

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი,
გეოგრაფიის დეპარტამენტი, გეომორფოლოგიის მიმართულება

ლაშა ასანიძე

რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევა
სადოქტორო დისერტაცია

ხელმძღვანელები:

სადოქტორო პროგრამის ხელმძღვანელი:
თსუ პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი: **დავით კერესელიძე**

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი
თსუ პროფესორი: **რამინ გობეჯიშვილი**

გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი
თსუ პროფესორი: **ლია მაჭავარიანი**

თბილისი, 2017

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

Faculty of Exact and Natural Sciences, Department of Geography, Chair of Geomorphology

Lasha Asanidze

Speleo-Geomorphological Study of Racha Limestone Massif

PhD thesis

Supervisors:

Program Director:

TSU Professor: Doctor of Technical Sciences: **David Kereselidze**

Scientific Supervisors:

Doctor of Geographical Sciences

TSU Professor: **Ramin Gobejishvili**

Doctor of Geographical Sciences

TSU Professor: **Lia Matchavariani**

Tbilisi, 2017

შინაარსი

შესავალი.....	4
Introduction.....	6
კარსტოლოგიური შესწავლის ძირითადი ეტაპები	8
კვლევის აქტუალობა.....	10
კვლევის მეთოდოლოგია და დასახული ამოცანები	12
თავი 1. საკვლევი ტერიტორია.....	14
1.1. რაჭის კირქვული მასივის გეოგრაფიული მდებარეობა, საზღვრები, ოროჰიდროგ- რაფიული თავისებურებანი.....	14
1.2. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური დარაიონება	15
თავი 2. საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტის წარმოქმნის მთავარი მიზეზ-შედეგობრივი ფაქტორები და მათი ანალიზი	18
2.1. კარბონატული ქანების გავრცელება და მათი როლი კარსტის განვითარებაში	18
2.2. დაკარსტვის ტექტონიკური პირობები	25
ა). ტექტონიკური ნაპრალების როლი კარსტის წარმოქმნაში	25
2.3. კლიმატური პირობები	29
ა). კლიმატის როლი კარსტის წარმოქმნაში	29
2.4. ნიადაგ-მცენარეული საფარის როლი კარსტის წარმოქმნაში	36
თავი 3. კარსტული რელიეფის მორფოლოგიური ტიპები	39
3.1. ზედაპირული კარსტული ფორმების გავრცელება საკვლევ ტერიტორიაზე.....	39
3.2. მიწისქვეშა კარსტული ფორმების სპელეო-გეომორფოლოგიური შესწავლა	46
ა). მღვიმეების მორფომეტრიულ-მორფოგრაფიული აგეგმვა და 3D მოდელირება	46
3.3. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების განვითარება რელიეფის დახრილობის მიხედვით.....	76
3.4. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური ელექტრონული მონაცემთა (GIS) ბაზების შედგენა	81
თავი 4. რაჭის კირქვული მასივის მნიშვნელოვანი კარსტული წყაროები.....	85
4.1. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური თავისებურებები	85
თავი 5. კარსტული რელიეფის განვითარების მნიშვნელოვანი საკითხები	95
5.1. კარსტული მღვიმეების ევოლუცია	95
5.2. რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-რესურსი და მათი შესწავლის პრაქტიკული მნიშვნელობა.....	99
5.3. კარსტულ ლანდშაფტზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შეფასება და პრევენციის გზები.....	103
დასკვნები	107
დისერტაციაში გამოყენებული ზოგიერთი კარსტული ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი.....	109
გამოყენებული ლიტერატურა.....	112

შესავალი

საქართველო გამორჩეულია კარსტული მღვიმეების სიმრავლით და მათი მრავალფეროვნებით. კარსტვადი ქანები (ძირითადად კირქვები) რომლებშიც მღვიმე-უფსკრულები ყალიბდება, გავრცელებულია კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის გასწვრივ, მდ. ფსოუდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით ერწოს ტბის მიდამოებამდე 325 კმ მანძილზე, ხოლო ვერტიკალურად ზ.დ. 2757 მ სიმაღლემდე (სპელეოლოგთა პიკი) აღწევს (მარუაშვილი, 1973; Klimchouk, 2012). დაკარსტული ტერიტორიის საერთო ფართობი 4475 კმ²-ს, ანუ საქართველოს მთელი ტერიტორიის თითქმის 7%-ს შეადგენს (Asanidze et al., 2013). კარსტული ლანდშაფტი ჩრდილოეთით ისაზღვრება მაღალმთიანი ზოლით, ხოლო სამხრეთით გორაკ-ბორცვიანი მხარით (ყიფიანი, 1974). დღეისათვის საქართველოში მიკვლეული და ნაწილობრივ შესწავლილია დაახლოებით 1500 კარსტული მღვიმე და უფსკრული (Asanidze et al., 2015). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოს უღრმესი კარსტული უფსკრულების პირველი ათეულიდან ოთხი სწორედ საქართველოშია. ამასთან, პირველ სამ ადგილს იკავებს-კრუბერის სახელობის (2197 მ), სარმა (1830 მ) და ილუზია-თოვლიანი მეჟენის (1753 მ) მღვიმე-უფსკრულები. ამრიგად, დღეისათვის სიღრმული ჩაღწევის მსოფლიო რეკორდი კრუბერის უფსკრულშია დაფიქსირებული, რომელმაც 2197 მ-ს მიაღწია.

საქართველოს კარსტული ზოლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია რაჭის კირქვული მასივი, რომელსაც სპელეო-ტურიზმის განვითარების დიდი პოტენციალი გააჩნია, რამეთუ აქ წარმოდგენილია მრავალფეროვანი კარსტული ლანდშაფტი, რომელიც საკვლევ რეგიონში სპელეო-ტურიზმის განვითარების ერთ-ერთ ძირითად ბუნებრივ-ფაქტორად შეიძლება მივიჩნიოთ. ტურისტული პოტენციალის სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენება კი ძალიან მნიშვნელოვანია მთლიანი რეგიონისათვის, სადაც სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების კუთხით სერიოზული პრობლემებია. მითუმეტეს თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში სპელეო-ტურიზმი უდიდესი პოპულარობით სარგებლობს და შესაბამისად მრავალი ქვეყნისათვის მნიშვნელოვანი ფინანსური სარგებელი მოაქვს. ასევე არანაკლებ მნიშვნელოვანია კარსტული წყლების როგორც მარაგის განსაზღვრა, ასევე ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის საფუძვლიანი კვლევა, რამდენადაც საკვლევ რეგიონი სასმელი წყლებით მომარაგების სირთულეებს განიცდის. ამასთან გასათვალისწინებელია, რომ დღესდღეობით მოთხოვნილება მტკნარ-სასმელ წყალზე გაცილებით სჭარბობს მოთხოვნილებას მინერალურ წყლებზე.

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილია რაჭის კირქვულ მასივზე სხვადასხვა წლებში განხორციელებული კომპლექსური, სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევის შედეგები. კამერალურად დამუშავებულ მასალებთან ერთად წინამდებარე დისერტაციაში ასევე მოცემულია საველე და ლაბორატორიული კვლევის საფუძველზე მიღებული შედეგები.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში განსაკუთრებული ყურადღება დათმობილი აქვს საკვლევ რეგიონის კარსტულ-სპელეოლოგიური და გეომორფოლოგიური მახასიათებლების შესწავლას, სადაც განხილულია საქართველოს ერთ-ერთი უდიდესი კირქვული მასივის კარსტის განვითარების ზოგადი კანონზომიერებები, კარსტგაჩენის პირობები და ფაქტორები, დადგენილია ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების გავრცელების არეალები, წარმოდგენილია მღვიმეებში ჩატარებული სპელეო-კლიმატური დაკვირვების

მონაცემები. ნაშრომში ასევე გაშუქებულია კარსტული მღვიმეების განვითარების ისტორია (მღვიმეების ევოლუციის მნიშვნელოვანი საკითხები), მღვიმეების და კარსტული წყლების შესწავლის პრაქტიკული მნიშვნელობა და მრავალი სხვა. კვლევის პროცესში გამოიკვეთა მნიშვნელოვანი სიახლეები, რომელიც ავსებს და ამდიდრებს დისერტაციას. აღნიშნულის დასტურია თუნდაც ის, რომ ცხრაჯვარის ტერიტორიაზე მიკვლეული მურადის მღვიმის შესწავლის შემდგომ (მღვიმის პირველადი შესწავლა განახორციელა თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეოლოგიურმა ჯგუფმა-უშუალოდ დისერტაციის ავტორის ხელმძღვანელობით) ჩვენ შემოვიტანეთ არსებითი, მნიშვნელოვანი სიახლეები არამარტო დისერტაციაში, არამედ ზოგადად საქართველოს სპელეოლოგიაში.

წინამდებარე კვლევა ძირითადად განხორციელდა თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის ბაზაზე. აგრეთვე, კვლევების ნაწილი შესრულებულია სხვადასხვა წლებში (2014, 2015, 2016) ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სამეცნიერო-კვლევითი სტაჟირების დროს, სადაც ამავე დროს მნიშვნელოვანი თეორიული და პრაქტიკული გამოცდილება იქნა მიღებული.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება ხუთი თავისაგან, რომლებიც, თავის მხრივ, რამდენიმე ქვეთავადაა დაყოფილი. ნაშრომს თან ერთვის სხვადასხვა შინაარსის გრაფიკული (რუკები, სქემები და სხვა) და ფოტო მასალა, რომელთა უმრავლესობა უშუალოდ ავტორის მიერ არის გადაღებული, ან შედგენილი. ნაშრომის საერთო მოცულობა 115 გვერდს შეადგენს.

ვსარგებლობ რა შემთხვევით, სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების პროცესში გაწეული დახმარებისათვის მადლობას მოვახსენებ სამეცნიერო ხელმძღვანელს: თსუ პროფესორს, ქ-ნ ლია მაჭავარიანს და გეოგრაფიის ინსტიტუტის მკვლევარ-სპელეოლოგებს: გეოგრაფიის აკადემიურ დოქტორებს: ბ-ნ ზაზა ლეჟავას და ბ-ნ კუკური წიქარიშვილს. დისერტაციაზე მუშაობის დროს გაწეული დახმარებისთვის ასევე, მადლობას ვუხდის ჩემს კოლეგებს: გიორგი გაფრინდაშვილს, ლევან ტიელიძეს, რომან კუმლაძეს, მერაბ გონგაძეს, გურანდა ავქოფაშვილს, ნინო ლომიძეს და ნინო ჩიხრაძეს.

Introduction

Georgia is distinguished by the large number of caves and their diversity. Karst rocks (mainly limestones), within which the cave-abysses are formed, are widespread along the southern slope of the Caucasus, along the 325 kilometers to the south-east from the Psou River to the Ertso Lake outskirts, while they are spread up to 2757 m (Speleologists' Peak) above sea level (Maruashvili, 1973; Klimchouk, 2012).

The total area of the karst territory is 4475 km², or about 7% of the whole territory of Georgia (Asanidze et al., 2013). To the north, the karst landscape is bordered by the high mountains, while to the south – by the hilly area (Kipiani, 1974).

For today, approximately 1500 karst caves and abysses are found and partially investigated in Georgia (Asanidze et al., 2015). It should also be noted that among the world's top ten deepest karst abysses the four of them are Georgia. In addition, the first three places are occupied by the Krubera (2197 m), Sarma (1830 m) and the “Illusia-snowy Mezheni” (1753 m) cave-abysses accordingly. Thus, today the world record of depth reach is fixed into the Krubera abyss, which is about 2197 m.

One of the important parts of the karst zone of Georgia is a Racha limestone massif, which has a great potential for development of Speleo tourism, as there is a diverse karst landscape there, which may be considered one of the main natural factors for the development of Speleo tourism. And using tourist potential for the economy purposes is very important for the whole region, where there are serious problems regarding social-economic development; moreover, if we consider that Speleo tourism is popular in many countries worldwide and many countries get significant financial benefit from it. Also, it is equally important both identification of karst water stock and thorough study of the chemical and microbiological composition, as far as the region suffers difficulties of drinking water supply. It should be considered that at present the demand on fresh water greatly exceeds the demand on mineral waters.

The dissertation work presents the results of the complex speleo-geomorphological researches conducted in Racha limestone massif at different times. Along with the desk work materials, the field trip and laboratory research results are presented in the presented dissertation.

In the dissertation work, a special attention is devoted to the study of karst-speleological and geomorphological characteristics of the research territory. General regularities of karst development of one of the largest limestone massifs of Georgia is considered in the dissertation work, as well as the karst forming conditions and factors; the areals of distribution surface and underground karst forms are identified, and the data of speleo- weather observations conducted in the caves are presented. The theses also cover the history of the development of the karst caves (important issues of the evolution of caves), as well as the practical importance of studying caves and karst waters and etc. During the survey, important news were revealed, which complements and enriches the thesis. The proof of this is that after studying Muradi Cave detected in the Tskhrajvari territory (preliminary survey of the cave was conducted by the speleological group of the TSU Vakhushti Bagrationi Institute of Geography with the direct leadership of the author of the thesis) we introduced a substantial, important news not only in the thesis, but in general, in the Speleology of Georgia.

The present research was carried out mainly at the TSU Vakhushti Bagrationi Institute of Geography. Also, part of the research was carried out in different years (2014, 2015, 2016)

during research internship in the United States, where, at the same time, I gained the important theoretical and practical experience.

The dissertation consists of five chapters, which are broken down into sections. The graphical (maps, charts etc.) and photo materials of different content are attached to the work, most of which are either taken or compiled directly by the author. The dissertation consists of 115 pages in total.

With this opportunity, I would like to thank my Research Supervisor, TSU Professor, Mrs. Lia Machavariani and researcher-speleologists of Institute of Geography, Mr. Zaza Lezhava and Mr. Kukuri Tsikarishvili, PhD in Geography. I also would like to thank my colleagues George Gaprindashvili, Levan Tielidze, Roman Kumladze, Merab Gongadze, Guranda Avkopashvili, Nino Lomidze and Nino Chikhradze for their assistance during the working process of my dissertation work.

კარსტოლოგიური შესწავლის ძირითადი ეტაპები

საქართველოში კარსტული მღვიმეების და გამოქვაბულების მიმართ ინტერესი უძველესი დროიდან არსებობდა. ამის დასტურია ის, რომ საქართველოს მრავალ მღვიმეში (ჯრუჭულა, წონა, ძუძუანა და სხვა) ნაპოვნია პირველყოფილ ადამიანთა ცხოვრების ფაქტები.

საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული მოვლენების შესახებ პირველ ცნობებს გვაწვდის ღვაწლმოსილი ქართველი გეოგრაფი ვახუშტი ბატონიშვილი, თავის ენციკლოპედიურ შრომაში "აღწერა სამეფოსა საქართველოსა" (1941). შრომაში ავტორი აღწერს ხერგას სასულებს, შარეულასა და ცივწყალას მღვიმურ ნაკადებს.

შრომაში ასევე მოხსენიებულია შაორის ამოქვაბულის (იმ დროისათვის შაორის ქვაბული იწოდებოდა როგორც შაორის ამოქვაბული) მიდამოებში არსებული ყინულოვანი ჭა. ავტორი შემდეგნაირად აღწერს "არს ორმო დიდი, ვრცელი და ღრმა, რომელსა შინა დის წყარო, და ვერ გაჰყინავს ზამთარს, არამედ ზაფხულის ჰყინავს სრულიად, რომელი ამოულეველი არს, რაოდენცა სუას მრავალმან კაცმან, გარნა თუ შთავიდეს კაცი უცხო, თვინიერ მუნ მყოფილა აცივებს წელსა ერთსა".

მოგვიანებით მსგავსი ცნობები მოცემულია გერმანელი ბუნებისმეტყველის ი. გიულდენშტედტის (1809) შრომაში. მას რაჭაში მოგზაურობის შემდეგ მოჰყავს საინტერესო ცნობები აქ გავრცელებული კარსტული ფენომენების შესახებ. მაგალითად, ხოტევის ქვემოთ დამდგარი ტბის შესახებ, შაორის ამოქვაბულის შესახებ, კერძოდ მდ. შაორის დაკარგვაზე კირქვიან ხეობაში და მის გამოსასვლელზე-შარეულაზე და მიუთითებს რომ წყალი აქ ორ ადგილას გამოდის და უფრო მეტია ვიდრე ჩაჟონვის ადგილზე შაორას აქვსო.

1870 წელს ქვეყნდება პოლკოვნიკ კრაევიჩის შედგენილი რიონის მხარის სამხედრო მიმოხილვა. ამ შრომაში მოყვანილია ცნობები კარსტული მოვლენების შესახებ. მათ შორის აღსანიშნავია: შაორის ამოქვაბულის მონოგრაფიული აღწერა; მდ. შაორის გაჟონვა ცარცულ კირქვებში და შემდეგ გამოსვლა მდ. შარეულას სახელწოდებით.

შაორის ქვაბულის შესახებ საინტერესო ნაშრომი აქვს გამოქვეყნებული ექიმ პანტიუხოვს 1899 წელს. შრომაში პანტიუხოვი მიუთითებს შაორის ქვაბულში ფართოთ წარმოდგენილ კარსტულ მოვლენებზე, აღწერს ძროხისთვალის, ხარისთვალის და სხვა დოლინებს. თვით შაორს გაინიხილავს როგორც უზარმაზარ დოლინას. ასევე აღწერს მდ. შაორას და ახასიათებს მის გაჟონვის და შემდეგ ზედაპირზე გამოსვლის ადგილებს.

რაჭის კირქვული მასივის შესახებ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია აქვს მოცემული პროფესორ ლევან მარუაშვილს თავის მონოგრაფიაში სპელეოლოგიის საფუძვლები (1973). მონოგრაფიაში ავტორს აღწერილი აქვს რაჭის კირქვული მასივის საზღვრები, რომელიც თანხვედრაშია დისერტანტის მიერ მოცემულ საკვლევ ტერიტორიის საზღვრებთან. აგრეთვე მონოგრაფიაში წარმოდგენილია სხვადასხვა მღვიმეში წარმოქმნილი კალციტური ფორმების აღწერები.

მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მატარებელია შალვა ყიფიანის 1939 წელს შესრულებული სადისერტაციო ნაშრომი, რომელიც ეხება შაორის ამოქვაბულში განვითარებულ კარსტულ პროცესებს. ავტორს განხილული და დახასიათებული აქვს იმ დროისათვის მიკვლეული კარსტული მღვიმეები, აღწერს ამოქვაბულში გავცელებულ დოლინებს და სხვა. თუმცა მის მიერ დახასიათებული მრავალი ზედაპირული კარსტული ფორმა თუ ვოკლუზი ამჟამად დაფარულია შაორის წყალსაცავით, რამეთუ,

სწორეთ შალვა ყიფიანის კვლევების შემდეგ მოხდა შაორის წყალსაცავის შეგუბება, რომელმაც ქვაბულის მნიშვნელოვანი ტერიტორია მოიცვა.

საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, კარსტწარმოქმნაში ტექტონიკური ფაქტორის გავლენაზე საინტერესო ინფორმაციას ვხვდებით კ. რაქვიაშვილის სამეცნიერო შრომებში (1980, 1981, 1985), რომელიც დაბეჭდილია გეოგრაფიის ინსტიტუტის ყოველწლიურ გამოცემებში. შრომებში, ავტორი აღწერს საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიას და ყურადღებას უთმობს ტექტონიკურ მახასიათებლებს.

წლების განმავლობაში, სხვადასხვა გეოლოგიური სამართველოს მიერ საკვლევი ტერიტორიაზე მნიშვნელოვანი სამუშაოები იქნა ჩატარებული. შექმნილია სხვადასვა მასშტაბის გეოლოგიური რუკები, მოცემულია ჭაბურღილების მონაცემები, გეოლოგიური ჭრილები და სხვა.

რაჭის კირქვულ მასივზე კარსტული პროცესების განვითარების შესახებ მცირე აღწერილობა აქვს მოყვანილი ბ-ნ რამინ გობეჯიშვილს თავის მონოგრაფიაში საქართველოს რელიეფი (2011). მონოგრაფიაში ავტორი ყურადღებას ამახვილებს ზედაპირული კარსტული ფორმების განვითარებაზე და მოყვანილი აქვს მაგალითები მათი გავრცელების მასშტაბებზე. აგრეთვე მოიხსენიებს რამდენიმე მღვიმეს.

აღნიშნული შრომებით ამოიწურება ძირითადად მთელი ცოდნა რაჭის კირქვული მასივის კარსტის და ზოგადად კარსტული ლანდშაფტის შესახებ, რაც რა თქმა უნდა საკმარისი არაა.

აღნიშნული მიმართულებით, 2012 წლიდან დისერტაციის ავტორის მიერ კვლავ განახლდა სპელეოლოგიური კვლევები რაჭის კირქვული მასივის შესწავლისათვის. თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეოლოგიური ჯგუფის და საქართველოს სპელეოლოგიური საზოგადოების მიერ უშუალოდ დისერტაციის ავტორის ხელმძღვანელობით, განხორციელდა კომპლექსური სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევები, რომლის ზოგიერთი შედეგი ასახულია ავტორის მიერ 2013-2017 წლებში მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში გამოქვეყნებულ შრომებში.

კვლევის აქტუალობა

განსახილველი საკითხი აქტუალურია, რადგან რაჭის კირქვული მასივი, კარსტვადი ქანების სიმძლავრისა და მასშტაბურობის გათვალისწინებით, აგრეთვე ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების გავრცელების თვალსაზრისით ერთ-ერთ კლასიკურ კარსტულ მასივს წარმოადგენს საქართველოში, სადაც დღემდე არ განხორციელებულა სრულყოფილი კარსტულ-სპელეოლოგიური კვლევები. სწორედ ამიტომ მნიშვნელოვანი იყო ისეთი კვლევების ჩატარება, რომელიც გარკვეულწილად შეავსებდა და ახალ ღირებულებებს შემატებდა როგორც სადისერტაციო ნაშრომს, ასევე ზოგადად სპელეოლოგიურ მეცნიერებას საქართველოში.

რაჭის კირქვული მასივის ფარგლებში განვითარებული ზედაპირული კარსტული ლანდშაფტი (როგორც ეს ჩვენმა კვლევებმა გამოავლინა) საქართველოში მხოლოდ ბზიფის და არაბიკას კირქვულ მასივებზეა განვითარებული, სადაც ჩასახულია მსოფლიოს უღრმესი (კრუბერი, სარმა, თოვლიანი-მეჟენი) მღვიმე-უფსკრულები.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში სპელეო-ტურიზმი უდიდესი პოპულარობით სარგებლობს და ფინანსური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი სარგებელი მოაქვს. ამ მხრივ საქართველო ერთ-ერთი გამორჩეული ქვეყანაა მსოფლიოში, სადაც წარმოდგენილია მრავალფეროვანი კარსტული ლანდშაფტი, რომელიც სპელეო-ტურიზმის განვითარების ერთ-ერთ ძირითად ბუნებრივ-ფაქტორად შეიძლება მივიჩნიოთ. სწორედ ამიტომ, საკვლევ ტერიტორიაზე მნიშვნელოვანი იყო ისეთი სპელეო-ობიექტების გამოვლენა, რომლებიც მომავალში ხელს შეუწყობენ რეგიონში სპელეო-ტურიზმის განვითარებას.

რაჭის კირქვულ მასივს ამ თვალსაზრისით უდიდესი პოტენციალი გააჩნია და აუცილებელია სპელეო-რესურსი გამოყენებული იყოს პრაქტიკული მიზნებისათვის. სპელეო-ტურიზმში პირველ რიგში უნდა გამოვყოთ სანახაობრივი სპელეო-ტურიზმის მიმართულება, რომელიც თავის თავში გულისხმობს კეთილმოწყობილი მღვიმეების მონახულებას. ამ მხრივ, უდაოდ გამორჩეულია მურადის კარსტული მღვიმე (ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონი). მღვიმეში წარმოქმნილია უნიკალური სფერული სტალაქტიტები, რომლებსაც ანალოგი არ მოეპოვება კავკასიაში, ხოლო მსოფლიოში რამდენიმე მღვიმურ სისტემაშია წარმოქმნილი. კალციტური წარმონაქმნების ესთეტური ფაქტორის გათვალისწინებით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მოხდეს მისი კეთილმოწყობა და ექსპლოატაციაში შესვლა, რაც ხელს შეუწყობს რეგიონში სპელეო-ტურიზმის განვითარებას, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვანი ფინანსური სარგებელი მოუტანოს შესაბამის მუნიციპალიტეტს და მთლიანად რეგიონს. მღვიმის შესწავლის შემდეგ (2015 წელი) ჩვენ შესაბამისი რეკომენდაცია გადავეცით დაცული ტერიტორიების სააგენტოს, რომელიც ითვალისწინებს, რომ პირველ ეტაპზე მურადის მღვიმეს მიენიჭოს ბუნების ძეგლის სტატუსი.

ასევე უნდა გამოვყოთ სპელეო-ტურიზმის კიდევ ერთი მიმართულება-ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმი. ამ თვალსაზრისით საკვლევი ტერიტორია ნამდვილად ერთ-ერთი გამორჩეულია საქართველოში, რამეთუ აქ წარმოდგენილია მრავალი კარსტული კანიონი, ჩანჩქერები, სიფონური ტბებით დამშვენებული კარსტული მღვიმეები და სხვა. ამრიგად, რაჭის კირქვული მასივის სპელეოლოგიური რესურსი მეტად მასშტაბურია, რამეთუ მთელ რეგიონს მოიცავს და რაც მთავარია, სპელეო-ობიექტები უშუალოდ იძლევიან კირქვული მასივის სრულყოფილად აღქმის

შესაძლებლობას. აქედან გამომდინარე რაჭის კირქვული მასივის ტურისტული პოტენციალის სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენება ძალიან მნიშვნელოვანია მთლიანი რეგიონისათვის, სადაც სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების კუთხით სერიოზული პრობლემებია.

ამავე დროს აუცილებელია, რომ სხვადასხვა ფაქტორის გათვალისწინებით განხორციელდეს კარსტული მღვიმეების გაერთიანება დაცული ტერიტორიების რიცხვში, რაც ხელს შეუწყობს მათ დაცვასა და ეფექტურ მართვას, რამეთუ საქართველოში მრავალი სპელეო-ობიექტი განადგურებულია სწორედ ადამიანთა დაუდევარი ქმედებით.

აღსანიშნავია ისიც, რომ რაჭის კირქვული მასივი მნიშვნელოვან ჰიდრო-რესურსებს შეიცავს და თუ გავითვალისწინებთ მომავალში მტკნარ-სასმელ წყალზე მოთხოვნილების პროგნოზირებულ ზრდას, მათი სრულფასოვანი კვლევა სახელმწიფოებრივ საქმეს წარმოადგენს და აუცილებელია ამ მიმართულებით კვლევების გაგრძელება. მითუმეტეს, რომ დღეისათვის მოთხოვნილება მტკნარ-სასმელ წყალზე გაცილებით ჭარბობს მოთხოვნილებას მინერალურ წყალზე. აქედან გამომდინარე, კარსტული წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური თავისებურებების შესწავლა რაციონალური გამოყენებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია.

წინამდებარე კვლევის დროს გამოყენებული თანამედროვე ხელსაწყოები და კვლევითი მეთოდები შესაძლებელია მომავალში საქართველოს სხვადასხვა კირქვული მასივების კომპლექსური შესწავლისათვის სამოდელო ვარიანტად იქნას გამოყენებული.

ამგვარად, რაჭის კირქვული მასივის კარსტის შესწავლას უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

კვლევის მეთოდოლოგია და დასახული ამოცანები

თსუ ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეოლოგიური ჯგუფი უშუალოდ დისერტაციის ავტორის ხელმძღვანელობით, საკვლევ ტერიტორიაზე წლების განმავლობაში აწარმოებდა კარსტულ-სპელეოლოგიურ კვლევებს, რომლის დროსაც გამოყენებული იყო კლასიკური კარსტული რეგიონებისა და მიწისქვეშა სიღრუეების შესწავლისათვის დღეისათვის მსოფლიოში აპრობირებული კვლევის ძირითადი მეთოდები, მათ შორის: გეომორფოლოგიური, კარტოგრაფიული, ქიმიური, საველე/აგეგმვითი და შედარებითი მეთოდები.

ველზე მუშაობის პროცესში გამოყენებული იყო უახლესი საკვლევი ხელსაწყოები, რომელთა შორის ზოგიერთი საკვლევი ტერიტორიის შესასწავლად საქართველოში პირველად იქნა გამოყენებული, მათ შორის: ლაზერული მანძილმზომი (Laserliner distance master), კომპასი და ქლინომეტრი (Suunto KB-14 precision global compass and clinometer with percent and degree scales), ასევე წყლის და ჰაერის ტემპერატურის საზომი თერმომეტრი (Enviro-safe pocket thermometer). ასევე, გამოყენებული იყო ძველი, აპრობირებული საკვლევი ხელსაწყოები.

მოპოვებული მასალების დასამუშავებლად გამოყენებული იყო სხვადასხვა თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამები (ArcGis, Compass Program Software, Illustrator). სწორედ აღნიშნული მეთოდოლოგიისა და თანამედროვე პროგრამების გამოყენებით, რაჭის კირქვული მასივის მაგალითზე საქართველოში პირველად განხორციელდა ელექტრონული ბაზების შექმნა. აგრეთვე საქართველოში პირველად შეიქმნა კარსტული მღვიმეების სამგანზომილებიანი მოდელები. აღნიშნული პროგრამული სიახლე იძლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას და სამგანზომილებიან ფორმატში შეუძლია გამოსახოს მღვიმის მორფომეტრიული მახასიათებლები. შესაძლებელია ასევე განისაზღვროს მღვიმის მიმართულება და დახრის კოეფიციენტი კირქვულ ქანებში. ამდენად ეს მეთოდი მსოფლიოშია აპრობირებული და იძლევა დატალურ ინფორმაციას მღვიმის მორფოლოგიის თვალსაზრისით, რომელიც არის სპელეოლოგიის შემადგენელი, ფუნდამენტური ნაწილი. მღვიმეთა 3D მოდელების დამუშავების პრინციპები და მეთოდები შესწავლილ იქნა აშშ-ში, სხვადასხვა უნივერსიტეტში სამეცნიერო-კვლევითი სტაჟირების დროს. რაც დღემდე არ გაკეთებულა საქართველოში.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი იყო რაჭის კირქვული მასივის კომპლექსური მეცნიერული შესწავლა გეომორფოლოგიური და კარსტულ-სპელეოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით.

წინამდებარე ნაშრომის თემატიკიდან გამომდინარე საჭირო გახდა შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

1. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური დარაიონება;
2. საკვლევი ტერიტორიაზე ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების სპელეო-გეომორფოლოგიური შესწავლა და მათი გავრცელების მასშტაბების დადგენა;
3. კარსტული მღვიმეების კარტოგრაფირება და სამგანზომილებიანი მოდელების შედგენა;
4. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების გავრცელებასა და რელიეფის დახრილობას შორის უშუალო კავშირების დადგენა;
5. კარსტულ მღვიმეებში ეპიზოდური და სეზონური სპელეო-კლიმატური დაკვირვებების ჩატარება და კლიმატური პირობების შესწავლა;

6. ლაბორატორიული შესწავლის საფუძველზე კარსტულ წყლებში ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის განსაზღვრა;

7. სპელეო-გეომორფოლოგიური საველე კვლევების საფუძველზე კარსტული მღვიმეების ევოლუციის სტადიების (ფრეატული თუ ვადოზური) დადგენა;

8. იშვიათი ნაღვენთი ფორმებიდან (მურადის მღვიმე) ნიმუშების აღება და ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე მათი მინერალოგიური შედგენილობის და ფორმირების მექანიზმის განსაზღვრა;

9. სპელეო-ტურისტული კარსტული მღვიმეების გავრცელების რუკის შედგენა;

10. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური ელექტრონული მონაცემთა ბაზების (GIS) შექმნა;

11. რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-ტურისტული პოტენციალის შეფასება.

კამერალური, საველე და ლაბორატორიული კვლევებიდან გამომდინარე სადისერტაციო ნაშრომში თავმოყრილია კვლევის უახლესი შედეგები, რაც მნიშვნელოვან დახმარებას გაუწევს კარსტმცოდნეობით და სპელეოლოგიით დაინტერესებულ მომავალ თაობებს.

თავი 1. საკვლევი ტერიტორია

1.1. რაჭის კირქვული მასივის გეოგრაფიული მდებარეობა, საზღვრები, ოროჰიდროგრაფიული თავისებურებანი

რაჭის კირქვული მასივი საქართველოს კარსტული ზოლის აღმოსავლეთ ნაწილში მდებარეობს და ადმინისტრაციულად ძირითადად ამბროლაურისა და ონის რაიონებშია მოქცეული. რაჭის კირქვული მასივი, გავრცელებულია ტვიშის კლდეკარიდან (მდ. რიონის ხეობა) აღმოსავლეთით ფოცხვრევის მთამდე (მარუაშვილი 1963). კირქვული მასივი ჩრდილოეთიდან შემოსაზღვრულია მდ. რიონის განედური, ხოლო დასავლეთით მერიდიანული დინებით, აღმოსავლეთი საზღვარი ფოცხვრევის ქედის თხემზე გადის, რომელიც მდ. მდ. ჯეჯორასა და ხეორის წყალგამყოფია, სამხრეთი საზღვარი კი რაჭის ქედის კლდოვან ქარაფებს გაუყვება (ტატაშიძე და სხვ., 2009). აღნიშნულ საზღვრებში რაჭის კირქვული მასივის ფართობი დაახლოებით 677 კმ²-ს უტოლდება (ნახ. 1).

