჩვენებლებით. ტბის ძირითადი მორფომეტრიული ელემენტებია: ტბის ფართობი, სიგრძე, სიგანე, სანაპირო ხაზის სიგრძე, სანაპირო ხაზის კლაკნილობის ხარისხი, ტბის წყლის მოცულობა, საშუალო მაქსიმალური სიღრმე და სხვა.

წყლის ბალანსის ცვალებადობა, ანუ მოცულობის შეცვლა დროის მიხედვით, იწვევს წყლის დონეთა ცვალებადობას. ტბებში წყლის დონეების რყევა წარმოებს აგრეთვე პერიოდულად სეზონების მიხედვით. ტბებში, რომლებიც მოთავსებულია ზომიერ განედში და რომელთა წყალშემკრები აუზები მთებშია მოთავსებული, დონეების მაქსიმუმი შეინიშნება ზაფხულში, როდესაც აორთქლება დაბალია და გრძელდება მაის-ივნისამდე. მას შემდეგ რაც აორთქლება იზრდება, იწყება ტბაში დონის დაწევა.

ტბებში ადგილი აქვს წყლის ზედაპირების დროებით გადახრას, ანუ დენიველაციას, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სეიშერების მოქმედებით და საერთოდ ყოველგვარი დინამიური პროცესებით-ტალღების დროებითი და მუდმივი მოძრაობით, სხვადასხვა დინებებით და ა.შ. [2].

ტალღების სიმაღლე პატარა ტბებში რამდენიმე სანტიმეტრია, მაშინ როდესაც დიდ ტბებში ზოგჯერ 5-7 მეტრს აღწევს.

ტბებზე ხდება აგრეთვე წყლის ზედაპირების რიტმული რყევადობა, რასაც სეიშს უწოდებენ. ასეთი მოვლენები, როგორც წესი, გამოწვეულია ატმოსფერული წნევის მკვეთრი ცვალებადობით ტბის ცალკეულ მაწილებში, ძლიერი თავსხმა წვიმებით ან ქარის სიჩქარის მკვეთრი ცვალებადობით. სეიშით გამოწვეული დონეთა რყევის ამპლიტუდა რამოდენიმე სანტიმეტრიდან, დაახლოებით 2 მეტრამდეც კი არის შემჩნეული.

ქარით გამოწვეული დინებები დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე, მიმართულებასა და ხანგრძლივობაზე. ისინი გაცილებით ნაკლები სიჩქარისაა, ვიდრე დინებები ზღვებსა და ოკეანეებში. დინების სიჩქარესა და მიმართულებებზე ძრითადად მოქმედებს ტბის ქვაბულის ზომა და ფორმები, ნაპირის კონფიგურაცია, კუნძულების არსებობა და სხვა. ტბაში დინების სიჩქარეები, ჩვეულებრივ, იზომება სმ/წმ. ზედაპირული დინებები წარმოიქმნება ქარის მცირე სიჩქარეების დროსაც კი (1მ/წმ.). ქარით გამოწვეული დინებები შეიძლება გავრცელდეს ტბის სიღრმეებში, ფსკერამდეც. მუდმივი დინებები (დრეიფული) შეინიშნება მხოლოდ ზოგიერთ დიდ ტბებში. ქარის მიმართულების მიხედვით ნაპირებთან წყლის დაგროვების შესაბამისად დონე იწევს. ხოლო მის მოპირდაპირე მხარის ნაწილზე დონის დაწევა შინიშნება. მდინარეული დინებები, ცხადია, არის გამდინარე ტბებშიც. ამ დროს მდინარის შესართავთან ტბის დონე აწეულია, ხოლო ტბიდან გამომდინარე მდინარის სათავესთან, პირიქით, დონე დაწეულია.

ტბებში დინებები, რომლებიც გამოწვეულია სეიშით, განპირობებულია დონეების სხვაობით და გვხვდება ტბის ცალკეულ ზონებში.

ტბებში წყლის ტემპერატურა განიცდის მნიშვნელოვან ცვალებადობას. სითბოს ძრითადი წყარო ტბაში - ეს მზის ენერგიაა. ენერგიის დიდი ნაწილი, რომელიც ტბის ზედაპირზეა, შთაინთქმება წყლის ზედა ფენებით. წყლის სიღრმითი ფენები სითბოს ღებულობს კონვექციური დინებით, აგრეთვე ქარისგან გამოწვეული გადაადგილებებით.

ჩვეულებრივ ტბების გაბგიფვა იწყება 5-10 დლით ადრე, ვიდრე მდინარისა. ყინულის მაქსიმალური სისქე ტბებზე, როგორც წესი, შეინიშნება თბერვალ-მარტში და დაახლოებით 15% -ით მეტია, ვიდრე მდინარეებზე მოცემულ რეგიონში. ყინულის სისქის მატება ტბებზე მიმდინარეობს იგივე პროცესით, როგორც მდინარეებზე. ყინულის გახსნა და ყინულსვლა ტბებზე იწყება დაახლოებით 10-20 დლით გვიან, ვიდრე მდინარეებზე [2].

ტბის წყლის ქიმიური შემადგენლობა ძირითადად განისაზღვრება ტბაში ჩამდინარე როგორც ზედაპირული, ასევე მიწისქვეშა წყლების შემადგენლობით და მჭიდროდაა დაკავშირებული წყალშემკრები აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზეც. წყლის ქიმიური შემადგენლობის ფორმირებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ როგორი წესით ხდება ტბებში წყლის მიმოცვლა. მაგალითად, ტბებში, სადაც არ ხდება მდინარეების ჩადინება და წყალი იხარჯება აორთქლებაზე სისტემატურად გროვდება მარილები და მატულობს მათი კონცენტრაციაც, რის გამოც ტბა მლაშეა. პირიქით, როდესაც ტბა გამდინარეა დროის გარკვეულ პერიოდში წარმოებს წყლის განახლება და მარილები არ გროვდება. ტბის ქიმიური მდგომარეობისათვის მნიშველოვანი ფაქტორია ტბის სიღრმე, ფართობი და მოცულობა [2, 3].

ტბის წყლები განიხილება, როგორც რთული პოლმდისპერსული სისტემები, რომლის შემადგენლობაში  $H_2O$ -ს გარდა შედის იონები ( $HCO^{-1}_3$ ,  $CO^{-2}_3$ ,  $SO^{-2}_4$ ,  $Cl^{-1}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+1}$ ), დისოცირებული მოლეკულები, აირები, მინერალური და ორგანული ნაწილაკები, დაწყებული კოლოიდურიდან მსხვილ ორგანიზმებამდე და მათ ნარჩენებამდე. მარილების შედგენილობა ტბის წყალში იცვლება რამდენიმე მგ-დან 300 გ-მდე და მეტი ერთ ლიტრზე. იმისდა მიხედვით, თუ რომელ ბუნებრივ ზონაში მდებარეობს ტბა, წყალში შეიძლება ჭარბობდეს ესა თუ ის იონები. მაგალითად, ტუნდრაში არსებული ტბის წყალი ხასიათდება Si და  $HCO^{-1}_3$  იონებით, ტყის ზონაში -

$\text{Ca}^{+2}$  და  $\text{HCO}^{-1}_3$  იონებით. თუ ტბა სტეპშია, მაშინ უპირატესად შეიძლება იყოს  $\text{Na}^+$  და  $\text{SO}^{2-}_4$  ან  $\text{Na}^+$  და  $\text{Cl}^-$ -იონები. გარდა მინერალიზაციის მთავარი იონებისა, ტბებში გვხვდება დეფიციტური ბიოგენური ელემენტები, რომლებიც აუცილებელია ტბაში სიცოცხლის განვითარებისათვის, კერძოდ (მიერთებულ ფორმაში), P, Si, Fe, Mn, Cu, Zn, და სხვა [1-6].

აირები ტბაში აღწევს ტბის ზედაპირიდან, რომლებიც შემდეგ გადაიტანება წყლის მასებით, მათი ჭარბი ნაწილი გამოიყოფა ატმოსფეროში. აირები, როგორც წესი, მოქმედებს ტბის ჰიდროქიმიურ რეჟიმზე და ორგანიზმების არსებობაზე. ნახშირორჟანგის, მისი ბიოკარბონატული მარილების დისოციაციაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბევრ შემთხვევაში ტბის წყლის მჟავიანობა ან ტუტეობა. ერთის მხრივ, ჟანგბადის, მეორე მხრივ კი გოგირდწყალბადის, მეთანის და წყალბადის არსებობა ახასიათებს ჟანგვა-აღდგენით ზონებს წყლის ფენებში. ჟანგბადის დეფიციტი იწვევს თევზების დახოცვას, უხერხემლოებისა და მცენარეულობის დაღუპვას. წყალში ჟანგბადის არარსებობის დროს სიცოცხლეს ინარჩუნებს მხოლოდ ბაქტერიები. წყლის მცენარეულობა ფოტოსინთეზის დროს გამოყოფს ჟანგბადს და ქმნის ორგანულ ნაერთებს [7-14].

ტბის ფსკერზე მინერალური და ორგანული ნაერთებისაგან, რომლებიც მოყვება ტბაში ჩამონადენს ან აუზებიდან ჩამოაქვს ქარს, წარმოიქმნება ფსკერული ნატანი, მის წარმოქმნას ხელს უწყობს აგრეთვე ტბაში ნაპირების ნგრევა და ცოცხალი ორგანიზმებისა და მცენარეულობის დაღუპვა [15-18].

ტბის წყლის ფერსა და გამჭვირვალობას განაპირობებს წყალში არსებული მინერალური და ორგანული ნივთიერებები. ცისფერი ფერი და დიდი გამჭვირვალობა (დაახლოებით 40 მ-მდე, მაგალითად, ბაიკალში) ახასიათებთ სუფთა ტბებს. სიმღვრივის გადიდებით ტბის წყლის ფერი ხდება მწვანე, მურა, ყავისფერი და გამჭვირვალობა მნიშვნელოვნად მცირდება

(1 მ. და ნაკლებიც). აღსანიშნავია, რომ გამჭვირვალობაზეა დამოკიდებული ფოტოსინთეზის ფენის სიმძლავრე [1-3].

ტბაში განლაგებისა და შეგუების მიხედვით შეიძლება გამოვყოთ სხვადასხვა ტიპის ორგანიზმები. კერძოდ, ორგანიზმებს, რომლებიც ტბის ფსკერზე გვხვდება ბენტოსებს უწოდებენ, ხოლო ორგანიზმებს კი, რომლებიც წყლის სარკულ ზედაპირთანაა- პლექტონებს. ორგანიზმები, რომლებიც აქტიურად ცურავენ ტბაში, იწოდებიან ნექტონებად, ხოლო წვრილ ორგანიზმებს, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაშია და პასიურად გადაადგილდება წყალთან ერთად, პლანქტონებს უწოდებენ [2, 19].

აღსანიშნავია, რომ მცირე ტბებში ზომიერი მინერალიზაციით და საკმარისი რაოდენობის საკვები მარილით, თუ ეს ტბები სათანადოდ თბება, კარგი პირობებია ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებისთვის. წყლის ძალიან მცირე მინერალიზაცია და განსაკუთრებით მცირე რაოდენობის საკვები მარილი, ტბის დიდი სიღრმეები, დაბალი ტემპერატურა, პირიქით, აძნელებს ორგანული სიცოცხლის განვითარებას.

ბიოლოგიური პროდუქციულობის მიხედვით ტბები შეიძლება დაიყოს მაღალპროდუქციულად, მდიდარ ბიოგენურ ელემენტებიან (ევტროფული) მცირეპროდუქციულ, ღარიბ ბიოგენურ ელემენტებიან (ოლიგოტროფული) ტბებად.

ოლიგოტროფულ ტბებში, რომლებიც ხასიათდებიან, ჩვეულებრივ, დიდი ან საშუალო სიღრმეებით, წყალი დიდი გამჭვირვალობისაა. წყლის ფერი იცვლება ცისფერიდან მწვანემდე და ფსკერისკენ  $O_2$  რაოდენობა თანდათან მცირდება, თუმცა 60-70% ნაკლები თითქმის არასდროს არ არის.

ევტროფულ ტბებში, რომლებიც კარგად თბება მზის სხივებით, წყლის გამჭვირვალობა მცირეა, წყლის ფსკერი იცვლება მწვანიდან მურა შეფერილობამდე, ტბის ფსკერი დაფარულია ორგანული ლამით.  $O_2$

რაოდენობა ძალიან მკვეთრად მცირდება ტბის ფსკერისაკენ, ზოგჯერ კი საერთოდ ქრება.

დისტროფიული ტბები მცირე გამჭვირვალობის წყლებით ხასიათდება. წყლის ფსკერი ყვითელი ან მურაა, მინერალიზაცია მცირეა, ხოლო  $O_2$  რაოდენობა ძალიან შემცირებულია, ვინაიდან მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერებების ჟანგვითი პროცესი [20].

ჭაობის დამახასიათებელი და აუცილებელი ნიშანია ხავსისა და სხვა ჰიდროფილური მცენარეებისგან ტორფის წარმოქმნა. ჭაობი წყლის კვების განლაგების პირობებისა და მცენარეულობის შემადგენლობის ხასიათის მიხედვით იყოფა ევტროფულ და ოლიგოტროფულ და გარდამავალ ანუ მეზოტროპულ ჭაობებად.

ევტროფული ჭაობები განლაგებულია რელიეფის დადაბლებებში, მათი ზედაპირი ჩაზნექილია ან ბრტყელი ოლიგოტროფული ჭაობები განლაგებულია რელიეფის ამაღლებულ ადგილებზე. გააჩნიათ ამოზნექილი ზედაპირი, იკვებებიან ატმოსფერული ნალექით.

ჭაობი გიგანტური ღრუბელის მსგავსად შეიწოვს ატმოსფერულ ტენს და მასთან ერთად მტვერს, მჭვარტლს, გოგირდს, აზოტის, ნახშირბადის ჟანგეულებს, სხვადასხვა ნახშირორჟანგებს და ა.შ. ჭაობები შეიწოვენ გაბინძურებულ ტენს და აბრუნებენ სუფთას.

ჭაობებზე გავრცელებულია მცენარეები, ბუჩქები, ბალახი, ხავსი და ლიქენი, თითოეულ მცენარეს თავისი ეკოლოგიური ოპტიმუმი აქვს, რომლის ფარგლებშიც იგი ვითარდება.

### 1.1.1. ბუნებრივი წყლის ხარისხი

წყლის შემადგენლობისა და თვისებების მახასიათებელია წყლის ხარისხი, რომელიც ამავე დროს განსაზღვრავს მის ვარგისიანობას ამა თუ იმ კონკრეტული მომხმარებლისათვის.

წყლის ხარისხი განისაზღვრება ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიურ-ბაქტერიოლოგიური მაჩვენებლებით [21]. წყლის ფიზიკური მაჩვენებლებია ტემპერატურა, სიმღვრივე , გამჭვირვალობა, ფერიანობა, გემო და სუნია.

წყლის სიმღვრივე შეიძლება განპირობებული იყოს წყალში ისეთი მინერალური ნივთიერებების არსებობით, როგორცაა თუთიის, რკინისა და მანგანუმის ნაერთები. სიმღვრივე ჩვეულებრივად ახასიათებს ზედაპირულ წყლებს, განსაკუთრებით მდინარისას, ხოლო რაც შეეხება მიწისქვეშა წყლებს , მათ გააჩნიათ დაბალი სიმღვრივე. ბუნებრივი წყაროს სახისა და წლის დროის მიხედვით შეწონილი ნივთიერებების რაოდენობა წყალში იცვლება ძალიან დიდ დიაპაზონში.

გამჭვირვალობა სიმღვრივის შებრუნებული მცნებაა, თუმცა წყალში შეწონილი ნივთიერებების რაოდენობისა და გამჭვიერვალობას შორის მკაცრი ცალსახა კავშირი არ არსებობს. საერთოდ რაც მეტია სიმღვრივე მით ნაკლებია წყლის გამჭვირვალობა [1-3].

ფერს (ყვითელი, მოყავისფრო, ან ყვითელ-მწვანე და ა.შ.) ბუნებრივ წყალს აძლევს მაღალმოლეკულური ჰუმუსური ნივთიერებები, რომლებიც გამოირეცხებიან ნიადაგიდან , ჩადიან ჭაობებიდან, ასევე წარმოიქმნიებიან მცენარეულობით და მათი ნაშთების ბაქტერიულ-აერობული ლჰობის პროდუქტებიდან. ფერიანობა უფრო ახასიათებს ტბების, ჭაობებისა და წყალსაცავების წყლებს. წყლის ფერი შეიძლება გამოიწვიოს ისეთმა ლითონებმა, როგორცაა სპილენძი, რკინა, მანგანუმი. ფერიანობა იზომება გრადუსებში, ნორმის მიხედვით ფერიანობა 20%-ს არ უნდა აღემატებოდეს [22].

წყლის ხარისხის შესაფასებლად ერთ-ერთი ძირითადია წყალბადური მაჩვენებელი (pH). წყალბადის იონების კონცენტრაცია წყალში განსაზღვრავს

მის აქტიურ რეაქციას. ნეიტრალური რეაქციის დროს  $pH=6,5-7,5$ , ძლიერი მჟავური რეაქციის დროს  $pH=5,5-6,5$ , სუსტი ტუტოვანი რეაქციის დროს  $pH=8-10$ , ხოლო ძლიერ ტუტოვანი რეაქციის დროს  $pH>10$ , აღსანიშნავია რომ  $pH$  დაბალი მნიშვნელობის დროს იზრდება წყლის კოროზიული მოქმედება ბეტონზე, ლითონზე და სხვა მასალებზე.

წყლის სიხისტე განპირობებულია წყალში გახსნილი კალციუმის და მანგანუმის მარილების არსებობით. არჩევენ საერთო, კარბონატულ დროებით სიხისტეს და არაკარბონატულ -მუდმივ სიხისტეს. მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც გაივლიან კირიან, თაბაშირიან და სხვა ქანებს, განსხვავებით ზედაპირული წყლებისაგან, ხასიათდებიან მაღალი სიხისტით. ზედაპირულ წყლები კი ჩვეულებრივ მცირე ან ცვალებადი სიხისტით. მდინარეების სიხისტე შედარებით მცირეა წყალდიდობის პერიოდში[23].

წყალი შეიძლება შეიცავდეს აგრეთვე მძიმე და მსუბუქ ლითონებს: რკინას, მანგანუმს, ტიტანს, სპილენძს, თუთიას, ნიკელს, ალუმინს და ა.შ. გახსნილი ჟანგბადი წყალში წარმოიქმნება წყლის ზედაპირის ატმოსფერულ ჰაერთან კონტაქტის გამო. ჟანგბადის წყალში ხსნადობა დამოკიდებულია წყლის ტემპერატურაზე და წნევაზე. წყალში გახსნილი ჟანგბადი და ნახშირორჟანგის მინარევები სასმელი წყლის ხარისხს არ აუარესებენ, პირიქით წყალს რომ სასიამოვნო გემო ჰქონდეს, მასში საკმაო რაოდენობით უნდა იყოს გახსნილი ჟანგბადი [22].

წყალში გახსნილი ნივთიერებების (გარდა აირებისა) საერთო რაოდენობა ხასიათდება მშრალი ნაშთით, რომელიც მიიღება გაფილტრული წყლების აორთქლებით და დარჩენილი ნაშთის გამოშრობით მუდმივ მასამდე [23].

წყლის ხარისხის დადგენის დროს აუცილებელია განისაზღვროს წყალში ორგანული ნივთიერებანი, პლანქტონი, წყლის ბაქტერიული და ვირუსული დაბინძურება.



პლანქტონი უპირატესად გვხვდება ზედაპირულ წყლებში, სადაც ფიტოპლანქტონი და ზოოპლანქტონი ერთდროულადაა. ფიტოპლანქტონი სწრაფად მრავლდება გაზაფხულზე და ზაფხულში, რაც წყალს აძლევს უსიამო გემოს.

წყალში პათოგენურ ბაქტერიებსა და ვირუსებს შეუძლია გამოიწვიოს ისეთი დაავადებები, როგორცაა: მუცლის ტიფი, პარატიფი, დიზინტერია, ბრუცელოზი, ინფექციური ჰეპატიტი, მწვავე გასტროენტრიტი, ციმბირის წყლული, ქოლერა, პოლიომელიტი, კონიუქტივიტი და ა.შ.

წყალსატევების მიკრობებს შორის ურთიერთობას სიმბიოზური, ნეიტრალური და ანტაგონისტური ხასიათი აქვს. საერთოდ, როგორც წესი მზის სინათლე და ულტრაიისფერი სხივები მიკრობებს ხოცავენ.

ვინაიდან წყლის ბიოლოგიური ანალიზის დროს პათოგენური ბაქტერიების განსაზღვრა ძნელია, წყლის ხარისხის ბაქტერიოლოგიური შეფასება დაიყვანება 37°C ტემპერატურისას 1 მლ. წყალში ბაქტერიების რაოდენობის დადგენაზე. უკანასკნელის არსებობა წყალში წარმოადგენს ინდიკატორს, რომელიც მეტყველებს ადამიანებისა და ცხოველების გამონაყოფითა და ა.შ. წყლის დაბინძურებაზე. შესასწავლ წყლის მოცულობას (მლ), რომელშიც აღმოჩნდება ნაწლავის ერთი ჩხირი მას კოლი-ტიტრი ეწოდება, ხოლო ნაწლავის ჩხირების რაოდენობას ერთ ლიტრ წყალში-კოლი ინდექსი [19].

ბაქტერიული დაბინძურებით უპირატესად ხასიათდებიან ზედაპირული წყლები, ამიტომ მათი გაუვნებლობას მხოლოდ პროფილაქტიკური თვალსაზრისით აწარმოებენ.

ნიშან-თვისებას, რომლითაც ფასდება წყლის ხარისხი ამა თუ იმ ხარისხის წყალმომხმარებლისათვის, წყლის ხარისხის კრიტერიუმი ეწოდება. წყალმომარაგების შეზღუდვას კი განპირობებულს გაჭუჭყიანებით, რომელიც სახიფათოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ან აუარესებს მოსახლეობის

ცხოვრების სანიტარულ პირობებს ეწოდება ჰიგიენური კრიტერიუმი. არსებობს წყლის დაბინძურების კრიტერიუმიც, რომელიც აჩვენებს წყლის ხარისხის გაუარესებას როგორც მისი ორგანოლეპტიკური თვისებების შეცვლის შედეგად, ასევე მავნე ნივთიერებების გამოჩენისა და წყლის ტემპერატურის გაზრდის დროს, რომელიც მავნებელია არამართო ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, არამედ აუარესებს წყლის ორგანიზმების სასიცოცხლო პირობებს.

ზედაპირული წყლების შემადგენლობისა და თვისებების ვარგისიანობა სასმელ-სამეურნეო მომარაგებისათვის, მოსახლეობის კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის, აგრეთვე თევზსამეურნეო დანიშნულებისათვის განისაზღვრება იმ მოთხოვნებითა და ნორმატივებით, რომლებიც მოცემულია “ჩამდინარე წყლების ზედაპირული წყლების გაბინძურებისაგან დაცვის წესებში“ [24].

თუ სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა საჭიროებისათვის წარმოებს წყლის ობიექტის ან მისი რომელიმე უბნის ერთდროული გამოყენება აუცილებელია წყლის ზედაპირული ხარისხი შეფასდეს უფრო მკაცრი ნორმატივებით, რათა წყლის ხარისხი შეესაბამებოდეს ნებისმიერ განხილულ მომხმარებელს.

საერთოდ განასხვავებენ წყლის მოხმარების ორ ძირითად კატეგორიას. პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება ისეთი წყლის მოხმარება, როდესაც წყლის ობიექტი გამოიყენება ცენტრალიზებულ ან არაცენტრალიზებულ სასმელ-სამეურნეო დანიშნულების წყალსადენის წყაროდ, რომელიც კვების მრეწველობის ობიექტს ემსახურება. თუ წყალმოხმარება წარმოებს საცურაოდ, სპორტული და მოსახლეობის დასვენების მიზნებისათვის, აგრეთვე როდესაც გამოყენებული წყლის ობიექტი დასახლებული ტერიტორიის ფარგლებში მდებარეობს, მაშინ ასეთ წყლის მოხმარებას მეორე კატეგორიას მიაკუთვნებენ [25].

წყლის შემადგენლობა და თვისებები უნდა შეესაბამებოდეს ნორმატიულს წყალსატევების იმ კვეთებში, რომლებიც დაზუსტებულია

სათანადო ორგანოების (სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური სამსახურის) მიერ. ამ დროს მხედველობაში მიიღება არამართო წყალმომარაგების კატეგორია, არამედ წყალსატევის ტიპი (მდინარე, წყალსატევი, ტბა და ა.შ.)

არსებობს წყალსატევების ორი კატეგორია, რომელიც თევზსამეურნეო მიზნებისათვის გამოიყენება. პირველ კატეგორიას განეკუთვნება წყლის ობიექტი, რომელშიც შენარჩუნებულია ძვირფასი ჯიშის თევზების არსებობა და გამრავლების პირობები, ანუ ისეთი ჯიშის თევზები რომლებსაც წყალში გახსნილი ჟანგბადი დიდი რაოდენობით ესაჭიროებათ. მეორე კატეგორიას კი განეკუთვნება წყალსატევები, რომლებიც გამოიყენება სხვა სახის თევზსამეურნეო მიზნებისათვის [25].

აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი მომენტიც, მძიმე ლითონების, ნავთობპროდუქტების და შხამქიმიკატების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია თევზსამეურნეო წყალმომარაგების დროს მნიშვნელოვნად დაბალია ვიდრე სანიტარულ-საყოფაცხოვრებო წყალგამოყენების შემთხვევაში [22].

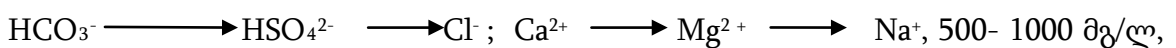
## 1.2. საქართველოს ტბების ეკოქიმიური მდგომარეობის დახასიათება

საქართველოში 860-მდე ტბაა. უმეტესობა ძალიან პატარაა. ამიტომ ტბათა საერთო ფართობი 170კმ<sup>2</sup>-ს არ აღემატება (რესპუბლიკის ტერიტორიის 0,24%). სიმცირის მიუხედავად საქართველოს ტბები მრავალფეროვანი გენეზისით გამოირჩევა. აქ არის ტექტონური, მყინვარული (ყველაზე დიდი რაოდენობით), მდინარეული, სანაპირო, კარსტული, სუფოზიური, შეგუბებული, მეწყრული და ბოლოს ანთროპოგენული ტბები. ისინი ძრითადად საზრდოობენ თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლებით. ამიტომაც ტბათა დონის რყევა უმთავრესად განპირობებულია ნალექების წლიური განაწილებითა და იმ მდინარეთა რეჟიმით, რომლებიც ტბებში ჩაედინება. გამოიყოფა დონეთა რეჟიმის 4 ტიპი: 1) კავკასიონის დაბალ და საშუალო-

მთიანი ზონების ტბები, რომელთა წყლის დონე მაქსიმუმს აღწევს მაის-ივნისის თვეში, მინიმალურს-თებერვალ-მარტის თვეში; 2) საქართველოს სამხრეთ მთიანეთის ტბები, მაქსიმალური დონე მათ გაზაფხულზე აქვთ-მაისის თვეში, მინიმალური-სექტემბერში; 3) კოლხეთის დაბლობის ტბები, მათი დონეთა ცვალებადობა მთელი წლის განმავლობაში წვიმებითაა გამოწვეული; 4) გაერთიანებულია მტკვარ -ალაზნის მთათაშორისი დეპრესიის ტბები. მათთვის დამახასიათებელია გაზაფხულ-ზაფხულში დონეთა მაქსიმუმი, ხოლო მინიმუმი-შემოდგომაზე [2, 28].

ფართობით საქართველოში ყველაზე დიდია ფარავნის ტბა, რომლის სარკული ფართობი შეადგენს 37,5 კმ<sup>2</sup>-ს. მოცულობით დიდია ტაბაწყურის ტბა (221,0 მლნ.მ<sup>3</sup>). სიღრმით- რიწის ტბა (101მ), იგი უღრმესია ამიერკავკასიის ტბებს შორისაც [26].

ტბის წყლებში შეიმჩნევა კანონზომიერება , რომელიც დამახასიათებელია მდინარის წყლების ქიმიური შემადგენლობისათვის. ტბის წყლების მინერალიზაციის მატებით ხდება მისი შემადგენელი იონების შედარებით ზრდა შემდეგი თანმიმდევრობით:



მინერალიზაციისას ტბის შემადგენლობაში ჭარბობს ჰიდროკარბონატული იონები, 0,1%-ზე მეტი მინერალიზაციისას უფრო მეტია სულფატ-იონები, ხოლო 0,3 -0,5% მინერალიზაციისას წყალმკრები ფართობის ლითოლოგიური თავისებურებებისადმი დამოკიდებულებით - სულფატური ან ქლორიდ-იონები. ტბის წყლების კატიონურ შემადგენლობაში კალციუმის გაბატონებული როლი შენარჩუნებულია მხოლოდ 0.1-0,2%-მდე. მინერალიზაციის შემდგომი ზრდისას ეს როლი მიეკუთვნება ნატრიუმის იონს. მაგნიუმის იონები , როგორც სხვა ზედაპირულ წყლებში , ყველა მინერალიზაციისას ინარჩუნებენ შუალედურ მდგომარეობას. იონური შემადგენლობის ასეთი განაწილების მიზეზი მდგომარეობს მარილების

განსხვავებულ ხსნადობაში . მტკნარი ტბების უმრავლესი ნაწილი , ისევე როგორც მდინარეების , წყლების შემადგენლობის მიხედვით მიეკუთვნებიან ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყლებს [2, 27].

