

ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიური ინსტიტუტი
და სამეცნიერო – კვლევითი ფირმა “გამა”

რუსუდან ხარგელია

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს

ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური

კვლევა

ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის

მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

02.00.22 – ქიმიური ეკოლოგია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ვახტანგ გვახარია,

ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი.

2006 წ

სარჩევი

შესავალი.

თავი I ლიტერატურის მიმოხილვა.

1.1 ზოგადი ცნობები ბორჯომის რაიონის და საბადოს შესახებ.
გეოგრაფიული ადგილმდებარეობა.

1.2 საბადოს გეოლოგიურ – ჰიდროგეოლოგიური დახასიათება,
ფორმირების თავისებურებები და საექსპლოატაციო უბნების
აღწერა.

1.3 ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური და
ჰიდროგეოლოგიური შესწავლილობა.

1.4 ნატურალური მინერალური წყლის პროდუქციისა და
საბადოებისადმი წაყენებული მოთხოვნები.

1.5 ნატურალური მინერალური წყლების ქიმიური შემადგენილობის
კვლევის მეთოდების მიმოხილვა.

თავი II ექსპერიმენტული ნაწილი.

2.1 კვლევის ობიექტი, ნიმუშების აღება, მარკირება, შენახვა
(კონსერვირება).

2.2 მონიტორინგის პროგრამა და კვლევის მეთოდები.

თავი III კვლევის შედეგები.

3.1 მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური კვლევის
შედეგები.

3.2 სპონტანური გაზების შემცველობა ბორჯომის მინერალური
წყლის საბადოს ცალკეულ ჭაბურღილში.

3.3 კვლევის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება.

3.4 ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მნიშვნელობათა

დიაპაზონები, საქართველოს ეროვნული სტანდარტი – სსტ 50:2005
“წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი”, ტექნიკური
პირობა.

3.5 ბორჯომის წყალში ნორმირებული მაჩვენებლები და საბადოს
ეკოლოგიური დაცულობა.

3.6 ძირითადი მეტალების განაწილება საბადოს ცალკეულ
საექსპლოატაციო უბანზე.

3.7 ბორჯომის საბადოს დაბინძურების რისკი დაკავშირებული
ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენთან.

3.8 საბადოს ჭაბურღილების ფიზიკურ პატამეტრებსა და
ჰიდროქიმიური პარამეტრებს შორის ურთიერთკავშირი.

3.9 მიწისძვრის გავლენა ბორჯომის საბადოს ჰიდროქიმიურ
სტაბილურობაზე.

3.10 მონაცემთა ბაზა და საბადოს კომპიუტერული მოდელი.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი .

გამოყენებული ლიტერატურის და ფონდური მასალების სია.
დანართები.

შესავალი

საქართველოს მიწისქვეშა მტკნარი და მინერალური წყლების წარმოება ქვეყნის სახალხო მეურნეობის ერთ-ერთი წამყვანი დარგია, რომელსაც შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს საქართველოს ეკონომიკის განვითარებაში. აღნიშნული დარგის ეკონომიკური პოტენციალი გაცილებით მაღალია, ვიდრე სახალხო მეურნეობის სხვა რომელიმე დარგისა და რამდენჯერმე აღემატება აგროსამრეწველო კომპლექსის წამყვან დარგების – მეჩაიეობის, მევენახეობის და მეღვინეობის პოტენციალს ერთად აღებულს.

მინერალური წყლების ინდუსტრიის განვითარება ძნელი წარმოსადგენია ბორჯომის პროდუქციის წარმოების გარეშე. საქვეყნოდ ცნობილი “ბორჯომი” საქართველოს მინერალური წყლების საერთაშორისო ბაზარზე დამკვიდრების გარანტია.

ოთხმოცდაათიანი წლების კრიზისის პერიოდში პრაქტიკულად უმეტესადაა დაარჩენილი ბორჯომის მინერალური წყლის უნიკალური საბადო სავალალო მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ჩვენი ჯგუფის მიერ დოკუმენტალურად აღწერილია საბადოს იმდროინდელი, კატასტროფის პირას არსებული, ინფრასტრუქტურა. შემდგომში, აღორძინების პროცესის დასაწყისში, შესაძლებელი ნეგატიური ცვლილებების გადამოწმების მიზნით საჭირო გახდა მისი დეტალური, მეცნიერულად დასაბუთებული აღწერა, სრულყოფილი ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური დახასიათება.

დღეს საბადო მთლიანად მოდერნიზებულია: გაუქმებულია დეფექტური ჭაბურღილები, აღდგენილია და გაწმენდილია საექსპლოატაციო და სათვალთვალო ჭაბურღილები. ამავე დროს გაუვიდა ვადა 1982 წ. დამტკიცებულ საექსპლოატაციო მარაგებს და საჭირო შეიქმნა მათი გადათვლა, რაც ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური კვლევების საფუძველზე ხორციელდება.

საბადოს გეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური შეფასება ხორციელდება ევროკავშირის დირექტივების მიხედვით, იქმნება ახალი ნორმატიული დოკუმენტები, განისაზღვრება წყლის ხარისხი და სხვა.

საერთაშორისო მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, აუცილებელია მიწისქვეშა წყლების გამოყენების პრობლემისადმი ახლებური მიდგომა. საბადოებისა და მინერალური წყლების პროდუქციისათვის საჭიროა თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი ინფორმაციული მხარდაჭერის უზრუნველყოფა, ანუ მასალების მომზადება, იმპორტიორი ქვეყნების მოთხოვნების შესაბამისად, ეს კი, თავის მხრივ, მოითხოვს ეკოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური მონიტორინგული კვლევების სისტემის მოდერნიზაციას, ახალი მეთოდების დანერგვასა და კვლევის შედეგების საერთაშორისოდ მისაღებ ფორმატში წარმოდგენას.

ჩატარებული სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური კვლევა საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად; კვლევის შედეგად მოპოვებული ინფორმაციის სისტემატიზაციისა და საბადოს მართვის სისტემის გაუმჯობესების მიზნით კომპლექსური მონაცემთა ბაზის და კომპიუტერული მოდელის შექმნა. საბადოს სტაბილურობის დადგენის მიზნით ბუნებრივი ჰიდროქიმიური ფლუქტუაციების ზღვრების განსაზღვრა, ბორჯომის მინერალური წყლის სტანდარტის ქიმიური პარამეტრების დადგენა.

მიმდინარე ნაშრომში თანამედროვე მოთხოვნის შესაბამისად გამოკვლეულია ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჭაბურღილების წყლის ქიმიური შემადგენლობა, კვლევისას გამოყენებულია საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის მიერ რეკომენდებული ქიმიური ანალიზის სტანდარტული მეთოდები. ანალიზის სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით პირველადაა გაანალიზებული მრავალწლიანი ქიმიური მონიტორინგის შედეგები ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური თვალთახედვით,

დადგენილია საბადოსათვის დამახასიათებელი, წყლის ქიმიური შემადგენლობის ბუნებრივი ფლუქტუაციების ზღვრები.

პირველადაა შესწავლილი და შეფასებული ძირითად მეტალთა იონების განაწილება საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღილებსა და ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს შორის. ნაშრომში გაანალიზებული წყლის ქიმიური პარამეტრები გამოყენებულია საბადოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების განსაზღვრისათვის და მასზე არსებული უბნების საზღვრების დაზუსტებისათვის.

გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით შემუშავებულია საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელი, რომელიც მასში შეტანილი, წლების მანძილზე მოპოვებული მონაცემების საფუძველზე, საბადოს ახლებურად დანახვისა და შეფასების საშუალებას იძლევა. პროგრამა დროის მცირე მონაკვეთში წარმოადგენს ინფორმაციას თითოეულ ჭაბურღილის ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების შესახებ, წყლების ფიზიკურ და ქიმიურ მახასიათებლებს.

ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემების გამოყენება საშუალებას იძლევა შეფასებულ იქნას საბადოს ეკოლოგიური დაცულობის ხარისხი. ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრების ერთობლივი განხილვის საფუძველზე დადასტურებულია საბადოს ეკოლოგიური მდგრადობის პარამეტრები. განხილულია მიწისძვრების ზემოქმედება წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზე.

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე მომზადდა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს დამახასიათებელი ანგარიში, რომელიც წარდგენილ იქნა ბრიტანეთის საკვები პროდუქტების სტანდარტიზაციის სააგენტოში. ანგარიშში ასახულ ქიმიური შემადგენლობის და ეკოლოგიური დაცულობის მონაცემებზე დაყრდნობით, ბორჯომის მინერალური წყალი შეტანილია ევროგაერთიანების მიერ აღიარებული მინერალური წყლების საბადოების ნუსხაში, როგორც ეკოლოგიურად

დაცული, ხოლო პროდუქციას მიენიჭა ნატურალური მინერალური წყლის სტატუსი. მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად განსაზღვრულ ბორჯომის მინერალური წყლის ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრებზე დაყრდნობით მომზადებული და რეგისტრირებულია საქართველოს ეროვნული სტანდარტი - სსტ 50:2005, წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი”, ტექნიკური პირობები, რომელიც წარმოადგენს საქართველოს პირველ ეროვნულ სტანდარტს და აღიარებულია მინერალური წყლების სავაჭრო სივრცეში. აღნიშნული სტანდარტის საფუძველზე ჩვენს მიერ, მომზადებული იქნა საქართველოს მინერალური წყლების ეროვნული სტანდარტი (სსტ 53:2006) “წყლები ნატურალური მინერალური, ჩამოსხმული”. ტექნიკური პირობები.

ნაშრომში ასახული კვლევის შედეგები გამოყენებულ იქნა ბორჯომის საბადოს წყლის მარაგების შეფასების პროექტის მომზადებისას, რომელიც განხილულ იქნა მარაგების სახელმწიფო კომისიაზე. წარდგენილი პროექტის საფუძველზე მარაგების სახელმწიფო კომისიამ დაამტკიცა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მარაგები 2006-2031 წლებისათვის.

ბორჯომის საბადოსთვის მომზადებული სამგანზომილებიანი გეოსაინფორმაციო მოდელი წარმოადგენს მომავალი მონიტორინგული ინფორმაციის შენახვისა და ანალიზის ეფექტურ ინსტრუმენტს, რომელიც შესაძლებელია სისტემატურად განახლდეს და გარდაიქმნას საბადოს ექსპლოატაციის და მონიტორინგის მოქმედ დინამიურ მოდელად.

თავი I

ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ზოგადი ცნობები ბორჯომის რაიონის და საბადოს შესახებ. გეოგრაფიული ადგილმდებარეობა

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო მდებარეობს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ცენტრალურ ნაწილში, შუალედური ბლოკური ამოწევის ფარგლებში. ადმინისტრაციულად საბადო მიეკუთვნება სამცხე - ჯავახეთის მხარის ბორჯომის რაიონს, ქ. თბილისის სამხრეთ-დასავლეთით 160 კმ-ზე, მისი ტერიტორია წარმოადგენს მთიან დანაწევრებულ რელიეფს. მდ. მტკვრის ხეობაში მას უკავია 10 კმ-მდე სიგრძის მონაკვეთი, 20 კვ.კმ-მდე ფართობით და აბსოლუტური ნიშნულებით 760-920 მ. (ნახაზი 1) ქ. ბორჯომის მოსახლეობა – 17 ათასი მაცხოვრებელს შეადგენს [103,104].

ბორჯომის რაიონის ეკონომიკაში წამყვანი ადგილი საკურორტო მეურნეობას უჭირავს. ადგილობრივი საწარმოების, სოფლის მეურნეობის ობიექტების და ტრანსპორტის საქმიანობა დამორჩილებულია სამკურნალო – საკურორტო დაწესებულებების მომსახურებას.

რაიონში გავრცელებული ნიადაგის ტიპების მიხედვით იგი მიეკუთვნება თრიალეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთების მთატყიანი ნიადაგების ზონას. სამხრეთით გვხვდება მთა-მდელოს და ნაწილობრივ ჭაობიანი ნიადაგები. ტერიტორიის უდიდესი ნაწილი წარმოდგენილია ტყეების ზედა სარტყელის ღია ფერის ნაცარა, მოძიუხო ნიადაგებით. ნიადაგის საფარის სისქე იცვლება 0.2მ დან 0.5მ მდე. ბორჯომის ხეობა მდიდარია ფოთლოვანი და შერეული ტყის მასივებით. აქ გვხვდება ასწლოვანი რცხილის, წიფელას და მუხის ენდემური სახეობები, ხოლო ბაკურიანის მიდამოებში გავრცელებულია ნამკნარისა და ფიჭვნარის უნიკალური კორომები.

ბორჯომის რაიონის ტერიტორია ოთხივე მხრიდან შემოსაზღვრულია აჭარა-იმერეთისა და თრიალეთის ქედების ფერდობებით. კერძოდ, ჩრდილო დასავლეთით მდებარეობს აჭარა – იმერეთის ქედის აღმოსავლეთ დაბოლოება, რომელიც მესხეთის ქედის სახელწოდებით არის ცნობილი. დანარჩენი სამი მხრიდან რელიეფის უმნიშვნელოვანესი ელემენტებია თრიალეთი ქედის ჩრდილოეთი ფერდობები, ნაწილობრივ ქედის თხემი. მესხეთის ქედი ციცაბო სამხრეთი ფერდით ეშვება მდ. მტკვრის ხეობისკენ. წყალგამყოფი მიუყვება მთა მეგრუკისა (2475 მ) და ლომის მთის (2198 მ) შემაერთებელ ხაზს, 8-10 კმ-ის მანძილზე. ჩრდილო აღმოსავლეთით წყალგამყოფის სიმაღლე კლებულობს და სოფ. ახალდაბასთან ბორცვოვანი კალთების სახით ჩამოდის 1200მ-მდე.

ბორჯომის საბადოს რაიონი მთლიანად მოიცავს ბორჯომის ადმინისტრაციულ რაიონს და ნაწილობრივ მის მოსაზღვრე ქარელის, ხარაგაულის და ახალციხის რაიონებს.

ქალაქი ბორჯომი და ბორჯომის რაიონი რკინიგზით და კეთილმოწყობილი საავტომობილო გზით დაკავშირებულია ქ. ხაშურის მსხვილ საავტომობილო და სარკინიგზო კვანძთან. საქართველოს რკინიგზის განშტოება ხაშური-ბორჯომი გრძელდება ქ. ახალციხემდე და შემდეგ სასაზღვრო დასახლება ვალემდე. ქალაქი ბორჯომი კურორტ ბაკურიანთან დაკავშირებულია ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზით.

მდ. მტკვრის ხეობაში, ხაშური-ბორჯომი-ახალციხის რკინიგზის შტოს გასწვრივ გადის კეთილმოწყობილი საავტომობილო გზა. გარდა ამისა, რაიონი დაფარულია საავტომობილო გზების ქსელით, რომელიც აერთებს ქ. ბორჯომს დასახლებულ პუნქტებთან და საკურორტო ადგილებთან.

ბორჯომის რაიონში არის განლაგებული მსხვილი სამთოსათხილამურო სპორტული ბაზა – ბაკურიანი და აგრეთვე მთელი რიგი მნიშვნელოვანი

ბალნეოლოგიური და კლიმატური კურორტები: წაღვერი, ლიკანი, ცემი, ახალდაბა და სხვ [107].

ბორჯომის მინერალური წყლის ბაზაზე ფუნქციონირებენ ბალნეოკლიმატური კურორტი ბორჯომი. 1990 წლამდე კურორტ ბორჯომში ფუნქციონირებდა 13 სანატორიუმი და პანსიონატი 2,5 ათასზე მეტი საწოლით, საკურორტო პოლიკლინიკა, წყლის სამკურნალო, ტურისტული ბაზა. ყველა ეს ობიექტი აღჭურვილი იყო სამკურნალო დიაგნოსტიკური კაბინეტებით, აგრეთვე დასვენების და გართობის ადგილებით.

90-იანი წლების ცნობილი მოვლენების დროს ბორჯომის საკურორტო მეურნეობა მნიშვნელოვნად დაზარალდა. ბევრ მათგანში 3000-მდე ლტოლვილია განთავსებული და ისინი არ ფუნქციონირებენ.

ამჟამად შენარჩუნებულია და ფუნქციონირებს პროფკავშირების სანატორიუმები – «ლიკანი» და «ფირუზა», სამხედრო სანატორიუმი და ჯანდაცვის სამინისტროს სანატორიუმი შპს «ბორჯომი-ლიკანი» სამთავრობო რეზიდენციასთან ერთად. გარდა ამისა, ფუნქციონირებს სამკურნალო-პროფილაქტიკური ცენტრი (50 კაცზე) და კურორტის პოლიკლინიკა არაორგანიზებული დამსვენებლებისათვის.

ყველა ეს ობიექტი მოწყობილია მინერალური წყლით სასმელ-სამკურნალოდ და საირიგაციო პროცედურებისათვის (კუჭის, სანაღვლე გზების და ნაწლავების გამორეცხვა). საკურორტო ორგანიზაციების და არაორგანიზებული დამსვენებლებისათვის განკუთვნილი ბორჯომის წყლის რაოდენობა შეადგენს 45-60 მ³/დღე-ღამეში.

რაიონის მრეწველობის ძირითად დარგს წარმოადგენს მინერალური წყლის ჩამოსხმა და რეალიზაცია, რაზეც დიდი მოთხოვნილებაა, როგორც ყოფილი საბჭოთა კავშირის ფარგლებში, ასევე საზღვარგარეთის ქვეყნებში. ქ. ბორჯომში ფუნქციონირებს მინისა და მინერალური წყლების კომპანია თავისი პარტნიორი ბორჯომის წყლის ჩამომსხმელი ქარხნებით: 1, 2 და

შპს «ML»-ის ჩამომსხმელი ქარხანა. მათ მიერ 2005 წელს ჩამოსხმული იქნა 205 მლნ. ნახევარლიტრიანი ბორჯომის წყალი. ამასთან, მათ მიერ გამოშვებული პროდუქციის რაოდენობა ყოველწლიურად მატულობს. (ნახ. 1) მოთხოვნილება დღითიდღე იზრდება, რაც ქმნის რაიონის განვითარების პერსპექტივას. ამ პირობებში უმთავრესი ამოცანაა მინერალური წყლების ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად ათვისება და ძიების გზით დამატებითი რესურსების გამოვლენა ჩამოსასხმელი წარმოების გაფართოების მიზნით.

ბორჯომის მინერალური წყლების საბადოს რაიონის ჰიდროგეოლოგიური პირობები განპირობებულია ფიზიკურ-გეოგრაფიული, ლითოლოგიურ - ფაციალური და სტრუქტურულ - გეომორფოლოგიური თავისებურებებით.

ატმოსფერული ნალექების დიდი რაოდენობა, მისი მატება რელიეფის აბსოლიტური ნიშნულების მატების კვალობაზე, რელიეფის ინტენსიური დანაწევრება, ქანების მაღალი ნაპრალიანობა, დაკარსტულობა და ფორიანობა წარმოქმნის ინფილტრაციის ხელსაყრელ პირობებს და ხელს უწყობს მტკნარი, მინერალური და თერმული წყლების მძლავრი ჰორიზონტების ფორმირებას.

მტკნარი წყლები ფართოდაა გავრცელებული ეროზიის ადგილობრივ ბაზისს ზემოთ, ქანების ეგზოგენური ნაპრალიანობის ზონაში. ამასთან, მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული მკვეთრად იზრდება ტექტონიკური რღვევების და ანტიკლინის თაღური ნაწილის ზოლში.

კვების არეში ინფილტრირებული წყლის ნაწილი ხვდება მაღალი ტემპერატურების და წნევების ზონაში, სადაც იგი შეერევა ქანებში არსებულ განამარხებულ სედიმენტაციურ წყლებს და აქტიურად შედის რეაქციაში ქანების შთანთქმულ იონურ-მარილოვან კომპლექსთან. ამასთან ერთად, ჭრილში წყალგამტარი და წყალგაუმტარი წყებების მონაცვლეობა, კვების

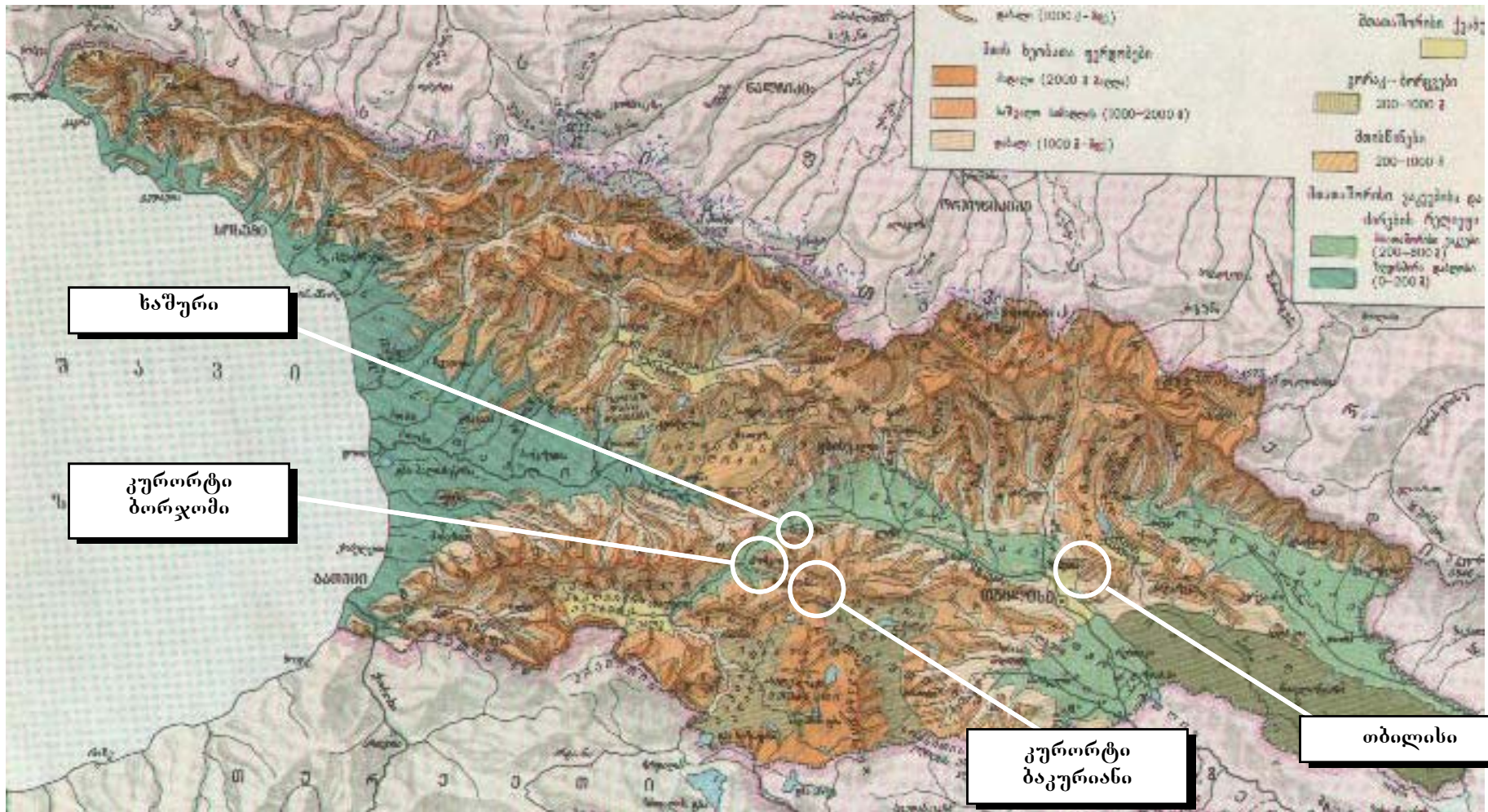
არეების მაღალი ჰიფსომეტრული მდებარეობა აუცილებელი წინაპირობაა მიწისქვეშა წნევიანი მინერალური და თერმული წყლების ფორმირებისა, რითაც ასე მდიდარია ბორჯომის ხეობა. ამ წყლების გავრცელებაში მკაფიოდ შეინიშნება ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ჰიდროქიმიური ზონალობა.

რაიონის ჰიდროგეოლოგიური პირობების დამახასიათებელი ნიშან-თვისებაა ის გარემოება, რომ წყალშემცველი ჰორიზონტები და კომპლექსები არ არიან ერთმანეთისაგან მკვეთრად განმხილოვებული, განსაკუთრებით ტექტონიკური რღვევების ზონებში. ამ მიზეზით ადგილი აქვს მინერალური და თერმული წყლების გადადინებას ერთი სტრუქტურიდან მეორეში, არც წარმოქმნის ჰიდროქიმიურ და გეოთერმულ ანომალიებს, ხოლო ხელსაყრელ პირობებში განაპირობებს მინერალური წყლების საბადოების ფორმირებას [110].

ბორჯომის რაიონი ხასიათდება განსაკუთრებული კლიმატური პირობებით, რაც განპირობებულია მისი გეოგრაფიული მდებარეობით. იგი გამოირჩევა ზომიერი კლიმატით და მზის მნიშვნელოვანი აქტიურობით. კურორტი ბორჯომი ხასიათდება მზის მნიშვნელოვანი აქტივობით და მისი ნათების დიდი ხანგრძლივობის გამო რაიონის ტერიტორიაზე მთელი წლის განმავლობაში არის შენარჩუნებული კლიმატის თერაპიული სამკურნალო ნიშან-თვისებები. მზის ნათების ხანგრძლივობაა 9 საათიდან (დეკემბერში), 15 საათამდე (ივნისში). მინერალურ წყლებთან ერთად კლიმატი და თვალწარმტაცი ლანდშაფტი – კურორტ ბორჯომის ძირითადი სამკურნალო ფაქტორებია [103].

აბსოლიტურ ნიშნულებს შორის მკვეთრი განსხვავება, მზის რადიაციის ცვალებადობა და მდიდარი მცენარეული საფარი განაპირობებს საკვლევ რაიონში ტემპერატურული რეჟიმის თავისებურებებს. მრავალწლიური დაკვირვების მონაცემებით ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა მერყეობს 4.4 დან 9.1 °C –მდე. ყველაზე ცივი თვის (იანვრის) საშუალო

ტემპერატურა შეადგენს $-2.1 \div -6.2^{\circ}\text{C}$, ხოლო ყველაზე თბილი თვის (აგვისტო) $+14.6 \div 20^{\circ}\text{C}$ სიმაღლის მატებასთან ერთად ტემპერატურა კლებულობს. ჰაერის საშუალო ფარდობითი ტენიანობა მაღალია – 77%. იგი რამდენადმე მატულობს შემოდგომასა და ზამთარში და კლებულობს გაზაფხულზე და ზაფხულში. ბორჯომის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური ნორმა 653 – 949 მმ-ის ფარგლებშია. ნალექები მოდის წვიმისა და თოვლის სახით. საშუალოდთან ზონაში მყარი ატმოსფერული ნალექების ხვედრითი წილი შეადგენს 15-20%. ეს მაჩვენებელი კლებულობს 5-10% - მდე დაბალმთიან ზონაში. ასევე მცირე სისქისაა და არამდგრადია თოვლის საფარი დაბალმთიან ზონაში, მაგალითად, ქ. ბორჯომის ტერიტორიაზე. მაქსიმალური სისქეს – 114 სმ იგი აღწევს დაბა ბაკურიანის მიდამოებში. მთლიანობაში, ბორჯომის ხეობის კლიმატზე დიდ გავლენას ახდენს ოროგრაფიული სტრუქტურა. თრიალეთის ქედი, რომლის სიმაღლე 3000 მ-ს აღწევს, იცავს ბორჯომის ხეობას ჯავახეთის მთიანეთის მშრალი კონტინენტური კლიმატის ზეგავლენისაგან. აჭარა-იმერეთის ქედი ხელს უშლის ჰაერის ცივი მასების შემოჭრას ჩრდილოეთიდან, ხოლო ლიხის ქედი მკვეთრად ამცირებს ქაელის დაბლობის მშრალი სტეპური ჰავის ზეგავლენას. ქარების უმეტესობა დასავლეთ – აღმოსავლეთის მიმართულებისაა, თუმცა, მათი სიჩქარე იშვიათად აღემატება 3 მ/წმ. ასე რომ, ძლიერი ქარი იშვიათია და მთელი წლის მანძილზე შენარჩუნებულია შტილის მდგომარეობა[110].



ნახაზი 1. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მდებარეობა

1.2. საბადოს გეოლოგიურ – ჰიდროგეოლოგიური დახასიათება, ფორმირების თავისებურებები და საექსპლოატაციო უბნების აღწერა.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო ჰიდროგეოლოგიური პირობების სირთულით გამორჩეულ ერთიან სისტემას წარმოადგენს, რაც გამოიხატება წყლების ქიმიური შემადგენლობით და ძალზედ მნიშვნელოვანია საბადოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად.

ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირების შესახებ არსებობს მრავალი განსხვავებული მოსაზრება, მათ შორის:

1. ბორჯომის წყალი წარმოადგენს ძველ განამარხებულ წყალს – ა. ოვჩენიკოვი ს. ჩიხელიძე [63,64,94,95,96] და ნაწილობრივ ი. გამყრელიძე, გ. ლობჯანიძე [13,14,15] (1981).

2. მინერალური წყალი ფორმირდება ზედა ცარცული და ქვედა პალეოცენური კარბონატული წყებისა და პალეოცენური ფლიშური ქანების შთანთქმულ კომპლექსსა და ინფილტრაციულ წყლებს შორის გაცვლით – ადსორბციული პროცესების შედეგად – ი.ბუაჩიძე [6,7] ა.მელივა [54,55,56] (1952,1980), ი. ბუაჩიძე [8], და სხვები (1960), გ. გაგლოევი [103] და სხვა (1962), დ. კაჭარავა [46] (1967), ი. ბუაჩიძე, ს. ჩიხელიძე [95,96] (1956).

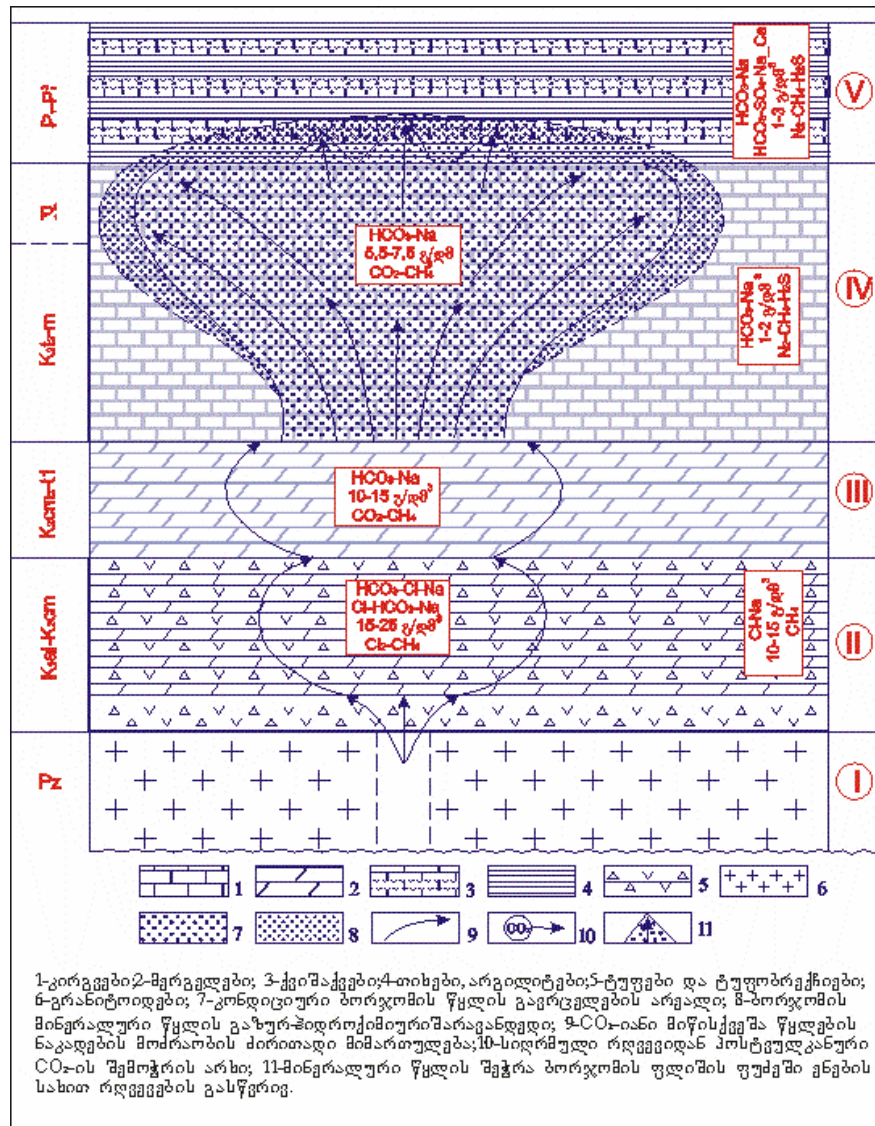
3. ბორჯომის მინერალური წყალი სტრატიფიცირებულია ქვედა პალეოცენის კარბონატულ ქანებთან და ფორმირდება ამ ქანების შთანთქმულ კომპლექსსა და ინფილტრაციული წყლების ურთიერთმოქმედების ხარჯზე. ამასთან არ გამოირიცხება განამარხებული (რელიქტური) წყლების მონაწილეობაც – ი. გამყრელიძე, გ. ლობჯანიძე [13] (1981) და ნაწილობრივ ი. ბუაჩიძე, თ. ლაზარაშვილი [100,101](1968).