საქართველოს კარსტული ზოლის ფარგლებში რაჭის კირქვული მასივი ერთ-ერთი უდიდესია თავისი გავრცელების მასშტაბებით, თუმცა სიმაღლით რამდენადმე ჩამორჩება ზოგიერთ მათგანს. კირქვული მასივის მინიმალური სიმაღლე ზ.დ. 340 მ-ია, საშუალო სიმაღლე ზ.დ. 1270 მ, ხოლო მაქსიმალური ზ.დ. 2402 მ.

აღსანიშნავია ისიც, რომ საქართველოში კარსტული ლანდშაფტის ზოლს ერთ-ერთი ყველაზე დიდი სიგანე სწორედ რაჭის ტერიტორიაზე აქვს (≈22 კმ), ხოლო ყველაზე მეტად ვიწროვდება კოდორის ქედის სამხრეთ პერიფერიაზე, სადაც 2-3 კმ-ს აღწევს (ყიფიანი, 1974).

რაჭის კირქვული მასივის ფარგლებში მნიშვნელოვან და ძირითად ოროგრაფიულ ერთეულს ქმნის რაჭის ქედი, საკუთრივ ქედის აღმოსავლეთ ნაწილში გავრცელებული შქმერის აზევებული კარსტული პლატო, ფოცხვრევის ქედის განშტოება, რომელიც გაკვეთილია შუაზე მდ. ხეორის კარსტული დინების მიერ და ასევე შაორის კირქვული ქვაბული, რომელიც ირგვლივ შემოსაზღვრულია საკმაოდ მაღალი ფერდობებით.

საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, მნიშვნელოვანი მწვერვალებიდან აღსანიშნავია: მ. ცხრაჯვარი 1569 მ, მ. შარეულა 1683 მ, მ. ლეკნარი 1746 მ, მ. საწალიკე 1996 მ, მ. ხიხათა (ხიხა მთა) 2239 მ და მ. ფოცხვრევი (2402 მ), რომელიც ამავე დროს საკვლევი ტერიტორიის უმაღლესი ადგილია.

მნიშვნელოვანი უღელტეხილებიდან აღსანიშნავია: ნაქერალა 1217 მ, კვეშლები 1711 მ, რაჭა 1800 მ, საწალიკე 1996 მ. აქედან რამდენიმე გადასასვლელზე გადის საავტომობილო გზები (გობეჯიშვილი, 2011).

1.2. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური დარაიონება

ჯერ კიდევ 1974 წელს, შალვა ყიფიანის ავტორობით გამოცემულ მონოგრაფიაში „საქართველოს კარსტი“, რომელიც ითვალისწინებდა საქართველოს კარსტის გეომორფოლოგიური დახასიათების ცდას, ავტორი რაჭის კირქვულ მასივს მოიხსენიებს როგორც რაიონს, რომელიც ვრცელდება მდ. მდ. რიონსა და ველეურას შორის, სადაც თავის მხრივ გამოყოფილია მცირე ფართობის მქონე ქვერაიონები. ამასთანავე, ცნობილი ქართველი მეცნიერები ლევან მარუაშვილი (1963, 1974), ზურაბ ტატაშიძე (2009) და სხვა მკვლევარები სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში, საკვლევ ტერიტორიას მოიხსენიებენ როგორც რაჭის კირქვულ მასივს, რომლის საზღვარი თანხვედრაშია ჩემს მიერ წარმოდგენილი საკვლევი ტერიტორიის საზღვართან. ამავე დროს, ჩვენი კვლევის ფარგლებში მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ, რომ თანამედროვე ინტერპრეტაციით მოგვეხსენიებინა რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური დარაიონება. ამდენად, კარსტული პროცესების განვითარების თვალსაზრისით საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში გამოვყავით სამი ძირითადი რაიონი, სადაც კლასიკურადაა წარმოდგენილი კარსტული ლანდშაფტი (ნახ. 1).

➤ **ცხრაჯვარი-ლეკნარის რაიონი.** აღნიშნული ტერიტორია წარმოადგენს რაჭის კირქვული მასივის უკიდურეს დასავლეთურ ნაწილს, რომლის ფართობი შეადგენს 228 კმ²-ს. უმაღლესი წერტილი (მ. ლეკნარი) ზ.დ. 1746 მ-ია. ეს მონაკვეთი წარმოდგენილია განიერი პლატოს სახით, რომელიც ნელ-ნელა დაბლდება ტვიშის ვიწრობისაკენ. აღნიშნულ ტერიტორიაზე ერთმანეთს ენაცვლება მრავალრიცხოვანი კარსტული ძაბრები, ვრცელი კარსტული ტაფობები, რომლებიც თავის მხრივ დაცხრილულია კარსტული ჭეხილებით და ჩაქცევითი ძაბრებით.

სპელეო-გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით აღნიშნული მონაკვეთი მთის კარსტის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს, სადაც მასიურადაა გავრცელებული კარსტული პროცესები და წარმოდგენილია როგორც მიწისქვეშა ისე ზედაპირული კარსტული ფორმები, მაგალითისთვის: აღნიშნულ მონაკვეთზე კარსტული ძაბრების რაოდენობა 1 კვ/კმ-ზე რამდენიმე ათეულს აღწევს. აღსანიშნავია, რომ ასეთი მრავალფეროვანი და მასშტაბური ზედაპირული კარსტული ფორმები საქართველოში მხოლოდ ბზიფის ქედზე (აფხაზეთი) გვხვდება. აღნიშნული ტერიტორიის სამხრეთი ფერდობი ფლატოვანია, რომელიც გადაჰყურებს ტყიბულის და ოკრიბას ტერიტორიებს. აღმოსავლეთი ფერდობი კი დამრეცია, რომელიც ნაზად ეშვება შაორის ქვაბულისაკენ.

➤ **შაორი-საწალიკეს რაიონი.** აღნიშნული ტერიტორია რაჭის კირქვული მასივის ცენტრალურ ნაწილში კლასიკურად არის გამოხატული, რომლის ფართობი 324 კმ²-ია. უმაღლესი წერტილი (მ. საწალიკე) ზ.დ. 1996 მ-ს შეადგენს. აღნიშნული რაიონი გამორჩეულია მიწისქვეშა და ზედაპირული კარსტული ფორმების სიმრავლით. კარსტი აქ განვითარებულია როგორც უშუალოდ შაორის ქვაბულში, ასევე საწალიკეს ტერიტორიაზე. თვით შაორის ქვაბული წარმოადგენს კავკასიაში უდიდეს, ჩაკეტილ კარსტულ პოლიეს, რომელიც სამი მხრიდან ისაზღვრება საკმაოდ მაღალი ფერდობებით. გასულ საუკუნეში (50-იანი წლები) შაორის ქვაბულში წყლის მიწისქვეშა გასასვლელები ჩაკეტეს და წყალსაცავი შექმნეს. წყალსაცავის შექმნამდე ქვაბულის ტერიტორიაზე ორი მდინარე-შაორა და დიდი ჭალა გაედინებოდა, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთების შემდეგ ძაბრებსა და სასულეებში იკარგებოდა და 2 კმ მიწის ქვეშ დინების შემდეგ გამოდიოდა მდ. შარეულას სახელწოდებით. ასევე უნდა ითქვას, რომ დღევანდელი შაორის წყალსაცავის ტერიტორიაზე ორი კარსტული ტბა

(ხარისთვალი, ძროხისთვალი) არსებობდა, რომლებიც ამჟამად წყლის ქვეშაა მოქცეული.

კარსტული ლანდშაფტი ასევე კლასიკურადაა წარმოდგენილი საწალიკეს ტერიტორიაზე, რომლის თხემური ნაწილი დაფარულია ზედაპირული კარსტული ფორმებით, ე.წ. “წკვარამებით”, რომლებიც კარსტულ ძაბრებსა და პონორებს წარმოადგენენ. ამ ადგილებში ჩაჟონილი წყალი მიწისქვეშ დინების შემდეგ ძირითადად გამოედინებიან საწალიკეს სამხრეთ დაქანებულ ფერდობზე, ხოლო ნაწილი გამოდის შაორის ქვაბულში მრავალრიცხოვანი ვოკლუზებისა და წყაროების სახით, რომლებიც საუკეთესო სასმელი წყლის მარაგს წარმოადგენენ.

➤ **ხიხათა-შქმერის რაიონი.** აღნიშნული ტერიტორია წარმოდგენილია რაჭის კირქვული მასივის აღმოსავლეთ ნაწილში და ჰიფსომეტრიულად ყველაზე მაღლაა აზიდული. მ. ხიხათა ზ.დ დონიდან 2239 მ-ია, ხოლო ფოცხვრევის ქედის უმაღლესი წერტილი 2402 მ-ს აღწევს.

ხიხათა-შქმერის რაიონი სინკლინური სტრუქტურაა, რომელიც შემოფარგლულია საკმაოდ მაღალი-ხიხათის, რაჭის და ფოცხვრევის ქედებით. ეს უკანასკნელი მდ. ხეორის კარსტული დინების მიერ შუაზეა გაკვეთილი და ვიწრო, ღრმა კანიონისებურ ხეობას იწვევს (ადგილობრივი მოსახლეობა ამ ადგილს ქვაგახეთქილას სახელით მოიხსენიებს), რომელიც შემდეგ სოფ. ზუდალთან უერთდება მდ. რიონს.

აღნიშნული რაიონის ფართობი შეადგენს 124 კმ²-ს, სადაც წარმოდგენილია მრავალრიცხოვანი კარსტული ძაბრები და ჭები, რომლებსაც ადგილობრივი მოსახლეობა მოიხსენიებს როგორც სასულეებს. მათში ჩამდინარე ზედაპირული წყლები ურთულეს მიწისქვეშა სისტემას ქმნიან. ამის დასტურია უშოლთას და ხეორის წყლიანი მღვიმეები. ეს უკანასკნელი კი მიკვლეული და შესწავლილი იქნა ჩვენი ჯგუფის მიერ სოფ. უშოლთას სიახლოვეს. აღნიშნულ მონაკვეთზე კარსტული პროცესები, სხვა რაიონებთან შედარებით, ნაკლებად არის განვითარებული.



ნახ. 1. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური დარაიონების რუკა

თავი 2. საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტის წარმოქმნის მთავარი მიზეზ-შედეგობრივი ფაქტორები და მათი ანალიზი

2.1. კარბონატული ქანების გავრცელება და მათი როლი კარსტის განვითარებაში

კარსტული პროცესების განვითარების მხრივ რაჭის კირქვული მასივი კლასიკური კარსტული რეგიონია მთელს კავკასიაში, სადაც წარმოდგენილია როგორც ზედაპირული ისე მიწიქვეშა, კლასიკური კარსტული ლანდშაფტი, რომელიც ძირითადად განვითარებულია კირქვული მასივის თხემურ მოვაკებებზე და ჩრდილო ფერდობზე. სამხრეთ-დაქანებულ ფერდობზე კარსტული პროცესები შედარებით ნაკლებადაა განვითარებული.

ლითოლოგიური ფაქტორის გავლენა საკვლევ ტერიტორიის კარსტწარმოქმნაში მკვეთრადაა ასახული. გეოლოგიური თვალსაზრისით კირქვული მასივის აგებულებაში, მონაწილეობას იღებენ ძირითადად მნიშვნელოვანი სიმძლავრის ცარცული და ნაწილობრივ პალეოგენური ნალექები (Джанелидзе, 1940; მარუაშვილი, 1973). თუმცა კარსტვადი ნალექები ძირითადად წარმოდგენილია ზედა და ქვედა ცარცული კირქვებით (Цагарели, 1954; ყიფიანი, 1974), რომლებიც სხვა ხელშემწყობ ფაქტორებთან (უხვი ატმოსფერული ნალექები, მიწისქვეშა წყლები, კარბონატულ ქანებში სხვადასხვა სიღრმის და მიმართულების ნაპრალები, ნიადაგ-მცენარეული საფარი და სხვა) ერთად ქმნიან ხელსაყრელ პირობებს საკვლევ ტერიტორიის ინტენსიური დაკარსტვისათვის (ნახ. 2).

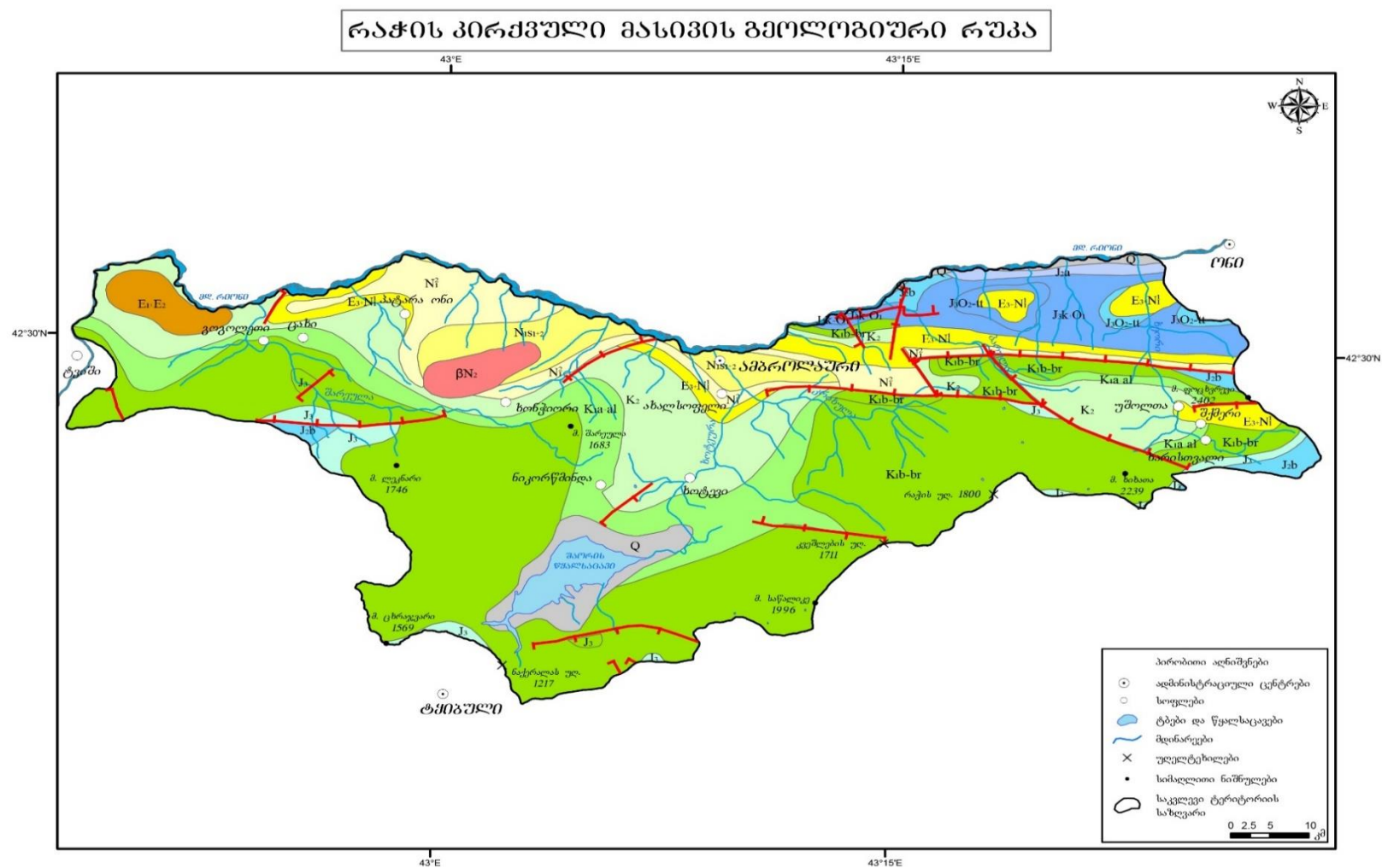
აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ კარსტგაჩენისათვის ზემოთ აღნიშნულ პირობებთან ერთად საჭიროა დასაკარსტი ტერიტორია ირგვლივ მკაცრად იყოს გამოყოფილი, რომ ამით ადვილად ხდებოდეს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ვერტიკალური ცირკულაცია, ამასთან ერთად ზედაპირი უნდა იყოს სწორი, ან ნაზად დახრილი. ამ თვალსაზრისითაც საკვლევ ტერიტორიაზე ჩვენ გვაქვს ძლიერ ხელსაყრელი პირობები, რის გამოც დაკარსტვა ინტენსიურ ხასიათს იღებს.

რაჭის კირქვული მასივის აგებულებაში დიდ როლს ასრულებენ ცარცული კარბონატული ქანები, რომლებიც საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში დიდი გავრცელებით სარგებლობენ (მარუაშვილი, 1963). აქ წარმოდგენილია ქვედა და ზედა ცარცული სექციის თითქმის ყველა სართული. განსაკუთრებით ფართოდ არის გავრცელებული ქვედაცარცული ასაკის, სქელშრეებრივი და მასიური კირქვების წყებები, რომელთა სიმძლავრე საშუალოდ 700-800 მეტრამდე მერყეობს, ხოლო გარკვეულ მონაკვეთებზე მათი სიმძლავრე 2000 მ-ს აჭარბებს.

გეოლოგიური ჭაბურღილების მონაცემებით, ქ. ამბროლაურთან (მდ. რიონის ხეობა), ცარცული კირქვების სიღრმული გავრცელება დაახლოებით 1250 მეტრს შეადგენს. არ არის გამორიცხული სიმძლავრე უფრო მეტიც იყოს. დღეისათვის არაა გაკეთებული უფრო ღრმა ჭაბურღილები, რომლებიც კირქვების სიღრმული გავრცელების ზუსტ ინფორმაციას მოგვცემდა. თუ ვივარაუდებთ საკვლევ ტერიტორიაზე კირქვული ქანების ჩრდილო-დასავლეთურ წოლას, სავარაუდოა, რომ აღნიშნულ მონაკვეთზე კირქვები უფრო ღრმადაც ვრცელდებოდნენ.

კვლევებით დადასტურებულია რომ ცარცული ასაკის კირქვებს უდიდესი მიდრეკილება აქვს დაკარსტვისადმი, სწორედ ამიტომ, აღნიშნულ კირქვებთანაა დაკავშირებული ინტენსიურად და ღრმად დაკარსტული უბნები საკვლევ რეგიონში.

ამ ფაქტის დასადასტურებლად საკმარისია აღინიშნოს ის, რომ ცარცული კირქვებით წარმოდგენილ მონაკვეთებზე ფართო გავრცელებით სარგებლობენ როგორც ზედაპირული ისე მიწისქვეშა კარსტული ფორმები, მათ შორის: სასულეები, ძაბრები, დოლინები, პოლიეები, მღვიმეები და სხვა.



ნახ. 2. საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიური რუკა
(ავტორი: გ. გუჯაბიძე. რედაქტორი: ე. გამყრელიძე, 2003. მასშტაბი 1:500 000)

პირობითი აღნიშვნები

Q	მეოთხეული სისტემა	J₃	ზედა იურული (დაუნაწევრებელი). მესტია-თიანეთის ზონა. კლასტურ-კირქველი ფლიში: კირქველი, უფრო იშვიათად კი, ქვიშაქვური ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და თიხაფიქლები, ზოგან მერგელების, კირქვების და თიხაფიქლების მორიგეობა.
NiSi+2	ქვედა და შუა სარმატული. ზღვიური მოლასა: თიხები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები, მერგელები და კირქვები	J₃O₂-tt	ოქსფორდული სართულის ზედა ქვესართული, კიმერიჯული და ტიტონური სართულები. მესტია-თიანეთის ზონა: კლასტურ-კირქველი ტურბიდიტების (ქვიშიანი, ბრეჭიისებრი) და პელაგური არგილიტების, ფიქლებრივი მერგელების და პელიტომორფული კირქვების ფლიშიოიდური მორიგეობა, ზოგან გრაველიტების შუაშრები და ლინზები.
Ni	შუა მიოცენური (თარხნული, ჩოკრაკული, კარაგანული და კონკური სართულები). ზღვიური მოლასა: თიხები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები (ზოგან ბაზალური), მერგელები, ოლითური და ქვიშიანი კირქვები	J₃k-O₁	კალოვიური სართული და ოქსფორდული სართულის ქვედა ქვესართული. მესტია-თიანეთის ზონა. კლასტურ-კირქველი ფლიში: კლასტურ-კირქველი ტურბიდიტები, პელაგური მერგელები და თიხაფიქლები, ზოგან მერგელების და თიხაფიქლების მორიგეობა. ზონის აღმოსავლეთ დაბოლოებაზე ქვიშაქვა ალვეროლიტური ფლიში: ქვიშაქვური და ალვეროლიტური ტურბიდიტები და პელაგური არგილიტები. გაგრა-ჯაგის ზონა. მარჩხი ზღვის ნალექები: გრაუვაკული ქვიშაქვები, გრაველიტები, კონგლომერატები, ალვეროლიტები, თიხაფიქლები, კარბონატული ქვიშაქვები, ქვიშიანი თიხები, მერგელები.
E₃Ni	ოლიგოცენური და ქვედა მიოცენური (მაიკოპის სერია). მესტია-თიანეთის ზონა. ზღვიური მოლასა: ქვიშაქვები, გრაველიტები, სუსტად კარბონატული თიხები მერგელების შუაშრებით, ზოგან თაბაშირიანი თიხები და ქვიშაქვები. საქართველოს ბელტი და გაგრა-ჯაგის ზონა: კარბონატული თიხები (ხაღუმის პორიზონტი), არაკარბონატული თაბაშირიანი თიხები იაროზიტის ნაფიფებით, თევზის ქერცლებით და სეპტარიებით, ზოგან კვარცქარსიანი ქვიშაქვების შუაშრები და დასტები. ძირულის მასივზე-მცირე სიძლავრის ქვიშაქვასპონგოლითური წყება მარგანეის მადნის შრეებით.	J₂b	ოქსფორდული სართულის ზედა ქვესართული, კიმერიჯული და ტიტონური სართულები. მესტია-თიანეთის ზონა: კლასტურ-კირქველი ტურბიდიტების (ქვიშიანი, ბრეჭიისებრი) და პელაგური არგილიტების, ფიქლებრივი მერგელების და პელიტომორფული კირქვების ფლიშიოიდური მორიგეობა, ზოგან გრაველიტების შუაშრები და ლინზები.
E₁-E₂	პალეოცენური და ეოცენური. საქართველოს ბელტი და გაგრა-ჯაგის ზონა: მარჩხი ზღვის კირქვები (პელიტომორფული, კრისტალური, ბრეჭიული, ლითოთამნიუმებიანი), მერგელოვანი კირქვები და მერგელები (ლიროლებიანი და ფორამინიფერებიანი), ზოგან რქატყუარა-ბიტიტიანი და ანდეზიტური ტუფების შუაშრები და დასტები	J₂a	ალენური სართული. ყაზბეგ-ლაგოდენის ზონა: შავი თიხაფიქლები თიხიანი სიდერიტის კონკრეციებით და ქვიშაქვური ტურბიდიტების შუაშრეებით. ჭრილის ქვედა ნაწილში ზოგან ბაზალტები და მათი პიროკლასტოლითები. მესტია-თიანეთის ზონა (ქსან-არყალის პარავტოქონი): თიხაფიქლები, ქვიშაქვები და კონგლომერატები.
K₂	ზედა ცარცული (დაუნაწევრებელი). მესტია-თიანეთის ზონა: ქვიშაქვა ალვეროლიტური (ქვედა ნაწილში) და კლასტურ-კირქველი (ზედა ნაწილში) ფლიში: ალვეროლიტური, ქვიშაქვური, გრაველიტური და კლასტურ-კირქველი ტურბიდიტები, ოლისტოსტრომები, პელაგური მერგელები, კაფიანი არგილიტები, ფტანიტები, ზოგან პელიტომორფული კირქვების და მერგელების მორიგეობა.	βN₂	ინტრუზული სხეულები
K_{1a}-al	აბტური და ალბური სართულები. მესტია-თიანეთის ზონა. ქვიშაქვა ალვეროლიტური ფლიში: ქვიშაქვური, გრაველიტური და ალვეროლიტური ტურბიდიტები, პელაგური თიხები, არგილიტები და მერგელები.		ტექტონიკური რღვევა
K_{1b}-br	ბერიასული, გალანჟინური, პოტრეიული და ბარემული სართულები. საქართველოს ბელტი და გაგრა-ჯაგის ზონა: ურგონული ფაციესის მარჩხი ზღვის კირქვები, ამონიტური კირქვები, დოლომიტიზებული კირქვები, დოლომიტები, მერგელები, ზოგან ბაზალური კონგლომერატები, კვარციაანი ქვიშაქვები და ანაიდრიტის შუაშრები		

ცარცული ასაკის ნალექები როგორც გავრცელების ასევე სისქის მიხედვით წარმოადგენენ ყველაზე გაბატონებულ ფორმაციას შაორი-საწალიკეს რაიონში, რომელთა სიმძლავრე ზოგიერთ ადგილზე 400-500 მ-ს აღწევს. უშუალოდ ქვაბულის ტერიტორიაზე ზარცული კირქვების სიმაღლე ზღვის დონიდან დაახლოებით 700 მეტრამდე ვრცელდება. ბარემული ასაკის ურგონული კირქვების თავზე სტრატиграფიულად მდებარეობს და ქვაბულის ძირი უჭირავს აპტურ თეთრ და ღია ფერის მერგელებს და მერგელოან კირქვებს (აბაშიძე, 1973; ყიფიანი, 1939). ამ ქანებს შაორის ქვაბულში გაცილებით ნაკლები გავრცელება აქვთ, როგორც ფართობის ასევე სისქის მიხედვით, ვიდრე ურგონულ კირქვებს. გამომდინარე იქიდან, რომ აპტური მერგელები დაკარსტულობით ნაკლებად გამოირჩევიან, ამიტომ ისინი წყლის ნაკლებად გამტარები არიან. შაორის ქვაბულის ძირზე აპტური მერგელები უშუალოდ არ გამოდიან ზედაპირზე, რადგანაც გადაფარულია ალუვიური და დელუვიური ნაფენებით, რომელთა სისქე მერყეობს ორ ათეულ მეტრამდე (ყიფიანი, 1939). აპტური მერგელები ძირითადად გამოდიან ქვაბულის შემომსაზღვრელი ფერდობების ძირთან. შაორის ქვაბულის ჩრდილო პერიფერიის აგებულებაში, გარდა დანალექი ქანებისა, მონაწილეობას ღებულობენ აგრეთვე ვულკანური ქანებიც. ეს ვულკანური წყებები წარმოდგენილია ჩრდილოეთით დოლომიტის ქედზე. ალ. ჯანელიძის აღნიშვნით ეს ვულკანური წყებები წარმოქმნილია პლიოცენის (5,3-2,5 მლნ/წ) პერიოდში.

შაორის ქვაბულის შემომსაზღვრელი ფერდობების ძირზე ნაწილობრივ გავრცელებას პოულობს იურული ასაკის ქანები. ჯერ ვრცელდება ბაიოსური (171,6-167,7 მლნ/წ) წყება, რომელიც წარმოდგენილია მძლავრი პორფირიტული საფარით, ტუფო-ბრექჩიებით და ტუფოგენური ქვიშა-ქვებით, რომელთაც მნიშვნელოვანი სიმძლავრეები გააჩნიათ. ქვაბულის შემომსაზღვრელი ქედების (საწალიკე, გიორგი, ნაქერალა) ციცაბო ფერდობების აგებულებაში აგრეთვე მონაწილეობენ ცარცული ასაკის კვარცხანა და არკოზული ქვიშა-ქვები. აღნიშნული ქანები მნიშვნელოვანი სიმძლავრეებით სარგებლობენ (რამდენიმე ათეული მეტრი) და წყლის კარგი გამტარუნარიანობით გამოირჩევიან.

ქვედა ცარცული ასაკის სქელშრეებრივი კირქვები (ბერიასული, ვალანჟინური, ჰოტრივული და ბარემული) ფართო გავრცელებით სარგებლობენ საწალიკეს ტერიტორიაზე, რომლებიც წარმოდგენილნი არიან მნიშვნელოვანი სიმძლავრის სქელშრეებრივი და მასიური კირქვების სახით (ყიფიანი შ., ჯიშკარიანი ჯ., 1973). აღნიშნული კირქვები ადვილად დამყოლნი არიან ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვის მიმართ, რის გამოც მათში ჩნდება სხვადასხვა ზომის და მიმართულების ნაპრალები, რომლებიც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ხელშემწყობი ფაქტორია ინტენსიური კარსტგაჩენისათვის. ამას ემატება ისიც, რომ აღნიშნულ ტერიტორიაზე განვითარებულია სხვადასხვა მიმართულების რღვევის ხაზები. ლითოლოგიური და ტექტონიკური პირობების გავლენა კირქვული მასივის რელიეფზე მკვეთრად არის ასახული.

ზედა და ქვედა ცარცული ასაკის კირქვები ასევე ინტენსიურადაა წარმოდგენილი ცხრაჯვარი-ლეკნარის რაიონში. მთ. ცხრაჯვარის მიმდებარედ ცარცული კირქვების სიმძლავრე 700-750 მეტრია, რაც ქმნის ხელსაყრელ პირობებს აღნიშნულ ტერიტორიაზე კარსტული პროცესების ინტენსიური განვითარებისათვის. ცხრაჯვარი-ლეკნარის მიდამოებში ცარცულ კარბონატულ წყებას საფუძვლად უდევს იურული ქანები, რომელიც კარსტული პროცესებისათვის ეროზიულ ბაზისს წარმოადგენს. ეს წყებები

წყალგაუმტარობის გამო იწვევენ ზემოთ მდებარე ცარცულ-კარბონატულ ქანებში ჩამოყალიბებული ვერტიკალურ-ცირკულაციური ზონის წყლების მოძრაობის მიმართულების შეცვლას (ვერტიკალურიდან ჰორიზონტალურისაკენ), რომლის გამოც აღნიშნულ ტერიტორიაზე იქმნება ხელსაყრელი პირობები კარსტული მღვიმეების განვითარებისათვის. იურული ქანების ზემოთ წარმოდგენილი ცარცული კირქვები შედგება ვალანჟინურ-ჰოტრივული საშუალო და სქელშრეებრივი კირქვების, თიხისა და ქვიშა-ქვებისაგან. მათ ზემოთ კი გავრცელებულია ბარემული ასაკის (ურგონული ფაციესი) სქელშრეებრივი კირქვები, რომლითაც აგებულია საკვლევი ტერიტორიის დიდი ნაწილი. ურგონული კირქვების გავრცელების არეალები კარსტული პროცესების ინტენსიური განვითარებით ხასიათდებიან. აღნიშნულ ტერიტორიაზე წარმოდგენილი კირქვული ქანები, ძირითადად ჩრდილოეთური დაქანებით ხასიათდებიან და მათში ჩაჟონილი ატმოსფერული ნალექები ჯერ ვერტიკალურად მოძრაობენ, შემდეგ კი ნაპრალების გასწვრივ მიემართებიან შაორის ქვაბულისაკენ, ხოლო მიწისქვეშა წყლების ნაწილი საკვლევი ტერიტორიის სამხრეთ ფერდობზე გამოედინებიან, რაც დაკავშირებულია კირქვებში წყალგაუმტარი შრეების არსებობასთან. მიწისქვეშა წყლები შრეების სუსტი დაქანების გამო ნელა მოძრაობენ, რაც ხელს უწყობს ადგილის ინტენსიურ დაკარსტვას.

რაჭის კირქვული მასივის აღმოსავლეთ ნაწილში, კერძოდ ხიხათა-შემერის რაიონში, წარმოდგენილია როგორც ქვედა და ზედა ცარცული კირქვები, ასევე იურული (კალოვიური და ოქსფორდული, 164,7-155,7 მლნ/წ) ასაკის ქანები, რომლებიც მნიშვნელოვან სიმძლავრეებს აღწევენ. აღნიშნულ ტერიტორიაზე ქვედა ცარცული კირქვები წარმოდგენილია საკმაოდ დიდი სიმძლავრის სქელშრეებრივი და მასიური (ბერიასული, ვალანჟინური, ჰოტრივული და ბარემული, 145,5-125 მლნ/წ) კირქვების სახით, ხოლო ზედა ცარცული კირქვები კი სენომანური და ტურონული (99,6-88,6 მლნ/წ) შრეებრივი კირქვებით.

ცარცულ კირქვებთან ერთად რომელთა შრეები ქმნიან კირქვული მასივის თხემის უმეტეს ნაწილს, გავრცელებულია ბაიოსის პორფირიტული წყება (იურული სისტემა), რომელიც დაქანებულია ჩრდილოეთისაკენ. აგრეთვე გარკვეულ ტერიტორიაზე ვიწრო ზოლის სახით წარმოდგენილია ოლიგოცენური და მიოცენური ზღვიური მოლასები: ქვიშაქვები, თიხები, კონგლომერატები.

როგორც უკვე აღინიშნა, საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში ფართო გავრცელება აქვს ზედა და ქვედა ცარცული ასაკის სქელშრეებრივ და მასიურ კირქვებს, რაც განაპირობებს აღნიშნულ წყებებში ჩასახული ზედაპირული და მიწისქვეშა ფორმების მორფოლოგიურ თავისებურებას. მაგალითისთვის, შრეებრივი კირქვებით აგებული რაიონებისაგან განსხვავებით, მასიურ კირქვებში (თუკი საამისოდ სხვა ხელშემწყობი პირობები არსებობს) გაჩენილი ჭები და შახტების გასწვრივი პროფილები ხასიათდებიან მნიშვნელოვანი ვერტიკალური ვარდნით. უნდა აღინიშნოს, რომ კარსტვადი ქანების მასიურობა თუ შრეებრიობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების მორფოლოგიაზე.