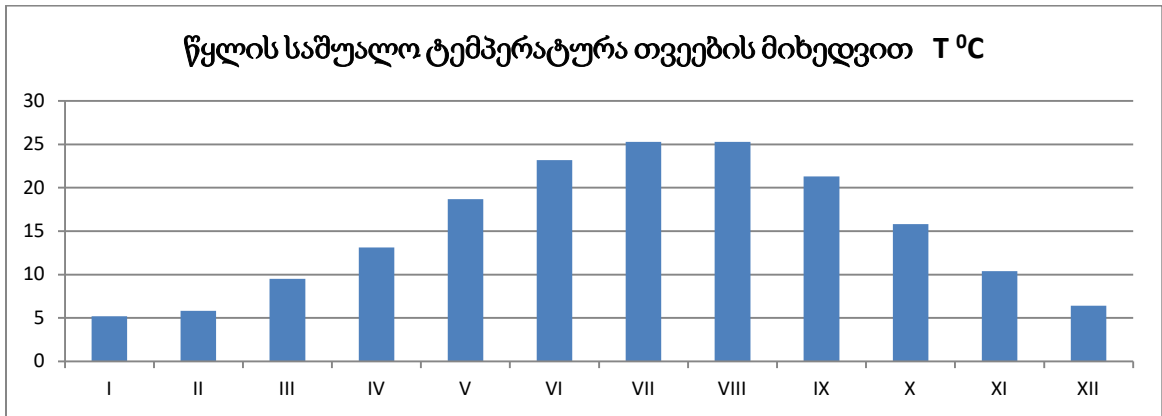
ლიტერატურული მონაცემებით ტბების მინერალიზაცია და ქიმიური შემადგენლობა მდინარეებისგან განსხვავებით იცვლება ფართო ზღვრებში. მდინარის წყლები 100-200 მგ/ლ-ზე მეტი მინერალიზაციით, პირობების მიუხედავად, ძალიან იშვიათია. ტბის წყლების მინერალიზაცია შესაძლებელია იყოს ძალიან დაბალი, რამდენიმე ათეულ მგ/ლ (ე.ი მცირედ განსხვავდება წვიმის წყლისგან) და ძალიან მაღალი 3-3,5 % (მარილოვანი ტბები-მარილხსნარი მარილით გაჯერებულ ზღვრამდე). მინერალიზაციული შემადგენლობით განსხვავება აისახება ტბის წყლების იონურ შემადგენლო ბაზეც.

საქართველოში ჭარბობს მტკნარი ტბები, რომელთა ნაწილი მეტად მცირე მარილს შეიცავს (34,1-100მგ/ლ), მაგრამ არის მლაშე ტბებიც ( 24 გ/ლ-დან 69 გ/ლ-მდე). ასეთია ივრის ზეგნის ტბები. საქართველოში ტბები სამ ჰიდროქიმიურ ფორმაციას მიეკუთვნებიან: ჰიდროკარბონატულს, ქლორიდულს და სულფატურს. ყველაზე მეტია ჰიდროკარბონატული ფორმაციის ტბები, უფრო ნაკლებია ქლორიდული, ხოლო კიდევ უფრო ნაკლები - სულფატური [3].

### 1.3. პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება

პალიასტომის ტბა მდებარეობს გურიის დაბლობზე, ზღის ზედაპირიდან 0,3 მ-ზე. აუზის ფართობი შეადგენს 547 კმ<sup>2</sup>, სარკისებური ფართობია 18, 2კმ<sup>2</sup>, სიღრმე- 2,6 მ, წყლის მოცულობაა 52 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობს წვიმის წყლითა და შენაკადებით. მაღალი დონე იცის გაზაფხულზე, ზაფხულსა და შემოდგომაზე. დაბალი-ზამთარში. წყალი თბილია ივლის-აგვისტოს თვეში (25,1°C), ცივია ზამთარში (5,2°C). ძლიერი ქარების გამო ტბაზე

ხშირად ჰომოთერმიაა. ცივ ზამთარში გაბგიფულია და ჩნდება ყინულნაპირისი (ნახაზი-1) [26, 53].



**ნახ. 1. 2018 წლის პალიასტომის ტბის წყლის საშუალო ტემპერატურათა ცვლილებები**

1924 წელს ტბის სამხრეთ-დასავლეთ ნაპირიდან გაიყვანეს არხი და პირდაპირ შეუერთეს ზღვას. ხოლო, 1933 წელს დეკემბერში ძლიერი ზვირთცემის შედეგად არხი გაფართოვდა და სრულტე გაჩნდა. წყალი გამლაშდა. ტბას იყებნებენ ხე-ტყის დასაცურებლად და თევზსაჭერად [26].

რამსარის კონვენციის თანახმად ჭარბტენიანი ტერიტორიებ ითვლება: ჭაობები, ჭანჭრობები, ტორფიანი ადგილები, წყალსატევები: ბუნებრივი თუ ხელოვნური, მუდმივი თუ დროებითი, გამდინარი ან გაუდინარი, მტკნარი, ნაკლებად მარილიანი ან მარილიანი, ზღვის აკვატორიის ჩათვლით, რომლის სიღრმე უკუქცევს დროს არ აღემატება 6 მეტრს.

კონვენციის მიხედვით, წყლის ფრინველებად ითვლებიან ჭარბტენიან ტერიტორიებზე ეკოლოგიურად დამოკიდებული ფრინველები. წყლის ფრინველები მათი სეზონური მიგრაციების დროს შეიძლება გასცდნენ კონკრეტული არეალის საზღვრებს და ამდენად ისინი უნდა ჩაითვალოს საერთაშორისო რესურსებად. ჭარბტენიანი ტერიტორიების, მათი ფლორისა და ფაუნის დაცვა გათვლილია ეროვნული პოლიტიკისა და კოორდინირებულ საერთაშორისო ქმედებათა ურთიერთშეთანხმების საფუძველზე [29, 30].

1996 წელს საქართველო შეუერთდა რამსარის კონვენციას „საერთაშორისო მნიშვნელობის წყალჭარბი, განსაკუთრებით წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ“ [29]. რამსარის კონვენციის ობიექტად გამოცხადდა კოლხეთის დაბლობის წყალჭარბი სავარგულები: კერძოდ ჭურის ჭაობები, ნადარის ჭაობები, ფიჩორა-პალიასტომის ჭაობები, პალიასტომის ტბა და შავი ზღვის აკვატორია, ასევე ისპანის ჭაობები ქობულეთთან. კონვენცია ხელმომწერ მხარეებს ანიჭებს ვალდებულებებს უზრუნველყონ წყალჭარბი ტერიტორიების დაცვა და მდგრადი გამოყენება ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე. მთავრობებმა მიწათსარგებლობის სახელმწიფო დაგეგმვისას უნდა გაითვალისწინონ წყალჭარბი ტერიტორიების დაცვის აუცილებლობა [30, 56].

საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭაობების კრიტერიუმები, რომელსაც პასუხობს ობიექტი, შემდეგია: კრიტერიუმების ჯგუფი-ა, ობიექტი მოიცავს იშვიათ და უნიკალურ ჭაობის ტიპებს და პასუხობს 9 კრიტერიუმს, მათ შორის: ობიექტს გააჩნია საერთაშორისო მნიშვნელობა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კონსერვაციისათვის; ხელს უწყობდეს ბიომრავალფეროვნების ცხოველთა სახეობებს, აძლევდეს თავშესაფარს წყლის ბინადარ ფრინველებს და რეგულარულად უზრუნველყოფდეს 20 000 ფრინველის მიღებას [31].

ჭაობებს საქართველოში განსაკუთრებით დიდი ფართობი – 627 კმ<sup>2</sup> უკავია და მდებარეობენ კოლხეთის დაბლობზე. კოლხეთის დაბლობზე წარმოდგენილია ჭარბტენიანი ტერიტორიები, რომლის ნაწილი კოლხეთის ეროვნულ პარკს უჭირავს. კოლხეთის დაბლობის წლიური ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 1200-2800 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს, ხოლო წნევიანი წყლების მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული 4 ლ/წმ-ს შეადგენს 1 კმ<sup>2</sup>-დან, მაშინ, როდესაც ალაზნის ველზე, სადაც 500-600 მმ ნალექი მოდის, და წნევიანი წყლების მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული შეადგენს 10-13 ლ/წმ-ს 1 კმ<sup>2</sup>- დან [28, 32].

**ცხრილი 1. პლიასტომის წყლის ბალანსი [54]**

შემოსავლის ელემენტები	M <sup>3</sup>	%	ხარჯის ელემენტები
1	2	3	4
Y	36x4 x10 <sup>6</sup>	5,9	Y <sub>1</sub>
X	581x0x10 <sup>6</sup>	94,1	Z
შემოსავალი	617x4 x10 <sup>6</sup>	100	ხარჯი
M <sup>3</sup>	% შემოსავლიდან	დანამატი ან აუზის მართვის დარჩენილი ერთეული	
5	6	7	8
-	-	M <sup>3</sup>	%
17x8 x10 <sup>6</sup>	2,9		
17x8 x10 <sup>6</sup>	2,9		
		599,6.106	97,1

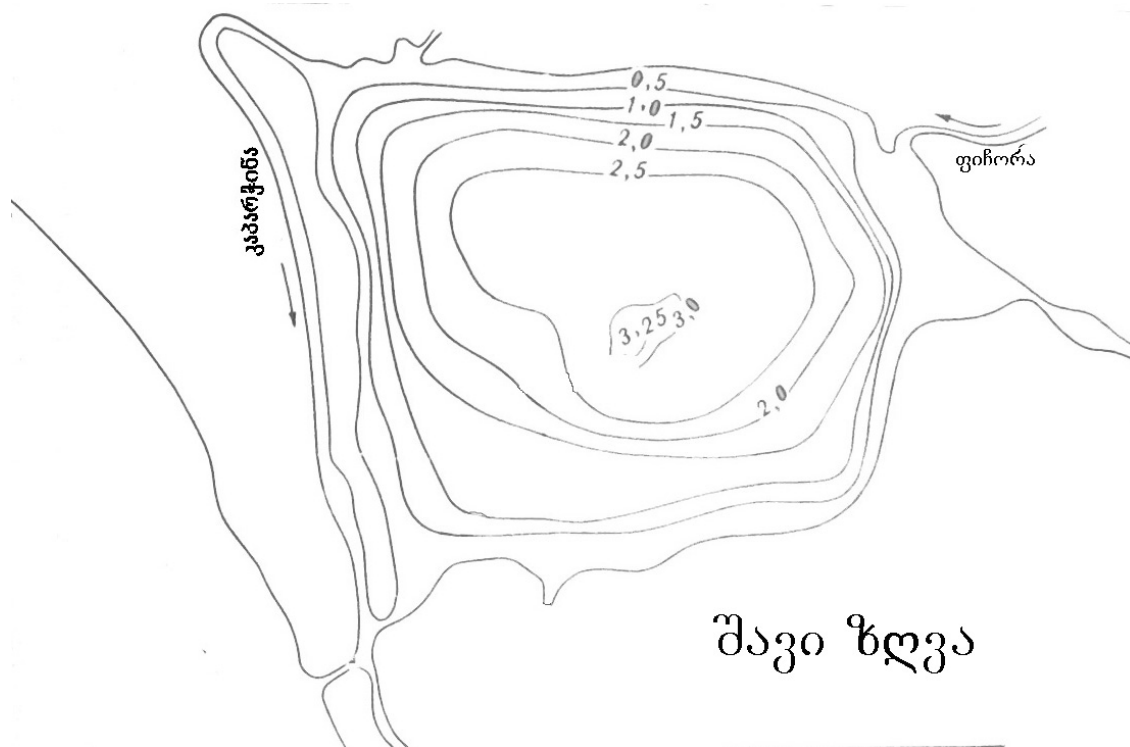
Y- საერთო (შეჯამებული) წყლის შემოსავალი ტბის წყალშემკრებიდან;

X-თბის ზედაპირზე ჩადინებული ნალექების რაოდენობა;

Y<sub>1</sub> - ნიაღვრები;

Z-ტბის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობა.





ნახაზი 2. პალიასტომის ტბის ბათიმეტრია [55]

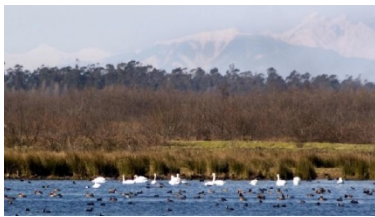
პალიასტომის ტბა შედის კოლხეთის ეროვნული პარკის შემადგენლობაში რომლის საერთო ფართობი არის 44599,8 ჰექტარი. აქედან ხმელეთის ფართობია 29323, 8 ჰექტარი, ხოლო ზღვის აკვატორიისა – 15276 ჰექტარი.

კოლხეთის ეროვნული პარკი იყოფა შემდეგ უბნებად: ა) ზღვის აკვატორიის უბანი; ბ) ანაკლია-ჭურჩის უბანი; გ) ნაბადას უბანი; დ) იმნათის უბანი [33].

პალიასტომის ტბა გამოყოფილია ზღვიდან 300-400 მეტრი სიგანის 2 მ სიმაღლის წყალგამყოფი ქვიშაყრილით. ტბა განიცდის ნალექების ინტენსიურ ზრდას და ვეგეტაციას.

კოლხეთის ეროვნული პარკი, პალიასტომის ტბასთან ერთად, აღიარებულია საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიად [34, 35, 56].

კოლხეთის ეროვნულ პარკში და მის მიმდებარედ აღწერილია 300 სახეობის, ხოლო ჯავახეთის ზეგანზე - 91 სახეობის ფრინველი რომელთაგან ნახევარი მიგრირებად სახეობებს წარმოადგენენ. მათ დასასვენებელ და დასაზამთრებელ ადგილს წარმოადგენს კოლხეთის დაბლობი შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და პალიასტომის ტბისა და ჯავახეთის ზეგნის ტბების სისტემის ჩათვლით. სავარაუდოა, რომ მიგრაციის დროს ამ მიდამოებში 100-ზე მეტი სახეობის ფრინველი მოფრინავს. მრავალი მიგრირებადი სახეობა შეტანილია მიგრირებადი სახეობების დაცვის კონვენციის (CMS - ბონის კონვენცია) I და II დანართში და აფრო-ევრაზიული მიგრირებადი წყლის ფრინველების დაცვის (AEWA) შეთანხმებაში [36, 37].



ა



ბ



გ

### სურათი 1. პალიასტომის ტბის ფრინველები

კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორია, უხერხემლოთა გავრცელების თვალსაზრისით, შეიძლება პირობითად სამ ჯგუფად დაიყოს: (1) სანაპირო ზოლი, სადაც მრავლადაა დეტრიტოფაგები (*Olygochaeta*, Crustacea); (2) წყლის ხაზს შედარებით დაშორებული ზოლი (10-20 მ-ით და მეტით), სადაც ბინადრობს დეტრიტოფაგების (*Talitridae*, Amphypoda) ოჯახიდან და მტაცებელი ხოჭოები "*Cicindellidae*"-ს ოჯახიდან; (3) უფრო ღრმად, ქვიშებში გვხვდება "*Ophelia bicornis*" (Polichaeta), "*Orchestia bottae*" (Polichaeta) და "*Donacilla cornea*". საკვლევ ტერიტორიაზე სავარაუდოა უხერხემლო ცხოველთა შემდეგი ჯგუფების არსებობა: ნემატოდები (Nematodes), წურბელები (Hirudinea), მოლუსკები (Mollusca), კიბოსნაირები (Crustacea), ობობასნაირები (Arachnoidea), მორიელები (Scorpionidea) და ორფრთიანები (Diptera) [38].



სურათი 2 პალიასტომის ტბის ფოტოები

- ა) პალიასტომის ტბის აეროფოტო
- ბ) რუხი ყანჩა
- გ) პალიასტომის ტბა

პალიასტომის ტბა ითვლებოდა ერთ-ერთ უდიდეს წყალსატევად თევზის რესურსებისათვის. ის ასევე ითვლებოდა მაღალპროდუქტიულ აუზად ბუნებრივი საკვების რესურსებისათვის. თუმცა ეკოლოგიურმა ფაქტორებმა განაპირობა ტბის გამლაშება, რამაც გამოიწვია ზეგავლენა ტბის სახეობათა შემადგენლობაზე. 1940 წელს თევზების სახეობათა რაოდენობა შეადგენდა 40-ს. თუმცა, მათი რაოდენობა შემცირდა 24-მდე ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეცვლის შემდეგ, რაც გამოწვეული იყო მარილიანობის გაზრდით. მიუხედავად ამისა ფიტოპლანქტონის ოდენობის ზრდის დინამიკა მერყეობს სეზონიდან სეზონამდე და აღინიშნება მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონის ცვლილება ზღვის ფიტოპლანქტონზე.

დაფიქსირებულ სახეობათა შორისაა არა მარტო ადგილობრივად მოხუდარი, არამედ გადამფრენი ფრინველებიც. ტორფისა და ჭილის ჭაობებში გადაფრენის დროს, გვხვდება რუხი წერო (*Grus grus*). აქ ისვენებენ და ბუდობენ მშრალ ნაკვეთებზე ღალღა (*Crex crex*) და ჩვეულებრივი მწყერი (*Coturnix coturnix*). აქვე ჭაობებში იკვებება ზოგიერთი მტაცებელი ფრინველი, კერძოდ ჭაობის ბოლობეჭედა (*Circus aeruginosus*) [38].

2010 წლის შემოდგომაზე (9/10/2010) ჩატარებული ფრინველთა აღწერის შედეგად დაფიქსირდა 1,114 ფრინველი, 18 სახეობა, მათ შორის

”*Phalacrocorax carbo*”-დიდი ჩვამა (522), ” *Anas platyrhynchos*” (172), ”*Sterna hirundo*”-ჩვეულებრივი იხვი (115), ”*Anas crecca*”-ჭიკვარა (66), ”*Larus michahellis*”- ხმელთაშუა ზღვის თოლია (64) და სხვა [39].

ფრინველებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ზღვის სანაპირო ზოლს. მდ. რიონის შესართავი განლაგებულია გადამფრენი ფრინველების სამიგრაციო გზებზე ევროპიდან და რუსეთიდან გადმოფრენილი სახეობებისათვის. მდ. რიონის დელტიდან სოფ. ყულევის მონაკვეთამდე თებერვლის თვეში ყოველდღიურად ცურავს 10 ათასამდე ეგზემპლარი სხვა და სხვა იხვისნაირი და რამდენიმე ასეული ბატისნაირი [40].

პალიასტომის ტბაზე დაფიქსირებულია წყლის ბინადარ ფრინველთა სხვადასხვა სახეობები: დიდი მურტალა (*Podiceps cristatus*), რუხლოყება კოკონა (*Podiceps grisegena*), მცირე მურტალა (*Tachybaptus ruficollis*) [41].



სურათი 3. პალიასტომის ტბის ფრინველები

- ა) წითელთავა ყვინთია (*Aythya ferina*)
- ბ) მცირე თეთრი ყანჯა (*Egretta garzetta*)
- გ) ალკუნა (*Alcedo atthis*)

კოლხეთის ეროვნული პარკის თანამშრომლების ცნობით, კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორიაზე, პალიასტომის, მდ. თხორინას, გურინკასა და მალთაყვას შორის განლაგებულ ტერიტორიაზე ბინადრობს 50-200 შველი, 20-30 გარეული ღორი, 6-7 წავი. პალიასტომის, დიდ და პატარა ნარიონალის,

დიდი შემკრები არხების პირას მტაცებლებიდან და ჩლიქოსნებიდან დაფიქსირებულია ტურა (*Canis aureus*), მელა (*Vulpes vulpes*), წავი (*Lutra lutra*), მაჩვი (*Meles meles*), დედოფალა (*Mustela nivalis*), შველი (*Capreolus capreolus*) ასევე მღრღნელი ნუტრია (*Myocator coypus*) [42, 43].

პალიასტომის ტბაში ჩაედინება მდინარე ფიჩორი . მისი სიგრძე 57 კმ, აუზის ფართობი 406 კვ.კმ. სათავე აქვს გურიის სერის ჩრდილოეთ კალთაზე, ზღვის დონიდან 245 მ სიმაღლეზე. საზრდოობს ძირითადად წვიმის წყლით, უმნიშვნელოდ – მიწისქვეშა და თოვლის წყლით. ახასიათებს წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნები, საშუალო წლიური ხარჯია 8,2 მ<sup>3</sup>/წმ [28].

მდ. მალთაყვა პალიასტომის ტბას აკავშირებს ზღვასთან. მისი სიგრძე 1.5 კმ-ს შეადგენს, თუმცა საკმაოდ განიერია (200 მ-დან 300 მ-მდე) და მდორე დინება აქვს. ეს სწორედ ის არხია, რომელიც აიგო პალიასტომის ტბისა და ზღვის დასაკავშირებლად 1924 წელს [43].

ამგვარად, ტბა საერთაშორისო მნიშვნელობის, მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტია და საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს.

ლიტერატურული მონაცემებით 1924 წლამდე ტბა მტკნარ წყალსატევად ითვლებოდა. პალიასტომის ტბის არსებული ძირითადი ჰიდროქიმიური კვლევის მონაცემების საფუძველზე ტბის წყლის pH = 7.64 - 7.90, გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა ტოლია 5.2 მგ/ლ, მინერალიზაცია შეადგენს 4973.0 - მგ/ლ, ხოლო სიმღვრივე - 4.91 FTU, რომელიც გათვლილია SiO<sub>2</sub>-ის შემცველობის მიხედვით (0.64. მგ/ლ) (ცხრილი-2), [44].

მეორე ცხრილიდან გამომდინარე 2008 წლის აგვისტოში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა (5.2 მგ/ლ, გაჯერება - 62%), არის საკმაოდ დაბალი, რაც ევტროფიკაციაზე მიუთითებს. გაზომვები ჩატარებული იყო ნაპირთან ახლოს, ამიტომ ჰიპოქსია შესაძლებელია აიხსნას წყლის შენელებული მიმოცვლით ტბის ღია ნაწილებისაგან განსხვავებით. მომდევნო წლების შედეგების მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა შედარებით

მაღალია და ტოლია 9 მგ/ლ-ის, ხოლო გაჯერება 113 და 115 %-ს შეადგენს, რაც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ბიომასის ვეგეტაციის შედეგად ფოტოსინთეზით.

**ცხრილი 2. პალიასტომის ტბის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები [44]**

რეგისტრაციის №	RW-08-13	RW-09-13	RW-10-13
ტემპერატურა, t <sup>o</sup> C	24.6	27.5	27.2
pH	7.64	7.90	7.70
გახსნილი O <sub>2</sub> , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	5.2 (62)	9.0 (113)	9.2 (115)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	8.75	12.65	8.10
მინერალიზაცია, მგ/ლ	4973.0	7314.3	4900.5
სიმღვრივე, FTU	4.91	0.7	5.3
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO <sub>2</sub>	0.64	0.09	0.7
ნიმუშის აღების თარიღი	05.08.2008	11.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	17:40	11:30	15:00

ძირითადი იონების ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, წყალი ნატრიუმთან-ქლორიდული ტიპისაა (ცხრილი 3), [44].

**ცხრილი 3. ძირითადი იონების შემცველობა პალიასტომის ტბის წყალში, მგ/ლ**

რეგისტრ. №	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σi
RW-08-13	123.2	2698	80	162	1500	67.5	336	4967
RW-09-13	186.7	4408	120	288	2200	88.0	240	7530
RW-10-13	119.5	2623	78	189	1507	55.0	328	4900

პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექები წარმოდგენილია შავი ფერის ძალიან წმინდა ლამებით და „მგლესავი ჰუმუსით“ არის გამდიდრებული, რომელიც ალბათ დიდი რაოდენობით ორგანული მასის წყლის ქვეშ ნაწილობრივი მინერალიზების შედეგითაა გამოწვეული. ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგების მიხედვით ელემენტების შემცველობა კოლხეთის დაბლობის ადგილობრივ ფონს შეესაბამება (ცხრილი 4).

პალიასტომის ტბის წყალში განისაზღვრა. აგრეთვე ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა, რომლის მნიშვნელობა მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე - 0.04 მგ/ლ-ზე ნაკლებია, ხოლო ფსკერულ ნალექებში დაფიქსირდა მცირე რაოდენობით - 7.0 მგ/კგ [44].

**ცხრილი 4. ლითონების შემცველობა პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში**

რეგისტრ. №	Fe, %	Mn, %	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Al, %	Co, %
RW-09-13	4.70	0.105	65	70	165	9.8	84.0	6.99	3.64
RW-10-13	5.45	0.088	70	20	82.5	5.0	231.5	-	-

მე-5 ცხრილის მონაცემების მიხედვით მდინარე მალთაყვას წყლის ტემპერატურა სავსე სამუშაოების პერიოდში 25°C-ს აღემატებოდა, იგი ხასიათდება მცირე სიმღვრივით [44].

**ცხრილი 5. მდ. მალთაყვას ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები [44]**

რეგისტრაციის №	RW-08-5	RW-09-5	RW-10-5
ტემპერატურა, t°C	25.5	27.8	27.0
pH	8.49	7.7	8.38
გახსნილი O <sub>2</sub> , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	11.0 (133)	9.0 (114)	9.6 (120)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	8.53	14.13	7.70
მინერალიზაცია, მგ/ლ	4940.0	8734.1	4172.0
სიმღვრივე, FTU	10.27	11.6	46.9
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO <sub>2</sub>	1.34	1.5	6.10
შეტენარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	3.5	8.69	-
ნიმუშის აღების თარიღი	05.08.2008	11.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	17:40	12:20	14:20

პალიასტომის ტბისა და მდ. მალთაყვას ჰიდროქიმიურ მახასიათებლების შედარებიდან გამომდინარე (ცხრილი 2-6) ორივე წყალსაცავი მსგავსია ძირითადი იონების შემცველობის მიხედვით. ტბის წყლის სიმღვრივე

მდინარის სიმღვრივესთან შედარებით დაბალია, ასევე ჟანგბადის შემცველობაც განსხვავებულია. 2008 წლის აგვისტოში აღინიშნა გახსნილი ჟანგბადის ანომალურად მაღალი შემცველობა - 11.0 მგ/ლ, გაჯერება 133 %, რაც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს წყალმცენარეების ინტენსიური განვითარებით და ფოტოსინთეზის შედეგად გამოყოფილი ჟანგბადით. ხოლო 2009 წლის ივნისში და 2010 წლის სექტემბერში აღინიშნა მკვეთრად მაღალი მარილიანობა, რომლის ფონზე გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია - 9.0 და 9.6 მგ/ლ, ს. აქედან გამომდინარე, მდ. მალთაყვასზე, ისევე როგორც პალიასტომის ტბაზე შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ევტროფიკაციის განვითარებას [44].

**ცხრილი 6. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. მალთაყვას წყალში, მგ/ლ [ 44].**

რეგისტრ. №	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σi
RW-08-5	151.3	2769	72	170.4	1500	60	216	4939
RW-09-5	181.8	4821	132	326.4	2640	105	528	8734
RW-10-5	141.5	2368	74	170.4	1067	55	296	4172

გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ ჩატარებულია 2015-2016 წლებში მდინარე მალთაყვას, პალიასტომის ტბის შესართავთან ჰიდროქიმიური ანალიზი (ცხრილი7). ჩატარებული კვლევების მიხედვით წყლის მინერალიზაცია 2015 წლის აგვისტოსა და ნოემბრის თვეში არ აღმატებოდა 1000 მგ/ლ-ს (შესაბამისად 689,3 მგ/ლ და 481,7 მგ/ლ), ხოლო 2015 წლის თებერვალში, (4298 მგ/ლ), ბევრად აღმატებოდა 1000მგ/ლ-ს, რაც ძირითადად განპირობებული იყო ქლორიდების მაღალი შემადგენლობით, აგრეთვე მაგნიუმის მომატებული შემცველობით.



**ცხრილი 7. მდინარე მალთაყვას ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები**

განსასაზღვრავი ინგრედიენტები		მალთაყვა - პალიასტომის შესართავი ზღვასთან, ფოთი						
		2015			2016			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
სინჯის ალების	თვე, რიცხვი	02.26	08.27	19.11	02.18	05.16	08.19	11.22
ცხრილი 7. (გაგრძელება)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
დრო	საათი, წუთი	14.10	11.05	13.30	14.05	18.45	16.05	12:30
სიღრმე, მ		05	05	05	05	05	05	05
ტემპერატურა, °C		14.2	24.2	9.2	12.0	18.4	28.8	7,2
სიხისტე, მგ.ექვ/ლ		15.83	5.18	4.03	62.0	47.50		8,44
ელ.გამტარობა, $\mu\text{sms/cm}$		593.0	2460.0	1791.0	2040.0	26500.0	5310.0	3190,0
გამჭირვალობა, სმ		3	2	2	-	3	10	2
შეწონილი ნაწილაკები, მგ/ლ		11.6	20.8	165.6	13.6	25.6	12.8	319,6
pH		8.29	7.38	7.96	8.50	8.41	8.26	7,80
კარბონატი, მგ/ლ		1.88	-	-	3.3	3.83	1.65	-
ნახშირორჟანგი, მგ/ლ		-	2.38	0.66	-	-	-	0,35
გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ		11.13	5.39	9.82	10.51	9.45	9.52	12,10
ჟანგბადის გაჯერების ხარისხი, %		111	64	85	105	101	124	99
ჟმმჰ, მგ/ლ		2.87	2.74	2.91	1.32	1.41	4.10	2,45
ნიტრიტი, მგN/ლ		0.009	0.047	0.021	0.005	0.000	0.003	0,000
ნიტრატი, მგN/ლ		0.053	1.004	0.726	0.192	0.000	0.000	0,287
ამონიუმბი, მგN/ლ		0.107	0.182	0.062	0.013	0.026	0.021	0,467
მინერალური აზოტების ჯამი, მგN/ლ		0.169	1.233	0.809	0.210	0.026	0.024	0,754
ფოსფატი, მგ/ლ		0.034	0.088	0.010	0.006	0.007	0.008	0,013
სულფატი, მგ/ლ		-	186.0	20.0	4.4	240.0	101.5	57,0
ქლორიდი, მგ/ლ		982.2	347.4	287.2	3371.3	4292.9	756.6	855,3
ჰიდროკარბონატი, მგ/ლ		151.3	80.5	107.0	125.5	202.5	140.3	147,6
კალიუმი, მგ/ლ		359.1	245.6	157.3	879.2	2047.6		482,7
ნატრიუმი, მგ/ლ								

(ცხრილი 7 გაგრძელება)							
კალციუმი, მგ/ლ	60.4	26.9	36.8	108.2	190.4		33,1
მაგნიუმი, მგ/ლ	155.7	46.7	26.7	688.9	461.7		82,5
მინერალიზაცია, მგ/ლ	1350.0	689.3	481.7	4298.5	5387.6		1176,8
სილიციუმმჟავა, მგ/ლ	7.3	10.1	8.3	4.5	0.0	4.5	
რკინა, მგ/ლ	0.27	0.28	0.76		0.13		

ქანგბადის გაჯერების ხარისხი შეადგენს 64-124%-ს. სიხისტე 2015 წლის მონაცემებით 4,03-15,83 მგ-ექვ/ლ, ხოლო 2016 წლის მონაცემებით კი 8,44-62მგ-ექვ/ლ. რაც წყლის კვალიფიკაციის მიხედვით სიხისტის მაჩვენებლის მონაცემებით მიეკუთვნება შესაბამისად ხისტიდან ძალიან ხისტს (ცხრილი 7).