4. ბორჯომის ტიპის მინერალური წყლების ნატრიუმის ჰიდროკარბონატით გამდიდრების დედაქანებია შუა ცარცული ვულკანოგენური დანალექები, რომელთა ნატრიუმის შემცველი სილიკატების დაშლისა და გახსნის გზით, ენდოგენური CO₂-ის მუდმივად შემოდინების

პირობებში ფორმირდება ბორჯომის მინერალური წყალი და მზა სახით შემოედინება ზედა ცარცულ-ქვედა პალეოცენურ კარბონატულ წყებაში – ი. ბუაჩიძე, თ. ლაზარაშვილი, დ. ჩხაიძე, ჯ. გიორგაძე და სხვ [86]. (1978), ნ. ცერცვაძე, გ. ბუაჩიძე და სხვ [92]. (1980).

5. ბორჯომის მინერალური წყლის ნატრიუმის ჰიდროკარბონატით გამდიდრების დედაქანია ქვედა ტურონ-სენომანის მერგელოვანი წყება. ნატრიუმის ჰიდროკარბონატი წარმოიქმნება ორი ერთნაირად მნიშვნელოვანი და ურთიერთგანპირობებული, სწრაფად მიმდინარე – კალციუმის კარბონატის (კირქვების) გახსნისა და წყლის კალციუმის და ქანების (მერგელების) შთანთქმული კომპლექსის ნატრიუმს შორის კათიონური გაცვლის პროცესის შედეგად. ი. ტულუში (1984, 1985 წ.წ) [73,74,75,76].

6. ბორჯომის მინერალური წყალი ფორმირდება ძირითადად შუა ცარცული ვულკანოგენურ - დანალექი მძლავრი კომპლექსის მაღალმინერალიზებული $Cl - HCO_3$ და $HCO_3 - Cl$ ნახშირმჟავა წყლების ზედა ცარც - ქვედა პალეოცენის კარბონატული წყების მტკნარ და სუსტად მარილოვან $CO_3 - Na$ -იან წყლებთან შერევისა და განზავების გზით (ლ. ხარატიშვილი) [80,87]. სქემის საბოლოო სახე შემდეგია: მოცემულია ხუთი ძირითადი გეოლოგიურ – ჰიდროგეოლოგიურ - გენეტიკური კომპლექსი, რომელთა ქანების ლითოლოგიურ - მინერალოგიური შემადგენლობა, შთანთქმული კომპლექსი და მათში განთავსებული სედიმენტოგენური და ინფილტროგენური მიწისქვეშა წყლების ქიმიური და გაზური შემადგენლობა და ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურების თავისებურებანი განაპირობებენ, ძირითადად, ამ უნიკალური მინერალური წყლის რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლების ფორმირების პროცესებს (ნახაზი 2).



ნახაზი 2. ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირების

ჰიდროგეოლოგიურ- გენეტიკური სქემა

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს დამახასიათებელი ნიშან-თვისებაა სხვადასხვა მიმართულების ღრმა ტექტონიკური რღვევების არსებობა, რომელთა ურთიერთგადაკვეთის უბნებზე თერმული მაღალმინერალიზებული ნახშირმჟავა წყლები შემოდის ქვედა პალეოცენ ზედა ცარცის კომბინატულ წყებაში – ჰორიზონტ რეციპიენტში. საბადოს ფარგლებში და მის ცალკეულ უბნებზეც ბორჯომის მინერალური წყლის ფართობრივი გავრცელება არის შედეგი, ერთი მხრივ, ტექტონიკური ნაპრალიანობის სივრცობრივი ორიენტაციისა და, მეორე მხრივ, იმ ჰიდროდინამიკური და ჰიდროგეოქიმიური ურთიერთქმედებისა, რასაც

ადგილი აქვს სიღრმულ მაღალმინერალიზებულ ნახშირმჟავა წყლებსა და ჰორიზონტ – რეციპიენტში მოქცეულ მიწისქვეშა წყლებს შორის. მაღალი ჰიდროსტატიკური წნევისა და ტემპერატურის ზეგავლენით სიღრმული წყალი მიისწრაფვის ზევით და ჰორიზონტ – რეციპიენტის (ქვედა პალეოცენ ზედა ცარცი) ინტენსიური დანაპრალების გამო ადვილად აღწევს პალეოცენ – ქვედა ეოცენის წყალგაუმტარი ფლიშის საგებ გვერდს. ფლიში, თამაშობს რა წყალგაუმტარი ეკრანის როლს, აქტიურად ეწინააღმდეგება წყლის შემდგომ მიგრაციას ვერტიკალურად ზევით. ამიტომ, მინერალური წყალი ლატერალურად ნაწილდება ჰორიზონტ – რეციპიენტში და პირველ რიგში, ქვედა პალეოცენის კარბონატულ ქანებში. იმის მიხედვით, თუ როგორაა სხვადასხვა მიმართულებით ჰორიზონტ – რეციპიენტის წყალგამტარებლობა, აღმავალი ნაკადების ეკრანიზაციის პირობები და სიღრმული წყლის რეციპიენტის წყალთან ურთიერთქმედების თავისებურებები, საბადოს სხვადასხვა უბნებზე წარმოიქმნება ბორჯომის მინერალური წყლის რთული კონფიგურაციის და სხვადასხვა ზომის “სოკოსებრი ფორმის სხეულები” (ნახაზი 2) საძიებო სამუშაოებით და ლაბორატორიული კვლევებით დადგენილად ითვლება, რომ მაქსიმალური ხვედრითი დებიტების, წნევების, მინერალიზაციის, ტემპერატურის, ნახშირორჟანგა გაზით წყლის გაჯერების უბნები იდეალურად ემთხვევა ღრმა, მკვებავ – ამომყვან არხების მდებარეობის ზონებს, ანუ ბორჯომის ანტიკლინის და ბარათხევის სინკლინის ღერძებთან სიღრმული რღვევების გადაკვეთის საკვანძო ადგილებს. ამ უბნებიდან დაშორების კვალობაზე ჰორიზონტ – რეციპიენტის ზემოთ მითითებული პარამეტრები მცირდება, განსაკუთრებით, CO₂ –ის შემცველობა. სავარაუდოა, რომ ბორჯომის საბადოს თითოეულ უბანს გააჩნია სიღრმული მაღალმინერალიზებული ნახშირმჟავა წყლების ამომყვანი საკუთარი დამოუკიდებელი არხები. ეს მოსაზრება დასტურდება სეისმომონაცემებითაც, რადგანაც მიწისძვრები ხან ერთ უბანზე ახდენს

გავლენას, ხან მეორეზე. თუ შევაჯამებთ ბორჯომის საბადოს ჰიდროდინამიკის შესახებ ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებებს, მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ საბადოზე მინერალური წყლების საექსპლოატაციო პოტენციალი განისაზღვრება ტექტონიკური რღვევების გავლით ამომავალი მაღალმინერალიზებული სიღრმული წყლების და ჰორიზონტ – რეციპიენტში მოქცეული მტკნარი და დაბალმინერალიზებული წყლების ბუნებრივი რესურსებით.

ნახშირორმჟავა გაზი (CO_2) კი თითქმის ყველა მკვლევარის აზრით არის სიღრმული წარმოშობისა და დაკავშირებულია ძირითადად პოსტველკანურ პროცესებთან და არაა გამორიცხული, რომ ნაწილობრივ - თერმომეტამორფოზმის ზონებთან.

ბორჯომის საბადოს ტერიტორია შეადგენს 20კვ.კმ-ს და მოიცავს 3 საექსპლოატაციო უბანს (ნახაზი 3): ცენტრალურს, ლიკანის და ვაშლოვანი - ყვიბისის.

ცენტრალური უბანი მდებარეობს კურორტ ბორჯომის ფარგლებში, ბორჯომის ანტიკლინის თალურ ნაწილში. მის დასავლეთ გაგრძელებას სოფ. ლიკანის ტერიტორიაზე წარმოადგენს ლიკანის უბანი.

ცენტრალური უბნის სამხრეთით 3.5 კმ-ზე მდებარეობს ვაშლოვანი - ყვიბისის უბანია, მას უკავია ბარათხევის სინკლინის ცენტრალური ნაწილი, სოფლების ვაშლოვანის და ყვიბისის ტერიტორიაზე.

ბორჯომის მინერალური წყლის კოლექტორს წარმოადგენს ქვედა პალეოცენ - ზედა ცარცის მძლავრი (1200 მ-ზე მეტი) კარბონატული კომპლექსი. მისი წყალგაუვალე სახურავია, ასევე მძლავრი, შუა პალეოცენ - ქვედა ეოცენის ქვიშა - თიხოვანი ფლიშური ნალექები, საგები კი - ალბ-სენომანის დანალექი ვულკანოგენური წარმონაქმნები.

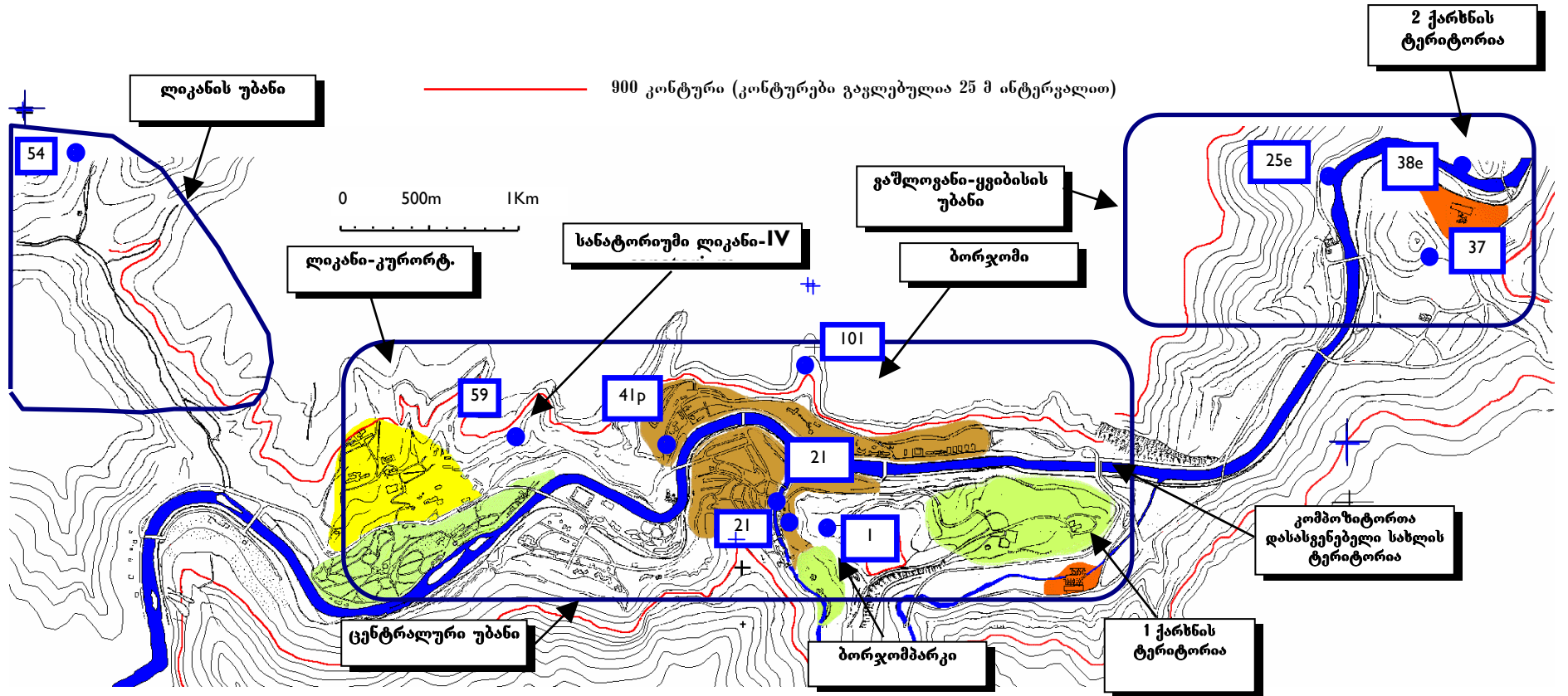
მდინარეების მტკვრისა და მისი შენაკადების - ბორჯომულას და გუჯარეთის წყლის ხეობები, იქ სადაც ისინი კვეთენ ბორჯომის ანტიკლინის

თაღურ ნაწილს, წარმოადგენენ ბორჯომის მინერალური წყლის განტვირთვის უბანს.

ბორჯომის საბადო მიეკუთვნება ჰიდროინჟექციურ საბადოთა ტიპს და ხასიათდება უაღრესად რთული გეოლოგიურ - ჰიდროგეოლოგიური პირობებით. მისი ექსპლოატაცია წარმოებს ჭაბურღილებით. მათი სიღრმე გეოლოგიურ - ჰიდროგეოლოგიური და სტრუქტურული პირობების გათვალისწინებით სხვადასხვაა და შეადგენს 18-1500 მ-ს. წყალშემცავი კარბონატული კომპლექსი გახსნილია სამივე უბანზე ჭაბურღილის მიერ. მისი სახურავი სხვადასხვა საექსპლოატაციო უბანზე სხვადასხვა სიღრმეზეა გადაკვეთილი: ცენტრალურ უბანზე 9-200მ – დან 670 1200 მ-მდე. ლიკანის უბანზე 1135-1400 მ-ის ფარგლებში და ვაშლოვანი ყვიბისის უბანზე 730-1500მ.

ამჟამად ბორჯომის საბადოს ფარგლებში ფუნქციონირებს 18 ჭაბურღილი. აქედან საექსპლოატაცია 9 ჭაბურღილი: ცენტრალური უბანი - NN 1, 21, 41რ, 59; ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი - NN 25ე, 37, 38; ლიკანის უბანი N 54. სათვალთვალ 9 ჭაბურღილი: ცენტრალური უბანი - NN13, 41ა, 101, 102, 128; ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი - NN 9, 37ე, 67, 70.

ბორჯომის მინერალური წყლის ტემპერატურა თვითდენზე იცვლება 33 დან 41 °C – მდე. ტემპერატურათა მაქსიმუმი აღინიშნება ვაშლოვანი ყვიბისის უბანზე.



ნახაზი 3. ბორჯომის საბადოს უბნების და საექსპლოატაციო ჭაბურღილების განლაგება

1.3. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური და ჰიდროგეოლოგიური შესწავლილობა

ბორჯომის საბადოს და მისი რაიონის ჰიდროქიმიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლას საუკუნეზე მეტი ისტორია აქვს. პირველი ცნობები ბორჯომის საბადოზე, უმთავრესად მინერალური წყლის ქიმიური შედგენილობის სამკურნალო თვისებების და მისი რეჟიმის შესახებ მოცემულია მე-19 საუკუნის (1870-90 წ.წ.) ა. შტაკმანის, გ. სტრუვეს და ა. კონშინის შრომებში. ამავე პერიოდს მიეკუთვნება მინერალური წყლების პირველი კაპტაჟი. პირველი სადისერტაციო სამუშაო, რომელიც შესრულებულია ბორჯომის თემაზე დათარიღებულია 1899 წლით (53).

მას შემდეგ იგი მრავალრიცხოვანი კვლევების ობიექტს წარმოადგენს. ბორჯომის საბადოს დეტალური და საფუძვლიანი შესწავლა გასული საუკუნის ორმოცდაათიან – სამოციან წლებში განხორციელდა [7,96]. ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში სამეცნიერო ხასიათის სამუშაოების სიხშირე მნიშვნელოვნად შემცირდა და შეიძლება ითქვას, რომ ლიტერატურა ბორჯომის წყლის ქიმიის შესახებ, ძირითადად, ჩვენი შრომებით შემოიფარგლა [16-28].

საძიებო სამუშაოები ბორჯომის საბადოზე დაიწყო მხოლოდ 1927 წელს. საქართველოს ჯანდაცვის სამინისტროს მთავარი საკურორტო სამმართველოს მიერ, ა. ოგილვის და ა. ოვჩინიკოვის ხელმძღვანელობით, 1927-1935 წლებში ჩატარდა ბორჯომის საბადოს ცენტრალური უბნის დეტალური ძიება. ამის შედეგად, ადრე ცნობილი 2 მინერალური წყაროს (1 და 2) დაემატა ბორჯომის ანტიკლინის თაღურ ზოლში, 3 ახალ უბანზე – მდინარეების გუჯარეთისწყლის, მტკვრის ხეობებში და ლიკანში გაყვანილი ჭაბურღილები 13, 21, 37, 38, 40 და 41, რომლის შედეგად ბორჯომის წყლის ჯამური

დებიტი 1935 წლისათვის, 85-90 მ³/დღ.ლ-დან გაიზარდა 293 მ³/დღ.ლ-მდე.[100,103]

საქართველოს კურორტოლოგიის ინსტიტუტის მიერ 1936-1953 წლებში ჩატარდა ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევები ლიკანის უბანზე. სამუშაოს ხელმძღვანელობდნენ ს. ჩიხელიძე (1941 წლამდე) და ა. მელივა. ლიკანის უბანზე მინერალური წყლის რეჟიმის შესწავლის მიზნით ჩატარდა ბურღვითი სამუშაოები.

ბორჯომის საბადოზე საძიებო სამუშაოების ახალი ეტაპი იწყება საკავშირო მთავრობის დადგენილების შესაბამისად 1953 წლის დეკემბერში, რომლის მიხედვით გეოლოგიის სამმართველოს მიერ, 1954-1961 წლებში ჩატარებული ძებნა-ძიებითი სამუშაოების (1:50000 მასშტაბის ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვა და სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიური, საძიებო და სათვალთვალო ჭაბურღილების ბურღვა) შედეგად დაგროვდა მდიდარი მასალა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს შემეცნებისათვის. გაფართოვდა ბორჯომის საბადოს კონტურები ექსპლუატაციაში მყოფ ცენტრალურ უბანზე. აქ ბორჯომის წყალი მიღებული იქნა ბორჯომის ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაში (ჭაბურღილები 4ა, 5 და 9). ამას გარდა, ბორჯომის მინერალური წყალი მიღებული იქნა ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანზე (ჭაბ. 25, 37, 38), ცენტრალური უბნიდან 3-4 კმ-ში, ბარათხევის სინკლინში. ეს უბანი დაძიებული იქნა 1960-61 წლებში.

1954-1961 წლებში ჩატარებული ძებნა-ძიებითი და საკავშირო სამუშაოების შედეგები მოცემულია ჯამურ ანგარიშში ბორჯომის ნახშირორჟანგიანი მინერალური წყლის ძიებაზე, მისი საექსპლუატაციო მარაგების ანგარიშით 1.01.1962 წლის მდგომარეობით (ავტორები: გ. გაგლოევი, დ. ჯილაური და სხვ.). ამ ანგარიშით, რომელიც შედგენილია საქართველოს გეოლოგიური სამმართველოს და კანტორა «საქგეოკავტაჟინწყლების» მიერ, სსრკ მარაგების სახელმწიფო კომისიის (მსკ) მიერ პირველად იქნა დამტკიცებული

ბორჯომის საბადოს მარაგები 1.01.1961 წლის მდგომარეობით (სსრკ მსკ-ის 1963 წლის 31 იანვრის ოქმი 3899) [103].

1954-1958 წ.წ მიეკუთვნება ი. ბუაჩიძის და ს. ჩიხელიძის ნახშირორჟანგიანი წყლების ფორმირების და დინამიკის საკითხებისადმი მიძღვნილი შრომები [96].

თანამედროვე წარმოდგენები ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური და გეოლოგიური კვლევების შესახებ საბჭოურ პერიოდს უკავშირდება.

საქართველოს მინერალური წყლების მრავალწლიან გამოკვლევებს მიეძღვნა ს. ჩიხელიძის მონოგრაფია (1961წ.) [93]– საქართველოს ბუნებრივი რესურსები, ტომი III. სადაც განხილულია ბორჯომის მინერალური წყლის ჰიდროგეოლოგია, ფორმირების თავისებურებები და მოცემულია ბორჯომის მინერალური წყლის ძირითადი ჭაბურღილების ქიმიური შემადგენლობა, რომელიც დათარიღებულია 1959 წლით (ცხრილი 1). ძირითად ჭაბურღილებში ითვლებოდა მხოლოდ ცენტრალური უბნის ჭაბურღილები.

ცხრილი 1. ბორჯომის მინერალური წყლის ძირითადი ჭაბურღილების ქიმიური შემადგენლობა, მგ/ლ

კომპონენტები	ჭაბურღილი 1	ჭაბურღილი 41	ჭაბურღილი 4ა
NH ₄ '	0.10	0.10	0.10
Li'	0.40	0.20	0.70
K'	35.00	33.00	41.00
Na'	1498.00	1586.00	1856.00
Mg"	36.00	47.00	34.00
Ca"	92.00	111.00	46.00
Sr"	5.40	6.00	5.00
Ba"	2.70	3.40	3.20
Fe"	3.30	6.20	4.50
Al'''	0.30	0.50	0.50
Mn"	0.03	0.02	-
ჯამი	1673.23	1793.42	1991
Cl'	383.00	424.00	385.00
Br'	1.00	1.20	0.80
I'	0.30	0.30	0.20
SO ₄ "	3.00	2.50	4.00

HS'	0.40	0.70	0.80
HCO ₃ '	3873.00	4124.00	4660.00
HPO ₄ '	0.05	0.10	0.05
ჯამი	4260.75	4552.8	5060.85
H ₂ SiO ₃	31.00	21.00	36.00
HBO ₂	25.00	25.00	30.00
საერთო მინ.	5989.98	6392.22	7107.85
CO ₂	504.00	968.00	528.00
H ₂ S	0.90	2.00	1.80
pH	6.9	6.8	6.9

აქვე მითითებულია, რომ დამახასიათებელი ნიშანი ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოსთვის მასში მცირე კონცენტრაციით სულფატ იონის არსებობაა, რომელიც 2-3 მგ/ლ – ს შეადგენს.

დეტალური ანალიზის შედეგად დადგენილია (მგ/ლ) Li 0.2 – 0.7, Sr 5-6, Ba 2-3, Al 0.3 – 0.5, Mn 0.02 – 0.03, Cu - 0.01, F 0.2 – 0.4, Br - 1, I 0.2 -0.3 და ა.შ.

ბორჯომის რაიონში ჩატარებული გეოლოგიურ-სადიეზო და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების მასალები განზოგადებულია ავტორთა კოლექტივის მიერ (ი. ბუაჩიძის ხელმძღვანელობით 1970წ.) – სსრკ ჰიდროგეოლოგიის X ტომში [7], საქართველოს სსრ. ამ პერიოდისათვის უკვე გაბურღული (1960-61წწ) იყო ვაშლოვანი – ყვიბისის უბნის ჭაბურღილები. ვაშლოვანი ყვიბისის უბანი ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ახალ მძლავრ უბნად ითვლებოდა, რომელიც ბორჯომის საბადოს განვითარების და ჩამოსხმისთვის მძლავრ რესურსს წარმოადგენს.

მკვლევარები თვლიდნენ რომ, ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ბორჯომის მინერალური წყალი ნატრიუმ-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. შედგენილობის მიხედვით ცალკეული ჭაბურღილის წყლები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ცხრილში 2 მოცემულია ბორჯომის მინერალური წყლის 1961 წელს შესრულებული ქიმიური ანალიზის შედეგები.

როგორც ცენტრალური ასევე ლიკანის უბნის ჭაბურღილებისათვის თანამდე გაზების ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ნახშირორჟანგი, მისი

შემცველობა შესაბამისად 92% - 98% შეადგენს. ხოლო ვაშლოვანი ყვების უბანზე ნახშირორჟანგის შემცველობა კლებულობს და შესაბამისად მატულობს მეთანის კონცენტრაცია, ეს უკანასკნელი დაახლოებით 40-50%-ს შეადგენს.

ცხრილი 2. ბორჯომის მინერალური წყლის ჭაბურღილების ქიმიური ანალიზის შედეგები (1961წ), მგ/ლ

კომპონენტები	ჭაბურღ. 1	ჭაბურღ. 9 (ვაშლოვანი)
NH ₄ '	-	-
Li'	-	-
K'	35.70	13.30
Na'	1467.80	1887.40
Mg''	45.00	11.50
Ca''	104.0	20.00
Sr''	5.70	1.10
Ba''	-	-
Fe''	2.2	3.7
Al'''	0.004	-
Mn''	0.03	-
ჯამი	1.6606	1937.0
Cl'	383.40	379.80
Br'	1.00	1.20
I'	0.30	0.60
SO ₄ ''	0.80	1.80
HS'	-	-
HCO ₃ '	3855.20	4514.0
HPO ₄ '	0.07	0.006
ჯამი	4260.70	4897.4
SiO ₂	29.00	32.00
HBO ₂	-	-
საერთო მინ.	5929.4	6901.4
CO ₂	863.00	140.00
H ₂ S	0.07	1.0
pH	6.8	7.4

1962 წელს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის, ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის პრობლემათა ლაბორატორიის შრომებში გამოქვეყნებულია მ. მზარეულაშვილის კვლევის შედეგები, რომელიც ეხება მიკროელემენტების განსაზღვრას ბორჯომის მინერალურ წყალში. სადაც აღნიშნულია, რომ ამ მიმართულებით ბორჯომის მინერალური წყლები თითქმის შეუსწავლელია, არსებობს მხოლოდ ცალკეული ანალიზები. ამ ხარვეზის შესავსებად, მკვლევარის მიერ განსაზღვრულია ბრომის, იოდის და

ბორის მკავას ოდენობა ბორჯომის ხეობის მინერალურ წყლებში. აღსანიშნავია, რომ ამ ელემენტების შემცველობის დიაპაზონები ემთხვევა ჩვენს მიერ მიღებულ მნიშვნელობათა დიაპაზონებს.

უფრო გვიანდელი შრომებიდან, რომელიც მიძღვნილია რაიონის სიღრმული აგებულების, ტექტონიკის, მეზო-კაინოზოური ნალექების და მიწისქვეშა წყლების ქიმიზმის შესწავლისადმი, მნიშვნელოვანია:

– საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიის ინსტიტუტის მიერ 1976-1981 წლებში შესრულებული მონოგრაფია «აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის მეზოკაინოზოური ნალექების სტრატეგრაფია და ტექტონიკა» (ი. გამყრელიძე, გ. ლობჯანიძე) [13,14,15];

– საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო-გეოლოგიის სექტორის თემატური გამოკვლევები, მიძღვნილი: ბუნებრივი გაზების გეოქიმიის და მათი რეჟიმისადმი (გ. ბუაჩიძე, ბ. მხეიძე [8,92] 1973-1974წ.წ.); მიწისქვეშა წყლების ქიმიზმის ფორმირების კანონზომიერებებისადმი (ი. სტურუა და სხვ, 1978წ); ბორჯომის საბადოს მინერალური წყლების ქიმიზმისა და გაზური შედგენილობისადმი (ნ. ცერცვაძე, გ. ბუაჩიძე, ბ. მხეიძე, 1980წ) [99].

– საქართველოს ჯანდაცვის სამინისტროს კურორტოლოგიის და ფიზიოთერაპიის ინსტიტუტის ჰიდროგეოლოგიური განყოფილების მიერ ჩატარებული თემატური გამოკვლევები, მიძღვნილი საკურორტო რესურსების კომპლექსური შესწავლისადმი და რეკომენდაციები ბორჯომის საბადოს საკურორტო რაიონის ჰიდრომინერალური და კლიმატური რესურსების რაციონალური ექსპლუატაციისადმი (ტ. ჩიჩუა, ვ. ჯალიაშვილი, ნ. ხატიაშვილი და სხვ., 1980-1981 წ.წ.) [97].

ჩატარებული თემატური სამუშაოების შედეგად შეგროვილი იქნა მნიშვნელოვანი ფაქტიური მასალა ბორჯომის საბადოს და მისი რაიონის

მიწისქვეშა წყლების ქიმიური და გაზური შედგენილობის ფორმირების და გავრცელების შესახებ.

1979-1988 წლებში საქართველოს გეოლოგიის სამმართველოს მიერ ჩატარდა ბორჯომის საბადოს რაიონის სპეციალიზირებული ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვა 1:25000 მასშტაბში, 2000 კვ.კმ-ზე (დ. ჩხაიძე, ლ. ხარატიშვილი, ნ. გოგრიჭიანი და სხვ.) [112,113].

1967-1979 წ.წ. გეოლოგიის სამმართველოს მიერ გრძელდებოდა ბურღვითი ძებნა-ძიებითი სამუშაოები ლიკანისა და ბორჯომის ანტიკლინის ფარგლებში, აგრეთვე ბაკურიანი-თონეთის ტექტონიკური ზოლის სიახლოვეს. გაყვანილი იქნა 1300-1400 მ სიღრმის სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიური ჭაბურღილები – 60, 61, 63, 64, 65 და 66. ამ სამუშაოების შედეგები იყო რაიონის სამხრეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილებში ფლიშური ნალექებიდან 65 და 66 ჭაბურღილებით გაზრდილი მინერალიზაციის (8-35გ/ლ) ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული წყლების გამოვლინება (თ. ლაზარაშვილი, 1975) [108].

სსრკ მსკ-ის მიერ 1983 წლის 30 მარტს (ოქმი 9212) გადამტკიცებული იქნა ბორჯომის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგები სამივე საექსპლუატაციო უბნისთვის, შემდეგი ოდენობით და კატეგორიებით. ცენტრალური უბანი – 220 მ³/დღ.დ, კატეგორია ; ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი – 425 მ³/დღ.დ (1983-1990 წ.წ) და 240 მ³/დღ.დ (1991-2007 წ.წ), კატეგორია ; ლიკანის უბანი – 77 მ³/დღ.დ, კატეგორია. მარაგები ცენტრალური და ვაშლოვანი-ყვიბისის უბნისთვის დამტკიცდა 25 წლის ვადით, ხოლო ლიკანის უბნისთვის – უვადოდ. მინერალური წყლის მიღება ჭაბურღილებიდან გათვალისწინებული იყო თვითდენით, მხოლოდ ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანზე იყო დაშვებული ამოტუმბვა.

1983 წლიდან, ბორჯომის საბადოს ფარგლებში ბურღვითი სამუშაოები არ ჩატარებულა. გეოლოგიის სამმართველოს მიერ ძებნითი ბურღვითი

სამუშაოები მიმდინარეობდა 1982-1990 წ.წ. ბორჯომის საბადოს ჩრდილოეთით (ზანავის უბანზე) და ვაშლოვანი-ყვიბისის უბნის აღმოსავლეთით გაგარძელებაზე (მდ. ნემვურას ხეობაში).

ამრიგად, ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო წარმოადგენს მსოფლიოში ერთ-ერთ ურთულეს საბადოს, წყლის გენეზისისა და ფორმირების თავისებურებების მიხედვით. საბადოს უბნების მიხედვით საქმე გვაქვს სხვადასხვაგვარ პირობებთან. ლიკანის უბანი თავის მხრივ წარმოადგენს ძალიან სტაბილურ სისტემას, რომელიც თვითდენით ფუნქციონირებს (სიფოიდის საშუალებით), რამაც თავის მხრივ გამოიწვია უბნის მარაგების დამტკიცება (1983წელი). ცენტრალურ უბანზე წარმოდგენილია, როგორც ღრმად განლაგებული ჭაბურღილები, ასევე ბუნებრივი განტვირთვის კერები, ხოლო ვაშლოვანი ყვიბისის უბანი უდავოდ ჩაკეტილი სისტემაა, წყალშემცველი ჰორიზონტის ძალიან ღრმა განლაგებით, რის გამოც ამ უბნის რესურსები შეზღუდულია, და მოსალოდნელია მისი კლების ტენდენციის არსებობა.

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საბადოს წყლების ჰიდროქიმიური პარამეტრების შესწავლას, რომელთა ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების ერთობლივი განხილვის შედეგად შესაძლებელი იქნება საბადოსათვის დამახასიათებელი თავისებურებების დაზუსტება, წყლის ფორმირების უკეთესი შეცნობა და საბადოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება.

1.4. ნატურალური მინერალური წყლის პროდუქციისა და საბადოებისადმი წაყენებული მოთხოვნები.

ამ თავში განხილულია ნატურალური მინერალური წყლის პროდუქციისა და მინერალური წყლის საბადოსადმი წაყენებული მოთხოვნები, რომელიც გამოიყენება საკვები პროდუქტებისა და წყლის პროდუქციის წარმოებაში. განხილულია ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული მოთხოვნები, ჰიგიენური ნორმები. საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობა შედარებულია ევროგაერთიანებისა და ჯანმრთელობის საერთაშორისო ორგანიზაციის მოთხოვნებთან.