აგრეთვე კვლევებით დადასტურებულია რომ სხვა ხელსაყრელი პირობების არსებობის შემთხვევაში კარსტული ფორმების წარმოშობა ყველაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს იმ ქანებში, რომლებშიც უხსნადი ნარჩენების შემცველობა უმნიშვნელოა (ლეჟავა, 2015). სწორედ ამიტომ, ცარცული ასაკის კირქვები წარმოადგენენ იმ ფორმაციებს, სადაც ხელსაყრელი პირობებია შექმნილი ინტენსიური

კარსტგაჩენისათვის. აქიდან გამომდინარე, ამ ასაკის ქანებთანაა დაკავშირებული საკვლევ ტერიტორიაზე განვითარებული კარსტულ მღვიმეთა უმეტესი ნაწილი.

საკვლევ ტერიტორიის ამგებელი კარსტვადი ფორმაციები, რომლებიც წარმოდგენილი არიან ზედა და ქვედა ცარცული, იურული, პალეოგენური და ნეოგენური კირქვებით, იდეალურ პირობებს ქმნიან ტერიტორიის დაკარსტვისათვის. როგორც უკვე აღინიშნა მათი სიმძლავრე ზოგიერთ მონაკვეთზე 2000 მეტრს აჭარბებს, რაც გვაძლევს იმის ვარაუდის გამოთქმის საშუალებას, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე მნიშვნელოვანი სიცარიელები უნდა არსებობდეს. ამის დასტურია, თუნდაც კირქვული მასივის თხემურ მოვაკებებზე განვითარებული მნიშვნელოვანი სიდიდის ზედაპირული კარსტული ფორმები, რთული მორფოლოგიის მქონე წყლიანი მღვიმეები, მნიშვნელოვანი დებიტის შემცველი კარსტული წყლები, მათი განტვირთვის კერები და მრავალი სხვა.

2.2. დაკარსტვის ტექტონიკური პირობები

ა). ტექტონიკური ნაპრალების როლი კარსტის წარმოქმნაში

საკვლევი ტერიტორია ტექტონიკურად კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის ნაოჭა სისტემასა და საქართველოს ბელტს შორის გარდამავალ ზონაშია მოქცეული და ტექტონიკურად რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის სამხრეთ ფრთას მიეკუთვნება (Гамкრелидзе, 1964., 1975; ყიფიანი, 1974). ყველაზე მსხვილი სტრუქტურა-რაჭის სინკლინი გაიდევნება თითქმის განედურად 100 კმ-ზე. კარბონატული ნალექებით აგებული სინკლინის ფრთები უმეტესად გართულებულია ტექტონიკური რღვევებით, რაც კარსტვად ქანებში ნაპრალოვანი ზონების წარმოქმნას განაპირობებს და გავლენას ახდენს კარსტული ფორმების სივრცობრივ-სიღრმულ გავრცელებაზე, კარსტული ნაკადების მოძრაობის რეჟიმზე და ა.შ.

ინტენსიური კარსტგაჩენისათვის გეოლოგიურ ფაქტორთან ერთად გადამწყვეტი როლი რელიეფის ტექტონიკურ მახასიათებლებს ეკუთვნის, ანუ კარსტული პროცესების განვითარებისათვის ერთ-ერთ აუცილებელი ფაქტორი ტექტონიკური პირობების არსებობაა. საკვლევ ტერიტორიაზე კი მათი გავლენა კირქვული ქანებით აგებულ რელიეფზე მკვეთრადაა ასახული (Раквиашвили, 1981). კერძოდ კარსტული პროცესების კავშირი ამგებელი ქანების ნაპრალიანობასთან მკაფიოდაა გამოხატული ყველგან, სადაც ზედაპირული კარსტული ფორმები (ძაბრები, სასულეები, პოლიეები და სხვა) ხაზობრივად არიან განლაგებული ნაპრალების გასწვრივ. ასეთ ადგილებში უმეტესად წარმოდგენილია ტექტონიკური ნაპრალები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების წარმოქმნასა და მორფოლოგიაზე. კარსტული პროცესების მსვლელობაში ნაპრალიანობასთან ერთად მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს ქანების სტრუქტურულ-მინერალური შედგენილობა (Тинтилозов, 1976). იმის გამო, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული ლანდშაფტის ამგებელი კირქვები, მკვრივი და ნაკლებ პლასტიურია, ამიტომ ისინი ძლიერ დანაპრალებულია. ამ პროცესებს ხელი შეუწყო როგორც ქანების მინერალოგიურმა შედგენილობამ და მცენარეული საფარის განვითარებამ, ასევე ხელსაყრელმა კლიმატურმა პირობებმა. საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში კარსტული პროცესების წარმართვაზე აგრეთვე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტექტონიკური (აზევებითი) პროცესები.

რაჭის კირქვულ მასივზე მკვეთრად აღინიშნება ტექტონიკური რღვევების გავლენა კარსტის განვითარებაზე (Раквиашвили, 1980; 1985). აქ გავრცელებულია როგორც ახალგაზრდა ასევე უძველესი ასაკის ტექტონიკური რღვევები და მათთან დაკავშირებული წყვეტები და ნაპრალები. ხშირი ნაპრალიანობით გამოირჩევა რღვევის ხაზების გავრცელების არეალები. სწორედ ამის გამო აქ წარმოდგენილი კირქვები დანაპრალებული, დახეთქილი და დამსხვრეულია, ასეთ უბნებში კი კარსტული პროცესების განვითარების ინტენსიობა მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი (ნახ. 3).



ნახ. 3. საკვლევი ტერიტორიის სხვადასხვა უბანზე წარმოდგენილი დახეთქილი და დანაპრალებული ცარცული კირქვები

ნაპრალოვანი წყალგამტარობისათვის საუკეთესო ბაზას ქმნიან რღვევითი დისლოკაციები, რაც ესოდენ დამახასიათებელია რაჭის კირქვული მასივისათვის, რის გამოც ადგილი აქვს ზედაპირული წყლების სწრაფ ინფილტრაციას და ინფლუაციას სიღრმეში. სწორედ აღნიშნულის გამო მასივის თხემური მოვაკებები და ნაწილობრივ ჩრდილო ფერდობი თითქმის მთლიანად მოკლებულია ზედაპირულ ნაკადებს. ზოგიერთი მცირე სიდიდის ზედაპირული ნაკადი ძირითადად დაკავშირებულია წვიმიან და თოვლდნობის პერიოდებთან, რომლის შედეგად წარმოიშობა მცირე ნაკადები, რომლებიც მიედინებიან ზედაპირზე და მცირე მანძილის გავლის შემდეგ პონორებში ან ჩაქცევით ძაბრებში იკარგებიან.

კარსტვად ქანებში არსებული ნაპრალები წარმოადგენენ იმ ადგილებს, სადაც წყალი ყველაზე მეტად ახდენს თავის მექანიკურ და ქიმიურ მოქმედებას, ანუ ნაპრალოვნება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ხელშემწყობი პირობაა კარსტვად ქანებში ზედაპირული წყლების ცირკულაციისათვის. ამიტომ კარსტული პროცესები ყოველთვის ფართოდ ვრცელდება დანაპრალებულ ქანებში, ხოლო სუსტად დანაპრალებულ ქანებში შედარებით მცირედ ვითარდება (Абашидзе, 1980).

ტექტონიკურ ნაპრალებში, კარსტული სიცარიელების წარმოქმნისათვის განსაკუთრებით დიდი ეფექტის მოხდენა შეუძლია თოვლის ნადნობ წყალს, რომელიც გამორჩევა დიდი აგრესიულობით, ეს ფაქტი აღნიშნულია როგორც უცხოელი, ასევე ქართველი მეცნიერების (Klimchouk et al., 2001, 2009; Palmer, 2007; Тинтилозов, 1976; ლეჟავა, 2015) შრომებში.

საკვლევ ტერიტორიაზე განვითარებული ზოგიერთი ტექტონიკური აშლილობა, როგორც სპელეო-გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით ასევე თავიანთი მდებარეობით და მასშტაბებით არ წარმოადგენენ საინტერესო ობიექტებს და ამიტომ განვიხილავთ მხოლოდ იმ რღვევით დისლოკაციებს, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული პროცესების მსვლელობაზე.

ღვარდიის რღვევა განვითარებულია მდ. შარაულას ხეობაში, სოფ. ღვარდიის მიდამოებში (ცხრაჯვარი-ლევანარის რაიონი). რღვევა მიმართულია ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ. სამხრეთით რღვევა ქრება სანტონურ-კამპანურ (85.8-70.6 მლნ/წ, ზედა ცარცი) კირქვებში, ხოლო ჩრდილოეთით იფარება მდ. რიონის ალუვიური ნალექების ქვეშ. რღვევის ხაზის გაყოლებით სოფ. გოგოლეთის ქვემოთ, მდ. შარაულას კალაპოტში გამოედინება მცირე კარსტული წყარო, რომლის კვება ხდება აღნიშნულ რღვევასთან დაკავშირებით განვითარებულ ზედა ღვარდიის ქვაბულიდან გაჟონილი კარსტული წყლებით.

მახარეულის ნასხლეტი აღინიშნება შაორის ქვაბულის მიდამოებში და ვრცელდება სამხრეთ-აღმოსავლეთით სოფ. ხრეთამდე. ნასხლეტის სიბრტყე სამხრეთიდან შემოსაზღვრავს შაორის ქვაბულის აუზს. რღვევის სამხრეთით, საწალიკის ანტიკლინური აზეგების ფარგლებში შთანთქმული ატმოსფერული ნალექები ცირკულაციას განიცდის (გაედინება) სამხრეთული მიმართულებით და კვებავენ მდ. ყვირილას მარჯვენა შენაკადს-კერძოდ მდ. ძუსას. ჩრდილო დაწეულ ფრთაზე გამოდიან (შიშვლდებიან) ბარემული ასაკის კირქვები, რომლებიც დიდ ფართობს იკავებენ და ძლიერ არიან დაკარსტულნი. აქ კარსტული წყლების მოძრაობა მიმართულია ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდ. ღორწყოლის ხეობისაკენ, სადაც აპტური ქანების გავრცელების ზოლში, ქმნიან რა შუალედურ წყალშემაკავებელ ჰორიზონტს, ზედაპირზე გამოედინებიან ჰორიზონტალური მღვიმეების (საკიშორე, კიდობანა, დოლაბისთავი) მეშვეობით (რაქვიშვილი, 1980).

პატარა საწალიკეს ნასხლეტი კარგადაა გამოხატული ადგილ „პატარა საწალიკეს“ ჩრდილოეთით (შაორი-საწალიკეს რაიონი). რღვევის გასწვრივ გარკვეულ ადგილებში აპტური ნალექები შეხებაშია ბარემული ასაკის მასიურ კირქვებთან. ამ ადგილებში კირქვების სიმძლავრის (400 მ) გათვალისწინებით რღვევის ჩრდილო და სამხრეთ ფრთებს შორის შენარჩუნებულია კარსტული წყლების მიწისქვეშა კავშირები, რის გამოც საწალიკეზე მიწისქვეშა წყლებს აქვს ორმხრივი განტვირთვა-ჩრდილოეთით და შედარებით ნაკლები რაოდენობით სამხრეთითაც. გარდა ამისა, კარსტული წყლების ნაწილი სიფონური ცირკულაციის მეშვეობით შესაძლებელია გაედინებოდეს კიდევ უფრო შორს ჩრდილოეთით მდ. შარაულას ხეობამდე. აგრეთვე, არ გამოვრიცხავთ საწალიკის მიდამოებიდან მიწისქვეშა კარსტული წყლების კავშირს ზემო იმერეთის სტრუქტურულ პლატოსთანაც.

შხივანას რღვევა ფიქსირდება სოფ. ბეთლევის აღმოსავლეთით (შაორი-საწალიკეს რაიონი). ამ ადგილში წარმოდგენილია მასიური და სქელშრებრივი ბარემული ასაკის კირქვები. შხივანას რღვევის ხაზიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით განსაკუთრებული დაკარსტულობით გამოირჩევა ადგილი ველტყვევი.

ხიხათას რღვევა ვრცელდება ხიხათას ქედის გაყოლებით და აქვს სამხრეთ-აღმოსავლეთური მიმართულება (ხიხათა-შემერის რაიონი). ჩრდილო-დასავლეთით რღვევა გრძელდება სოფ. ფუტიეთამდე. სამხრეთ-აღმოსავლეთური მიმართულებით რღვევის ამპლიტუდა შედარებით მცირედება. მ. ხიხათას აღმოსავლეთით ძლიერ დაშლილი და დანაპრალეებული ქვედაცარცული კირქვები სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ შეცოცებულია ქვედაცარცულ, კერძოდ ალბურ (112-99,6 მლნ/წ) ნალექებზე. აღნიშნული ტერიტორია მძლავრად დაკარსტული და შესაბამისად აქ განვითარებული კარსტული ლანდშაფტი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. აქ ძაბრებთან, კარსტულ ქებთან და შახტებთან ერთად წარმოდგენილია

ჰორიზონტალური წყლიანი მღვიმეები. საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში კარსტის განვითარებაზე გავლენას ახდენენ სხვა ტექტონიკური აშლილობებიც, როგორცაა- ფუტიეთის და ფოცხვრევის რღვევათა სისტემები. ფუტიეთის რღვევას აქვს მერიდიანული მიმართულება. სამხრეთით იგი ქრება (იძირება) ბარემულ კირქვებში, ხოლო ჩრდილოეთით ოლიგოცენურ (33,9-23 მლნ/წ) ნალექებში. ფოცხვრევის რღვევა წარმოდგენილია ფოცხვრევის ქედის ჩრდილო ფერდობზე. რღვევას აქვს სამხრეთ-აღმოსავლეთური მიმართულება, რომელიც გრძელდება საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებს გარეთ, ხოლო დასავლეთით გრძელდება სოფ. ბარის მიდამოებამდე.

თავისებური ტექტონიკური აგებულებით ხასიათდება შაორის ქვაბული, რომელიც წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის ცენტრალურ ნაწილში და გარშემორტყმულია მაღალი ფერდობებით (შაორი-საწალიკეს რაიონი). აღსანიშნავია, რომ იურული და ცარცული ნალექები ხასიათდებიან უფრო დიდი სიმძლავრეებით, ვიდრე ქვაბულის ფარგლებს გარეთ. ამ გარემოებას შ. გეგუჩაძე (1973) ხსნის შემდეგი გარემოებით: მიუხედავად რეგიონის საერთო აზევეზისა შუა და ზადაიურულ პერიოდებში, აგრეთვე ცარცულ პერიოდში, შაორის ქვაბული განიცდიდა ინტენსიურ დაღმავალ მოძრაობას და ნალექდაგროვებას. გარდა ამისა, რაჭის ქედის გაყოლებით განვითარდა რამდენიმე მსხვილი რღვევა, რის გამოც მისმა სამხრეთულმა ფერდობმა განიცადა ძლიერი აწევა, ხოლო ჩრდილოეთით გაძლიერდა ნალექდაგროვება.

ნაპრალოთა გენეტიკური ტიპები და ინტენსივობა საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში განსხვავებულია და დამოკიდებულია ქანების სიმკვრივეზე, ტექტონიკური სტრუქტურების ხასიათზე, შრეებრიობაზე, ლითოლოგიურ შედგენილობაზე, გეომორფოლოგიურ თავისებურებაზე და ა. შ.

ტექტონიკური ნაპრალები დაკავშირებულია ტექტონიკური მოძრაობის ზონებთან, რღვევებთან, აზევეზებთან და სხვა. ამიტომ ნაპრალების ხასიათი და გავრცელება ძირითადად დაკავშირებულია ტექტონიკური სტრუქტურების ხასიათზე. ნაპრალოვნებაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ქანების შრეებრიობა და მექანიკური თვისებები. მკვრივ, ერთგვაროვან მასიურ კირქვებში წარმოიშობა ღრმა და მნიშვნელოვანი გავრცელების ნაპრალები, რომლებიც განაპირობებენ ჭების, შახტების, უფსკრულების წარმოშობას და კარსტული წყლების მნიშვნელოვან სიღრმეებზე გადაადგილებას. შრეებრივ კირქვებში წარმოიშობა მცირე სიღრმის შრეებშორისი ნაპრალები, რაც განაპირობებს მღვიმეებში საფეხურების ან სართულების წარმოშობასა და ფორმირებას. შედარებით პლასტიურ (დრეკად) კირქვებში ტექტონიკური ნაპრალები შეიძლება სრულიად არ წარმოიშვას, რაც ქანების თვისებებთან არის დაკავშირებული (ასეთ ქანებს ახასიათებს თვისებები-გაიწელოს ან შეიკუმშოს).

აღსანიშნავია, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე ტექტონიკური ნაპრალები ვიზუალურად კარგად არ ფიქსირდება, რასაც ხელს უშლის საკმაოდ მდგრადი ნიადაგის საფარი და ხშირი ხე-მცენარეულობა.

2.3. კლიმატური პირობები

ა). კლიმატის როლი კარსტის წარმოქმნაში

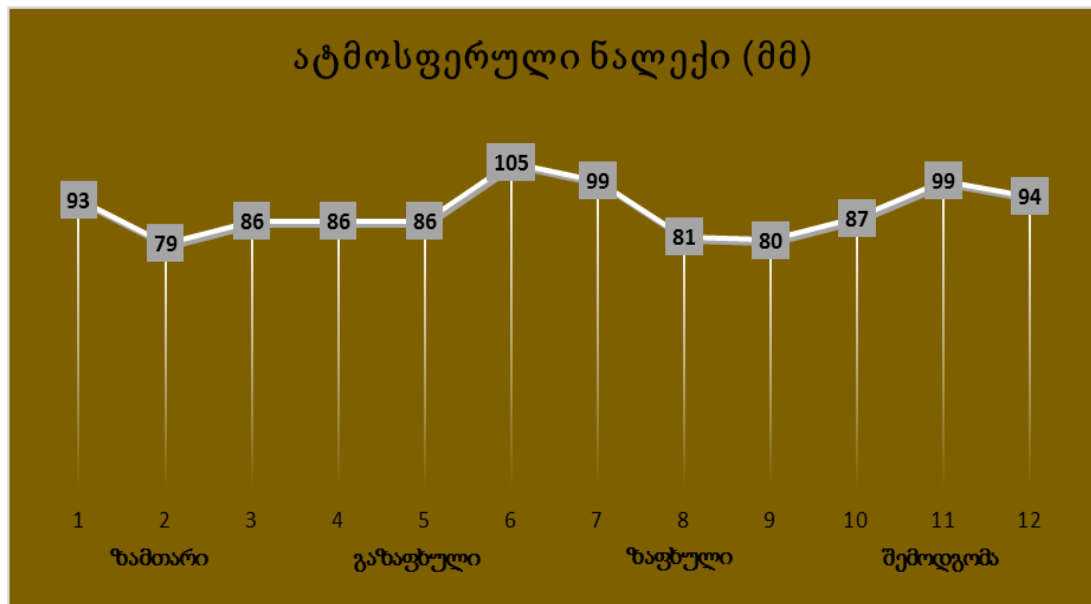
კლიმატური პირობები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია კარსტგაჩენისათვის. ამ მხრივ საყურადღებოა ატმოსფერული ნალექების წლიური განაწილება და ჰაერის ტემპერატურის დღედამური და წლიური მონაცვლეობა, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია ადგილის ტოპოგრაფიასა და ჰიფსომეტრიასთან.

რაჭის კირქვული მასივის კლიმატის ფორმირებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შავი ზღვის მხრიდან შემოსული ნოტიო ჰაერის მასები, რომელსაც მნიშვნელოვან დაბრკოლებას უქმნის მასივის დასავლეთური მონაკვეთი, რომელიც ციცაბო ფერდობებით ეღობება დასავლეთიდან შემოსულ ნოტიო სუბტროპიკულ ჰაერის მასებს. სწორედ აღნიშნულ ადგილებში ვითარდება ჰაერის მასების აღმავალი ნაკადები და ციცაბო ფერდობების გადმოლახვის შემდეგ გამოიყოფა უხვი ატმოსფერული ნალექი, სადაც საშუალო წლიური რაოდენობა 2500-2700 მმ-ს შეადგენს (Кавришвили & Маткава., 1978), რაც გაცილებით სჭარბობს ქ. ამბროლაურში საშუალოდ მოსულ წლიური ნალექის (1075 მმ) რაოდენობას.

სადისერტაციო ნაშრომის თემატიკიდან გამომდინარე, რადგან ჩვენი მიზანი არ ყოფილა უშუალო კავშირების დადგენა კლიმატურ ელემენტებსა (ატმოსფერული ნალექები, ტემპერატურა და სხვა) და მღვიმეებში მიმდინარე კარსტულ პროცესებს შორის, ამოტომ ჩვენ ზოგად კონტექსტში განვიხილავთ ქ. ამბროლაურის მეტეოროლოგიური სადგურის კლიმატურ მონაცემებს და ამავე დროს წარმოვადგენთ უშუალოდ ჩვენი დაკვირვების მასალებს.

კლიმატური მონაცემების დამუშავების შედეგად ირკვევა, რომ ქ. ამბროლაურში წლის განმავლობაში საშუალოდ 1075 მმ ნალექი მოდის. აქედან პროცენტულად წლის ცივ პერიოდში (XI-III) მოდის 458 მმ, ხოლო თბილ პერიოდში (IV-X) კი 617 მმ. თუმცა სავარაუდოა, რომ საკვლევი ტერიტორიაზე, ჰიფსომეტრიულად შედარებით მაღალ ადგილებზე ეს ციფრი გაცილებით მეტი უნდა იყოს, რაც დაადასტურა კიდევ შალვა ყიფიანმა შაორის ქვაბულის დახასიათების დროს, სადაც აღნიშნულია, რომ ნაქერალა-ცხრაჯვარის ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექის რაოდენობა წლის განმავლობაში საშუალოდ 2500 მმ-ს აღემატება (ყიფიანი, 1939).

მეტეოროლოგიური სადგურის მიხედვით, ირკვევა რომ წლის განმავლობაში ნალექები ყველაზე მეტი რაოდენობით გაზაფხულზე და შემოდგომაზე მოდის, კერძოდ საშუალოდ ნალექების მაქსიმუმი დაფიქსირებულია მაისში, ხოლო მინიმუმი იანვარში (ნახ. 4).

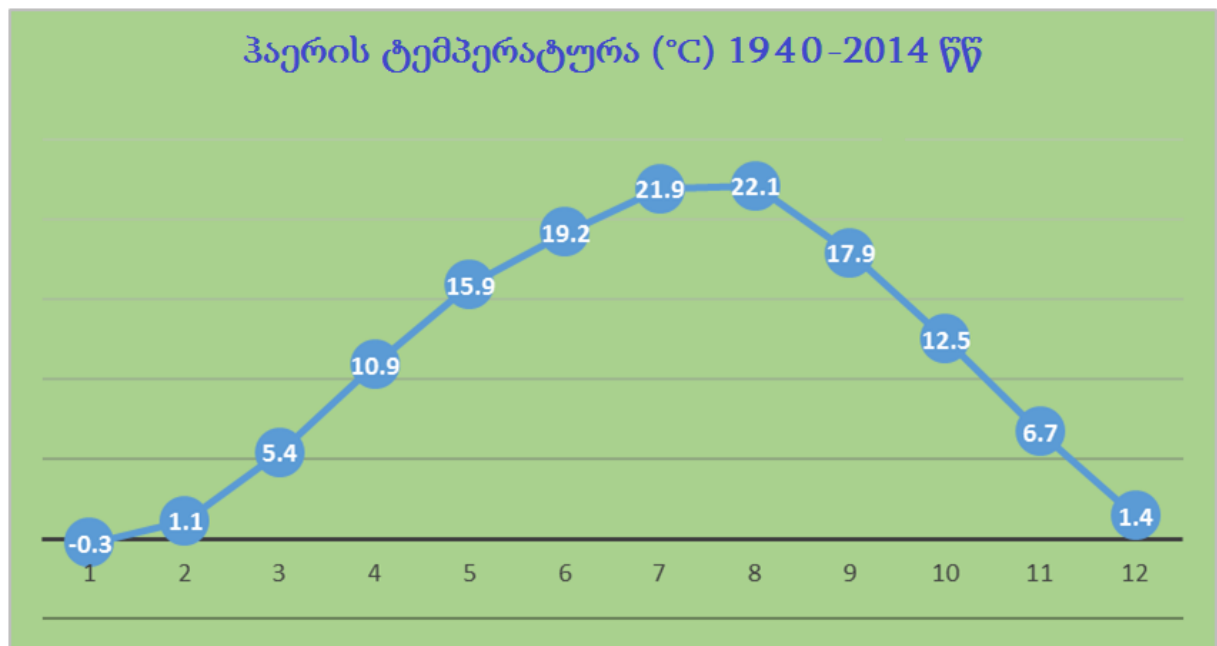


ნახ. 4. ატმოსფერული ნალექების განაწილება სეზონების მიხედვით

კარსტული რელიეფის ფორმირებაში თავსხმა, გაბმული წვიმები დიდ როლს თამაშობს. წვიამ პერიოდებში, მღვიმეების ნაწილი, რომლებიც ზედაპირთან კარსტული ძაბრებით არიან დაკავშირებულნი, წყლით ივსება. საკვლევ რეგიონში, მშრალი მღვიმეების პერიოდული გაწყლიანება (რაზედაც ხშირ შემთხვევაში მათ ფსკერზე შემორჩენილი ლამის სქელი ნაფენები მიუთითებს) სწორედ ხანგძლივ წვიმებთანაა დაკავშირებული. თასხმა წვიმების დროს წარმოშობილი ნიაღვრები აჩქარებს კარსტული მოვლენების მსვლელობას. აგრეთვე წვიმებთან და მათ მიერ წარმოშობილ ნიაღვრებთანაა ძირითადად დაკავშირებული ვოკლუზური წყაროების პერიოდული ამღვრევა-დაბინძურება.

თუ ავიღებთ აღნიშნული მეტეოსადგურის 1940-2014 წლების საშუალო ტემპერატურულ მონაცემებს, შევნიშნავთ, რომ ყველაზე ცივი თვის, იანვრის მრავალწლიური საშუალო ტემპერატურა $-0,3^{\circ}\text{C}$ -ს შეადგენს, ყველაზე თბილი თვის აგვისტოს საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურა $22,1^{\circ}\text{C}$ -ს, საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურა კი $11,2^{\circ}\text{C}$ -ს (ნახ. 5).

აგრეთვე აღსანიშნავია ისიც, რომ ზამთარში ტემპერატურა მნიშვნელოვნად დაბალია შაორის ქვაბულში, ვიდრე სხვა ადგილებში. ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი -36°C ხარისთვალაშია დაფიქსირებული, ხერგას ტერიტორიაზე კი -40°C . ასეთი დაბალი ტემპერატურა საქართველოს არცერთ სხვა სადგურზე არაა აღნიშნული (კორმახია, 1961).

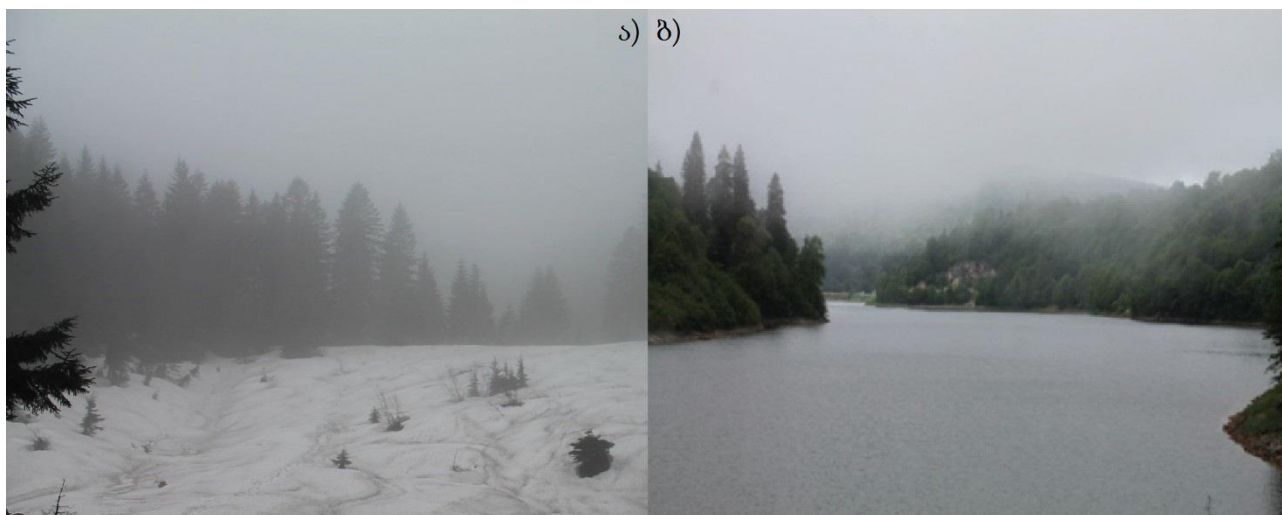


ნახ. 5. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო მრავალწლიური თვეების მიხედვით

ამავე მეტეოსადგურის მონაცემებით 1940-2014 წლებში, ყველაზე მაღალი წლიური ტემპერატურა (13.4°C) დაფიქსირებულია 2010 წელს, ყველაზე დაბალი წლიური (9.7°C) კი 1956 წელს.

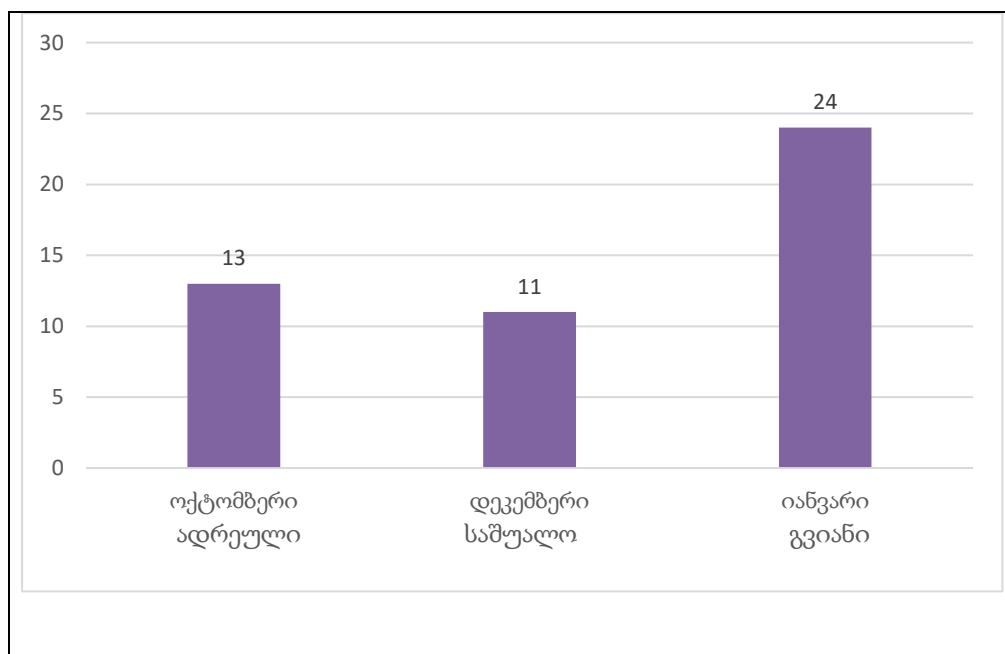
ჰიფსომეტრიულად სხვადასხვა სიმაღლეზე, სადაც ტემპერატურა დღე-ღამის განმავლობაში საგრძნობლად იცვლება, მისი ზემოქმედება კირქვებზე მნიშვნელოვნად იზრდება. კერძოდ, დღის განმავლობაში, როდესაც ტემპერატურა დადებითია, ხდება როგორც თოვლის ნადნობი ასევე წვიმის წყლის ჩაჟონვა კირქვებში, რომლებიც მიუყვებიან ნაპრალებს სიღრმეში და ტემპერატურის ცვალებადობა (დღისით დადებითი და ღამით უარყოფითი) აქტიურად უწყობს ხელს ფიზიკურ გამოფიტვას, რომელიც დროდადრო წარმოშობს ახალ სიცარიელებს, ხოლო არსებულს აფართოებს და ხსნის. ამასთანავე ავღნიშნავთ, რომ ზედა ცარცული კირქვების ლაბორატორიული შემოწმებით დადგენილია რომ მათი სიმტკიცე ფიზიკური გამოფიტვის ზეგავლენით შეიძლება შემცირდეს 15-ჯერ და მეტად. ასევე იზრდება კირქვის წყალშთანთქმის უნარი 3-4 -ჯერ (Арошидзе и другие., 1984).

აგრეთვე, ჩვენი კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ საკვლევ რეგიონში (კვლევები ძირითადად ტარდებოდა გაზაფხულზე, ზაფხულზე და შემოდგომაზე) შედარებით მაღალია შეფარდებითი სინოტივე და უმრავლეს შემთხვევაში მღვიმეებში ის მიახლოებულია 75-90 %-იან ნიშნულს. სინოტივის გამო საკვლევი ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია ნისლი, რომელიც განსაკუთრებული სიხშირით ზაფხულის თვეებში გამოიხატება ხოლმე, მაშინ როდესაც ყველაზე დიდ მაჩვენებელს აღწევს სინოტივე. ნისლი დამახასიათებელია როგორც შაორი-საწალიკეს რაიონისათვის, ასევე ინტენსიური შემოდინებით ხასიათდება ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში (ნახ. 6).