ტბა, როგორც საყოფაცხოვრებო და ბიომრავალფეროვნების დაცვის ობიექტი, მნიშვნელოვანია განსაკუთრებით მოწყვლადი ჰაბიტატით. ყოველი სეზონური მიგრირებისას მნიშვნელოვნად იცვლება ტბის ბაქტერიული ფლორა, რამაც შესაძლოა შექმნას პათოგენური ბაქტერიული ფონის გაზრდა. ზოონოზები ცხოველთა ინფექციური დაავადებებია, რომლებიც გადამდებია ადამიანებისათვის. ინფექციური აგენტები შეიძლება იყონ უმარტივესნი, სოკოვანი, ბაქტერიული ქლამიდიალური ან ვირუსული. ამ სხვადასხვა მიკრობული ინფექციების ინდივიდუალური მგრძობელობა იცვლება ასაკისა და ჯანმრთელობის მდგომარეობის მიხედვით [45-50].

მიკროორგანიზმის უნარი დაავადოს ადამიანი მერყეობს ადამიანის ორგანიზმის ვირულენტურობასთან მიმართებაში, პიროვნებაზე ზემოქმედების დოზით, ასევე ინფექციის წარმომავლობით. ქლამიდიოზი, სალმონელოზი, არიზონოსი, კოლიბაცილოზი, არის ყველაზე გავრცელებული დაავადებები. ქლამიდიოზი, სალმონელოზი, არიზონოსი, კოლიბაცილოზი, ენცეფალიტი, და ფრინველების ტუბერკულოზი სიცოცხლისათვის პოტენციური რისკის შესაძლო მატარებლები არიან [43-49].

ბაქტერიული დაბინძურება შესაძლოა გამოწვეული იყოს, აგრეთვე ტბაზე მიგრირებადი ფრინველთა სახეობების მიერაც. გადამფრენ გარეულ ფრინველთა ხშირი დაცემა გამოწვეულია სხვადასხვა სახის ბაქტერიული დაავადებებით, რომლებიც საგრძნობლად გაიზარდა ბოლო ათწლეულების განმავლობაში. ჯანმრთელობისთვის დიდი რისკის გამომწვევია ისეთი დაავადებები, როგორცაა: ფრივნველთა ქოლერა, სალმონელოზი, ფრინველთა ბოტულიზმი, ფრინველთა ტუბერკულოზი, ფრინველთა გრიპი და სხვა [45-51].

ბაქტერიული დაავადებებით გამოწვეული დაცემა გარეულ ფრინველთა ვირუსულ დაავადებებთან შედარებით უფრო მაღალია. ინფექციასთან ერთად ზოგიერთი ბაქტერიების მიერ გამოწვეულ დაავადებას თან ახლავს მათ მიერ წარმოქმნილ პოტენციურ ტოქსინთა ზემოქმედება. ციანობაქტერია შედის ფოტოაუტოტროფულ ბაქტერიათა ჯგუფში. იგი ფართოდ ვრცელდება წყალსა და ხმელეთზე. ციანობაქტერიის რამოდენიმე წყლის მზარდი სახეობა იწვევს მეორად ტოქსიკურ მეტაბოლიტებს, რაც სახიფათოა ადამიანებისა და ცხოველებისათვის [45, 46].

წყლისმიერი დაავადებები (მაგ. დიარეა, გასტროინტესტინალური დაავადებები), რომელიც გამოწვეულია სხვა და სხვა ბაქტერიებით იწვევენ ეპიდემიებს [45-51].

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) მონაცემებით ყოველწლიურად 3.4 მილიონი ადამიანი, უმეტესად ბავშვი, იღუპება წყლისმიერი დაავადებებით [39].

წყალსატევების წყლისმიერი პათოგენებით დაბინძურება და მათ მიერ გამოწვეული დაავადებები დღევანდელი მსოფლიოს მნიშვნელოვანი პრობლემაა. "გაერო" აღიარებს წყლის ხარისხის გაუმჯობესებას, როგორც საუკუნის მდგრადი განვითარების ერთ-ერთ მთავარ მიზანს.

ცხოველთა სალმონელოზით დაავადება ევროპაში ცნობილია უკვე 18-საუკუნის ბოლოდან, თუმცა პირველი პათოგენური აგენტი, მიკრობთა ამ ფართო ჯგუფიდან *S. suipertifer* (მოგვიანებით *S. cholerae suis*-ით სახელდებული) გამოყო სალიმონმა და სმიტმა 1885 წელს ღორების გვამიდან. აღნიშნული ფაქტიდან გამომდინარე საერთაშორისო მიკრობიოლოგიური საზოგადოების გადაწყვეტილებით, 1934 წელს ამ ჯგუფის ბაქტერიებს დაერქვათ სალმონელები, ხოლო მათ მიერ გამოწვეულ ინფექციებს სალმონელოზი [47, 48].

ლიტერატურული მონაცემებით ვეტერინარულ პრაქტიკაში სალმონელოზური ინფექციების პროფილაქტიკისათვის იყენებენ ვაქცინაციას, ნაწილობრივ ანტიბაქტერიულ საშუალებებსაც (ანტიბიოტიკები, ანტიმიკრობული ქიმიოთერაპიული პრეპარატები), რომელთაც ძირითადად დაავადებულ ცხოველთა თერაპიულ საშუალებებად ხმარობენ. ათწლეულების განმავლობაში ანტიბიოტიკების და ანტიმიკრობული ქიმიოპრეპარატების არარაციონალურმა შეუზღუდავმა გამოყენებამ ვეტერინარულ პრაქტიკაში, გამოიწვია პათოგენური მიკრობების რეზისტენტული ფორმების სელექცია, რამაც მკვეთრად შეამცირა ამ პრეპარატების თერაპიული ეფექტი [46-51].

ამდენად, სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ისეთი უვნებელი საშუალებების შექმნა სალმონელოზური ინფექციების წინააღმდეგ, როგორცაა ბაქტერიოფაგის პრეპარატი. მათი გამოყენების პრაქტიკულობას განსაზღვრავს: მაღალი სპეციფიურობა; მიზანმიმართული მოქმედებასა და ბაქტერიის სხვა ანტიმიკრობული პრეპარატისადმი მდგრადობას შორის კორელაციის არ არსებობა; სპეციპიური ბაქტერიოფაგით მკურნალობისა და პროფილაქტიკის შემდეგ სხვა ანტიბიოტიკებთან და ანტიმიკრობულ ქიმიოპრეპარატებთან შედარებით ბაქტერიომატარებლობის შედარებით დაბალი ხვედრითი წილი [52].

ლიტერატურული მონაცემებით ბაქტერიოფაგების პრეპარატები წარმატებით არის გამოყენებული მეფრინველეობაში; მესაქონლეობაში, ასევე ძაღლებში სტაფილოკოკური დერმატიტების სამკურნალოდ. მეფრინველეობაში ფაგით წიწილების (20 000) აეროზოლით და პერორალური გზით დამუშავებისას დაცემამ შეადგინა: საცდელ ჯგუფში 1.04%, საკონტროლო ჯგუფში 2.34%. ცხოველების მწვავე კუჭ-ნაწლავის დაავადების დროს კომბინირებული ბიობაქტერიოფაგით მკურნალობის შედეგად; მკურნალობის მესამე დღე ხბოებში ნივთიერებათა ცვლის ფიზიოლოგიური დონე აღდგა, წონაში სტაბილური მატება 20 დღესა და უფრო დიდხანს გრძელდებოდა, გადარჩენამ შეადგინა 90% [52].

სამეცნიერო ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით წყლის რესურსების ათვისებისა და რაციონალური გამოყენებისათვის თერმული პროცესების შესწავლა შესაძლებელია განხორციელდეს რიცხვითი მოდელების მიხედვით. ოკეანეში მიმდინარე დიდმასშტაბიანი პროცესებისაგან განსხვავებით ტბაში მიმდინარე პროცესები არაწრფივობით გამოირჩევა. ამიტომ პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისათვის ხდება სრული მოდელების გამარტივება- სამგანზომილებიანი ამოცანების დაყვანა ორგანზომილებიან ან ერთგანზომილებიან ამოცანამდე [70-76].

ლიტერატურული წყაროებიდან პალიასტომის ტბის მაგალითზე განხორციელებულია პროექტები: 1. Visual C++ ენაზე, NET Framework; 2. Visual C++ ენაზე, NET Framework გარემოში. ამ პროექტებში განხილულია რიცხვითი მოდელები მცირე სიღრმის წყალსაცავებისათვის წყლის დინამიკური მახასიათებლების მიხედვით. მხოლოდ მე-2 პროექტში რიცხვითი მოდელირება დამუშავებულია ატმოსფერული ქარის ზემოქმედების გათვალისწინებით [72, 76].

## 2. კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

რამსარის კონვენციის თანახმად ჭარბტენიანი ტერიტორიების ფუნდამენტური ეკოლოგიური ფუნქციები წარმოადგენენ წყლის რეჟიმის მარეგულირებლებს და დამახასიათებელი ფლორისა და ფაუნის, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა არსებობის უზრუნველყოფის საბინადრო ადგილებს. ჭარბტენიანი ტერიტორიები წარმოადგენენ დიდი ეკონომიკური, კულტურული, მეცნიერული და რეკრეაციული მნიშვნელობის რესურსს, რომლის დაკარგვას გამოუსწორებელი შედეგები მოყვება.

1996 წლიდან რამსარის კონვენციასთან საქართველოს მიერთების შემდეგ რამსარის კონვენციის ობიექტად გამოცხადდა კოლხეთის დაბლობის წყალჭარბი სავარგულები, რომელსაც აგრეთვე მიეკუთვნება: ფიჩორა-პალიასტომის ჭაობები, პალიასტომის ტბა და შავი ზღვის აკვატორია. ამიტომ კონვენციის ხელმომწერი მხარეები ვალდებული არიან უზრუნველყონ წყალჭარბი ტერიტორიების დაცვა [29].

სასმელი და წყალსაცავების წყლის რესურსების უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან ერთად საქართველოს მიერ აღებული რიგი საერთაშორისო ვალდებულებები მოითხოვენ ბიომრავალფეროვნების, ჰაბიტატ-ტების დაცვას და მათზე ზრუნვას, რასაც მოითხოვს კონვენცია საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ [29].

საქართველოს კანონის “წყლის შესახებ” მიხედვით ერთიანი სახელმწიფოს პოლიტიკაა წყლის ობიექტების დაცვა და მისი რესურსების რაციონალური გამოყენება, როგორც დღევანდელი ასევე მომავალი თაობებისათვის, მოსახლეობის მოთხოვნილების შესაბამისად სუფთა სასმელი წყლით დაკმაყოფილება [21].

ფიზიკურ - გეოგრაფიული მდებარეობის, ჰიდროგრაფიული მახასიათებლების სამეცნიერო, აგრეთვე ეკონომიკური მნიშვნელობის მიხედვით შესაძლებელია გამოიყოს წყლის ობიექტების შემდეგი ჯგუფები:

- ა) განსაკუთრებული სახელმწიფო მნიშვნელობის;
- ბ) სახელმწიფო მნიშვნელობის;
- გ) ადგილობრივი მნიშვნელობის.

საქართველოს კანონი “წყლის შესახებ” არეგულირებს წყლის დაცვას გაბინძურებისა და დანაგვიანებისაგან, დაშრეტისაგან და გეგმავს დაცვით პრევენციულ ღონისძიებებს, დაცულ ტერიტორიულ სისტემაში შემავალი წყალსაცავების დაცვა [21].

ჩვენი სამუშაოს კვლევის ობიექტია პალიასტომის გამდინარე ტბა, რომელიც მდებარეობს კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორიაზე, ოდიშგურიის დაბლობზე, ფოთთან, სამეგრელო-ზემო სვანეთის მხარეში.

კოლხეთის ეროვნული პარკი შედის რამსარის კონვენციის დაცული ტერიტორიების სპეციალურ საერთაშორისო სიაში. მის ტერიტორიაზე 194 სახეობის ფრინველი ბინადრობს, აქ ასევე უამრავი ფრინველის ყოველწლიური მიგრაციის მარშრუტი გადის. შემოდგომაზე - ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ, გაზაფხულზე - თბილი ქვეყნებიდან თავიანთი ბუდობის ადგილებისკენ, ხოლო ზოგიერთი სახეობისთვის კოლხეთი გამოსაზამთრებელ ადგილს წარმოადგენს. ობიექტი განსაკუთრებით მოწყვლადი ჰაბიტატით ხასიათდება, სადაც ყოველი სეზონური მიგრირებისას მნიშვნელოვნად იცვლება ტბის ბაქტერიული ფლორა, რაც შესაძლებელს ქმნის პათოგენური ბაქტერიული ფონის გაზრდას [29, 57].

ამგარდა პალიასტომის ტბა წარმოადგენს საერთაშორისო მნიშვნელობის მქონე დაცულ ტერიტორიას. ამასთანავე, ის წარმოადგენს მნიშვნელოვან ტურისტული და სარეკრეაციო ობიექტს, რომლის რესურსებით სარგებლობს ასევე ადგილობრივი მოსახლეობა [60].

ვინაიდან, ტბა საერთაშორისო მნიშვნელობის, მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტია, ამიტომ საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს, როგორც სამრეწველო, საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ზემოქმედების, ასევე ბიომრავალფეროვნების დაცვის მხრივ.

წყლის რესურსების ეფექტური დაცვა და მისი რაციონალური გამოყენება წარმოადგენს გლობალურ პრობლემას. დღეისათვის საქართველოს ჰიდროსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას აქვს რეგიონალური ხასიათი. გაჭუჭყიანების მთავარ მიზეზს წარმოადგენს ანთროპოგენური წყაროები. ზედაპირული წყლების ქიმიური შემადგენლობა დამოკიდებულია მრავალ ურთიერთდამოკიდებულ ფაქტორებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ მათ ხარისხსა და პრაქტიკულ გამოყენებას [60, 61].

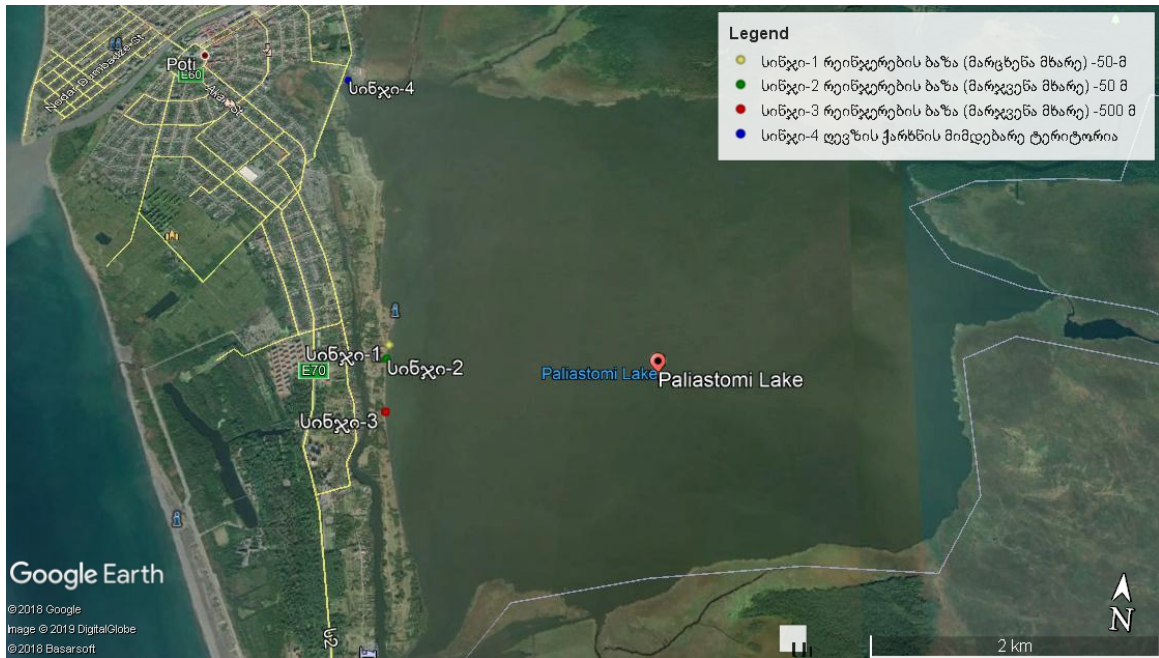
## 2.1. პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები

პალიასტომის ტბის ჰიდროქიმიური ანალიზის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია. ლიტერატურული მონაცემებით 1924 წლამდე პალიასტომის ტბა წარმოადგენდა მტკნარ წყალსატევს, ატმოსფერული ნალექებით კვების რეჟიმით, მტკნარი წყლის მიკრო- და მაკროფაუნითა და ფლორით. არხის გაყვანის შემდეგ, შტორმული ზემოქმედების შედეგად მოხდა მისი გაფართოვება და ამჟამად ზღვის წყალი თითქმის დაუბრკოლებლად აღწევს ტბაში [60,61].

ჩვენს მიერ 2017 წლის 14-15 მაისს მოეწყო იყო ექსპედიცია პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ნალექების ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად. საანალიზო სინჯების ასაღებად. შერჩეული იქნა 4 წერტილი: კუნძულ კოლინზარის მიმდებარე პალიასტომის ტბაზე: 1. რეინჯერების ბაზა - 1. რეინჯერთა ბაზიდან ხელმარცხნივ დაცილებით 100 მეტრზე; 2. რეინჯერების ბაზა - 2, რეინჯერთა



ბაზიდან ხელმარჯვნივ დაცილებით 100 მეტრზე, რეინჯერების ბაზა - 3, რეინჯერთა ბაზიდან ხელმარჯვნივ დაცილებით 500 მ-ზე, 4. თევზის გადამამუშავებელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ქარხნიდან გამომავალი არხის სათავიდან 150 მ მანძილზე (რუკა -1) [62].



**რუკა 1. პალიასტომის ტბაში ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ანალიზისათვის აღებული სინჯების წერტილები (2017 წლის 15 მაისი)**

კოორდინატები: სინჯი1. (42°7'2.08"N 41°42'11.63"E);  
 სინჯი2; (42° 6'58.15"N 41°42'11.79"E)  
 სინჯი 3. (42° 6'43.81"N 41°42'14.99"E);  
 სინჯი 4. (42° 8'26.14"N 41°41'34.76"E)

პალიასტომის ტბის წყლის და ფსკერული ნალექების სინჯის აღება, დაკონსერვება, შენახვა და ტრანსპორტირება ხდებოდა ISO სტანდარტული მეთოდის მიხედვით [58,59,61]. წყლის ორგანოლექტიკური, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების, აგრეთვე ფსკერული ნალექების ქიმიური მაჩვენებლები განისაზღვრა საველე პორტატული აპარატურითა და სტაციონარულ ლაბორატორიაში ISO და USEPA სტანდარტული მეთოდის მიხედვით (ცხრილი 8-11) [58,59].

**ცხრილი 8. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები  
(რეინჯერების ბაზა -1)**

<b>წყლის ქიმიური ანალიზი (რეინჯერების ბაზა 1)</b>							
წყლის სახეობა	ზედაპირული	ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.	მგ/ლ	მგ-ექვ			
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		24.564			
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტიანობა		N.D.			
რეგიონი	-	გახსნ. O <sub>2</sub>	7.800				
დებიტი(მ <sup>3</sup> /დღე)	-	თავ. CO <sub>2</sub>	-				
პასპორტი	-	ჟ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0				
ფერი	-	საერთო N	-				
სუნი	-	ორგ. C	-				
გემო	-	ჯამური SiO <sub>2</sub>	-				
სიმღვრივე (FTU)	150.00	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-				
pH	8.05	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-				
ტემპერატურა	-	H <sub>2</sub> S	-				
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5741.410	ნარჩენი Cl	-				
ელგამტარობა (სიმ/მ)	1.03350						
<b>კათიონები</b>							
<b>იონი</b>	<b>მგ/ლ</b>	<b>მგ-ექვ</b>	<b>მგ-ექვ%</b>	<b>ანიონები</b>			
NH <sub>4</sub>	N.D.	N.D.	N.D.	<b>იონი</b>	<b>მგ/ლ</b>	<b>მგ-ექვ</b>	<b>მგ-ექვ%</b>
Ca	114.000	5.7000	5.70	*Cl	3225.950	91.0000	90.30
-				-			
Mg	229.200	18.8642	18.85	-			
*Na	1694.000	73.9738	73.94	HCO <sub>3</sub>	176.900	2.9000	2.88
K	57.800	1.4821	1.48				
Fe	0.550	0.0295	0.03	CO <sub>3</sub>	N.D.	N.D.	N.D.
Cu	0.005	0.0002	0.00	SO <sub>4</sub>	330.000	6.8750	6.82
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	NO <sub>2</sub>	N.D.	N.D.	N.D.
Zn	0.005	0.0002	0.00	NO <sub>3</sub>	-	-	-
<b>ჯამი</b>	<b>2095.560</b>	<b>100.0499</b>	<b>100%</b>	<b>ჯამი</b>	<b>3732.850</b>	<b>100.7750</b>	<b>100%</b>
ტოქს.კომპ. მგ/ლ							
ტყვია ND							
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 5828.410							

**ცხრილი 9. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები  
(რეინჯერების ბაზა-2)**

წყლის სახეობა	ზედაპირული	ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.	მგ/ლ	მგ-ექვ			
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		25.363			
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტიანობა		N.D.			
რეგიონი	-	გახსნ. O <sub>2</sub>	7.300				
დებიტი(მ <sup>3</sup> /დღე)	-	თავ. CO <sub>2</sub>	-				
პასპორტი	-	ჟ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0				
ფერი	-	საერთო N	-				
სუნი	-	ორგ. C	-				
გემო	-	ჯამური SiO <sub>2</sub>	-				
სიმღვრივე (FTU)	160.00	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-				
pH	8.20	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-				
ტემპერატურა	-	H <sub>2</sub> S	-				
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5732.795	ნარჩენი Cl	-				
ელგამტარობა(სი მ/მ)	0.98670						
<b>კათიონები</b>				<b>ანიონები</b>			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH <sub>4</sub>	N.D.	N.D.	N.D.				
Ca	128.000	6.4000	6.36	*Cl	3275.580	92.4000	91.69
			18.84				
Mg	230.400	18.9630					
*Na	1692.000	73.8865	73.39	HCO <sub>3</sub>	180.560	2.9600	2.94
K	54.500	1.3974	1.39				
Fe	0.550	0.0295	0.03	CO <sub>3</sub>	N.D.	N.D.	N.D.
Cu	N.D.	N.D.	N.D.				
Mn	N.D.	N.D.	N.D.				
Zn	0.005	0.0002	0.00	SO <sub>4</sub>	260.000	5.4167	5.37
ჯამი	2105.455	100.6766	100%	ჯამი	3716.140	100.7767	100%
ტოქს.კომპ. მგ/ლ							
ტყვია ND							
სულ							
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძნობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 5821.595							

**ცხრილი 10. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები  
(რეინჯერების ბაზა-3)**

წყლის ქიმიური ანალიზი (რეინჯერების ბაზა 3) 29.05.2017							
წყლის სახეობა	ზედაპირ	ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.	მგ/ლ	მგ-ექვ			
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		25.753			
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტთანობა		0.100			
რეგიონი	-	გახსნ. O <sub>2</sub>	7.400				
დებიტი(მ <sup>3</sup> /დღე)	-	თავ. CO <sub>2</sub>	-				
პასპორტი	-	ჟ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0				
ფერი	-	საერთო N	-				
სუნი		ორგ. C	-				
გემო		ჯამური SiO <sub>2</sub>	-				
სიმღვრივე (FTU)	299.00	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-				
pH	8.30	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-				
ტემპერატურა	-	H <sub>2</sub> S	-				
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5935.190	ნარჩენი Cl	-				
ელგამტარობა(სიმ/მ)	1.03870						
<b>კათიონები</b>				<b>ანიონები</b>			
<b>იონი</b>	<b>მგ/ლ</b>	<b>მგ-ექვ</b>	<b>მგ-ექვ%</b>	<b>იონი</b>	<b>მგ/ლ</b>	<b>მგ-ექვ</b>	<b>მგ-ექვ%</b>
NH <sub>4</sub>	N.D.	N.D.	N.D.				
Ca	120.000	6.0000	5.90	*Cl	3410.290	96.2000	91.10
-	240.000	19.7531	19.42	-			
Mg	1705.000	74.4541	73.18	-			
*Na	N.D.	N.D.	N.D.	HCO <sub>3</sub>	167.140	2.7400	2.59
K	58.300	1.4949	1.47				
Fe	0.660	0.0355	0.03	CO <sub>3</sub>	6.000	0.2000	0.19
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	SO <sub>4</sub>	310.000	6.4583	6.12
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	NO <sub>2</sub>	N.D.	N.D.	N.D.

<b>(ცხრილი 10. გაგრძელება)</b>							
Zn	N.D.	N.D.	N.D.	NO <sub>3</sub>	-	-	-
<b>ჯამი</b>	2123.960	101.7376	100%	<b>ჯამი</b>	3893.430	105.5983	100%
ტოქს.კ ომპ.	მგ/ლ	მგ-ექვ					
ტყვია ND	N.D.	N.D.					
სულ	0.000	0.000					
<b>&lt;*&gt; - 20%-ზე-მეტი; &lt;N.D.&gt; - მგრძობიარობაზე დაბლა;&lt;-&gt; - არ გაზომილ&lt;-ფონური მნიშვნელობა</b>							
<b>მინერალიზაცია (მგ/ლ): 6017.390</b>							

**ცხრილი 11. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები  
(თევზის ქარხანა-4)**

<b>წყლის ქიმიური ანალიზი (თევზის გადამამუშავებელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორია)</b>				
<b>წყლის სახეობა</b>	<b>ზედაპირული</b>	<b>ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.</b>	<b>მგ/ლ</b>	<b>მგ-ექვ</b>
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		5.168
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტი-ანობა		N.D.
რეგიონი	-	გახსნ. O <sub>2</sub>	3.600	
დებიტი(მ <sup>3</sup> /დღე)	-	თავ. CO <sub>2</sub>	-	
პასპორტი		ქ.ქ.მ(მგ/ლ O)	36.000	
ფერი	-	საერთო N	-	
სუნი		ორგ. C	-	
გემო		ჯამური SiO <sub>2</sub>	-	
სიმღვრივე (FTU)	1570.00	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	
pH	7.20	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-	

<b>(ცხრილი 11. გაგრძელება)</b>							
ტემპერატურა	-	H <sub>2</sub> S		-			
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	853.611	ნარჩენი Cl		-			
ელგამტარობა (სიმ/მ)	0.16510						
კათიონები				ანიონები			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH <sub>4</sub>							
Ca	52.000	2.6000	16.91	*Cl			
-				HCO <sub>3</sub>	176.900	2.9000	19.30
Mg	31.200	2.5679	16.70	CO <sub>3</sub>	N.D.	N.D.	N.D.
*Na	220.000	9.6070	62.47	SO <sub>4</sub>	56.000	1.1667	7.76
K	8.800	0.2256	1.47	NO <sub>2</sub>	N.D.	N.D.	N.D.
Fe	5.600	0.3009	1.96	NO <sub>3</sub>	-	-	-
Cu	0.014	0.0004	0.00				
Mn	0.550	0.0200	0.13				
Zn	0.015	0.0005	0.00				
<b>ჯამი</b>	319.179	15.3779	100%	<b>ჯამი</b>	621.432	15.0267	100%
ტოქს.კ ომპ.	<i>მგ/ლ</i>	<i>მგ-ექვ</i>					
ტყვია	N.D.	N.D.					
სულ							
<b>&lt;*&gt; - 20%-ზე-მეტი; &lt;N.D.&gt; - მგრძობიარობაზე დაბლა;&lt;-&gt; - არ გაზომილ&lt;-ფონური მნიშვნელობა</b>							
<b>მინერალიზაცია (მგ/ლ): 940.611</b>							

ცხრილში 8-11 მოცემულია პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები. pH მნიშვნელობის მიხედვით პალიასტომის ტბის წყალს ახასიათებს ოდნავად გამობატული ტუტეანობა, რაც აისახება მასში გახსნილი მარილების

ბუნებითა და ჰიდროლოგიით. 1,2,3 სინჯის მიხედვით ჟანგბადის რაოდენობა მაღალია და შეადგენს 7,3-7,8 მგ/ლ, ხოლო მე-4 სიჯის მონაცემებით გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა შედარებით დაბალია და ტოლია 3,6 მგ/ლ-ის. ჟანგბადის რეჟიმი ახდენს ღრმა გავლენას წყალსატევის სიცოცხლის-უნარიანობაზე, გახსნილი ჟანგბადის მინიმალური შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს თევზების ნორმალურ განვითარებას, შეადგენს 5 მგ/ლ O<sub>2</sub>/ლ მისი შემცირება 2 მგ/ლ-მდე იწვევს თევზების მასიურ სიკვდილს [5, 9, 12]. 1,2,3 სინჯის მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს-სუფთას მე-2 კლასს, ხოლო მე-4 სინჯის მიხედვით მიეკუთვნება გაბინძურებულს, მე-4 კლასს.