საქართველოს სანიტარული წესები და ნორმები: სანქდან: 2.3.2. / 2.3.3. 004 – 001 – 03 – ჰიგიენური მოთხოვნები ჩამოსხმული სასმელი წყლის ხარისხისადმი [68], რომელიც განსაზღვრულია ჩამოსხმული წყლის სასაქონლო პროდუქციის შემდეგი სამი კატეგორიისათვის: ა) ნატურალური მინერალური წყალი; ბ) წყაროს წყალი; გ) სუფრის წყალი. დოკუმენტი განსაზღვრავს ჩამოსხმული წყლის ხარისხის კონტროლს, ტრანსპორტირებასა და რეალიზაციის სანიტარულ – ჰიგიენურ წესებს და ადგენს მზა პროდუქციის შენახვის ვადებს. დოკუმენტში მოცემულია მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები, ორგანოლექტიკური და ქიმიური პატამეტრები და მათი ზღვრულად დასაშვები ნორმები - ცხრილი 3.

ცხრილი 3. ნატურალური მინერალური წყლის კატეგორიის ჩამოსხმული

წყალში ზოგიერთი ქიმიური კომპონენტების ზღვრული შემცველობა

(სანქდან: 2.3.2. / 2.3.3. 004 – 001 – 03)

მაჩვენებელი	რაოდენობა, მგ/ლ
სპილენძი	1.0
მანგანუმი	2.0
თუთია	5.0
ბორატი	30 (H_3BO_3 -ზე გადათვლით)

ორგანიკა (პერმანგანატული ჟანგვალობა)	3 (O ₂ -ზე გადათვლით)
დარიშხანი	0.05
ბარიუმი	1.0
კადმიუმი	0.01
ქრომი (VI)	0.05
ტყვია	0.05
ვერცხლისწყალი	0.001
სელენი	0.01
ფტორიდები	2.0 (F -ზე გადათვლით)
ნიტრატი	45.0 (NO ₃ -ზე გადათვლით)
ნიტრიტი	0.005 (NO ₂ -ზე გადათვლით)
სულფიდი	0.05 (H ₂ S -ზე გადათვლით)
ციანიდები	0.01 (CN ⁻ -ზე გადათვლით)

მსოფლიო სტანდარტი Codex stan 108-1081 [29,48,49] ადგენს მოთხოვნების (ცხრილი 4) ნატურალური მინერალური წყლის ხარისხისადმი, რომელიც ისხმება ბოთლებში და განსაზღვრულია გასაყიდად საკვები პროდუქტის სახით.

სტანდარტის მიხედვით ბუნებრივი მინერალური წყალი წარმოადგენს წყალს, რომელიც ცხადია, თავისი შედგენილობით განსხვავდება სასმელი წყლისაგან, რადგანაც:

- იგი ხასიათდება მინერალური მარილების შემცველობის გარკვეული თანაფარდობით და ხასიათდება მიკროელემენტების ან რომელიმე სხვა სპეციფიკური კომპონენტის არსებობით.
- მიღებულია უშუალოდ წყაროდან ან ჭაბურღილიდან.
- ახასიათებს მუდმივი შემადგენლობა და ტემპერატურა (დასაშვებია ბუნებრივი ფლუქტუაცია გარკვეულ ზღვრებში).
- ჩამოსხმის პირობები იძლევა მიკრობიოლოგიური სისუფთავის გარანტიას.

- არ განიცდის დამუშავებას, გარდა სტანდარტით დადგენილისა (დაყოვნება, ფილტრაცია, გაზების მოცილება).
- მინერალურ წყალში არ უნდა ფიქსირდებოდეს ფენოლი, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, პესტიციდები და პოლიქლორბიფენილები, მინერალური ზეთები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები.

ცხრილში 4. Codex stan 108-1081 ის მიხედვით ნორმირებული კომპონენტები და მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები.

მაჩვენებელი	Codex Stan 108 - 1981, Rev. 1-1997	Codex Stan 108 - 1981, Rev. 1-1997 ცვლილებები შეტანილია 2001 წ.
	რაოდენობა, მგ/ლ	
სპილენძი	1.0	1.0
მანგანუმი	2.0	0.5
თუთია	5.0	5.0
ბორატი	30 (H_3BO_3 -ზე გადათვლით)	5 (B-ზე გადათვლით)
ორგანიკა (პერმანგანატული ჟანგვადობა)	3 (O_2 -ზე გადათვლით)	3 (O_2 -ზე გადათვლით)
დარიშხანი	0.05	0.01
ბარიუმი	1.0	0.7
კადმიუმი	0.01	0.03
ქრომი (VI)	0.05	0.05 (საერთო)
ტყვია	0.05	0.01
ვერცხლისწყალი	0.001	0.001
სელენი	0.01	0.01
ფტორიდები	2.0 (F -ზე გადათვლით)	*
ნიტრატი	45.0 (NO_3 -ზე გადათვლით)	45.0 (NO_3 -ზე გადათვლით)
ნიტრიტი	0.005 (NO_2 -ზე გადათვლით)	0.005 (NO_2 -ზე გადათვლით)
სულფიდი	0.05 (H_2S -ზე გადათვლით)	0.05 (H_2S -ზე გადათვლით)
ციანიდები	0.01 (CN^- -ზე გადათვლით)	0.07 (CN^- -ზე გადათვლით)
სტიბიუმი	-	0.005

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სტანდარტში, რომელიც დამტკიცდა 1997 წელს მნიშვნელოვანი ცვლილებებია შეტანილი 2001 წელს. ზემოთ განხილული საქართველოს სანიტარული წესები და ნორმები - სანწდან: 2.3.2. / 2.3.3. 004 – 001 – 03, შემუშავებულია 2001 წელს დამტკიცებული **Codex Stan**-ის საფუძველზე.

უფრო მოგვიანებით, ევროგაერთიანების ქვეყნებში ბუნებრივი მინერალური წყლების წარმოებისა და რეალიზაციის სისტემატიზაციისათვის შემუშავებულ იქნა მოთხოვნები ბუტილირებული ბუნებრივი მინერალური წყლებისათვის, რომელიც დამტკიცებულ იქნა 2003 წელს (ევროკომისიის დირექტივა 2003/40/EC) [30]. დირექტივაში ჩამოყალიბებული მოთხოვნების შესრულება აუცილებელია ბოთლებში ჩამოსხმული წყლებისათვის, რათა ისინი ოფიციალურად იქნას აღიარებული, როგორც “ნატურალური მინერალური წყალი”. დირექტივაში რეგლამენტირებულია საბადოს ექსპლოატაციისა და მინერალური წყლის დამუშავების პირობები, განსაზღვრულია მოთხოვნები წყლის ხარისხისადმი. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ დირექტივაში მოყვანილი მოთხოვნები ემყარება არა მარტო ჯანმრთელობის უსაფრთხოების მოთხოვნებს, არამედ ორიენტირებულია პროდუქციის ხარისხის უზრუნველსაყოფად, რამაც გამოიწვია გარკვეული განსხვავებები **Codex Stan**-ის მოთხოვნებთან შედარებით. დღეისათვის ევროპაში წარმოებული მინერალური წყლის პროდუქცია, სრულად უნდა აკმაყოფილებდეს აღნიშნული დირექტივის მოთხოვნებს. ქვემოთ განხილულია დირექტივის ზოგიერთი მოთხოვნა, რომელიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება **Codex Stan**-ის მოთხოვნებისაგან და შესაბამისად სანწდან: 2.3.2. / 2.3.3. 004 – 001 – 03.

2003/40/EC დირექტივაში აღნიშნულია (პუნქტში 8), რომ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ნიტრიტებისთვის ძალიან დაბალია (0.005მგ/ლ) და საჭიროა მისი მნიშვნელობა გაიზარდოს რეალურ მნიშვნელობამდე.

მეორე თავის პირველ პუნქტში ნათქვამია, რომ არაუგვიანეს 2006 წლის 1 იანვრისა ნატურალური მინერალური წყალი, შეფუთვის მომენტში უნდა აკმაყოფილებდეს 2003/40/EC -ის 1 დანართში მოყვანილ მოთხოვნებს (ცხრილი 5).

მხოლოდ ფტორისთვის და ნიკელისთვის პირველ პუნქტში აღნიშნული თარიღი გაგრძელებულია 2008 წლის 1 იანვრამდე (პუნქტი მეორე).

პუნქტი მეოთხე – ნატურალური მინერალური წყლის მარკირებისას, რომელშიც ფტორის შემცველობა აჭარბებს 1.5 მგ/ლ –ს ეტიკეტზე უნდა აღინიშნოს “შემცველობა ფტორის აჭარბებს 1.5 მგ/ლ-ს და არ არის რეკომენდებული მუდმივი მოხმარებისათვის 7 წლამდე ასაკის ბავშვებისათვის”. ეტიკეტზე ასევე უნდა იყოს დატანილი ფტორის რეალური მნიშვნელობა სხვა ძირითად კომპონენტებთან ერთად, როგორც ეს მითითებულია 80/777/EEC-ში [31].

ცხრილი 5. ელემენტები, რომლებიც ბუნებრივ პირობებში

ფიქსირდებიან ნატურალურ მინერალურ წყლებში და მათი მაქსიმალურად დასაშვები კონცენტრაცია, რომლის გადაჭარბებაც ზიანს აყენებს ადამიანს.

მაჩვენებელი	რაოდენობა, მგ/ლ
დარიშხანი	0.01
ბარიუმი	1.0
ბორატი	*
კადმიუმი	0.003
ქრომი (VI)	0.05
სპილენძი	1.0
ციანიდები	0.07 (CN ⁻ -ზე გადათვლით)
ფტორიდები	5.0 (F ⁻ -ზე გადათვლით)
ტყვია	0.01
მანგანუმი	0.5

ვერცხლისწყალი	0.001
ნიკელი	0.02
ნიტრატი	50.0 (N0 ₃ -ზე გადათვლით)
ნიტრიტი	0.1 (N0 ₂ -ზე გადათვლით)
თუთია	5.0
სელენი	0.01
სტიბიუმი	0.005

* ჯერ-ჯერობით გადაწყვეტილება ბორის ნორმირების შესახებ არ არის მიღებული.

1.5. ნატურალური მინერალური წყლების ქიმიური შემადგენილობის კვლევის მეთოდების მიმოხილვა

ამ თავში განხილულია წყლის ქიმიური, ბაქტერიოლოგიური და რადიოლოგიური პარამეტრების კვლევისას საერთაშორისოდ რეკომენდირებული უნიფიცირებული მეთოდები, რომელიც მოიცავს საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის (ISO) [78], ამერიკის შვერთებული შტატების გარემოსდაცვით ორგანიზაციის (US EPA) სტანდარტულ მეთოდებს და ყოფილი საბჭოთა კავშირში მიღებულ სტანდარტულ მეთოდებს (ГОСТ) - ცხრილი 6.

ცხრილი 6 წყლის კვლევისას რეკომენდებული სტანდარტული მეთოდები

განსასაზღვრავი კომპონენტები	ნორმატიული დოკუმენტი		
	გოსტი	ISO	EPA
ფერი	23268.1	7887	110.2
სუნი	23268.1	6658	140.1
გემო	23268.1	6658	
სიმღვრივე	23268.1	7027	180.1
pH		10523	150.1
ელ. გამტარობა		7888	150.1
მშრალი ნაშთი (180°C)	18164-72		160.1
ნატრიუმი (Na ⁺)	23268.6	9964-1	273.1
კალიუმი (K ⁺)	23268.7	9964-2	258.1
კალციუმი (Ca ²⁺)	23268.5	6058 7980	215.2
მაგნიუმი (Mg ²⁺)	23268.5	6059 7980	242.1
ჰიდროკარბონატი (HCO ₃ ⁻)	23268.3		
სულფატები (SO ₄ ²⁻)	23268.4	9280	375.4
ქლორიდები (Cl ⁻)	23268.17	9297	325.3
ფტორიდები (F ⁻)	23268.18	10359-1	340.2
სტრონციუმი (Sr ²⁺)	23950		

იოდიდები (I ⁻)	23268.16		345.1
----------------------------	----------	--	-------

ცხრილი 6
(გაგრძელება)

განსასაზღვრავი კომპონენტები	ნორმატიული დოკუმენტი		
	გოსტი	ISO	EPA
ნიტრატები (NO ₃ ⁻)	23268.9	7890	352.1
ნიტრიტები (NO ₂ ⁻)	23268.8	6777	354.1
ციანიდები (CN ⁻)		6703	335.1
კადმიუმი (Cd)	26933	8288 5961	213.1
ნიკელი (Ni)		8288	249.1
ტყვია (Pb)	18293	8288	239.2
ვერცხლისწყალი (Hg)	26927 51212	5666	245.1
სელენი (Se)	19413	9965	270.2
ქრომი (Cr)		9174	218.1
თუთია (Zn)	18293	8288	289.1
რკინა (Fe)		6332	236.1
სპილენძი (Cu)		8288	220.2
მანგანუმი (Mn)		6333	243.1
დარიშხანი (As)	23268.14	6595	206.4
პერმანგანატული ჟანგვალობა	23268.12	8467 6060	
ბრომიდი (Br)			320.1
ბორი (B)	51210	9390	212.3
ალუმინი (AL)	18165	10566 12020	202.1
სტიბიუმი (Sb)			204.1
კობალტი (Co)		8288	219.1
ვერცხლი (Ag)			272.1
ბარიუმი (Ba)			208.2
ფოსფორი (P)		6878	365.2

სილიციუმი (Si)			370.1
ამონიუმი (NH ₄ ⁺)		5664 6778	350.1 350.3

ცხრილი 6
(გაგრძელება)

განსასაზღვრავი კომპონენტები	ნორმატიული დოკუმენტი		
	გოსტი	ISO	EPA
სულფიდი (H ₂ S)		10530	376.1
ფენოლი		8165	
ფოსფორორგანული პესტიციდები		10695	
ადვილად აქროლადი ჰალოგენშემცველი ნახშირწყალბადები		10301	
ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები		7875	
მონოციკლური არომატული ნახშირწყალბადები		11423	
პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები		17993	
საერთო α რადიოაქტიურობა		9696	
საერთო β რადიოაქტიურობა		9697	
მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა	18963	6222	
საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	18963	9308	
Escherichia coli	18963	9308	
სულფიტმარეღუცივებელი კლოსტრიდიები (Cl. perfringens)		6461-2	
Streptococcus faecalis		7899	
Pseudomonas aeruginosa		8360	
პათოგენები, მათ შორის სალმონელა		6340	

თავი II

ექსპერიმენტული ნაწილი

2.1. კვლევის ობიექტი, ნიმუშების აღება, მარკირება, შენახვა (კონსერვირება).

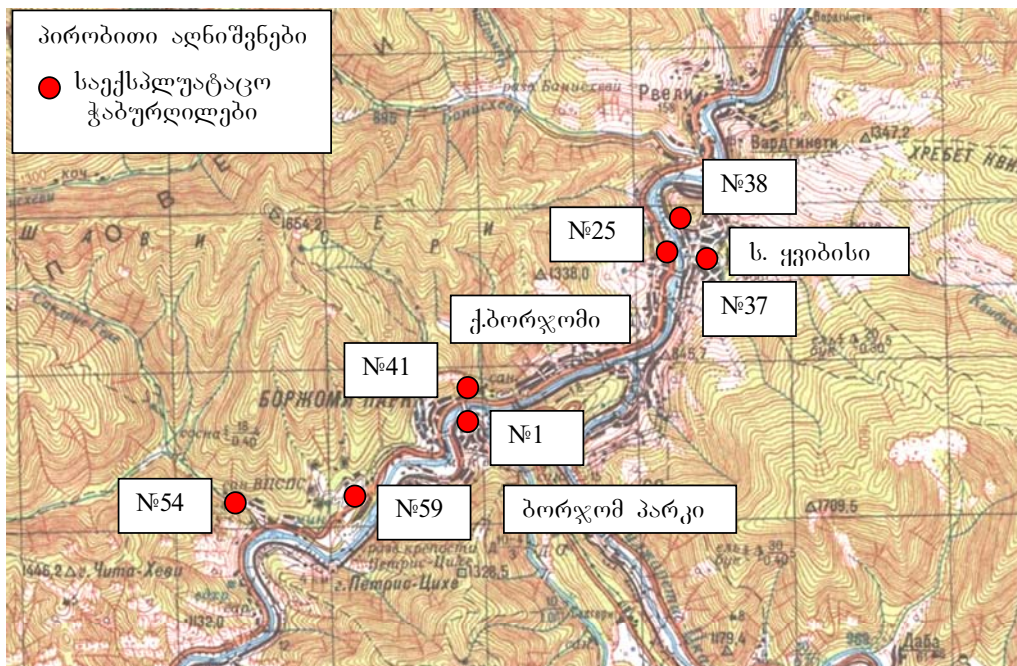
ჩვენს მიერ ბორჯომის საბადოს ჰიდროქიმიური კვლევა დაწყებულია 1990-იანი წლებიდან. ამ პერიოდში პრაქტიკულად უმეტესადაა დარჩენილი ბორჯომის მინერალური წყლის უნიკალური საბადო სავალალო მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ჩვენი ჯგუფის მიერ დოკუმენტურადაა აღწერილია საბადოს იმდროინდელი, კატასტროფის პირას არსებული, ინფრასტრუქტურა (იხ. დანართი 1). ამჟამად საბადო მოდერნიზებულია, გაუქმებულია დეფექტური ჭაბურღილები, აღდგენილია და გაწმენდილია საექსპლოატაციო და სათვალთვლო ჭაბურღილები (იხ. დანართი 2). სულ საბადოზე მოქმედებს 18 ჭაბურღილი.

წარმოგიდგენთ კოსმოსურ ფოტოებს (იხ. დანართი 3), რომელზედაც დატანილია საბადოს უბნები და სანიტარული დაცვის ზონები. საბადოს სანიტარული დაცულობა სამი ზონით ხასიათდება. პირველი სანიტარული ზონა უშუალოდ ჭაბურღილის ირგვლივ 15 მეტრის რადიუსითაა დაფიქსირებული. პირველი სანიტარული ზონა მოქმედი ჭაბურღილების, როგორც უკვე მოგახსენეთ, შემოღობილია და დაცულია. მაგრამ, რაც შეეხება მეორე სანიტარულ ზონას მთლიანად განლაგებულია ქალაქ ბორჯომს ფარგლებში, ამიტომ ანტროპოგენული დაბინძურების ფაქტორი ძალიან მაღალია: აღსანიშნავია ტრანსპორტი, ჩამდინარე წყლები, კანალიზაცია – ქალაქის მხოლოდ 80% -ია კანალიზირებული და არცერთი გამწმენდი ნაგებობა არ მუშაობს. ქალაქის მასშტაბით 13 წერტილში ჩაედინება მტკვარში გაუწმენდავი ფეკალური მასები და ჩამდინარე წყლები.

რაც შეეხება მესამე ზონას ის უზრუნველყოფს საბადოს კვების არეების დაცვას. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს სავარაუდო კვების არეებად ჩათვლილია ლომისმთა და შუანა მთა.

ჩვენს მიერ საბადოს აღორძინების პროცესის დროს, შესაძლებელი ნეგატიური ცვლილებების გადამოწმების მიზნით საჭირო გახდა მისი დეტალური, მეცნიერულად დასაბუთებული აღწერა, სრულყოფილი ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური დახასიათება.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოზე მოქმედი 18 ჭაბურღილიდან ჩვენ კვლევის ობიექტად შევარჩიეთ საექსპლოატაციო ჭაბურღილები საბადოს სამივე უბნიდან (ნახაზი 4-5): ცენტრალური უბნის ჭაბურღილები № 1; 41; 59, ვაშლოვანი ყვიბისის უბნის– ჭაბურღილები № 25; 37; 38 და ლიკანის უბნის– ჭაბურღილი № 54.



ნახაზი 4. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს განლაგების რაიონი

ბორჯომის მინერალური წყლის სპეციფიკიდან გამომდინარე განსაზღვრულ იქნა უშუალოდ ნიმუშის აღების ადგილზე ჩასატარებელი ანალიზების მოცულობა და ნიმუშის კონსერვაციის გეგმა. თითოეული

ნიმუშის ეტიკეტზე დატანილი იქნა ნიმუშის ალების დრო, გეოგრაფიული კოორდინატი GPS-ის საშუალებით, ჭაბურღილის ფუნქციონირების ფიზიკური პარამეტრები (ცხრილი 7), კონსერვირების მეთოდი და სხვა საჭირო ინფორმაცია. ნიმუშის ალებას ვაწარმოებდით ისო-ს 5667-5 სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით.

ცხრილი 7. ბორჯომის მინერალური წყლის გამოკვლეული ჭაბურღილების პარამეტრები

ჭაბურღ.	X კოორდინატა	Y კოორდინატა	აბს. ნიშნული, მ	წყლის პიეზ.. დონე, მ	ჭაბ. სიღრმე, მ	საექს. დებიტი, მ ³ /დღ
1	4634747.7432	38366525.6146	806.99		193	25
25	4637676.0087	38368367.5241	771.71	772.51	1500	135
37	4637476.5892	38369019.0876	797.39	798.19	1500	35
38	4638020.6389	38369016.9159	788.68	789.28	1500	120
41	4634967.6305	38365525.0201	789.96	792.31	140	110
54	4635217.8661	38361886.6602	911.34	912.14	1400	75
59	4634569.6187	38364772.2767	794.31	800.16	700	40

თითოეული ქიმიური პარამეტრების განსაზღვრისათვის წინასწარ დამუშავებული იყო ნიმუშების კონსერვირების მეთოდოლოგია. ნიმუშის კონსერვირების მეთოდი მოცემულია ცხრილის 8 სახით:

ცხრილი 8. ფიზიკო – ქიმიური და ქიმიური ანალიზისათვის მინერალური წყლის სინჯების კონსერვაციისა და შენახვის პირობები

განსაზღვრავი კომპონენტები	ჭურჭლის სახეობა	კონსერვირების მეთოდი	შენახ. მანძ. დრო	ანალიზის ჩატარების ადგილი
ფერი	პეტი/მინ ა	-	-	ნიმ. აღებ. ადგილას
სუნი	მინა	-	1 თვე	ლაბორატ.
გემო	მინა	-	-	ნიმ. აღებ. ადგილას
სიმღვრივე	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.

pH	პეტი/მინ ა	საწყის ტემპერატურაზე დაბალი	6 სთ	ლაბორატ.
----	---------------	-----------------------------------	------	----------

ცხრილი 8
(გაგეგმელება)

ელ. გამტარობა	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.
მშრ.ნაშთი (180°C)	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.
Na ⁺ , K ⁺ , Li ⁺	პეტი	შემჟავება pH<2	1 თვე	ლაბორატ.
Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Sr ²⁺	პეტი/მინ ა	-	24 სთ	ლაბორატ.
HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.
სულფატები (SO ₄ ²⁻)	პეტი/მინ ა	2-5 °C	1 კვირა	ლაბორატ.
ქლორიდები (Cl ⁻)	პეტი/მინ ა	-	1 თვე	ლაბორატ.
ფტორიდები (F ⁻)	პეტი	-	1 თვე	ლაბორატ.
იოდიდები (I ⁻)	მინა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.
ნიტრატები (NO ₃ ⁻)	პეტი/მინ ა	2-5 °C/ ან შემჟავება pH<2	24 სთ	ლაბორატ.
ნიტრიტები (NO ₂ ⁻)	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.
ციანიდები (CN ⁻)	პეტი/მინ ა	pH > 8, მიჩრჩილული საცობი	24 სთ	ლაბორატ.
ვერცხლისწყალი (Hg)	მინის ბოთლი	შემჟავება pH<2, აზოტმჟავით	1 თვე	ლაბორატ.
სელენი (Se)	პეტი/მინ ა	შემჟავება pH<1	1 თვე	ლაბორატ.
პერმანგანატული ჟანგვალობა	მინა	შემჟავება pH<2 (გოგირდმჟავით)	48 სთ.	ლაბორატ.
ბრომიდი (Br)	პეტი/მინ ა	2-5 °C	24 სთ	ლაბორატ.

ბორი (B)	პეტი	-	1 თვე	ლაბორატ.
AL, Ba, Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Pb, Ag, Zn, Cr, As, Sb	პეტი	შემჟავება pH<2	1 თვე	ლაბორატ.
ფოსფორი (P)	პეტი/მინა	შემჟავება pH<2	1 თვე	ლაბორატ.
სილიციუმი (Si)	პეტი	გაფილტვრა, შემჟავება pH<2 და 2-5 °C	24 სთ	
ამონიუმი (NH ₄ ⁺)	პეტი/მინა	შემჟავება pH<2 (გოგირდმჟავით)	24 სთ.	
სულფიდი (H ₂ S)	პეტი/მინა	pH > 8, მიჩრჩილული საცობი	-	ლაბორატ.

ცხრილი 8
(გაგეგმელება)

ფენოლი	მინის ბოთლი	2-5 °C/ და ინახ. სიბნელეში	24 სთ.	ლაბორატ.
ფოსფორორგანული პესტიციდები	-	2-5 °C/ და ინახ. სიბნელეში	24 სთ.	ლაბორატ.
ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები	პეტი/მინა	შემჟავება pH<2 (გოგირდმჟავით)	24 სთ.	ლაბორატ.

ნიმუშებს მიკრობიოლოგიური ანალიზისათვის ვათავსებდით სპეციალურ სტერილურ ჭურჭელში (0.5ლ ტევადობის 2 ბოთლი), ხდებოდა ნიმუშის ეტიკეტირება თარიღის და დროის მითითებით და შემდეგ ვათავსებდით სპეციალურ კონტეინერში ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებისათვის.

ნიმუშებს თანამდე (სპონტანური) გაზების ანალიზისათვის ვიღებდით სპეციალურ ჭურჭელში, რომელსაც თავიდან ვავსებდით ბორჯომის მინერალური წყლით და შემდეგ ვახდენდით წყლის გამოძევებას ჭურჭლიდან თანამდე გაზების ხარჯზე, ისე რომ ჭურჭელში დაახლოებით

ერთი მესამედი დარჩენილიყო წყალი, რომელიც შემდეგ ბუნებრივი საცობის მოვალეობას ასრულებდა.

რადიაქტიულობის განსაზღვრისათვის ნიმუშს ვათავსებდით 0.5ლ ტევადობის მინის ჭურჭელში, ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებისათვის.

2.2 მონიტორინგის პროგრამა და კვლევის მეთოდები

ამ თავში განხილულია ბორჯომის მინერალური წყლის ანალიზისას ჩვენს მიერ შერჩეული კვლევის მეთოდები და სიხშირე, მონიტორინგის პროგრამა.

ჩვენს მიერ ბორჯომის საბადოს კვლევა დაწყებულია 1990 წლიდან. 2002 წლამდე კვლევას ვატარებდით სიხშირით წელიწადში ერთო ორი სრული ქიმიური ანალიზი.

2002-2003 წლებისათვის შევადგინეთ მონიტორინგის პროგრამა, რომელშიც გავითვალისწინეთ სეზონურობა და მთელი წლის განმავლობაში თითოეული ჭაბურღილიდან ვიღებდით 5-5 სინჯს. მონიტორინგი განხორციელდა ორი წლის განმავლობაში. ჩვენი მიზანი იყო დაგვედგინა საბადოზე სეზონურობის გავლენის ხარისხი, ფლუქტუაციის ზღვრები, შეგვეფასებინა საბადოს ეკოლოგიური დაცულობა.

პირველ რიგში შევადგინეთ ბორჯომის მინერალური წყლის სპეციფიკიდან და ევრომოთხოვნების გათვალისწინებით განსასაზღვრი კომპონენტების ნუსხა. თითოეულ ნიმუშში ვსაზღვრავდით: ძირითად და სპეციფიკურ კომპონენტებს, მიკროელემენტებს, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს, ორგანულ დამაბინძურებლებს, მიკრობიოლოგიურ და რადიაციულ მახასიათებლებს და თანამდე (სპონტანური) გაზებს.

რაც შეეხება კვლევის მეთოდებს, ლიტერატურულ ნაწილში წარმოდგენილია საერთაშორისოდ რეკომენდირებული უნიფიცირებული მეთოდები (ISO), ამერიკის შეერთებული შტატების გარემოსდაცვით ორგანიზაციის (US EPA) სტანდარტულ მეთოდები და ყოფილი საბჭოთა კავშირში მიღებულ სტანდარტულ მეთოდებს (ГОСТ), ჩვენს მიერ დამუშავებულია და ათვისებულია ყველა ჩამოთვლილი კვლევის მეთოდი, წყლის სპეციფიკიდან და ლაბორატორიის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე დანერგულია ძირითადად ISO – სტანდარტული მეთოდები, და კვლევა

წარმოებდა სწორედ ამ მეთოდების გამოყენებით. ქვემოთ მოკლედ განვიხილავთ კვლევისას გამოყენებულ თითოეულ მეთოდს.

ძირითადი კომპონენტების (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- და SO_4^{2-})

განსაზღვრა;

კალციუმისა და მაგნიუმის განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ ატომურ აბსორბციულ და ტიტრიმეტრული მეთოდი. ატომურ აბსორბციული რეჟიმით ამ კომპონენტების განსაზღვრისას გავითვალისწინეთ ხელისშემშლელი იონების არსებობა და საანალიზო ხსნარს ვუმატებდით ლანთანის ქლორიდის 5%-იან ხსნარს. პირობები ატ. აბსორბციული რეჟიმით კალციუმის და მაგნიუმის განსაზღვრის მოცემულია ცხრილში 9. რაც შეეხება ტიტრიმეტრულ მეთოდს, მეთოდი დაფუძნებულია კომპლექსონომეტრულ განსაზღვრაზე კალციუმის და მაგნიუმის იონების ტრილონ B –ს გამოყენებით. ჩვენ საშუალება გვქონდა ამ ორი მეთოდის გამოყენების, შეგვედარებინა მიღებული შედეგები და დავრწმუნებულიყავით ანალიზის სისწორეში.

ცხრილი 9. ძირითადი მეტალთა იონების განსაზღვრის პირობები.

კომპონენტები	განსაზღვრის მეთოდი	აპარატურა	საწვავი, ტალღის სიგრძე
Ca^{2+}	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 400	აცეტილენი/ჰაერი 422.7
Mg^{2+}	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 400	აცეტილენი/ჰაერი 285.2
Na^+	ატომურ ემისიური სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 300	პროპანი/ჰაერი, 589.56მ
K^+	ატომურ ემისიური სპექტრომეტრია	პერკინ ელმერი 300	პროპანი/ჰაერი, 769.46მ

ნარტიუმის და კალიუმის განსაზღვრისათვის, მინერალურ წყლებში ხშირად გამოიყენება ჰიდროქიმიამი მიღებული და კარგად ცნობილი

მეთოდი ექვივალენტების სხვაობის. ამ შემთხვევაში მიღებული მნიშვნელობა არის ნატრიუმის და კალიუმის ჯამი, რაც ჩვენის აზრით არასწორია, რადგან ნარტიუმის და კალიუმის შემცველობათა თანაფარდობა ბორჯომის მინერალურ წყალში ძალზედ განსხვავებულია და მათი კონცენტრაციების გავლენა მინერალური წყლის კონდიციაზე სხვადასხვაგვარია. მეორეს მხრივ ამ კომპონენტების კატიონების და ანიონების ექვივალენტების სხვაობით განსაზღვრისას, ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრის ცდომილება დამოკიდებულია ანიონების და კატიონების განსაზღვრის ცდომილებების ჯამზე. ჩვენ ნატრიუმის და კალიუმის განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ ატომურ ემისიური სპექტროფოტომეტრული მეთოდი. აქედან გამომდინარე ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები მეტი სიზუსტითა და დამაჯერებლობით ხასიათდება. განსაზღვრის პირობები მოცემულია ცხრილში 9.

HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻ და SO₄²⁻ - რაც შეეხება ანიონებს ჰიდროკარბონატის, კარბონატის და ქლორის განსაზღვრისას ვიყენებდით ტიტრიმეტრულ მეთოდს.

SO₄²⁻ - ის განსაზღვრისათვის, ბორჯომის მინერალურ წყალში მისი მცირე კონცენტრაციის გამო გრავიმეტრული მეთოდი არ გამოიყენება. ISO – მიერ სულფატ იონის განსაზღვრისათვის რეკომენდებულია სწორედ გრავიმეტრული მეთოდი, რომლის განსაზღვრის ზღვარია 10მგ/ლ, ამიტომ ჩვენ შევარჩიეთ განსაზღვრის ტურბიდიმეტრული მეთოდი, რომლის განსაზღვრის ქვედა ზღვარია 0.2 მგ/ლ-ზე.