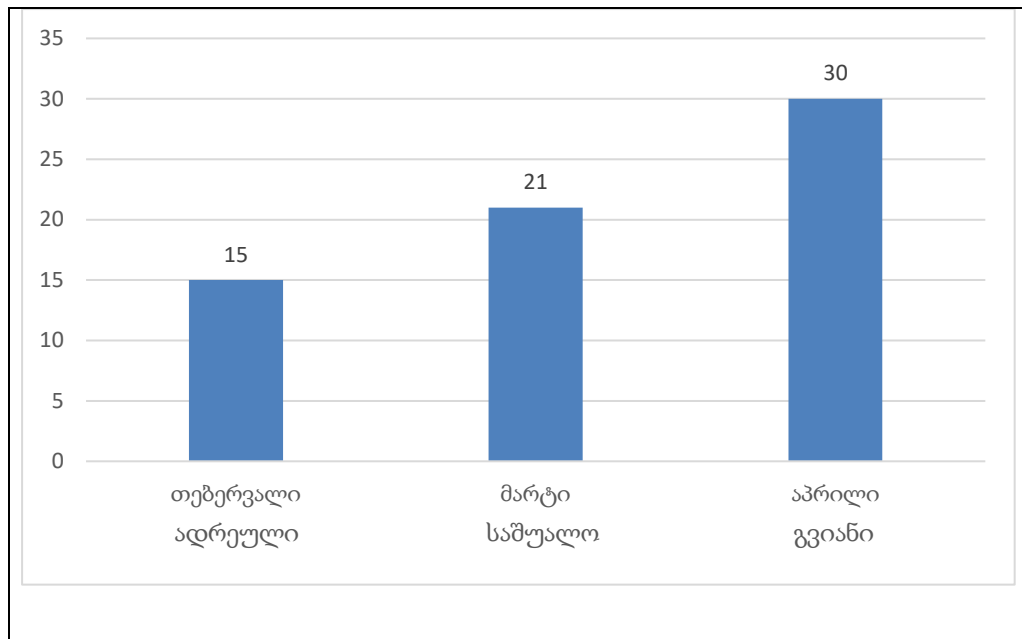
ნახ. 6. ა). ნისლის შემოსვლა ნაქერალას ტერიტორიაზე
ბ). ნისლის შემოსვლა შაორის ქვაბულში

საკვლევ რეგიონში, განსაკუთრებით ჰიფსომეტრიულად მაღალ ადგილებზე, დამახასიათებელია თოვლის ხშირი მოსვლა. ქ. ამბროლაურის მეტეოსადგურის მონაცემებით დასტურდება, რომ საშუალოდ ქვაბულში თოვლის საფარის წარმოქმნის ყველაზე ადრეული პერიოდი არის ოქტომბრის თვე, ყველაზე გვიანი იანვარი, ხოლო საშუალო დეკემბრის თვე (ნახ. 7).



ნახ. 7. თოვლის საფარის წარმოქმნის საშუალო პერიოდები თვეების მიხედვით

აგრეთვე ამ მონაცემების გათვალისწინებით, თოვლის საფარის აღების ყველაზე ადრეული თარიღი 15 თებერვალი დაფიქსირდა, საშუალო თარიღი 21 მარტი, ხოლო ყველაზე გვიანი 30 აპრილი (ნახ. 8).



ნახ. 8. თოვლის საფარის ალების საშუალო პერიოდები თვეების მიხედვით

აქვე ავლნიშნავთ მდგრადი თოვლის საფარის (თოვლის საფარს ეწოდება მდგრადი, თუ იგი ზედაპირზე დევს 30 და მეტი დღის განმავლობაში) ყველაზე ადრეული წარმოქმნის და ყველაზე გვიან ალების საშუალო თარიღებს. მდგრადი თოვლის საფარის წარმოქმნის ყველაზე ადრეული თარიღი 22 ნოემბერია, ხოლო ყველაზე გვიანი ალების თარიღი კი 22 მარტი. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ ეს არის ქ. ამბროლაურის მეტეოსადგურის მონაცემები და ჰიფსომეტრიულად გაცილებით მაღალ ადგილებში ეს რიცხვები იცვლება. ამას ადასტურებს ჩვენი ექსპედიციების დროს სხვადასხვა წლებში ჩატარებული დაკვირვებები, კერძოდ, საკვლევი ტერიტორიის ჰიფსომეტრიულად მაღალ ადგილებში ზაფხულის პირველ ნახევარშიდაც დავაფიქსირეთ თოვლის საფარის მძლავრი გავრცელება (ნახ. 9).

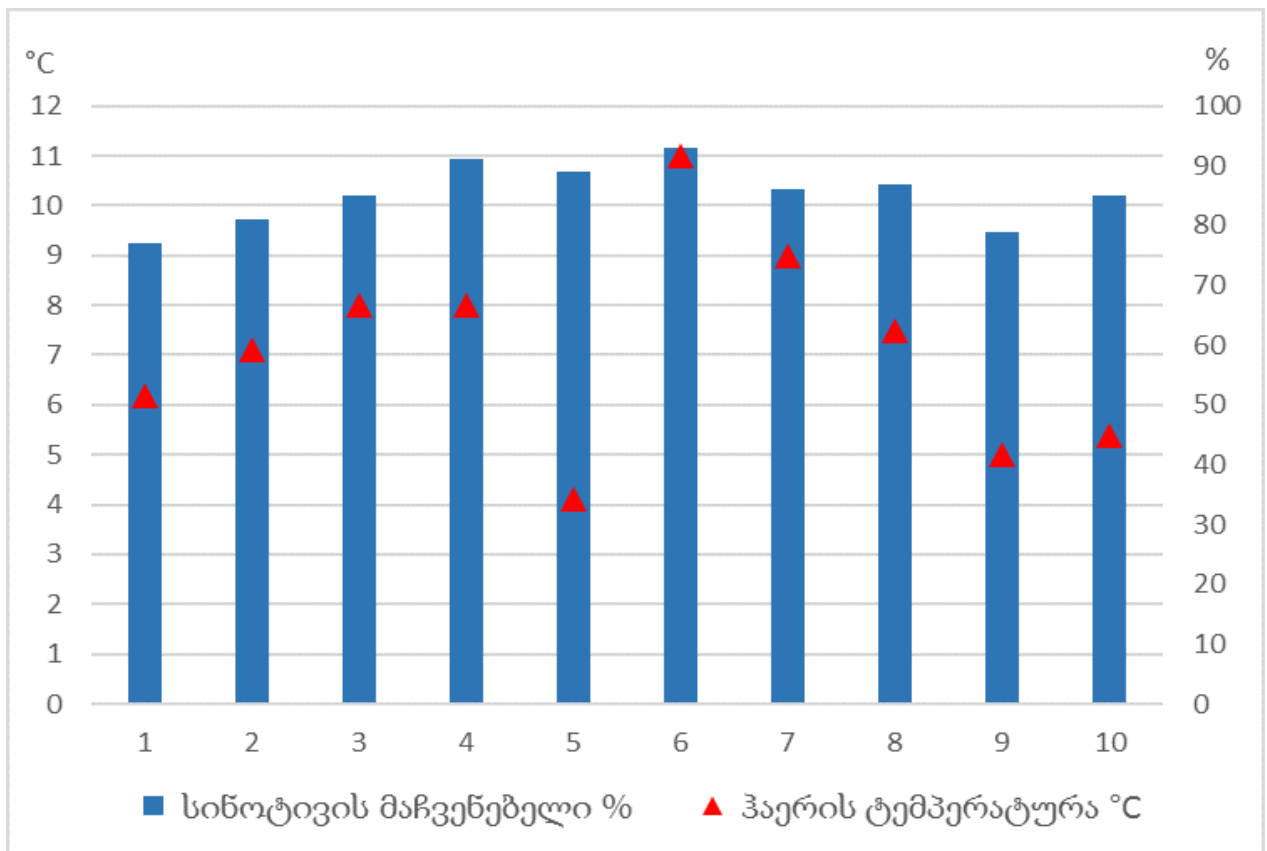


ნახ. 9. მდგრადი თოვლის საფარის გავრცელება ცხრაჯვარის ტერიტორიაზე, (ფოტოები გადაღებულია 30.05.2015)

აქიდან გამომდინარე, საკვლევი ტერიტორიის ჰიფსომეტრიულად მაღალ ადგილებზე თოვლის საფარის წარმოქმნის თარიღი შედარებით ადრეული იქნება, ხოლო ადების თარიღი კი გვიანი. ეს ფაქტი კი დასტურია იმის, რომ რაჭის კირქვული მასივის გარკვეულ მონაკვეთებზე თოვლდნობის პროცესი ზაფხულის განმავლობაშიდაც გრძელდება და ხდება ნადნობი წყლების გადანაცვლება ნაპრალების კვალდაკვალ სიღრმეში, მათი აგრესიულობა კარსტვად ქანებზე უკვე აღვნიშნეთ. გამომდინარე აქედან, საკვლევ ტერიტორიაზე ჩვენ გვაქვს კლასიკურად განვითარებული როგორც ზედაპირული ისე მიწისქვეშა კარსტული ფორმები.

აგრეთვე, მოკლედ განვიხილავთ თვით კარსტული მღვიმეების კლიმატს და აღვნიშნავთ, რომ ის მაღალი სინოტივით, ჰაერის ტემპერატურის უმნიშვნელო დღედამური და სეზონური ცვლილებით ხასიათდება, რაც არსებითად განსხვავდება გარემომცველი ტერიტორიების კლიმატისაგან. მიწის ქვეშ მეტეოროლოგიური მოვლენების კომპლექსი (ჰაერის ცირკულაცია, აორთქლება, კონდენსაცია და სხვა) ძალზე რთული და თავისებურია. აღნიშნულიდან გამომდინარე კარსტული მღვიმეები შედარებით მუდმივი, ნაკლებად ცვალებადი კლიმატური რეჟიმით ხასიათდებიან (წიქარიშვილი, 1985).

წინამდებარე კვლევის დროს, რაჭის კირქვულ მასივზე განვითარებულ კარსტულ მღვიმეებში ჩატარდა დაკვირვებები ჰაერის ტემპერატურასა და სინოტივის მაჩვენებელზე (ნახ. 10).



ნახ. 10. ჰაერის ტემპერატურის და სინოტივის მაჩვენებლები კარსტულ მღვიმეებში (10 მღვიმის მაგალითზე)

დაკვირვების მასალები ცხადყოფს, რომ ჰაერის ტემპერატურის ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი ნიკორწმინდას მღვიმეში დაფიქსირდა ($4,1^{\circ}\text{C}$), ხოლო ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დოლაბისთავის მღვიმეში (11°C).

ჩვენს მიერ საკვლევ ტერიტორიაზე ჩატარებული საველე დაკვირვებების საფუძველზე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ კარსტულ მღვიმეებში ჰაერის ტემპერატურის დღედამურ და წლიურ მსვლელობაზე არსებით გავლენას ახდენს მათი ჰიფსომეტრიული მდებარეობა და რასაკვირველია მღვიმის მორფოლოგიური ბუნება. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ტემპერატურის ცვალებადობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა სიმაღლეზე იხსნება მღვიმის შესასვლელი, რა სახის განვითარებას ჰპოვებს მღვიმე კირქვულ ქანებში, დადმავალია მღვიმე, აღმავალი თუ ჰორიზონტალური და მრავალი სხვა. ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის გარდა მღვიმეებში ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებაზე არსებით გავლენას ახდენს კარსტული რელიეფის თავისებურება, კერძოდ კარსტული რელიეფის (ფერდობების) ექსპოზიცია.

ჩვენს მიერ, საკვლევ რეგიონში წლების განმავლობაში ჩატარებული ეპიზოდური სპელეო-კლიმატური დაკვირვებების შედეგად დადასტურა აგრეთვე საყოველთაოდ ცნობილი მოსაზრება, რომ სიმაღლის მატებასთან ერთად მთის კარსტულ მღვიმეებში ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად ცვლილებას განიცდის წყლის ტემპერატურაც. ორივე შემთხვევაში, სიმაღლის მატებასთან ერთად ტემპერატურული მახასიათებლები რათქმაუნდა უარყოფითისკენ იცვლება.

2.4. ნიადაგ-მცენარეული საფარის როლი კარსტის წარმოქმნაში

რაჭის კირქვულ მასივზე კარსტული პროცესების ფართო გავრცელების მიუხედავად შენარჩუნებულია მდგრადი ნიადაგური საფარი. ნიადაგის საფარის სისქეს, მის ფენას და სხვა თვისებებს დიდი მნიშვნელობა აქვს კარსტული პროცესების განვითარებისათვის. ნეშომპალა-კარბონატული (კორდიან-კარბონატული) ნიადაგები, რომლებიც ფართო გავრცელებას პოულობენ საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, ძირითადად ფორმირდებიან ტყის ზონაში ისეთ ქანებზე, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ კალციუმის კარბონატს (კირქვები, დოლომიტები, მერგელები და სხვა) და შესაბამისად აღნიშნული ნიადაგების გავცელების არეალი ძირითადად ემთხვევა კირქვების და მერგელების გავრცელების არეალს. სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში კარბონატული ქანების გამოფიტვის პროდუქტები ან ინარჩუნებენ საწყისს შემადგენლობას ან სწრაფად კარგავენ კარბონატობას.

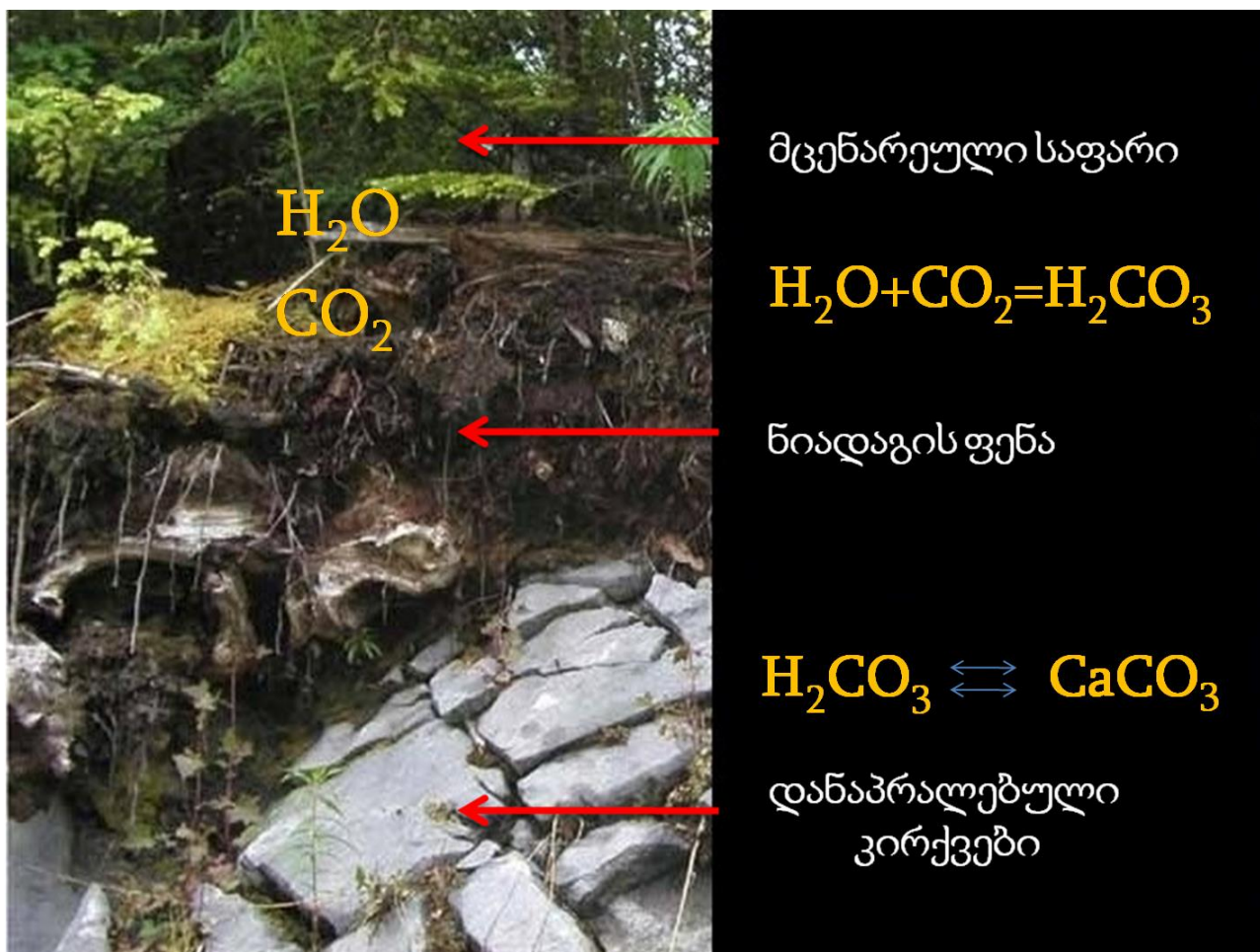
კორდიან-კარბონატული ნიადაგები განსხვავდებიან კარგად გამოხატული ჰუმუსოვანი ჰორიზონტით. კირქვებზე განვითარებული ნიადაგები უფრო ხირხატანია, ვიდრე მერგელებზე განვითარებული კორდიან-კარბონატული ნიადაგები. აღნიშნული ნიადაგები კარგად ვითარდებიან ისეთ ქანებზე, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ კალციუმის კარბონატს. ერთი და იგივე პირობებში მერგელებზე ვითარდება უფრო მძლავრი ნიადაგები, ვიდრე კირქვებზე.

ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგები გამოირჩევიან ჰუმუსის ინტენსიური დაგროვებით. ყველაზე მეტად ჰუმუსის ინტენსიური დაგროვება აღინიშნება კირქვებზე წარმოქმნილ ნიადაგებში, ხოლო მცირე დაგროვება დოლომიტებსა და მერგელებზე (ურუმადე, 1997).

ბუნებრივ სიმაღლით ზონალობას ინარჩუნებს აგრეთვე მცენარეულობა. დიდი ფართობი უკავია წიწვნარს და ფართოფოთლოვან შერეულ ტყეებს. აქ გაბატონებულია სოჭი, ნამძი და წიფელი, რომლებიც ვრცელდებიან ზ.დ. თითქმის 1600 მ სიმაღლემდე. აგრეთვე მნიშვნელოვან ტერიტორიაზეა წარმოდგენილი საკუთრივ ქვე ტყე-შქერის, იელის და ბზის კორომების სახით, რომლებიც დაკარსტულ ადგილებს გაუვალს ხდის. ასეთი ბუჩქნარებით თითქმის მთლიანადაა დაფარული ის არეალები, სადაც ინტენსიურადაა განვითარებული კარსტული პროცესები. ჰიფსომეტრიულად შედარებით მაღალი ადგილები მოკლებულია ტყის საფარს, ასეთ არეალებში ძირითადად გავრცელებულია ბალახეული მცენარეები, სადაც ადვილად იკითხება კარსტული რელიეფი.

ზოგადად მიჩნეულია, რომ კარსტწარმოქმნაში ნიადაგ-მცენარეულ საფარს აქვს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი გავლენა, კერძოდ:

1. ხე-მცენარეული საფარი დიდ როლს თამაშობს კარსტული პროცესების განვითარებაზე, რადგან ტყის საფარი იჭერს რა სინესტეს ნიადაგის ზედაპირულ ფენებში, ამდიდრებს მას მცენარეთა ლჰობისაგან მიღებული ორგანული მჟავებით, რაც იწვევს გაძლიერებულ კოროზიულ მოქმედებას კირქვებზე. ამასთან ერთად მცენარეთა ფესვები აწარმოებენ კირქვებზე მექანიკურ და ქიმიურ მოქმედებას, როგორც მცენარის სიცოცხლეში, აგრეთვე მისი სიკვდილის შემდეგაც (ნახ. 11).



ნახ. 11. სურათზე ნაჩვენებია კარსტწარმოქმნის თეორიული მოდელი, რომელიც დაკავშირებულია სხვადასხვა ფაქტორზე

ნახშირორჟანგის გარკვეულ რაოდენობას (CO_2), რომელიც თავისუფალი სახითაა ბუნებაში, შთანთქავს წვიმის და თოვლის ნადნობი წყალი და როდესაც ჩაიჭონება კირქვებში, მათზე ახდენს აგრესიულ მოქმედებას და მიმდინარეობს ქანების დაშლის პროცესი, რომელსაც ემატება ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესები და მათი ერთობლივი ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმები.

2. ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგები გამოირჩევიან მუქი ფერით, რის გამოც ისინი ხელს უწყობენ ნიადაგის გათბობას და მამასადამე აძლიერებენ წყლის კოროზიულ მოქმედებას.

აგრეთვე უნდა ითქვას, რომ ზოგადად ნიადაგ-მცენარეულ საფარს აქვს უარყოფითი მხარეც. კერძოდ, როდესაც კარქტულ ძაბრებსა და სასულებებში მძლავრი ნიადაგური საფარია წარმოდგენილი, ზოგიერთ შემთხვევაში სქელი ფენის ნიადაგი იჭერს წყალს და ამცირებს მის ცირკულაციას სიღრმეში. ასევე ნიადაგი გარკვეულწილად ანელებს/ასუსტებს ზედაპირული წყლების მოქმედებას კირქვებზე, რაც თავისთავად უარყოფითად აისახება კარსტწარმოქმნის პროცესზე.

აღნიშნულთან დაკავშირებით საინტერესო ფაქტები აქვს მოყვანილი შალვა ყიფიანს, სადაც იგი აღნიშნავს მცენარეთა ფესვების როლს კარსტგაჩენაში და ყოველივე

ამის დასადასტურებლად მოჰყავს ფაქტი, რომ ცხრაჯვარის მღვიმეში შეინიშნება მცენარეთა ფესვები, რომელიც განპირობებულია მღვიმეთა ზედა კირქვიანი ნაწილის (იგივე მღვიმის ჭერი) თხელი ფენის არსებობით, სადაც მცენარეთა ფესვები ახდენს კირქვებზე მექანიკურ მოქმედებას და იწვევს მათ გამოფიტვას, გახსნას და მათში მცირე ნაპრალების გაჩენას (ყიფიანი & ჯიშკარიანი., 1973). ამგვარი ფაქტები კი საკვლევ რეგიონში არსებულ სხვადასხვა მღვიმეში მრავლად შეინიშნება, რაც არაერთხელ დავაფიქსირეთ სავსე კვლევების დროს.

თუმცა, ამ შემთხვევაში მეცნიერთა გარკვეული ნაწილი ხე-მცენარეების როლს კარსტწარმოქმნაში დიდ მნიშვნელობას არ ანიჭებს და თვლიან, რომ მცენარეები ხელს უშლიან კარსტული პროცესების განვითარებას, ვინაიდან ხის ტოტები იცავენ მის ქვეშ მდებარე ტერიტორიებს ნალექებისაგან. ასევე აღნიშნავენ, რომ ხის ფესვები იჭერენ ნიადაგის ზედა ფენებს, რომლებიც გადაკრულნი არიან კირქვებზე და გარკვეულწილად ჯავშანის როლს ასრულებენ, რის გამოც აღარ ხდება მათი ინტენსიური გარეცხვა.

თუმცა ჩვენს შემთხვევაში, სულ სხვა სურათი გვაქვს წარმოდგენილ საკვლევ ტერიტორიაზე. კერძოდ, თუ შევხედავთ ნაქერალას, ცხრაჯვარის და ლეკნარის მიმდებარე დაკარსტულ ტერიტორიებს, ასევე ხიხათის და საწალიკეს თხემურ მოვაკებებს, აშკარაა, რომ აღნიშნული ტერიტორიები დაფარულია მასიური მარადმწვანე და ფართოფოთლოვანი ხე-მცენარეულობით და როგორც აღვნიშნეთ ამ ადგილებში დაკარსტვა ინტენსიურად მიმდინარეობს. თვით კარსტულ ძაბრებსა და დოლინებშიც კი გაზრდილია ხე-მცენარეულობა, ასევე ინტენსიურადაა წარმოდგენილი ქვე-ტყე, რაც თავის თავად გამორიცხავს იმ მოსაზრებას, რომ ხე მცენარეულობა აბრკოლებს კარსტგაჩენის პროცესს. ავტორის აზრით, ხე-მცენარეულობა ერთ-ერთი ხელშემწყობი ფაქტორია ინტენსიური დაკარსტვისათვის, რადგან როგორც აღვნიშნა მცენარეთა ფესვები აწარმოებენ კირქვებზე მექანიკურ და ქიმიურ ზემოქმედებას.

იმ ფაქტორთა შორის, რომლებმაც საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული პროცესების წარმოშობა-განვითარება განაპირობეს, შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ფაქტორები: 1. ამგებელი ქანების ლითოლოგიური შედგენილობა (ძირითადად კირქვები); 2. კარსტვადი ქანების დიდი სიმძლავრე; 3. კირქვული მასივის ტექტონიკური ხასიათი და ნაპრალოვნება; 4. კლიმატური პირობები; 5. ნიადაგ-მცენარეული საფარი; 6. წყლის ზედაპირული/მიწისქვეშა ცირკულაცია.

თავი 3. კარსტული რელიეფის მორფოლოგიური ტიპები

3.1. ზედაპირული კარსტული ფორმების გავრცელება საკვლევ ტერიტორიაზე

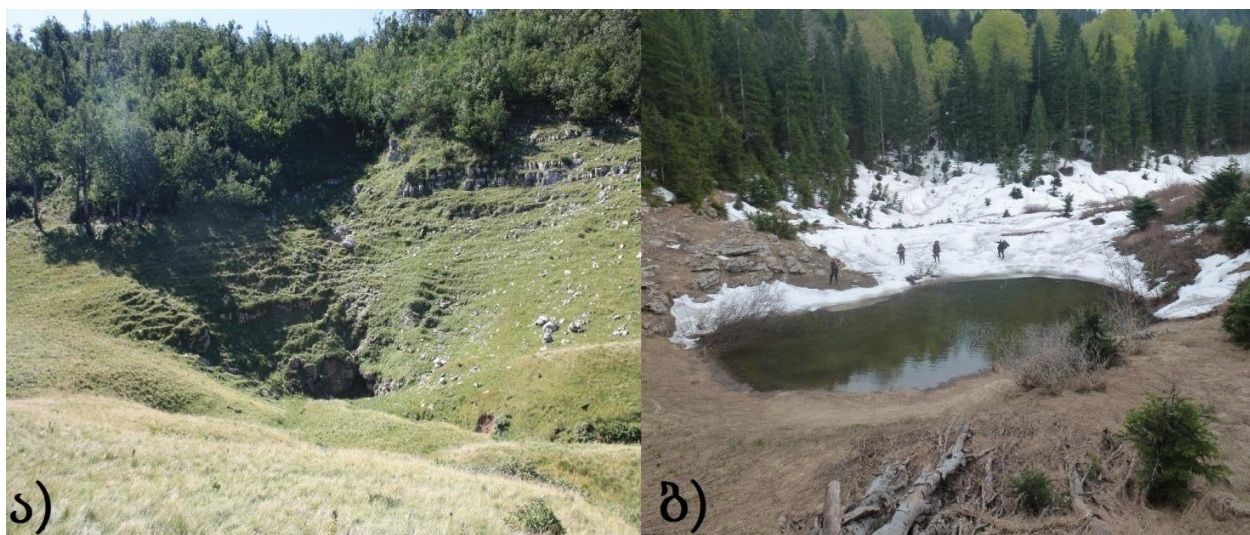
კარსტული ფორმების ჩასახვა და მათი შემდგომი განვითარება მჭიდრო კავშირშია წყლების ეროზიულ-კოროზიულ ზემოქმედებასთან და კარსტული ნაკადების მოძრაობის პირობებთან. კირქვული რელიეფის ზედაპირზე გამდინარე წყლების ეროზიულ-კოროზიული მოქმედებით წარმოიშობა ისეთი კარსტული ფორმები, როგორიცაა, მაგალითად, ძაბრები, ქვაბულები, უვალები, მკვდარი ანუ პალეოხეობები, კარები და სხვა. ხოლო ნაპრალოვან-კარსტული წყლების ვერტიკალური ცირკულაციის ზონასთან დაკავშირებულია მღვიმეები, ჭები, შახტები, უფსკრულები და სხვა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კარსტულ მღვიმეთა მორფოლოგიურ ბუნებას დიდწილად ლითოლოგიური თავისებურებები განსაზღვრავენ. თუმცა თამამად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საკვლევ რეგიონში მღვიმეების განვითარებას მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ზედაპირული კარსტული ფორმების არსებობა.

საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, ზედაპირული კარსტული ფორმები ქმნიან რელიეფის ჩადაბლებულ (უარყოფით) ფორმებს, სადაც ადვილად ხდება ატმოსფერული ნალექების დაგროვება. აღნიშნული ფორმები თოვლის სახით მოსულ ატმოსფერულ ნალექებს საკმაოდ დიდხანს ინახავენ და ცხადია შემდეგ თოვლის თანდათანობითი დნობა და წყლის ჩაჟონვა კირქვებში ამლიერებს მათზე კოროზიულ მოქმედებას და ხელს უწყობს კარსტული პროცესების ინტენსიურ განვითარებას.

ავტორის მიერ ჩატარებული საველე სპელეო-გეომორფოლოგიური კვლევებით დადასტურდა, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე ზედაპირული კარსტული ფორმები წარმოდგენილია სხვადასხვა სიდიდის კარსტული ძაბრებით, პონორებით, ბუნებრივი ჭებით, კანიონებით, დანაპრალებული და გაშიშვლებული კირქვებით და სხვა. ასევე უნდა ითქვას, რომ აღნიშნული კარსტული ფორმები ძირითადად განვითარებულია მოვაკებულ და მცირედ დახრილ ადგილებში.

ზედაპირული კარსტული ფორმების გავრცელების კლასიკური ადგილებია ცხრაჯვარი-ლევნარის და შაორი-საწალიკეს რაიონი, სადაც იდეალურადაა წარმოდგენილი კარსტული ძაბრები (მათ შორის ჩაქცევითი). მრავალი მათგანის ძირზე კი განვითარებულია საკუთრივ მცირე ჭა, შახტი ან პირდაპირ დაკავშირებულნი არიან მღვიმეებთან. ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში კარსტული ძაბრების რაოდენობა იმდენად ბევრია, რომ ადამიანისთვისაც კი ძნელია გადაადგილება და შესაბამისად ბევრ ადგილს მიუვალს ხდის. აღნიშნულ ტერიტორიაზე, კარსტული ძაბრები გავრცელებულია ჰიფსომეტრიულად შედარებით მაღალ ადგილებში, ზ.დ. დაახლოებით 1500-1700 მეტრ სიმაღლეზე (ნახ. 12).



ნახ. 12. ა). სურათზე ნაჩვენებია ჩაქცევითი კარსტული ძაბრი (ლეკნარის მიდამოები)
ბ). სურათზე ნაჩვენებია წყლით სავსე კარსტული ძაბრი (ცხრაჯვარის ტერიტორია)

მოსული ატმოსფერული ნალექები (წვიმის და თოვლის სახით) კირქვული რელიეფის ზედაპირიდან სიღრმეში ჩაედინებიან კარსტული ძაბრების, დოლინების, ჭებების და სხვა კარსტული ფორმების საშუალებით და შემდეგ გამოდიან კირქვული მასივის ციცაბო ფერდობების ძირზე მძლავრი ვოკლუზების სახით. წყლის გარკვეული ნაწილი კი მიუყვება როგორც ტექტონიკურ ნაპრალებს ასევე ქანებში არსებულ სიცარიელებს და იწვევენ მათ თანდათანობით გაფართოებას და შემდგომ დაკარსტვას.

შედარებით მცირე ზომის კარსტული ძაბრები აგრეთვე განვითარებულია ხიხათა-შქმერის რაიონში, რომლებიც რაოდენობრივად რამდენადმე ჩამორჩება კირქვული მასივის ცენტრალურ და დასავლეთ მონაკვეთს. ცალკეული ძაბრების დიამეტრი 2 ასეულ მეტრსაც აღწევს, სიღრმე 30-50 მეტრამდეა და ასეთ ადგილებში თოვლის ნადნობი ან წვიმის სახით ჩაჟონილი წყალი, მნიშვნელოვანი ხელშემწყობი ფაქტორია ადგილის ინტენსიური დაკარსტვისა და მისიწვევმა სიცარიელების განვითარებისათვის. აგრეთვე ისინი მნიშვნელოვან მონაწილეობას იღებენ მიწისქვეშა კარსტული წყლების კვებაში.

მაგალითისთვის აღვნიშნავთ, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე, კერძოდ ხიხათა-შქმერის რაიონში განვითარებულ სხვადასხვა ზომის კარსტულ ძაბრებში ჩაჟონილი წყალი სავარაუდოდ უერთდება მიწისქვეშა წყლებს და ამის შემდეგ იბადება საკვლევ რეგიონში ერთ-ერთი დიდი კარსტული მდინარე კრიხულას სახელწოდებით.

ზემოთაღნიშნული კარსტული ფორმები ჰიდროლოგიური ნიშნის მიხედვით მიეკუთვნებიან წყლის მშთანთქავ ფორმებს. ძაბრების უმრავლესობა, მათში ჩამდგარ წყალს ინახავს თითქმის მთელი ზაფხულის განმავლობაში, ხოლო ნაწილი მნიშვნელოვნად იკლებს და გვალვიან პერიოდებში მთლიანად შრება.