8-11 ცხრილებიდან ჩანს, რომ სიხისტის მნიშვნელობა 1,2,3 სინჯის მიხედვით შეადგენს, შესაბამისად 24,564; 25,363; 25,753 მგ-ექვ/ლ, რაც წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან ხისტს. ხოლო, მე-4 სინჯის მონაცემებით (3,6 მგ-ექვ/ლ) - ზომიერად ხისტს (3,0-6,0 მგ-ექვ/ლ).

ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილების (ჟქმ) ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 5 მგ/ლ, ცხრილებიდან 8-11 ჩანს, რომ ჟქმ-ის მნიშვნელობის მიხედვით ტბის წყალი მიეკუთვნება დაბინძურებულს.

ელექტროგამტარებლობა ძირითადად განპირობებულია წყლის მინერალური ნაწილის ძირითადი იონებით. სხვა იონების არსებობა 9 Fe(II), Fe(III), Mn (II), Al (III), NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HPO<sup>2-4</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ძლიერად არ ახდენს გავლენას, რადგანაც ეს იონები იშვიათად გვხვდება წყალში მნიშვნელოვანი რაოდენობით. ზედაპირული წყლების მინერალიზაცია განსაზღვრავს მის კუთრ ელექტრო-გამტარებლობას და იცვლება ფართო ზღვრებში. მდინარეების კუთრი ელექტროგამტარებლობა შეადგენს 2.10<sup>4</sup>-1.10<sup>2</sup> სიმ/სმ, ხოლო 1გ/ლ-ზე მეტი მინერალიზაციის წყლებისათვის კუთრი ელექტროგამტარებლობა მეტია

1.10<sup>4</sup> სიმ/სმ-ზე [9, 12, 62, 63]. პალიასტომის ტბის ელექტროგამტარულობა იცვლება 0,16510-1,03870 სიმ/მ ზღვრებში.

პალიასტომის ტბის წყალში ნატრიუმის კონცენტრაცია 1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემებით (ცხრილი 8-10) საკმარისად მაღალია და შეადგენს შესაბამისად 1694,0; 1692,1705,0 მგ/ლ; ხოლო მე-4 სინჯის ანალიზის მიხედვით (ცხრილი 11) კი ნატრიუმის კონცენტრაცია შედარებით დაბალია-220,0 მგ/ლ, რაც აღმატება ზდკ-ს (120 მგ/ლ). ასევე კალიუმისა და კალციუმის იონებთან შედარებით მაგნიუმის კონცენტრაცია აღმატება ზდკ-ს (40-50 მგ/ლ) და შეადგენს 1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემების მიხედვით შესაბამისად 229,200; 230,400 და 240,0 მგ/ლ-ს, ხოლო მე-4 სინჯის ანალიზის მიხედვით კი 31,200 მგ/ლ-ს, რაც ნაკლებია ზდკ-ზე. ძირითადი ანიონებიდან ჭარბობს ქლორის იონი, რომელიც ბევრად აღმატება ზდკ-ს (300 მგ/ლ) და იცვლება 3225,950-3410,290 მგ/ლ ზღვრებში (1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემებით, ცხრილი 8-10), ხოლო მე-4 სინჯის მონაცემებით შეადგენს 388,532 მგ/ლ-ს (ცხრილი 11).

ქლორიდების მაღალი შემცველობა შესაძლებელია აიხსნას მისი კარგი ხსნადობით, ტივტივარებზე ნაკლები სორბციის უნარი და წყლის ორგანიზმების ნაკლები მოხმარებით. ქლორიდები კარბონატ და სულფატ-იონებისაგან განსხვავებით არ წარმოქმნიან ასოცირებული იონებს. ჰირდო-კარბონატ ანიონთან შედარებით ზდკ-ზე (100მგ/ლ) მეტია SO<sup>2-4</sup> 1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემებით და შეადგენს შესაბამისად 330,0; 260,0; 310,0 მგ/ლ-ს, ხოლო მე-4 სინჯის ანალიზის მონაცემებით ნაკლებია ზდკ-ზე და ტოლია 56 მგ/ლ-ის. ზოგადად პალიასტომის ტბის წყალი ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით შესაძლებელია მივაკუთნოთ ქლორიდულ ნატრიუმთან ტიპის წყალს. მე-4 სინჯის ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ძირითადი იონებისა და მინერალიზაციის მნიშვნელობა 1-3 სინჯის მონაცემებთან



შედარებით დაბალია, რაც შესაძლებელია აიხსნას შავლელეს არხის შეერთებით გამოწვეული პალიასტომის ტბის წყლის განზავებით.

აქედან გამომდინარე 1-3 სინჯის ანალიზის მიხედვით მინერალიზაცია შეადგენს, შესაბამისად 2095; 2105,455; 2123,960 მგ/ლ-ს, რის გამოც ტბის წყალი მლაშეა, რომელზედაც გავლენას ახდენს შავი ზღვის წყალიც.

მიკროელემენტების (Cu, Mg, Zn) კონცენტრაცია (ცხრილი 8-11, სინჯი 1-4) არ აღემატება ზდკ-ს, ხოლო რკინის კონცენტრაცია 1-3 სინჯის წყალში დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია (0,550 - 0,660 მგ/ლ), მე-4 სინჯის წყალში კი აღემატება ზდკ-ს და შეადგენს 5,600 მგ/ლ, რაც შეიძლება აიხსნას თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენული წყაროების გავლენით [62,63].

ბიოგენურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძნობიარობაზე ბევრად დაბალია (ცხრილი 8 - 11), [62,63].

## 2.2. პალიასტომის ტბის ფსკერული ანალიზის შედეგები

ფსკერული ნალექები ფორმირდება წყალშემკრები აუზის ამგები ქანებისა და ნიადაგის საფარის გამოფიტვის შედეგად. ტბის აუზის ფსკერული ნალექების შემადგენლობა კანონზომიერად იცვლება ამგები ქანების, ლითოლოგიისა და გრანულომეტრული შემადგენლობის მიხედვით [3, 65]. ასევე ტბის წყალში არსებული მინერალური და ორგანული ნივთიერებათა ნაწილაკების დალექვის შედეგად ხდება ტბის დალამვა და მის ფსკერზე ტბიური ნალექების წარმოქმნა. ლიტერატურული მონაცემებით ფსკერული ნალექების მძიმე მეტალებით დაბინძურება ძირითადად გამოწვეულია ანთროპოგენული წყაროებით, მრეწველობის სხვადასხვა დარგის საწარმოთა ნარჩენებით [3, 33].

2017 წლის მაისის თვეში აღებული და გამოკვლეული იქნა პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექები (ცხრილი 12). ჩატარებული ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში სპილენძის შემცველობა ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ ნორმატივებზე [61, 65, 66, 67], ხოლო საქართველოში დაშვებული ნორმატივების მიხედვით კი აღემატება ზღვრულად დასაშვებ სიდიდეს [61, 68]. ტბის ფსკერულ ნალექებში ტყვიის, თუთიის შემცველობა შესაძლებელია ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად [61, 65-68]. ხოლო მანგანუმისა და რკინის შემცველობა ფსკერულ ნალექებში ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ ნორმატივების სიდიდეზე.

**ცხრილი 12. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგები (15 მაისი, 2017წ.)**

N	ნიმუშის დასახელება	რეგისტრ, N	Pb.ppm	Cu.ppm	Mn%	Zn ppm	Fe%
1	რეინჯერების ბაზა-1	138-S	31.0	19.5	0.14	96.5	3.60
2	რეინჯერების ბაზა-2	139-S	20.5	22.0	0.17	117.0	5.60
3	რეინჯერების ბაზა-3	140-S	21.5	17.5	0.11	87.0	3.90
4	თევზის გადამამუშავებელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორია-4	141-S	17.0	47.5	0.07	95.5	2.92

### **2.3. პალიასტომის ტბის წყლისა და ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

ვინაიდან პალიასტომის ტბას იყენებენ თევზსაჭერად, აგრეთვე კულტურულ - დასასვენებელ ზონად, საცურაოდ, ამიტომ ტბის წყლის სისუფთავის ხარისხის შესანარჩუნებლად და ეკოლოგიური კონტროლისათვის აუცილებელია წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების განსაზღვრა, რაც იწვევს სხვადასხვა ინფექციურ დაავადებებს.

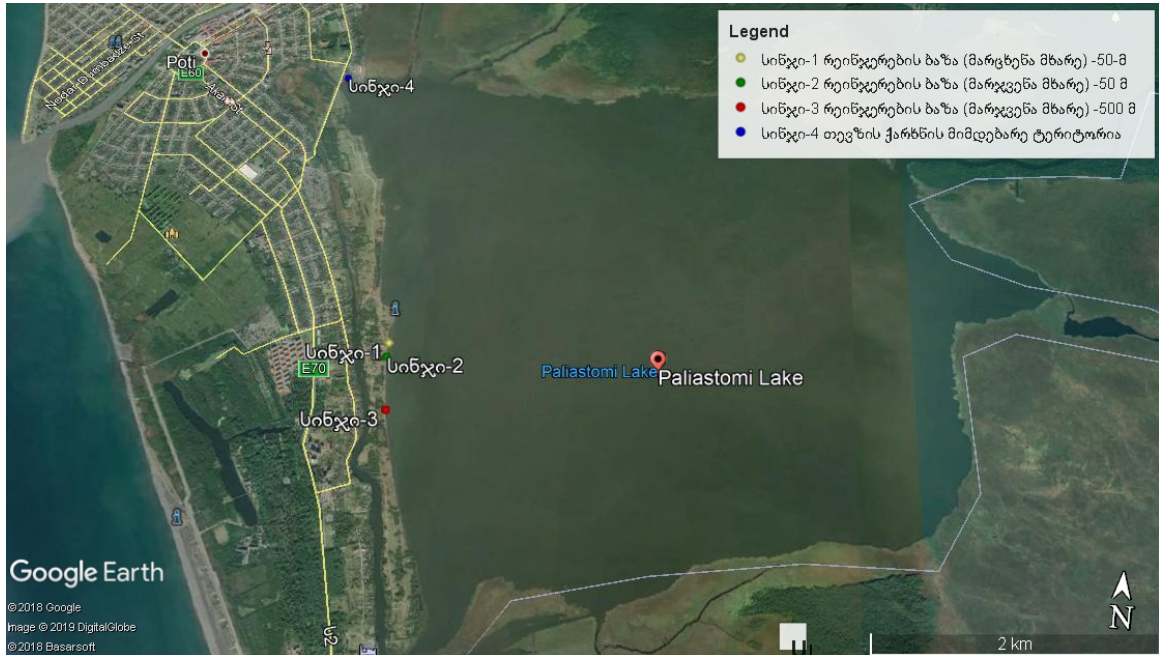
ლიტერატურული წყაროებით პალიასტომის ტბის ბაქტერიული კვლევის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია.

2017 წლის 14-15 მაისისა და 9-10 აგვისტოს თვეში, ჩვენს მიერ მოეწყო ექსპედიცია პალიასტომის ტბის წლის ნიმუშების ასაღებად მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად. ხოლო 2018 წლის 29 მარტს და 18 აპრილს აღებული იქნა ტბის წყლის და ფსკერული ნალექების სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად. ასევე 2019 წლის 30 იანვარს აღებული იქნა ტბის წყლის სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად.

ტბის წყლის სინჯის აღება, დაკონსერვება, შენახვა, ტრანსპორტირება და მიკრობიოლოგიური ანალიზი ჩატარდა საერთაშორისო ISO-ს სტანდარტების მიხედვით (ცხრილი 13,14), [24,58,59].

ტბის წყლის ნიმუშის აღება განხორციელდა შვიდ ეტაპად:

1. 2017 წლის 15 მაისს ნიმუშების აღება (რუკა 1) მოხდა პალიასტომის ტბის შემდეგ ობიექტებზე (ცხრილი 13):
  - რეინჯერების ბაზის მარცხენა მხარეს-სინჯი-1;
  - რეინჯერების ბაზის მარჯვენა მხარეს-სინჯი-2;
  - რეინჯერების ბაზა-3- მდინარე ფიჩორას პალიასტომის ტბის შესართავთან-სინჯი-3;
  - თევზის ქარხანასთან-სინჯი--4;
2. 2017 წლის 10 აგვისტოს ნიმუშების აღება (რუკა 2) მოხდა პალიასტომის ტბის შემდეგ ობიექტებზე (ცხრილი 14):
  - თევზის ქარხანასთან – სინჯი - 1;
  - რეინჯერების ბაზა 1 - მარცხენა სანაპირო – სინჯი - 2;
  - რეინჯერების ბაზა 2- მარჯვენა სანაპირო – სინჯი - 3;
  - კუნძულ კოლიმბარის მიმდებარე ტერიტორიასთან – სინჯი - 4;



**რუკა 2. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლის სინჯების აღების წერტილები (2017 წლის 10 აგვისტო)**

- სინჯი-1. (42° 7 4.51"N 41°42 11.51"E);
- სინჯი-2.(42°6 55.87"N41°42 12.40"E);
- სინჯი-3. (42° 8 20.52"N41°41 35.27"E);
- სინჯი-4. (42° 8 26.14"N 41°41 34.76"E)

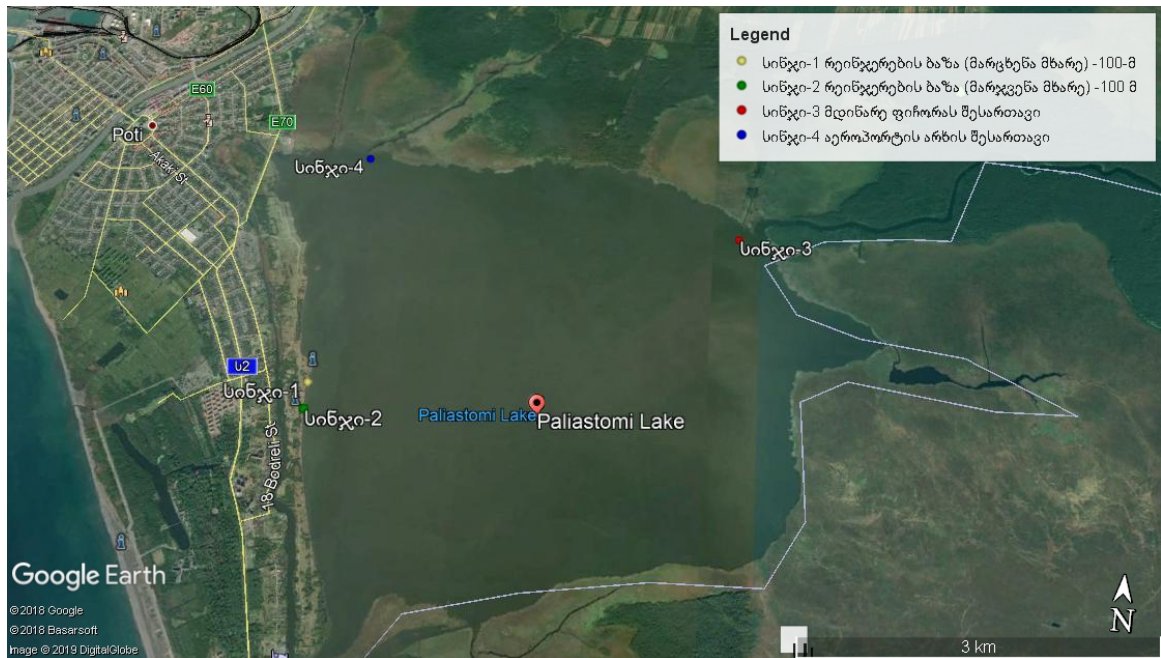
3. 2018 წლის 29 მარტსა და 18 აპრილს - პალიასტომის ტბის წყლის სინჯის აღება მოხდა შემდეგ ობიექტებზე (რუკა 3) :

- თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიასთან - “აეროპორტის არხთან;”
- პალიასტომის ტბის წყლის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან - 1;

4. 2018 წლის 29 მარტსა და 18 აპრილს - პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების სინჯის აღება მოხდა შემდეგ ობიექტებზე (რუკა 3):

- სინჯი 1 - პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან-1;

- სინჯი 2 - პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან - 2.



**რუკა 3. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლისა და ფსკერული სინჯების აღების წერტილები (2018 წლის 29 მარტი და 18 აპრილი)**

**კოორდინატები:**

**სინჯი-1.(42° 7 4.51"N 41°42'11.51"E)**

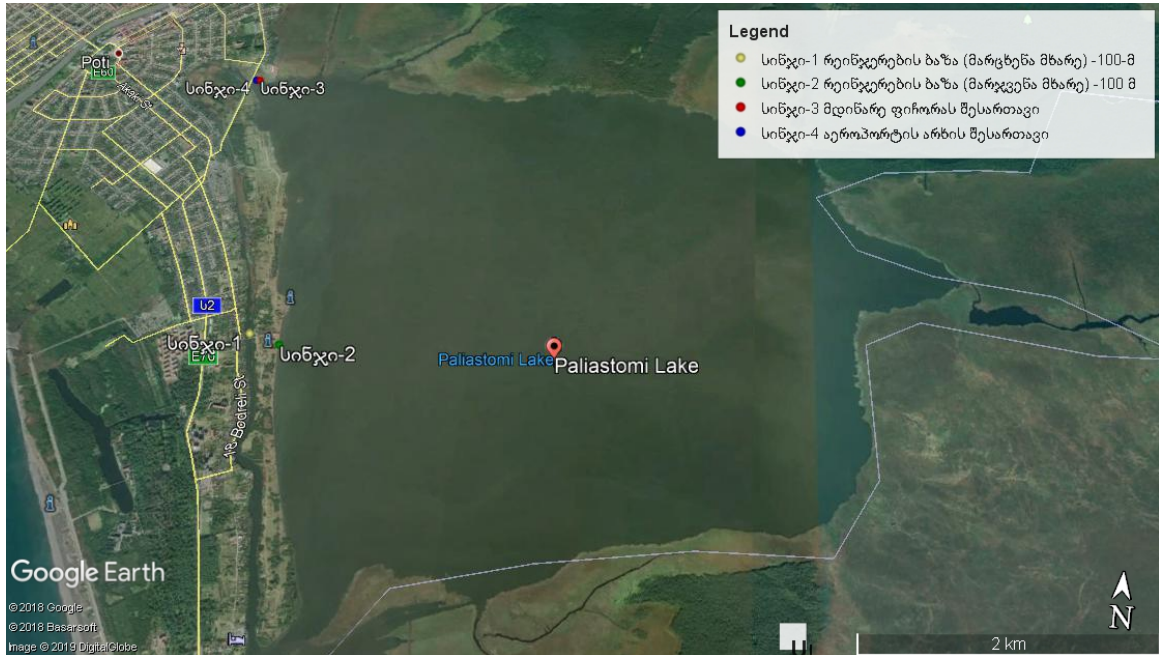
**სინჯი-2.(42° 6 55.87"N 41°42'12.40"E);**

**სინჯი-3(42° 8'5.08"N41°45'2.24"E);**

**სინჯი-4(42° 8'24.51"N 41°42'17.02"E**

5. 2019 წლის 30 იანვარს და 12 მარტს ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად სინჯის აღება მოხდა შემდეგ ობიექტებზე (რუკა 4):

- თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე;
- მდინარე კაპარჭინაზე ხიდთან.



**რუკა 4. მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის წყლის სინჯების აღების წერტილები (2019 წლის 30 იანვარს და 12 მარტს)**

**კოორდინატები:**

**სინჯი-1 (42° 7 0.58"N 41°42 1.13"E);**

**სინჯი-2.( 42° 6'58.08"N 41°42'12.16"E);**

**სინჯი-3.(42° 8'24.79"N 41°41'35.31"E);**

**სინჯი-4.(42° 8 24.74"N 41°41 33.85"E);**

ჩატარებული მიკრობიოლოგიური ანალიზით განისაზღვრა საერთო კოლიფორმები და ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის ბაქტერიები საერთო კოლიფორმების რაოდენობა. 1, 2 და 4 სინჯის მიხედვით საერთო კოლიფორმების რაოდენობა საკმარისად მაღალია და 100მლ წყალში შესაბამისად შეადგენს 3000, 1280, 5000კწე, ხოლო მესამე სინჯში -920კწე/100 მლ. E-coli-ის კლასის ბაქტერიები აღმოჩნდა მე - 2 და მე - 4 სინჯის წყლებში, რომელთა ფაქტიური მნიშვნელობა 100 მლ-ში შეადგენს 20-40კწე (ცხრილი 13). მათი რაოდენობა უფრო იზრდება გადამფრენი ფრინველების მიგრაციისას ოქტომბერ -მაისის თვეში [24, 59, 69].



**ხრილი 13. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 15 მაისი)**

საკვლევი პარამეტრები	მაჩვენებლების მნიშვნელობა ნორმატიული დოკუმენტის (ნდ) მიხედვით	მაჩვენებლების ფაქტიური მნიშვნელობა			
		რეინჯერების ბაზა			თევზის ქარხანა
		1	2	3	
გამოკვლევის მეთოდები	ISO 9308 1:2014				
საერთო კოლიფორმები, კწე 100მლ-ში	≤ 1 000	3 000	1280	920	5000
E.coli, კწე 100 მლ-ში	≤1 000	არ აღმოჩნდა	20	არ აღმოჩნდა	40

**ცხრილი 14. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 10 აგვისტო)**

პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
გამოყენებული სტანდარტები: GOCT N 18963-73	
<b>ნიმუშის აღების ადგილი: N1მდინარე კაპარჭინა-ხიდის მიმდებარე ტერიტორია</b>	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	5000 კწე /მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი-ტიტრი< 0,4 კოლი-ინდექსი > 2380
pH	6,6
<b>ნიმუშის აღების ადგილი: N 2 რეინჯერების ბაზა მარცხენა სანაპირო</b>	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდს მიხედვით	1000 კწე//მლ

<b>(ცხრილი 14. გაგრძელება)</b>	
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი -4 კოლი ინდექსი -230
pH	6,5
<b>ნუმუშის აღების ადგილი: რეინჯერების ბაზის მარჯვენა სანაპირო</b>	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ-111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი -4 კოლი ინდექსი -230
pH	6,5
<b>ნიმუშის აღების ადგილი: კუნძულ კოლიმზარის მიმდებარე ტერიტორია</b>	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი - 0,4 კოლი ინდექსი - 2380
pH	6,8



ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის - მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების (მაფანმ) საერთო რაოდენობა 1 მლ-ში დასაშვები ნორმების მიხედვით შეადგენს არაუმეტეს 1000 კწე, ხოლო აღებულ 1, 2 და მე - 3 წყლის სინჯში მაფანმ-ის საერთო რაოდენობა იცვლება 800-5000 კწე/მლ ზღვრებში, ხოლო მაქსიმუმ მნიშვნელობას (3500 კწე/მლ) აღწევს მე - 4 სინჯში (ცხრილი 14).

ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი) ზღვრულად დასაშვები ნორმა შეადგენს შესაბამისად: კოლი -ტიტრი არანაკლებ 111 მლ, ხოლო კოლი-ინდექსი არაუმეტეს - 9.

პირველ და მე-4 წყლის სინჯში შესაბამისად pH = 6,6 და pH = 6,8 პირობებში კოლი ინდექსი იყო 2380 -ზე მეტი, ხოლო კოლი ტიტრი 0,4 -ზე ნაკლები. მე-2 და მე-3 სინჯში pH = 6,5 პირობებში კოლი ტიტრმა შეადგინა 4, ხოლო კოლი ინდექსი ტოლია 230 (ცხრილი 14). აქედან გამომდინარე ტბის წყლის ბაქტერიული დაბინძურების მაღალი დონე უნდა იყოს გამოწვეული არა მარტო პალიასტომის ტბის დაბინძურებით, არამედ იქ იძულებით გადაადგილებულ პირთა განსახლებიდან ჩამავალი საკანალიზაციო წყლებით (პირდაპირ, გაწმენდის გარეშე) და მის გასწვრივ არსებული ღია ნაგავსაყრელებით [24,59,69].

**ცხრილი 15. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2018 წლის 29 მარტი, 18 აპრილი )**

ნიმუშის დასახელება: თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორია აეროპორტის არხთან		
საკვლევი პარამეტრები	შეფასების კრიტერიუმები	
	მაჩვენებლების მნიშვნელობა მიხედვით	ნდ-ს მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა
მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების მნიშვნელობა	-	37°C-65 22°C-228

<b>(ცხრილი 15. გაგრძელება)</b>		
საერთო კოლიფორმები, 1000 მლ-ში	-	6000
E-coli, 1000 მლ-ში	≤ 10 000	70
ფეკალური სტრეფტოკოკები (S.faecalis) 100 მლ-ში	-	29
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები (Cl.perfringens ) 100 მლ-ში	-	4
პათოგენური ორგანიზმები, მათ შრის სალმონელები 100 მლ-ში	-	არ აღმოჩნდა
კოლიფაგები 1000 მლ-ში	≤ 100	არ აღმოჩნდა
S.Aureus 100 მლ-ში	-	320
ნიმუშის დასახელება: პალიასტომის ტბის წყლის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან		
საერთო კოლიფორმები, 1000 მლ-ში	-	7200
საკვლევი პარამეტრები	შეფასების კრიტერიუმები	
	მაჩვენებლების მნიშვნელობა მიხედვით	მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა
E-coli, 1000 მლ-ში	≤ 10 000	6000
კოლიფაგები, 1000 მლ-ში	≤ 100	700

მე-15 ცხრილის მონაცემების მიხედვით საერთო კოლიფორმების რაოდენობა მარტის თვეში აღებულ სინჯში 1 და ასევე აპრილის თვეში აღებულ სინჯში 2 საერთო კოლიფორმების რაოდენობა მაღალია და შეადგენს 320-ს.

გამოსაკვლევი წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის შეფასება მოხდა სტანდარტული მეთოდებით მე-2 კატეგორიის ზედაპირული წყლებისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესაბამისად.

მე-16 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ზოგადი მიკრობული პარამეტრების მიხედვით (საერთო მიკრობული რიცხვი 37 °C -ზე და 22 °C -ზე) გამოსაკვლევი წყალსატევის - პალიასტომის ტბის წყლის მონაცემები ნორმის

ფარგლებშია. შედარებით მაღალია დაბინძურების სანიტარული მაჩვენებლები (კერძოდ, საერთო კოლიფორმები, კოლიფაგი). ასევე, მაღალია სალმონელების შემცველობა- 35 კწე/მლ. წყლის ავტოქტონური მიკროფლორას - ვიბრიონებისა და აერომონასების რაოდენობა საკმარისად მაღალია, რომელიც შესაბამისად შეადგენს 1400 კწე/1000 მლ, 1100 კწე/ 100 .

მე-17 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ზოგადი მიკრობული პარამეტრების მიხედვით ( საერთო მიკრობული რიცხვი 37 °C -ზე და 22 °C -ზე) გამოსაკვლევია წყალსატევის- მდინარე კაპარჭინას წყლის მონაცემები ნორმის ფარგლებშია. ზოგადი მიკრობული პარამეტრების მიხედვით გამოსაკვლევია წყალი ბუნებრივი ღია წყალსატევისათვის დამახასიათებელ სურათს იძლევა (მონაცემები ნორმის ფარგლებშია). შედარებით მაღალია დაბინძურების სანიტარული მაჩვენებლები (კერძოდ, საერთო კოლიფორმები, კოლიფაგი). ასევე მაღალია სალმონელების შემცველობა - 55 კწე/მლ . წყლის ავტოქტონური მიკროფლორა- ვიბრიონები და აერომონასები მაღალი სიჭარბით არის წარმოდგენილი (შესაბამისად ტოლია 1300კწე/1000 მლ, 1100 კწე/100მლ ).

**ცხრილი 16. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2019 წლის 30 იანვარი)**

ნიმუშის დასახელება	განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა* (მე-2 კატეგორიის ზედაპირული წყალი)	მაჩვენებლის ფაქტობრივი რაოდენობრივი მნიშვნელობა
თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორია	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C 24 სთ	<1000 კწე/მლ	42 კწე/ მლ

(ცხრილი 16 გაგრძელება)			
	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22°C 48 სთ	<1000 კწე/ მლ	102 კწე/ მლ
	საერთო კოლიფორმები	<10000 კწე/ 1000 მლ	12000 კწე/1000მლ
	ფეკალური კოლიფორმები/E.coli	<5000 უჯრ/1000 მლ	700კწე / 1000 მლ
	ფეკალური სტრეპტოკოკები	<5000 კწე/1000 მლ	500/ 1000 მლ
	კოლიფაგი(გამდიდრების მეთოდით)	<100 ნაწ/1000 მლ	1900/ 1000 მლ
	ვიბრიონების საერთო რიცხვი	-	1400/ 1000 მლ
	აერომონასების საერთო რიცხვი	-	1100/ 100 მლ
	სალმონელების საერთო რიცხვი	-	35/მლ

ცხრილი 17. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2019 წლის 30 იანვარი)

განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა(*მე-2კატეგორიის ზედაპირული წყალი)	მაჩვენებლის ფაქტობრივი რაოდენობრივი მნიშვნელობა
<b>ნიმუშის დასახელება: მდინარე კაპარჭინაზე ხიდთან.</b>		
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C 24 სთ	<1000 კწე/მლ	68 კწე/ მლ

<b>(ცხრილი 17. გაგრძელება)</b>		
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22°C/48 სთ	<1000 კწე/ მლ	320 კწე/ მლ
საერთო კოლიფორმები	<10000 კწე/ 1000 მლ	16000კწე/1000მლ
ფეკალური კოლიფორმები/E.coli	<5000 კწე/1000 მლ	900 კწე/ 1000 მლ
ფეკალური სტრეპტოკოკები	<5000 კწე/1000 მლ	720 კწე/ 1000 მლ
კოლიფაგი(გამდიდრების მეთოდით)	<100 ნაწ./1000 მლ	3200 ნაწ/ 1000 მლ
ვიბრიონების საერთო რიცხვი	-	1300 კწე/ 1000 მლ
აერომონასების საერთო რიცხვი	-	1100 კწე/ 1000 მლ
სალმონელების საერთო რიცხვი	-	55 კწე/1მლ.