სპეციფიკური კომპონენტები (Sr, F, I და B) განსაზღვრა;

სტრონციუმის განსაზღვრისათვის, კალციუმის და მაგნიუმის მსგავსად, გამოვიყენეთ ატომურ აბსორბციული მეთოდი. ამ შემთხვევაში აღსანიშნავია ერთი ფაქტი, რომ სტრონციუმის განსაზღვრისას აას-მეთოდით განსაზღვრაზე გავლენას ახდენს ნატრიუმის და კალიუმის თანაფარდობა. თუ ეს თანაფარდობა 10:1 – ზე მეტია, როგორც ბორჯომის შემთხვევაშია,

მაშინ თანაფარდობის აღსადგენად, ლანთანის ხსნართან ერთად სინჯში კალიუმის ქლორიდის ხსნარი შეგვაქვს გარკვეული რაოდენობა, რადგან აღდგეს თანაფარდობა 10:1 -თან. განსაზღვრა ხდება პერკინის მარკი (Perkin Elmer 300) ხელსაწყოზე, საწვავად გამოიყენება აცეტილენი/ჰაერი, ტალღის სიგრძე 460 ნმ.

ფტორის განსაზღვრა ხდება იონსელექტური მეთოდით. ამ მეთოდის გამოყენებისას გათვალისწინებულია ხელისშემშლელი კომპონენტების – რკინის, კალციუმის, მაგნიუმის და ალუმინის არსებობა. ჩამოთვლილ კომპონენტებს ფტორითან შეუძლიათ წარმოქმნან, როგორც ხსნადი მარილები, ასევე კომპლექსები დაბალი დისოციაციის ხარისხით. ანალიზის სიზუსტეზე ასევე მოქმედებს OH⁻-იონების არსებობა. ხელიშემშლელი პირობების თავიდან აცილების მიზნით საკვლევ ხსნარს ვუმატებთ ბუფერს და დიამინოციკლოჰექსანის-N,N,N¹, N¹- ტეტრამმარმჟავას. მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში, იონსელექტურ ელექტროდსა და შედარების ელექტროდს შორის წარმოქმნილი პოტენციალთა სხვაობის ლოგარითმი, ნერსტის ტოლობის თანახმად, პროპორციულია ფტორის იონის კონცენტრაციისა.

ბორის განსაზღვრას ვაწარმოებდით ფლუორიმეტრული მეთოდით. მეთოდი დაფუძნებულია ბორის იონის და ქრომოტროპული მჟავას ურთიერთქმედებაზე, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ფლუორესცირული კომპლექსი, რომლის ინტენსივობა ბორის კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია.

ბორის განსაზღვრისათვის ვიყენებდით იონსელექტურ მეთოდსაც, რომელიც დაფუძნებულია ტეტრაბორფტორატის სელექტურ ელექტროდსა და შესადარებელ ელექტროდს შორის პოტენციალთა სხვაობის წარმოქმნაზე. რადგანაც ინდიკატორული ელექტროდი რაეგირებს მხოლოდ BF₄⁻ - ის არსებობაზე, ამიტომ სინჯში არსებული ბორი მთლიანად უნდა

გადავიყვანოთ BF_4^- - ში, HF -ის საშუალებით. ერთდროულად მზადდება საკალიბრო და საანალიზო ნიმუშები. ეს მეთოდი გაცილებით უფრო შრომატევადია, მოითხოვს დიდ დროს, ამავე დროს BF_4^- - ის ელექტროდები მალე გამოდის წყობიდან. ამიტომ ბორის განსაზღვრისას უპირატესობას ფლუორესცენტულ მეთოდს ვანიჭებთ.

იოდის განსაზღვრისათვის ვიყენებდით იოდომეტრულ მეთოდს. საანალიზო ხსნარს წინასწარი ვამუშავების ბრომიანი წყლით რათა დაიჟანგოს იოდიდები იოდატებად, შემდეგ ვტიტრავდით 0.01N ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარით. ამ შემთხვევაში განსაზღვრას ხელს უშლის რკინის იონი, ორგანული ნივთიერებები და საანალიზო ნიმუშის შეფერილობა. მეთოდი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ 0.2 მგ/ლ იოდი.

მიკროელემენტები დავყავით ჯგუფებად და ცალცალკე განვიხილავთ მათი განსაზღვრის მეთოდებს.

Fe, Mn, Cr, Ag – ამ კომპონენტების განსაზღვრისათვის შევარჩიეთ ატ. აბსორბციული მეთოდი. ვსაზღვრავთ წინასწარ შემქავეებული სინჯიდან, რათა თავიდან ავიცილოთ რკინის ჰიდროქსიდის გამოლექვა და მასთან ერთად მიკროელემენტების კონცენტრაციის შემცირება. მანგანუმის, ქრომის და ვერცხლის განსაზღვრისათვის ნიმუშს ვაკონცენტრირებთ ამოშრობით, და შემდეგ ატ. აბსორბციული რეჟიმის გამოყენებით ხდება ანალიზის დასრულება. პირობები და განსაზღვრის ქვედა ზღვრები ამ ელემენტებისათვის მოცემულია ცხრილში 10.

ცხრილი 10. Fe, Mn, Cr, Ag -ის განსაზღვრის პირობები

კომპონენტები	განსაზღვრის მეთოდი	აპარატურა	საწვავი, ტალღის სიგრძე, ნმ	განსაზღვრის ქვ. ზღვარი
Fe (ჯამური)	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 248.3	0.02
Mn	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 279.0	0.02

Cr	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 357.9	0.02
Ag	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 328.0	0.02

Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Pb - ამ კომპონენტების განსაზღვრისათვისაც გამოყენებულია ატომურ აბსორბციული მეთოდი, რომელიც მოითხოვს წინასწარ კონცენტრირებას. კონცენტრირების მეთოდი ამოშრობით ამ შემთხვევაში არაა გამართლებული, რადგან ამოშრობით დაკონცენტრირების შემთხვევაში დიდია მატრიცის ზეგავლენა, რომელიც რიგ შემთხვევაში 100%-იან ცდომილებას იძლევა. ამიტომ ჩვენს მიერ შერჩეულია დაკონცენტრირების მეთოდი დითიზონით, რომელიც ჩამოთვლილ კომპონენტებთან წარმოქმნის კომპლექსს და თანდალექვა 2-4 დინიტროანლინით. კონცენტრირების ამ მეთოდის გამოყენებისას მთლიანად მოხსნილია მატრიცის გავლენა და დაკონცენტრირება შესაძლებელია 25-ჯერ და საჭიროებისამებრ მეტჯერ. განსაზღვრის პირობები და ქვედა ზღვრები მოცემულია ცხრილში 11.

ცხრილი 11. Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Pb -ის განსაზღვრის პირობები

კომპონენტები	განსაზღვრის მეთოდი	აპარატურა	საწვავი, ტალღის სიგრძე	განსაზღვრის ქვ. ზღვარი
Zn	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 213.9 ნმ	0.003
Cu	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 324.8	0.003
Cd	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 228.8	0.0002
Ni	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 232.0	0.003

Co	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	AAS -3 Carl Zeiss Iena	აცეტილენი/ჰაერი 240.7	0.003
Pb	ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრია	PerkinElmer	აცეტილენი/ჰაერი 283.3	0.004

Li-ის განსაზღვრისათვის, როგორც ნატრიუმის და კალიუმის შემთხვევაში, გამოვიყენეთ ატომურ ემისიური სპექტრომეტრული მეთოდი. ლითიუმის შესაბამისი ტალღის სიგრძეა 670.8 ნმ, მაგრამ ნატრიუმის და კალიუმის დიდი კონცენტრაციების გავლენით შესაძლებელია ლითიუმს ჰქონდეს ფონი, ამიტომ ანალიზის დროს ამის გათვალისწინება აუცილებელია.

Hg – ის განსაზღვრას ვაწარმოებდით უალო ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრული მეთოდით, რომელიც დაფუძნებულია ვერცხლისწყლის ორთქლის გადადენაზე კვარცის კიუეტაში, ინერტული გაზის საშუალებით და ვერცხლისწყლის ორთქლის სიმკვრივის განსაზღვრა 235.7 ნმ ტალღის სიგრძეზე. ამ მეთოდით ისაზღვრება ვერცხლისწყლის ჯამური შემცველობა.

NH₄, NO₃, NO₂ და P – ის განსაზღვრას ვატარებდით ფოტოკოლორი-მეტრული მეთოდით.

NH₄⁺ - ის განსაზღვრა დაფუძნებულია ამონიუმის იონისა და ნესლერის რეაქტივს (ვერცხლისწყლის იოდინი) შორის ურთიერთქმედებაზე ტუტე არეში, რომლის დროსაც წარმოიქმნილი ყვითელი შეფერილობა ამონიუმის იონის კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია.

NO₃⁻ - ის განსაზღვრას ვატარებდით ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით ნატრიუმის სალიცილატის გამოყენებით. მეთოდი დაფუძნებულია ნიტრატ იონებსა და ნატრიუმის სალიცილატის იონების ურთიერთქმედებაზე, გოგირდმჟავას თანაობისას, რომლის დროსაც წარმოიქმნილი ყვითელი შეფერილობა ნიტრატ იონის კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია.

P – ის განსაზღვრას ვატარებდით ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით, რომელიც დაფუძნებულია ორთოფოსფორმჟავასა და მოლიბდატის

ურთიერთქმედებაზე მჟავა არეში, რომლის დროსაც წარმოიქმნილი ლურჯი შეფერილობა ფოსფორის კონცენტრაციის პირდაპირ პროპორციულია.

Al –ის განსაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით. ალუმინი ხრომაზუროლ S-თან წარმოქმნის შეფერილ კომპლექსს, როცა $pH=6$. მეთოდი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ, 0.02 მგ/ლ ალუმინი.

Si –ის განსაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით. ამონიუმის მოლიბდატის გამოყენებით. მეთოდის მგრძობიარობაა 0.1მგ/ლ, ხოლო განსაზღვრის ქვედა ზღვარია 0.05მგ/ლ.

As –ის განსაზღვრას ვატარებდით ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით. მეთოდი დაფუძნებულია დარიშხანიდან დარიშხანის ჰიდრატის მიღებაზე. ეს უკანასკნელი ვერცხლისწყლის ქლორიდთან წარმოქმნის შეფერილ კომპლექსს.

Se - ის განსაზღვრას ვაწარმოებდით ფლუორიმეტრული მეთოდის გამოყენებით. მეთოდი დაფუძნებულია სელენის იონის უნარზე წარმოქმნას ფუორესცენტული ნაერთი 2,3 დიამინონაფტალენთან მჟავა არეში. განსაზღვრის ქვედა ზღვარია 0.1 მკგ/ლ.

ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების (ზან) განსაზღვრისათვის ვიყენებდით ექსტრაქციის მეთოდს. მეთოდი დაფუძნებულია მეთილენ ლურჯის და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების კომპლექსის ექსტრაქციაზე ქლოროფორმის გამოყენებით. მიღებული ორგანული ფაზის ფოტოკოლორიმეტრირებით 650 ნმ ტალღის სიგრძეზე და ზან-ის კონცენტრაციის განსაზღვრა საკალიბრო მრუდის გამოყენებით.

ორგანული დამაბინძურებლები და პესტიციდები:

ფენოლის განსაზღვრისათვის გაზქრომატოგრაფიული მეთოდით საჭიროა მათი წინასწარი კონცენტრირება. ამ მეთოდით შესაძლებელია განისაზღვროს ფენოლი 0.1მკგ/ლ დან 1მგ/ლ-მდე.

პესტიციდები, პოლიქლორბიფენილები, ნავთობპროდუქტები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. წყლის მონიტორინგული კვლევები მასსპექტრომეტრული ქრომატოგრაფიის მეთოდით შესრულებულია დიდი ბრიტანეთის (Alcontrol Laboratories – იორკშირი, Wessex Laboratories - ვესექსი) და

საფრანგეთის (Compage Generale d'eau de source) ლაბორატორიებში. ანალიზის შედეგები მოცემულია დანართი 4 სახით.

მიკრობიოლოგიური პარამეტრები განსაზღვრისას გამოვიყენეთ როგორც ფილტრაციის ასევე დუდილის მეთოდი. სულ განისაზღვრა 6 მახასიათებელი: მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმები, საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, Escherichia coli, სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები (Cl perfringens), Streptococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa და პათოგენები, მათ შორის სალმონელეები. განსაზღვრისას გამოყენებულია ისოს მიერ რეკომენდებული მეთოდები.

თანამდე (სპონტანური) გაზები: თანამდე გაზების შემადგენლობის განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ ქრომატოგრაფიული მეთოდი. განისაზღვრა შემდეგი გაზები (მოცულობითი %): CO₂, CO, H₂S, N₂, O₂, Ar, CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀.

თანამდევი გაზების ქრომატოგრაფიული ანალიზის პირობები

ხელსაწყო	გაზური ქრომატოგრაფი JIXM-80
დეტექტორი	კატარომეტრი
ქრომატოგრაფიული სვეტები	ჩატვირთული 3მX2მმ, შემავსებელი Polisorb; ჩატვირთული 3მX2მმ, შემავსებელი ცეოლითი 13X;
ტემპერატურული რეჟიმი	T _{სვ.} - 25°C წთ; T _{ამართ.} - 170°C; T _{დეტ.} - 170°C
აირმატარებელი	ჰელიუმი V=30მლ/წთ.
ნიმუშის რაოდენობა	2მლ

თავი III

კვლევის შედეგები

3.1 მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური კვლევის შედეგები.

მინერალური წყლის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების კვლევის შედეგებს ვამუშავებთ წყლის კომპიუტერული ბანკის საშუალებით. კომპიუტერული ბანკი, წარმოადგენს მონაცემთა ელექტრონულ ბაზას, რომელიც საშუალებას იძლევა შევინახოთ და დავამუშაოთ თითოეული შედეგი; სპეციალური ინსტრუმენტების გამოყენება, საშუალებას გვაძლევს ერთმანეთს შევადაროთ ანიონების და კატიონების ექვივალენტების რაოდენობები, ელ. გამტარობის და მინერალიზაციისა და მშრალი ნაშთის მაჩვენებლები, დავამუშაოთ შედეგები და დავრწმუნდეთ ანალიზის სისწორეში. კომპიუტერული მონაცემთა ბაზა აღჭურვილია სტატისტიკური ანალიზის ჩატარების საშუალებებით, რომლებიც პარამეტრების შემცველობის სტატისტიკასთან ერთად, საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ კორელაციური დამოკიდებულებები სხვადასხვა პარამეტრებს შორის.

მაგალითისათვის სრული ქიმიური ანალიზის შედეგები შვიდივე საექსპლოატაციო ჭაბურღილისათვის მოყვანილია დანართის სახით. (დანართი 5)

2002-2003 წლებში ჩატარებული მონიტორინგული კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილების სახით. ცხრილი 12-18.

**ცხრილი 12. ბორჯომის მინ. წყლის 1 ჭაბურღილის 2002-2003წწ –ის
კვლევის შედეგები**

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	19/12/03
ფერი	1	0	1	1	0	0	1			
სუნი	0	0	1	1	0	0	0			
გემო	3	2	3	3	3	3	3			
pH	7.4	7.7	7.0	7.2	7.4	7.1	7.3	7.5	7.450	7.4
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	4232	3841	4062	3952	3853	3863	3916	3826	4143	3975
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.548	0.538	0.542	0.499	0.5382	0.533	0.620	0.542	0.554	0.568
სისისტე (მგ-ექვ/ლ)	7.0	7.1	9.6	7.8	7.12	8.2	8.2	8.0	8.2	8.6
პერმანგ. ჟანგვადობა (მგ/ლ)	1.0	1.0	0.9	1.2	1.160	0.9	1.6	0.8	0.800	1.3
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	20.0	32.1	19.3	25.7	31.1	23.6	19.5	22.1	20.500	19.5
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	32.0	26.6	37.2	38.6	35.017	32.9	39.7	33.6	28.500	30.4
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	4.6	4.7	4.5	4.5	4.3	4.5	4.8	4.5	4.6	4.7
Ca	66	82	82	92	70	91	85	84	80	84
Mg	45	36	67	38	44	44	48	45	50	53
Na	1545	1365	1452	1430	1319	1290	1331	1358	1485	1425
K	24	25	25	35	34	38	33	31	33	29
Li	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0
Sr	11.5	10.0	9.7	10.2	8.0	9.4	8.3	8.5	9.9	11.5
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.88	0.48	1.12	1.00	0.84	0.87	0.80	0.65	0.60	0.80
Cu	0.020	0.015	0.006	0.009	0.006	0.003	0.009	0.003	0.006	0.006
Mn	0.03	< 0.02	< 0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	< 0.02	0.02	< 0.02
Zn	0.030	0.015	0.016	0.011	0.039	0.012	0.006	0.012	0.009	0.016
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	2.3	3.0	2.6	3.1	4.6	2.8	4.5	3.5	2.5	2.5
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	5.0	5.6	4.0	5.2	5.6	5.2	6.0	6.0	4.800	5.8
Cl	333	383	413	306	401	400	390	363	406	384
Br	0.9	0.8	0.9	0.6	1.2	1.2	1.0	1.5	1.1	0.9
I	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.5	0.5	0.6
HCO ₃	4148	3666	3825	3843	3709	3770	3770	3723	4026	3843
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	2.0	1.8	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	2.2	1.8	2.0
NO ₂	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.002	< 0.5	< 0.002	< 0.5	< 0.5
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
HPO ₄	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
HBO ₃	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	6272	5644	5943	5842	5676.860	5717	5770	5687	6156	5896

**ცხრილი 13. ბორჯომის მინ. წყლის 41 ჰაზურდილის 2002-2003წწ –ის
კვლევის შედეგები**

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	10/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pH	6.9	6.9	6.7	7.0	6.8	6.5	7.0	6.9	7.0	6.7
t, °C	32	-	32	32	-	32	32	-	32	32
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	4044	3862	4027	3813	4093	4058	3816	3901	4046	3974
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.528	0.556	0.549	0.516	-	0.587	0.541	0.568	-	0.546
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	8.2	8.4	7.7	8.7	8.7	8.0	7.9	7.8	8.5	7.9
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
პერმანგ. კანგადობა (მგ/ლ)	1.2	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3	1.5	1.0	1.0	1.3
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	17.0	18.2	-	20.0	19.5	16.1	18.2	18.2	16.1	17.0
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.4	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	25.3	18.7	22.9	27.8	21.5	20.6	28.6	22.7	31.5	24.0
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	5.0	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	4.5	5.0	5.2	5.0
Ca	86	98	84	80	81	84	80	84	90	85
Mg	47	42	42	57	57	46	47	44	49	44
Na	1386	1364	1450	1305	1450	1425	1325	1365	1440	1435
K	35	30	30	38	28	28	38	30	27	30
Li	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9
Sr	9.5	9.3	7.3	9.2	10.0	11.0	9.3	9.0	8.8	7.3
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.31	0.25	0.22	0.34	0.30	0.26	0.35	0.30	0.24	0.30
Cu	0.200	0.190	0.180	0.220	0.200	0.199	0.198	0.210	0.220	0.190
Mn	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Zn	0.028	0.020	0.020	0.019	0.020	0.015	0.019	0.018	0.021	0.020
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	4.2	3.2	3.1	2.4	2.9	3.7	4.1	3.2	2.5	3.1
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	5.8	5.8	6.0	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	5.2	6.2
Cl	389	404	369	377	383	383	342	404	407	369
Br	0.9	1.3	0.8	1.0	1.0	1.3	0.7	1.2	1.0	0.9
I	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.5
HCO ₃	3916	3660	3843	3697	3922	3922	3758	3752	3867	3813
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	2.8	2.4	2.0	2.0	1.8	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.2	0.6	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
HPO ₄	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	5970	5662	5917	5631	6022	5987	5664	5746	5948	5849

ცხრილი 14. ბორჯომის მინ. წყლის 59 ქაბურღილის 2002-2003წწ –ის კვლევის შედეგები

<i>თარიღი</i>	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	19/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pH	7.2	7.0	7.7	6.9	7.4	7.0	7.0	7.2	6.9	7.5
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	4331	4519	4311	4532	4254	4423	4503	4211	4311	4311
ელ. გამტარობა (სმ/მ)	0.542	0.542	0.573	0.602	0.535	0.590	-	0.563	0.602	0.573
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	7.6	7.8	8.0	9.8	7.2	9.5	8.0	8.5	9.5	8.0
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7
პერმანგ. უანგვადობა (მგ/ლ)	1.0	0.7	0.9	1.2	-	1.0	0.9	1.3	1.2	1.0
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	18.2	20.5	-	22.9	18.2	21.4	19.9	21.4	22.0	21.0
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.3	0.1	0.2	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	28.6	30.9	24.7	40.5	31.2	38.9	14.6	35.5	36.8	24.7
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	5.3	5.5	5.3	6.0	5.3	5.3	5.8	5.3	5.6	5.3
Ca	82	91	80	96	80	93	91	88	90	80
Mg	42	40	48	61	39	59	42	50	61	48
Na	1525	1615	1507	1606	1515	1465	1600	1455	1535	1507
K	32	35	34	40	30	46	35	40	39	34
Li	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	1.1	1.0	1.1	1.0	0.8
Sr	10.5	10.0	8.5	11.6	10.0	10.0	9.6	9.9	11.5	7.8
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.01	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.40	0.30	0.29	0.29	0.31	0.42	0.45	0.39	0.50	0.33
Cu	0.007	0.008	0.007	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.008
Mn	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	0.01	0.02	< 0.02	< 0.02
Zn	0.009	0.010	0.010	0.008	0.009	0.007	0.010	0.008	0.007	0.013
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	2.4	2.0	2.1	1.3	2.6	2.1	1.6	2.2	2.0	2.1
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	5.2	5.0	4.9	6.0	6.2	5.6	4.5	6.0	6.2	4.9
Cl	443	489	432	512	397	526	475	441	479	432
Br	0.8	0.5	0.6	0.9	0.9	0.7	0.5	0.8	0.9	0.6
I	0.4	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5
HCO ₃	4197	4270	4172	4124	4172	4221	4270	4038	3965	4172
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	0.88	0.7	0.9	0.8	0.4	0.8	1.0	0.9	0.8	0.9
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
HPO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BrO ₃	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	6395	6619	6363	6560	6306	6499	6603	6197	6261	6363

ცხრილი 15. ბორჯომის მინ. წყლის 25 ქაზურდილის 2002-2003წწ –ის კვლევის შედეგები

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	10/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pH	7.4	7.2	7.4	7.1	7.2	7.0	7.1	7.2	7.1	7.3
t, °C	38	38	38	-	38	38	-	38	-	-
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	4605	4759	4855	4406	4515	4683	4325	4759	4441	4474
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.638	0.592	0.638	0.638	0.625	0.659	0.632	0.592	0.635	0.605
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	3.8	3.4	3.7	4.0	3.4	3.6	3.6	3.4	3.6	3.7
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	0.9	0.9	1	1.1	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1
პერმანგ. კანგვადობა (მგ/ლ)	1.4	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	18.2	19.0	-	17.5	15.5	18.9	17.9	19.0	17.8	18.2
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	25.5	32.5	33.6	34.3	36.7	35.5	33.2	32.5	32.0	34.0
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	4.5	5.5	5.3	5.3	5.5	5.3	5.0	5.5	5.3	5.0
Ca	30	30	35	28	30	25	28	30	26	28
Mg	29	23	24	32	23	28	27	23	28	28
Na	1775	1815	1870	1694	1755	1775	1675	1815	1700	1700
K	18	26	18	24	25	20	24	26	24	27
Li	1.2	1.2	1.2	1.4	1.2	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2
Sr	5.2	5.8	5.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.8	6.6	6.6
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.32	0.28	0.30	0.29	0.33	0.35	0.30	0.27	0.25	0.34
Cu	0.020	0.019	0.025	0.019	0.018	0.022	0.019	0.023	0.025	0.018
Mn	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Zn	0.020	0.021	0.023	0.019	0.021	0.019	0.022	0.021	0.024	0.019
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	2.5	2.2	2.9	3.3	3.0	3.1	3.0	2.9	3.2	2.8
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	9.8	10.0	8.6	8.8	10.0	9.0	9.2	10.0	9.0	9.8
Cl	450	428	450	420	428	443	425	428	425	414
Br	0.8	0.9	1.0	1.2	1.0	0.7	1.2	0.9	1.3	1.0
I	0.5	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6
HCO ₃	4392	4569	4679	4197	4270	4551	4075	4569	4258	4319
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	2.0	2.4	2.4	1.9	2.1	1.8	2.0	2.4	1.9	2.2
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
HPO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	6765	7006	7156	6470	6615	6921	6329	7006	6535	6598

ცხრილი 16. ბორჯომის მინ. წყლის 37 ქაბურღილის 2002-2003წწ –ის კვლევის შედეგები

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	10/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pH	7.4	7.4	7.4	7.4	7.1	7.2	7.2	7.2	7.4	7.4
t, °C	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	4649	4727	4580	4666	4651	4493	4650	4701	4658	4644
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.651	0.652	0.655	0.662	0.620	0.654	0.622	0.576	0.665	0.654
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	5.4	5.9	6.7	5.2	5.0	5.7	6.0	7.4	5.4	6.5
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.8	0.9
პერმანგ. ჟანგეადობა (მგ/ლ)	1.5	1.1	1.6	1.7	1.4	1.4	1.7	2.0	1.9	1.5
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	11.8	16.1	-	13.9	15.0	13.9	12.9	16.3	16.1	18.6
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	47.0	49.9	46.5	49.9	44.1	48.7	48.6	49.9	49.5	47.7
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	5.8	5.1	5.8	5.3	5.3	5.3	5.4	5.3	5.8	5.8
Ca	22	25	33	25	34	34	30	41	22	30
Mg	53	57	61	49	40	49	55	65	53	61
Na	1655	1715	1635	1695	1683	1633	1725	1725	1726	1685
K	25	24	27	29	24	24	25	20	20	21
Li	1.0	1.0	1.5	1.7	1.3	1.4	1.3	1.1	1.4	1.1
Sr	5.3	5.3	6.0	6.0	6.4	6.4	6.5	6.5	5.5	5.6
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.34	0.34	0.28	0.23	0.40	0.43	0.40	0.36	0.36	0.41
Cu	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006
Mn	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Zn	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	3.8	3.1	4.1	3.0	4.5	4.5	4.0	3.3	2.7	4.2
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	6.6	6.0	6.4	6.2	5.4	6.0	5.2	5.4	6.0	6.0
Cl	441	482	449	468	467	425	447	447	447	441
Br	1.3	1.6	1.1	1.0	1.5	1.8	1.2	1.2	1.6	1.5
I	0.7	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.7
HCO ₃	4648	4593	4502	4551	4526	4404	4490	4551	4526	4551
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
HPO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	6935	6935	6794	6904	6877	6659	6858	6939	6884	6882

ცხრილი 17. ბორჯომის მინ. წყლის 38 ჭაბურღილის 2002-2003წწ –ის კვლევის შედეგები

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	10/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3
pH	7.2	7.0	7.0	7.0	6.7	7.8	7.3	6.8	7.0	7.0
t, °C	-	-	-	35	-	35	-	-	35	35
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	3835	3680	3790	3756	3644	3844	3535	3534	3779	3814
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.548	0.525	0.526	0.525	0.547	0.524	0.504	0.530	0.477	0.523
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	3.6	3.6	3.6	3.5	2.9	4.5	3.7	2.5	3.4	3.8
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7
პერმანგ. უანგუადობა (მგ/ლ)	1.0	0.9	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.4	1.1
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	16.3	14.6	-	16.9	17.1	15.5	17.1	17.6	15.0	12.8
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	0.2	0.5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1.6
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	36.8	42.9	40.1	43.5	42.3	38.9	43.3	43.5	42.8	37.8
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	4.0	4.3	4.8	4.5	4.5	4.6	4.3	4.4	4.5	4.6
Ca	27	27	27	28	28	30	25	30	28	30
Mg	27	28	27	26	22	25	30	20	24	28
Na	1450	1355	1400	1355	1375	1452	1265	1329	1400	1425
K	16	20	16	19	18	13	20	18	18	16
Li	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	0.9	1.0	0.9
Sr	7.2	6.6	6.8	6.0	6.6	4.2	5.6	6.6	5.8	5.0
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.35	0.30	0.28	0.36	0.38	0.20	0.40	0.38	0.30	0.24
Cu	0.020	0.018	0.020	0.027	0.016	0.018	0.018	0.020	0.016	0.024
Mn	0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Zn	0.018	0.020	0.024	0.019	0.021	0.025	0.019	0.020	0.017	0.023
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	3.0	2.3	3.0	2.6	3.1	1.7	2.2	2.5	2.4	2.0
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	9.6	9.8	9.8	9.6	9.8	9.2	9.8	10.0	10.6	9.4
Cl	365	306	367	331	319	316	306	319	330	316
Br	0.9	1.4	1.0	0.9	1.3	0.8	1.1	1.2	0.9	1.0
I	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
HCO ₃	3678	3660	3678	3733	3538	3782	3526	3416	3660	3782
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	2.0	1.9	2.2	1.8	2.1	1.9	1.8	2.0	2.1	2.5
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
HPO ₄	0.2	< 0.1	0.2	0.2	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	5644	5480	5599	5592	5384	5704	5269	5214	5579	5674

ცხრილი 18. ბორჯომის მინ. წყლის 54 ჭაბურღილის 2002-2003წწ –ის კვლევის შედეგები

თარიღი	12/02/02	07/05/02	25/07/02	25/10/02	02/12/02	05/02/03	28/04/03	19/07/03	07/09/03	10/12/03
ფერი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
სუნი	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
გემო	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
pH	7.4	7.3	7.4	7.2	7.5	7.0	7.0	7.0	7.4	7.5
t, °C	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
მშრ. ნაშთი 180 °C (მგ/ლ)	3667	3411	3464	3645	3602	3621	3746	3726	3714	3558
ელ. გამტარობა (სიმ/მ)	0.473	0.509	0.523	0.500	-	0.485	0.463	0.457	0.544	0.542
სიხისტე (მგ-ექვ/ლ)	15.4	14.3	14.5	16.5	16.0	15.1	14.8	15.1	17.2	16.4
თავისუფალი CO ₂ (მგ/ლ)	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3
პერმანგ. უანგუადობა (მგ/ლ)	0.9	0.8	0.8	0.9	0.6	1.0	0.7	0.8	1.1	0.9
ჯამური SiO ₂ (მგ/ლ)	20.0	19.3	-	18.2	22.5	18.2	23.4	20.0	19.3	21.2
H ₃ PO ₄ (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
H ₃ BO ₃ (მგ/ლ)	28.0	21.5	25.7	28.0	27.8	27.8	21.7	25.2	20.2	23.6
H ₂ S (მგ/ლ)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
კატიონები (მგ/ლ)										
NH ₄	5.5	4.7	5.0	5.0	4.8	5.3	5.5	5.5	5.0	4.9
Ca	140	122	112	135	130	135	128	125	113	130
Mg	102	100	108	118	115	102	102	108	140	120
Na	1100	1044	1023	1085	1116	1085	1155	1125	1150	1080
K	40	29	30	40	25	41	40	40	34	40
Li	1.1	0.9	0.8	1.0	1.4	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7
Sr	17.0	14.5	14.0	15.0	18.5	15.0	17.5	18.5	10.9	14.2
Co	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Ni	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cr	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fe	0.36	0.23	0.20	0.34	0.29	0.29	0.33	0.30	0.35	0.30
Cu	0.006	0.006	0.007	0.005	0.004	0.008	0.006	0.005	0.005	0.006
Mn	< 0.002	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.002	< 0.02	< 0.002	< 0.002	< 0.02	< 0.002
Zn	0.019	0.020	0.018	0.017	0.018	0.020	0.015	0.019	0.020	0.020
Al	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ba	1.9	1.9	2.6	2.0	2.4	1.4	1.5	2.0	2.2	2.3
Ag	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
ანიონები (მგ/ლ)										
F	4.1	4.2	3.8	4.2	3.1	4.2	4.2	4.0	4.0	3.8
Cl	264	250	248	269	262	267	277	277	266	277
Br	0.9	0.8	0.9	1.2	1.1	0.9	1.0	1.1	1.0	1.5
I	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.4	0.7
HCO ₃	3782	3538	3703	3782	3642	3770	3843	3855	3831	3550
CO ₃	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
SO ₄	2.4	2.0	1.9	2.2	2.2	1.8	2.5	2.0	2.0	1.9
NO ₂	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
NO ₃	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
H ₂ PO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0	0.7
HPO ₄	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	1.5
PO ₄	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
H ₂ BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HBO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BO ₃	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
HS	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
S	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
მინერალიზაცია (მგ/ლ)	5527	5151	5285	5505	5393	5475	5636	5622	5598	5304

3.2 სპონტანური გაზების შემცველობა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ცალკეულ ჭაბურღილებში

თანამდე (სპონტანური) გაზების შედგენილობის მიხედვით ბორჯომის მინერალური წყლის ჭაბურღილებში აღინიშნება ნახშირორჟანგი, მეთანი, აზოტი. გოგირდწყალბადი დაფიქსირდა კვალის სახით. ეთანი, პროპანი, ბუტანი და ნახშირის ჟანგი გაზების შემადგენლობაში არ დაფიქსირებულა (ცხრილი 19)

ცხრილი 19. სპონტანური გაზების ანალიზის შედეგები

	ბურღ. No1	ბურღ. No41	ბურღ. No59	ბურღ. No37	ბურღ. No38e	ბურღ. No25e	ბურღ. No54
	ცენტრალური უბანი			ვაშლოვანი-ყვიბისი			ლიკანი
CO ₂	93.83	94.45	95.08	50.49	52.16	63.97	96.28
N ₂	1.84	1.53	1.51	2.43	2.32	9.64	1.99
CH ₄	4.33	4.02	3.41	47.08	45.51	26.39	1.73
CO	af*	af	af	af	af	af	af
H ₂ S	კვალი	კვალი	კვალი	კვალი	კვალი	კვალი	კვალი
C ₂ H ₆	af	af	af	af	af	af	af
C ₃ H ₈	af	af	af	af	af	af	af
C ₄ H ₁₀	af	af	af	af	af	af	af

* - არ ფიქსირდება

როგორც ცხრილიდან ჩანს ცენტრალური უბანი ხასიათდება მაღალი ნახშირორჟანგის შემცველობით 93-95 მოცულობითი პროცენტი. აზოტი შეადგენს 1.5 -1.8 %-ს, ხოლო მეთანი 3.4 დან 4.33%-ზღვრებში იცვლება.