კარსტული ძაბრიდან სიღრმეში ჩაჟონილი წყალი, რომელიც შეიცავს აგრესიული ნახშირორჟანგის (როგორც ეს ჩვენმა კვლევებმა დაადასტურა) ჭარბ რაოდენობას, თანდათანობით რეცხავს კირქვებს და აჩენს მათში სიცარიელებს, რომლებიც დროთა განმავლობაში უფრო და უფრო ფართოვდება და წარმოიქმნება კარსტული მღვიმეები. გარეცხილი ნიადაგის ფენა და კირქვები ნელ-ნელა ჩაიტანება სიღრმეში და

აკუმულირდება მღვიმეში ან გაიტანება მიწისქვეშა კარსტული ნაკადების მიერ სხვა ადგილებში. ხოლო უშუალოდ ძაბრის ძირზე ჩნდება საკუთრივ ჩაქცევითი ძაბრი, სასულე, ჭა ან შახტი, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან მღვიმეებთან.

ჩვენი კვლევებით დადასტურდა, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტულ ძაბრებს ახასიათებთ უწყესრიგო ხაზობრივი გავრცელება, რაც ავტორის აზრით გამოწვეული უნდა იყოს იმ გარემოებით, რომ წარსულში კარსტული რელიეფის ზედაპირზე მოძრავი წყლის ნაკადები, რომლებიც გარდაიქმნენ მიწისქვეშა ნაკადებად, მათ ადგილზე დარჩა წლების განმავლობაში ფორმირებული არხები და ჩადაბლებები, რომლისგანაც წარმოიშვნენ კარსტული ძაბრები. დღეისათვის, საკვლევ ტერიტორიაზე გავრცელებული ძაბრების უმრავლესობა ამოვსებულია ნიადაგით და მცენარეთა ლპობისაგან მიღებული მასალით, ზოგში კი გავრცელებას ჰპოვებს ათასწლოვანი ხე-მცენარეულობა.

ძაბრების ხაზობრივი გავრცელება კლასიკურადაა წარმოდგენილი კირქვული მასივის დასავლეთ მონაკვეთზე, კერძოდ ცხრაჯვარი-ლეკნარის რაიონში (ნახ. 13).



ნახ. 13. კარსტული ძაბრების ხაზობრივი გავრცელება (ლეკნარის მიდამოები)

აქვე აღვნიშნავ, რომ მრავალი მცირე კარსტული ძაბრი მოექცა შაორის წყალსაცავის ქვეშ, როდესაც მიწისქვეშა გასასვლელები ჩაკეტეს და წყალსაცავი დააგუბეს. გასული საუკუნის დასაწყისში უცხოელი და ქართველი მეცნიერების მიერ ჩატარებული კვლევების მასალები ადასტურებენ რომ დღევანდელი შაორის ქვაბულის ტერიტორიაზე გავრცელებული იყო სხვადასხვა ფორმის და სიდიდის კარსტული ძაბრი, დოლინა, პოლიე და სხვა (შ. ყიფიანი., ვ. ზაგრატიონი და სხვები).

სწორედ შაორის წყალსაცავიდან იკვებება მდ. შარეულა, რომელიც წყალს იკრეფს ხერგას მრავალრიცხოვანი სასულებიდან და რამდენიმე კილომეტრიანი წყალქვეშა დინების შემდეგ, ადგილ უდაბნოსთან ისევ ზედაპირს უბრუნდება.

ზემოთ განხილული ზედაპირული კარსტული ფორმები, თავიანთი მორფოლოგიის გამო წარმოადგენენ წყლის კარგ კოლექტორებს, რომლებიც შთანთქავენ მოსულ ატმოსფერულ ნალექებს და ზედაპირულ ნაკადებს. სწორედ ამიტომაც გვაქვს რეგიონში ჰიდროგრაფიული ქსელის განუვითარებლობა.

საკვლევ ტერიტორიაზე შედარებით მცირე გავრცელებით გამოირჩევიან კარული ველები, რომლებიც რელიეფის მიკრო ფორმებს ქმნიან. კარული ველები დამახასიათებელია საწალიკეს ტერიტორიაზე და ხიხათა-შქმერის რაიონში. ამ ადგილებში ზედაპირული კირქვები კლასიკურადაა გაშიშვლებული, რომლებსაც ეტყობათ სხვადასხვა გარე ფაქტორების აქტიური ზემოქმედების ნიშნები. თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შიშველი კარსტი საკვლევ ტერიტორიაზე მცირე ფართობზეა წარმოდგენილი და ძირითადად მოიცავს პლატოსებრ მონაკვეთებს (ნახ. 14).



ნახ. 14. კარული ველი, სოფ. უშოლთა

გარდა ზემოთ განხილული ზედაპირული კარსტული ფორმებისა, საკვლევ ტერიტორიაზე ასევე წარმოდგენილია მდინარეთა კანიონისებური ხევ-ხეობები, რომლებიც იწვევენ რელიეფის დასერვას და ახდენენ მათზე ეროზიულ ზემოქმედებას. მდინარეული ქსელი კირქვიან რელიეფში ჩაჭრილი, ღრმა, ვიწრო, კანიონისებური ხეობებით არის წარმოდგენილი.

ამ მხრივ განსაკუთრებით გამორჩეულია კრიხულას, ხეორის, ხოტეურას, შარეულას და სხვა მდინარეთა კარსტული ხეობები და კანიონები, რომლებიც მთელ დინებაზე მრავალრიცხოვანი ჩანჩქერებით ინვითარებენ კლასიკურ, კარსტულ კანიონისებურ ხეობებს.

მდ. კრიხულა უხვწყლიანი ვოკლუზით იწყება და ფაქტიურად მდინარის მთელი დებიტი მიწისქვეშა ნაკადებით იქმნება, რაც კიდევ ერთხელ მოწმობს ხიხათას მასივში გრანდიოზულ სიღრუეთა სისტემის არსებობას. ვიმედოვნებთ, მომავალში უცხოელ კოლეგებთან ერთად შესაბამისი კვლევითი სამუშაოების ჩატარება ამ სისტემის სრულად გამოვლენის საშუალებას მოგვცემს.

მდ. კრიხულა რამდენიმე კილომეტრიანი დინების შემდგომ ამბროლაურთან უერთდება მდ. რიონს. ადგილობრივების განცხადებით, ინტენსიური წვიმის დროს კარსტული ვოკლუზი იცვლის ფერს და იმღვრევა. ჩვენი აზრით ეს პირდაპირ დაკავშირებული უნდა იყოს ხიხათის მასივთან, რადგან წვიმიან პერიოდში ზედაპირულ კარსტულ ფორმებში ხდება დროებითი ნაკადების ჩაქონვა/წყალკარგვა, რომელიც თავის მხრივ რეცხავს ნიადაგის ფენას და ახდენს ზემოქმედებას კირქვებზე. ყოველივე ამის გამო წვიმიან პერიოდებში კრიხულას კარსტული ვოკლუზი ზედაპირზე გამოსვლისას იცვლის ფერს.

ასევე ძალზედ საინტერესო კარსტულ ხეობას წარმოადგენს კრიხულას ძველი კარსტული კანიონი, რომელიც 4-5 კმ სიგრძისაა. ამ კანიონში მრავლადაა პონორები (წყალკარგვის ადგილები) რომლებშიც მდინარის წყალი იკარგება. მდინარის კალაპოტში მხოლოდ უხვნალექიან პერიოდში მიედინება წყლის ნაკადი. კრიხულას კარსტულ კანიონში, წვიმიან პერიოდებთანაა დაკავშირებული სხვადასხვა ადგილზე ეფექტური ჩანჩქერების წარმოშობა, რომელთა მოქმედება ძლიერ შესამჩნევია კანიონის მთელ სიგრძეზე (ნახ. 15).

ასევე აღსანიშნავია მდ. ხეორი, რომელიც სათავეს იღებს ფოცხვრევის ქედის მიმდებარე ტერიტორიიდან და რამდენიმე კმ-ის გავლის შემდეგ მერიდიანულად კვეთს აღნიშნულ ქედს (ადგილობრივი მოსახლეობა ამ ადგილს ქვაგახეთქილას უწოდებს), მასიურ კირქვებში გამოიმუშავებს კალაპოტს და ინვითარებს ყველაზე ღრმა ხეობას საკვლევ ტერიტორიაზე, სადაც იგი იკარგება კირქვულ ქანებში და 2 კმ-ის შემდეგ ისევ უბრუნდება ზედაპირს და უერთდება მდ. რიონს. მდინარე ხეორს სოფელ უშოლთასთან უერთდება შედარებით მცირე კარსტული ნაკადი, ბნელეთურას სახელწოდებით, რომელიც გამოედინება უშოლთას კარსტული მღვიმიდან.

საკვლევ ტერიტორიაზე აგრეთვე უნდა გამოვყოთ მდ. შარეულა, რომელიც გამოედინება ამავე სახელწოდების მღვიმიდან, რომელიც მდებარეობს ს. ნიკორწმინდის ჩრდილო-დასავლეთით და მდ. შაორას მიწისქვეშა გაგრძელებას წარმოადგენს. მდ. შარეულა თავის დინების მთელ სიგრძეზე აჩენს კარსტული მხარეებისათვის დამახასიათებელ კანიონისებურ ხეობას, სადაც წარმოდგენილია ულამაზესი ჩანჩქერები. ასევე სხვადასხვა ადგილზე ხეობის ორივე ფერდობზე ჩასახულია რამდენიმე მცირე კარსტული მღვიმე.



ნახ. 15. მდ. კრიხულას კარსტული კანიონი

მდ. შარეულას მთელ სიგრძეზე გამომუშავებული აქვს ღრმა, კანიონისებური კარსტული ხეობა, რომელიც ძირითადად გამომუშავებულია კარბონატულ ქანებში. ხეობის კალთები კლდოვანი და მიუდგომელია. მდინარის ორივე მხარეზე, თითქმის მთელ სიგრძეზე რამდენიმე ათეული და ასეული მეტრის სიმაღლის კარნიზებია განვითარებული. ამასთანავე ხეობის კალთები სუსტადაა დანაწევრებული ხევებით. მათი უმრავლესობა მშრალია და დაკიდულია ქარაფოვან კედლებზე. ყოველივე ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე მდ. შარეულას ხეობა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ტურისტული მარშრუტია რეგიონში.

საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოდგენილი ხევ-ხეობები ზაფხულის პერიოდში წყალმცირობით გამოირჩევიან, ხოლო გაზაფხულსა და შემოდგომაზე წყალმოვარდნები ახასიათებთ, რომლის დროსაც პერიოდულად ჩნდება ხოლმე ჩანჩქერები. მრავალი ხეობის ძირზე განვითარებულია პონორები (წყალკარგვის ადგილები) სადაც ჩაედინება მდინარის წყალი და მიწისქვეშ მოგზაურობის შემდეგ კვლავ ბრუნდება ზედაპირზე. ასეთი პონორები ადვილი შესამჩნევია ზაფხულის პერიოდში, როდესაც ხეობებში წყლის დონე იკლებს და მცირე დებიტის მქონე ნაკადები მთლიანად იკარგებიან აღნიშნულ ფორმებში.

ასეთი ფორმები მრავლადაა საკვლევ ტერიტორიაზე, რომელთა შორის გამოსაყოფია მდ. ბნელეთურას ხეობა, რომელიც როგორც უკვე აღინიშნა სათავეს იღებს უშოლთას კარსტული მღვიმიდან. მღვიმიდან დაახლოებით 100 მეტრში ხეობის ძირზე განვითარებულია პონორი, სადაც ხდება ნაკადის მთლიანი დებიტის ჩადინება და დაახლოებით 1 კმ მიწისქვეშ დინების შემდეგ ბრუნდება ზედაპირზე. ამ მხრივ

გამოსაყოფია აგრეთვე კრიხულას კარსტული კანიონი, ხერგას მრავალრიცხოვანი პონორები (იგივე წყალდასაკარგავი) და სხვა.

აქვე მინდა აღვნიშნო, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოდგენილია კიდევ სხვა შედარებით მცირე კარსტული ნაკადები, რომელთა დეტალური დახასიათება ვფიქრობ საჭიროებას მოკლებულია.

ასევე მრავალი მდინარე იღებს სათავეს კირქვული მასივის სამხრეთი ფერდობიდან, რომლებიც ჩაედინებიან მიმდებარე რაიონებში. მათ შორის აღსანიშნავია: კაცხურა, ბუჟა, ჯრუჭულა, ძეგრულა, ლეხიდარი და სხვა. თუმცა ზემოთხსენებული მდინარეები სცილდებიან საკვლევ არეალს და მათ განხილვაზე აღარ შევჩერდებით.

3.2. მიწისქვეშა კარსტული ფორმების სპელეო-გეომორფოლოგიური შესწავლა

ა). მღვიმეების მორფომეტრიულ-მორფოგრაფიული აგეგმვა და 3D მოდელირება

საკვლევ ტერიტორიაზე განვითარებულია მრავალფეროვანი მიწისქვეშა კარსტული ლანდშაფტი, რომელიც წარმოდგენილია განსხვავებული მორფოლოგიისა და მორფომეტრიის მქონე კარსტული მღვიმეების სახით, რომელთა ნაწილი გამოირჩევა წყლიანი მონაკვეთებით და სიფონური ტბების სიმრავლით.

კარსტული მღვიმეები ძირითადად განვითარებულია ქვედა ცარცული პერიოდის ურგონული ფაციესის სქელშრეებრივ, მასიურ კირქვებში, ხოლო მღვიმეთა ნაწილი ჩასახულია სქელშრეებრივ და მასიურ ზედაცარცულ კირქვებში. ქვემოთ, ცხრილების სახით მოცემულია კარსტული მღვიმეების გავრცელება სხვადასხვა მახასიათებლების გათვალისწინებით (ცხრილი. 1, 2, 3).

ცხრილი 1. კარსტული მღვიმეების რაოდენობრივი გავრცელება

მღვიმეების განაწილება რაიონების მიხედვით			
კარსტული რაიონი	ჰორიზონტალური	ვერტიკალური	საშუალო ჯამური სიგრძე მ.
ხიხათა-შქმერი	3	0	2000
შაორი-საწალიკე	7	3	1500
ცხრაჯვარი/ლევნარი	8	0	3500

კარსტული მღვიმეების მორფომეტრიასა და მორფოგრაფიას როგორც ცნობილია ძირითადად განსაზღვრავს ადგილის გეოლოგია. ამ შემთხვევაში საუბარია კარსტვადი ქანების სიმძლავრეზე. ისეთ ადგილებში, სადაც დიდი სიმძლავრითაა (კირქვული ქანების სისქე) წარმოდგენილი სქელშრეებრივი კირქვები, ასეთ ადგილებში უმრავლეს შემთხვევაში ვითარდება მნიშვნელოვანი მოცულობის კარსტული სიცარიელე, მათ შორის: მღვიმე, შახტი, კარსტული ჭა და ა.შ. რაჭის კირქვული მასივის შემთხვევაში, როგორც თავში აღვნიშნე ზარცული კირქვების სიმძლავრე გარკვეულ ადგილებში 2000 მეტრს აჭარბებს, რაც ბადებს ეჭვს მიწის წიაღში არსებული მნიშვნელოვანი სიდიდის კარსტული სიცარიელების არსებობაზე.

ცხრილი 2. სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით საკვლევ ტერიტორიაზე
განვითარებული მნიშვნელოვანი კარსტული მღვიმეები

მღვიმეთა სახელწოდება	მორფოლოგია	კარსტული რაიონი
1 დოლაბისთავი	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
2 საკიშორე	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
3 მურადი	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
4 ცივწყალა	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
5 შარეულა	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
6 უშოლთა	ჰორიზონტალური	ხიხათა-შქმერი
7 კიდობანა	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
8 ცხრაჯვარი I	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
9 ნიკორწმინდა	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
10 ხეორი	ჰორიზონტალური	ხიხათა-შქმერი

ცხრილი 3. კარსტულ-სპელეოლოგიური თვალსაზრისით საკვლევ ტერიტორიაზე
გავრცელებული მნიშვნელოვანი კარსტული მღვიმეები

სახელწოდება	მორფოლოგია	კარსტული რაიონი
1 გოგოლეთის მღვიმე	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
2 ნაქერალას მღვიმე	ვერტიკალური	შაორი-საწალიკე
3 ხერგას მღვიმე	ვერტიკალური	შაორი-საწალიკე
4 სხვაგვას მღვიმე- საყინულე	ვერტიკალური	შაორი-საწალიკე
5 თამარ დედოფლის მღვიმე	ჰორიზონტალური	ხიხათა-შქმერი
6 რაჭა 1-ის მღვიმე	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
7 ნატბეურების მღვიმე	ვერტიკალური	შაორი-საწალიკე
8 ღორწყალის I მღვიმე	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
9 ღორწყალის II მღვიმე	ჰორიზონტალური	შაორი-საწალიკე
10 ცხრაჯვარის II მღვიმე	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი
11 ცხრაჯვარის III მღვიმე	ჰორიზონტალური	ცხრაჯვარი-ლეკნარი

როგორც მოცემული ცხრილებიდან ჩანს, კირქვულ მასივზე განვითარებულია როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური მორფოლოგიის მქონე კარსტული მღვიმეები, რომელთა რაოდენობა 21*-ს შეადგენს (ნახ. 16).

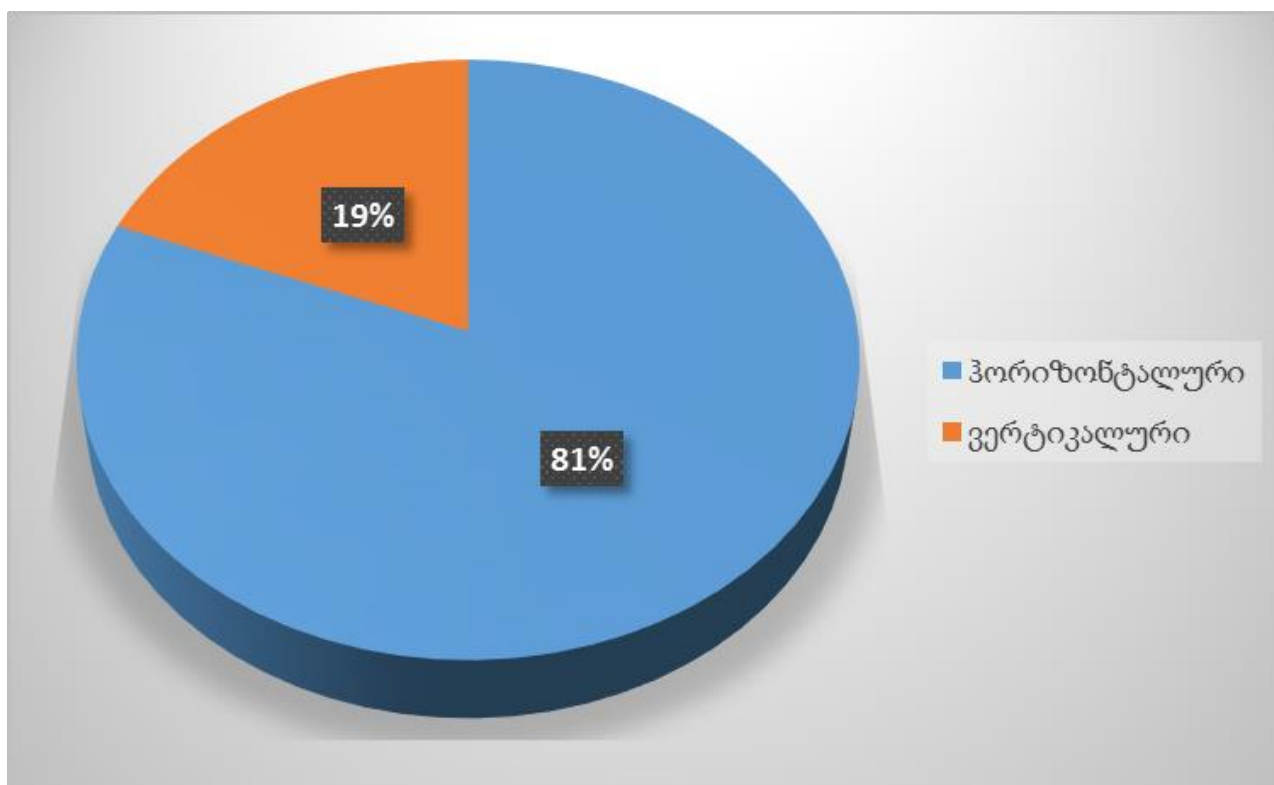
* კარსტულ-სპელეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი მღვიმეები



ნახ. 16. საკვლევი ტერიტორიის კარსტული მღვიმეების გავრცელების რუკა

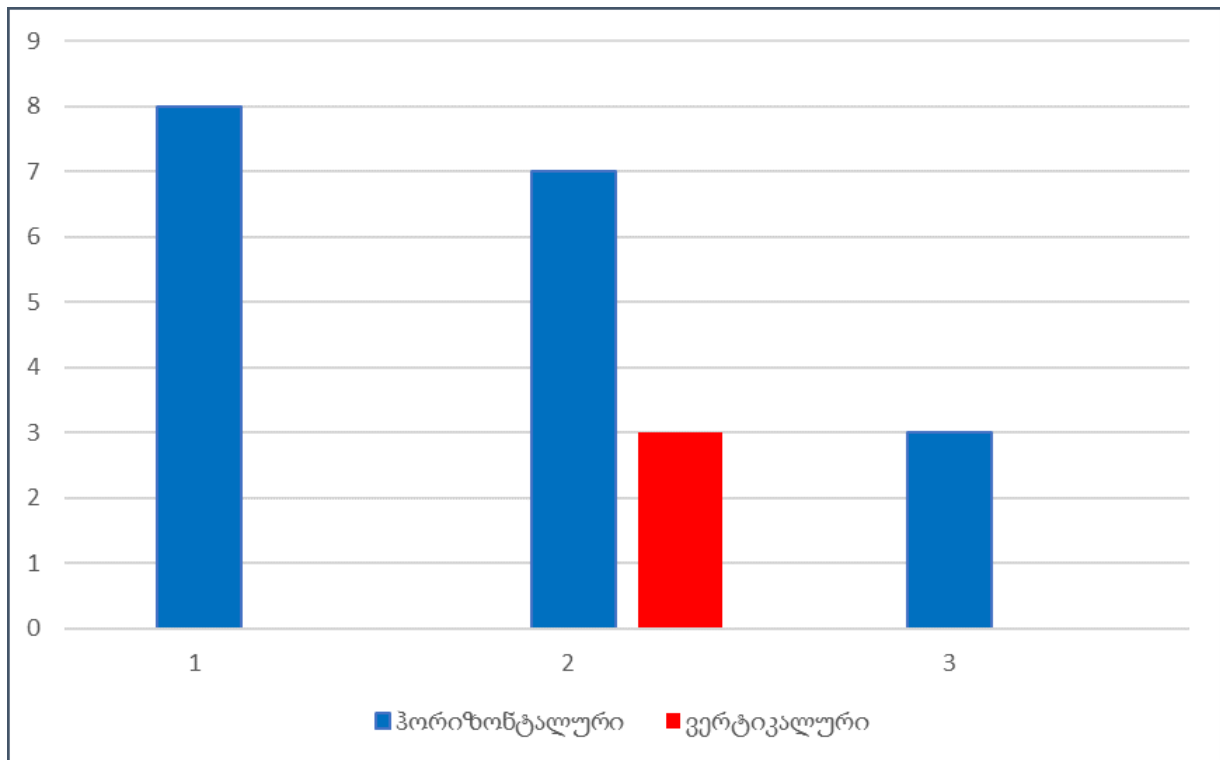
აქვე უნდა ითქვას, რომ გარდა ზემოთაღნიშნული მღვიმეებისა საკვლევ ტერიტორიაზე აგრეთვე მრავლადაა მცირე ზომის „უსახელო“ კარსტული მღვიმეები, კარსტული ჭები და შახტები, რომელთა ნაწილი სხვადასხვა წლებში მიკვლეულ იქნა ჩვენი ჯგუფის მიერ ველზე მუშაობის დროს. მთლიანობაში რაჭის კირქველ მასივზე განვითარებული კარსტული ობიექტების საშუალო ჯამური სიგრძე 7 კმ-ს აჭარბებს, ფსკერის საშუალო ფართობი 75000 მ², ხოლო მოცულობა 330000 მ³-ს აღემატება.

საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში ჰორიზონტალური მორფოლოგიის მქონე კარსტული მღვიმეები პროცენტულად შედარებით აღემატებიან ვერტიკალური მორფოლოგიის მქონე მღვიმეებს (ნახ. 17).



ნახ. 17. ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მორფოლოგიის მქონე კარსტული მღვიმეების პროცენტული გავრცელება

რაც შეეხება კარსტული მღვიმეების რაოდენობრივ გავრცელებას რაიონების მიხედვით, ამ თვალსაზრისით შაორი-საწალიკეს რაიონი მცირედით აღემატება სხვა დანარჩენ რაიონებს (ნახ. 18).



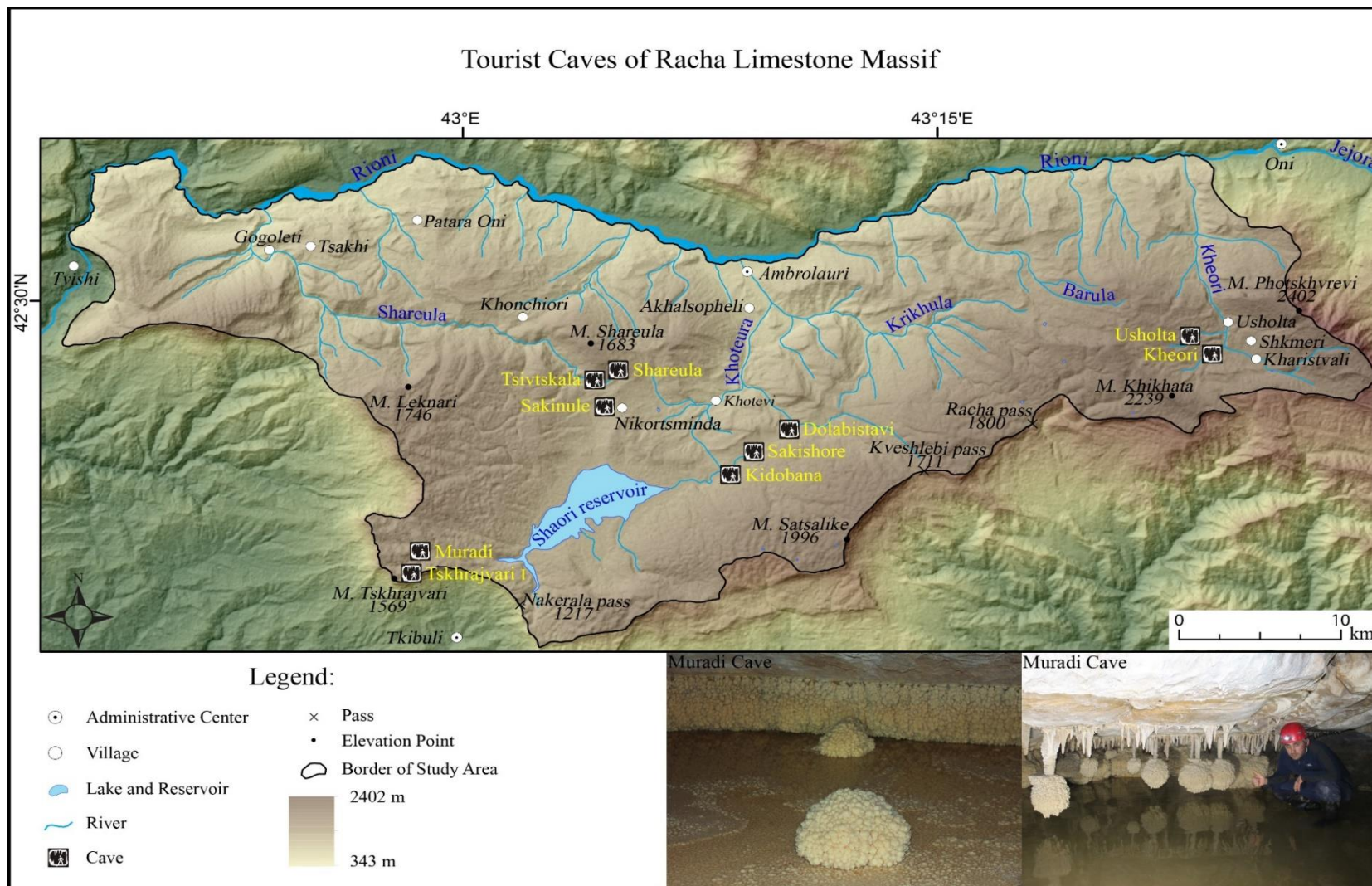
ნახ. 18. კარსტული მღვიმეების გავრცელების სქემა რაიონების მიხედვით.

- 1). ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონი, 2). შაორი-საწალიკეს რაიონი,
- 3). ხიხათა-შემერის რაიონი

მღვიმეების გარკვეული ნაწილი წყალუხვი ვოკლუზებით გამოირჩევა (დოლაბისთავი, უშოლთა და სხვა). მრავალი მათგანი სიფონური ტიპით იხშობა და ამწელებს მღვიმის სიღრმეში გადაადგილებას (კიდობანა, საკიშორე და სხვა). ასევე გვხვდება მშრალი მღვიმეები და ისეთებიც რომლებშიც მხოლოდ სეზონურად გაედინება წყალი, რაც ძირითადად დაკავშირებულია ხანგრძლივ, წვიმიან პერიოდებთან.

ზოგიერთი კარსტული მღვიმე დამშვენებულია მრავალფეროვანი კალციტური წარმონაქმნებით, რომლებიც განუმეორებელ სილამაზეს ანიჭებს მღვიმეებს. მათ შორის აუცილებლად გამოსაყოფია მურადის მღვიმე (ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონი), სადაც წარმოქმნილია სფერული სტალაქტიტები (რაფაელოს ბურთები) რომელსაც ანალოგი არ მოეძებნება კავკასიაში, მსოფლიოში კი რამდენიმე კარსტულ მღვიმეშია განვითარებული.

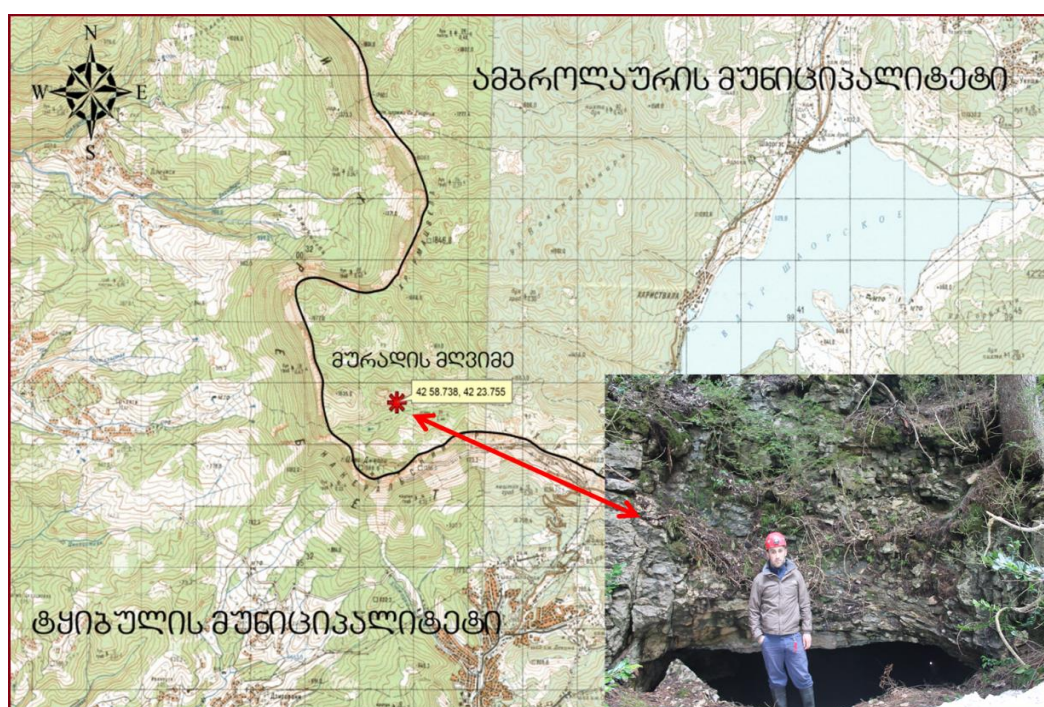
გამომდინარე იქიდან, რომ ჩვენ არ გვაქვს შესაძლებლობა დაწვრილებით აღწეროთ ყველა მიკვლეული და შესწავლილი კარსტული ობიექტი, შესაბამისად, ქვემოთ მოკლედ აღწერთ საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში არსებულ ყველა მნიშვნელოვან კარსტულ მღვიმეს, რომლებიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სპელეო-ტურიზმის ინდუსტრიაში, უპირველესად კი სანახაობრივი და ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმის განვითარებისათვის. ჯამში ასეთი სპელეო-ობიექტის რაოდენობა შეადგენს 10-ს, რომელთაგან 4 გავრცელებულია შაორი-საწალიკეს რაიონში, 4 ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში, ხოლო 2 მათგანი ხიხათა-შემერის რაიონში (ნახ. 19).