### **2.3.1. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზი**

მე-18 ცხრილის მონაცემების მიხედვით პალიასტომის ტბის ფსკერულ დანალექებში მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა მარტის თვეში აღბულ სინჯ 1-ში საკმარისად მაღალია და შეადგენს 37°C-ზე 2600 კწე/გრ, ხოლო 22°C-ზე 3200კწე/გრ. ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რაოდენობა 1 გრ ფსკერულ ნალექებში მარტისა და აპრილის თვეში აღებულ სინჯებში მაღალია და შეადგენს 220. ასევე მაღალია E-coli-ის რაოდენობა ორივე სინჯში - 62 კწე/გრ, რომელიც მიეკუთნება შეფასების კრიტერიუმების მიხედვით დაბინძურებულს. პათოგენები მათ შორის სალმონელები ორივე სინჯში აღმოჩნდა.

პალიასტომის ტბაზე ჩატარებულმა სეზონურმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ წყალსატევში მუდმივად არსებობს გრძელვადიანი ბაქტერიული

დაბინძურების პრობლემა. სეზონური ცვლილებები განსაკუთრებით მოქმედებს ბაქტერიულ შემადენლობაზე. ზამთრის სეზონი გამოირჩევა უარყოფითი ტენდენციით, ვინაიდან დაბალი ტემპერატურა იწვევს ბაქტერიების შემცირებას, ხოლო ზაფხულის სეზონის მაღალი ტემპერატურა იდეალურ პირობებს ქმნის ბაქტერიათა გასამრავლებლად.

**ცხრილი 18. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2018 წლის 29 მარტი, 18 აპრილი)**

საკვლევი პარამეტრები	შეფასების კრიტერიუმები		
	მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა	მაჩვენებლების მნიშვნელობა ნდ-ს მიხედვით	დაბინძურებული
		სუფთა	
ნიმუშის დასახელება: პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან- 1			
მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა 1 გ-ში- 37°C	2600	-	-
22°C	3200	-	-
ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რ-ბა 1 გ-ში	220	-	-
E-coli კწე/გ	62		
სულფიტმარედუცირებელი		1-9	>10
კლოსტრიდიები კწე/გ	3		
ფეკალური სტრეფტოკოკები (St. faecalis)	1		
პათოგენები, მათ შორის სალმონელეები	არ აღმოჩნდა	1-9 არ დაიშვება	>10 არ დაიშვება
ნიმუშის დასახელება: პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან- 2			

<b>(ცხრილი 18. გაგრძელება)</b>				
მეზოფილური აერობების და ფაკულტატური ანაერობების რ-ბა 1გ-ში	37°C	600	-	-
	22°C	200	-	-
ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რ-ბა 1გ-ში	220	-	-	-
E-coli კწე/გ	62	1-9		>10
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები კწე/გ	3	-		-
ფეკალური სტრეფტოკოკები (S.faecalis)	1	1-9		>10
პათოგენები მათ შორის სალმონელეები	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა		არ აღმოჩნდა

## **2.4 პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება სეფტოფაგის საშუალებით**

2018 წლის 29 იანვარს აღებული იქნა წყლის სინჯი პალიასტომის ტბის რეინჯერების ბაზის ხელმარცხნივ 50 მეტრზე წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ფაგებით გასაუვნებლყოფად (რეინჯერების ბაზა 1). მოცემულ ტერიტორიაზე მოხდა წყლის 500 მლ სტერილური ჭურჭლით წყლის ნიმუშის აღება და მისი განთავსება თერმოსტაბილურ კონტეინერში. შემდგომში მოხდა მისი ტრანსპორტირება, წყლის ხარისხის შესაფასებლად მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად.

პალიასტომის ტბის წყლის აღებულ სინჯში ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის - მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების (მაფანმ) საერთო რაოდენობა 1 მლ-ში

დასაშვები ნორმების მიხედვით შეადგენს არაუმეტეს 1000 კწე, ხოლო ანალიზის შედეგების მიხედვით მაფანმ-ის საერთო რაოდენობა ტოლია 1500 კწე/მ (ცხრილი 19).

ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი) ზღვრულად დასაშვები ნორმა შეადგენს შესაბამისად: კოლი -ტიტრი არანაკლებ 111 მლ, ხოლო კოლი-ინდექსი არაუმეტეს - 9. pH = 6,8 პირობებში კოლი ინდექსი იყო 230, ხოლო კოლი ტიტრი- 4. E-coli-ის რაოდენობა მლ-ში შეადგენს  $1 \times 10^3$ , ხოლო მაფანმ-ს რაოდენობრივი მნიშვნელობა ტოლია 1500 კწე/მლ (ცხრილი 19), [24,59,69].

ნიმუშის აღების ადგილი: რეინჯერთა ბაზის მიმდებარე ტერიტორია, ფოთი განედი: 42.11842; გრძედი: 41.70293.

ჩვენს მიერ პალიასტომის ტბაში აღებული სინჯი გამოვიყენეთ, როგორც მოდელური ნიმუში და ჩავატარეთ წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა სეფტოფაგით. გაწმენდის ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-19 ცხრილში.

სეფტოფაგი წარმოადგენს სხვადასხვა ინტენსიობის ყვითელი ფერის , გამჭვირვალე, სპეციფიკური გემოს მქონე სითხეს, რომლის 1 მლ შეიცავს ბაქტერიებს: Shigella flexneri 1, 2, 3, 4, 6 სეროჯგუფს; Shigella sonnei; Salmonella paratyphi A; Salmonella paratyphi B; Salmonella typhimurium; Salmonella choleraesuis; Salmonella oranienburg; Salmonella enteritidis;; ენტეროპათოგენური E. coli სხვადასხვა სეროჯგუფს; Proteus; Enterococcus; Staphylococcus; Pseudomonas aeruginosa ფაგოლიზატების სტერილური ფილტრატების ნარევის.



ცხრილი 19. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ფაგებით გაუვნებელოფის შედეგები.

ღია წყლების მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები		
ნიმუშის აღების ადგილი:	პალიასტომის ტბა, რეინჯერების ბაზა-1	
pH	6,8	
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში ნდ მიხედვით	არაუმეტეს 1000 ბაქტ.უჯრ/მლ-ში	
<b>(ცხრილი 19. გაგრძელება)</b>		
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1500კწე/მლ-ში	
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში სეკტაფაგით სანაციის შემდგომ .	600კწე/მლ-ში	
წყლის ხარისხიანობის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი)მაჩვენებელი ნდ.მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ 111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს- 9.	
ფაქტობრივი მაჩვენებლები-კოლი ტიტრი,კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ(წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში.	კოლი ტიტრი-4 კოლი ინდექსი- 230.	
E.coli-რაოდენობა/მლ	საწყის წყლის სინჯში	1x10 <sup>3</sup> კწე/მლ
	სეკტაფაგით სანაციის შემდგომ	2 x10 <sup>2</sup> კწე/მლ
ანალიზის შესრულებისას გამოყენებული სტანდარტები:		ГОСТ-№18963-73

სეფტოფაგი არის ბაქტერიის სპეციფიკური ვირუსი, რომელსაც აქვს ჰომოლოგიური ბაქტერიის უჯრედის მემბრანაზე ადსორბირების უნარი, არღვევს მის მთლიანობას, აღწევს უჯრედის შიგნით, მრავლდება და იწვევს მის დაშლას.

სეფტაფაგი<sup>®</sup> გამოიყენება ბაქტერიებით (Shigella, Salmonella, E.Coli, Proteus, Staphylococcus, Pseudomonas, Enterococcus) ან მათი ერთობლიობით გამოწვეული ისეთი დაავადებების საწინააღმდეგოდ, როგორცაა შიგელოზი.

სალმონელოზი, მუცლის ტიფი, პარატიფი, გალიზიანებული ნაწლავის სინდრომი (დისბაქტერიოზი), ენტეროკოლიტი, ინფექციური კოლიტი.

პალიასტომის ტბის წყლის ანალიზის შედეგებმა დაადასტურა წყლის ობიექტში შემდეგი ბაქტერიების არსებობა: *Shigella flexneri* 1, 2, 3, 4, 6 სეროჯგუფი; *Shigella sonnei*; *Salmonella paratyphi A*; *Salmonella paratyphi B*; *Salmonella typhimurium*; *Salmonella choleraesuis*; *Salmonella oranienburg*; *Salmonella enteritidis*.

სეფტაფაგის შემადგენლობაში შედიან მოცემული ბაქტერიების ვირუსები (ბაქტერიოფაგები), რომლებიც პირდაპირ ზემოქმედებას ახდენენ მათ მასპინძელ ბაქტერიებზე, ამიტომ პალიასტომის ტბის წყლის დასამუშავებლად გამოყენებული იყო სეფტოფაგი, რის შედეგადაც *E-coli*-ს რაოდენობა შემცირდა  $2 \times 10^2$  კწე/მლ-მდე, ხოლო მაფანმ-ს რაოდენობა შემცირდა 600 კწე/მლ-მდე. ჩატარებული ცდა შეიძლება ჩაითვალოს ეფექტურად, ვინაიდან წყლის ნიმუშის დამუშავებისას მოხდა მისი ბაქტერიული დაბინძურების 60%-ით შემცირება.



პალიასტომის ტბაზე აღებული წყლის ნიმუში სეფტოფაგით გაწმენდამდე (მარჯვენა ბოთლი);  
პალიასტომის ტბაზე აღებული წყლის ნიმუში სეფტოფაგით გაწმენდის შემდეგ (მარცხენა ბოთლი);

#### სურათი 4. წყლის სეპტოფაგით გაწმენდა

ნიმუშის დასახელება: 3,0 ლიტრი მოცულობის „პალიასტომის ტბის-რეინჯერების ბაზის“ წყალი.

პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურებისაგან ბაქტერიოფაგებით გაწმენდის ტექნოლოგიის უფრო ღრმა შესწავლის მიზნით აღებული იქნა სინჯები შემდეგ ობიექტებზე:

- 2019 წლის 21 მარტს პალიასტომის ტბის წყლის სინჯები რეინჯერების ბაზის ხელმარჯვნივ 50 მეტრში;
- თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე ხიდთან.

წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის შეფასება მოხდა სტანდარტული მეთოდებით სასმელად გამოყენებული წყლისა და მე-2 კატეგორიის ზედაპირული წყლებისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესაბამისად.

**ცხრილი 20. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (რეინჯერების ბაზის ხელმარჯვნივ 50 მეტრზე, 31 მარტი, 2019 წელი)**

განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა (სასმელი წყალი)	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა* (მე-2კატეგორიის ზედაპირული წყალი)	მაჩვენებლის ფაქტობრივი რაოდენობრივი მნიშვნელობა
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C 24 სთ	<20 კოლონია 1 მლ	<1000 უჯრ/მლ	700 უჯრ/ მლ
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22°C 48 სთ	< 100 კოლონია 1მლ	<1000 უჯრ/ მლ	1800 უჯრ/ მლ
საერთო კოლიფორმები	0 უჯრ / 100 მლ	<1000 უჯრ/ 100 მლ	2000 უჯრ/100მლ
ფეკალური კოლიფორმები/E.coli	0 უჯრ / 100 მლ	<500 უჯრ/100 მლ	30 / 100 მლ
ფეკალური სტრეპტოკოკები	0 უჯრ / 100 მლ	-	400/ 100 მლ
კოლიფაგი(გამდიდრების მეთოდით)	0 ნაწ. / 100 მლ	<100 ნაწ./100 მლ	0/ 100 მლ

(ცხრილი 20. გაგრძელება)			
ვიბრიონების საერთო რიცხვი	-	-	1000/ 100 მლ
აერომონასების საერთო რიცხვი	-	-	2400 / 100 მლ
სალმონელების საერთო რიცხვი	-	-	5/მლ

ზოგადი მიკრობული პარამეტრების მიხედვით გამოსაკვლევი წყალი ბუნებრივი ღია წყალსატევებისათვის დამახასიათებელ სურათს იძლევა ზომიერი დაბინძურების ხარისხით. შედარებით მაღალია საერთო მიკრობული რიცხვის ( 22°C) და ფეკალური დაბინძურების (კერძოდ , საერთო კოლიფორმები) მაჩვენებლები. კოლიფაგის შემცველობა არ დაფიქსირდა. აღინიშნება ვიბრიონების და აერომონასების ზომიერად მაღალი შემცველობაც. გამოკვლევის შედეგები იხილეთ ცხრილში. ამოთესილია ფეკალური კოლიფორმების, ენტეროკოკების, ვიბრიონების და სალმონელების 2-2- იზოლატი (ცხრილი 20).

21-ე ცხრილის მიხედვით ზოგადი მიკრობული პარამეტრების მიხედვით გამოსაკვლევი წყალი ბუნებრივი ღია წყალსატევებისათვის დამახასიათებელ სურათს იძლევა (მცირე - ზომიერი დაბინძურებით). შედარებით მაღალია საერთო მიკრობული რიცხვის ( 22°C) და ფეკალური დაბინძურების (კერძოდ, საერთო კოლიფორმები) მაჩვენებლები, თუმცა კოლიფაგის შემცველობა არ გამოვლინდა. შედარებით მაღალია სალმონელების რიცხვი. ამოთესილია ფეკალური კოლიფორმების, ენტეროკოკების, ვიბრიონების და სალმონელების 2-2- იზოლატი.

ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრა მოხდა პალიასტომის ტბის წყლის ნიმუშებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა,ფეკალური კოლი, ვიბრიო)

ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით სტანდარტული ფაგების 7 ნარევის მიმართ (ცხრილი 22).

პიო ბაქტერიოფაგი წარმოადგენს სხვადასხვა ინტენსივობის ყვითელი ფერის, გამჭვირვალე, სპეციფიკური გემოს მქონე სითხეს და ბაქტერიებს: Streptococcus, Staphilococcus, E.Coli, Pseudomonas aeruginosa, Proteus ფაგოლიზატების სტერილური ფილტრატების ნარევის.

ინტესტიბაქტერიოფაგი სხვადასხვა ინტენსივობის, ყვითელი ფერის, გამჭვირვალე სითხეა. იგი არის Shigella: Flexneri: სეროჯგუფი, 1-6,

**ცხრილი 21. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (თევზის ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიაზე, 31 მარტი, 2019 წელი)**

განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა (სასმელი წყალი)	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა* (მე-2კატეგორიის ზედაპირული წყალი)	მაჩვენებლის ფაქტობრივი რაოდენობრივი მნიშვნელობა
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37°C 24 სთ	<20 კოლონია 1 მლ	<1000 უჯრ/მლ	600 უჯრ/ მლ
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22°C 48 სთ	< 100 კოლონია 1მლ	<1000 უჯრ/ მლ	2000 უჯრ/ მლ
საერთო კოლიფორმები	0 უჯრ / 100 მლ	<1000 უჯრ/ 100 მლ	5000 უჯრ/100მლ
ფეკალური კოლიფორმები/E.coli	0 უჯრ / 100 მლ	<500 უჯრ/100 მლ	40/ 100 მლ
ფეკალური სტრეპტოკოკები	0 უჯრ / 100 მლ	-	60/ 100 მლ
კოლიფაგი(გამდიდრების მეთოდით)	0 ნაწ./ 100 მლ	<100 ნაწ./100 მლ	0/ 100 მლ

(ცხრილი 21 გაგრძელება)		
ვიბრიონების საერთო-რიცხვი	-	35/ 100 მლ
აერომონასების საერთო-რიცხვი	-	26 /100 მლ
სალმონელების საერთო-რიცხვი	-	30/100მლ.

**ცხრილი 22. ფაგომგრძობელობის განსაზღვრის შედეგები**

ფაგები შტამები	პიო ბაქტ ერი ოფა გი	ინტეს ტი ბაქტე რიოფა გი	ფერ სის ბაქტ ერი ოფა გი	სტაფილოკ ოკური ბაქტერიო ფაგი	ფაგიო პიობაქ ტერიო ფაგი	ენკო ბაქტერი ოფაგი	სეს ბაქტერიო ფაგი
Salmonella (რეინჯერები)	-	+	-	-	-	-	-
Vibrio (რეინჯერები)	-	-	-	-	-	-	-
E.coli (რეინჯერები)	-	+	-	-	-	+	-
Salmonella (ქარხანა)	-	+	-	-	-	-	-
Vibrio (ქარხანა)	-	-	-	-	-	-	-
E.coli (ქარხანა)	-	+	-	-	-	+	-

„+“ აღნიშნავს სუსტ ლიზისურ რეაქციას

სეროჯგუფი Sonnei; Salmonella paratyphi A,B; Typhimurium, Choleraesuis, Oranienburg, Enteritidis; E.Coli ბაქტერიების ფაგოლიზატების სტერილური ფილტრატების ნარევი.

ბაქტერიოფაგები წარმოადგენენ ბაქტერიების სპეციფიკურ ვირუსებს, რომლებიც იწვევენ ბაქტერიული ინფექციების გამოწვევი ჰომოლოგიური მიკრობების ლიზისს.

ფერსისი ბაქტერიოფაგი წარმოადგენს, სტაფილოკოკური (*S.aureus*, *S.epidermidis*), სტაფილოკოკური (*S.pyogenes*, *S.sanguis*, *S.salivarius*, *S.agalactiae*) ფაგოლიზატების სტერილურ ნარევს. მოყვითალო ღია ყავისფერი გამჭვირვალე სითხეა, კონსერვანტად გამოენებულია ქინაზოლი. იწვევს სტაფილოკოკების და სტრეპტოკოკების სპეციალურ ლიზისს.

სტაფილოკოკური ბაქტერიოფაგი წარმოადგენს *S.aureus* ბაქტერიების მიმართ აქტიურ, ქრომატოგრაფიულად გაწმენდილ ფაგურ ლიზატს და გამოიყენება ბაქტერიოფაგის მიმართ მგრძობიარე სტაფილოკოკური ეტიოლოგიის ინფექციების საწინააღმდეგოდ.

ფაგილ პიობაქტერიოფაგი (*Pyobacteriophagum liquidum*) არის სხვადასხვა ინტენსივობის ყვითელი ფერის , გამჭვირვალე , სპეციფიკური გემოს მქონე სითხე და ბაქტერიების : *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus* ფაგოლიზატების სტერილური ფილტრატების ნარევი.

ბაქტერიოფაგი ბაქტერიის სპეციფიკური ვირუსია, რომელიც ადსორბირდება ჰომოლოგიური ბაქტერიის უჯრედის მემბრანაზე, არღვევს მის მთლიანობას, აღწევს უჯრედის შიგნით და იწვევს მის ლიზისს.

ენკო ბაქტერიოფაგი წარმოადგენს კომბინირებულ პრეპარატს, რომელიც შეიცავს ფაგოლიზატების სტერილურ ნარევს. გამოიყენება აქტიური შიგელების (*Shigella flexneri* 1.2.3.4 და *Shigella zonnei*), სალმონელების (*S.typhimurium*, *S.enteritidis*, *S.newport*, *S.heidelberg*, *S.cholera suis* *S.oranienburg*, *S.dublin*, *S.anatum*), აგრეთვე ფართოდ გავრცელებული ენტეროპათოგენური ნაწლავის ჩხირისა და პათოგენური სტაფილოკოკების მიმართ. მოყვითალო-ღია ყავისფერი, კონსერვანტად გამოიყენებულია ქინაზოლი.

სეს ბაქტერიოფაგი წარმოადგენს სტაფილოკოკური (*S.aureus* და *S.epidermidis*), სტრეპტოკოკური (*S.pyogenes*, *S.sanguis*, *S.salivarius*, *S.agalactiae*), *E.coli*-ის სხვადასხვა სეროტიპების ფაგოლიზატების სტერილურ ნარევეს. მოყვითალო ღია ყავისფერი გამჭვირვალე სითხეა, კონსერვანტად გამოყენებულია ქინაზოლი. იწვევს სტაფილოკოკების, სტრეპტოკოკების და ენტეროპათოგენური ნაწლავის ჩხირის (სხვადასხვა სეროტიპების) ბაქტერიების სპეციფიკურ ლიზისს.

## 2.5. პალიასტომის ტბის წყალში პათოგენური ბაქტერიების გავრცელების მათემატიკური მოდელირება

ჩვენს მიერ დამუშავდა ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გავრცელების მოდელირება. მოცემული მოდელური სისტემის შესამუშავებლად საჭიროა შემდეგი მონაცემები:

- წყლის სიღრმეების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლები;
- წყლის დონე;
- ქარის აქტივობა;
- ბაქტერიული დაბინძურების წერტილები;
- ბაქტერიული მონიტორინგი;
- საერთო კოლიფორმების რაოდენობა;

პალიასტომის ტბაში მეტალებისა და კოლიფორმების გავრცელების კომპიუტერული მოდელირებისათვის გამოყენებულ იქნა ორგანოზომილებიანი რიცხვითი მოდელი, რომელსაც საფუძვლად უდევს წყლის მოძრაობისა და უწყვეტობის განტოლებების ვერტიკალის მიხედვით ინტეგრირებით მიღებული სისტემა [72, 76]. პროგრამა შედგენილია Visual C++ ენაზე . მოდელი ეფუძნება ტბის დინამიკის ორგანოზომილებიან თავთხელი წყლის და წყლის არეში პასიური მინარევეების გავრცელების ინტეგრირებას თანამედროვე



მაღალგარჩევისუნარიან რიცხვითი სქემის გამოყენებას. ინტეგრირების პროცესში გამოყენებულია მიღებული შედეგების ვიზუალიზაციის მეთოდი.

მოდელში გამოიყენებოდა პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობები: გრავიტაციული მუდმივა  $G=980$  სმ/წმ<sup>2</sup>, კორიოლისის პარამეტრი  $f = 0.9510 \cdot 10^{-4}$  წმ<sup>-1</sup>, ფსკერზე ხახუნის დამაბულობის ვექტორი  $\tau^{-1} (\tau_x^1, \tau_y^1)$

გამოითვლება ფორმულებით:

$$\tau_x^1 = b \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u$$

$$\tau_y^1 = b \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v$$

სადაც  $b = 0,003$

ატმოსფერული ქარის ხახუნის დამაბულობის ვექტორი  $\tau^{-0} (\tau_x^0, \tau_y^0)$  გამოითვლება ფორმულით:

$$\tau_x^0 = b_1 \cdot \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \cdot W_x$$

$$\tau_y^0 = b_1 \cdot \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \cdot W_{yx}$$

სადაც  $b_1 = 3,210 \cdot 10^{-6}$ .

მოდელირების პროცესში გამოყენებული იქნა პალიასტომის ტბის რეალური რელიეფი, განისაზღვრა: ტბის დინების ვექტორული ველები, წყლის თავისუფალი ზედაპირი და მინარევეების კონცენტრაცია ტბის აკვატორიაში.

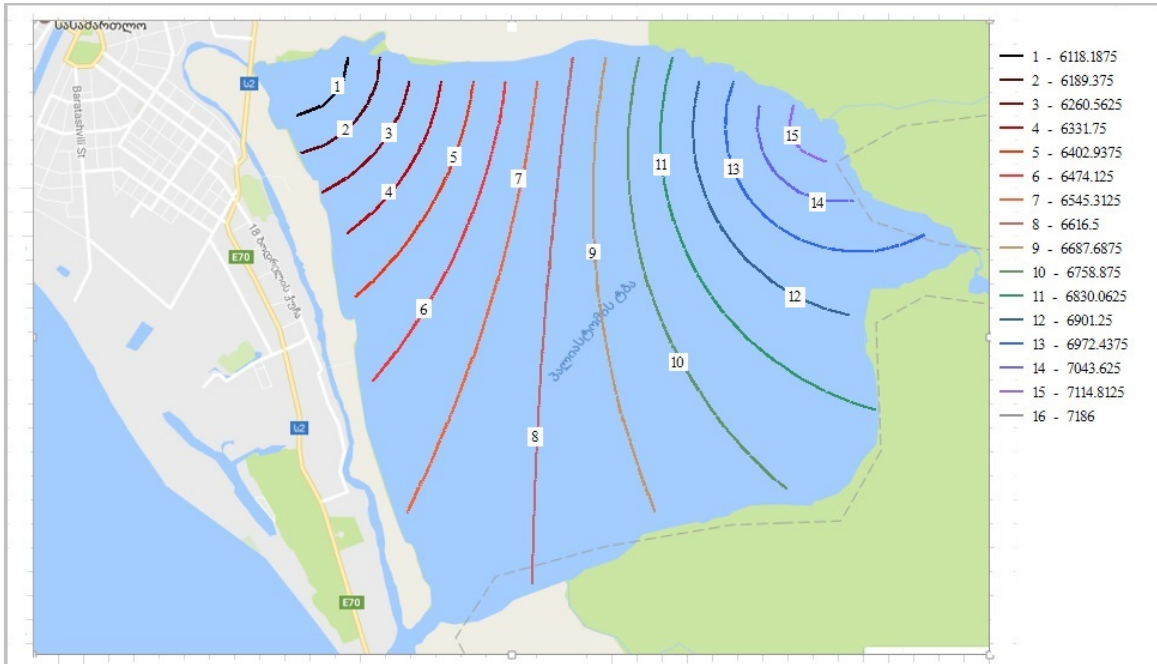


**ნახაზი 3. პალიასტომის ტბის ზედაპირზე საერთო კოლიფორმების განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება (2017 წლის 15 მაისის მონაცემებით)**

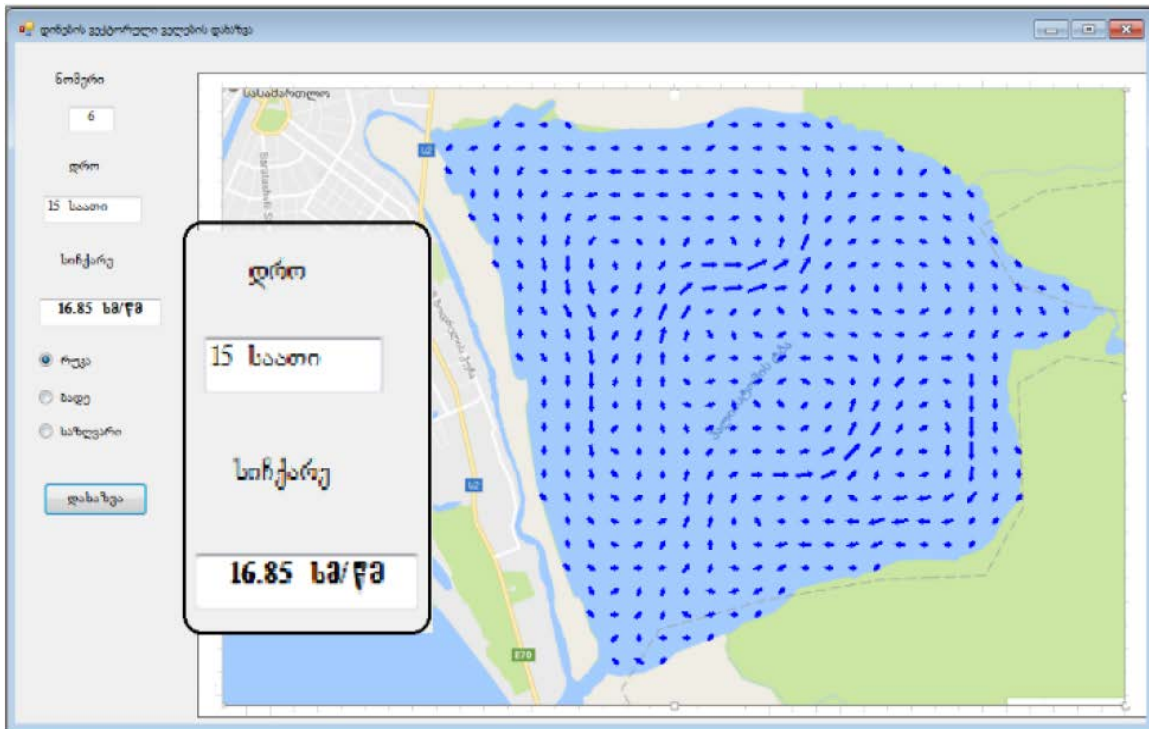
ექსპერიმენტულად აღებული მონაცემების დაყვანა მოხდა რეგულარულ ბადეზე (ზომით 26×29). ექსპერიმენტალურად მიღებული საერთო კოლიფორმების მონაცემების გადასაყვანად გამოყენებული იქნა წრფივი ინტერპოლაცია წონებით. თვითოეული სიდიდე გამოსახულია ნახაზზე იზოწირების საშუალებით.

განხილული იქნა ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევისას პალიასტომის ტბაში დინებების წარმოქმნა და მასში დამაბინძურებელი ინგრედიენტების გავრცელება (ნახაზი 5).

მოდელირების შედეგად მიღებული იქნა, რომ ჩრდილო-აღმოსავლეთი ქარის შემთხვევაში ჩვენს მიერ მიღებული მიკრობიოლოგიური ანალიზის მონაცემების გამოყენებით და აღნიშნული კომპიუტერული მოდელის საშუალებით ჩატარდა რიცხვითი (სიმულიციური) ექსპერიმენტები და მიღებულ იქნა კოლიფორმების განაწილება პალიასტომის ტბაში. შედეგები წარმოდგენილია მე-3 და მე-4 ნახაზზე.



ნახაზი 4. პალიასტომის ტბის ზედაპირზე საერთო კოლიფორმების განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება (2018 წლის 29 მარტის მონაცემებით)



ნახაზი 5. წყლის ნაკადების ვექტორული ველი ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში

ნახაზზე 3 მოცემულია მოდელირებით მიღებული პალიასტომის ტბის ზედაპირზე კოლიფორმების განაწილების იზოწირები. ნახაზიდან ჩანს, რომ კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ- აღმოსავლეთ ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბინძურების 3 წყარო (რეინჯერების ბაზა 1-3). ისინი რეინჯერების ბაზისაგან დაშორებულია 100 მეტრით (მარცხნიდან და მარჯვნიდან) და 500 მეტრით.