ლიკანის უბანი ცენტრალური უბნის მსგავსად, მაღალი ნახშირორჟანგის შემცველობით ხასიათდება, ნახშირორჟანგის შემცველობა 96 მოცულობითი პროცენტია. აზოტი შეადგენს 1.99 %-ს, ხოლო მეთანი 1.73 %.

განსხვავებული შემცველობით ხასიათდება სპონტანური გაზები ვაშლოვანი – ყვიბისის უბნიდან. მკვეთრად შემცირდა ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია – 50-63% და გაიზარდა მეთანის კონცენტრაცია 26-47 მოც. %. რაც შეეხება აზოტს, მისი მნიშვნელობა 2.3-9.6% -ის ფარგლებში იცვლება.

3.3 კვლევის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება

თითოეული პარამეტრის სტაბილურობის დადგენის მიზნით, საბადოსთვის დამახასიათებელი ბუნებრივი ფლუქტუაციების ზღვრების დასადგენად მონიტორინგის შედეგად მიღებული კვლევის შედეგები დავამუშავეთ სტატისტიკურად თითოეული ჭაბურღილისათვის. დადგენილია ფლუქტუაციის ზღვრები, აბსოლუტური (ემპირიული) და საშუალო კვადრატული გადახრები, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები, თითოეული კომპონენტის ცვლილება პროცენტებში. ცხრილების სახით (ცხრილი 20 -26) წარმოგიდგენთ ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების სტატისტიკური ანალიზის შედეგებს.

მიკროელემენტების კვლევისას მიღებული მნიშვნელობები სტატისტიკურად არ დაგვიმუშავებია, რადგანაც მათი მცირე კონცენტრაციის გამო მეთოდით დაშვებული ცდომილება რიგ შემთხვევაში თავისთავად აჭარბებს 20% -ს და მათი მნიშვნელობებით საბადოს სტაბილურობის შეფასება არ ჩავთვალეთ სწორად.

ცხრილი 20. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 25 ჭაბურღილი

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	29.00	26	22.68	1757	4387.73	431.28	5.80	9.42	0.53	35.28
სტანდარტული გადახრა	2.75	3.09	3.05	64.41	196.28	12.40	0.58	0.55	0.08	5.15
სტანდარტული გადახრა, %	9.48%	11.73%	13.44%	3.67%	4.47%	2.88%	10.01%	5.87%	14.87%	14.60%
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	25.00	23	17.60	1675	4074.80	414.06	5.00	8.60	0.40	25.49
მაქსიმალური მნიშვნელობა	35.00	32	25.00	1870	4678.70	450.22	6.60	10.00	0.60	42.49
საშუალო არითმეტიკული	30.00	27	21.30	1773	4376.75	432.14	5.80	9.30	0.50	33.99
ცვალებადობის განსაზღვრა	16.67%	16.48%	17.37%	5.50%	6.90%	4.18%	13.77%	7.53%	20.00%	25.00%
მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	13.79%	13.37%	22.40%	4.69%	7.13%	3.99%	13.76%	8.70%	24.31%	27.74%
საშუალო +20%	34.80	31.58	27.22	2109	5265.28	517.54	6.96	11.30	0.63	42.34
საშუალო -20%	23.20	21.06	18.14	1406	3510.18	345.03	4.64	7.54	0.42	28.22

ცხრილი 21. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 38 ჭაბურღილი

-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	28.06	26	17.64	1381	3645.36	327.70	6.04	9.76	0.27	42.48
სტანდარტული გადახრა	1.60	2.98	1.88	57.74	118.36	21.83	0.92	0.37	0.05	4.74
სტანდარტული გადახრა, %	5.69%	11.64%	10.65%	4.18%	3.25%	6.66%	15.20%	3.84%	17.74%	11.16%
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	25.00	20	15.00	1265	3416.00	306.29	4.20	9.20	0.20	36.82
მაქსიმალური მნიშვნელობა	30.00	30	20.40	1452	3782.00	366.91	7.20	10.60	0.30	53.25
საშუალო არითმეტიკული	27.50	25	17.70	1359	3599.00	336.60	5.70	9.90	0.25	45.04
ცვალებადობის განსაზღვრა	9.09%	20.00%	15.25%	6.88%	5.08%	9.00%	26.32%	7.07%	20.00%	18.24%
მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	10.91%	21.88%	14.98%	8.37%	6.29%	6.53%	30.46%	5.74%	24.81%	13.31%
საშუალო +20%	33.67	30.72	21.17	1657	4374.43	393.24	7.25	11.71	0.32	50.97

საშუალო -20%	22.45	20.48	14.11	1104	2916.29	262.16	4.83	7.81	0.21	33.98
--------------	-------	-------	-------	------	---------	--------	------	------	------	-------

ცხრილი 22. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 41 ჭაბურღილი

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	85.15	47	31.41	1395	3814.9 4	382.58	9.07	5.91	0.53	24.35
სტანდარტული გადახრა	5.46	5.47	2.04	53.24	95.55	20.12	1.12	0.28	0.10	3.96
სტანდარტული გადახრა, %	6.41%	11.53 %	6.51%	3.82%	2.50%	5.26%	12.32 %	4.68%	19.28 %	16.25 %
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	80.00	42	29.50	1305	3660.0 0	341.74	7.30	5.20	0.40	18.69
მაქსიმალური მნიშვნელობა	98.00	57	35.20	1450	3922.3 0	406.97	11.00	6.20	0.70	31.47
საშუალო არითმეტიკული	89.00	50	32.35	1378	3791.1 5	374.35	9.15	5.70	0.55	25.08
ცვალებადობის განსაზღვრა	10.11%	15.15 %	8.81%	5.26%	3.46%	8.71%	20.22 %	8.77%	27.27 %	25.47 %

მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	6.05%	11.41 %	6.08%	6.42%	4.06%	10.67 %	19.51 %	12.01 %	24.17 %	23.22 %
საშუალო +20%	102.18	56.89	37.69	1673	4577.9 3	459.09	10.88	7.09	0.63	29.22
საშუალო -20%	68.12	37.93	25.13	1116	3051.9 5	306.06	7.26	4.73	0.42	19.48

ცხრილი 23. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 37 ჭაბურღილი

-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	29.36	54	22.90	1688	4534.1 3	451.2 8	5.95	5.92	0.53	50.67
სტანდარტული გადახრა	5.61	7.45	2.10	36.33	64.43	16.37	0.49	0.45	0.10	4.37
სტანდარტული გადახრა, %	19.12%	13.77 %	9.17%	2.15%	1.42%	3.63%	8.28%	7.67%	19.22 %	8.62%
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	22.00	40	19.50	1633	4404.2 0	425.4 0	5.30	5.20	0.36	46.55
მაქსიმალური მნიშვნელობა	38.00	65	25.00	1726	4648.2 0	482.1 2	6.50	6.60	0.67	62.09
საშუალო არითმეტიკული	30.00	53	22.25	1679	4526.2 0	453.7 6	5.90	5.90	0.52	54.32
ცვალებადობის განსაზღვრა	26.67%	24.57 %	12.36 %	2.75%	2.70%	6.25%	10.17 %	11.86 %	30.10 %	14.31 %

მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	25.07%	26.78 %	14.85 %	3.24%	2.87%	5.73%	10.92 %	12.16 %	32.08 %	8.14%
საშუალო +20%	35.23	64.90	27.48	2025	5440.9 6	541.5 3	7.14	7.10	0.64	60.80
საშუალო -20%	23.49	43.26	18.32	1350	3627.3 0	361.0 2	4.76	4.74	0.42	40.53

ცხრილი 24. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 54 ჭაბურღილი

-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	127.04	110	40.28	1096	3729.54	265.52	15.51	3.96	0.52	23.95
სტანდარტული გადახრა	9.16	8.95	1.44	42.39	117.06	10.26	2.38	0.34	0.09	4.18
სტანდარტული გადახრა, %	7.21%	8.14%	3.58%	3.87%	3.14%	3.87%	15.33%	8.59%	17.73%	17.46%
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	112.00	100	38.60	1023	3538.00	248.15	10.90	3.10	0.40	15.70
მაქსიმალური მნიშვნელობა	140.00	125	44.00	1155	3855.20	276.51	18.50	4.20	0.68	28.04
საშუალო არითმეტიკული	126.00	113	41.30	1089	3696.60	262.33	14.70	3.65	0.54	21.87
ცვალებადობის განსაზღვრა	11.11%	11.11%	6.54%	6.06%	4.29%	5.41%	25.85%	15.05%	25.93%	28.20%
მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	11.84%	9.06%	4.17%	6.68%	5.14%	6.54%	29.72%	21.69%	22.63%	34.45%
საშუალო +20%	152.45	131.95	48.34	1316	4475.45	318.62	18.61	4.75	0.62	28.74
საშუალო -20%	101.63	87.97	32.22	877	2983.63	212.42	12.41	3.17	0.41	19.16

ცხრილი 25. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 59 ჭაბურღილი

-	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
-	მგ/ლ									
საშუალო	87.10	49	33.36	1533	4160.2 0	462.69	9.94	5.45	0.41	31.64
სტანდარტული გადახრა	6.06	8.76	1.96	56.76	96.58	40.19	1.17	0.63	0.09	6.04
სტანდარტული გადახრა, %	6.96%	17.87 %	5.87%	3.70%	2.32%	8.69%	11.75 %	11.48 %	20.00 %	19.09 %
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	80.00	39	30.00	1455	3965.0 0	397.04	7.80	4.50	0.25	24.59
მაქსიმალური მნიშვნელობა	96.00	61	35.00	1615	4270.0 0	526.08	11.60	6.20	0.50	40.51
საშუალო არითმეტიკული	88.00	50	32.50	1535	4117.5 0	461.56	9.70	5.35	0.38	32.55
ცვალებადობის განსაზღვრა	9.09%	22.77 %	7.69%	5.21%	3.70%	13.98 %	19.59 %	15.89 %	33.33 %	24.45 %

მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	8.15%	21.41 %	10.06 %	5.09%	4.69%	14.19 %	21.53 %	17.43 %	38.70 %	22.28 %
საშუალო +20%	104.52	58.79	40.03	1840	4992.2 4	555.23	11.93	6.54	0.49	37.97
საშუალო -20%	69.68	39.19	26.68	1226	3328.1 6	370.15	7.95	4.36	0.33	25.31

ცხრილი 26. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 1 ჭაბურღილი

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
საშუალო	81.61	46	33.10	1400	3832.2 2	377.86	9.70	5.32	0.44	33.45
სტანდარტული გადახრა	8.15	4.78	1.85	80.89	149.11	34.31	1.21	0.61	0.09	4.28
სტანდარტული გადახრა, %	9.99%	10.45 %	5.60%	5.78%	3.89%	9.08%	12.50 %	11.46 %	19.44 %	12.78 %
განსაზღვრის ზღვარი	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.5	<0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მინიმალური მნიშვნელობა	66.00	36	30.00	1290	3666.1 0	306.29	8.00	4.04	0.32	26.64
მაქსიმალური მნიშვნელობა	92.00	53	36.00	1545	4148.0 0	412.64	11.50	6.00	0.60	39.66
საშუალო არითმეტიკული	79.00	44	33.00	1418	3907.0 5	359.46	9.75	5.02	0.46	33.15
ცვალებადობის განსაზღვრა	16.46%	18.64 %	9.09%	8.99%	6.17%	14.79 %	17.95 %	19.52 %	30.43 %	19.63 %
მაქ. ადახრა მინიმუმიდან	19.13%	21.28 %	9.37%	7.86%	4.33%	18.94 %	17.53 %	24.12 %	27.31 %	20.35 %

საშუალო +20%	97.93	54.88	39.72	1680	4598.6 6	453.44	11.64	6.39	0.53	40.14
საშუალო -20%	65.29	36.58	26.48	1120	3065.7 8	302.29	7.76	4.26	0.35	26.76

ნატურალური მინერალური წყლის საბადოს ქიმიური შემადგენლობის ბუნებრივ ფლუქტუაციას არ უნდა ახასიათებდეს სეზონურობა და ძირითადი კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდიდან არ უნდა აღემატებოდეს 20%- ს.

ჭაბურღილების წყლის ქიმიური შედგენილობის შესწავლის შედეგად არ გამოვლენილა რაიმე ტენდენცია, რომლის მიხედვითაც საერთო მინერალიზაცია ან რომელიმე სხვა პარამეტრი გარკვეული კანონზომიერების მიხედვით იცვლებოდეს, ანუ ძირითადი იონების შემცველობა დასაკვირებელი პერიოდების განმავლობაში მერყეობდა ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრებში, ეს სიდიდე ძირითადი პარამეტრებისათვის არ აღემატებოდა 5-10%, ხოლო მიკროელემენტებისთვის და ბიოგენური კომპონენტებისთვის არ აჭარბებს 20%-ს, რაც მათი შედარებით მცირე კონცენტრაციით და განსაზღვრის მეთოდის ცდომილებითაც არის გამოწვეული.

ბორჯომის საბადოს წყლებისათვის დამახასიათებელია საკმაოდ სტაბილური ჰიდროქიმიური რეჟიმი. ბორჯომის წყლის ქიმიურ შემადგენილობაში რამე სისტემატური ცვლილება არ გამოვლენილა, ჰიდროქიმიური რეჟიმის ცვლილების ტენდენცია და სეზონური ცვლილება არ დაფიქსირებულა, მხოლოდ ადგილი ჰქონდა პარამეტრების ფლუქტუაციას კონდიციის ზღვრებში.

კვლევის შედეგების სტატისტიკური ანალიზით ($n=10$) მიღებული საშუალო მნიშვნელობები შვიდივე საექსპლოატაციო ჭაბურღილისთვის მოყვანილია ცხრილში 27 .

ცხრილი 27. მონიტორინგული კვლევების შედეგად მიღებული საშუალო მნიშვნელობები

კომპონენტები	ბურღ. 1	ბურღ.41	ბურღ.59	ბურღ.25	ბურღ.37	ბურღ.38	ბურღ.54
	(მგ/ლ)						
pH	7.3	6.8	7.2	7.2	7.3	7.1	7.3
სიხისტე (mg-Eq)	8.0	8.2	8.4	3.6	5.9	3.5	15.5
საერთო SiO ₂	23.3	17.8	20.6	18.0	15.0	15.9	20.2
H ₃ BO ₃	33.5	26.3	30.6	35.3	50.7	42.5	24.0
კატიონები							
NH ₄	4.5	4.9	5.4	5.2	5.4	4.4	5.1
Ca	81.6	85.2	87.1	29.0	29.6	28.1	127.0
Mg	47.1	47.4	49.0	26.3	54.1	25.6	111.5
Na	1400	1395	1533	1757.4	1687.65	1381	1096
K	30.6	33.3	32.8	23.3	23.8	17.5	40.3
Li	0.9	0.9	1.0	1.3	1.3	0.9	1.0
Sr	9.7	9.1	9.9	5.8	6.0	6.0	15.5
Fe	1.40	0.99	0.90	0.80	0.53	0.65	1.20
Cu	0.011	0.020	0.006	0.021	0.006	0.020	0.006
Mn	0.020	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02
Zn	0.017	0.020	0.009	0.021	0.003	0.021	0.019
Ba	3.1	3.2	2.0	2.9	3.7	2.5	2.0
ანიონები							
F	5.3	5.9	5.5	9.4	5.9	9.8	4.0
Cl	377.9	382.6	462.7	431.3	451.3	327.7	265.5
Br	1.0	1.0	0.7	1.0	1.4	1.1	1.0
I	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5
HCO ₃	3832.2	3814.9	4160.2	4387.7	4534.1	3645.4	3729.5
SO ₄	2.0	2.0	0.8	2.1	<0.2	2.0	2.1

მონიტორინგის შედეგად დარიშხანი, კადმიუმი, ციანიდი, ქრომი, ვერცხლისწყალი, ნიკელი, სელენი, ტყვია, ნიტრატი, ნიტრიტი, ფოსფატები, კარბონატი, გოგირდწყალბადი არცერთ ჭაბურღილში არ დაფიქსირებულა, მათი შემცველობები ნაკლებია განსაზღვრის ზღვარზე. ამიტომ მონიტორინგის კვლევის შედეგებით მიღებულ საშუალო მნიშვნელობების ცხრილში ეს კომპონენტები არ შეგვიტანია (განსაზღვრის ქვედა ზღვრები მოცემულია კვლევის მეთოდების განხილვის ნაწილში).

როგორც 27 ცხრილიდან ჩანს, ბორჯომის მინერალური წყალი ჰიდროკარბონარულ – ნატრიუმის წყლის ტიპს წარმოადგენს, მათი შემცველობა ყველა შემთხვევაში აღემატება 80 მგ-ექვ/%-ს, მაგრამ ნატრიუმის საშუალო მნიშვნელობის დიაპაზონი 1096 მგ/ლ –იდან 1757 მგ/ლ –მდე იცვლება. ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ჭაბურღილების წყლები განსხვავდებიან და როგორც ცხრილიდან ჩანს, თითოეული პარამეტრისთვის მნიშვნელობათა დიაპაზონი საკმაოდ დიდია.

3.4 ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მნიშვნელობათა დიაპაზონები, საქართველოს ეროვნული სტანდარტი – სსტ 50:2005 “წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი”, ტექნიკური პირობა.

საქართველოში, ისევე როგორც დსთ-ს სხვა ქვეყნებში სარგებლობდნენ სტანდარტით გოსტ 13273–88. გარდა იმისა, რომ ეს სტანდარტი მოძველებულია და ვერ აკმაყოფილებს ევროპის რეგიონალური სტანდარტისა და ბუტილირებული წყლების საერთაშორისო ასოციაციის წესების მოთხოვნებს, მასში მოყვანილი ზოგიერთი მონაცემი არ შეესაბამება ბორჯომის მინერალური წყლის პროდუქციის რეალურ ქიმიურ შემადგენლობას. ჩვენს მიერ ეს შენიშვნა კეთდება მრავალწლიანი ქიმიური ანალიზების შედეგების მიხედვით.

ამასთანავე ძველ სტანდარტში ყველა წყლისათვის ნატრიუმის და კალიუმის ჯამური მნიშვნელობებია მოცემული. ჩვენის აზრით ბორჯომის პროდუქციისათვის ეს სწორი არ უნდა იყოს. ამ ელემენტთა ზემოქმედება ორგანიზმზე განსხვავებულია. ამავე დროს კალიუმი, რომლის რაოდენობა ზოგიერთ ჭაბურღილში აღწევს 40 მგ/ლ-ს, ბორჯომის წყლის თავისებურებაზე უთუოდ ახდენს გავლენას. ამიტომ ჩვენის აზრით ახალ სტანდარტში ცალ-ცალკე უნდა ყოფილიყო ამ კომპონენტების მნიშვნელობათა დიაპაზონები და განსაზღვრის მეთოდები.

მონიტორინგის შედეგად მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ყველა ჭაბურღილის წყალი მსგავსი შედგენილობის ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიან წყლების ტიპს მიეკუთვნება. ასეთი ტიპის წყლების პროდუქცია სსრკ-ში ბორჯომის ტიპის სახელწოდებით არის რეგისტრირებული, რაც ასახულია ძველ სტანდარტში. ამავე დროს, ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ჭაბურღილების წყლები განსხვავდებიან და როგორც 20-27 ცხრილებიდან ჩანს, თითოეული პარამეტრისთვის მნიშვნელობათა

დიაპაზონი საკმაოდ დიდია. მოცემული მნიშვნელობები უმეტესად თანხვედნაშია ძველი სტანდარტის მონაცემებთან, მაგრამ არის განსხვავებებიც.

ჩვენს მიერ ჩატარებული მონიტორინგის შედეგად მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე, ევროსაბჭოს დირექტივებზე დაყრდნობით, საერთაშორისო ორგანიზაციებთან და ექსპერტებთან თანამშრომლობით დავადგინეთ ბორჯომის ნატურალური მინერალური წყლის პროდუქციის მახასიათებლები.

როგორც 27-ე ცხრილიდან ჩანს ყველა ჭაბურღილის წყალი მსგავსი შედგენილობის ჰიდროკარბონატულ - ნატრიუმთან წყლების ტიპს მიეკუთვნება, რაც ასახულია ძველ სტანდარტში - ამავე დროს, ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ჭაბურღილების წყლები განსხვავდებიან და თითოეული პარამეტრისთვის მნიშვნელობათა დიაპაზონი საკმაოდ დიდია. მოცემული მნიშვნელობები უმეტესად თანხვედნაშია ძველი სტანდარტის მონაცემებთან, მაგრამ არის განსხვავებებიც.

შეცდომად მიგვაჩნია ის გარემოება, რომ ბორჯომის წყლის ძველ სტანდარტში არ არის მოცემული კონკრეტული ინფორმაცია სტრონციუმს, ფტორის, იოდის და ბორის შესახებ. ჩვენი მონაცემებით სტრონციუმის შემცველობა ჭაბურღილების წყლის ნიმუშებსა და პროდუქციაში შეადგენს 4.0-20.0მგ/ლ, ფტორის 3-10.6 მგ/ლ, იოდის 0.3-1.5 მგ/ლ, ბორი 3.0-10.0მგ/ლ. ბიოლოგიურად აქტიური ელემენტების ასეთი რაოდენობა, ცხადია, გარკვეულ გავლენას ახდენს ბორჯომის წყლის კონდიციაზე. ამიტომ, მათი მასური კონცენტრაციების მნიშვნელობები ახალ სტანდარტში შეტანილია, როგორც სპეციფიკური კომპონენტები.

შემადგენლობის მიხედვით გამოიყო ძირითადი, სპეციფიკური და ნორმირებული კომპონენტები – მათი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილებში.

ცხრილებში (28-29) მოცემულია ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების შემცველობების დიაპაზონები, რომელშიც გათვალისწინებულია ბორჯომის შვიდივე საექსპლოატაციო ჭაბურღილის შემცველობები.

ცხრილი 28. ბორჯომის მინერალური წყლის მინერალიზაცია, ძირითადი კომპონენტები და მათი მნიშვნელობები

კომპონენტების დასახელება	განზომილება	კონცენტრაცია
კალციუმი (Ca^{2+})	მგ/ლ	20-150
მაგნიუმი (Mg^{2+})	მგ/ლ	20-150
კალიუმი (K^+)	მგ/ლ	15-45
ნატრიუმი (Na^+)	მგ/ლ	1000-2000
ჰიდროკარბონატი (HCO_3^-)	მგ/ლ	3500-5000
ქლორიდები (Cl^-)	მგ/ლ	250-500
სულფატები (SO_4^{2-})	მგ/ლ	<10
მინერალიზაცია	გ/ლ	5.0-7.5

ცხრილი 29. ბორჯომის მინერალური წყლის სპეციფიკური კომპონენტები, მგ/ლ

სპეციფიკური კომპონენტები	კონცენტრაცია
სტრონციუმი (Sr^{2+})	4.0-20.0
ფტორიდები (F^-)	0.5-10.0
იოდიდები (I^-)	0.3 -1.5
ბორატები (B-ზე გადათვლით)	3.0-10.0

სპეციფიკური კომპონენტები არ განსაზღვრავენ მინერალური წყლის ტიპს, მაგრამ სპეციფიკურად ახასიათებენ საბადოს. ამ მონაცემების საფუძველზე ჩვენს მიერ მომზადებულია პირველი საქართველოს ეროვნული სტანდარტი – სსტ 50:2005, წყალი მატურალური მინერალური ბორჯომი, ტექნიკური პირობა. ეს სტანდარტი დამტკიცებულია და დღეს ბორჯომის ხარისხის კონტროლი, მისი რეალიზაცია და ექსპორტი სწორედ ამ სტანდარტით ხორციელდება.

ცხრილში 30 წარმოდგენილია ჩვენს მიერ შეტანილი ცვლილებები ბორჯომის მინერალური წყლის სტანდარტის ძველ ვარიანტში (გოსტ 13273-88).

**ცხრილი 30. ბორჯომის სტანდარტში (გოსტ 13273-88) შეტანილი
ცვლილებები, მგ/ლ**

	Na⁺+K⁺		Ca²⁺	Mg²⁺	Sr²⁺	F⁻	I	B
სტანდარტი გოსტ 13273-88	1200-2000		<100	<50	25 (ზდკ)	10 (ზდკ)	-	-
ჩვენი კორექტივები სსტ 50:2005	1000-2000	15-40	20-150	20-150	4.0-20.0	0.5- 10.0	0.3 – 1.5	3.0-10.0

3.5 ბორჯომის წყალში ნორმირებული მაჩვენებლები და საბადოს ეკოლოგიური დაცულობა

ამ თავში განხილულია ევროკავშირის დირექტივაში მოუვანილი ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და რადიაციული ნორმები და ბორჯომის მინერალურ წყალში ნორმირებულ კომპონენტთა შემცველობები.

ცხრილ 31 მოყვანილია EC – ის და საქართველოს სანიტარული ნორმებით განსაზღვრული კომპონენტები და ბორჯომის წყალში მათი კონცენტრაციები. ევროგაერთიანების დირექტივის მიხედვით ნატურალური მინერალური წყალი ჩამოსხმული (შეფუთვის მომენტიდან) უნდა აკმაყოფილებდეს ცხრილში მოყვანილ მოთხოვნებს. დირექტივაში მოყვანილი მნიშვნელობა ბარიუმისთვის ძალაში შედის 2006 წლის 1 იანვრიდან, ფტორისთვის 2008 წლის 1 იანვრიდან.

ცხრილი 31. ნორმირებული კომპონენტები მგ/ლ

კომპონენტები	2003/40/ EC	სანწდან 2.3.2./2.3.3.	ბორჯომი
სტიბიუმი (Sb)	0.0050	-	<0.001
დარიშხანი (As)	0.010 (ჯამური)	0.05	<0.01
ბარიუმი (Ba)	1.0	1.0	2-4
კადმიუმი (Cd)	0.003	0.01	<0.001
ქრომი (Cr)	0.050	0.05	<0.01
სპილენძი (Cu)	1.0	1.0	0.003 – 0.02
ციანიდი (CN)	0.070	0.01	<0.01
ფტორი (F)	5.0	2.0	3.0 – 10.0
ტყვია (Pb)	0.010	0.05	<0.005
მანგანუმი (Mn)	0.50	2.0	<0.2
ვერცხლისწყალი (Hg)	0.0010	0.001	<0.0005
ნიკელი (Ni)	0.020	-	<0.01
ნიტრატი (NO ₃)	50	45	<0.02
ნიტრიტი (NO ₂)	0.1	0.005	<0.02
სელენი (Se)	0.010	0.01	<0.005
თუთია (Zn)	-	5.0	0.003 – 0.02
ჟქმ (პერმ. ჟანგვადობა)	-	3.0	0.5-2.5

O ₂ -ზე გაანგ.)			
სულფიდი (H ₂ S)		0.05	<0.01

ბორჯომის წყალში არ ფიქსირდება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, პესტიციდები, პოლიქლორბიფენილები, ნავთობპროდუქტები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. წყლის მონიტორინგული კვლევები მასსპექტრომეტრული ქრომატოგრაფიის მეთოდით შესრულებულია დიდი ბრიტანეთისა (Alcontrol Laboratories – იორკშირი, Wessex Laboratories - ვესექსი) და საფრანგეთის (Compange Generale d'eau de source) ლაბორატორიებში (დანართი 4).

უნდა აღინიშნოს, რომ მონიტორინგის შედეგად ჭაბურღილების მიკრობიოლოგიურ დაბინძურების არცერთი შემთხვევა არ დაფიქსირებულა (ცხრილი 32).

ცხრილი 32. მიკრობიოლოგიური პარამეტრები და ბორჯომის წყალში მათი კონცენტრაციები

მაჩვენებლის დასახელება	მაქსიმალურად დასაშვები რაოდენობა, კწე*	ფაქტიური მნიშვნელობა, კწე
მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა, 1 მლ-ში 22 ⁰ C 37 ⁰ C	100 20	0-დან 8 მდე 0-დან 5-მდე
საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა
Escherichia coli, 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები (Cl perfringens), 50 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა
Streptococcus faecalis, 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა

Pseudomonas aeruginosa, 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა
პათოგენები, მათ შორის სალმონელები, 100 მლ -ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა

კწე* – კოლონია წარმომქმნელი ერთეული.

რადიაციული უსაფრთხოების მაჩვენებლების მიხედვით მინერალურ წყალში საერთო α და β რადიაქტიურობა შესაბამისად ნაკლებია 0.05 ბკ/ლ და 0.5 ბკ/ლ-ზე.

მოცემულ თავში მოყვანილი მონაცემები ნათლად მეტყველებს ბორჯომის საბადოს მდგრად ეკოლოგიურ დაცულობაზე და წყლის სისუფთავის მაღალ ხარისხზე.

3.6 ძირითადი მეტალების განაწილება საბადოს ცალკეულ საექსპლოატაციო უბანზე

ბორჯომის საბადოს 15 წლიანი მონიტორინგის შედეგად დაგროვდა მდიდარი მასალა, რომლის დეტალური შესწავლა და ანალიზი ბევრ საინტერესო კანონზომიერების აღმოჩენას გვპირდება.

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო ჰიდროგეოლოგიური პირობების სირთულით გამორჩეულ ერთიან სისტემას წარმოადგენს, ამავე დროს, ჰიდროგეოლოგიური კვლევებით დახასიათებული და გამოყოფილია სამი სტრუქტურული უბანი: ცენტრალური (ჭაბურღილები 1; 41 და 59), ვაშლოვანი ყვიბისის (25; 37 და 38) და ლიკანის (54). გამოყოფილი ჰიდროგეოლოგიური უბნების ფორმირების და მათ შორის ურთიერთკავშირის ბუნება დღესაც სადისკუსიოა და კვლევის საგანია.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს უბნებისათვის დამახასიათებელი თავისებურებების შესწავლის მიზნით, გამოკვლეულია მინერალურ წყლის ნიმუშებში ძირითადი მეტალური იონების განაწილების ხასიათი. კვლევის შედეგად, დადგინდა, რომ მეტალების იონების განაწილება დაკავშირებულია საბადოს ცალკეული ჰიდროგეოლოგიური უბნის წყლის ფორმირების თავისებურებასთან. ამ ფაქტის კონსტანტაცია მნიშვნელოვანია, ბორჯომის საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ უბნებად დაყოფის მართებულობის დასამტკიცებლად.

ცხრილი 33. ნატრიუმის და კალიუმის მნიშვნელობები ბორჯომის საბადოს მინერალურ წყლებში

მინერალური წყლის ფორმირების უბნები	ჭაბურღილის ნომერი	Na , მგ/ლ			K, მგ/ლ		
		მინ.	მაქს.	საშ.	მინ.	მაქს.	საშ.
ცენტრალური	ბურღილი 1	1290	1545	1400	24.0	37.8	30.59
	ბურღილი 41	1305	1450	1395	26.5	38.0	31.0
	ბურღილი 59	1455	1615	1533	30.25	46.0	36.0
ვაშლოვანი-	ბურღილი 25	1675	1870	1757	17.6	27.0	23.0

ყვიბისი	ბურღილი 37	1633	1726	1688	19.5	29.0	24.0
	ბურღილი 38	1265	1452	1381	13.2	20.0	17.0
ლიკანი	ბურღილი 54	1023	1155	1096	25.0	41.0	36.0

როგორც (ცხრილი 33) შედეგებიდან ჩანს ჭაბურღილებში ტუტე მეტალების განაწილება საკმაოდ განსხვავებულია. მინიმალური მნიშვნელობა ნატრიუმის შემცველობისა დაფიქსირდა ლიკანის უბანზე 54-ე ჭაბურღილში, მაქსიმალური მნიშვნელობა კი ვაშლოვანი ყვიბისის უბანზე 25-ე ჭაბურღილში, ნატრიუმის კონცენტრაცია საბადოზე საკმაოდ დიდ დიაპაზონში მერყეობს (1000 დან 1900 მგ/ლ–მდე).