ნახ. 19. რაჭის კირქვული მასივის ტურისტული მღვიმეების გავრცელების რუკა

კარსტული მღვიმეების შესწავლილობას მურადის მღვიმით დავიწყებთ, რომელიც პირველად 2015 წელს იქნა შესწავლილი თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეოლოგიური ჯგუფის მიერ უშუალოდ ავტორის ხელმძღვანელობით. წარმოდგენილი კვლევის მიზანი იყო მოგვეხდინა როგორც მურადის მღვიმის, ასევე უშუალოდ მიმდებარე ტერიტორიის (ნაქერალა-ცხრაჯვარი) მეცნიერული შესწავლა, მისი გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური და კარსტულ-სპელეოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით, შეგვესწავლა მღვიმის მორფოლოგიურ-მორფომეტრიული მახასიათებლები, ნაპრალოვნება და ამის საფუძველზე შეგვექმნა მღვიმის სიტუაციური გეგმა და სამგანზომილებიანი მოდელი. აგრეთვე შეგვესწავლა მღვიმეში წარმოდგენილი ნალექების გენეტიური ტიპები, რელიეფის მიკროფორმები, კლიმატური და ჰიდროლოგიური პირობები, რათა დაგვედგინა მღვიმის წარმოშობისა და განვითარების პირობები და კანონზომიერებები. აგველო წყლის სინჯები როგორც უშუალოდ მურადის მღვიმიდან, ისე მის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული ზედაპირული ნაკადებიდან და მოგვეხდინა მათი ლაბორატორიული შესწავლა.

❖ **მურადის მღვიმე-მდებარეობს ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში, ადგილ ცხრაჯვარის მიმდებარედ, ყოფილი პანსიონატის ჩრდილო-აღმოსავლეთით 2,5 კმ-ში (ნახ. 20).**



ნახ. 20. მურადის კარსტული მღვიმის მდებარეობა ტოპო რუკაზე

მღვიმე გამომუშავებულია ბარემული (ურგონული ფაციესი) ასაკის შრეებრივ კირქვებში, შრეთა დახრის (ჩრდ-დას. $290^{\circ}-300^{\circ}/10^{\circ}-15^{\circ}$) მიმართულებით, ტექტონიკური ნაპრალის გასწვრივ.

მღვიმის რკალისებური ფორმის შესასვლელი (4x1 მ) იხსნება ზღვის დონიდან 1498 მ სიმაღლეზე. შესასვლელიდან 60^მ-ით დახრილი და მძლავრი ლოდნარ-ნაზვავი მასალით გამოვსებული ვიწრო დერეფანი ორი ათეული მეტრის შემდეგ იცვლება

სუბჰორიზონტული დერეფნით, რომელიც 2,5 მეტრიანი საფეხურით უკავშირდება წრიული ფორმის მაღალჭერიან (10 მ) დარბაზს. დარბაზის მარჯვენა კუთხეში (95° აზიმუტით) განვითარებულია მნიშვნელოვანი სიგანის (5 მ) და სიგრძის (34 მ) გვირაბის ფორმის განშტოება. როგორც ჩანს, ეს უკანასკნელი წარსულში წარმოადგენდა მღვიმეში გამდინარე ნაკადის განტვირთვის ძირითად კერას, საიდანაც ნაკადი ვოკლუზური წყაროს სახით ზედაპირზე გამოედინებოდა.

მღვიმეში ჩატარებული აგეგმვითი სამუშაოებით დგინდება, რომ იგი წარმოდგენილია ერთი გენერალური მაგისტრალით (სიგრძე 600 მ) და სამი მცირე განშტოებით. მთლიანად ჯამური სიგრძე შეადგენს 660 მეტრს. მღვიმის დეტალური მორფომეტრიული მახასიათებლები მოცემულია ქვემოთ (ცხრილი. 4).

ცხრილი 4. მურადის მღვიმის მორფომეტრიული მახასიათებლები

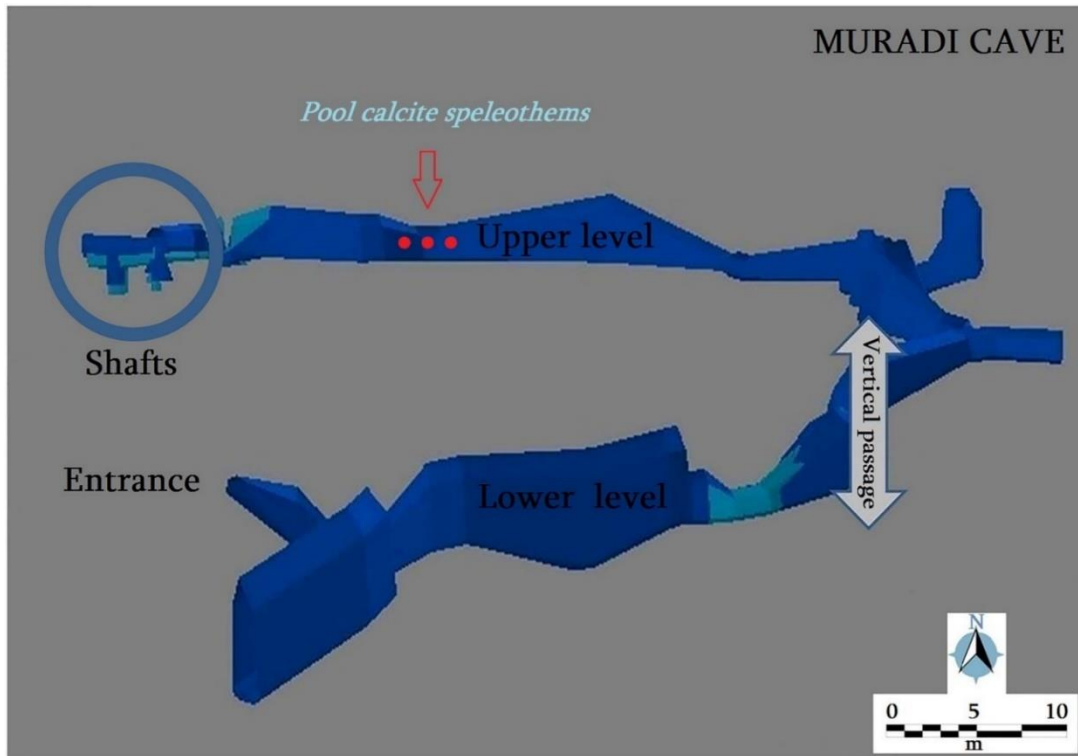
მურადის მღვიმის მორფომეტრიული მახასიათებლები			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1498	მ
2	მღვიმის საშუალო სიმაღლე	8	მ
3	შესასვლელი თალის სიგანე	4	მ
4	მღვიმის საშუალო სიგანე	5	მ
5	ძირითადი მაგისტრალის სიგრძე	600	მ
6	ჯამური სიგრძე	660	მ
7	ფსკერის საშუალო ფართობი	3500	მ ²
8	საერთო მოცულობა	29427	მ ³
მურადის მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-333661, N-4695714			

არ გამოვრიცხავთ რომ მღვიმეს სხვა განშტოებებიც ჰქონდეს, ამის თქმის საფუძველს კი გვაძლევს მღვიმის ბოლო მონაკვეთში ჰაერის ნაკადების ინტენსიური მოძრაობა. მღვიმის თითქმის ჰორიზონტული ფსკერი ოდნავაა დახრილი შესასვლელის მიმართულებით, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მღვიმის შესასვლელს და ასევე I და II სართულების დამაკავშირებელ 10 მეტრის სიმაღლის ვერტიკალურ საფეხურს.

მღვიმის მე-II სართული, ისე როგორც მთლიანად მღვიმე, მოკლებულია მუდმივ და დროებით ნაკადებს. თუმცა წარსულში მთლიანად მღვიმის და განსაკუთრებით მე-II სართულის ფორმირებაში წნევიანი წყლების აქტიური ზემოქმედების უტყუარი ნიშნები დღესაც კარგადაა შემონახული დაწნევითი ნაკადებით მომანდაკებული, დაჩვრეტილი ზედაპირების, მომრგვალებული თაღების, ყრუ ჯიბეებისა და ნიშების სახით. აქ განვითარებული ცალკეული მინიატურული ტბები და მიწისქვეშა ლაგუნები ძირითადად კონდენსაციური და ინფილტრაციული წყლებით საზრდოობენ. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ CO₂-ით კარსტული წყლების გამდიდრებისათვის დამატებით ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ზედაპირზე განვითარებული მასიური ტყის საფარი, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს მცენარეული და ორგანული ნარჩენების ლჷობა. ამას

ემატება ნადნობი თოვლის წყლები, რომელთა აგრესიულობა კარსტვადი ქანების მიმართ ფართოდაა ცნობილი.

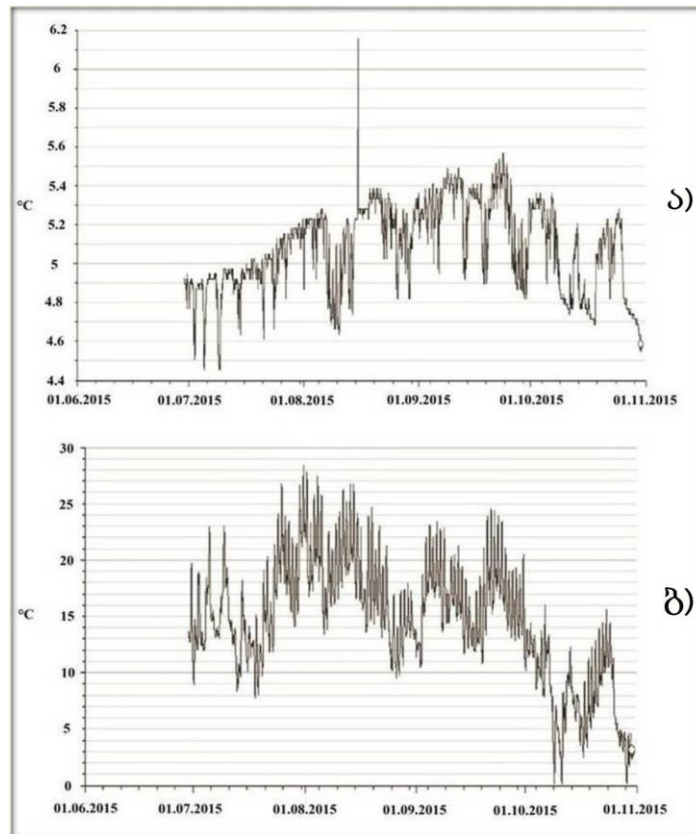
კომპას-ქლინომეტრის და ლაზერული მანძილმზომის გამოყენებით, აგეგმილ იქნა მღვიმის როგორც ძირითადი მაგისტრალი, ასევე ცალკეული განშტოებები, რის საფუძველზედაც სხვადასხვა თანამედროვე პროგრამების გამოყენებით შევადგინეთ მღვიმის სამგანზომილებიანი მოდელი (ნახ. 21).



ნახ. 21. მურადის მღვიმის სამგანზომილებიანი მოდელი

მღვიმის მე-II სართულის ბოლო მონაკვეთის რამდენიმე ათეული მეტრი სიგრძის მაღალჭერიანი დერეფანი მთლიანად ვერტიკალურ ნაპრალშია განვითარებული და გამოირჩევა ნგრეული მასალის სიჭარბით. აქ ფსკერზე, ერთმანეთის მიყოლებით წარმოდგენილია 11 მ, 42 მ, 35 მ და 37 მ სიღრმის კარსტული ჭები, რომლებიც სიღრმეში ვიწრო ნაპრალებისა და ხვრელების საშუალებით ერთმანეთს უკავშირდებიან და დახრილი ვიწრო გვირაბის სახით რამდენიმე ათეული მეტრი სიგრძის ქვედა სართულში გადადის და ბოლოში მიღეჭილი შლამით და გაუვალი ნაპრალით იქოლება. არ გამოვრიცხავთ მღვიმის ქვედა საფეხურის გაგრძელების შესაძლებლობასაც.

ჭების გავრცელების მონაკვეთში საგრძნობია ცივი ჰაერის მოძრაობა, რაც ჯერ კიდევ უცნობი სიღრუეების არსებობაზე მიუთითებს. მღვიმის ამ უბანზე ჰაერის ტემპერატურა შედარებით დაბალია და მონაცვლეობს 2°C-დან 6,2°C-მდე. დაბალია ლაგუნაში ჩამდგარი წყლის ტემპერატურაც 7°C (ნახ. 22).



ნახ. 22. ა). ჰაერის ტემპერატურული მონაცემები აღებულია მურადის მღვიმის ცენტრალურ ნაწილში, სადაც წარმოქმნილია იშვიათი სფერული სტალაქტიტები. ბ). ჰაერის ტემპერატურული მონაცემები აღებულია მღვიმის შესასვლელში. ჰაერის ტემპერატურაზე დაკვირვების ადგილები დატანილია ნახ. 23-ზე (ჰაერის ტემპერატურაზე დაკვირვების მასალა მოგვაწოდა გიგო ონიანმა)

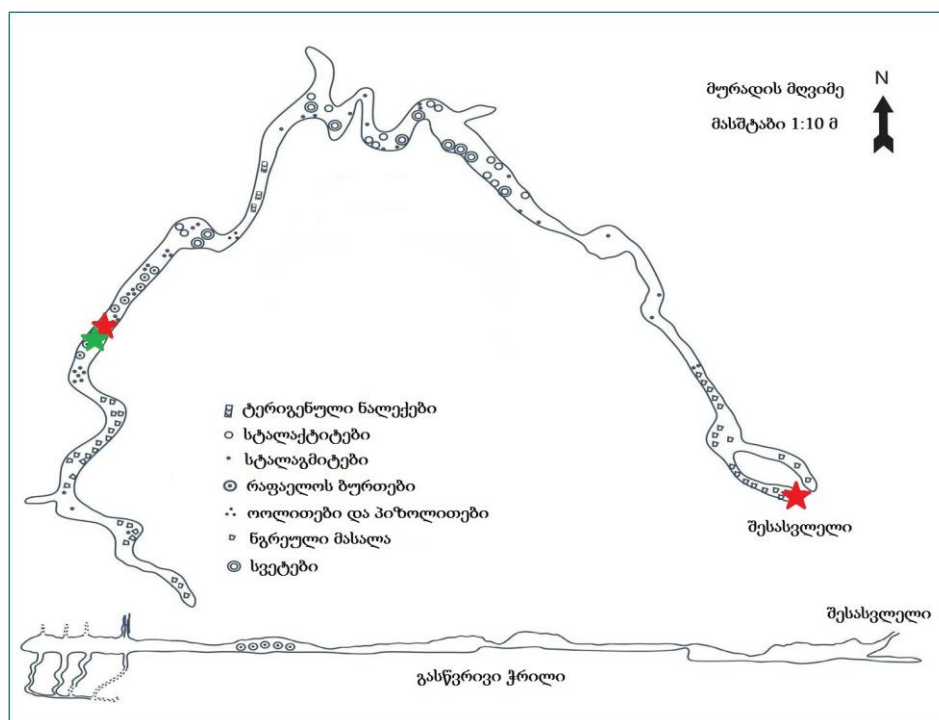
მღვიმეში ყველა სეზონზე ჩატარდა დაკვირვება და შეიძლება ითქვას, რომ მღვიმეში წყლის მუდმივი ნაკადი არ გაედინება, დროებითი ღვარების მოქმედების კვალიც არ შეინიშნება. სამაგიეროდ აქტიურია (განსაკუთრებით მე-II სართულის მონაკვეთში) ინფილტრაციული და კონდესაციური წყლების ზემოქმედება.

როგორც ჩანს, წნევიანი წყლების შემოდინების და აქტიური ზემოქმედების ერთ-ერთ ძირითად უბანს მღვიმის ბოლო მონაკვეთი წარმოადგენდა, სადაც წარმოდგენილია კარსტული ჭები. ამ ადგილში კარგად იკითხება წნევიანი წყლების მოქმედების კვალი, მოშანდაკებული და დაჩვრეტილი ზედაპირების სახით. ამჟამად მღვიმე პერიოდულად ნაკადოვან-ტალანური სტადიიდან მშრალ-ტალანურ სტადიაში გარდამავალ პერიოდში იმყოფება. აქ მღვიმის ნაწილი განიცდის გამოშრობას, ხოლო ნაწილში ინფილტრაციული წყლის ჭავლების და წვეთების მეშვეობით კალციტის ფორმები აქტიურად ვითარდება.

ამრიგად, მურადის მღვიმე აერაციის ზონაში განვითარებულ, სუბჰორიზონტული და ვერტიკალური მონაკვეთებისაგან შემდგარ კომბინირებულ მღვიმეთა ტიპს მიეკუთვნება. როგორც ჩანს, მღვიმის მორფოლოგიაში არსებითი ცვლილებები შეიტანა ჭერის ინტენსიურმა ჩამოქცევებმა, აგრეთვე ფსკერზე ჭების წარმოშობამ, წნევიანი წყლების და თავისუფალი ნაკადების მოქმედებამ და ა.შ.

მიკრორელიეფური ფორმებიდან მღვიმეში წარმოდგენილია მეანდრული მონაკვეთები, სტრუქტურული ტერასული ფრაგმენტები, ევორზიული ქვაბულები, ჭერული კარები, დაწნეითი ნაკადების მიერ მოშანდაკებული და დაჩვრეტილი ზედაპირები. მეანდრული მონაკვეთების სიჭარბით განსაკუთრებით გამოირჩევა მღვიმის მე-II სართული. როგორც ჩანს, მათ ფორმირებაზე არსებითი გავლენა მოახდინა არა იმდენად ამგებელი ქანების ლითოლოგიურმა და სტრუქტურულმა პირობებმა, რამდენადაც წარსულში აქ გამდინარე წყლის ნაკადმა.

ქემოგენური ნალექები მღვიმის წინა ნაწილში (პირველი სართული) და ბოლო მონაკვეთში სუსტადაა წარმოდგენილი. სამაგიეროდ ნალვეთი ფორმებით მდიდარია მღვიმის მე-II სართული, რომლის სხვადასხვა მონაკვეთზე ინტენსიურადაა წამოდგენილი სხვადასხვა ზომის, ფორმის და შეფერილობის სტალაქტიტები, სტალაგმიტები, სტალაგნატები, სვეტები, ჰელიქტიტები, ტრავერტინები, კალციტის გაქვავებული ფარდები და ჩანჩქერები, გაქვავებული კალციტის ტყეები და ყვავილები, მიწისქვეშა ლაგუნები, გურები მათში ჩამდგარი მინიატურული ან მნიშვნელოვანი ფართობის მქონე აუზებით, კალციუმის გაჯერებული ხსნარებიდან წარმოქმნილი-ოოლითები, პიზოლითები და მღვიმური მარგალიტები, თავისებური მინერალური აგრეგატები-კირქვული ცომი, მთვარის რძე, კალციტის ფურცლოვანი ფირფიტები, შრეებრივი ნალექები, კალციტის ქერქი და ა. შ. (ნახ. 23).



ნახ. 23. მურადის მღვიმის სიტუაციური სქემა და გასწვრივი ჭრილი. სქემაზე დატანილია ყველა ის მნიშვნელოვანი კალციტური წარმონაქმნი, რომელიც მივაკვლიეთ მღვიმეში. სქემაზე წითელი ვარსკვლავით აღნიშნულია ადგილები სადაც მოხდა ჰაერის ტემპერატურის გაზომვა, ხოლო მწვანე ვარსკვლავი აღნიშნავს წყლის ნიმუშების და ტემპერატურის აღების ადგილს

მშრალ დერეფნებში კალციტური წარმონაქმნები გამომშრალი ან გამოფიტული სახითაა წარმოდგენილი. აქ არსებული კლიმატური პირობები (მშრალი და ნოტიო მონაკვეთები, მყუდრო და ჰაერის საგრძნობი მოძრაობის მქონე უბნები) ინფილტრაციით და კონდენსაციით მიღებული მაღალი ქიმიური ხსნადობის მქონე წყლის ჰავლები და წვეთები, ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ნალვენთი ფორმების ინტენსიური განვითარებისათვის. აღნიშნულ მონაკვეთში წარმოდგენილია თითქმის ყველა წყალ-ქემოგენული ნალექების ტიპი და ქვეტიპი, რომელიც დღეისათვის დაფიქსირებულია საქართველოს მღვიმეებში.

მსგავსი ფართობის და სისქის კალციტური ქერქი (კალციტური შრეებრივი ნალექები) იშვიათობაა კავკასიის მღვიმეებში და დღემდე მიკვლეულია მხოლოდ ვახუშტი ბაგრატიონის უფსკრულში (აფხაზეთი, საქართველო), რომელიც დიდი ხნის წინ ამომშრალ აუზზეა გადაკრული (ტინტილოზოვი, 1961; 1963). რამდენადმე მსგავსი სურათია მურადის მღვიმეში. აქ კალციტის სქელი ქერქითაა დაფარული მღვიმეში მიკვლეული ტერიგენული ნალექები, რომელთა დაგროვება დიდი ხნის წინ ამომშრალ საგუბარში ან ტბაში (ევორზიულ ქვაბულში) უნდა მომხდარიყო. მურადის მღვიმეში მიკვლეული აღნიშნული კალციტური შრეებრივი ნალექები ანუ კალციტური ქერქი შედგება რითმული მიკროშრეებისაგან, რომელთა შორისაც გამოიყოფა რამდენიმე (5-6) ძირითადი შრე, რომელნიც განსხვავდებიან შეფერილობით და სისქით. ჩვენი აზრით, შრეთა შეფერილობა და სისქე მიუთითებს კლიმატის და ჰიდროლოგიური პირობების ცვლილებაზე (ნახ. 24).



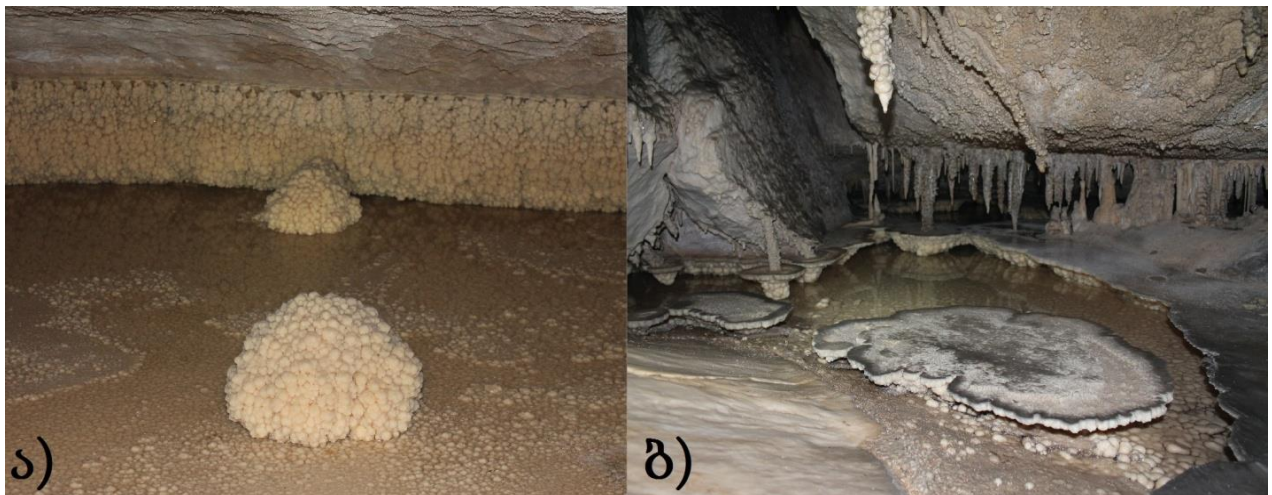
ნახ. 24. კალციტის შრეებრივი ნალექები მურადის მღვიმეში

გამომდინარე აქედან, მსგავსი კალციტური წარმონაქმნების გაღრმავებული ლაბორატორიული (ქიმიური შედგენილობა, სპექტრული ანალიზი და ა. შ.) შესწავლა მნიშვნელოვანი ინფორმაციის შემცველია მღვიმეში ნალექდაგროვების, მღვიმის განვითარების ზოგადი კანონზომიერების და პალეოგეოგრაფიული სურათის დასადგენად.

მღვიმეში მიკვლეული ერთ-ერთი საინტერესო წარმონაქმნია თავისებური მინერალური აგრეგატები ე.წ. კირქვის ცომი და მთვარის რძე, რომელიც არც თუ

ხშირად გვხვდება კავკასიის მღვიმეებში. ჩვენი აზრით, მურადის მღვიმეში მათი წარმოშობა კარსტული წყლების აგრესიული ზემოქმედებითაა განპირობებული. აგრესიული წყლები შლიან რა კარბონატულ სუბსტრატს, განაპირობებენ კირქვის ცომის, მთვარის რძის წარმოქმნას (Hill & Forti, 1997). ზოგიერთი მეცნიერი მსგავსი ფორმების წარმოშობას აქტიურად უკავშირებს მიკროორგანიზმების როლს (Moral et al., 2012; Geze, 1965), თუმცა აქვე უნდა ითქვას, რომ მეცნიერთა ზოგიერთმა ჯგუფმა აფხაზეთსა და ყირიმში მსგავსი ფორმების ლაბორატორიული შესწავლისას მათში მიკროორგანიზმების კვალი ვერ აღმოაჩინეს (Shumenko and Olimpiev, 1977). როგორც ჩანს, მიკროორგანიზმები შესაძლებელია გარკვეულ როლს თამაშობდნენ მსგავსი ფორმების წარმოშობაში, თუმცა არა გადამწყვეტს.

მინერალური კალციტური აგრეგატები-ოოლითები, პიზოლითები და მათი ნაირსახეობები უმთავრესად მიწისქვეშა ლაგუნებში მძლავრი (40-50 სმ) ფენების სახითაა წარმოდგენილი (ნახ. 25).



ნახ. 25. ა). კალციტური ოოლითები და პიზოლითები მურადის მღვიმის ლაგუნაში
ბ). კალციტური აგრეგატები და მათი ნაირსახეობები

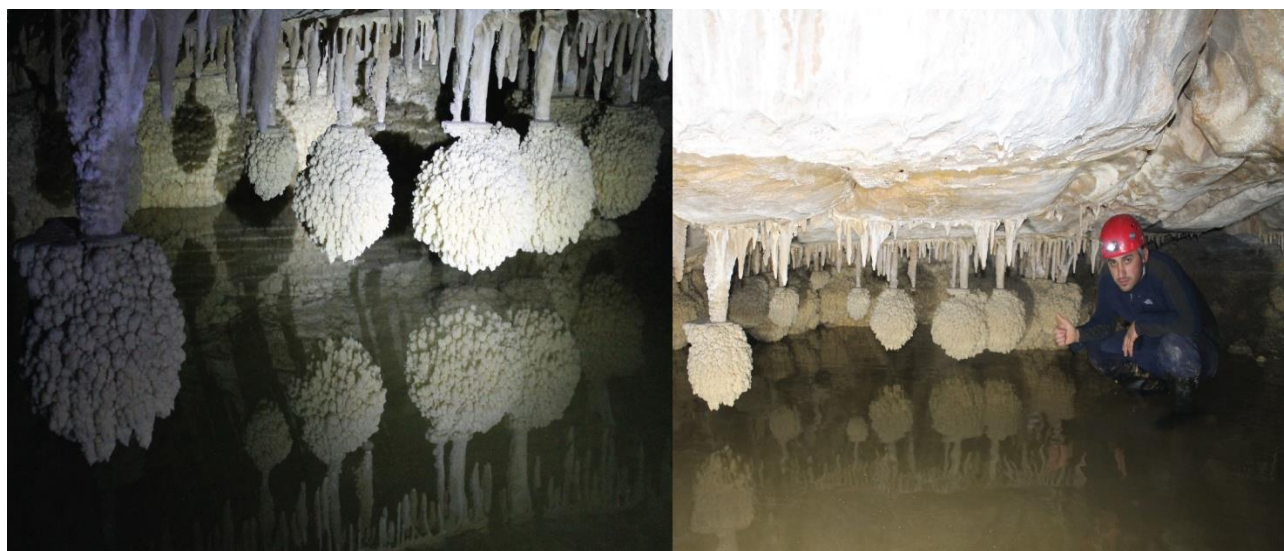
კალციუმის გაჯერებული ხსნარებიდან წარმოშობილი ბურთისებრი, კვერცხისებრი, ცილინდრული და სხვა ფორმის მსგავსი მინერალები (ოოლითები და პიზოლითები) დღეისათვის მიკვლეულია კავკასიის მხოლოდ 13 მღვიმეში, თუმცა სიუხვითა და მრავალფეროვნებით მურადის მღვიმეს ვერც ერთი მათგანი ვერ შეედრება. ამასთან, აქ მიკვლეული ოოლით-პიზოლითების მაქსიმალური სიგრძეები 40-50 მმ-ს აღწევს და ბევრად აღემატება ახალი ათონის მღვიმეში მიკვლეული მინერალების ანალოგიურ მაჩვენებელს (25-30 მმ).

კალციტის ოოლით-პიზოლითური აგრეგატების ზრდის და წარმოშობა-განვითარების პირობები აღწერილია ზ. ტინტილოზოვის შრომებში (Тинтилозов, 1976; 1963). არსებული კვლევების და სავსე პირობებში ჩატარებული დაკვირვებების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ მურადის მღვიმეში წარმოდგენილი კალციტის ოოლით-პიზოლითური და მათი მსგავსი აგრეგატების წარმოშობა-განვითარება

ძირითადად იგივე პირობებში ხდება, როგორც ზემოთ აღნიშნულ ავტორთა შრომებშია მოცემული. როგორც ცნობილია, ეს კონკრეციები შეიძლება წარმოიქმნას როგორც ჭერიდან და სტალაქტიტებიდან ჩამომდინარე წყლის პატარა ჭავლების და წვეთების პროცესში, ასევე ლაგუნაში. აქედან როგორც რაოდენობის, ისე სიდიდის და მრავალფეროვნების მხრივ გამოირჩევა ლაგუნაში წარმოშობილი კონკრეციები.

პიზოლითების და ოოლითების კონკრეციების წარმოქმნის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას ეგუტაციური ორმოებში მათი განუწყვეტელი ბრუნვა წარმოადგენს. ვარდნილი წვეთების და ნაკადების მიერ ჩაღრმავებული ეგუტაციური ორმოები ხასიათდებიან არაერთგვაროვანი ზომებით, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია ჭერიდან გაჟონილი წყლების დებიტთან და მის ენერგიასთან.

მურადის მღვიმეს უნიკალურობას და განუმეორებელ სილამაზეს ანიჭებს კალციტის მინერალური აგრეგატებისაგან (პიზოლითებისა და ოოლითებისაგან) წარმოქმნილი სფერული სტალაქტიტები (რაფაელოს ბურთები). თამამად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მათ ანალოგი არ მოეძებნება კავკასიაში და როგორც ჩანს მსგავსი წარმონაქმნები (მათი ზომის და რაოდენობის გათვალისწინებით) იშვიათია მსოფლიოში (ნახ. 26).



ნახ. 26. „რაფაელოს ბურთები,, მურადის მღვიმეში, უმცირესის გარშემოწერილობა 15-16 სმ-ია, უდიდესის კი 180 სმ

აღნიშნული ფორმები უმთავრესად მღვიმის მყუდრო უბნებსა და მიწისქვეშა ლაგუნებში ჭერიდან ჩამოზრდილი სტალაქტიტების ბოლოებზე ჩამოკიდებული, ერთ სიბრტყეში განლაგებული, სხვადასხვა ზომის კალციტის ბურთების სახითაა წარმოდგენილი. როგორც ჩანს, წყალში ერთ დონეზე განიცადეს ფორმირება და შემდგომ წყლის დონის დაწევის შედეგად აღმოჩნდნენ გარკვეულ სიმაღლეებზე ჩამოკიდებულნი (Asanidze et al., 2017; Sallstedt et al., 2014; Moral et al., 2012; Borsato et al., 2000; Perrin et al., 2014; Merino et al., 2014; Jacek, 2015).

აღნიშნული ფორმებიდან გეოქიმიური ანალიზებისათვის ავიღეთ რამდენიმე ნიმუში, რათა დაგვედგინა მასში არსებული მინერალების შედგენილობა. როგორც ნიმუშის ანალიზიდან გაირკვა შემადგენლობაში ფიგურირებს 100% კალციტის

მინერალი (კვლევა განხორციელდა აშშ-ის დასავლეთ კენტუკის უნივერსიტეტის გეოქიმიურ ლაბორატორიაში, უშუალოდ დისერტაციის ავტორის ინტერესებიდან გამომდინარე). მსგავსი ფორმების არსებობის დროს (მათი გენეზისის და ნაწილობრივ შეფერილობის გათვალისწინებით) მეცნიერები ყოველთვის გამოთქვავენ მოსაზრებას კალციტისა და არაგონიტის მინერალის არსებობის შესახებ (Bieniok et al., 2011), თუმცა არ შემთხვევაში აღნიშნულ ფორმებში არაგონიტის მინერალი არ დაფიქსირდა (Asanidze et al., 2017). აქედან გამომდინარე, ჩვენს მიერ ჩატარებული გეოქიმიური კვლევები შედეგები თავის მხრივ გამორიცხავს აღნიშნული ფორმების ჩამოყალიბების პროცესში სხვა მინერალების მონაწილეობას.

წყალ-მექანიკური ნალექებიდან მღვიმეში გვხვდება მდინარეული (ალუვიონი, ღორღი, ქვიშა, ლამი) და ტბიურ-კოლმატაციური (თიხნარ-ქვიშნარი ფრაქცია) ნალექები. ისინი ძირითადად ევორზიულ და კოლმატაციურ ქვაბულებთანაა დაკავშირებული ან მღვიმის კედლებზე ცალკეული ფრაგმენტებადაა შემორჩენილი. განსაკუთრებით საყურადღებოა მღვიმის მე-II სართულის ცენტრალურ ნაწილში, ფართო დერეფნის ერთ-ერთი კედლის ძირში მიკვლეული ტერიგენული ნალექების მასიურ (3 მ-მდე) შრეთა უნიკალური ბუნებრივი გამიშვლება, რომელიც მასზე დალექილი კალციტური ქერქის წყალობით იდეალურადაა (ხელუხლებლად) შემორჩენილი. აღნიშნული ტერიგენული ნალექების მსგავსი მასიური გამიშვლება, სადაც ასე იდეალურადაა შემონახული მღვიმეში ნალექების დაგროვების სრული ციკლი (თვით უძველესი ნალექებიც) საქართველოს მღვიმეებში დღემდე არ არის დაფიქსირებული.