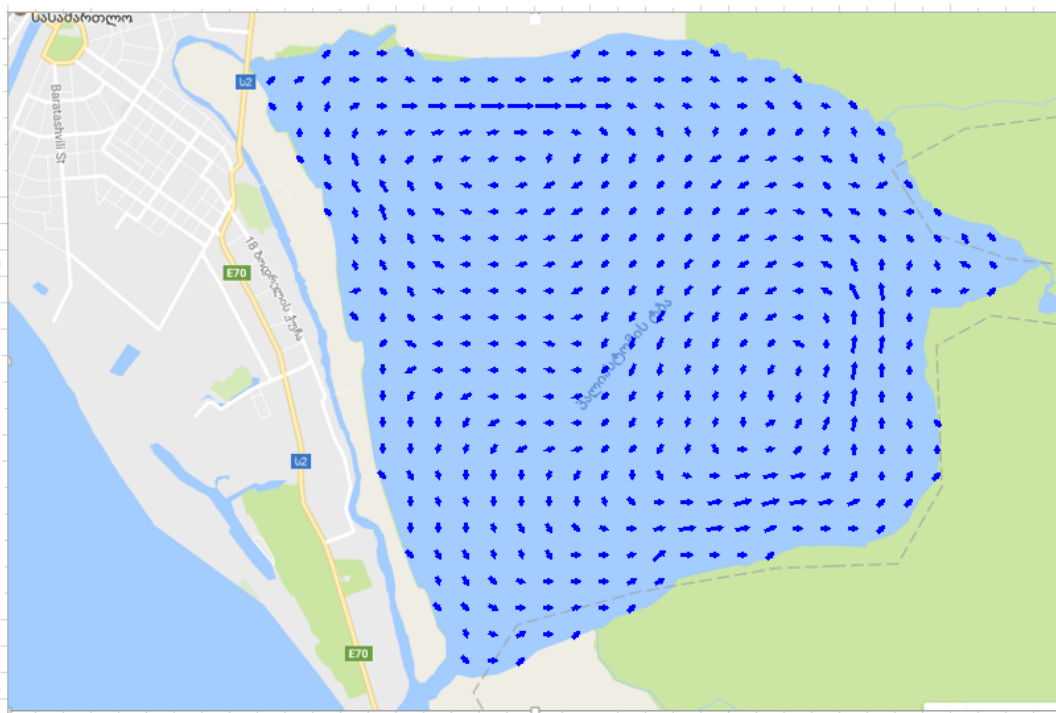
დაბინძურების მე-4 წყარო მოთავსებულია პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში. შესაბამისად იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აქვატორიაში არაერთგვაროვანია. კონცენტრაცია მინიმალურია ბაზა 2-3 მიდამოებში, თანდათანობით იზრდება ჩრდილოეთის მიმართულებით და თავის მაქსიმუმს აღწევს მე-4 ბაზის ტერიტორიაზე. კონცენტრაციების ჰორიზონტალური გრადიენტები დიდია ბაზების მიმდებარე ტერიტორიაზე და თანდათანობით მცირდება ბაზებიდან დაშორებისას ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

ნახაზზე 4 ნაჩვენებია კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კოლიფორმების განაწილება 2018 წლის 29 მარტს 2 დამაბინძურებელი წყაროს შემთხვევაში (აეროპირტის არხი და მდინარე ფიჩორას შესართავი პალიასტომთან). მიღებული განაწილება მნიშვნელოვნად განსხვავდება მე-2 ნახაზზე მოცემული სურათებისაგან. კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში (ჩრდილო - დასავლეთ და ჩრდილო - აღმოსავლეთ ნაწილებში). მე-5 ნახაზისაგან განსხვავებით კონცენტრაციის ჰორიზონტალური გრადიენტები დაახლოებით ერთნაირია და მცირდება ჩრდილო - აღმოსავლეთიდან ჩრდილო - დასავლეთის და სამხრეთის მიმართულებით, რაც აიხსნება მეტეოროლოგიური პირობებით გამოწვეული წყლის ლოკალური ცირკულაციისა და ფორმირებული ტურბულენტური დიფუზიის შედეგად.

ნახაზზე 5 ნაჩვენებია კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული დინებები 10 მ/წმ შემთხვევაში.

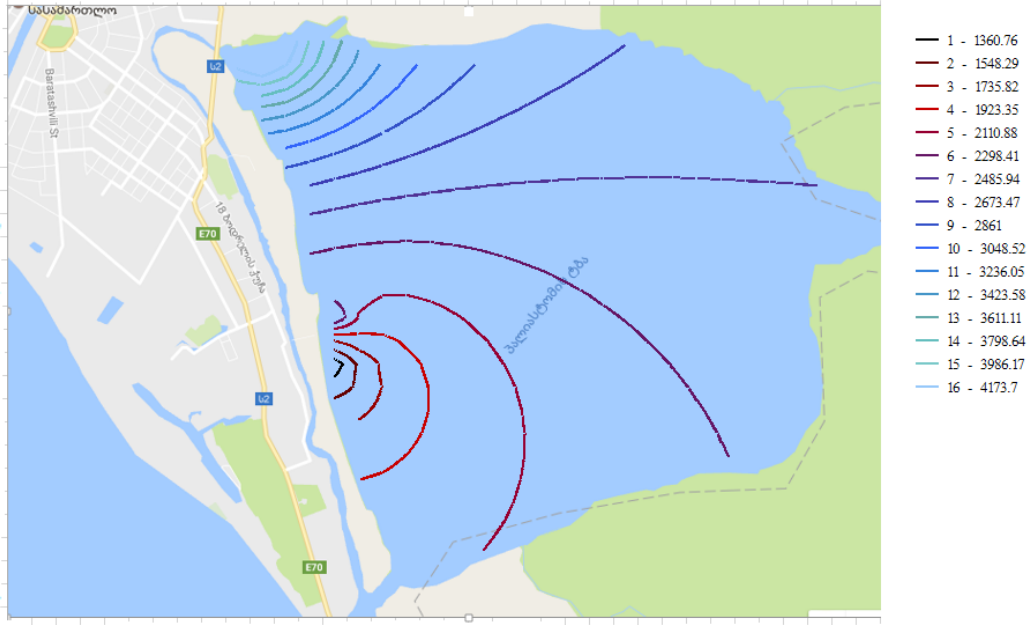
შემუშავებულია პალიასტომის ტბაში წყლის ნაკადების ჰორიზონტალური ცირკულაციის შესასწავლად მათემატიკური მოდელი, რომელსაც საფუძვლედ უდევს ზღვის ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებების ვერტიკალის მიხედვით ინტეგრირების შედეგად მიღებული ორგანო-მილებიანი არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. მოდელი საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მიმართულებისა და სიმძლავრის ატმოსფერული ქარის ზემოქმედების შემთხვევაში გათვლილი იქნას წყლის მასების დინამიკური მახასიათებლები[76]. კერძოდ მე-6 ნახაზზე წარმოდგენილია აღნიშნული მოდელით მიღებული წყლის ნაკადების ცირკულაციის სურათი, რომელიც ფორმირდება დასავლეთის ქარის (10 მ/წმ) ზემოქმედების შემთხვევაში.

წარმოდგენილი ნახაზის მიხედვით ტბის ჩრდილო-დასავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში ჩამოყალიბებულია საკმაოდ დიდი „დიამეტრის“ მქონე წრებრუნვები, რომელთაც სხვა და სხვა მიმართულება გააჩნიათ.

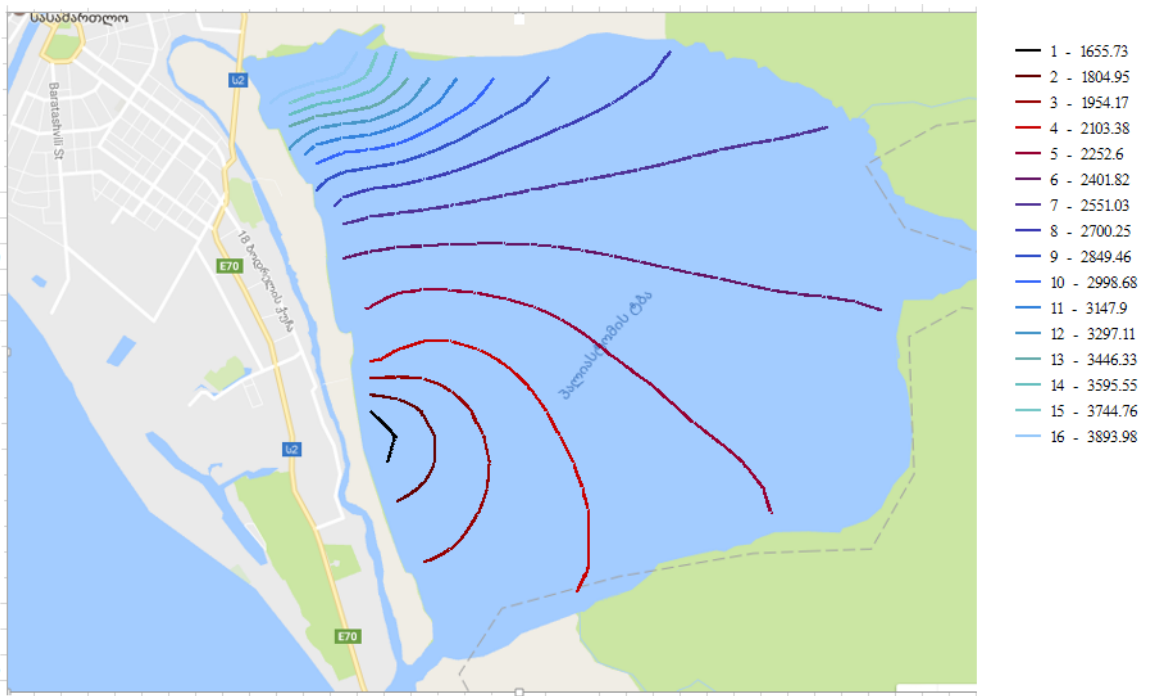


ნახაზი 6. წყლის ნაკადების დინებათა სქემა დასავლეთის ქარის (10 მ/წმ) ზემოქმედებაში

დამუშავებულია მოდელი, რომელიც ემსახურება ტბაში მავნე მინარევების გავრცელების ამოცანის გადაწყვეტას რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით, რომლის მიხედვითაც მოდელი ეფუძნება სუბსტანციის გადატანა-დიფუზიის ორგანზომილებიან დიფერენციალურ განტოლებას.



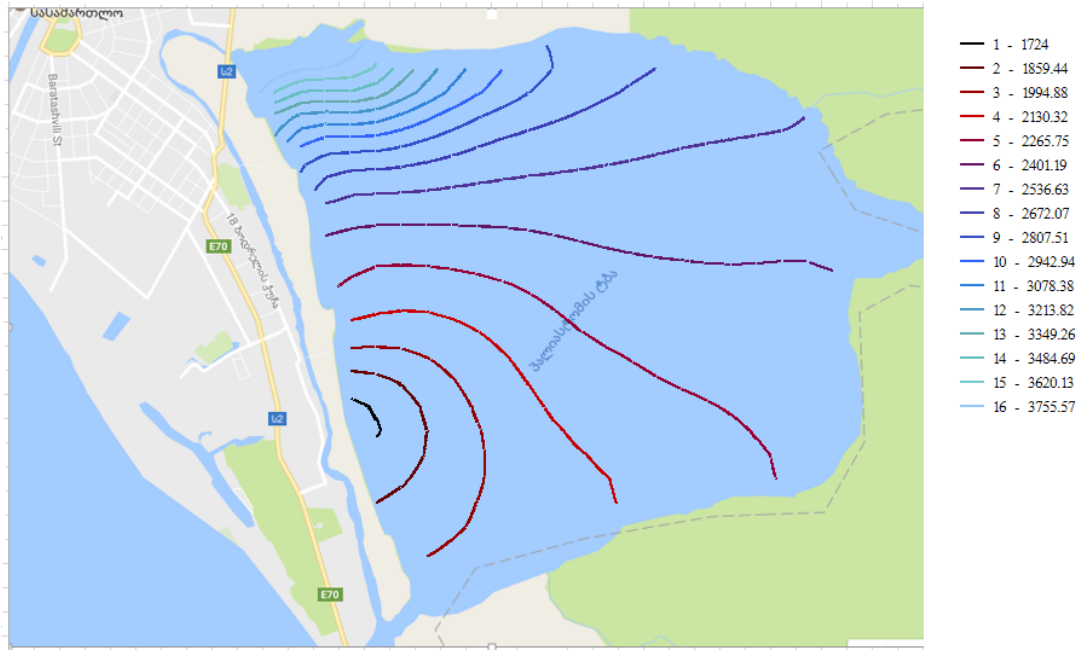
ნახაზი 7. საერთო კოლიფორმების განაწილება ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით. (I ექსპერიმენტი)



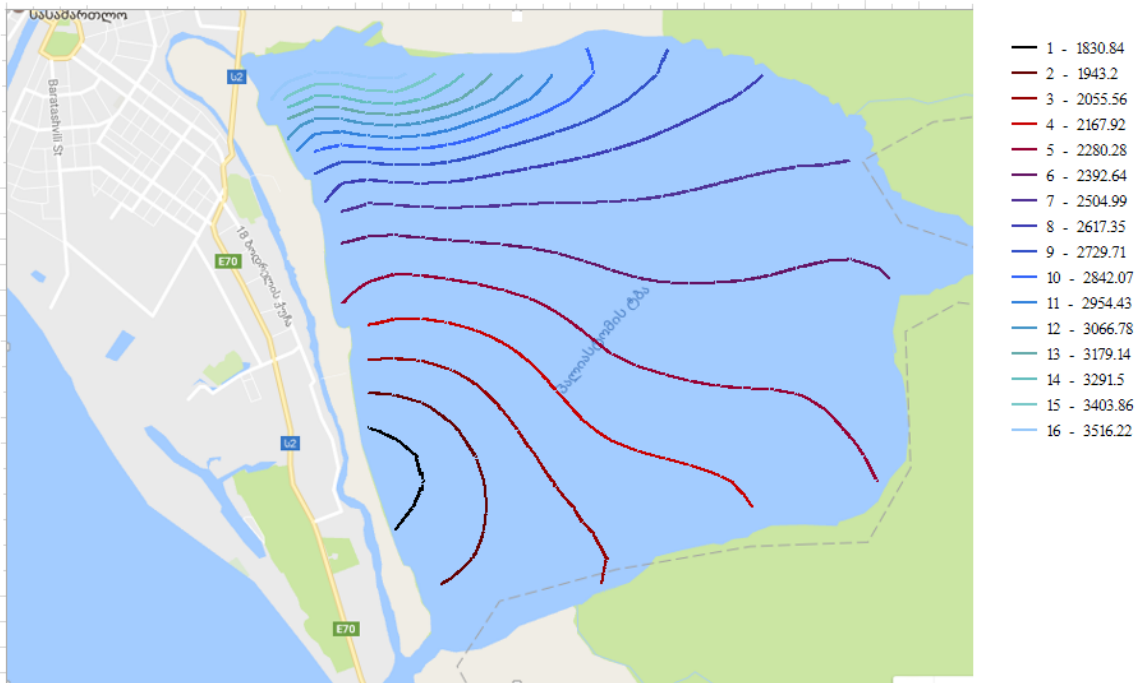
ნახაზი 8. საერთო კოლიფორმების განაწილება 6 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)



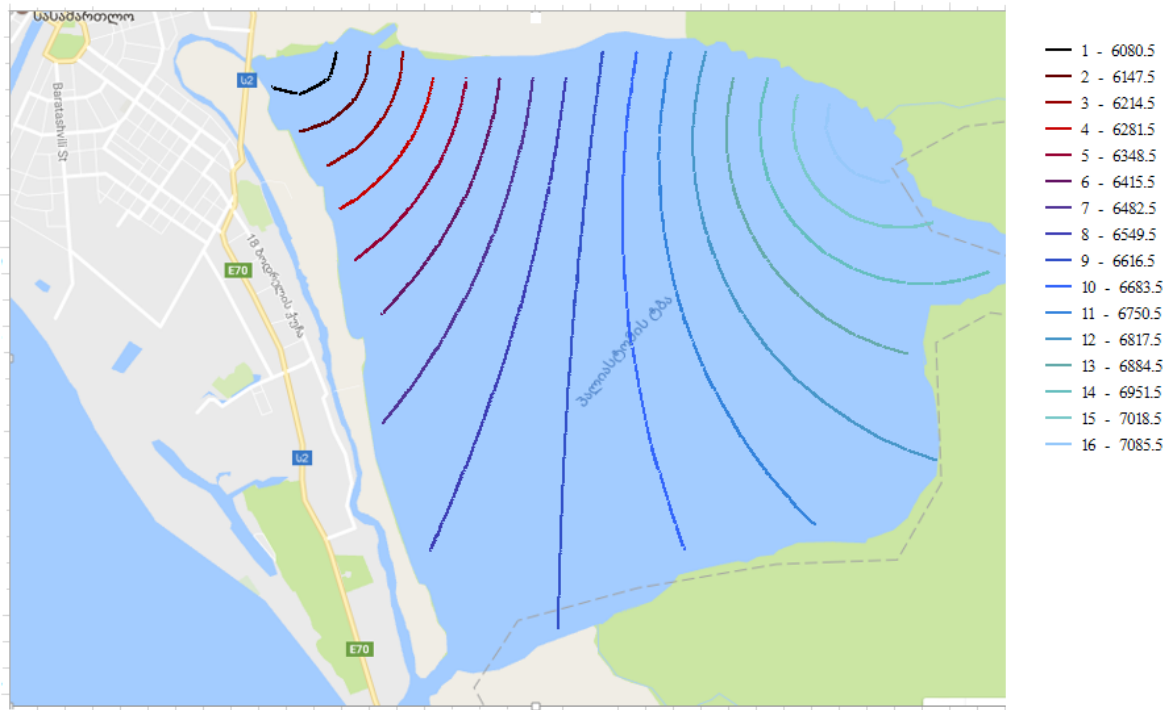
შესაძლებელია ტბაში ნებისმიერი პასიური მინარევის სივრცით-დროითი განაწილების შეფასება ცნობილი დინამიკური მახასიათებლების შემთხვევაში [76].



ნახაზი 9. საერთო კოლიფორმების განაწილება 12 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)



ნახაზი 10. საერთო კოლიფორმების განაწილება 24 საათის შემდეგ (I ექსპერიმენტი)



**ნახაზი 11. საერთო კოლიფორმების განაწილება ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით. (II ექსპერიმენტი)**

აღნიშნული მოდელის საშუალებით მოხდა ჩვენს მიერ 2017 წლის 15 მაისისა და 2018 წლის 29 მარტი - 18 აპრილის თვეში ექსპერიმენტით განსაზღვრული საერთო კოლიფორმების მნიშვნელობათა მონაცემების ცვლილების მოდელირება.

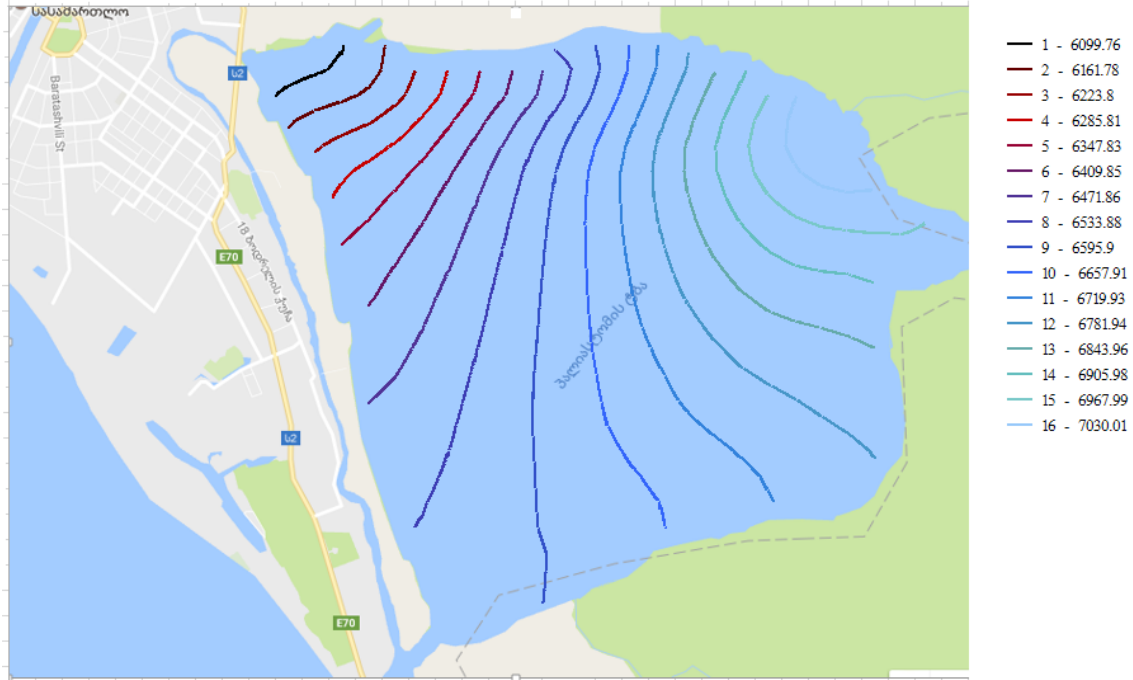
ნახაზზე 8-10 ნაჩვენებია საერთო კოლიფორმების კონცენტრაციათა დროში ცვლილება 24 საათის განმავლობაში. ნახაზებიდან გამომდინარეობს, რომ ადგილი აქვს 2 პროცესს- საერთო კოლიფორმების დიფუზიურ და ადვექციურ გადატანას, რის შედეგადაც ხდება მაქსიმუმის ზონაში კონცენტრაციის შემცირება და საერთო კოლიფორმების გადატანა ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით, რაც თანხვედრაშია პალიასტომის ტბაში ფორმირებულ დინებასთან. ტბის აღმოსავლეთ ნაწილში ფორმირებული ციკლონური დინება იწვევს ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში არსებული



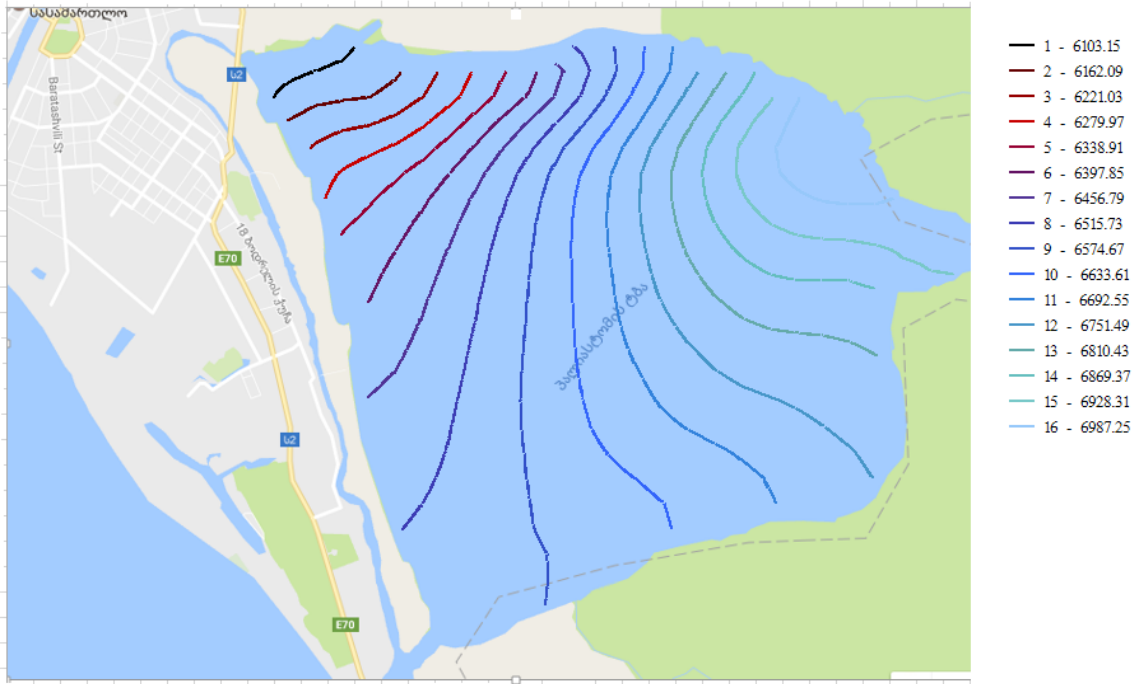
საერთო კოლიფორმების გადატანას სამხრეთ-აღმოსავლეთის მინარტულებით, რის შედეგადაც ფორმირდება ერთგვაროვანი გადანაწილება სუსტი ტალღური დეფორმაციით.

11-14 ნახაზზე წარმოდგენილია მეორე ექსპერიმენტით განსაზღვრული ძირითადი დაბინძურების წყაროს- მდინარე ფიჩორას პალიასტომის ტბის შესართავთან განსაზღვრული საერთო კოლიფორმების კონცენტრაციათა გადანაწილება დასავლეთის ქარის შემთხვევაში (ნახაზი 6.).

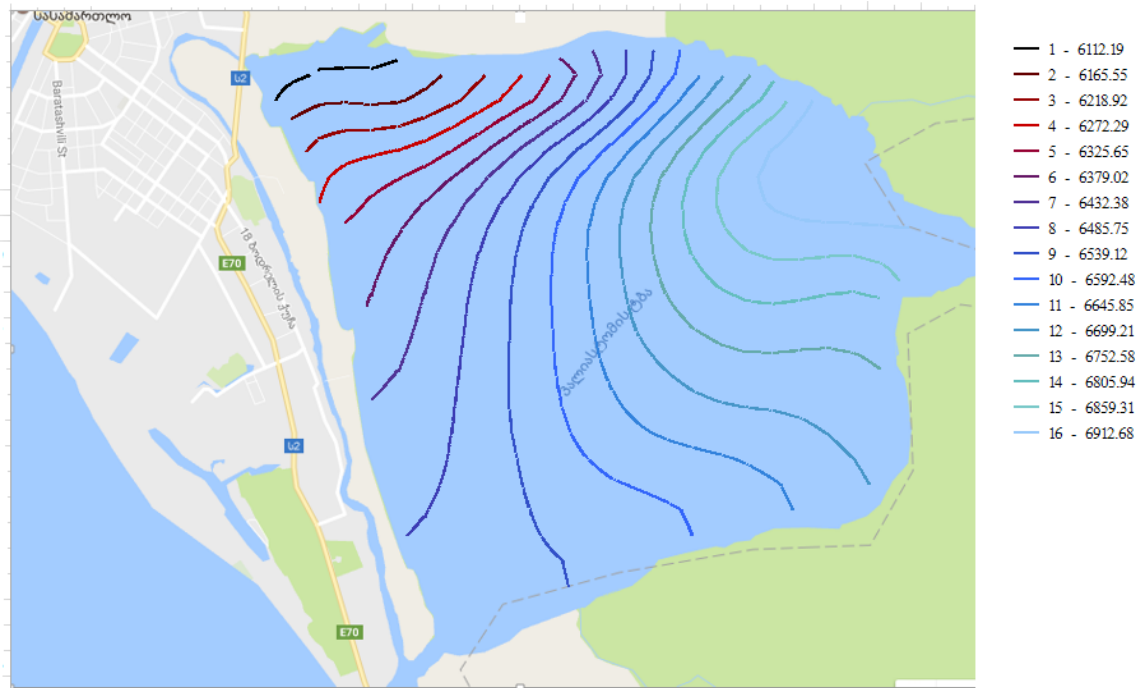
პალიასტომის ტბაში ფორმირებული დინებები იწვევენ საერთო კოლიფორმების გადანაწილების ცვლილებას, რომელიც ხასიათდება კონცენტრაციის შემცირებით 40 კწე/მლ-ით 24 საათის განმავლობაში მდინარე ფიჩორას პალიასტომის ტბასთან შესართავის მიმდებარე მიდამოებში, ასევე 32 კწე/მლ-ით კონცენტრაციის გაზრდით თევზის ქარხნის მიმდებარე მიდამოებში.



ნახაზი 12. საერთო კოლიფორმების განაწილება 6 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)



ნახაზი 13. საერთო კოლიფორმების განაწილება 12 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)



ნახაზი 14. საერთო ეკოლიფორმების განაწილება 24 საათის შემდეგ (II ექსპერიმენტი)

6-9 ნახაზის მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ პალიასტომის ტბაში ტურბულენტობით გამოწვეული ცირკულაციური პროცესები იწვევენ საერთო კოლიფორმების გადანაწილებას მთელ აქვატორიაში. გადანაწილება არათანაბარია და განსაკუთრებით ინტენსიურია ტბის ჩრდილო-დასავლეთ სანაპიროს შუა ნაწილში.

მოცემური ტექნოლოგია იძლევა იმის საშუალებას, რომ ანალოგიური გამოთვლები განხორციელდეს ნებისმიერი მცირე სიღრმის მქონე წყალსაცავისათვის. ამისათვის მომხმარებელს დასჭირდება მხოლოდ წყალსაცავის მახასიათებლების შეცვლა (ჰორიზონტალური ზომები, ფსკერის რელიეფი და ატმოსფერული ქარი).

ამრიგად მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ პალიასტომის ტბის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ზოგადი სურათი არაერთგვაროვანია. ის დამოკიდებულია დამაბინძურებელი წყაროების მდებარეობაზე, დაბინძურების ინტენსიობაზე და მეტეოროლოგიური პირობებით ფორმირებული ტბის წყლის დინებებზე.

ნაშრომში შემოთავაზებული მოდელი ხარისხობრივად და რაოდენობრივად კარგად აღწერს რეალურ გარემოში მიმდინარე ფიზიკურ პროცესს და ის შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული შესაბამისი ტიპის წყალსაცავების დინამიკური მახასიათებლების ცვლილების პროგნოზისათვის. მოცემული მოდელის საშუალებით შემდგომში შესაძლებელია ისეთი ამოცანების გადაწყვეტა, როგორცაა გარემოს რესურსების რაციონალური გამოყენება და ეკოლოგიური მდგომარეობის პროგნოზირება [72].