ცალკეული ჭაბურღილების წყლებისათვის მოცემულია ნატრიუმის კონცენტრაციათა დამოკიდებულება სეზონურობაზე (ნახაზი 6). გამოიკვეთა კონცენტრაციათა სამი ძირითადი უბანი, რომელიც ემთხვევა ბორჯომის მინერალური წყლის სტრუქტურულ ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს, მაგრამ არის ერთი გამონაკლისი. ვაშლოვანი – ყვიბისის უბნის 38-ე ჭაბურღილში ნატრიუმის შემცველობა განსხვავებულია ამავე უბნის ორი ჭაბურღილისაგან. ჩვენი აზრით ეს გამოწვეული უნდა იყოს ჭაბურღილის ნაკლები სიღრმით და აქედან გამომდინარე სიღრმული წყლების ნაკლები წილით ინფილტრაციულთან შედარებით.

რაც შეეხება კალიუმს, მისი შემცველობები, სხვა ძირითადი მეტალების მსგავსად იცვლება ჰიდროგეოლოგიური უბნების მიხედვით. ცენტრალური უბნის ჭაბურღილებისათვის კალიუმის საშუალო მნიშვნელობა 29.0-35.0 მგ/ლ დიაპაზონში იცვლება. ვაშლოვანი ყვიბისის უბნის ჭაბურღილებისათვის 17.5-23.8 მგ/ლ დიაპაზონში, ხოლო ლიკანის უბნისთვის კალიუმის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 35.8მგ/ლ (ნახაზი 7). ვაშლოვანი ყვიბისის უბანზე სადაც დაფიქსირდა ნატრიუმის მაღალი კონცენტრაცია კალიუმი წარმოდგენილია მინიმალური მნიშვნელობებით,

კალციუმისათვისაც გამოიკვეთა კონცენტრაციათა სამი ძირითადი დიაპაზონი, რომელიც ემთხვევა ბორჯომის მინერალური წყლის

სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს. ცენტრალური უბნის ჭაბურღილებისთვის კალციუმის საშუალო მნიშვნელობა 85 მგ/ლ-ია. ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი განსხვავდება ცენტრალური უბნისაგან. ამ ბურღილებისთვის (№ 25, 37, 38) დამახასიათებელია კალციუმის დაბალი შემცველობა (საშუალო მნიშვნელობა 27 მგ/ლ), რაც შეეხება ლიკანის უბანს, ის გამოირჩევა კალციუმის საკმაოდ მაღალი შემცველობით რაც შეადგენს 128 მგ/ლ (ცხრილი 34, ნახაზი 9).

ანალოგიური კანონზომიერება შეიმჩნევა მაგნიუმის და სტრონციუმის შემცველობასთან დაკავშირებით, (ცხრილი 34 - 35, ნახაზი 8). არსებული მონაცემებით მსგავსი კანონზომიერება არ შეიმჩნევა ბარიუმის შემთხვევაში. ბარიუმის შემცველობის დიაპაზონი მთელ საბადოზე 2.0-4.0 მგ/ლ შეადგენს (ცხრილი 35).

ცხრილი 34. კალციუმის და მაგნიუმის შემცველობა ბორჯომის საბადოს მინერალურ წყლებში

მინერალური წყლის ფორმირების უბნები	ბურღილების	Ca , mg / l			Mg, mg / l		
		მინ	მაქ	საშ	მინ	მაქ	საშ
ცენტრალური	ბურღილი 1	66.0	92.0	81.6	36.0	67.0	47.0
	ბურღილი 41	80.0	98.0	85.2	42.0	57.0	47.0
	ბურღილი 59	80.0	96.0	87.2	39.0	61.0	49.0
ვაშლოვანი-ყვიბისი	ბურღილი 25	25.0	35.0	29.0	23.0	32.0	26.0
	ბურღილი 37	22.0	40.5	29.6	40.0	65.0	54.0
	ბურღილი 38	25.0	30.0	28.1	20.0	30.0	26.0
ლიკანი	ბურღილი 54	112.0	140.0	127.0	100.0	140.0	111.0

ცხრილი 35. სტრონციუმის და ბარიუმის შემცველობა ბორჯომის საბადოს მინერალურ წყლებში

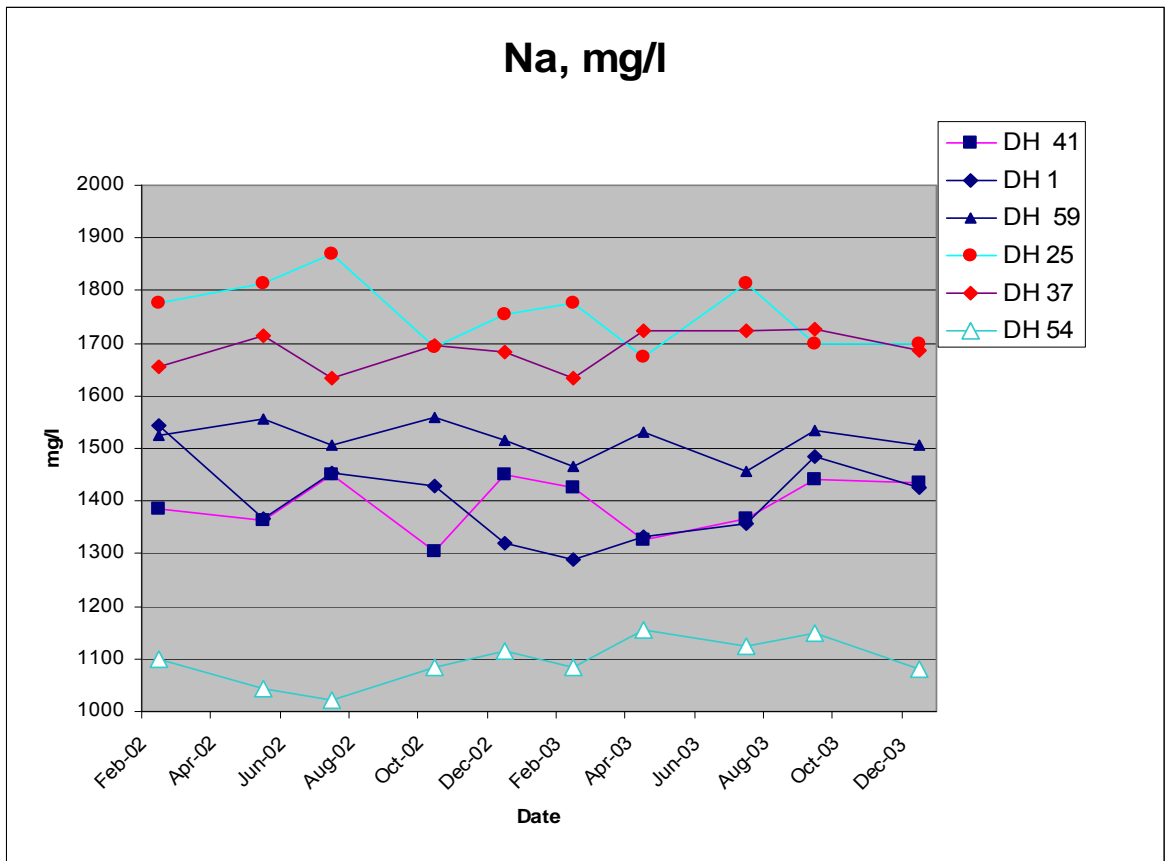
მინერალური წყლის ფორმირების უბნები	ბურღილების	Sr , მგ/ლ			Ba, მგ/ლ		
		მინ	მაქ	საშ	მინ	მაქ	საშ

ცენტრალური	ბურღილი 1	8.0	11.5	9.7	2.3	4.6	3.1
	ბურღილი 41	7.3	11.0	9.1	2.4	4.2	3.2
	ბურღილი 59	7.8	11.6	9.9	1.3	2.6	2.0
ვაშლოვანი- ყვიბისი	ბურღილი 25	5.0	6.6	5.8	2.2	3.3	2.9
	ბურღილი 37	5.3	6.5	6.0	2.7	4.5	3.7
	ბურღილი 38	4.2	7.2	6.0	1.7	3.1	2.5
ლიკანი	ბურღილი 54	10.9	18.5	15.5	1.4	2.6	2.0

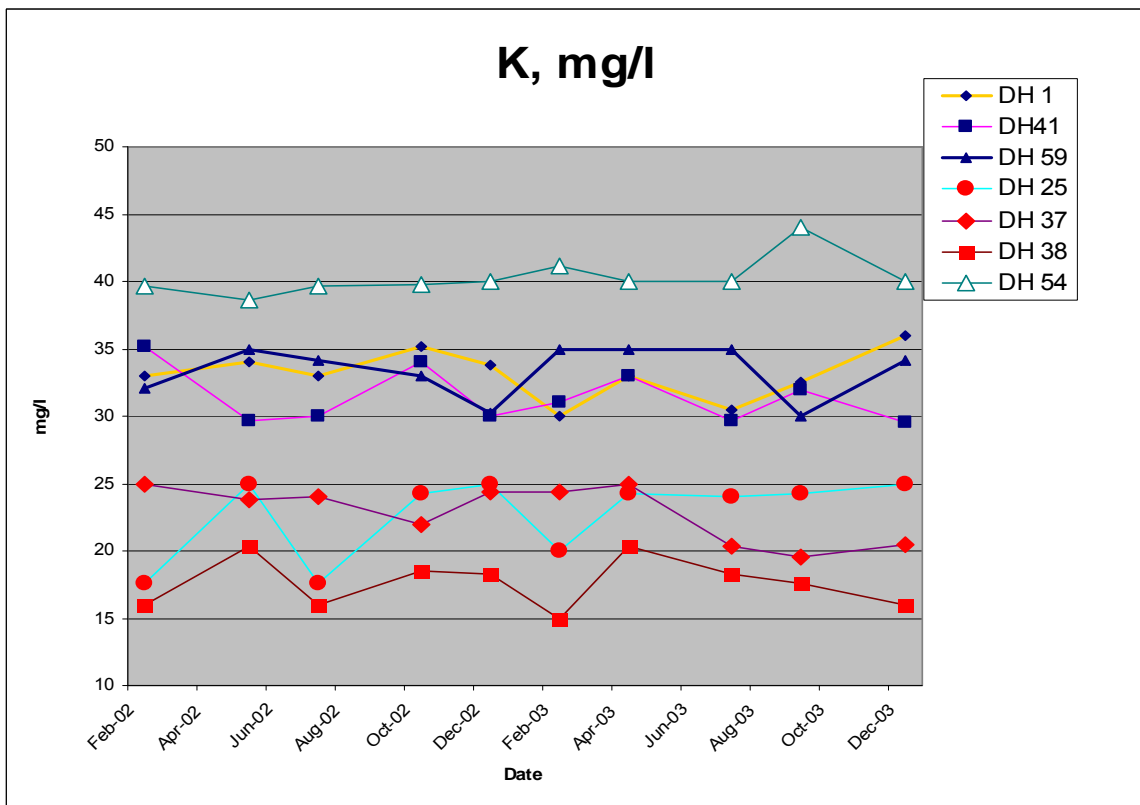
გრაფიკულად გამოსახულია ცალკეული ჭაბურღილების წყლებისათვის ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმის და მაგნიუმის კონცენტრაციათა დამოკიდებულება სეზონურობაზე (ნახაზი 6,7,8,9), გამოიკვეთა კონცენტრაციათა სამი ძირითადი უბანი, რომელიც ემთხვევა ბორჯომის მინერალური წყლის სტრუქტურულ ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს.

კვლევის შედეგად, დადგინდა, რომ მეტალების იონების განაწილება დაკავშირებულია საბადოს ცალკეული ჰიდროგეოლოგიური უბნის წყლის ფორმირების თავისებურებასთან. ამ ფაქტის კონსტანტაცია მნიშვნელოვანია, რადგან ბორჯომის საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ უბნებად დაყოფის მართებულობა დღემდე საკამათო საგანს წარმოადგენს.

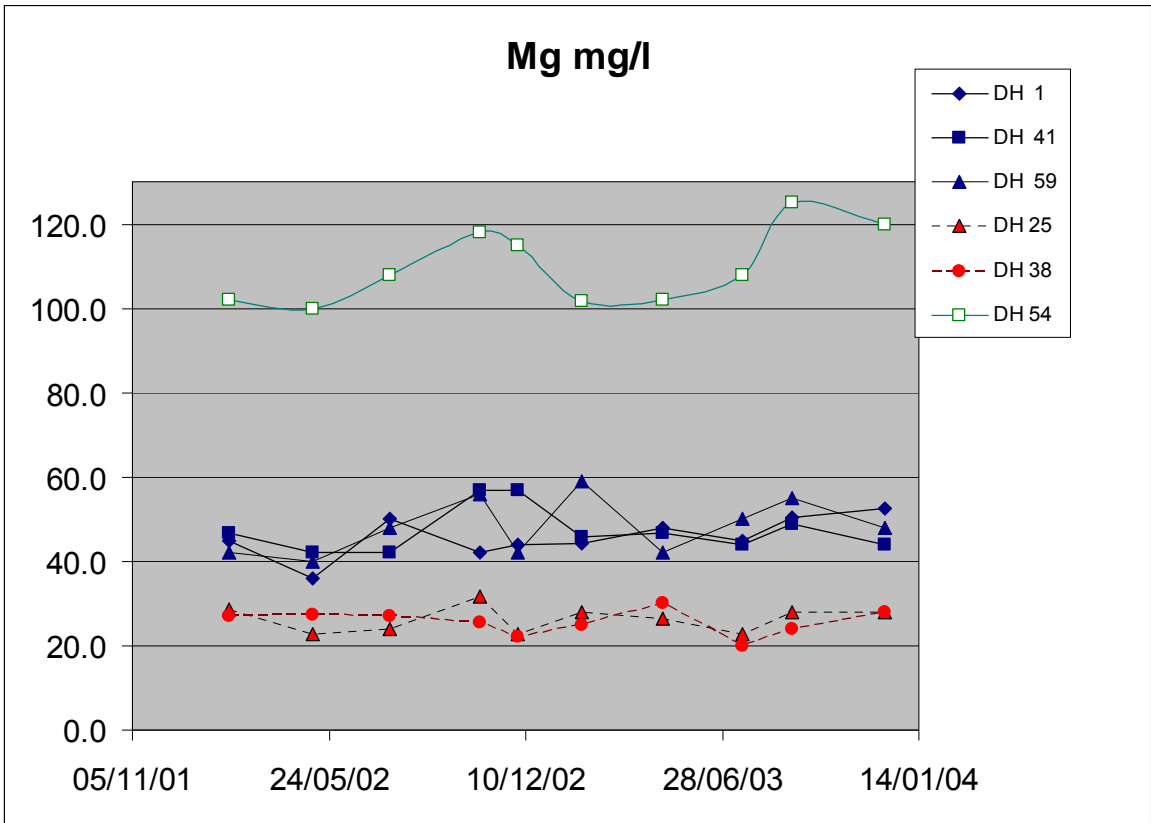
ამრიგად, ჩვენს მიერ შესწავლილი ძირითად მეტალ იონების განაწილების კანონზომიერებები ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოში სავსებით შეესაბამება დასკვნებს ბორჯომის საბადოს სამი ძირითადი სტრუქტურული გეოლოგიური უბნის არსებობის შესახებ. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილების წყლებში ჩვენს მიერ დადგენილი იონთა განაწილების მიღებული კანონზომიერება შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირების თავისებურებების შესასწავლად და საბადოს სტრუქტურული უბნების კონტურების დასაზუსტებლად.



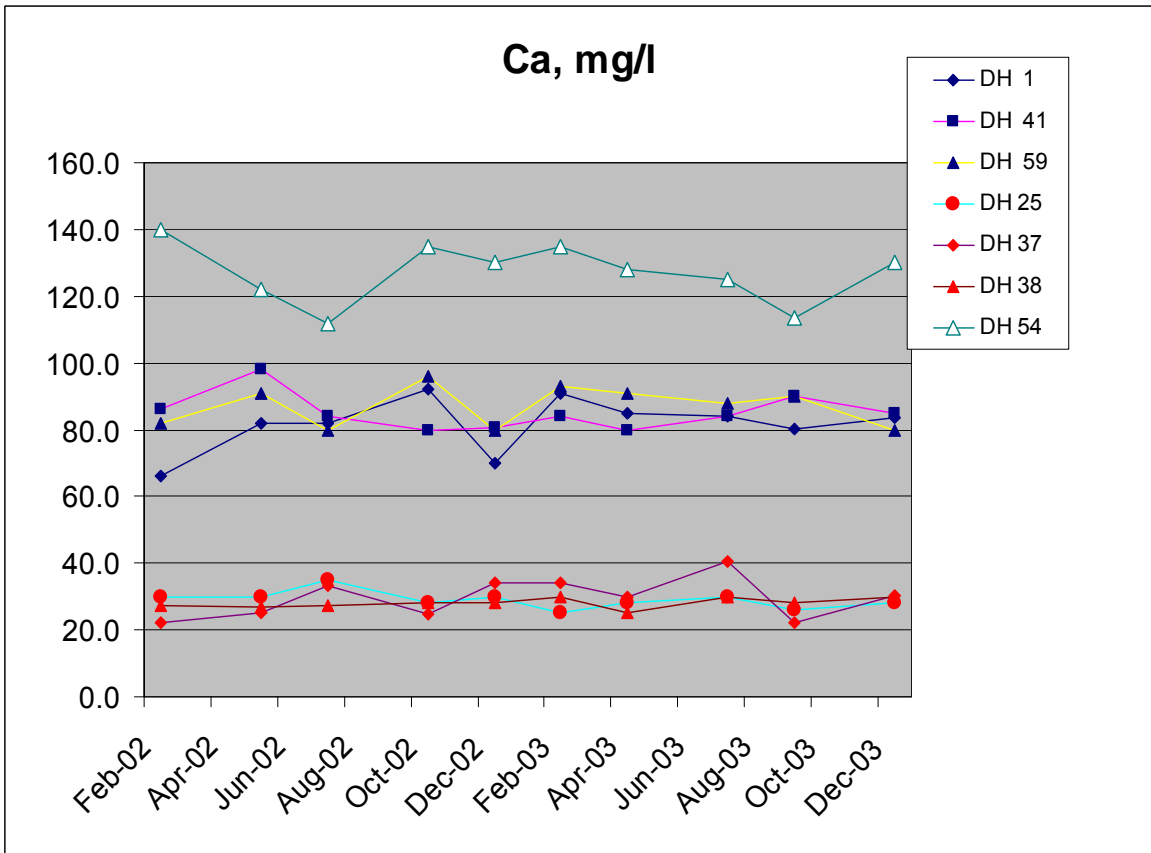
ნახაზი 6. ნატრიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში



ნახაზი 7. კალიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში



ნახაზი 8 მაგნიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში



ნახაზი 9 კალციუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში

3.7 ბორჯომის საბადოს დაბინძურების რისკი დაკავშირებული ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენთან

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების შესწავლის პროცესში გამოიკვეთა უბნები, რომელთა ფარგლებში განსაკუთრებით დიდია გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების რისკი მისი მშენებლობისა და ფუნქციონირების დროს აღსანიშნავია ნავთობსადენის 17 კმ სიგრძის მონაკვეთი, დაწყებული ცხრაწყაროს უღელტეხილის თხემიდან, ვიდრე კოდიანას გადასასვლელის თხემამდე. ამ უბანზე, ავარიული დაღვრების შემთხვევაში, ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების საშიშროება ექმნება ე.წ. ბაკურიანის ლავურ ნაკადთან დაკავშირებულ ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებს. მდ. ბორჯომულას, რომელის ხეობაში დაფიქსირებულია ბორჯომის მინერალური წყლების ფარული განტვირთვის კერები, სათავე და ხეობის სამხრეთ ნაწილი სწორედ ლავურ ფორმატში არის გამომუშავებული. ამიტომ მდინარეში ნავთობის ჩაღვრის შემთხვევაში და ჭაბურღილების მაქსიმალური რეჟიმით მუშაობის პროცესში, როდესაც 1 ჭაბურღილში მოსალოდნელია წნევის ვარდნა და პიეზომეტრული დონეების მკვეთრი დაწევა, არ არის გამორიცხული დაბინძურებული წყლების შერევა ბორჯომის წყალშემცველ ჰორიზონტ – რეციპიენტში.

3.8 საბადოს ჭაბურღილების ფიზიკურ პატამეტრებსა და ჰიდროქიმიური პარამეტრებს შორის ურთიერთკავშირი

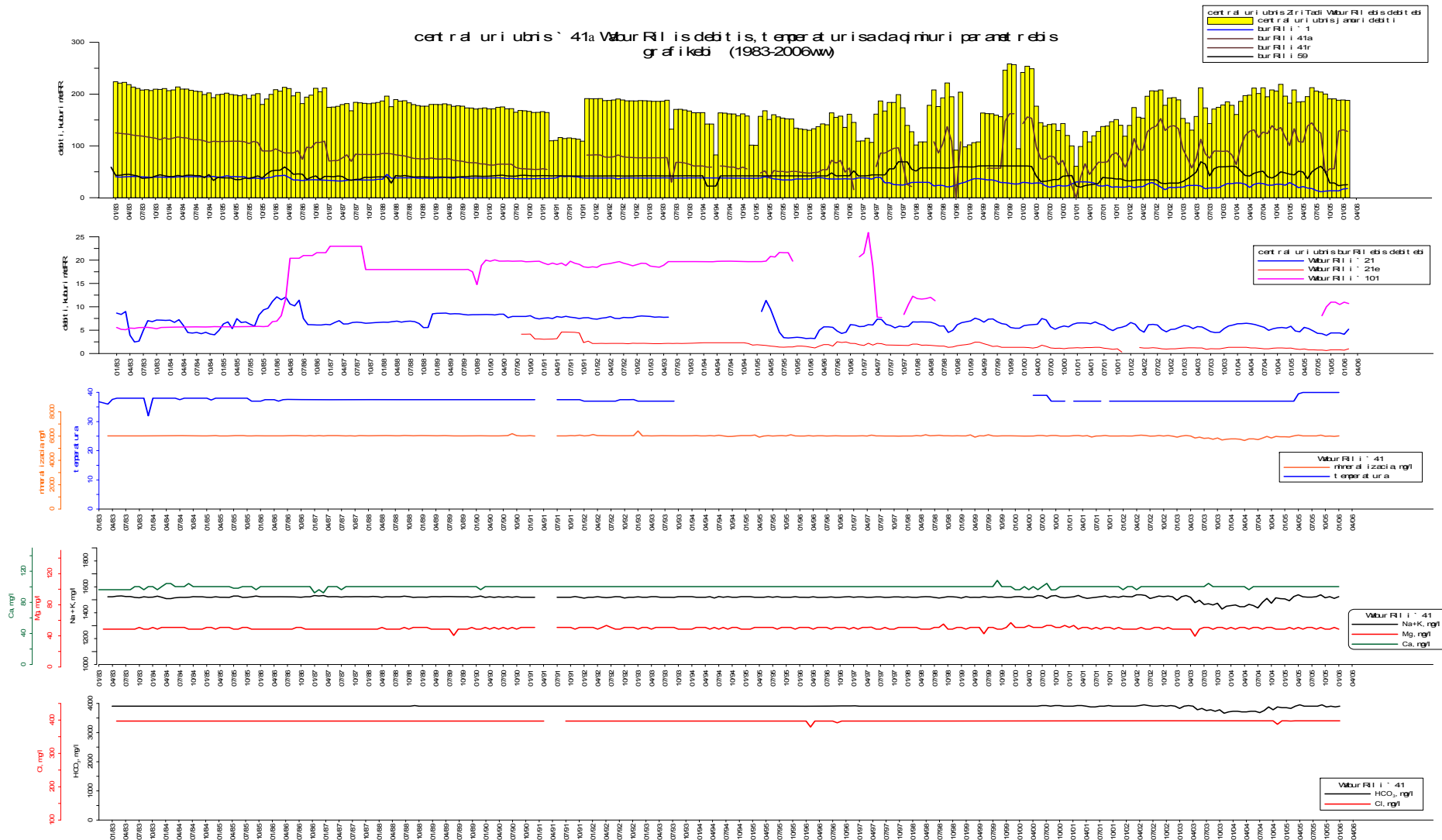
უნდა ავლნიშნო, რომ საბადოს ერთ - ერთ ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს მისი ექსპლოატაციის ფიზიკური პარამეტრებსა და ჰიდროქიმიურ პარამეტრებს შორის ურთიერთკავშირი.

ჩვენს მიერ ბორჯომის საბადოს წყლების შემადგენლობაში მომხდარი ცვლილებების შესაფასებლად დამუშავებულია 1982-2005წწ არსებული ქიმიური მონიტორინგული ინფორმაცია. შესწავლილია მინერალური წყლის ქიმიური შემადგენლობის კვლევის შედეგები. არსებული ანალიტიკური მასალის საფუძველზე თითოეული პარამეტრისათვის გამოთვლილია მრავალწლიური საშუალო მნიშვნელობა და შეფასებული იქნა საშუალო სიდიდიდან გადახრის მნიშვნელობები (აბსოლიტური და საშუალო კვადრატული გადახრა).

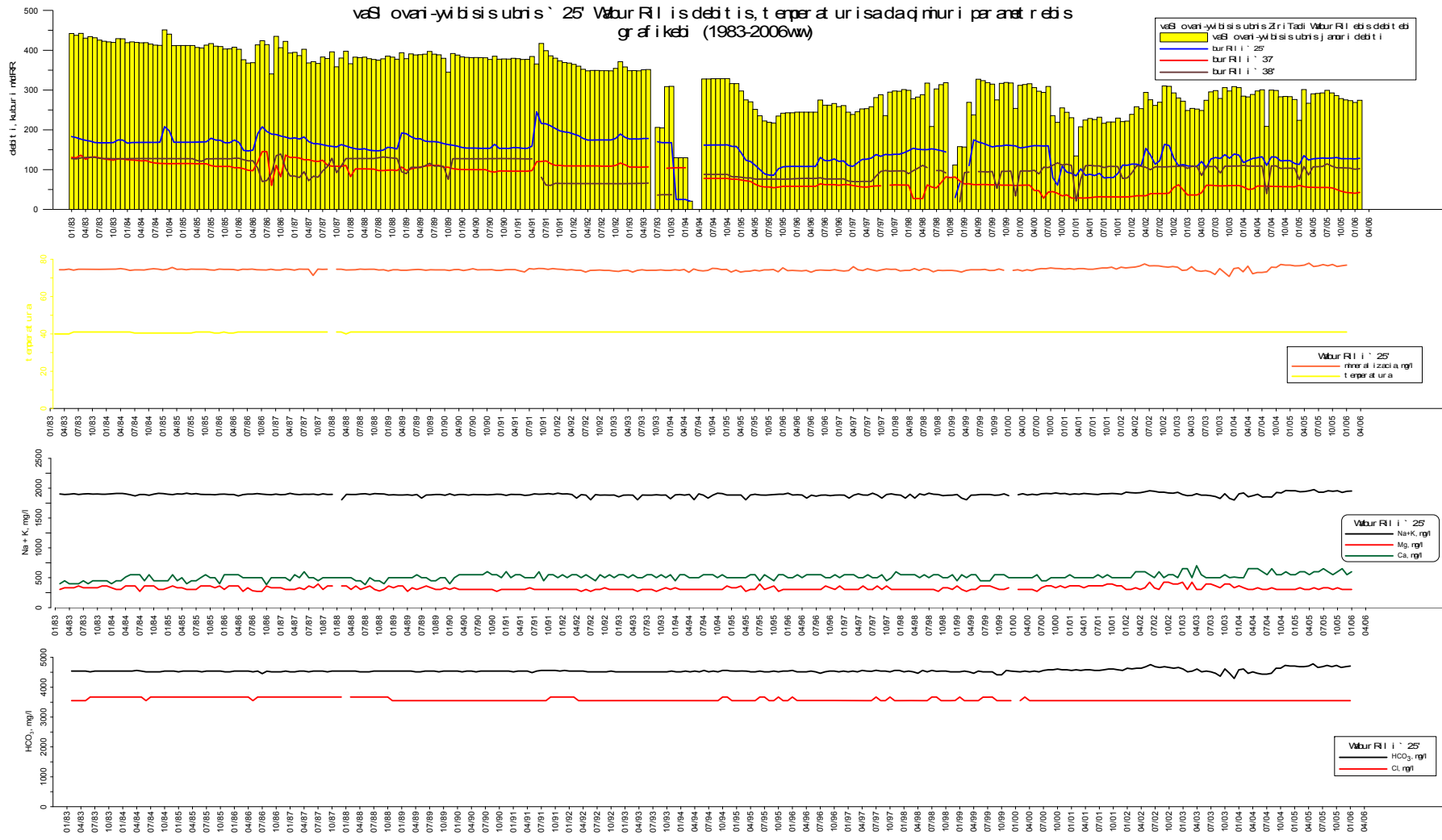
აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ შესწავლისას პერიოდში საბადოს ექსპლოატაციის პირობები საკმაოდ არასტაბილურ პერიოდებს მოიცავდა: 90-იანი წლების პირველ ნახევარში, წყალზე მოთხოვნილება პრაქტიკულად არ არსებობდა, აქედან გამომდინარე მოპოვების დონე საკმაოდ მცირე იყო. სადაც არსებობდა შესაძლებლობა ჭაბურღილები შეზღუდულ პირობებში მუშაობდნენ. ექსპლოატაციის ასეთი რეჟიმი, არ იქნა ასახული წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზე, ანუ ასეთ პირობებშიც კი წყლის ჰიდროქიმიურ პარამეტრებში პრაქტიკულად არ აღინიშნება გადახრა ბუნებრივი ფლუქტუაციიდან. ეს გარემოება კიდევ ერთხელ ადასტურებს საბადოს წყლების შედგენილობის სტაბილურობასა და ეკოლოგიურ დაცულობას.

წყლის ჰიდროქიმიური რეჟიმისადმი მოთხოვნები განსაზღვრულია ევროგაერთიანების მინერალური წყლების დირექტივაში, რომლის მიხედვითაც, მინერალური წყლის საბადოს, რომელიც აღიარებული იქნება ბუნებრივი მინერალური წყლის კატეგორიით, უნდა ახასიათებდეს

სტაბილური ტემპერატურერა, დებიტი და ქიმიურ-მიკრობიოლოგიური შემადგენლობა. მონიტორინგული მნიშვნელობების ფლუქტუაცია არ უნდა აღემატებოდეს ბუნებრივი ფლუქტუაციის დიაპაზონებს. არც-ერთ შემთხვევაში ჰიდროქიმიური პარამეტრების ბუნებრივი ფლუქტუაცია არ აჭარბებს 20%-იან ზღვარს, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ სტაბილურობას.



ნახაზი 10. ბორჯომის მინერალური წყლის ცენტრალური უბის დებიტი და ძირითადი კომპონენტები



ნახაზი 12. ბორჯომის მინერალური წყლის ვაშლოვანი ყვიბის უბნის დებიტი და ძირითადი კომპონენტები

3.9 მიწისძვრის გავლენა ბორჯომის საბადოს ჰიდროქიმიურ სტაბილურობაზე

ცნობილია, რომ ბორჯომის საბადოს რაიონი ხასიათდება მაღალი სეისმურობით. უკანასკნელი 30 წლის განმავლობაში ბორჯომის საბადოდან 120 კმ-ის რადიუსით დაფიქსირებულია 100- მდე მიწისძვრა, სიმძლავრით არანაკლებ 3 ბალისა. ამიტომ საბადოს ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური კვლევების დროს მნიშვნელოვანია მიწისძვრის ფაქტორის გათვალისწინება.

ბორჯომის საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე მიწისძვრის ზემოქმედების პროცესების სამეცნიერო კვლევები გასული საუკუნის 80-იან წლებში დაიწყო. ამ მიმართულებით ჩვენს მიერ განხორციელებული კვლევები ძირითადად მიწისძვრებთან დაკავშირებულ ჰიდროქიმიურ ცვლილებების შესწავლას შეეხება.

ჰიდროქიმიური მახასიათებლების ცვალებადობის ხასიათისა და ხარისხის განსაზღვრას, მეცნიერულ ღირებულებასთან ერთად, განსაკუთრებული პრაქტიკული მნიშვნელობაც გააჩნია, რადგანაც ევროსაბჭოს დირექტივების თანახმად, მინერალური წყლის პროდუქციის შეფასება, პირველ რიგში, საბადოს ეკოლოგიური დაცულობითა და ჰიდროქიმიური პარამეტრების სტაბილურობით განისაზღვრება.

მონაცემები მიწისძვრების შესახებ (1983-2002 წწ) მოწოდებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტეს მიერ. მიწისძვრის თარიღი და დრო, ეპიცენტრის კოორდინატები, მაგნიტუდა მიწისძვრის სიმძლავრე ეპიცენტრსა და ბორჯომში წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომში.