აღნიშნული ტერიგენული ნალექების დაგროვება, როგორც ჩანს უნდა მომხდარიყო მღვიმის ამ მონაკვეთში განვითარებულ წყალბრუნვის (ევორზიულ) ქვაბულში, სადაც ნალექების დაგროვებისათვის კარგი მორფოლოგიური პირობები შეიქმნა, ხოლო შემდგომ მათი გარეცხვისათვის ნაკლებად ხელსაყრელი პირობები არსებობდა. ტერიგენული ნალექების ვიზუალური დაკვირვების საფუძველზე შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ მღვიმემ საკმაოდ ხანგრძლივი ნაკადოვანი და წყლიანი პერიოდები განვლო (წყლებით გამოვსებული, ტბიურ-კოლმატაციური, მუდმივ-ნაკადოვანი, პერიოდულად ნაკადოვანი და დროებითი ღვარების). მღვიმური ნალექების თითქმის ყველა შრე დალექილია გამდინარე ან დამდგარ წყალში, რასაც ადასტურებს შრეების მკვეთრი ფერით გამოყოფა ერთმანეთისაგან. დამდგარ წყალში დალექილი შრეების საზღვრები თითქმის ჰორიზონტალური და სწორხაზოვანია, ხოლო გამდინარე წყალში დალექილი კი არასწორხაზოვანი. ამასთან შრეებში და შრეებს შორის გამოიყოფა შუაშრეები, ლინზები და ჯიბეები.

ლოდნარ-ნაზვავი ნალექები მღვიმეში მნიშვნელოვნადაა წარმოდგენილი. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა მღვიმის პირველი სართული და ბოლო (კარსტული ქების) მონაკვეთები. ისინი ჭერში გამავალი კარგად გამოხატული ვერტიკალური ტექტონიკური ნაპრალების ურთიერთგადაკვეთის უბნებთან არიან დაკავშირებულნი. როგორც ჩანს მღვიმემ წარსულში მნიშვნელოვანი სიძლიერის ნგრევა განიცადა, რის გამოც მღვიმეში წარმოიქმნა დიდი რაოდენობით ლოდნარ-ნაზვავი მასალა. საექსპედიციო ჯგუფის მიერ, მურადის მღვიმის ერთ-ერთ დარბაზს, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის, საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის, ალექსანდრე ჯავახიშვილის სახელი ეწოდა, რომელიც მიედღვნა მის 140 წლის იუბილეს (ნახ. 27).



ნახ. 27. ალექსანდრე ჯავახიშვილის სახელობის დარბაზი მურადის მღვიმეში

მიგვაჩნია, რომ მურადის მღვიმე თავისი მდებარეობით, მორფოლოგიით და მასში წარმოქმნილი უნიკალური მღვიმური ფორმების (სფერული სტალაქტიტები) ესთეტიური ფაქტორის გათვალისწინებით, მნიშვნელოვანი ობიექტია სპელეო-ტურიზმის განვითარებისათვის და აუცილებელია რომ კეთილმოეწყოს.

❖ **ცივწყალას მღვიმე**–მდებარეობს ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში, რაჭის კირქვული მასივის ჩრდილოეთ კალთაზე, სოფელ ნიკორწმინდადან 1,5 კმ-ზე, ნიკორწმინდა-ხონჭიორის საავტომობილო გზიდან 600 მეტრით ირიბათ ვეშვებით ხეობის ძირისკენ მდ. შარეულას სათავეში. რამდენიმე კილომეტრიანი წყალკარგვის შემდეგ სწორედ ამ ადგილზე ხდება მდ. შარეულას ზედაპირზე გამოსვლა. აღნიშნულ ადგილს ადგილობრივი მოსახლეობა უწოდებს „ადგილ უდაბნოს“. ცივწყალას მღვიმე გამომუშავებულია ქვედაცარცული ასაკის სქელშრეებრივ მასიურ კირქვებში, ტექტონიკური ნაპრალის გასწვრივ.

მღვიმე იხსნება კლდოვანი ფერდობის ძირში ზ.დ 1128 მეტრ სიმაღლეზე. მღვიმის შესასვლელს აქვს თაღისებური ფორმა, რომლის სიმაღლე 2.9 მ-ია, ხოლო სიგანე 11,8 მ (ნახ. 28). მღვიმე ჰორიზონტალურია და შესასვლელიდან ჭერი ოდნავ დაბლდება. აღსანიშნავია, რომ ძველ სამეცნიერო წყაროებში აღწერილია, რომ მღვიმე 160 მეტრის გავლის შემდეგ იხშობა სიფონური ტბით, რომლის იქით მიწისქვეშა ხეობაა განვითარებული, რომლის კალაპოტში წყლის სიღრმე 3-4 მეტრია, გვირაბი 200 მეტრის შემდეგ ისევ სიფონური ტბით იკეტება.

თუმცა დღეისათვის სრულიად სხვა ვითარება გვაქვს. მღვიმის შესასვლელშივე, თაღის ქვეშ ვაწყდებით სიფონურ ტბას, რომლის დასაძლევად საჭიროა მყვინთავის გამოცდილება და სპელეოლოგიური საჭურველი.



ნახ. 28. ცივწყალას მღვიმის შესასვლელი

ტბის სიგრძე დაახლოებით 32-35 მეტრია, ხოლო სიგანე 15 მეტრი რომელიც სიღრმისკენ თანდათან ვიწროვდება. სიმაღლე სიფონური ტბის ზედაპირიდან ჭერამდე შეადგენს 3-4 მეტრს. ჭერიდან ჩამოზრდილია ნალვენთი ფორმები სტალაქტიტების სახით. მორფომეტრიულ პარამეტრებთან ერთად ქვემოთ მოცემულია ტემპერატურული დაკვირვების მონაცემები (ცხრილი. 5). ჭერიდან და კედლებიდან ინტენსიურად წვეთავს წყალი, რის გამოც წლის ყველა პერიოდში კედლები სველია. მღვიმიდან გამოედინება მძლავრი ნაკადი (დაახლოებით 400 ლ/წმ, რომელიც 25-30 მეტრში უერთდება მდ. შარეულას.

ცხრილი 5. ცივწყალას მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

ცივწყალას მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1128	მ
2	შესასვლელი თაღის სიგანე	15	მ
3	ფსკერის საშუალო ფართობი	10 000	მ ²
4	საერთო მოცულობა	50 000	მ ³
5	ჯამური სიგრძე	?	მ
6	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	18,2-15,8	°C
7	შეფარდებითი სინოტივე	77	%
8	წყლის ტემპერატურა შესასვლელთან	5,2	°C
ცივწყალას მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-341103, N-4703795			

მღვიმური ნაკადი გამოიყენება ქ. ტყიბულის წყალმომარაგებისათვის. პირველ სიფონამდე გამოკვეთულია თ. კიკნაძის, ი. ავდალოვის და კ. რაქვიაშვილის მიერ 1966 წელს. 1984 წ. იანვარში პირველი სიფონი გავლილი იქნა ვ. იაშკინისა და ვ. არეფიევის მიერ. მეორე სიფონის მომდევნო ნაწილი გავლილ იქნა 1987 წელს რ. ბატრუდინოვის, ა. ბურმაგას, ს. ილიუხინის და პ. მინენკოვის მიერ (ტატაშიძე და სხვ., 2009). შესაძლებელია ცივწყალას მღვიმის სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით გამოყენება.

❖ შარეულას (შაორა-შარეულას) მღვიმე–მდებარეობს ცხრაჯვარი-ლეკნარის რაიონში, რაჭის კირქვული მასივის ჩრდილოეთ კალთაზე, სოფელ ნიკორწმინდიდან 1,5 კმ-ზე. ნიკორწმინდა-ხოჭიორის საავტომობილო გზიდან 600 მეტრით ირიბათ ვეშვებით მდ. შარეულას ხეობის ძირისაკენ (ნახ. 29).



ნახ. 29. შარეულას მღვიმის შესასვლელი

სწორედ შარეულას მღვიმიდან გამომავალი მძლავრი კარსტული ნაკადით იზადება მდ. შარეულა, რომელიც შაორის წყალსაცავიდან იკვებება. მდინარე ადგილ ხერგას მრავალრიცხოვან სასულებსა და ჭებში იკარგება და 1,5-2 კმ მიწისქვეშა დინების შემდეგ გამოდის მის მიერვე გაჩენილ შარეულას მღვიმეში. წყალი სუფთაა და გამჭირვალე. მღვიმე გამომუშავებულია ქვედაცარცული ასაკის, ბარემულ სქელშრეებრივ მასიურ კირქვებში, ტექტონიკური ნაპრალის გასწვრივ.

მღვიმის შესასვლელი არის თაღისებური ფორმის, რომლის მაქსიმალური სიგანე არის 33 მ, სიმაღლე კი შეადგენს 13 მ-ს (ცხრილი. 6).

ცხრილი 6. შარეულას მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

სიმაღლე ზ.დ., მ	სიგანე მინიმალური და მაქსიმალური, მ	ფსკერის ფართობი, მ ²	საერთო მოცულობა, მ ³	შესასვლელ- თან ჰაერის ტემპერატურა მშრალი და სველი, °C	წყლის ტემპერატურა °C და შეფარდებითი სინოტივე, %
1126	13-33	2500	11000	18-16	8-81
შარეულას მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-341138, N-4703815					

შესასვლელშივე ვაწყდებით სიფონურ ტბას, რომელიც სიღრმეში მიუყვება მღვიმეს, რომლის დასაძლევად აუცილებელია რეზინის ნავი, სპელეოლოგიური საჭურველი და მყვინთავის გამოცდილება. მღვიმეში, სიფონური ტბის ზედაპირიდან

ჭერამდე სიმაღლე შეადგენს 3 მეტრს, ტბის სიგანე 13-14 მეტრია, რომელიც სიღრმეში თანდათან ვიწროვდება, ტბის ზუსტი სიგრძე ვერ დავაფიქსირეთ რადგან ტბაში შეუძლებელია სპელეო-აღჭურვილობის გარეშე შესვლა, თვალის ზომით სიგრძე დაახლოებით 100 მეტრია. მღვიმიდან გამოედინება მძლავრი ნაკადი, რომელიც მდ. შარეულას სახელწოდებითაა ცნობილი. ქიმიური ნალექებიდან ჭერზე შეინიშნება მცირე ზომის ნალვეთი ფორმები სტალაქტიტების სახით.

მღვიმის შესასვლელთან მარჯვენა მხარეს შეინიშნება „პონორი“ სადაც ჩაედინება მღვიმიდან გამომავალი წყლის ნაკადის ნაწილი. მღვიმე გამოკვლეულია მეცნიერებათა აკადემიის სპელეოლოგიური კომისიის ექსპედიციის მიერ 1966 წელს, თ. კიკნაძის ხელმძღვანელობით (ყიფიანი და სხვ., 1966). შარეულას მღვიმე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმისათვის განვითარებისათვის, კერძოდ იდიალურია სპელეო-დაივინგის თვალსაზრისით.

❖ **საყინულეს (ნიკორწმინდის) მღვიმე**–მდებარეობს შაორი-საწალიკეს რაიონში, სოფ. ნიკორწმინდის სამხრეთ-დასავლეთით, სოფ. ნიკორწმინდა-ხონჭიორის საავტომობილო გზიდან 1.5 კმ-ზე. გამომუშავებულია ქვედაცარცული ასაკის, ურგონული ფაციესის სქელშრეებრივ მასიურ კირქვებში.

საყინულეს შესასვლელი იხსნება ზ.დ 1225 მეტრზე. შესასვლელს აქვს თაღისებური ფორმა, რომლის სიმაღლე 30 მეტრს აჭარბებს, ხოლო სიგანე 55 მეტრია. ქიმიური ნალექებით ღარიბია, ფსკერზე მრავლადაა ჭერიდან ჩამოშლილი ლოდები. ლოდების სიღრმიდან შეინიშნება ინტენსიური ცივი ნაკადების აღმავალი მოძრაობა, რომელიც სხვა პირობებთან ერთად ყინულის წარმოქმნისათვის ქმნის იდეალურ პირობებს, რის გამოც მღვიმეში ზამთარ-ზაფხულ შენარჩუნებულია ყინულის ლოდები, რომელსაც მოსახლეობა ადრე იყენებდა სამეურნეო დანიშნულებისათვის (ნახ. 30). ჭერზე შეინიშნება მცირე ნაპრალები, საიდანაც ინტენსიურად წვეთავს წყალი. მღვიმე-საყინულე ადვილი გასავლელია. მღვიმეში ჰაერის ტემპერატურა საგრძნობლად დაბალია და მერყეობს 3°C-დან 5°C -მდე (ცხრილი. 7)



ნახ. 30. ყინულის ფრაგმენტები საყინულეს მღვიმეში

ცხრილი 7. ნიკორწმინდას მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

სიმაღლე ზ.დ., მ	სიგანე მინიმა- ლური და მაქსიმა- ლური, მ	ფსკერის ფართობი, მ ²	საერთო მოცულობა, მ ³	შესასვლელთან ჰაერის ტემპერატურა მშრალი და სველი, °C	შეფარდე- ბითი სინოტივე, %	ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში მშრალი და სველი, °C
1225	15-55	1800	10000	22-19	85	4,1-6,2
ნიკორწმინდას მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-340150, N-4702260						

1965 წლის აღწერით, მღვიმეში არსებობდა 13 მეტრის სიღრმის ჭა, რომელიც იქოლებოდა, ასევე აღნიშნულია მღვიმეში ნაპრაღის არსებობა, რომელიც 30 მეტრში იხურებოდა. თუმცა დღეისათვის მსგავსი რამ არ შეინიშნება მღვიმეში. საფიქრებელია რომ, აღნიშნული ჭა დაფარულიყო დიდძალი ლოდნარ-ნაზვავი მასალით და ასევე იქ არსებული ნაპრაღი ჩამოშლილიყო ნაზვავების სახით გარკვეული გაელოგიური და ტექტონიკური ფაქტორების გათვალისწინებით. შედგენილია გეგმა და გასწვრივი ჭრილი. გამოკვლეულია რ. ჯანაშვილისა და კ. რაქვიაშვილის მიერ 60-იან წლებში.

ნიკორწმინდას მღვიმე აბსოლიტურად უსაფრთხოა ტურისტებისათვის და შესაძლებელია მისი სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით გამოყენება. ამავე დროს აუცილებელია, რომ მღვიმეს მიენიჭოს ბუნების ძეგლის სტატუსი.

❖ **უშოლთას (განჯარეული) მღვიმე**—მდებარეობს ხიხათა-შქმერის რაიონში, მდ. ხეორის მარცხენა ფერდობზე, სოფელ უშოლთაიდან 2 კმ-ზე, ხიხათას მთის ჩრდილო-აღმოსავლულ კალთაზე. სიმაღლე ზ.დ 1817 მ. გამომუშავებულია ზედაცარცულ, მასიურ, სქელშრეებრივ კირქვებში. შესასვლელი ოთხკუთხა ფორმისაა (ნახ. 31).



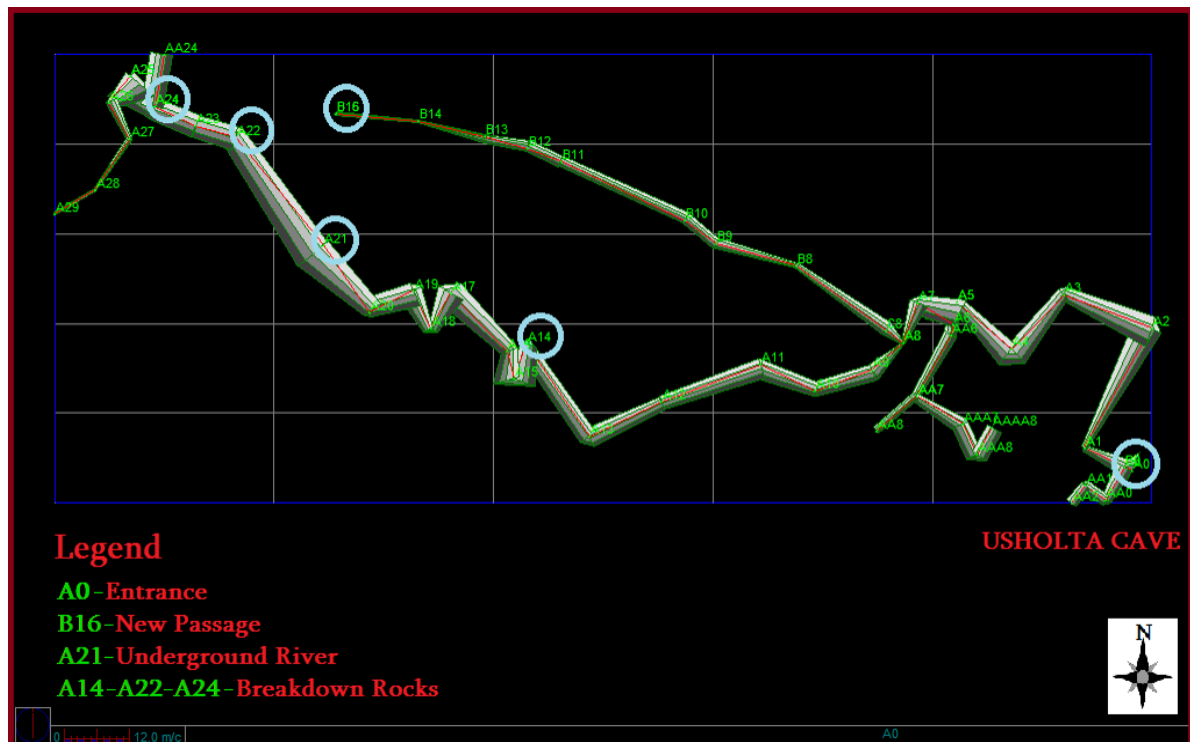
ნახ. 31. უშოლთას მღვიმის შესასვლელი

თაღის სიმაღლე 7,58 მ. სიგანე 6,38 მ. პირველი შესასვლელის (ტალანი) სიგრძე 21-მეტრია, ძირითადი გვირაბის სიგანე 4 მ-ია, ზოგ ადგილზე 10 მეტრამდეა, სიმაღლე 5-8 მეტრი. ძირითადი გვირაბის სიგრძე 1200 მეტრია (ცხრილი. 8).

ცხრილი 8. უშოლთას მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

უშოლთას მღვიმე			საზომი ერთეული
1	ძირითადი მაგისტრალის სიგრძე	1200	მ
2	სიმაღლე ზ.დ	1817	მ
3	შესასვლელი თაღის სიგანე	7,38	მ
4	ფსკერის საშუალო ფართობი	8000	მ ²
5	საერთო მოცულობა	35000	მ ³
6	მღვიმის სავარაუდო გაგრძელება	1000	მ
7	საშუალო სიგანე	6	მ
8	საშუალო სიმაღლე	5	მ
9	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	13-12	°C
10	შეფარდებითი სინოტივე	89	%
11	ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში, მშრალი და სველი	7,1-5,9	°C
12	წყლის ტემპერატურა შესასვლელთან	5	°C
13	წყლის ტემპერატურა მღვიმეში	4.8	°C
უშოლთას მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-367469, N-4706462			

უშოლთას მღვიმის დეტალური აგებმვის შემდეგ (განხორციელდა როგორც მორფომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა, ასევე მღვიმის დახრილობის და მიმართულების დადგენა) ჩვენ შევადგინეთ მღვიმის დეტალური, სამგანზომილებიანი მოდელი (ნახ. 32).



ნახ. 32. უშოლთას კარსტული მღვიმის 3D მოდელი

მღვიმეში მრავლადაა სხვადასხვა მიმართულების განშტოებები. მღვიმე, შუა მონაკვეთზე ორად იყოფა, ერთი მშრალია ხოლო მეორედან გამოედინება ნაკადი, რომელიც მღვიმიდან გამოსვლის შემდგომ იწოდება როგორც მდ. ბნელეთურა. მღვიმის წყალს ფსკერზე ჩაჭრილი აქვს კალაპოტი, რომელიც მღვიმიდან გამოსვლისას წარმოშობს 3-4 მეტრის სიმაღლის ჩანჩქერს. მღვიმის სხვადასხვა მონაკვეთზე ფსკერი დაფარულია ჭერიდან ჩამოცვენილი კირქვის ლოდებით, რომელიც ართულებს გადაადგილებას.

მღვიმის შესასვლელთან და ასევე შიგნით რამდენჯერმე ჩატარდა ეპიზოდური სპელეო-კლიმატური დაკვირვებები, თუმცა არ ყოფილა არსებითი მნიშვნელოვანი ცვლილება როგორც ჰაერის ისე წყლის ტემპერატურის გაზომვისას. ასევე არ შეინიშნება ნაკადის მნიშვნელოვანი ცვალებადობა და თითქმის ინარჩუნებს ერთ დონეს.

ჩვენი ჯგუფის მიერ უშოლთა-შქმერის კარსტულ პლატოზე არსებულ უშოლთას კარსტულ მღვიმეში, 2015 წლის აგვისტოში მიკვლეულ იქნა ახალი განშტოება, რომელიც მანამდე უცნობი იყო სამეცნიერო თვალსაზრისით. აღნიშნული მონაკვეთი როგორც ეს პირველადმა დაზვერვამ აჩვენა 1 კმ-მდეა. ასევე არაა გამორიცხული აღნიშნულ მონაკვეთს კიდევ ჰქონდეს გაგრძელება და შესაძლებელია დაკავშირებული იყოს ხიხათას მასივზე არსებულ რომელიმე კარსტულ მღვიმესთან. დაგეგმილია აღნიშნული განშტოების გამოკვლევა, თუმცა იგი გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, რადგან განშტოება პერიოდულად ძალიან ვიწროვდება, რაც სიღრმეში გადაადგილებას კიდევ უფრო აძნელებს.

1970-73 წლებში უშოლთას მღვიმეში მუშაობდა მეცნ. აკადემიის სპელეოლოგიური საბჭოს რაზმი (თ. კიკნაძე, კ. რაქვიაშვილი). 1977-78 წლებში გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეო-ექსპედიციამ (ჯ. ჯიშკარიანი, ო. ერქომაიშვილი) გამოავლინა და აგეგმა მღვიმის უცნობი განშტოებები (ტატაშიძე და სხვ., 2009).

უნდა აღინიშნოს, რომ უშოლთას მღვიმის მდებარეობა და მისი მორფოლოგიური მრავალფეროვნება იდიალურ პირობებს ქმნის რეგიონში ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმის განვითარებისათვის, რაც ვფიქრობ ხელს შეუწყობს რეგიონში სპელეო-ტურიზმის პოპულარიზაციას და მის შემდგომ განვითარებას.

❖ **კილობანას მღვიმე**–მდებარეობს შაორი-საწალიკეს რაიონში, საწალიკის მთის ჩრდილო ფერდობზე, მდ. ღორწყალის მარცხენა მხარეს, სოფ. თლუდი–სხარტალის საავტომობილო გზიდან დაახლოებით 100 მეტრში. გამომუშავებულია ქვედა ცარცულ მასიურ, სქელშრებრივ კირქვებში. მღვიმის შესასვლელი იხსნება ზ.დ. 1177 მეტრზე, სუბჰორიზონტული წყლიანი მღვიმე.

შესასვლელი თაღის სიმაღლე 7 მ, სიგანე 8,5 მ. მთავარი განშტოების სიგრძე პირველ სიფონამდე 40 მ-ია (ცხრილი. 9). შესასვლელიდან 15 მეტრში არის 2,5 მეტრიანი ვერტიკალური ჩასასვლელი რის შემდეგ მივუყვებით მთავარ გვირაბს დაახლოებით 25 მ სიგრძეზე და 2 მეტრიანი ვარდნილით ვაწყდებით სიფონურ ტბას (ნახ. 33).



ნახ. 33. წყლის ტემპერატურის გაზომვა კიდობანას მღვიმეში

ტბის სარკის ფართობი საშუალოდ 16 კვ/მ-ია. ტბაში შეინიშნება გასასვლელი, რომლის დასაძლევად აუცილებელია სპელეოლოგიური საჭურველი და აკვალანგის გამოყენება, ტბის თავზე დარბაზის სიგანე არის 2,20 მ, სიმაღლე ტბის ზედაპირიდან ჭერამდე შეადგენს 5 მეტრს. ჭერზე განვითარებულია ნაპრალი რომლის სიგანე 1 მ, ხოლო სიმაღლე 3 მ-ია.

ფსკერზე შეინიშნება ულამაზესი ფორმები „გურები“, ჭერზე რამოდენიმე ადგილზე არის კალციტის გაქვავებული ფარდები, რომელიც უდიდეს შთაბეჭდილებას ტოვებს მნახველზე. ჭერიდან ალაგ-ალაგ წვეთავს წყალი. ქიმიური ნალექებიდან დამახასიათებელია მხოლოდ სტალაქტიტები.

მღვიმე პირველ სიფონამდე ადვილი გასავლელია, მღვიმეში მრავალ ადგილზე შეინიშნება წყალდიდობის კვალი, რომელიც სავარაუდოდ დაკავშირებული უნდა იყოს ინტენსიურ, თავსხმა წვიმიან პერიოდებთან. შესაძლებელია კიდობანას მღვიმის სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით გამოყენება.

ცხრილი 9. კიდობანას მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

კიდობანას მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1177	მ
2	მაგისტრალის სიგრძე პირველ სიფონამდე	40	მ
3	შესასვლელი თაღის სიგანე	8,50	მ
4	შესასვლელი თაღის სიმაღლე	7	მ
5	ფსკერის საშუალო ფართობი	1500	მ²
6	საერთო მოცულობა	5000	მ³
7	ჰაერის ტემპერატურა შესავლელთან, მშრალი და სველი	18-16,4	°C
8	ჰაერის ტემპერატურა სიფონური ტბის თავზე	8	°C
9	შეფარდებითი სინოტივე	91	%
10	სიფონის წყლის ტემპერატურა	5.8	°C
კიდობანას მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-347483, N-4699639			

1971-72 წლებში მღვიმის წინა მონაკვეთი გამოიკვლია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სპელეოლოგიური კომისიის ექსპედიციამ (რაკვიაშვილი, 1985).

❖ **საკიშორეს მღვიმე**–მდებარეობს შაორი-საწალიკეს რაიონში, სოფ. ბეთლევადიდან 1 კმ-ზე, საწალიკის მთის ჩრდილო ფერდობზე, მდ. ღორწყალის მარცხენა მხარეს, ადგილ ჩოლოგას მიმდებარე ტერიტორიაზე. მღვიმის შესასვლელი იხსნება ზ.დ 1165 მეტრზე. მღვიმე არის მეანდრირებული ფორმის სიღრუე, რომელიც გამომუშავებულია ქვედა ცარცულ სქელშრეებრივ კირქვებში, ფსკერზე გამავალი წყლის ნაკადით, 10 ლ/წმ.

შესასვლელიდანვე მღვიმის სიგანე არის 2-3 მეტრი, სიმაღლე 5-6 მეტრი, კარგად გამომუშავებული კანიონისებური ფსკერით, პირველ სიფონამდე მანძილი 28-30 მეტრია (ცხრილი. 10). სიფონის დასაძლევად საჭიროა სპელეოლოგიური საჭურველი. სიფონური ტბის სიღრმე 2-2,5 მეტრია, სიფონი არის წრიული ფორმის, დიამეტრი 4-5 მ, სარკის ფართობი 9-12 კვ/მ (ნახ. 34).

მღვიმეში, პირველ სიფონამდე ნაღვენთი ფორმები თითქმის არ გვხვდება, ალაგ-ალაგ მხოლოდ კალციტის მცირე ნაღვენთებია გაჩენილი. ფსკერზე მინიატურული გურებია. მღვიმის შორეული ნაწილების გამოსაკვლევად საჭიროა აკვალანგების გამოყენება. შესაძლებელია მღვიმის სპელეო-სპორტულ ობიექტად გამოყენება. სიფონის თავზე კარსტული ბუხარია, ქვედა დერეფნის თავზე გადადის მეორე სართული, რომელიც სიფონის თავზეა მოქცეული. ერთ-ერთი ბუხრიდან წყლის მოქმედების კვალი შეინიშნება, რომელიც ზედაპირიდან ჩამოედინება. კარსტული ბუხრის სიმაღლე 5-6 მეტრია, სიგანე 1-1,5 მეტრი.

ცხრილი 10. საკიშორეს მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

საკიშორეს მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1165	მ
2	მაგისტრალის სიგრძე პირველ სიფონამდე	30	მ
3	შესასვლელის სიგანე	2-3	მ
4	შესასვლელის სიმაღლე	5-6	მ
5	ფსკერის საშუალო ფართობი	2500	მ ²
6	საერთო მოცულობა	10000	მ ³
7	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	19,5-17,8	°C
8	ჰაერის ტემპერატურა სიფონური ტბის თავზე, მშრალი და სველი	8-7,3	°C
9	შეფარდებითი სინოტივე	84	%
10	სიფონის წყლის ტემპერატურა	6.3	°C
საკიშორეს მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-348610, N-4700533			



ნახ. 34. სიფონური ტბა საკიშორეს მღვიმეში

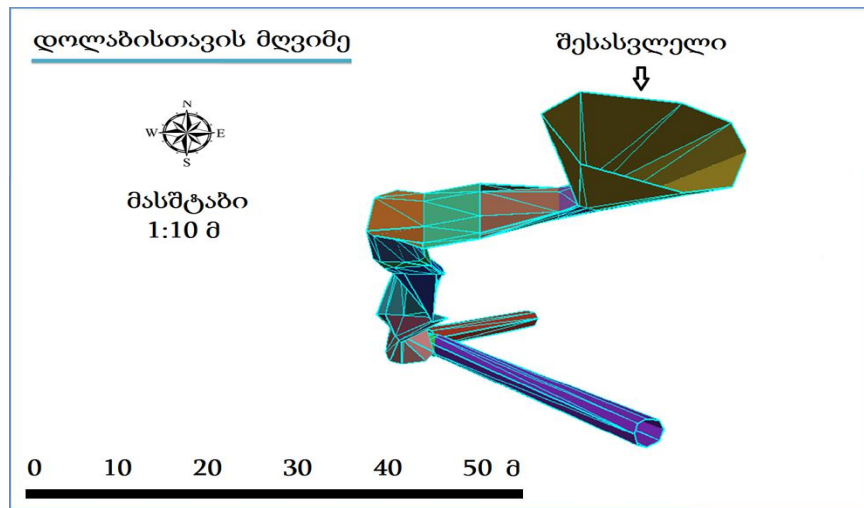
1987 წლის იანვარში ვ. ბოგდანოვის მიერ ნაპოვნი იქნა ტროგლო-ბიონტების ახალი სახეობა: მრავალფეხიანები–Diplopoda, Acrhileucogworgia: მთიბავეები-Opilones, გვარი Nemaspora და ჟუჟელიცა ტრიქინების სახეობა Inotrechus Kuknagon; აგრეთვე წურბელების ტროგლობიონტური სახეობა-Hirudinea. დამურებიდან მიკვლეულია Rhinolophus Ferrumeguinum და Rhinolophus Hipposideros ერთეული ინდივიდები, ხოლო Miniopterus Schreibersi-ის უდიდესი კოლონია საქართველოში.

ძველ აღწერებში ვკითხულობთ, რომ მღვიმეში უხვადაა წარმოდგენილი სხვადასხვა ზომის და სიმაღლის სტალაქტიტები, სტალაგმიტები, ჰელიქტიტები, კოლონები და სხვა. აგრეთვე მღვიმეში ნაპოვნი მღვიმური მარგალიტები. თუმცა დღეისათვის ასეთი სურათი მღვიმეში არ გვხვდება.

60-70-იან წლებში გამოიკვლია გეოგრაფიისა და სპელეოლოგიური კომისიის ექსპედიციებმა. 1984 წლის ნოემბერში ვ. კომაროვისა და ვ. კისელევის მიერ მღვიმე აგეგმილ იქნა მეორე სიფონამდე, 1977 წელს გავლილ და აგეგმილ იქნა მღვიმის შორეული უბნები და გადალახულ იქნა მეორე (სიგრძე 25 მ) და მესამე (60 მ) სიფონი ი. ალექსანდროვისა და ვ. ბოგდანოვის მიერ (Кавришвили & Маткава, 1978; Раквиашвили, 1985). შესაძლებელია საკიშორეს მღვიმის სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით გამოყენება.

❖ **დოლაბისტავის მღვიმე**–მდებარეობს შაორი-საწალიკეს რაიონში, კირქვული მასივის ჩრდილო ფერდობზე, სოფ. სხარტალში. მღვიმის შესასვლელი იხსნება ზ.დ 1170 მეტრზე. მღვიმე გამომუშავებულია ქვედა ცარცულ, მასიურ კირქვებში. მღვიმის შესასვლელის სიმაღლე 2-3 მეტრია, სიგანე 7-8 მეტრი. ფსკერზე გიგანტური ლოდებია, ლოდებში ვიწრო გასასვლელია, რომელიც მღვიმის სიღრმისაკენ მიემართება. კედლები სველია ზედაპირული წყლის ჩამონადენით, შესასვლელი ვიწროა და დაბალი, ისმის წყლის ნაკადის ხმა ფსკერიდან. შესასვლელიდან 30 მეტრში ვიწრო ყელით მდინარის ფსკერამდე (კალაპოტი) ვეშვებით, სადაც გაედინება მდინარის ნაკადი.