### 3. ექსპერიმენტალური ნაწილი

ბაქტერიოლოგიური ანალიზისათვის წყლის ნიმუშის გამოკვლევა უნდა მოხდეს მისი ალებისთანავე, არაუგვიანეს 2 საათისა. თუმცა ამ პირობის შეუსრულებლობის გამო ანალიზი უნდა განხორციელდეს არაუგვიანეს 6 საათისა წყლის შენახვის პირობით +1 დან +5° C-მდე. წყლის სანიტარულ ჰიგიენური შეფასებისას ადგენენ შემდეგ ბაქტერიოლოგიურ მონაცემებს: მიკრობების საერთო რაოდენობას, კოლი-ტიტრს და კოლი-ინდექსს.

წყალში მიკრობების რაოდენობის ან საერთო მიკრობული დაბინძურების განსაზღვრის პროცედურისას მიკრობების რაოდენობაში იგულისხმება პეტრის ჭურჭელში განთავსებულ ხორც-პეპტონიან აგარზე გაზრდილი კოლონიების რაოდენობა 1მლ საკვლევი წყლიდან დათესვიდან 37°C ინკუბაციის შემდეგ 24 სათის განმავლობაში. სასმელ წყალში მიკრობების რაოდენობა არ უნდა აღმატებოდეს 100, ხოლო ჭებსა და ღია წყალსატევებში 1000.

წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებლებია კოლი-ტიტრი და კოლი-ინდექსი. კოლი-ტიტრში იგულისხმება ნაწლავის ჩხირის, “ E-coli“-ს გამოკვლევისას გამოყენებული წყლის უმცირესი რაოდენობა, რომელიც გამოსახება მილილიტრებში და გრამებში, რომელშიაც აღმოჩნდება თუნდაც ერთი ნაწლავის ჩხირი.

ნაწლავის ჩხირის კოლი-ინდექსი-არის ნაწლავის ჩხირის რაოდენობა , რომელიც აღმოჩნდება 1 ლიტრ წყალში ან 1 გრ მყარ ნივთიერებაში. გამოსაკვლევი ნივთიერების კოლი-ტიტრის განსაზღვრის შემდეგ შეიძლება მოხდეს მისი გადათვლა კოლი-ინდექსად. კოლი ინდექსის მისაღებად საჭიროა კოლი-ტიტრის გაყოფა 1000-ზე.

ჭებისა და ღია წყალსატევების წყალი ითვლება ხარისხიანად თუ მასში კოლი-ტიტრის რაოდენობა არ არის 90-ზე ნაკლები, ხოლო კოლი -ინდექსი არ აღემატება 11.

ძირითადად კოლი-ტიტრის განსაზღვრა ხდება სამფაზიანი დუღილის მეთოდით.

**ცხრილი 23. ნაწლავის ჩხირების ჯგუფის ბაქტერიების ინდექსის განსაზღვრა წყლის ეტაპობრივი კვლევისას.**

გამოსაკვლევი წყლის მოცულობა, სმ				კოლი-ინდექსი	კოლი-ტიტრი
100	10	1,0	0,1		
-	-	-	-	ნაკლები 9	მეტი 111
-	-	+	-	9	111
-	+	-	-	10	105
+	-	-	-	23	43
+	-	+	-	94	10
+	+	-	-	230	4
+	+	-	+	960	1
+	+	+	-	2380	0,4
+	+	+	+	მეტი 2380	ნაკლები 0,4

მოცემულ ტერიტორიაზე მოხდა წყლის 1000 მლ სტერილური ჭურჭლით წყლის ნიმუშის აღება და მისი განთავსება თერმოსტაბილურ კონტეინერში. შემდგომში მოხდა მისი ტრანსპორტირება, სხვა ნიმუშებთან ერთად, მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში წყლის ხარისხის შეფასების მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად.

მოცემულ ტერიტორიაზე მოხდა 1000 მლ სტერილური ჭურჭლით წყლის ნიმუშის აღება და მისი განთავსება თერმოსტაბილურ კონტეინერში. შემდგომში მოხდა მისი ტრანსპორტირება, სხვა ნიმუშებთან ერთად, მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში წყლის ხარისხის შეფასების მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად.

მოცემულ ტერიტორიაზე მოხდა წყლის 1000 მლ სტერილური ჭურჭლით წყლის ნიმუშის აღება და მისი განთავსება თერმოსტაბილურ კონტეინერში. შემდგომში მოხდა მისი ტრანსპორტირება, სხვა ნიმუშებთან ერთად, მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში წყლის ხარისხის შეფასების მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად.

### **3.1. ცხოველმოქმედი მიკროორგანიზმების განსაზღვრა**

ზედაპირული წყალი შეიცავს მიკროორგანიზმებს, რომლებიც ხვდებიან სხვადასხვა წყაროებიდან. მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობის შეფასება საშუალებას იძლევა წყლის ხარისხის შესაფასებლად და ეკოლოგიური მონიტორინგის ჩასატარებლად.

ცხოველმოქმედების უნარიანი მიკროორგანიზმები უკეთ იზრდებიან ლაბორატორიულ პირობებში 22°C ტემპერატურაზე. ხოლო მიკროორგანიზმები, რომლებიც კარგად იზრდებიან ლაბორატორიულ პირობებში 36°C-ზე, ჩვეულებრივ წყალში ძნელად ცხოველმოქმედების უნარი აქვთ. ამიტომ ISO 6222 სტანდარტი ადგენს მიკროორგანიზმების დათვლის სხვადასხვა მეთოდებს, რომლებიც იზრდებიან ზემოთ მოყვანილ ტემპერატურულ რეჟიმებში. სტანდარტი აღწერს ცხოველმოქმედიანი მიკროორგანიზმების წყალში არსებობის განსაზღვრის ანალიზის მეთოდებს კოლონიების დათვლის გზით, რომლებიც წარმოიქმნებიან აგარის საკვებ ნიადაგზე 22°C და 36°C ტემპერატურის პირობებში ჰაერის ჟანგბადის თანაობისას ინკუბაციის პერიოდში.

მეთოდის არსი მდგომარეობს წყლის ნიმუშის შესხურებაში სპეციალურად მომზადებულ პეტრის ჭურჭელში განთავსებულ აგარის საკვებ ნიადაგზე 36°C ტემპერატურაზე 44 საათის განმავლობაში და 22°C

ტემპერატურაზე 68 საათის განმავლობაში და მოცულობის ერთეულზე წარმოქმნილ ნაწილავთა კოლონიების დათვლაში.

**რეაქტივები:** ნიადაგის მოსამზადებლად საჭიროა ანალიზისათვის სუფთა ქიმიური რეაქტივების მარკისა და ერთნაირი ხარისხის კომპონენტების გამოყენება. წყალი უნდა იყოს გამოხდილი და არ უნდა შეიცავდეს ისეთ ნივთიერებებს, რომლებსაც შესწევთ მიკროორგანიზმების ზრდის ინჰიბირების უნარი. მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარების საერთო მოთხოვნები მოცემულია ISO 8199 სტანდარტში [58].

აგარის ნიადაგიანი არე

ტრიპტონი..... 6 გ

საფუარის დეჰიდრატირებული ექსტრაქტი.....3 გ

ფხვნილისებრი ან გრანულირებული აგარი (დამოკიდებულია ჟელეს სიმკვრივეზე)..... 10-20 გ

წყალი..... 1 ლ-მდე

სტერილიზაციის შემდეგ pH უნდა შეადგენდეს  $7,2 \pm 0,2$   $25^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. მომზადებულ ნიადაგს ათავსებენ 15-20 -მლ-იან ან სხვა ტევადობის სინჯარებში. ხანგძლივი შენახვისათვის ნიადაგს ათავსებენ 500 მლ-იან ჭურჭელში. არის სტერილიზებას ახდენენ ავტოკლავში  $121 \pm 3^{\circ}\text{C}$ -ზე  $15 \pm 1$  წუთის განმავლობაში. გამოყენების წინ ნიადაგს ალღობენ წყლის აბაზანაზე  $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის პირობებში. ნიადაგის შენახვა  $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$ -ზე დასაშვებია არაუმეტეს 4 საათისა.

**ხელსაწყოები და აღჭურვილობა:** ავტოკლავი; ინკუბატორები, რომლების უზრუნველყოფენ  $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ან  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ რეჟიმს; 90 და 100 მმ-იანი დიამეტრის მინის ან პლასტიკური პეტრის ჯამები; წყლის აბაზანა, რომელიც უზრუნველყოფს  $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ რეჟიმს; კოლონიების დამთვლელი მოწყობილობა.

**განსაზღვრის მეთოდის:** ამზადებენ წყლის სინჯებს, ჟელესმაგვარ საკვებ ხსნარს და ინექცირებენ მას. ინექცირებენ მინიმუმ თითოეული ტემპერატურის მნიშვნელობისას და ყოველი წყლის მოცულობის ორ სინჯს. ჟელესმაგვარი საკვები ხსნარის რაოდენობა პეტრის ჯამში არ უნდა აჭარბებდეს 2მლ-ს. ინექცირებულ ჟელეს ფირფიტებს აბრუნებენ და ახდენენ ერთი ჯგუფის ინკუბირებას  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  -ზე  $44\pm 4$  საათის განმავლობაში. სინჯის მეორე ჯგუფის ინკუბირება წარმოებს  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე  $68\pm 4$  საათის განმავლობაში. ნიმუშების შეფასებას ახდენენ ცდის დამთავრებისთანავე. თუ ეს შეუძლებელია, მაშინ ნიმუშებს ინახავენ არაუმეტეს 48 საათის განმავლობაში  $5\pm 3^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე რათა აღმოვფხილი იქნას ფირფიტების მთლიანი ამოზრდა.

ფირფიტაზე კოლონიების რაოდენობის დათვლა ხდება ISO 8189 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად. თუ კოლონიების რაოდენობა აღემატება 300/მლ-ს აღემატება მაშინ.

### **3.2. ნაწლავური ენტეროკოკების განსაზღვრის მეთოდი**

ISO 7899-1 სტანდარტის მეთოდისაში მოცემულია ნაწლავური ენტეროკოკების არსებობის დადგენა ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებში. მოცემული ენტეროკოკები ითვლებიან წყლის ფეკალურ დამაბინძურებელ ინდიკატორებად. მოცემული მეთოდით არ განისაზღვრება ნაწლავური ენტეროკოკები სასმელ წყალში თუ მათი რაოდენობა ნაკლებია 15 / 100 მლ-ზე. ნაწლავური ენტეროკოკების ზრდა შესაძლებელია აერობულ პირობებში  $44^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ინკუბაციისა, ჰიდროლიზებზე 4- მეთილუმბელიფერილ b-D გლუკურონიდს (MUG) თალიუმის აცეტატის, ნალიდიქსის მჟავისა და - 2,3,5 ტრიფენილტეტრაზოლიუმის ქლორიდის თხევად სივრცეში თანაობისას თხევად არეში [58].



მეთოდის არსი მდგომარეობს გაუწყლებული არის შემცველ პლანშეტზე განზავებული ხსნარის ინკუბაციაში. პლანშეტს ინკუბაციის შემდეგ  $45 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე მინიმუმ 36 საათიდან მაქსიმუმ 72 საათამდე იკვლევენ სიბნელეში 366 ნმ ტალღის სიგრძის ულტრაიისფერ განათებისას. ნაწლავური ენტეროკოკების მიკროორგანიზმების არსებობაზე მიუთითებს ფლოუროსცენცია, რომელიც ხორციელდება MUG ჰიდროლიზის შედეგად. შედეგები შესაძლებელია ჩაითვალოს სავარაუდო რიცხვად 100 მლ-ში.

**კულტურალური არე და გამხსნელები:** კულტურალურ არედ და გამხსნელებად გამოიყენება ერთი ხარისხისა და ანალიზისათვის სუფთა რეაქტივები ან გაუწყლებული გამხსნელები და მზა ნიადაგები.

მოსამზადებლად იყენებენ დემინერალიზირებულ ან დესტილირებულ წყალს, რომლებიც არ შეიცავენ ზრდის ინჰიბიტორებს. თუ ნიადაგები არ გამოიყენება მომზადების შემდეგ მაშინვე, მათ ინახავენ  $0^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ერთი თვის განმავლობაში შემადგენლობის შეცვლის გამორიცხვით.

სპეციალური გამხსნელი (SD)

სინთეტიკური ზღვის მარილი----- 22,5 გ  
ლურჯი ბრომფენოლის ხსნარი (არ არის სავალდებულო)----- 10 მლ  
წყალი----- 10 მლ

ახდენენ სტერილიზაციას ავტოკლავში  $121 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ პირობებში 15 დან 20 წუთის განმავლობაში.

0,04 გ ლურჯ ბრომფენოლის ხსნარს უმატებენ 100 მლ 5%-იან ეთანოლს. მას იყენებენ სპეციალური გამხსნელის შეფერვისათვის დისტილირებული წყლისაგან განსასხვავებლად.

სტერილიზებას ახდენენ ავტოკლავში  $121 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ რეჟიმში 15 დან 20 წუთამდე.

კულტურული ნიადაგი MUG/SF

ხსნარი A

ტრიფტოზა ----- 40გ  
 $\text{KH}_2\text{P}_0_4$  ----- 10

ბ

D(+)-გალაქტოზა-----2გ  
 პოლიეთილენსორბიტან მონოლექტი (Tween 8 -----1,5 მლ  
 წყალი-----900 მლ

900 მლ წყალს უმატებენ ტრიფტოზას,  $\text{KH}_2\text{P}_0_4$ -ს, გალაქტოზას და „Tween 80“-ს, ფრთხილად აცხელებენ მაგნიტური სარეველათი, შემდეგ მიყავთ დუღილამდე, სრულ გახსნამდე და აცივებენ.

ხსნარი B

$\text{NaHCO}_3$ -----4 გ  
 ნოლიდიქსის მჟავა -----250 მგ  
 წყალი ----- 50 მლ

ხსნარი C

თალიუმის აცეტატი ( I ) ----- 2 გ  
 2,3,5-ტრიფენილტეტრაზოლიუმის ქლორიდი-----0,1 გ  
 წყალი-----50 მლ

ხსნარი D

MUG (4-მეთილუმბელიფერილი-b-D-გლუკორონიდი)-----150 მგ  
 N,N-დიმეთილფორმამიდი-----2 მლ

მომზადება — A,B,C,D ხსნარებს ურევენ ერთმანეთში, არეგულირებენ pH-ს  $7,5 \pm 0,2$ - მდე და ახდენენ სტერილიზაციას საშალო ფორიან 0,2 მკმ დიამეტრის მემბრანულ ფილტრზე. ანაწილებენ 100 მკლ-ს 96 ლუნკიან პლანშეტის 350 მკლ მინიმალური მოცულობის ლუნკებში და იმწამსვე ახდენენ გაუწყლოებას გვირაბიან საშრობში ან საშრობ კარადაში.

**ხელსაწყოები და მოწყობილობა:** ISO 8199-თანახმად ხდება მინის ჭურჭლის სტერილიზაცია გარდა იმ აღჭურვილობისა რომელიც უკვე სტერილიზებულია.

- გამოიყენება ჩვეულებრივი მიკრობიოლოგიური მოწყობილობა მათ შორის ქვემოთ მოყვანილი აპარატურა, მშრალი სითბოთი მასტერილიზებელი აპარატი (დუმელი) ან ორთქლით (ავტოკლავი);

-  $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ რეჟიმში ინკუბატორი;

- გვირაბული საშრობი ან ვერტიკალური საშრობი კარადა ლამინარული ჰაერის ნაკადით;

- კამერა, რომელიც გამოიყენება ულტრაიისფერი განათებისას (366 ნმ) დასაკვირვებლად;

- გადასატანი რეფრაქტომეტრი ( არ არის აუცილებელი).

- pH მეტრი  $\pm 0,1$  გაზომვის სიზუსტით.

- სინჯარები 16 x160მმ და 20 x200 მმ ზომის ან იგივე ზომის კოლბები.

- რვა არხიანი მულტიპიპეტი 200 მკლ-ის გასანაწილებლად თითოეულ ფოსოში;

- სტერილური საწვეთურები მულტიპიპეტისათვის.

**მოწყობილობები მემბრანული ფილტრაციისთვის:** ISO 8199 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, 0,2 მკმ-იანი დიამეტრის ფორიანი მემბრანული ფილტრი თხევადი არის სტერილიზაციისათვის.

- სტერილური პლანშეტი - 350 მკლ ტევადობის 96 ფოსოიანი, ბრტყელ-ძირიანი და არაფლუორესცირებადი;

- სტერილური საფარი ფირფიტები პლანშეტებისათვის;

- სტერილური პეტრის ჯამები 90 მმ დიამეტრიანი;

ტრანსპორტირება და ლაბორატორიაში მიტანა ხდება ISO 8199, ISO 5667-1, ISO 5667-2 და ISO 5667-3 სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად.

**განზავების შერჩევა**

განზავების რაოდენობა დამკვიდრებულია სავარაუდო დაბინძურების დონეზე.

**ცხრილი 24. სინჯის განზავების პირობები**

ნიმუშის სახე	განზავების რაოდენობა	ფოსლების რაოდენობა/ განზავებაზე	ბაქტერიების გასაზომი დონე 100 მლ-ში
საბანაო წყალი	2	64 ფოსო 1/2-ზე; 32 ფოსო 1/20; -ზე;	15 დან $3,5 \times 10^4$ -მდე
სხვა ზერდაპირული წყლები	4	24 ფოსო 1/2-ზე;; 24 ფოსო 1/20-ზე;; 24 ფოსო 1/200-ზე;; 24 ფოსო 1/2000-ზე;;	40 დან $3,2 \times 10^6$ -მდე
ჩამდინარე წყლები და გამწმენდი ნაგებობიდან გამოსული წყლები	6	16 ფოსო 1/2-ზე;; 16 ფოსომდე 1/200000-ზე;	60 დან $6,7 \times 10^8$ -მდე

სამუშაოების ჩატარება უნდა მოხდეს ბიოლოგიურ გამწოვ კარადაში, ვინაიდან ხსნარების გახსნისას და განაწილებისას შესაძლოა წარმოიქმნან აეროზოლები.

**3.3. კოლის და კოლიფორმული ბაქტერიების განსაზღვრა ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებში**

კოლის მიკროორგანიზმების განსაზღვრა და გამოთვლა ხორციელდება ISO 9308-3 - ის საერთაშორისო სტანდარტის გამარტივებული მეთოდით. მეთოდის არსი მდგომარეობს ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებში ინოკულაციის გზით სავარაუდო რიცხვის გამოთვლაში თხევად გარემოში. მეთოდი გამოიყენება ყველა ტიპის, მათ შორის დიდი რაოდენობის შეწონილი ნაწილაკების შემცველ ზედაპირულ და ჩამდინარე წყლებისათვის. მოცემული მეთოდი არ გამოიყენება სასმელი და სხვა ტიპის წყლებისათვის, რომლისათვისაც დადგენილი ნორმატივი 100 მლ-ში 15 ერთეულზე ნაკლებია.

კოლის მიკროორგანიზმები არის b -D- გლუკორონიდაზას დადებითი მიკროორგანიზმები, რომლებიც იზრდებიან 44°C საინკუბაციო ტემპერატურაზე 4-მეთილუმბელიფერილს - b - D- გლუკორონიდის (MUG ) შემცველ თხევად არეში.

მეთოდის არსი მდგომარეობს გაუწყლებული კულტურალური არის შემცველ პლანშეტზე განზავებული სინჯის ინოკულაციაში. ინკუბაციის შემდეგ პლანშეტებს 44±0,5°C ტემპერატურაზე 36 (მინიმუმ) დან 72 (მაქსიმუმ) საათამდე იკვლევენ ულტრაიისფერი განათებისას 366 ნმ სიგრძის ტალღაზე. მიკროორგანიზმის არსებობაზე მიუთითებს ცისფერი ფლუორესცენცია, რომელიც მიმდინარეობს MUG-ს ჰიდროლიზის შედეგად. შედეგად მიიჩნევა მიკროორგანიზმების სავარაუდო რიცხვი 100 მლ-ში.

### **კულტურული არეები და გამხსნელები**

კულტურალური არეებად და გამხსნელებად გამოიყენება ერთნაირი ხარისხისა და ანალიზისათვის სუფთა რეაგენტები, ან გაუწყლებული გამხსნელები და მზა არეები. განსაზავებლად გამოიყენება ზრდის ინჰიბიტორების არ შემცველი დემინერალიზირებული. მოსამზადებლად იყენებენ დემინერალიზირებულ გამოხდილ წყალს, რომელიც არ შეიცავს ზრდის ინჰიბიტორებს.

თუ ნიადაგი მომზადებისთანავე არ გამოიყენება, მაშინ მათ ინახავენ სიბნელეში 0°C დან 5°C-მდე ტემპერატურაზე ერთი თვის განმავლობაში შემადგენლობის ცვლილების გამომრიცხავ პირობებში.

სინთეზური ზღვის მარილი..... 22,5 გ  
ბრომფენოლ ლურჯის ხსნარი (არ არის სავალდებულო)..... 10 მლ  
წყალი..... 1 ლ-მდე  
სტერილიზაციას ახდენენ ავტოკლავში- 121±3,°C ტემპერატურაზე 15-20 წუთის განმავლობაში.

ლურჯი ბრომფენოლის ხსნარის დასამზადებლად მის 0,04 გრამს უმატებინ 100 მლ 50%-იანი ეთანოლის ხსნარს.

სტერილიზაციას ახდენენ ავტოკლავში- 121±3,°C ტემპერატურაზე 15-20 წუთის განმავლობაში.

**კულტურალური არე M11C/EC.**

ტრიფტონი..... 40 გ  
სალიცინი..... 1 გ  
ტრიტონ X 100<sup>a</sup> (ან ექვივალენტური პროდუქტი)..... 1 გ  
MUG (4-მეთილუმბელიფერილ-b-D-გლუკორონიდი)..... 100 მგ  
წყალი..... 1-ლ-მდე

თანმიმდევრულად უმატებენ ტრიფტონს, სალიცინს და ტრიტონს 1 ლიტრ წყალს, ფრთხილად ათბობენ და ურევენ მაგნიტური სარეველათი, შემდეგ მიყავთ ადულებამდე და სრულ გახსნამდე. აცივებენ და უმატებენ კომპონენტ MUG-ს, რომელიც გახსნილია 2 მლ NN დიმეთილფორმამილში. (NN დიმეთილფორმამიდი ითვლება ტოქსიურ ნივთიერებად და მიეკუთვნება კანცეროგენულს. ის სახიფათოა შესუნთქვისას, გადაყლაპვისას და კანთან კონტაქტისას. მასთან მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ გამწოვ კარადაში).

pH მიყავთ  $6,9 \pm 0,2$  მდე, ხოლო სტერილიზირებას ახდენენ 0.2 მკმ მემბრანული ფილტრიდან.

სტერილიზაციას ახდენენ 0.2 მკმ დიამეტრის ფორებიან მემბრანული ფილტრში, შემდეგ ანაწილებენ 100 მკლ-ით 96 ფოსოიან პლანშეტის ფოსოებში, რომლის მინიმალური მოცულობაა 350 მკლ. სასწრაფოდ აუწყლებენ გვირაბისეულ საშრობში ან საშრობ კარადაში.

**ხელსაწყოები და მოწყობილობა:** ISO 8199 - სტანდარტის თანახმად ახდენენ მინის ჭურჭლის სტერილიზაციას. გამოიყენება ჩვეულებრივ მიკრობიოლოგიური ლაბორატორიის მოწყობილობა, მათ შორის ქვემოთ მოყვანილი აპარატურაც.

- აპარატი, რომელიც გამოიყენება მშრალი სითბოთი (ღუმელი) ან ორთქლით (ავტოკლავი) სტერილიზაციისათვის;
- $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ რეჟიმთან ინკუბატორი;
- გვირაბული საშრობი ან ვერტიკალური საშრობი კარადა ლამინარული ჰაერის ნაკადით;
- კამერა რომელიც გამოიყენება ულტრაიისფერი განათებისას (366 ნმ) დასაკვირვებლად;
- გადასატანი რეფრაქტომეტრი ( არ არის აუცილებელი);
- pH მეტრი  $\pm 0,1$  გაზომვის სიზუსტით;
- სინჯარები 16x160მმ და 20 x200 მმ ზომის ან იგივე ზომის კოლბები;
- რვაარხიანი მულტიპიპეტი 200 მკლ-ის გასანაწილებლად თითოეულ ღრმულში;
- სტერილური საწვეთურები მულტიპიპეტისათვის.
- ISO 8199 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად მოწყობილობები მემბრანული ფილტრაციისთვის. მემბრანული ფილტრის ფორის დიამეტრია 0,2 მკმ, რომელიც გამოიყენება თხევადი არის სტერილიზაციისათვის;

- 350 მკლ ტევადობის 96 ფოსფორიანი სტერილური პლანშეტი, ბრტყელძირიანი და არაფლუორესცირებადი;
- სტერილურ საფარიანი ფირფიტები პლანშეტებისათვის. 90 მმ-ის დიამეტრიანი პეტრის სტერილური ჯამები.

სინჯის აღება, ტრანსპორტირება და ლაბორატორიაში მიტანა ხდება ISO 8199, ISO 5667-1, ISO 5667-2 და ISO 5667-3 სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად.

### ხსნარების მომზადება

სამუშაო უნდა ჩატარდეს ბიოლოგიურ გამწოვ კარადაში, ვინაიდან ხსნარების გახსნისას და განაწილებისას შესაძლებელია წარმოიქმნას აეროზოლები.

განზავებების რაოდენობის შესაბამისად იღებენ გარკვეული რაოდენობის სტერილურ სინჯარებს და უმატებენ თითოეულ სინჯარაში 9 მლ სპეციალურ გამხსნელს. მიკროორგანიზმების თანაბრად განაწილებისათვის ახდენენ სინჯის ენერგიულად მორევას და სრაფად გადააქვთ სტერილური პოიპეტით 9 მლ ჰომოგენიზირებული სინჯი პირველ სინჯარაში, რომელიც შეიცავს 9 მლ გამხსნელს (განზავება 1/2). ახალი პიპეტით გადააქვთ 1 მლ ეს ჰომოგენიზირებული ხსნარი მე-2 სინჯარაში (განზავება 1/20). მე-2 სინჯარაში მიღებული განზავებული ჰომოგენიზირებული ხსნარიდან საჭიროებისამებრ ანზავებენ 1/10, ეი 1/200.

**ინოკულაცია** - პირველი სინჯარიდან განზავებული ხსნარი გადააქვთ ცარიელ, სტერილურ 90 მმ-იან პეტრის ჯამში. რვა სტერილურ საწვეთურიანი მრავალარხიანი პიპეტის საშუალებით ანაწილებენ 200 მკლ-ს პლანშეტის ყოველ ფოსოში. ასევე ანაწილებენ შემდეგ სინჯარებში მოთავსებულ განზავებულ (1/20, 1/200 და ა.შ.) ხსნარებს.



**ინკუბაცია** - ინოკულაციის დამთავრებისთანავე პლანშეტს ფარავენ ერთჯერადი სტერილური წებოვანი აფსკით და ახდენენ მის ინკუბირებას  $44\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. მინიმუმ 36 საათიდან მაქსიმუმ 72 საათამდე.

**ცხრილი 25. სინჯის განზავება**

სინჯი	განზავების რაოდენობა	ფოსოების რაოდენობა/ განზავებაზე	ბაქტერიების გაზომვის დონე 100 მლ-ში
საბანაო წყალი	2	64 ფოსო 1/2-ზე; 32 ფოსო 1/20-ზე;	15 დან $3,5 \times 10^4$ -მდე
სხვა ზერდაპირული წყლები	4	24 ფოსო 1/2-ზე;; 24 ფოსო 1/20-ზე;; 24 ფოსო 1/200-ზე;; 24 ფოსო 1/2000-ზე;;	40 დან $3,2 \times 10^6$ -მდე
ჩამდინარე წყლები და გამწმენდი ნაგებობიდან გამოსული წყლები	6	16 ფოსო 1/2-ზე;; 16 ფოსომდე 1/200000-ზე;	60 დან $6,7 \times 10^8$ -მდე

**შედეგების განსაზღვრა** - ყოველ პლანშეტს ათავსებენ აფსკის ქვეშ ულტრაიისფერ კამერაში. ითვლიან ყველა იმ დადებით ფოსოს, რომელშიც აღინიშნება ცისფერი ფლოუორესცენცია. შედეგების გამოთვლა შესაძლებელია 36 საათის შემდეგ ნებისმიერ დროს, ვინაიდან დროის მიხედვით არ იცვლება ფლოუორესცენცია.

ყოველი შერჩეული განზავებისათვის აღნიშნავენ დადებითი ფოსოებს.

**მაგალითი 1: საბანაო წყალი**

1/2 32+ 64 -დან

1/20 5+ 32- დან

ტოვებენ 32/5

**მაგალითი 2: ზერდაპირული წყლები**

1/2

1/20

1/200

1/2000

ტოვებენ 18/5/1

**მაგალითი 3: ჩამდინარე წყლები**

1/2

1/20

1/200

1/2000

1/20000

1/200000

ტოვებენ 12/5/0

### **3.4 . სალმონელების განსაზღვრა**

სალმონელები მიეკუთვნება დაავადების გამომწვევ მიკროორგანიზმებს, რომელთაც შესწევთ არსებობის უნარი დიდი ხნის განმავლობაში გარემოში, ყველა სახის წყალსა და კვების პროდუქტებში.

ISO 6340 სტანდარტის მიხედვით შესაძლებელია სალმონელების განსაზღვრა ყველა ტიპის წყალში, გარდა გადაუმუშავებელ ჩამდინარე წყლებისა.

მეთოდის არსი მდგომარეობს წყლის ნიმუშის წინასწარ გამდიდრებაში, მის ჩათესვაში კულტურალურ არეში და დაზრდილ ბაქტერიათა კოლონიების იდენტიფიცირებაში.