ბორჯომის საბადოს თვითოეული ჭაბურღილის დებიტზე 1990-2002 წლების მიწისძვრების ზეგავლენის მონაცემები ფორმოკების, პიკების და ავთერშოკების პერიოდებში მოცემულია ცხრილებში 36-37. მიწისძვრის

გავლენის ხასიითი ჭაბურღილების დებიტზე სხვადასხვანაირია, რიგ შემთხვევაში იგი იწვევს დებიტის ზრდას, რიგ შემთხვევაში ამცირებს მას და რიგ შემთხვევაში კი ზემოქმედება დებიტზე საერთოდ არ ვლინდება. არის შემთხვევები, როდესაც საბადოს ერთ ერთ უბანზე მიწისძვრა დებიტის ზრდას იწვევს, მეორე უბნის ჭაბურღილების ჯგუფის დებიტი კი, ამავე დროს მცირდება.

მიწისძვრის ეფექტის განლენა საბადოს ჭაბურღილების დებიტზე მით უფრო მკვეთრად ვლინდება, რაც უფრო ახლოსაა განლაგებული მიწისძვრის ეპიცენტრის კერა საბადოსთან. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს ის მნიშვნელოვანი გარემოება, რომ მიწისძვრით გამოწვეული დებიტის ფლუქტუაციის ხარისხი არ აჭარბებს 20%-იან ზღვარს, რაც ევროსაბჭოს წყლის კოდექსისა და EC – დეკლარაციის ნორმატიული მოთხოვნების მიხედვით საბადოს მინერალური წყლის დებიტის სტაბილურობაზე მიგვითითებს.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მომხდარი მიწისძვრები ზეგავლენის შედეგად ბორჯომის მინერალური წყლის დებიტის და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება არ აჭარბებს სტაბილურობისათვის დადგენილ 20%-იან ზღვარს, რაც მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიურ სტაბილურობაზე და ეკოლოგიურ დაცულობაზე მიგვითითებს.

ცხრილი 36. მონაცემები მიწისძვრების შესახებ (1998-2002 წწ.)

თარიღი	საათი	განედი	გრძედი	მაგნიტუდა	ეფექტი ბორჯომში (ბალი)
--------	-------	--------	--------	-----------	------------------------------

1998/07/11	21:10	42,94	42,04	4,1	4
1999/01/14	22:45	43,90	41,45	4,4	4
1999/11/11	20:00	43,34	41,89	2,6	3
1999/12/03	17:07	42,40	41,28	5,1	4
2000/01/28	22:26	43,35	41,92	2,7	3
2000/05/01	7:25	43,42	41,77	3,4	4
2002/06/25	15:50	41,80	43,42	3,0	3
2002/08/14	4:48	41,78	43,37	2,9	3

ცხრილი 37. მიწისძვრების ზეგავლენა აღნიშნული ქაბურღილების დებიტზე, მ3/დღლამე

თარიღი	ბურღ.1	ბურღ.41	ბურღ.59	ბურღ.25	ბურღ.37	ბურღ.38	ბურღ.54
06\98	24,2	57,40	57,80	152,30	56,10	43,60	76,60
07\98	23,3	103,70	57,70	150,40	54,20	97,60	76,50
08\98	20,9	137,20	57,50	148,00	67,50	97,80	76,60
12\98	30,0		59,60	22,20	71,70	12,90	77,00
01\99	33,6		59,50		64,20	92,50	77,20
02\99	36,8		59,50	58,80	64,50	31,30	77,50
10\99	28,1	162,00	61,40	161,60	2,61,3	95,90	77,30
11\99	26,6	162,00	61,50	160,60	60,90	96,30	77,60
12\99	28,1		61,30	159,80	60,00	22,50	77,70
01\00	29,2	95,40	61,50	154,60	60,70	96,30	77,40
04\00	28,2	98,50	42,10	160,30	48,00	98,30	77,50
05\00	28,6	75,70	31,50	160,30	47,30	89,40	77,40
06\00	23,5	74,40	31,70	159,60	28,20	106,20	77,80
05\02	26,5	127,50	34,60	136,30	39,60	99,70	78,60
06\02	29,7	134,80	34,60	113,70	40,10	107,40	78,60
07\02	25,7	138,60	34,60	122,30	40,10	107,20	78,60
08\02	20,8	152,90	28,30	163,60	40,10	106,70	78,60
09\02	15,7	129,80	27,30	160,50	41,10	107,50	78,60

3.10 მონაცემთა ბაზა და საბადოს კომპიუტერული მოდელი

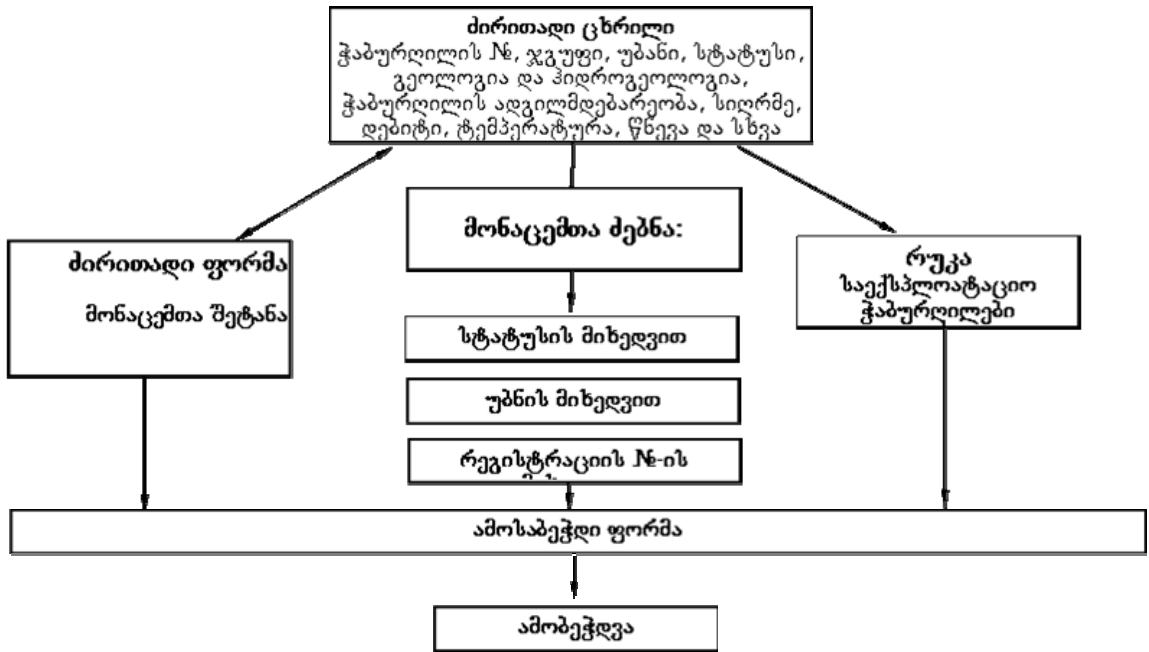
ბორჯომის საბადოს შესახებ არსებული გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური, ეკოლოგიური, საექსპლოატაციო და სხვა ტიპის ინფორმაციის ეფექტურად გამოყენების მიზნით, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საბადოს კომპლექსურ მონაცემთა ბაზის შექმნას და კომპიუტერულ მოდელირებას.

ბორჯომის საბადოსათვის, Microsoft Access პროგრამულ ბაზაზე, შექმნილია მონაცემთა ბაზა, რომელიც მოიცავს ფართო ინფორმაციას საბადოს შესახებ, მასში აღწერილია თითოეული ჭაბურღილის კონსტრუქცია და არსებული ტექნიკური მდგომარეობა, ლითოლოგიური ჭრილები, საწყისი დებიტები და მათი საექსპლოატაციო რეჟიმები, ყველა ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრიც, რომელსაც მოითხოვს ევროკავშირის დეკლარაცია მინერალური წყლებისათვის. პროგრამა წარმოადგენს საბადოს მონიტორინგის სისტემის ნაწილს და მუდმივად განიცდის შევსებას და განახლებას. პროგრამის გამოყენების სქემა და ერთერთი ფორმა წარმოდგენილია ნახაზების 13-14 –სახით.

აღნიშნული ბაზა საფუძვლად დაედო გის-სისტემებში მომზადებულ საბადოს სამგანზომილებიან მოდელს. რომელიც მოიცავს თითოეული ბურღილისათვის კომპლექსური ინფორმაცია, როგორცაა ჭაბურღილის სიღრმეები, ბურღვისას მიღებული გეოლოგიური ჭრილები, საწყისი დებიტები და ა.შ. მოდელში ასევე შესულია ჰიდროქიმიური მონაცემების ფენა, რომელიც საშუალებას იძლევა ნებისმიერი ბურღილისათვის სწრაფად მოვძებნოთ არსებული ჰიდროქიმიური მონაცემები ნებისმიერ პერიოდისათვის და გამოვსახოთ სამგანზომილებიანი მოდელის სახით ნახაზი 15-16.

ბურღილებისათვის მოდელში შეტანილია საექსპლუატაციო მონაცემებიც, როგორცაა წყლის მოხმარება, ტემპერატურა და სხვა. გეოლოგიური პარამეტრებთან ერთად საინფორმაციო ბაზაში შეტანილია საბადოს ჰიდროქიმიური მონაცემები. ეს მონაცემთა ბაზა გადაეცა საჩუქრად გეოლოგიურ დეპარტამენტს.

დღეისათვის მოდელი წარმოადგენს მომქმედ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მუდმივად განახლებადია და წარმოადგენს საუკეთესო ინსტრუმენტს მომავალი კვლევების, მონაცემთა შეგროვების, გამოყენებისათვის და გაანალიზებისათვის.

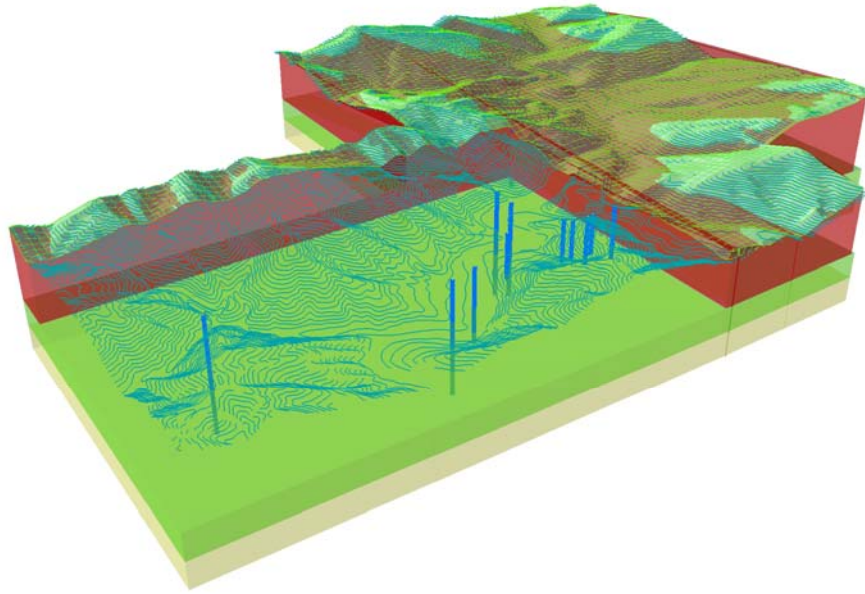


ნახაზი 13. ბორჯომის საბადოს მონაცემთა ბაზის ზოგადი სქემა

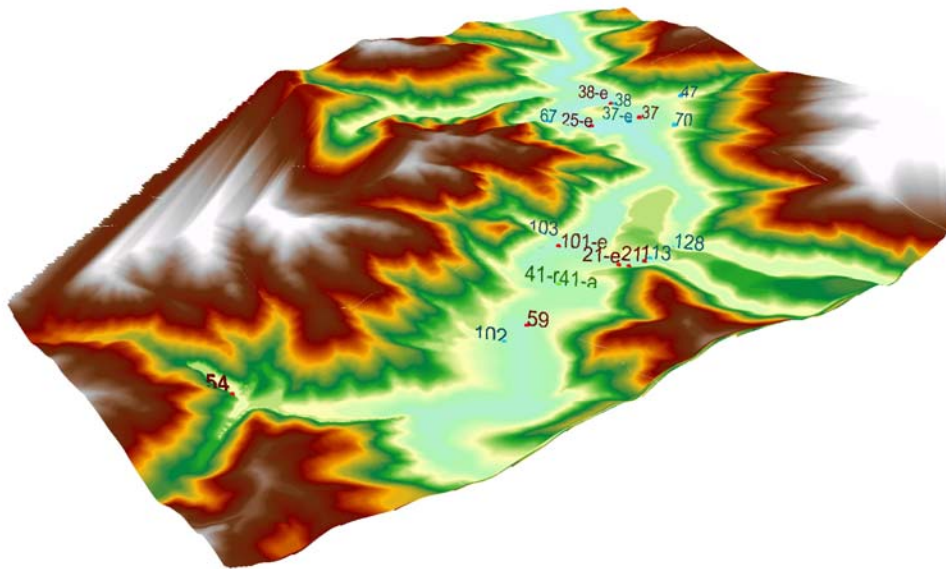
Geology Details Table:

Geology_ID	DepthToTop	DepthToBas	Other information
Quaternary, alluvium etc. (Q4)	0.0	7.0	10 daily flow measurements
Middle and Upper Palaeocene, marl, clay etc. (P1,2 - P2,1)	7.0	560.0	10 daily level measurements
Lower Palaeocene, limestone, sandstone, marl (P1,1)	560.0	950.0	Geophysics
Upper Cretaceous, limestone (K2t2-m)	950.0	1370.0	Depth sampling - full analysis
*	0.0	0.0	Depth sampling - short analysis
			Water quality - short analysis 1962-82
			Gas analysis

ნახაზი 14. ბორჯომის საბადოს ერთერთი ჭაბურღილის მონაცემები.



ნახაზი 15. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს სამგაზომილებიანი მოდელის ტრილი



ნახაზი 16. გეოსაინფორმაციო მოდელი. საბადოს რელიეფი ბორჯომის მინერალური წყლის ბურღილების ჩვენებით

დასკვნები

1. არსებულ ლიტერატურულ და ფონდურ მასალაზე დაყრდნობით, 15 წლიანი მონიტორინგული კვლევების საფუძველზე, ახლებურად არის შეფასებული ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური მახასიათებლები, ჰიდროდინამიკური პარამეტრები და ეკოლოგიური მდგომარეობა.
2. საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის მეთოდების დანერგვითა და გამოყენებით, მინერალურ წყალზე საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტების და ევროკავშირის კოდექსის მოთხოვნების გათვალისწინებით შესწავლილია ბორჯომის საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღულების წყლების ქიმიური შემადგენლობა.
3. ბორჯომის წყალში ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით გამოიყო ძირითადი, სპეციფიური და ნორმირებული კომპონენტები, ნორმირებული კომპონენტების კონცენტრაციათა მნიშვნელობები არ აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს, განსაზღვრულს საქართველოს სანიტარული წესები და ევროსაბჭოს დირექტივების მიხედვით.
4. ბორჯომის საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღილების წყლებში შესწავლილია ტუტე მეტალებისა და ტუტე-მიწათა მეტალების განაწილება, რაც საბადოს გენეზისთან დაკავშირებულ სადისკუსიო საკითხის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა. მიღებული კანონზომიერება ადასტურებს წარმოდგენას საბადოს ცენტრალურ, ვაშლოვანი-ყვიბისისა და ლიკანის ჰიდროგეოლოგიური უბნების არსებობის შესახებ.
5. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილებზე, მრავალწლიანი სისტემატური ჰიდროქიმიური და ჰიდროდინამიკური დაკვირვებების და მონაცემების

სტატისტიკური ანალიზის შედეგად, დადგინდა წყლების ქიმიური შემადგენლობისა და დებიტის ბუნებრივი ფლუქტუაციის დიაპაზონი. ევროსაბჭოს მოთხოვნების მიხედვით, ძირითადი კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდიდან არ უნდა აღემატებოდეს 20%-ს. ბორჯომის შემთხვევაში, აღნიშნული მნიშვნელობები იცვლება 10%-ის ფარგლებში, რაც საბდოს მაღალ ჰიდროქიმიურ და ჰიდროდინამიკურ სტაბილურობას და ეკოლოგიურ დაცულობას ადასტურებს.

6. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილებში ნორმირებული კომპონენტების კონცენტრაციების დასაშვებ ზღვრებში არსებობა, პესტიციდებისა და სხვა ორგანული დამაბინძურებლების არ არსებობა, აგრეთვე მიგვითითებს საბადოს მდგრად ეკოლოგიურ დაცულობაზე.
7. შესწავლილია 1990-2002 წლის მიწისძვრების ზეგვლენა თითოეული ჭაბურღილის დებიტზე. ზემოქმედება სხვადასხვაგვარია: რიგ შემთხვევაში, ჭაბურღილის დებიტი იზრდება, რიგ შემთხვევაში მცირდება, ან ზემოქმედება საერთოდ არ ვლინდება. მომხდარი მიწისძვრების ზეგავლენის შედეგად ბორჯომის მინერალური წყლის დებიტისა და ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება არ აჭარბებს, სტაბილურობისათვის დადგენილ 20%-იან ზღვარს. ქიმიური შემადგენლობის და დებიტის სტაბილურობა მიწისძვრების დროს, მიგვითითებს საბადოს ეკოლოგიურად მდგრად მდგომარეობაზე.
8. ბორჯომის საბადოსათვის, Microsoft Access პროგრამულ ბაზაზე, შექმნილია გეოფილტრაციული და გეოქიმიური მონაცემთა ბაზა, რომელიც საშუალებას იძლევა სისტემატიზირებული სახით მოვიპოვოთ სრული ინფორმაცია ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ. მასში აღწერილია თითოეული ჭაბურღილის კონსტრუქცია და არსებული ტექნიკური

მდგომარეობა, ლითოლოგიური ქრილები, საწყისი დებიტები, წყლის ქიმიური შემადგენლობა და სხვა.

9. გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით (ARC View GIS) შექმნილია ბორჯომის საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელი, რომელშიც შეტანილია საბადოს განლაგების რელიეფი კვების არეების ჩათვლით, წყალშემცველი ჰორიზონტის განლაგების სიღრმე, ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები და ა.შ. ჭაბურღილები წარმოდგენილია მათი განლაგების კოორდინატებისა და აბსოლუტური ნიშნულების შესაბამისად; თვითოეული ბურღილისათვის შეტანილია ჰიდროქიმიური მონიტორინგის ინფორმაცია, სინჯების აღების სპეციფიკისა და თარიღის გათვალისწინებით. სამგანზომილებიანი მოდელის გამოყენება, საშუალებას იძლევა განვაზოგადოთ ჰიდროქიმიური ინფორმაცია საბადოს უბნების ფარგლებში. იგი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს, რომელიც მომავალში გამოყენებული იქნება საბადოს მონიტორინგის პროცესში.
10. სადისერტაციო კვლევების საფუძველზე, ევროკავშირის დირექტივებზე დაყრდნობით და საერთაშორისო ორგანიზაციებთან და ექსპერტებთან თანამშრომლობით მომზადდა სამართლებრივი ნორმატიული დოკუმენტი – საქართველოს ეროვნული სტანდარტი სსტ 50:2005 “წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი”. ტექნიკური პირობა”. სტანდარტი განაპირობებს მაღალი ხარისხის ბორჯომის პროდუქციის თანამედროვე წარმოებას. იგი აღიარებულია საერთაშორისო მასშტაბით, რაც ხელს შეუწყობს სადისტრიბუციო ქსელის არეალის გაფართოვებას.
11. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილ მასალათა მიხედვით, შედგენილია დოკუმენტთა პაკეტი, რომლის საფუძველზე ბრიტანეთის საკვები პროდუქტების სტანდარტიზაციის სააგენტომ ბორჯომს მიანიჭა,

ევროსაბჭოს მიერ დაწესებული ხარისხის უმაღლესი სტატუსი,
ნატურალური მინერალური წყლის კატეგორია.

გამოყენებული ლიტერატურის და ფონდური მასალების სია
გამოყენებული ლიტერატურა

1. Amandements to Council Directive 80/777/EEC (Directives 96/70/EC of European Parliament and of the Council (28 Oct. 1996)).
2. Багдавадзе Л.М., Корошинадзе Т.О., Чхаидзе Д.В., Мигинеишвили Б.К., Харатишвили Л.А., Гвахарია В.Г., Харгелиа Р.Г., Габечავა Д.Ш., Гирგვლიანი Д.А., Гамбашидзе Г.О., Циргиладзе Н.М., Ломинадзе И.Г. Пересчет эксплуатационных запасов месторождения минеральной воды Боржоми.-Тезиси докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватек -2006. М., 2006.
3. Бочков А.Ф. // Химия и жизнь. Занятие 2 (программы «Хроматография», «Среднее», «Прямая»).-1984.- № 10. ср. 60-63.
4. Багдавадзе Л.М., Шарашенидзе В.В., Корошинадзе Т.О., Чхаидзе Д.В., Мигинеишвили Б.К., Харатишвили Л.А.,Гвахарია В.Г., Харгелиа Р.Г., Габечავა Д.Ш., Гирგვლიანი Д.А.,Гамбашидзе Г.О., Циргиладзе Н.М., Ломинадзе И.Г. (2006). Подсчет эксплуатационных запасов месторождения минеральной воды боржоми. -Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватэк -2006. М., с 226.
5. Беус А.А. , Григорян С.В., Ойзерман М.Т., Чолакян П.Г., Стояновский А.А. Руководство по предварительной математической обработке геохимической информфаций при поисковых работах. М. «Недра», 1965, с 119.
6. Буачидзе Г.И. _ Геохимия природных газов района верхнего течения реки Куры. Диссертационная работа на соискание ученой степени канд. геол. мин. наук.- Тбилиси: 1965.
7. Буачидзе И.М. и др. _ Гидрогеология СССР, Е. Х, Грузинская ССР.М.: Недра.- 1970.-с. 404.
8. Буачидзе Г.И., Мхеидзе Б.С.-Природные газы Грузии.-Тбилиси. «Метцниереба», 1989. стр.154.

9. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს დამუშავების ტექნოლოგიური სქემა. სს «საქკურორტინვესტი», ჰიდროგეოლოგიური სამმართველო «საქკურორტწყლები», თბილისი, 1998.
10. გაბეჩავა ჯ., გვახარია ვ., ლომინაძე ი., მიგინეიშვილი ბ., ბობოხიძე ს., ტყეზუჩავა მ., ბერიძე მ., ხარგელია რ.. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს იზოტოპური შედგენილობის შესწავლის შედეგები // საქართველოს ნავთობი და გაზი.-2005.-№14 გვ. 55-62.
11. გაბეჩავა ჯ., გვახარია ვ., ლომინაძე ი., მიგინეიშვილი ბ., ხარგელია რ., ტყეზუჩავა მ., ბობოხიძე ს., ბერიძე მ.. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს პალეოჰიდროგეოლოგია // საქართველოს ნავთობი და გაზი.- 2005.-№15 გვ. 52-56
12. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии.- М.: Недра.- 1980.- с. 358.
13. Гамкрелидзе И.П. Лобжанидзе Г.П. Стратиграфия и тектоника мезокайнозойских отложений центральной части Аджаро-Триалети, включая районы минеральных источников типа «Боржоми».-Фонды УГ ГССР.-Тбилиси: 1981.
14. Гамкрелидзе П.Д. Геохимическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы.- Институт геологии и минералогии АН ГССР, Монография №2.- 1949.- с.507.
15. Гамкрелидзе И.П., Лобжанидзе Г.П. Геология центральной Аджаро-Триалетии и проблема Боржомской минеральной воды. Тбилиси: Мецниереба.-1984.
16. გვახარია ვ., ხარგელია რ., გვაზავა ნ., ადამია ტ.- ბუნებრივი მინერალური წყლის პროდუქციის "ბორჯომის" სტანდარტის შესახებ. შრომათა კრებული ა. ჯანელიძის სახელობის საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიური ინსტიტუტის. 1998 გ. 277-280

17. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечавა Д. Ш., Стаматели М.Ю., Адамия Т.М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д. (2004). О создании грузинского государственного стандарта на бутылированные натуральные минеральные воды // Питывая вода,. №4 с.16-20
18. Гвахария В.Г., Габечава Д. Ш., Харгелия Р.Г., Адамия Т.М., Дочвири А.А., Мачавариани Б.К. (2005). Минеральные воды Грузии // Питывая вода,. №3 с.17-26
19. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечава Дж. Ш., Гиргвлиани Д.А., Мачавариани Б.К. (2006) Исследование минеральных вод Грузии // Georgian Engineering News, No2 с. 263-269.
20. Gvakharia V., Khargelia R., Gabechava J., Girgvliani D. (2006) Hydro-chemical investigation of Borjomi mineral water deposit, distribution of main metal ions through different districts of deposit // GEORGIAN CHEMICAL JOURNAL, No 6(4), p. 386-391.
21. Гвахария В., Цхварадзе В., Габечава Дж., Сакварелидзе Н., Харгелия Р., Адамия Т., Манджавидзе К. (2000). Родники г. Тбилиси (Общее санитарно-гигиеническое состояние. Химическое и бактериологическое исследование вод источников). // Четвертый международный конг. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2000, Москва, ст. 322.
22. Гвахария В., Цицишвили В., Габечава Дж., Стаматели М., Гиргвлиани Д., Адамия Т., Харгелия Р. (2000). Опыт планирования производства минеральных вод в Грузии. // Четвертый международный конг. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2000. Москва, ст. 803.
23. Гвахария В., Н. Мачитадзе, Р. Харгелия, Д. Гиргвлиани (2002). Содержание тяжелых металлов в прибрежных морских осадках грузинского сектора Черного моря. 5-ый международный конгресс "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК-2002, Москва, с. 157-158
24. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Адамия Г. М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д., Габечава Д.Ш., Стаматели М.Ю. (2004). Исследование водопроявлений пресных

и минеральных подземных вод гидрогеологической области южного склона большого кавказа в пределах грузии // Шестой международный конгр. «Вода: Экология и технология» ЭКВАТЕК-2004 Москва, ст. 188-189

25. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Гелашвили Н.Э., Джанашвили Н.Д., Майсурадзе Г.В. (2004). Изучение загрязнения нефтяными углеводородами грузинской акватории черного моря // Шестой международный конгр. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2004 Москва, с. 321
26. Гвахария В.Г., Харгелия Р. Г., Габечава Д.Ш., Стаматели М.Ю., Адамия Г. М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д. (2004). О создание Грузинского государственного стандарта на бутылированные натуральные минеральные воды // Шестой международный конгр. «Вода: Экология и технология» ЭКВАТЕК-2004 Москва, ст. 963.
27. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечава Дж.Ш., Гиргвлиани Д.А., Циргиладзе Н.М. (2006). Гидрохимическая стабильность Боржомского месторождения минеральной воды.- Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватэк -2006. М., с 175.
28. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Адамия Т.М., Габечава Дж.Ш., Гиргвлиани Д.А., Стаматели М.Ю., Дочвири А.А., Мачавариани Б. К. (2006). Современное состояние производства грузинских бутылированных вод.-Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватэк -2006. М., 2006. с 1080.
29. General standard for bottled/packageged drinkung waters (other rhan natural waters) Codex stan 227-2001.
30. Директива европейской комиссии 2003/40/ЕС от 16 мая 2003 года.
31. Directives 80/778/ЕЕС// Official Journal of the European Communities.- No L229/11.- 30.8.80
32. Directives 2000/60/ЕС of the european parlament and of the council// Official Journal of the European Communities.- No L327/1. 2000. 72 page.

33. Дюерфель К. Статистика в аналитической химии.- Пер. с нем./Под ред.В.В. Налимова.- М.: Мир, 1968.- с. 247.
34. Эристави Д.И., Броучек Ф.И.-Физико-химическое исследование минеральной воды боржоми.-«Сабчота сакартвело», Тбилиси, 1964. стр 76.
35. Эристави Д.И., Бокучава Л.В.-Органические вещества в минеральных водах Грузии.- «Сабчота сакартвело», Тбилиси, 1968. стр.159.
36. Валединский В.И., Стройнов Г.Ф. Проведение гидрогеологических наблюдений на месторождениях лечебных минеральных вод, техническое обслуживание гидроминерального хозяйства и горно-санитарная охрана курортов.- Центральный совет по управлению курортами профсоюзов.- М.:1980.
37. Вартамян Г.С. Месторождения углекислых вод горно-складчатых регионов.- М.: Недра.- 1977.
38. Вартамян Г.С., Плотникова, Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. Гидрогеологическая модель Боржомского месторождения минеральной воды// Советская геология.- 1985.- №3.
39. Вартамян Г.С., Куликов Г.А. О глубинном гидрогеодеформационном поле.// Советская геология.- 1985.-№5. с 108.
40. Вода, Тяжелые металлы выделение и утилизация, информационный сборник №4. М., 1996. с 107.
41. ზაუტაშვილი ბ.- ჰიდროქიმია.- თბილისი. “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2001. 108 გვ.
42. ზვიადაძე უ., გაბეჩავა ჯ., ლომინაძე ი., მარდამოვა მ. //ბაქო-თბილისი-ქეიხანის (ბთქ) ნავთობსადენთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები.- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი-80.-მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 10-12, 2002. გვ. 135-137.

43. Зуев Е.Т., Фомин Г.С. «Питьевая и минеральная вода», Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности, М., «Протектор», 2003. стр 320.
44. Иванов В.В. Генетическая классификация минерализованных вод земной коры.// Сборник «Вопросы гидрогеологии минеральных вод»// Труды ЦНИИКИФ МЗ СССР, Том XXXIV.- М.:1977.
45. INTERNATIONAL BOTTLED WATER ASSOCIATION;
MODEL BOTTLED WATER REGULATION; MODEL CODE REVISIONS; Revised
March 27, 1995.
46. Качарава Д.В. Геология и геохимия минеральных вод Грузии.-Мецниереба,
Тбилиси.-1976.
47. Куликов Г.В. Жевлаков А.В. Бондаренко С.С. – Минеральные лечебные воды
СССР: Справочник.-М.: Недра, 1991.-399 с.
48. CODEX STANDARD FOR NATURAL MINERAL WATERS (European Regional
Standard).- Codex Alimentarius.- Volume 11.-1994.
49. CODEX STANDARD FOR NATURAL MINERAL WATERS.- Codex stan 108-
1981.- Rev. 1-1997.- page 1-6.
50. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).
Groundwater summary report. Technical report on groundwater body characterisation,
monitoring and risk assessment issues as discussed at the WG C workshops in 2003-
2004.- December 2005. p.28.
51. Ломинадзе И.Г., Гвахария В.Г., Харгелиа Р.Г., Габечавა Д.Ш., Гиргвлиани Д.А.,
Гамбашидзе Г.О., Циргиладзе Н.М., Разработка геофильтрационной модели
Боржомского месторождения минеральной воды с целью оптимизации режима
эксплуатации. .-Тезиси докладов 6-го Международного конгресса «Вода:
Экология и технология», Экватек -2006. М., 2006.
52. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул.- М.:
Высшая школа, 1982.- с. 224.
53. Лунц В.Л. О влиянии газированной бутылочной боржомской воды екатеринского
источника на выделение эфирно-серных кислот мочей у здоровых людей.
Диссертация, 1899.

54. Мелива А.М.Режим Боржомских минеральных источников и пути выявления новых ресурсов.- Автореферат канд. диссертации ГПИЮ.- Тбилиси: 1952.
55. Мелива А.М. Контур месторождения боржомской минеральной воды//Сборник «Проблемы гидрогеологии и инженерной геологии».-Мецниереба.-Тбилиси: 1980.с 82-84.
56. Мелива А.М. К вопросу ресурса и генезиса боржомской минеральной воды// Сектор гидрогеологии и инженерно геологии АН ГССР.- Тбилиси:1980.-с.64-68
57. Минеральные воды СССР.-Министерство торговли СССР.-М.: 1954. стр 94.
58. Надарейшвили А.В.Методы исследования опытных гидродинамических работ и явлений в системе пласт-скважина.- М.: Недра.1978.- с. 224.
59. Надарейшвили А.В. и др. Связь химического состава минеральной воды с обменными гидродинамическими процессами в условиях скважины 38Э Боржомского месторождения минеральной воды// Труды ГПИ им. Ленина.- 1984.- с.312.
60. Надарейшвили А.В. Коллекторские свойства пород и признаки активности матрицы Боржомского месторождения минеральной воды//Труды ГПИ им. Ленина.- №11.-1988.-с.308.
- 61.ნადარეიშვილი ა.ვ.- მიწისქვეშა წყლების მარაგების შეფასების მეთოდები.- თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი.- თბილისი, 2001.- გვ. 174.
62. Нейман Е.Я., Коплан Б.Я.//Ж. аналит. химии.- 1978.. Т. 35.- № 3.-с. 607.
63. Овчинников А.М. Условия формирования месторождений углекислых вод. В кн.- «Вопросы формирования и распределения минеральных вод СССР».-М.: ЦНИИКИФ МЗ СССР.- 1960.с.245.
64. Овчинников А.М. Минеральные воды.- М.: Госгеолмехиздат.- 1963.
65. Посохов Е.В. Происхождение содовых вод в природе. Л.: Гидрометеиздат.-1969.
66. Правила разработки месторождений минеральных лечебных вод СССР.-М.: Госгортехнадзор и МЗ СССР.-1978.

67. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ; პარლამენტის უწყებანი.-` 11.-11.97
68. სანიტარული წესები და ნორმები – სანწდან 2.3.2./2.3.3. 004-001-03.
- ჰიგიენური მოთხოვნები ჩამოსხმული სასმელი წყლის ხარისხისადმი.
69. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე.- №113.-18.11.2002.- ნაწილი III.- გვ. 33-51.
70. საქართველოს ეროვნული სტანდარტი. სსტ 50:2005. “წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი” ტექნიკური პირობა.
71. საქართველოს ეროვნული სტანდარტი. სსტ 53:2006. “წყლები ნატურალური მინერალური, ჩამოსხმული. ტექნიკური პირობა.”
72. Сидоренко Г.И.- Гигиена окружающей среды в СССР. М. «Медицина» 1988, с 302.
73. Тугуши И.Н. К вопросу о связи состава Боржомской минеральной воды с обменными гидродинамическими ресурсами//Труды ГПИ им. Ленина.- 1984.- с.423.
74. Тугуши И.Н., Дабахишвили Н.А. Гидрохимическая интерпретация результатов комплексного эксперимента на скважине 38Э Боржомского месторождения минеральной воды//Труды ГПИ им. Ленина.- 1984.-№4.-с.62-68.
75. Тугуши И.Н. Экспериментальная исследования процессов углекислотного выщелачивания пород Боржомского месторождения минеральной воды//Труды ГПИ им. Ленина.- 1984.-№4.-с.68-72.
76. Тугуши И.Н. Особенности формирования химического состава и режима минеральных вод Боржомского месторождения и гипергенного изменения вмещающих пород. Материалы всесоюзной конференции.- Том 11.- Подземные воды и эволюция литосферы.- М.: Наука.- 1985.- с.112.
77. Физико – химические методы анализа. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. В.Б. Алесковского – Л.: Химия, 1988.- стр. 376.
78. Фомин Г.С. «Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам». Энциклопедический справочник. – 3 –е изд., перераб. и доп. – М., «Протектор», 2000. стр 848.

79. Флери Ж., Гвахария В., Габечава Дж., Адамия Т., Харгелия Р. (2002). Подземные воды Боржомского района. Проблемы и перспективы.// 5-ый международный конгресс "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК-2002, Москва, с.787-788.
80. Харатишвили Л.А. О структурно-гидрогеологических условиях месторождения боржомской минеральной воды и дальнейшее направление работ по его изучению. Мат. НИ конференции по проблемам гидрогеологии и инженерной геологии.- Тбилиси, 1980.
81. Харатишвили Л.А. О формировании минеральной воды «Боржоми».- Мат. НИ конференции по проблемам гидрогеологии и инженерной геологии.- Тбилиси, 1980.
82. Харатишвили Л.А. Основные закономерности изменения общей минерализации боржомской минеральной воды.- Мат. НИ конференции по проблемам гидрогеологии и инженерной геологии.- Тбилиси, 1984.
83. Харатишвили Л.А. Основные особенности пьезометрической поверхности боржомской минеральной воды. Мат. НИ конференции по проблемам гидрогеологии и инженерной геологии.- Тбилиси, 1984.
84. Харатишвили Л.А. О закономерностях распространения углекислых газов в пределах месторождения Боржомской минеральной воды.- Мат. НИ конференции по проблемам гидрогеологии и инженерной геологии.-Тбилиси, 1984.
85. Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. Опыт интерпретации материалов глубинных гидрогеофизических исследований скважин Боржомского месторождения. Груз. НИИ научно-технической информации и технико-экономических исследований. ГКНТ ГССР, №3, Тбилиси, 1985.
86. Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. _ Минеральные гидрокарбонатные натриевые воды северного и восточного обрамлений Боржомского месторождения и перспективы их использования. Груз. НИИ научно-технической информации и технико-экономических исследований. ГКНТ ГССР, №3, Тбилиси, 1985.
87. ხარატიშვილი ლ.ა. – ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირების ჰიდროგეოლოგიურ-გენეტიკური მოდელი. საქ. ტექ. უნივერსიტეტის

სამეცნიერო სესიის «ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო-გეოლოგიის თანამედროვე პრობლემები». მოხსენების თეზისები, თბილისი, 2004.

88. Харатишвили Л.А., Цулукидзе И.П., Гоготишвили Л.Г., Габეჩავა Д.Ш. _ Боржомское и Цхалтубское месторождения _ гидроминеральная база здравниц международного значения. Горной журнал №4, 2004 г., М., Издательство «Руда и металлы». стр **ЯЯ**
89. Харгелия Р.Г., Гвахария В.Г., Габეჩავა Дж. Ш., Гирგვლიანი Д.А. (2005) Щелочно-земельные металлы в минеральных водах Боржомского месторождения // Georgian Engineering News, No2 с. 159-162.
90. ცერცვაძე ნ.ვ. – ბორჯომის რაიონის დანალექი ქანების წყლით გამონატუტების შესწავლის ზოგიერთი შედეგი. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტომი XXIII, 4, 1959.
91. ცერცვაძე ნ.ვ. – მდ. გუჯარეთისწყლის აუზის მინერალური წყლების ფორმირების საკითხისათვის. ლენინის სახ. საქ. პოლიტექ. ინსტიტუტის ჰიდროგ. და საინჟ.-გეოლ პრობლ. ლაბორატორიის შრომები, 1, 1962.
92. Церцвадзе Н.В., Буачидзе Г.И. _ Химический и газовый состав минеральных вод Боржомского месторождения. АН ГССР, Тбилиси, 1980.
93. Чариков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. Л.: Химия, 1984. стр. 168.
94. Чихелидзе С.М. _ Режим и ресурсы Боржомской мин. воды. Фонды инст. курортологии ССР, 1941.
95. Чихелидзе С.С. _ Вопрос образования содовых подземных вод. сб.тр.-ов АН ГССР. Тбилиси, 1959., стр. 471-480.
96. Чихелидзе С.С. _ Природные ресурсы Грузинской ССР, т.3, Минеральные воды, Издательство АН СССР, 1961.

97. Чичуа Т.Е. _ О некоторых вопросах гидрогеологии Боржомского месторождения минеральной воды. Труды НИИ курортологии и физиотерапии Грузии им. И.С. Кониашвили, т. 28, 1968.
98. Штенгелов Р.С. _ Формирование и оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод. М., «Недра», 1988, стр. 231.

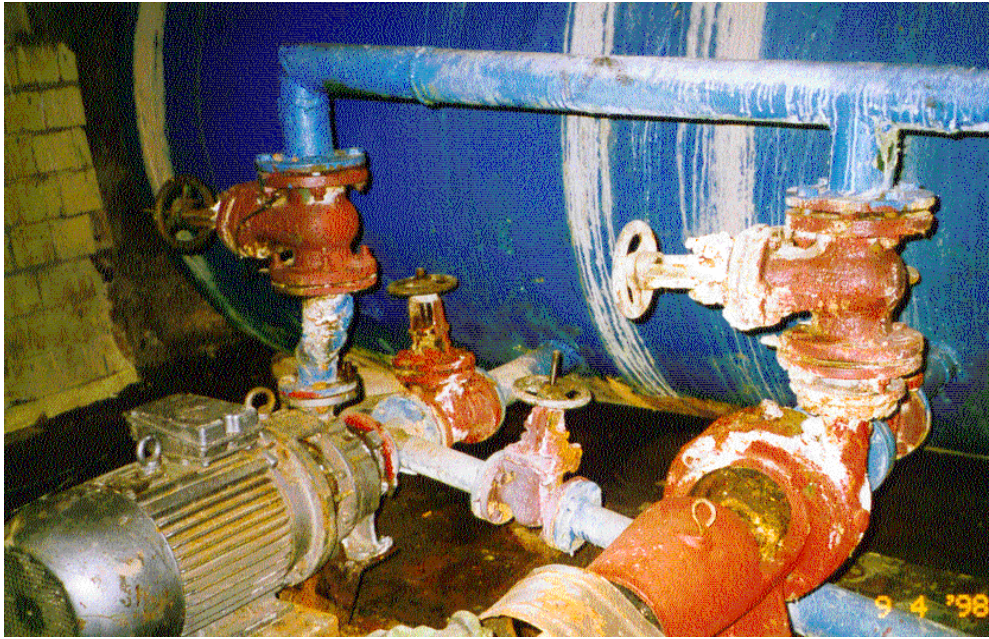
ფონდური მასალები

99. Буачидзе Г.И., Церцвадзе Н.В. _ Химический и газовый состав минеральных вод Боржомского месторождения. Отчет, Сектор ГИГ, Тбилиси, 1980.
100. Буачидзе И.М., Лазарашвили Т.Х. и др. _ Отчет по подсчету эксплуатационных запасов Боржомской минеральной воды на Вашловани-Квибисском участке Боржомского месторождения минеральных вод (по состоянию на 01.05.1968г.), ТГФ, 1968.
101. Буачидзе И.М., Лазарашвили Т.Х. и др. _ Отчет по поисково-разведочным работам на минеральной воды типов «Боржоми», «Ессентуки» и др. в пределах Боржомского и прилегающих к нему районов. ТГФ, 1968.
102. გაბეჩავა ჯ.შ., გვახარია ვ.გ., ჩხაიძე დ.ვ. – ანგარიში მიტარბის საბადოს ნახშირმჟავა მინერალური წყლის საექსპლუატაციო მარაგების გადათვლის შესახებ, 2006 წლის 01 იანვრის მდგომარეობით, ტგფ, 2005.
103. Гаглоев Г.М., Буачидзе И.М. и др. _ Сводный отчет за период 1954-1961 гг. по разведке Боржомского месторождения углекислых вод с подсчетом эксплуатационных запасов. ТГФ, 1962.
104. Гогитидзе И.К., Вартамян Г.С., Харатишвили Л.А., Габეჩავა Д.М., Плотникова Р.Н., Чхаидзе Д.В., Вартамян А.А., Долидзе Н.В. _ Отчет по детальной разведке Боржомского месторождения углекислых минеральных вод с переоценкой эксплуатационных запасов за 1979-1982 гг. (по состоянию на 01.10.1982г.). ТГФ, Тбилиси, 1982.

105. Джигаური Д.Г., Буачიძე И.М., Китовანი Ш.К. и др. _ Отчет Цагверской геолого-съёмочной партии по работам 1954-1955 гг. Фонды УГ ГССР, 1956, стр. 569.
106. კურორტ ბორჯომის სანიტარული დაცვის ზონების პროექტი. სს «საქკურორტინვესტი», შპს «საქკურმინწყლები», თბილისი, 2003.
107. Лазарашвили Т.Х, Кипиანი И.К. _ Отчет по поисково-разведочным работам в ЮВ части Боржомского месторождения по работам 1967-1970 гг. Фонды УГ ГССР, 1970, стр. 325.
108. Лазаришвили Т.Х., Гаврилов Г.С., Кипиანი И.К. _ Отчет о результатах бурения параметрической скважины №1 на Ликанском участке месторождения минеральной воды, за 1975-1980 гг. Фонды УГ ГССР, 1980, стр. 141.
109. Надарейшвили А.В. и др. _ Отчет о научно-исследовательской работе «Глубинные гидродинамические и гидрогеохимические исследования Боржомского месторождения минеральной воды и подготовка материалов для математического моделирования». ТГФ, Тбилиси, 1982., в 3-х томах.
110. Харатишвили Л.А., Чхаидзе Д.В. _ Отчет по поисково-оценочным работам на углекислые минеральные воды типа «Боржоми» восточном продолжении Боржомского месторождения, в ущелье р.Недзура, за 1980-1983 гг., ТГФ, 1983.
111. ხარატიშვილი ლ. ა., ჩხაიძე დ.ვ. – ანგარიში ზანავის მინერალური წყლის საბადოს დეტალურ შესწავლაზე და მისი საექსპლუატაციო მარაგების შეფასებაზე (2002 წლის 01 ივლისის მდგომარეობით, ტგვ, 2002.
112. Чхаидзе Д.В., Харатишвили Л.А. и др. _ Отчет Боржомской ГПП по предварительной разведке углекислых минеральных вод типа «Боржоми» в ущелье р.Недзура, за 1984-1988 гг. ТГФ, 1988.
113. Чхаидзе Д.В., Харатишвили Л.А. и др. _ Отчет Боржомской ГПП по специализированной гидрогеологической съемке масштаба 1:25000 района Боржомского месторождения минеральных вод, за 1981-1988 гг., ТГФ, 1988.

114. Чхаидзе Д.В. _ Отчет Боржомской ГГП по теме: «Сбор, обобщение и систематизация существующих материалов по району Боржомского месторождения с целью оценки прогнозных ресурсов различных типов минеральных вод, за 1987-1989 гг.», ТГФ, 1989.
115. Чхаидзе Д.В., Харатишвили Л.А. и др. _ Отчет Боржомской ГГП по предварительной разведке минеральных вод типа «Боржоми» в северном продолжении Боржомского месторождения (участок с. Занави), за 1986-1990 гг. ТГФ, 1990.

၉ ၁ ၆ ၁ ၈ ၀ ၁



ნახაზი 19.



ნახაზი 20.



naxazi 21.

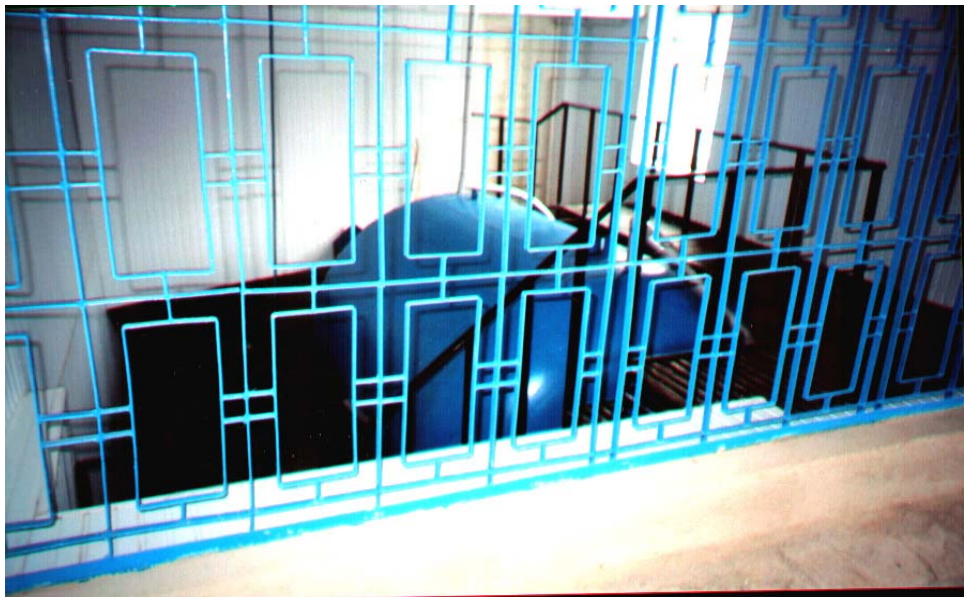


naxazi 22.

മുദ്രാഭിമുഖം 2



naxazi 23.



naxazi 24.

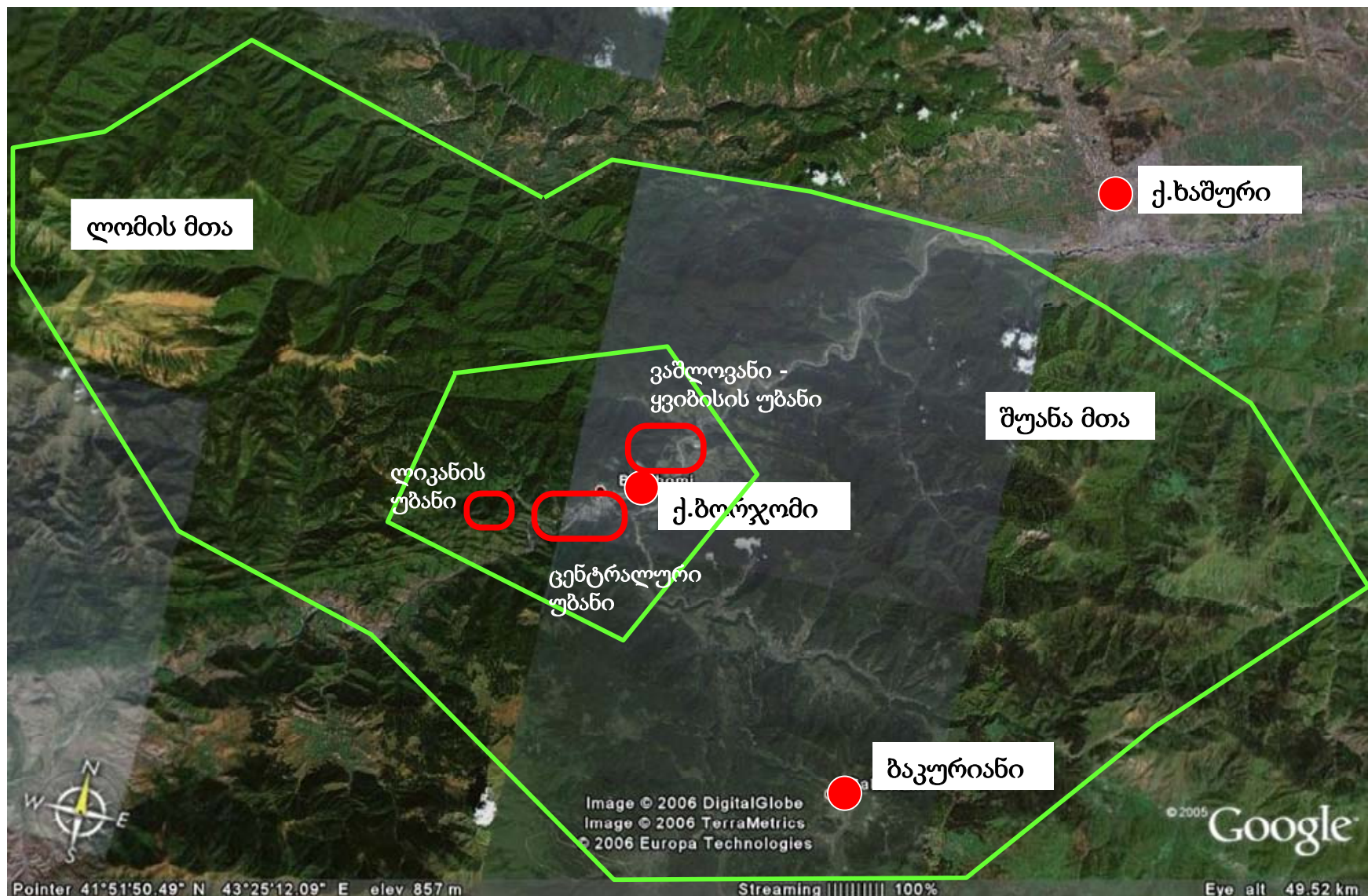


naxazi 25.

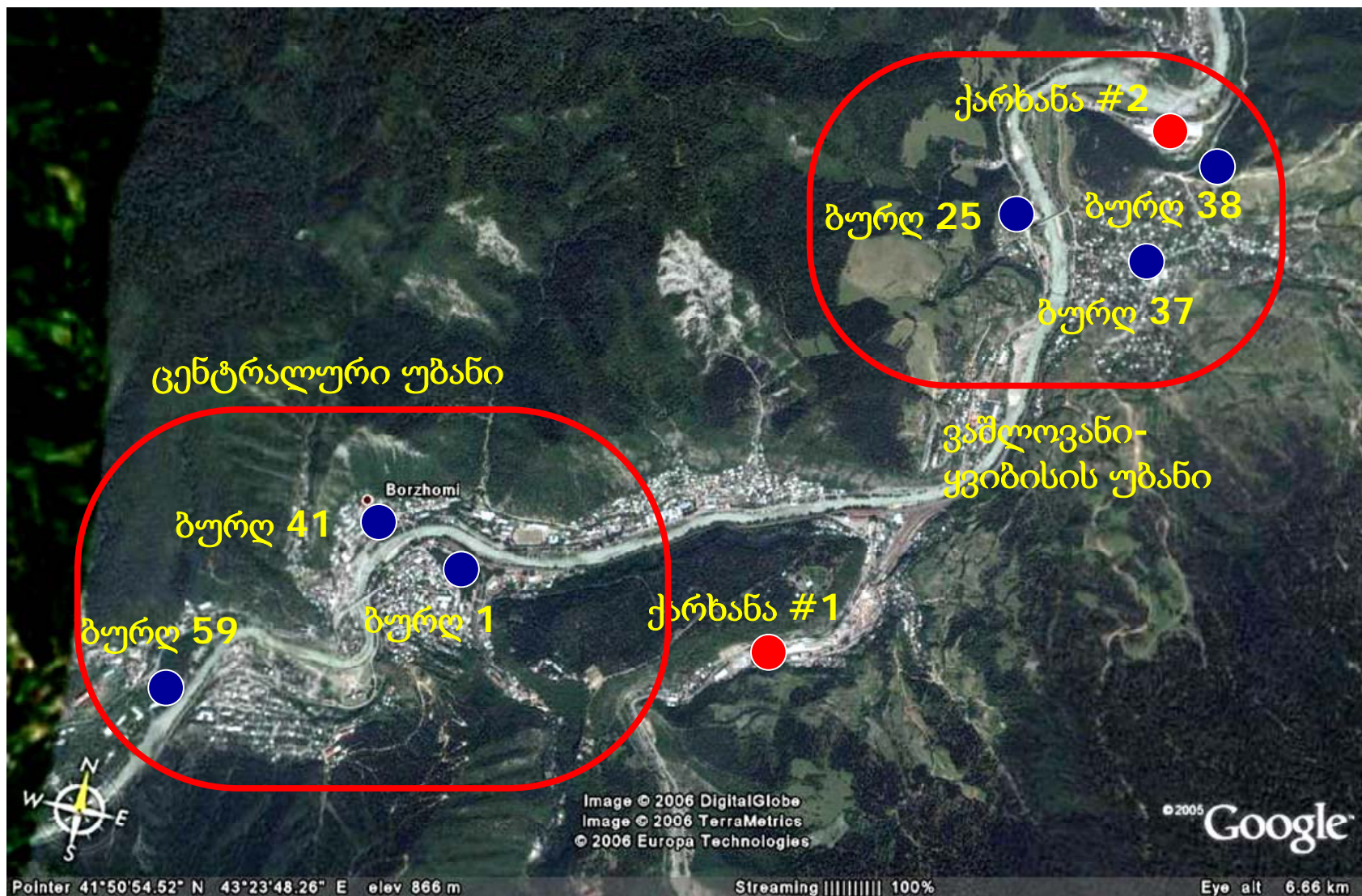


naxazi 26.

ද ට ඩ ට ට ට 3



ნახაზი 27. ბორჯომის მინერალური წყლის ჭაბურღილის სანიტარული ზონები



ნახაზი 28. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს სტრუქტურულ-გეოლოგიური უნები და ჭაბურღილების განლაგება

ද්‍රව්‍ය ඛණ්ඩ 4



ALcontrol Laboratories

Bradford Laboratory
George Street, Bradford BD1 5PZ

Yorkshire Environmental

Telephone: (01274) 722180
Facsimile: (01274) 309671
E-Mail: ALcontrol_water@yorkshirewater.plc.uk

Certificate of Analysis

Zenith International Ltd.
7 Kingsmead Square
Bath
BA1 2AB

Sample Date: 12/03/98
Sample Received: 16/03/98
Analysis Completed: 20/03/98

Batch Number: 1001826

Laboratory Number: 98178723

Georgian Water.

Determination	Result	Units	PCV	Note
* Pentachlorophenol	< 0.100	ug/l		
2-Chlorophenol	< 0.10	ug/l		
4-Chlorophenol	< 0.10	ug/l		
2,4-Dichlorophenol	< 0.10	ug/l		
2,6-Dichlorophenol	< 0.10	ug/l		
2,4,6-Trichlorophenol	< 0.10	ug/l		
o-Cresol	< 0.10	ug/l		
m-Cresol	< 0.10	ug/l		
p-Cresol	< 0.10	ug/l		
* Phenol	< 0.10	ug/l	0.50	

COMMENTS

The sample has a very high salt content plus a small amount of free carbon dioxide. The water therefore has a strong taste which modifies other tastes and odours compared with the way in which they would present in normal drinking water. However, it was possible to detect a chlorophenolic-type taste and, in consequence, a phenols analysis was attempted. This did not show any of the phenols which might be expected to produce such an effect. This is not unusual and is often the case when these tastes occur in public water supplies. Partly the reason is that some of these materials can be tasted at very low levels and partly, the possibility of other components giving similar effects.

The sample was tested every day for three days and the taste modified to some extent over the period. A distinctly "plastic" odour and taste developed. This may have been due to loss of a more intense component allowing an underlying characteristic to develop.



TESTING
No. 0895
No. 0896
No. 1338

Tests marked* in this report are not included in the NAMAS Accreditation Schedule for our laboratory. Opinions and Interpretations expressed herein are outside the scope of NAMAS Accreditation. Details of the methods used and performance characteristics of the methods are available on request. Unless otherwise stated sampling was not carried out by ALcontrol Laboratories. < = Less than, > = greater than, DSB = Dry Solids

A division of Yorkshire Environmental Ltd, 2 The Embankment, Sovereign Street, Leeds, LS1 4BG. Registered in England and Wales No: 2428371, a Yorkshire Water company.

COMPAGNIE GENERALE D'EAU DE SOURCE

ANALYSE EAU GEORGIE

BORJOMI

05/03/1998

Prélèvement

Echantillon du:	26/01/1998
Origine	Production 1
Analysé par:	C.G.E.S.
Motif:	Contrôle
N°Analyse:	8LC103

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

		Normes
Coliformes totaux à 37°C:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Coliformes thermotolérants à 44°C:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Streptocoques fécaux:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Spores anaérobies sulfite-réductrices	0 par 20 ml	0 / 20 ml
Staphylocoques pathogènes:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Pseudomonas	0 par 100 ml	
Pseudomonas Aéruginosa:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Levures	0 par 100 ml	
Moisissures	0 par 100 ml	

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Caractéristiques physiques

Odeur	Absence	0 dilution 3
Saveur	Absence	0 dilution 3
pH à 20°C	6.40	6.5 à 9
Résistivité à 20°C (Ohms.cm)	183	
Conductivité à 20°C (µS/cm)	5470	

Caractéristiques générales

Oxydabilité au KMnO4 en milieu acide (mg/l O2)	3.0	< 5
TH:Titre Hydrotimétrique (° F.)	25.90	
TA: Titre Alcalimétrique (° F.)	0.00	
TAC:Titre Alcalimétrique Complet (° F.)	317.10	

Page 1/2

Anions

Carbonates (mg/l)	0.00		
Bicarbonates (mg/l)	3 868.10		
Chlorures (mg/l)	344	< 200	Hors normes !!
Sulfates (mg/l)	0.00	< 250	
Nitrates (mg/l)	0.10	< 50	
Nitrites (mg/l)	4.500	< 0.1	Hors normes !!
Phosphates (mg/l)		< 5 (P ₂ O ₅)	
Fluorures (mg/l)	5.40	< 1.5	Hors normes !!
Total anions	73.521		

Cations

Calcium (mg/l)	75.60		
Magnésium (mg/l)	42.00	< 50	
Sodium (mg/l)	1518.90	< 150	Hors normes !!
Potassium (mg/l)	42.40	< 12	Hors normes !!
Lithium (mg/l)	1.06		
Ammonium (mg/l)	3.46	< 0.5	Hors normes !!
Total cations	74.579		

Analyses particulières

Silice soluble (mg/l)	35.40
-------------------------	-------

Métaux et métalloïdes

Chrome total (µg/l)	<5	< 50
Cuivre (µg/l)	<5	< 1000
Fer (µg/l)	25	< 200
Manganèse (µg/l)	17	< 50
Zinc (µg/l)	<20	< 5000

Hydrocarbures volatils

Bromoforme (µg/l)	0.000
Chloroforme (µg/l)	0.035
1,1,1 Trichloroéthane (µg/l)	0.000
Tétrachlorure de carbone (µg/l)	0.000
Dichlorobromométhane (µg/l)	0.000
Trichloréthylène (µg/l)	0.244
Dibromochlorométhane (µg/l)	0.000
Tétrachloréthylène (µg/l)	0.000
Benzène (µg/l)	0.000
Toluène (µg/l)	1.234
Xylène (µg/l)	0.614

Commentaires :

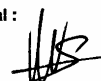
Eau très minéralisée.

Teneur en **fluor** très importante.

Teneur excessive en **ammonium** et en **nitrites**.

Présence de traces d'hydrocarbures volatils, ne générant aucun défaut organoleptique.

Visa laboratoire central :
M.Santamaria



N° Analyse : 8LC103
Page 2/2

COMPAGNIE GENERALE D'EAU DE SOURCE

ANALYSE EAU GEORGIE

BORJOMI

05/03/1998

Prélèvement

Echantillon du: 26/01/1998
Origine: Production 2
Analyse par: C.G.E.S.
Motif: Contrôle
N°Analyse: 8LC104

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

		Normes
Coliformes totaux à 37°C:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Coliformes thermotolérants à 44°C:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Streptocoques fécaux:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Spores anaérobies sulfite-réductrices	0 par 20 ml	0 / 20 ml
Staphylocoques pathogènes:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Pseudomonas	0 par 100 ml	
Pseudomonas Aéruginosa:	0 par 100 ml	0 / 100 ml
Levures	0 par 100 ml	
Moisissures	0 par 100 ml	

ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE

Caractéristiques physiques

Odeur	Présence	0 dilution 3	Hors normes !!
Saveur	Présence	0 dilution 3	Hors normes !!
pH à 20°C	6.20	6.5 à 9	
Résistivité à 20°C (Ohms.cm)	199		
Conductivité à 20°C (µS/cm)	5020		

Caractéristiques générales

Oxydabilité au KMnO4 en milieu acide (mg/l O2)	2.6	< 5
TH:Titre Hydrotimétrique (° F.)	13.40	
TA: Titre Alcalimétrique (° F.)	0.00	
TAC:Titre Alcalimétrique Complet (° F.)	294.00	

Page 1/2

Anions

Carbonates (mg/l)	0.00		
Bicarbonates (mg/l)	3 586.60		
Chlorures (mg/l)	274	< 200	Hors n
Sulfates (mg/l)	0.00	< 250	
Nitrates (mg/l)	0.10	< 50	
Nitrites (mg/l)	2.300	< 0.1	Hors normes !!
Phosphates (mg/l)		< 5 (P ₂ O ₅)	
Fluorures (mg/l)	9.00	< 1.5	Hors normes !!
Total anions	67.072		

Cations

Calcium (mg/l)	25.45		
Magnésium (mg/l)	24.05	< 50	
Sodium (mg/l)	1466.10	< 150	Hors normes !!
Potassium (mg/l)	21.60	< 12	Hors normes !!
Lithium (mg/l)	1.12		
Ammonium (mg/l)	3.86	< 0.5	Hors normes !!
Total cations	67.792		

Analyses particulières

Silice soluble (mg/l)	28.90
-------------------------	-------

Métaux et métalloïdes

Chrome total (µg/l)	<5	< 50	
Cuivre (µg/l)	<5	< 1000	
Fer (µg/l)	222	< 200	Hors normes !!
Manganèse (µg/l)	7	< 50	
Zinc (µg/l)	<20	< 5000	

Hydrocarbures volatils

Bromoforme (µg/l)	0.000
Chloroforme (µg/l)	0.208
1,1,1 Trichloroéthane (µg/l)	0.014
Tétrachlorure de carbone (µg/l)	0.013
Dichlorobromométhane (µg/l)	0.000
Trichloréthylène (µg/l)	0.000
Dibromochlorométhane (µg/l)	0.000
Tétrachloréthylène (µg/l)	0.000
Benzène (µg/l)	0.000
Toluène (µg/l)	0.000
Xylène (µg/l)	0.000

Commentaires :

Eau très minéralisée.

Teneur en fluor très importante.

Teneur excessive en **ammonium** et en **nitrites**.

Présence de traces d'hydrocarbures volatils, qui ne semble pas expliquer l'odeur observée.

Un pic non identifié a été décelé en quantité très faible (< 1µg/l), probablement un organo-halogéné.

Mais, il n'a pu être établi de relation entre sa présence et l'odeur observée.

Par contre les bouteilles présentaient, outre le fer dissous dosé à 222 µg/l, un **dépôt d'hydroxyde de fer**.

Ce dépôt semble indiquer un mauvais fonctionnement de l'installation et pourrait être lié au problème organoleptique décrit.

Visa laboratoire central :
M.Santamaria



N° Analyse : 8LC104
Page 2/2

၆၁၆၁၈၀၀ ၅