#### **კულტურალური არე და რეაქტივები**

კულტურალური არეს მოსამზადებლად გამოიყენება საანალიზოდ სუფთა ხარისხის ქიმიური ნივთიერებები. გამოიყენება გამოხდილი წყალი და

არ უნდა შეიცავდეს ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უშლიან ექსპერიმენტის პირობებში მიკროორგანიზმების ზრდას.

სტერილიზაციის შემდეგ ახდენენ ყველა არის pH-ის კორექტირებას.

წინასწარი გამამდიდრებელი არე (ბუფერული პეპტონური წყალი)

რეაგენტი	ჩვეულებრივი კონცენტრაცია	ორმაგი კონცენტრაცია
პეპტონი.....	10 გ .....	20 გ
ნატრიუმის ქლორიდი (NaCl).....	5 გ .....	10 გ
ნატრიუმის ჰიდროფოსფატი (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> x 12 H <sub>2</sub> O) .....	9 გ .....	18 გ
კალიუმის დიჰიდროფოსფატი (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	1,5 გ .....	3 გ
წყალი .....	1 ლ-მდე .....	1 ლ-მდე

**მომზადება:** ყველა რეაქტივს ანზავებენ თბილი წყლით. ამ ხსნარის pH უნდა შეადგენდეს 7,2±0,1. არის სტერილიზირებას ახდენენ ავტოკლავში 121 ± 1°C ტემპურატურაზე 15 წუთის განმავლობაში.

მაცივარში ინახება 3 თვის განმავლობაში.

გამამდიდრებელი არე მწვანე მალაქიტი -მაგნიუმის ქლორიდი (რაოპორტის მოდიფიცირებული არე - ვასილიადისი)

ძირითადი ხსნარი:

ხორცის პეპტონი.....	4 გ
სოიოს პეპტონი.....	1 გ
ნატრიუმის ქლორიდი (NaCl).....	8 გ

კალიუმის ჰიდროფოსფატი ( $K_2HPO_4 \times 3 H_2O$ ) .....0,4 გ

კალიუმის დიჰიდროფოსფატი ( $KH_2PO_4$ ) .....0,6 გ

წყალი.....1 ლ-მდე

დამატება 1

მაგნიუმის ქლორიდი ( $MgCl_2 \times 6 H_2O$ ) .....31,7 გ

წყალი.....100 მლ-მდე

დამატება 2

მწვანე მალაქიტი..... 0,4 გ

წყალი.....100 მლ-მდე

**მომზადება :** ძირითადი ხსნარის ყველა რეაქტივი იხსნება თბილ წყალში.

შემდეგ უმატებენ მაგნიუმის ქლორიდის ხსნარს და 10 მლ-ს მწვანე მალაქიტის ხსნარს. ამ ხსნარის pH უნდა შეადენდეს  $5,2 \pm 0,1$ . შემდეგ არეს ასხამენ 10 მლ-იანი მოცულობის სინჯარაში და ახდენენ მის სტერილიზებას ავტოკლავში  $121 \pm 1^\circ C$  ტემპერატურაზე 15 წუთის განმავლობაში.

კონფირმატორული არე

მკვებავი აგარი----- 3 გ

ხორცის ექსტრაქტის ფხვნილი..... 5 გ

ცხოველური ქსოვილის ენიზმატური პეპტონი..... 5 გ

ნატრიუმის ქლორიდი..... 5 გ

აგარი..... 15 გ-მდე

წყალი.....1ლ-მდე

**მომზადება:** ყველა კომპონენტს ხსნიან გაცხელებით.  $pH=7,0 \pm 0,1$ . არის სტერილიზაცია ხდება  $121 \pm 1^\circ C$  ტემპერატურაზე 15 წუთის განმავლობაში და ათავსებენ პეტრის ჯამში.

**ხელსაწყოები და მოწყობილობა:** იყენებენ მიკრობიოლოგიური ლაბორატორიის ჩვეულებრივ ხელსაწყოებს, ასევე ქვემოთ ჩამოთვლილ მოწყობილობებს:

- პეტრის ჯამები - 90 ან 100 მმ დიამეტრის.

- აპარატურა სტერილიზაციისათვის - გამოიყენება მშრალი სტერილიზატორი (ლუმელი) მინის ჭურჭლისათვის, რომელსაც ასტერილიზირებენ  $160\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 1 საათის განმავლობაში, ან  $170\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 40 წუთის განმავლობაში. სტერილიზაციისათვის გამოიყენება ავტოკლავი.
- წყლის აბაზანა;
- ინკუბატორი, რომელიც ინარჩუნებს ტემპერატურას  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$
- წყლის აბაზანა ან ინკუბატორი, რომელიც ინარჩუნებს ტემპერატურას  $42\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- pH-მეტრი.

### განსაზღვრის მეთოდისა

სინჯის აღება ხდება ISO 5667 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, ავივებენ  $2-5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურამდე და იცავენ სინათლისგან. ანალიზის ჩატარება ხდება ნიმუშის აღებიდან არაუგვიანეს 24 საათის განმავლობაში.

წინასწარი გამდიდრებისათვის იღებენ 10 მლ სინჯს, უმატებენ თანაბარი მოცულობის ორმაგი კონცენტრაციის ბუფერულ პეპტონურ ხსნარს, ან სინჯს ფილტრავენ სტერილური მემბრანული ფილტრით ჩვეულებრივი კონცენტრაციის 50 მლ ბუფერულ პეპტონიან წყალში.

მიღებული ნიმუშების ინკუბირებას ახდენენ  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 16-20 საათის განმავლობაში. შემდეგ გადააქვთ 0,1 მლ წინასწარ გამდიდრებული კულტურა მალაქიტ მწვანე მაგნიუმის ქლორიდიან გამდიდრებულ 10მლ (ან 1მლ/100) არეში და ატარებენ ინკუბაციას  $42\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 18-24 საათის განმავლობაში.

გამდიდრების შემდეგ არჩევენ სამიდან ერთ მყარ სელექციურ არეს და ახდენენ სინჯის ინკუბირებაციას  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 24 საათის

განმავლობაში გამდიდრებული კულტურით (ბისმუტ - სულფიტურ აგარზე - 48 საათის განმავლობაში).

დადასტურებისთვის საჭიროა აღებულ იქნას მკაფიოდ ხილვადი სალმონელას კოლონიები: ბრილიანტის მწვანე-იისფერ წითელ აგარზე კოლონიები ვლინდება წითელი ან ოდნავ მოთეთრო - ვარდისფერი სახით წითელი არშიით; ქსილოზო - ლიზინ დეზოქსიქოლატურ აგარზე კოლონიები უფეროა; ზოგჯერ შავი ცენტრით; ბისმუტ-სულფიტის აგარზე კოლონიები ჩვეულებრივ გარშემორტყულია ლითონურად მზინავი არშიით. ამ კოლონიებს ათავსებენ წინასწარ გამომშრალ მკვებავ აგარზე ისეთი სახით, რომ კარგად იზოლირებული კოლონიები ნორმალურად განვითარდეს. აგარის ამ ფირფიტების ინკუბირებას ახდენენ  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 18-24 საათის განმავლობაში. ინკუბაციისთვის გამოიყენება მხოლოდ ცალკეული იზოლირებული კოლონიები.

**ბიოქიმიური დადასტურება:** ბიოქიმიური დადასტურებისათვის ამოიყენება რკინა ორშაქრიანი აგარი, შარდოვანას აგარი და ლიზინო-დეკარბოქსილაზური არე. კოლონიებს ათავსებენ რკინა ორშაქრიან აგარზე და ინკუბირებას ახდენენ  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 24 საათის განმავლობაში.

სალმონელას კოლონიები იძლევიან წითელ ნიშნულებს გაზის წარმოქმნით, ან ყვითელ ნიშნულებს აგარის გაშავებით.

თუ კოლონიების ინკუბირებას ახდენენ  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე 24 საათის განმავლობაში შარდოვანას აგარზე, მაშინ სალმონელა იძლევა უარყოფით რეაქციას (კოლონიები არ იძლევიან ვარდისფერ წერტილებს ან მოგვიანებით მუქ ალუბლისფერ შეფერილობას).

თუ კოლონიები თავსდება თხევად ლიზინო-დეკარბოქსილაზურ არეში, ხოლო ზედაპირზე დააქვთ პარაფინის ან ცხიმის ფენა, მაშინ ინკუბაციის შემდეგ 24 საათის განმავლობაში  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე სალმონელას ტიპური კულტურები იღებენ მეწამულ შეფერილობას.

**სეროლოგიური დადასტურება:** ერთ წვეთ ქლორ-ნატრიუმის ხსნარს აწვეთებენ სუფთა სასაგნე მინაზე და ურევენ კოლონიას ერთგვაროვანი მღვრიე სუსპენზიის მიღებამდე. სასაგნე მინას არხევენ 30-60 წამის განმავლობაში. შემდეგ შედეგს აფასებენ მუქ ფონზე უკეთესია ლუპის ამოყენება. თუ ბაქტერიები შეკრებილია მეტად ან ნაკლებად გამოხატულ ჯგუფად, მაშინ შტამებს ითვლებიან თვითაგლუტინირებად და მათი შემდგომი გამოკვლევა არ ხდება. სეროლოგიური დადასტურებისათვის უკეთესია შეირჩეს სხვა კოლონიები, მაგრამ სასურველია, რომ თვითაგლუტინირებადი კოლონია გამოკვლეული იყოს ბიოქიმიურად სალმონელს დასადასტურებლად.

## დასკვნა

1. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად, წყლის სააუზო მართვის პრინციპების მიხედვით პალიასტომის ტბა მიეკუთვნება ენგურ-რიონის მდინარეთა აუზს, რომლისთვისაც წყლის რესურსების მართვის გეგმა არ არის შედგენილი;
2. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად პალიასტომის ტბის წყლის ხარისხის შესაფასებლად ჩატარდა ეკოლოგიური მონიტორინგი, რომელიც მოიცავს ეკოქიმიურ და მიკრობიოლოგიური კვლევას ISO სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით;
3. პალიასტომის ტბის ეკოქიმიური კვლევის შედეგად წყლის 1,2,3 სინჯის მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს - სუფთას, მე-2 კლასს, ხოლო მე-4 სინჯის მიხედვით მიეკუთვნება დაბინძურებულს, მე-4 კლასს;
4. წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით სიხისტე იცვლება ზომიერიდან ძალიან ხისტამდე;
5. ჟქმ-ის მნიშვნელობის მიხედვით ტბის წყალი მიეკუთვნება დაბინძურებულს;
6. პალიასტომის ტბის წყალი ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით მიეკუთვნება ქლორიდულ - ნატრიუმთან ტიპის წყალს;
7. მიკროელემენტების (Cu, Mn, Zn ) კონცენტრაცია არ აღემატება ზდკ-ს, ხოლო რკინის კონცენტრაცია 1-3 სინჯის წყალში დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია (0, 550-0, 660 მგ/ლ), მე-4 სინჯის წყალში კი აღემატება



ზღვ-ს და შეადგენს 5,600 მგ/ლ, რაც შეიძლება აიხსნას თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენული წყაროების გავლენით;

8. ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროელემენტების მნიშვნელობები შესაძლებელია ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად;
9. ბიოგენურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძობიარობაზე ბევრად დაბალია;
10. ჩატარებული მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე საერთო კოლიფორმებისა და მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა აღემატება ნორმატიულად დასაშვებ რაოდენობრივ მნიშვნელობებს. ასევე დაფიქსირებულია E-coli-ის კლასის ბაქტერიები, ფეკალური სტრეფტოკოკები, ვიბრიონები, აერომონასები და სალმონელები;
11. ანალიზის შედეგებმა დაადასტურა წყლის ობიექტში შემდეგი ბაქტერიების არსებობა: *Shigella flexneri* 1, 2, 3, 4, 6 სეროჯგუფი; *Shigella sonnei*; *Salmonella paratyphi* A; *Salmonella paratyphi* B; *Salmonella typhimurium*; *Salmonella choleraesuis*; *Salmonella oranienburg*; *Salmonella enteritidis*;
12. ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროორგანიზმების რაოდენობა ნორმატიულად დასაშვები რაოდენობის მნიშვნელობებზე მაღალია. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დამაბინუძრებელ წყაროდ ითვლება ტბის სანაპიროზე არსებული გადამფრენი ფრინველების მიერ წარმოქმნილი ფეკალური მასები და ორგანიზმის ნარჩენები, აგრეთვე თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენური წყაროები და დასახლებული პუნქტიდან ჩამავალი საყოფაცხოვრებო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლები;
13. გარემოსდაცვითი მიზნების განსახორციელებლად, დასახული პრევენციული ღონისძიების მიხედვით, პალიასტომის ტბის მოდელური ნიმუში დამუშავდა ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გასაუვნებელყოფად;
14. პალიასტომის ტბის წყლის სექტაფაგით დამუშავების შემდეგ E-coli-ს რაოდენობა შემცირდა  $2 \times 10^2$  კოლ/მლ -მდე, ხოლო მაფანმ-ის რაოდენობა შემცირდა 600 კწე/მლ-მდე, რაც მიუთითებს ბაქტერიული დაბინძურების 60%-ით შემცირებას;

15. წყლის სინჯებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით ჩატარდა წყლის მოდელურ ნიმუშში ფაგომგრძობელობის განსაზღვრა, რის შედეგადაც ინტესტი ბაქტერიოფაგმა გამოიწვია სუსტი ლიზური რეაქცია სალმონელასა და E-coli ბაქტერიების მიმართ. ხოლო ენკო ბაქტერიოფაგმა სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია E-coli ბაქტერიების მიმართ;
16. პალიასტომის ტბაში და მასში ჩამდინარე წყლებში სანიტარულ-მიკრობული ინდიკატორების დინამიკის საფუძველზე გამოყოფილი პათოგენური აგენტების მგრძობიარობის განსაზღვრა ფაგებზე და აქედან გამომდინარე პრევენციული ღონისძიების გატარების მიზნით ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელოება შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მიკრობიოლოგიურად დაბინძურებული ნებისმიერი წყლის ობიექტის მხოლოდ ლოკალური დაბინძურების წყაროებისათვის;
17. პალიასტომის ტბის წყალში დამუშვებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური რიცხვითი მოდელის მიხედვით კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ - აღმოსავლეთ. საერთო ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბინძურების 3 წყარო. დაბინძურების მე-4 წყაროს შემთხვევაში, რომელიც მდებარეობს პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში საერთო კოლიფორმების იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აკვატორიაში არაერთგვაროვანია;
18. პალიასტომის ტბასთან არსებული აეროპორტის არხისა და მდინარე ფიჩორას შესართავთან კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული საერთო კოლიფორმების კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში - ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში;
19. 24 საათის განმავლობაში ადგილი აქვს საერთო კოლიფორმების დიფუზიურ და ადვექციურ გადატანას ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით და მაქსიმუმის ზონაში კონცენტრაციის შემცირებას;
20. პალიასტომის ტბაში ტურბულენტობით გამოწვეული პროცესები იწვევენ საერთო კოლიფორმების გადანაწილებას მთელ აკვატორიაში. გადანაწილება არათანაბარია და ის განსაკუთრებით ინტენსიურია ტბის ჩრდილო-დასავლეთი სანაპიროს შუა ნაწილში.

21. პალიასტომის ტბაში დამუშავებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების მიკროორგანიზმებით დაბინძურების პროგნოზირებისათვის;
22. მოცემური ტექნოლოგიით შესაძლებელია ანალოგიური გამოთვლები განხორციელდეს ნებისმიერი მცირე სიღრმის მქონე წყალსაცავისათვის, რისთვისაც საჭირო იქნება მხოლოდ წყალსაცავის მახასიათებლების შეცვლა (ჰორიზონტალური ზომები, ფსკერის რელიეფი და ატმოსფერული ქარი).

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. Факторы влияния на химический состав воды. © Copyright 2009-2010 all-about-water.ru; ст-21;
2. ლოლობერიძე მ., „წყლის ეკოსისტემები დაცვა და რეგიონალური გამოყენება.“ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, იუნესკოს რესპუბლიკური კომიტეტი; თბილისი, მეცნიერება, 1992 წელი გვ. 93-97;
3. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии (пресные воды). Тбилиси, Изд. Тбилисского Университета 2003 ст. 399;
4. Ресурсы поверхностных вод СССР, т 9, Закавказье и Дагестан. Л., Гидрометиздат, 1969;
5. Хмаладзе Г.Н. Вынос наносов реками Черноморского побережья Кавказа. Л., Гидрометиздат, 1978;
6. Карсанидзе Н.К., Супаташвили Г.Д. Тр. ТГУ, 1972, т. 147, ст. 73-79;
7. Карсанидзе Н.К., Супаташвили Г.Д. Тр. ТГУ, 1976, т. 178, ст. 5-13;
8. Супаташвили Г.Д. Тр. ТГУ, 1987, т. 256,ст. 75-81;
9. Супаташвили Г.Д., Карсанидзе Н.К. Тр. ТГУ, 1976, т. 167, ст. 5-11;
10. Супаташвили Г.Д., Пцкиალაძე Т.А., Карსანიძე Н.К. Тр. ТГУ, 1964, т. 104, 131-140;

11. Супаташვილი გ.დ., Пцкиალაძე Т.А., Цискаришვილი Л.П., Карსანიძე Н.К. ТГУ, 1971, т. 141, 61-67 ;
12. Супаташვილი Г.Д., Цискаришვილი Л.П., Мелაძე Р.Г., Махარაძე Г.А., Голиაძე Н.С., Чხიკვიშვილი Н.И. В кн.: Гидробиологический режим и ихтиофауна р. Куры. Еб. Мецნიერება, 1980, 16-46;
13. Хухია В., Хинტიбаძე Л., Супаташვილი А. Тр. ТГУ, т. 80, Тბილისი, 1961, ,  
стр 201-206
14. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М., Наука,  
Москва, 1983 стр 60;
15. Супаташვილი Г.Д., Голиაძე Н.С., გველესიანი Л.Т. Литология и полез.  
Ископаемые, 1984, № 6, стр 97-104;
16. Супаташვილი Г.Д., Голиაძე Н.С., Гриგალაშვილი К.И. Геохимия, 1979, №  
4, стр 622-629;
17. Супаташვილი Г.Д., Лორია Н.В., Сичинаვა Л. Т. Сообщ. АН ГССР, 1981, т.  
103, стр 377-380;
18. ვაშანიძე მ. შავი ზღვის საქართველოს შეღვის  
ჰიდრობიონტის თავისებურებანი, 2006 წელი, გვ 43;
19. Махარაძე Г.А., Супаташვილი Г.Д., Варшал Г.М. Сообщ. АН ГССР, 1978, т.  
90, № 3, 625-628;
20. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ. საქართველოს პარლამენტის  
უწყებანი, 1997 წელი – N 44;  
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2672857?publication=0>
21. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58 2014 წლის 15 იანვარი  
ქ. თბილისი- სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის  
დამტკიცების შესახებ [http://gov.ge/files/382\\_40044\\_211808\\_58.15.01.14.pdf](http://gov.ge/files/382_40044_211808_58.15.01.14.pdf);
22. Руководство о химическому анализу поверхностных вод суши.  
Гидрометеоиздат. Ленинград, 1987;

23. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425 2013 წლის 31 დეკემბერი. ქ. თბილისი, „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“[http://gov.ge/?sec\\_id=126&lang\\_id=GEO&month=12&year=2013](http://gov.ge/?sec_id=126&lang_id=GEO&month=12&year=2013);
24. ნამგალაძე პ. კანალიზაცია. თბილისი, გამომცემლობა „განათლება“,1986, გვ. 36-55;
25. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტომი 7, 1981, თბილისი მთავარი სამეცნიერო რედაქცია. გვ. 19,20;
26. Факторы влияния на химический состав воды. Copyright © 2009-2010 all-about –water.ru; c1-21;
27. საქართველოს გეოგრაფია. ფიზიკური გეოგრაფია, ნაწილი 1. თბილისი, მეცნიერება, 2000, გვ. 344;
28. რამსარის კონვენცია “საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ”, 02.02.1971, <https://www.ramsar.org/>
29. საქართველოს კანონი კოლხეთის დაცული ტერიტორიების შექმნისა და მართვის შესახებ, №1720 – II 1998 წლის 9 დეკემბერი;
30. Tvalchrelidze M. Geological history of the Sokhumi peninsula in Late Pleistocene and Holocene. Bull. of the Georgian Acad. of Sci. 1998, V 157, N 4, p. 437-442;
31. Колхидская низменность. Природные условия и социально-экономические аспекты. Ленинград, Гидрометеиздат, 1989, ст. 373;
32. ბენაშვილი ნ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., ხუხუნია ც., ადამია ტ. მანგანუმისა და დარიშხანის შემცველობა მდ. რიონის მყარ ნატანში და შესართავისპირა ზონის ზღვის ფსკერულ ნალექებში . საერთაშორისო კონფერენცია “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება”.საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები, 2010, გვ. 311-213;
33. Jacqueline P. J., Gaskin M., Wilson H. R., and Mather F. B, “Avian Diseases Transmissible to Humans” University of Florida IFAX Extension, p1-4;

34. მაჭარაშვილი ი.. არაბული გ.. დარჩიაშვილი გ.. გორგაძე გ.. ჯავახეთის წყალქარბი ეკოსისტემები: ბიომრავალფეროვნება და კონსერვაცია,- [სახეობათა კონსერვაციის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრი NECRES],თბილისი .2004, გვ 3;
35. Bagrationi G. Water Quality, Cyanobacteria and Cyanotoxins in Two Freshwater Reservoirs on the Coast of Georgia Master's Thesis in Environmental and Health Studies, Bø, Norway , 2015, p 17-18;
36. Results of the Autumn 2010 Migratory Waterbird Counts in the Azov-Black Sea Coastal Wetlands of Ukraine,Georgia and Turkey Wetlands International Black Sea programme, Kiev, 2011 p 19-21;
37. Abuladze A.Materials towards a Fauna of Georgia *Issue VI*, Birds of Prey of Georgia, Tbilisi, 2013, p 14;
38. Fenwick A. Waterborne Infectious Diseases-Could they be consigned to History *Science*, 2006, p 1077–1081;
39. Kalandadze, R., & Geradze, K., (The Evaluation of ecological status of Lake Nurigeli, Report for „Black Sea Flora and Fauna Scientific Research Centre“ (Georgian), 2009 p 2-3;
40. Puzanov, I., I., Materials on the knowledge of the fauna and fishing in Lake Paliastomi, scientific works on fish industry of Georgia, (In Russian), 1980 p 273-310;
41. Mikashavidze, E., Diasamidze, R., Kalandadze, R., Itskirveli, M., Bio-ecological condition of the Lake Paliastomi. Works XV, The Ministry of Education of Georgia, Shota Rustaveli State University, 2006;
42. ვარშანიძე მ. ასლანის ას .შავი ზღვის საქართველოს შელფის ჰიდრობიონტის *Mytilaster lineatus* -ის მორფო-ბიოლოგიური; თავისებურებანი, 2006, გვ 6-7;
43. ბენაშვილი ნ, შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ეკოგეოქიმიის საკითხები. თბილისი, 2012, გვ 50-55;
44. Craun GF, Fraun MF, Calderon RL, Beach MJ. Waterborne outbreaks reported

- in the United States. *J Water Health*. 2006, p 19–30;
45. ზოოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, XXIV ტომი, გამომცემლობა „უსტარი“, Tbilisi, 2015, გვ 76-77;
  46. Bacterial Diseases (Field Manual of Wildlife Diseases) Milton Friend University of Nebraska – Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln, 1999, p 99;
  47. Komakhidze, A., Treatment of fisheries system of the Lake Paliastomi and the River, 2006 p 47;
  48. Adams D.G., Duggan P. S. “Cyanobacteria-Bryophyte Symbioses,” *Journal of Experimental Botany*, , 2007, p 3;
  49. Phichori for the Kolkheti National Park. Water Ecology and Fisheries Research Institute (In Georgian), Tbilisi, 2004, p 55;
  50. Jaiani, E., Kokashvili, T., Mitiashvili, N., Elbakidze, T., Janelidze, N., Lashkhi, N., Kalandadze, R., Mikashavidze, E., Natroshvili, G., Whitehouse, Ch. A., Huq, A., Tediashvili, M. (2013) Microbial water quality of recreational lakes near Tbilisi, Georgia. *Journal of Water and Health* IWA Publishing Tbilisi, 2013. p 333-345;
  51. ”გარემოსადმი უვნებელი და ეფექტური, ანტიბიოტიკებისადმი რეზისტენტული სალმონელოზური ინფექციების გამომწვევების საწინააღმდეგო სამკურნალო-პროფილაქტიკური ბიოპრეპარატის (ბაქტერიოფაგის) დემონსტრირება და დანერგვა მეფრინველეობაში.” CGS 03-70, თბილისი, 2005, <http://www.icfer.org/poultry.htm> ;
  52. ჰაერის ტემპერატურა პალიასტომის ტბის მიმდებარე საქართველოს ტერიტორიაზე მიმდინარე და ისტორიული ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემები-2018 წელი. ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტი, გარემოს ეროვნული სააგენტო, გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, თბილისი, 2018 (<http://nea.gov.ge/ge/service/hidrometeorologia/2/hidro-meteorologia/>);
  53. Абхазава И.С.” Водный баланс некоторых озер Грузии Таблица -11 сер. 69-70 Озера Грузии”, Издательство «Мецниереба» Тбилиси, 1975 стр 23;

54. Колхидская низменность Научные предпосылки освоения Академия Наук СССР Академия Наук Грузинской ССР Институт Географии имени Вахушти Багратиони Москва « Наука» 1990, стр 35;
55. Зенкевич Л.А. Побережье Черного и Азовских морей. Москва. Наука, 1968 стр. 210;
56. Abuladze A. Materials towards a Fauna of Georgia Issue VI, Birds of Pray of Georgia, Tbilisi, 2013, p 10-11;
57. სანიტარული მოთხოვნები წყლის სინჯის აღებისა და მომზადებისადმი. სანიტარული წესები სანწ. 2.1.4005-04, საქართველოს ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტრო-2004;
58. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Москва. 2000, ст 839;
59. აბრამია გ., გვერდწითელი ლ., ერისთავი დ. პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, ISSN -0132-6074, 217 N 2, ტომი 43, თბილისი, 2016, გვ. 227-232;
60. Abramia G., Gverdtsiteli L. Eristavi D. “Assesment of Ecological situation of the lake Plaliastomi, The 5th International Scientific-Practical Conference on the topic -"The power of the field of geology is a precondition for the revival of the economy” Mineral Society of Georgia and Georgian Technical University May 29-30, pg. 8-11;
61. აბრამია გ., გვერდწითელი ლ., ერისთავი დ. პალისტომის ტბის წყლის ეკოქიმიური კვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი ISSN 1512-0686, თბილისი, 2017, გვ. 218-224;
62. აბრამია გ., გვერდწითელი ლ., ერისთავი დ. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად პალისტომის ტბის წყლის ხარისხის შეფასება; აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 85 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო - სემეცნიერო - მეთოდური კონფერენცია ”ქიმია-მიღწევები და პერსპექტივები.“ თბილისი, 19-20 ოქტომბერი, 2018, გვ. 217-219;



63. Abramia G, Golijashvili A, Rigvava S, Natidze M, Japarashvili N, Gverdtsiteli L., Eristavi D. Bacteriophages against Antibiotic Resistant Salmonella Bacteria for the Possible Prevention and Treatment of Birds and Clean Up of their Water Habitats. Journal of Veterinary Science & Technology. 2016, Volume 7 • Issue 6 page 1-6.  
<https://www.omicsaonline.org/open-acces/bacteriophages-against-antibiotic-resistant-salmonella-bacteria-for-the-possible-prevention-and-treatment-of-birds-and-clean-up-of-2157-7579-1000395.pdf>;
64. Фомин Г.С., Фомин А.Г. “Почва, контроль качества и экологической безопасности международным стандартам.” Справочник 2001, ст 300;
65. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია ტ N5, თბილისი, 1967. გვ 545;
66. Воиткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г., Справочник по геохимии, Москва, «Недра», 1990, ст. 82-83;
67. გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის ინისტრის ბრძანება N 38/ნ, 2001 წლის 16 აგვისტოს N 297/ნ;
68. აბრამია გ.ვ., გვერდიტელი ლ.ვ., ერისთავი დ.ვ. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2018, N3 ტ 87, გვ 67-70;
69. Вольцингер ... 1977: Вольцингер Н. Е., Р. В. Пясковский. Теория мелкой воды. – Л.: Гидрометеоиздать, 1977, ст. 56-57 ;
70. Стокер 1959: Стокер Дж. Волны на воде. М.: ИЛ, Москва, 1959 ст 76-78;
71. გირგვლიანი ა. ტბის ჰიდროლოგიური მახასიათებლების რიცხვითი მოდელის რეალიზაცია Visual C++-ზე. VIII საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“, 7-8 ივლისი 2017, ქუთაისი, გვ. 110-115;
72. გირგვლიანი ა. წყლის ნაკადების დინამიკური მახასიათებლების რიცხვითი მოდელირება „ბრტყელი“ წყალსაცავებისათვის. აწსუ მოამბე № 2(6), ქუთაისი, 2015, გვ. 132-138;

73. გირგვლიანი ა. წყალსაცავებში წყლის ნაკადების ჰორიზონტალური ცირკულაციის მათემატიკური მოდელირება. აწსუ მოამბე, № 1(7), ქუთაისი, 2016, გვ. 145-151;
74. გირგვლიანი ა. პალიასტომის ტბაში წყლის ნაკადების ცირკულაციის რიცხვითი მოდელირება. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“. ქუთაისი, 2017, გვ. 220-223;
75. გირგვლიანი ა. ზღვაში პასიური მინარევის გავრცელების რიცხვითი მოდელირება. VI საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“, 6-7 ივნისი 2013, ქუთაისი, გვ. 79-83;
76. გირგვლიანი ა. გ.ტბაში წყლის ნაკადების დინამიკაზე ატმოსფერული ქარის ზემოქმედების რიცხვითი მოდელირება საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, საქართველო, 21-22 სექტემბერი, 2018, ქუთაისი, 2017, გვ. 220-223.