მღვიმეში ჩატარებული დეტალური აგეგმვისა და მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე შეიქმნა მღვიმის სამგანზომილებიანი მოდელი (ნახ. 35).



ნახ. 35. დოლაბისთავის მღვიმის 3D მოდელი

ჩვენ რამდენჯერმე ჩავატარეთ მღვიმეში ეპიზოდური სპელეო-კლიმატური დაკვირვებები და აგრეთვე დეტალურად შევისწავლეთ მღვიმის მორფომეტრიული მახასიათებლები (ცხრილი. 11).

ცხრილი 11. დოლაბისთავის მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

დოლაბისთავის მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1170	მ
2	მაგისტრალის სიგრძე პირველ სიფონამდე	50	მ
3	შესასვლელის სიგანე	7-8	მ
4	შესასვლელის სიმაღლე	2-3	მ
5	ფსკერის საშუალო ფართობი	420	მ ²
6	საერთო მოცულობა	2100	მ ³
7	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	20,2-18	°C
8	ჰაერის ტემპერატურა სიფონური ტბის თავზე, მშრალი და სველი	11-9,8	°C
9	შეფარდებითი სინოტივე	85	%
10	სიფონის წყლის ტემპერატურა	6.9	°C
დოლაბისთავის მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-350120, N-4701440			

მღვიმეში რამდენიმე ადგილზე წარმოქმნილია კალციტის ფარდისებრი წარმონაქმნები და მაკარონისებური სტალაქტიტები. მღვიმეში შეინიშნება პერიოდული ზედაპირული წყლების მოქმედების კვალი, რაც დასტურდება მღვიმის ზედა ნაწილში შემოტანილი ალუვიონის არსებობით. მღვიმეში იგრძნობა საქონლის ნაკელის მძაფრი სუნი, რაც მანიშნებელია რომ მღვიმის ჭერი ახლოსაა ზედაპირთან. შესასვლელიდან დაახლოებით 60 მეტრში მღვიმე სიფონით იხშობა, რომლის დასაძლევად საჭიროა სპელეოლოგიური საჭურველი. სიფონური ტბის წინ არის ტბორი, რომელიც სიფონიდან გამოსული წყლის ნაკადით იკვებება. სიფონური ტბის სარკის ფართობი 25-30 კვ/მ.

მღვიმე პირველ სიფონამდე ადვილი გასავლელია, წყალდიდობისას წყალი გამოედინება მთავარი შესასვლელიდან. 1971-72 წლებში მღვიმის წინა მონაკვეთი გამოიკვლია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სპელეოლოგიური კომისიის ექსპედიციამ თ. კიკნაძის ხელმძღვანელობით (რაქვიშვილი, 1985).

დოლაბისთავის მღვიმიდან გამოედინება წყლის ნაკადი, რომელიც მიღების საშუალებით მიეწოდება სოფელ ხოტევს. შესაძლებელია დოლაბისთავის მღვიმის გამოყენება ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმის განვითარებისათვის.

❖ **ცხრაჯვარის I მღვიმე**-მდებარეობს ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში, ცხრაჯვარის ტერიტორიაზე, ყოფილი სანატორიუმ-პანსიონატის აღმოსავლეთით, დაახლოებით 300 მეტრის მოშორებით. მღვიმე განვითარებულია ბარემული ასაკის ურგონული ფაციესის სქელშრეებრივ კირქვებში (ყიფიანი შ., ჯიშკარიანი ჯ. 1973). შესასვლელის სიმაღლე იხსნება ზ.დ. 1435 მ-ზე, 100 მეტრიანი ფლატის ძირში, რომლის სიგანე 20 მ-ს აღწევს. მღვიმე შედგება ორი მონაკვეთისაგან. პირველი დარბაზის სიგრძე დაახლოებით 100 მ-ია, სიმაღლე 3 მ, ხოლო სიგანე 40 მ-ს აღწევს. დარბაზი მიმართულია ჩრდილოეთისაკენ. დარბაზის იატაკი დაფარულია მღვიმის ჭერიდან ჩამოცვენილი კირქვის ლოდებით, რომელიც აფარხებს სიღრმეში გადაადგილებას. ამ ადგილებში სტალაქტიტები არაა განვითარებული, რაც გამოწვეული უნდა იყოს იმ გარემოებით, რომ ჭერზე ნაპრალები არაა წარმოდგენილი. დარბაზის ბოლო ნაწილი ნაპრალის სახეს იძენს და შესამჩნევად დაბლდება, რომელიც უკავშირდება შედარებით მაღალ დარბაზს, რომლის სიგანე 20-25 მ-ია, ხოლო სიმაღლე 15-20 მ-ს აღწევს. ამ დარბაზში-ჭერსა და კედლებზე წარმოდგენილია კალციტური წარმონაქმნები, ხოლო იატაკი დაფარულია მღვიმის ჭერიდან ჩამოცვენილი კირქვის ლოდებით, რომლის საერთო მოცულობა დაახლოებით 50 ათას მ³-ს აღემატება (ცხრილი. 12).

ცხრილი 12. ცხრაჯვარის I მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

ცხრაჯვარის I მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1435	მ
2	ჯამური სიგრძე	300	მ
3	შესასვლელის სიგანე	20	მ
4	შესასვლელის სიმაღლე	3	მ
5	ფსკერის საშუალო ფართობი	1000	მ ²
6	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	22-14	°C
7	ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში, მშრალი და სველი	14-11	°C
8	შეფარდებითი სინოტივე	80	%
ცხრაჯვარის I მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-333457, N-4694555			

მღვიმის მეორე ნაწილი ძირითადად დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენაა მიმართული. ჭერის სიმაღლე აქ საშუალოდ 10 მ-ია. ვიწრო ყელიდან გასვლისას დარბაზი გრძელდება დასავლეთის მიმართულებით, რომელიც გრძელდება დაახლოებით 200 მ. ამ ადგილებში წარმოქმნილია რამდენიმე მნიშვნელოვანი ზომის

მოჩუქურთმებული სტალაგმიტი, ხოლო ჭერზე განვითარებულია სტალაქტიტები. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამ დარბაზში მრავლადაა სტალაქტიტების ნამტვრევები, რაც მანიშნებელია იმის, რომ ეს დარბაზი მდიდარი ყოფილა კალციტური წარმონაქმნებით, რომლებიც ჭერიდან ჩამოცვენილი კირქვის ლოდებთან ერთად განადგურდნენ. ამ ადგილში მღვიმის ჭერი იხსნება და წვიმის დროს ზედაპირული წყალი მღვიმეში აღწევს. საგულისხმოა ისიც, რომ სწორედ ამ დარბაზში იქნა მიკვლეული მღვიმური დათვის თავის ქალა, ბეჭის ძვლის ნატეხები, ყბა და სხვადასხვა სახეობის მღრნელის ჩონჩხის ნაწილები.

მღვიმე ძირითადად მშრალია და ადვილი გასავლელია. ზოგიერთ ადგილზე მღვიმე სახიფათოა, რადგან მოსალოდნელია კირქვის ლოდების ჩამოცვენა. შედგენილია მღვიმის გეგმა და გასწვრივი ჭრილი. მღვიმე პირველად აღწერა შალვა ყიფიანმა და ჯუმბერ ჯიშკარიანმა. არქეოლოგიური თვალსაზრისით და ასევე გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით შესაძლებელია მღვიმის გამოყენება სპელეო-ტურისტული მიმართულებით.

აქვე მინდა ავღნიშნო, რომ 2013 წლის ზაფხულზე, როდესაც რეგიონში განხორციელდა ექსპედიცია (პრეზიდენტის სამეცნიერო გრანტი ახალგაზრდა მეცნიერთათვის, № 12/51, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, ხელმძღვანელი ლაშა ასანიძე), ჩვენი ჯგუფის მიერ, ნაქერალას ჩრდილო-აღმოსავლურ კალთაზე, ხიხათა-შქმერის აზევებულ პლატოზე შესწავლილ იქნა ახალი მღვიმე, რომელიც საზოგადოებისათვის სრულიად უცნობი იყო სამეცნიერო თვალსაზრისით. პირველად, სწორედ ჩვენს მიერ განხორციელდა აღნიშნული მღვიმის შესწავლა და აღწერა, რომელსაც ჩვენი საექსპედიციო ჯგუფის მიერ ეწოდა ხეორის მღვიმე.

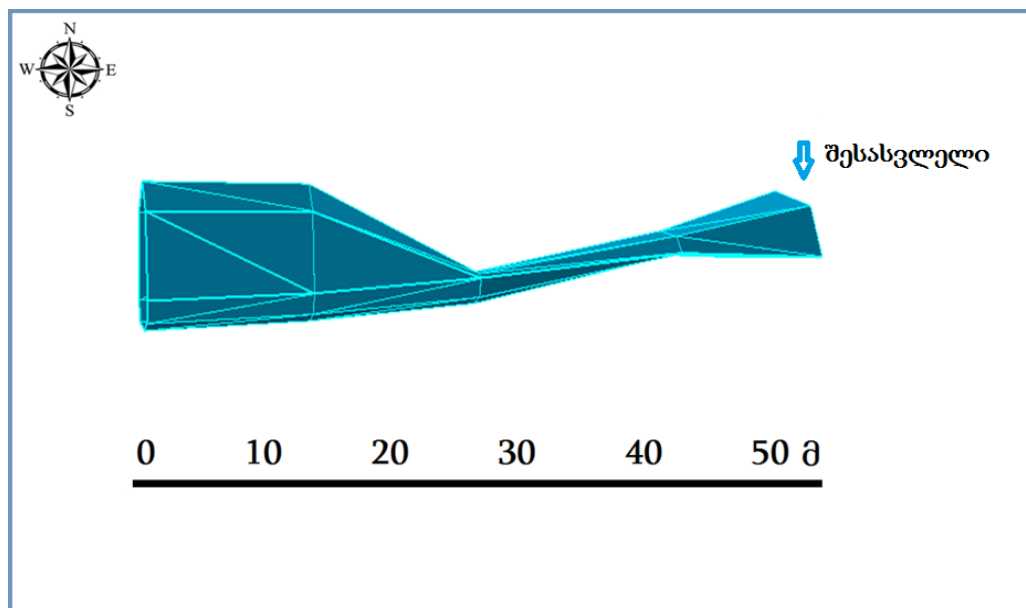
❖ **ხეორის მღვიმე-მდებარეობს** ხიხათა-შქმერის რაიონში, მდ. ხეორის მარცხენა ნაპირზე, სოფელ უშოლთას მიმდებარედ, მდინარის კალაპოტის დონეზე (ნახ. 36).



ნახ. 36. ხეორის მღვიმის შესასვლელი

მღვიმე განვითარებულია ზედა ცარცულ მასიურ, შრეებრივ კირქვებში, ზ.დ. 1670 მეტრ სიმაღლეზე. მღვიმის შესასვლელს აქვს თაღისებური ფორმა, რომლის სიმაღლე 3.60 მ-ია, სიგანე 6.9 მ. შესასვლელი ტალანის სიგრძე 15 მეტრს აჭარბებს

რომლის სიგანე 1.5 მეტრია და ბოლოში მკვეთრად ვიწროვდება და შეუძლებელს ხდის სიღრმისკენ გადაადგილებას. ჩვენს მიერ მოხდა გაფართოება აღნიშნული მონაკვეთის და შევძელით მღვიმის სიღრმეში გადაადგილება. ვიწრო ტალანის შემდეგ მღვიმე გრძელდება კიდევ 35-40 მეტრი. მღვიმის დეტალური აგებმის შემდეგ ჩვენ მიერ შედგენილ იქნა მღვიმის სამგანზომილებიანი გასწვრივი ჭრილი (ნახ. 37). მღვიმეში, სხვადასხვა წლებში, სეზონურად ჩავატარეთ ეპიზოდური სპელეო-კლიმატური დაკვირვებები, თუმცა წყლის და ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილება თითქმის არ შეინიშნება (ცხრილი. 13).



ნახ. 37. ხეორის მღვიმის 3D გასწვრივი ჭრილი

ცხრილი 13. ხეორის მღვიმის მორფომეტრიულ-კლიმატური მახასიათებლები

ხეორის მღვიმე			საზომი ერთეული
1	სიმაღლე ზ.დ	1670	მ
2	ჯამური სიგრძე	50	მ
3	შესასვლელის სიგანე	6,9	მ
4	შესასვლელის სიმაღლე	3,6	მ
5	ფსკერის საშუალო ფართობი	200	მ ²
6	საერთო მოცულობა	1000	მ ³
7	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან, მშრალი და სველი	20-15,6	°C
8	ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში, მშრალი და სველი	13-10,8	°C
9	შეფარდებითი სინოტივე	72	%
10	მღვიმეში წყლის ტემპერატურა	5,4	°C
ხეორის მღვიმის კოორდინატები: UTM_M: E-368621, N-4705339			

მღვიმე განვითარებულია სინკლინის გულში, შრეების ვარდნა სამხრეთულია 15 გრადუსით. მღვიმის მიმართულება დასავლეთურია, რომელსაც გააჩნია იდეალურად ჰორიზონტული ფსკერი. მღვიმეში არ შეინიშნება ალუვიონის კვალი და შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მღვიმე სავარაუდოდ კოროზიული ზემოქმედების შედეგად ჩამოყალიბდა.

მღვიმეში არის წყალდიდობის უტყუარი ფაქტები, თუმცა ჩვენს მიერ სხვადასხვა წლებში ჩატარებული დაკვირვებებით, შეიძლება ითქვას, რომ ზაფხულის პერიოდში მღვიმიდან გამომავალი წყალი მცირე დებიტით ხასიათდება, რაც იმის მანიშნებელია, რომ მღვიმეში წყალდიდობა ძირითადად დაკავშირებულია წვიმიან პერიოდებთან. ტალანის ბოლოში ინტენსიურად წვეთავს წყალი. მღვიმის შუა მონაკვეთზე ჭერზე განვითარებულია „კარსტული ბუხარი“, ხოლო მღვიმის იატაკზე წარმოქმნილია „მინიატურული გურები“. მღვიმეში შეინიშნება კალციტის მცირე ნალექები. მღვიმის შესასვლელიდან ბორცვის ზედაპირამდე სხვაობა შეადგენს 18 მეტრს.

შესაძლებელია ხეორის მღვიმის სპელეო-ტურისტული თვალსაზრისით გამოყენება, რისთვისაც აუცილებელია მოეწყოს მღვიმემდე მისასვლელი ბილიკები.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ წლების განმავლობაში შედარებითი მეთოდის გამოყენებით ჩვენ ვახდენდით რაჭის კირქვული მასივის კარსტული მღვიმეების ძველი აღწერილობის შედარებას თანამედროვე მდგომარეობასთან, თუმცა უნდა ითქვას, რომ დღეისათვის სრულიად განსხვავებული სიტუაციაა და არ შეესაბამება გასული საუკუნის 60-70 იანი წლების მონაცემებს (მღვიმეების ნაწილი არ ვრცელდება საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, მრავალი მღვიმის გეომორფოლოგიური აღწერილობა არ შეესაბამება თანამედროვე მდგომარეობას და მრავალი სხვა). სწორედ ამიტომ, წინამდებარე დისერტაციის ფარგლებში მნიშვნელოვანი იყო მოგვეხდინა კარსტული მღვიმეების დეტალური შესწავლა და აგეგმვა თანამედროვე საკვლევი ხელსაწყოების გამოყენებით.

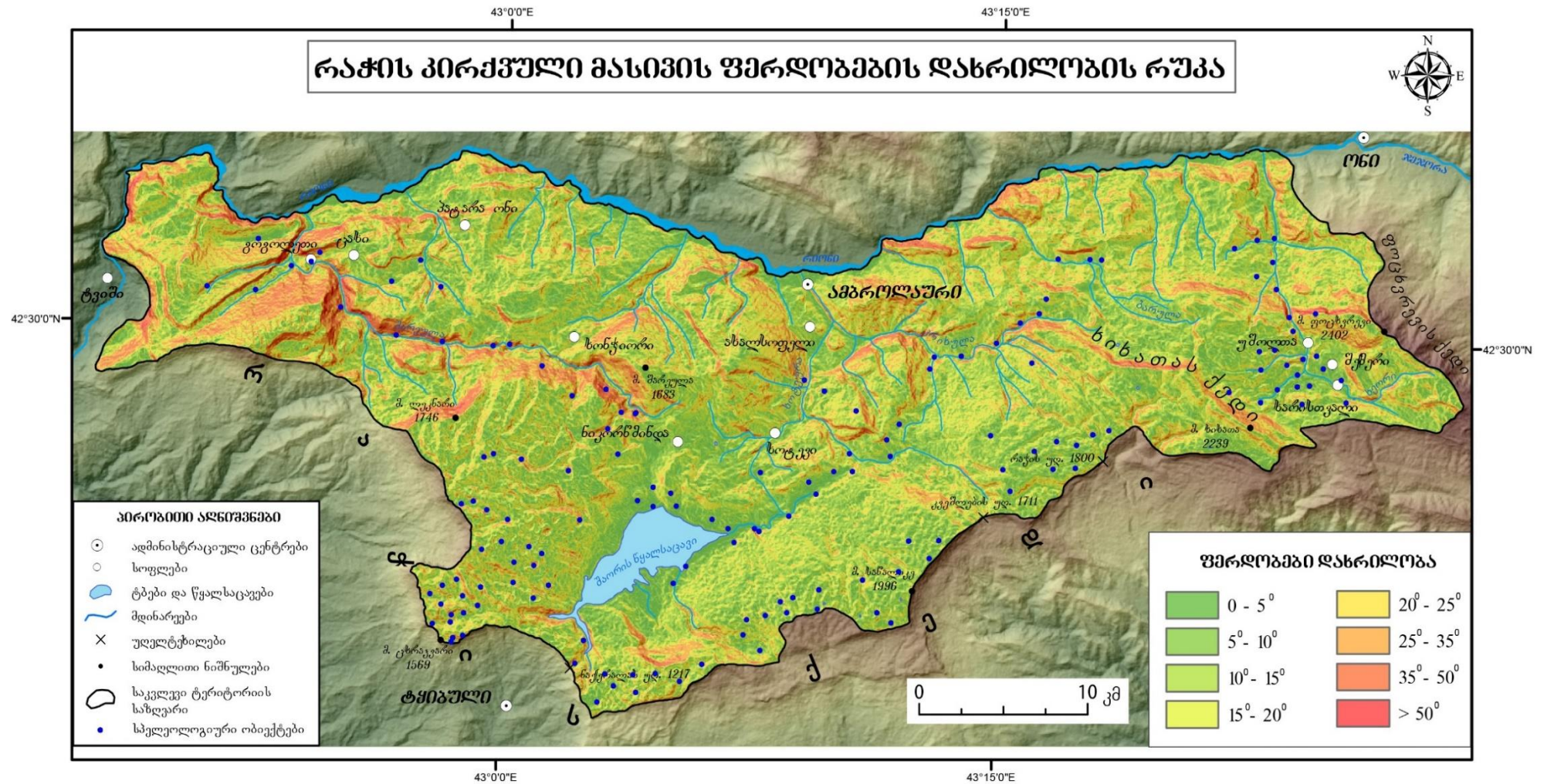
3.3. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების განვითარება რელიეფის დახრილობის მიხედვით

კარსტული პროცესების განვითარებაში სხვა ხელშემწყობი პირობების არსებობის შემთხვევაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს კირქვული რელიეფის ზედაპირის დახრილობა, რომელიც ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების ჩამოყალიბების პროცესში. ტოპოგრაფიული ზედაპირის (რელიეფის) დახრილობა ხელს უწყობს ნაპრალოვან-კარსტული წყლების მოძრაობის ინტენსიობას, მათ სიღრმეში გადაადგილებას და შესაბამისად კარსტული ფორმების წარმოშობასა და განვითარებას. აგრეთვე, რელიეფის ზედაპირის დახრილობა განაპირობებს ატმოსფერული ნალექების (წვიმა, თოვლის ნადნობი წყალი) ინფილტრაციის თავისებურებებს და კარსტად ქანებზე აგრესიული კარსტული წყლების ზემოქმედების ხანგრძლიობას, რაც სიღრმული დაკარსტვისათვის მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

ამ მხრივ რაჭის კირქვულ მასივზე ჩვენ გვაქვს ძალიან საინტერესო სურათი. კერძოდ, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მასივის ფარგლებში დაკარსტვის ინტენსიობას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ფერდობების დახრილობა და შრეთა დაქანების კუთხის სიდიდე (ნახ. 38).

როგორც ჩვენმა კვლევებმა დაადასტურა, ისეთ ადგილებში სადაც ვაკე ზედაპირია ან რელიეფი მცირედაა დახრილი, წარმოდგენილია მრავალფეროვანი კარსტული ლანდშაფტი, როგორც ზედაპირული ისე მიწისქვეშა კარსტული ფორმების სახით. აგრეთვე, უნდა აღინიშნოს, რომ რელიეფის დახრილობასა და შრეთა დაქანების კუთხის დიდ მნიშვნელობაზე ლაპარაკობს ის ფაქტი, რომ რაჭის კირქვული მასივის სამხრეთ ფერდობზე, სადაც რელიეფის დახრა შედარებით დიდია და განვითარებულია ქარაფები, კარსტული პროცესების განვითარება საგრძნობლადაა შესუსტებული და უმრავლეს შემთხვევაში საერთოდ წყდება ან ვითარდება მხოლოდ კარსტული ჭები და შახტები.

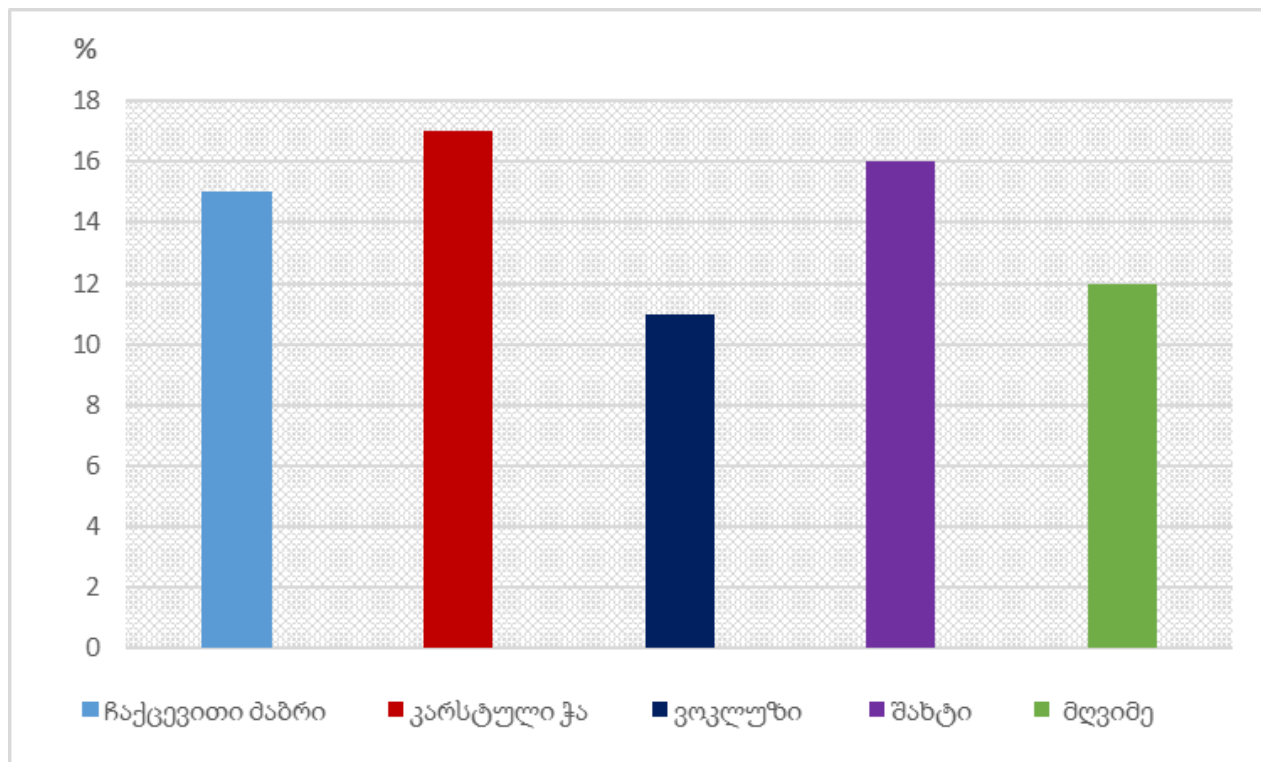
აგრეთვე ცნობილია რომ კარსტული პროცესების განვითარებაზე გავლენას ახდენს რელიეფის დანაწევრების სიხშირე. რაჭის კირქვული მასივი ეროზიული ქსელებით შედარებით სუსტადაა დანაწევრებული. საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში ინტენსიურად დაკარსტული რაიონები მუდმივმოქმედ ნაკადებს რამდენადმე მოკლებულია. აქედან გამომდინარე ინტენსიური დაკარსტვის ადგილებში შედარებით სუსტი დანაწევრების სიხშირე ჩვეულებრივ მოვლენად უნდა მივიჩნიოთ.



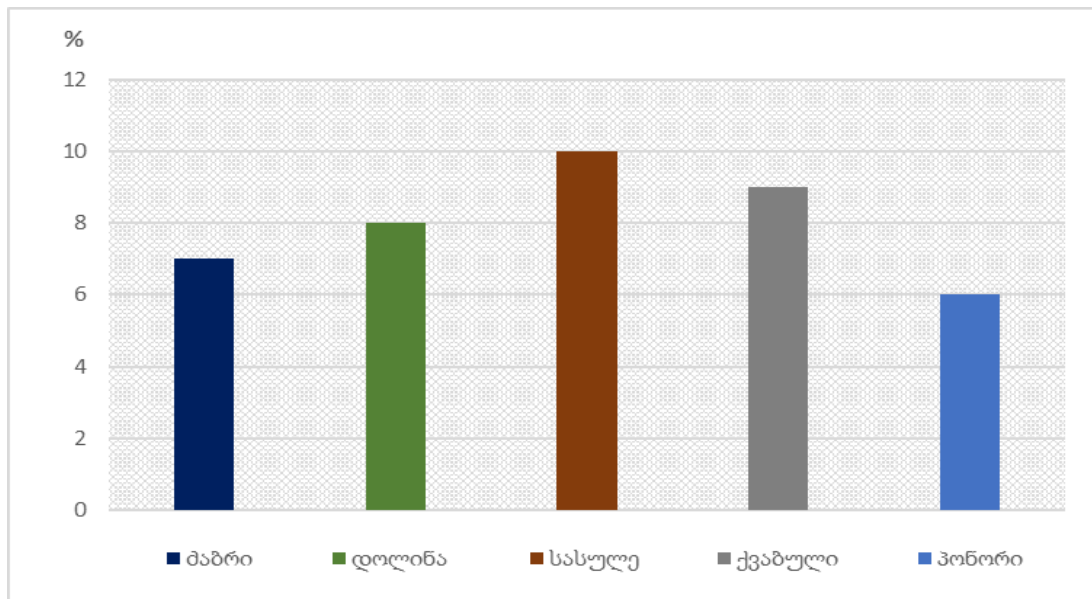
ნახ. 38. რაჭის კირქვული მასივის ფერდობების დახრილობის რუკა

კარსტული რელიეფის ზედაპირის დახრილობა განაპირობებს ატმოსფერული ნალექების ინფილტრაციას სიღრმეში და კარსტვად ქანებზე წყლების ზემოქმედების ხანგრძლივობას. გასული საუკუნის 50-იან წლებში, მეცნიერთა სხვადასხვა ჯგუფის მიერ ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ ინფილტრაციის ჯამური სიდიდე უდიდესია მცირედ (15° -მდე) დახრილი ზედაპირის არსებობის შემთხვევაში და მცირდება რელიეფის დახრილობის ზრდასთან ერთად, ხოლო 15° -ზე მეტი დახრის პირობებში მცირე შემთხვევის გარდა, ზედაპირული კარსტული ფორმების წარმოშობა უკვე წყდება. ავტორი სრულიად იზიარებს აღნიშნულ მოსაზრებას და მიაჩნია, რომ ფერდობების ციცაბოდ დაქანების შემთხვევაში კარსტული პროცესების განვითარება მნიშვნელოვნად სუსტდება. რეალურად ერთნაირი ლითოლოგიური შედგენილობის არსებობის დროს, რელიეფის ზედაპირის დახრილობის გათვალისწინებით კარსტული პროცესები იქ უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, სადაც მეტია ნაპრალიანობა.

წარმოდგენილი კვლევის ფარგლებში, ამ მიმართულებით ჩვენ ჩავატარეთ საინტერესო კვლევა. კერძოდ, სავსე პირობებში კარსტული ობიექტების ზუსტი კოორდინატების მოპოვების შემდეგ, ჩვენ დავიტანეთ დაახლოებით 150 სპელიო ობიექტი საკვლევი ტერიტორიის ფერდობების დახრილობის რუკაზე. SRTM DEM-ის და COMPASS CLINOMETER TANDEM-ის გამოყენებით საშუალება გვქონდა დაგვედგინა კარსტული ფორმების გავრცელებასა და რელიეფის ზედაპირის დახრილობას შორის უშუალო კავშირები. ჩატარებული კვლევა გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების განვითარება დაკავშირებულია სუსტად დახრილ ზედაპირებთან, რომელიც საშუალოდ შეადგენს $11,5^{\circ}$ -ს (ნახ. 39, 40).



ნახ. 39. კარსტული ობიექტების გავრცელება რელიეფის დახრილობის მიხედვით ($>10^{\circ}$)



ნახ. 40. კარსტული ობიექტების გავრცელება რელიეფის დახრილობის მიხედვით (<10°)

მართლაც, საკვლევ ტერიტორიაზე მოვაკებული და მცირედ დახრილი ზედაპირები გამოიჩევიან ძაბრების, შახტების, დოლინების და სხვა სპელეო-ობიექტების მნიშვნელოვანი გავრცელებით, რაც სხვა პირობებთან ერთად მცირედ დახრილ ზედაპირებზე ატმოსფერული ნალექების ხანგძლივი ზემოქმედების შედეგია. ასეთ ადგილებში ხელსაყრელი პირობებია ნალექების დაგროვების და ინფილტრაციისათვის, რაც ბუნებრივია სიღრმული დაკარსტვის ინტენსიობასაც განაპირობებს. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ რაჭის კირქველ მასივზე, ფართოდ გავრცელებული ზედაპირული კარსტული ფორმები (ძაბრები, ქვაბულები და სხვა) ნიშნელოვან გავლენას ახდენენ არა მარტო თოვლის განაწილებაზე, არამედ წყლების ინფილტრაციის თავისებურებებზე. საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში ჰიფსომეტრიულად განსხვავებულ ადგილებში, ზედაპირული კარსტული ფორმები (რელიეფის უარყოფით ფორმები) თოვლის საფარის ინტენსიური გავრცელებით გამოირჩევიან, რომელთა კერები საკმაოდ ხშირად ზაფხულის დასაწყისშიდაც კი შეინიშნება (ნახ. 41).



ნახ. 41. მდგრადი თოვლის საფარის გავრცელება კარსტულ ძაბრებში

რაჭის კირქვული მასივის ტერიტორიაზე დაკარსტვის ხარისხის მიხედვით შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი მონაკვეთები:

- დაუკარსტავი ადგილები
- სუსტად დაკარსტული ადგილები
- საშუალოდ დაკარსტული ადგილები
- ძლიერ დაკარსტული ადგილები

დაუკარსტავ ადგილებს მიეკუთვნებიან ციცაბო ფერდობების ადგილები, რომლებიც აგებულია არაკირქვული ქანებით და ასევე ისეთი ადგილები, რომლებიც აგებულია ურგონული კირქვებით, მაგრამ ფერდობების დიდი დახრილობის გამო ვერ განვითარდა კარსტული პროცესები (ყიფიანი, 1939).

სუსტად დაკარსტულ ადგილებს წარმოადგენენ ის არეალები, რომლებიც შედარებით ნაკლებად არიან დაქანებულნი. ასეთ ადგილებში კარსტული ფორმები ვლინდება მცირე რაოდენობით.

საშუალოდ დაკარსტული ადგილები ვრცელდებიან სანალიკის ტერიტორიაზე, ხიხათა-შქმერის კარსტულ რაიონში და სხვაგან. საშუალოდ დაკარსტული ფართობები უფრო ნაკლებად არიან დაქანებულნი, ვიდრე სუსტად დაკარსტული. აქ კარსტული პროცესები წარმოდგენილია როგორც ზედაპირული ისე მიწისქვეშა კარსტული ფორმებში (მღვიმეებით, დოლინებით, ძაბრებით, ბუნებრივი ჭებით, ხეხვებით და სხვა).

მძლავრად დაკარსტული ადგილები ძირითადად წარმოდგენილია კირქვული მასივის ცენტრალურ და დასავლეთ პერიფერიაზე, ასევე თხემურ მოვაკებებზე, სადაც რელიეფის დახრილობა მინიმალურია. აქ კარსტული ფორმები წარმოდგენილია სხვადასხვა სიდიდის დოლინებით, მღვიმეებით, კარსტული ჯიბეებით, პონორებით, ბუნებრივი ჭებით და სხვა.

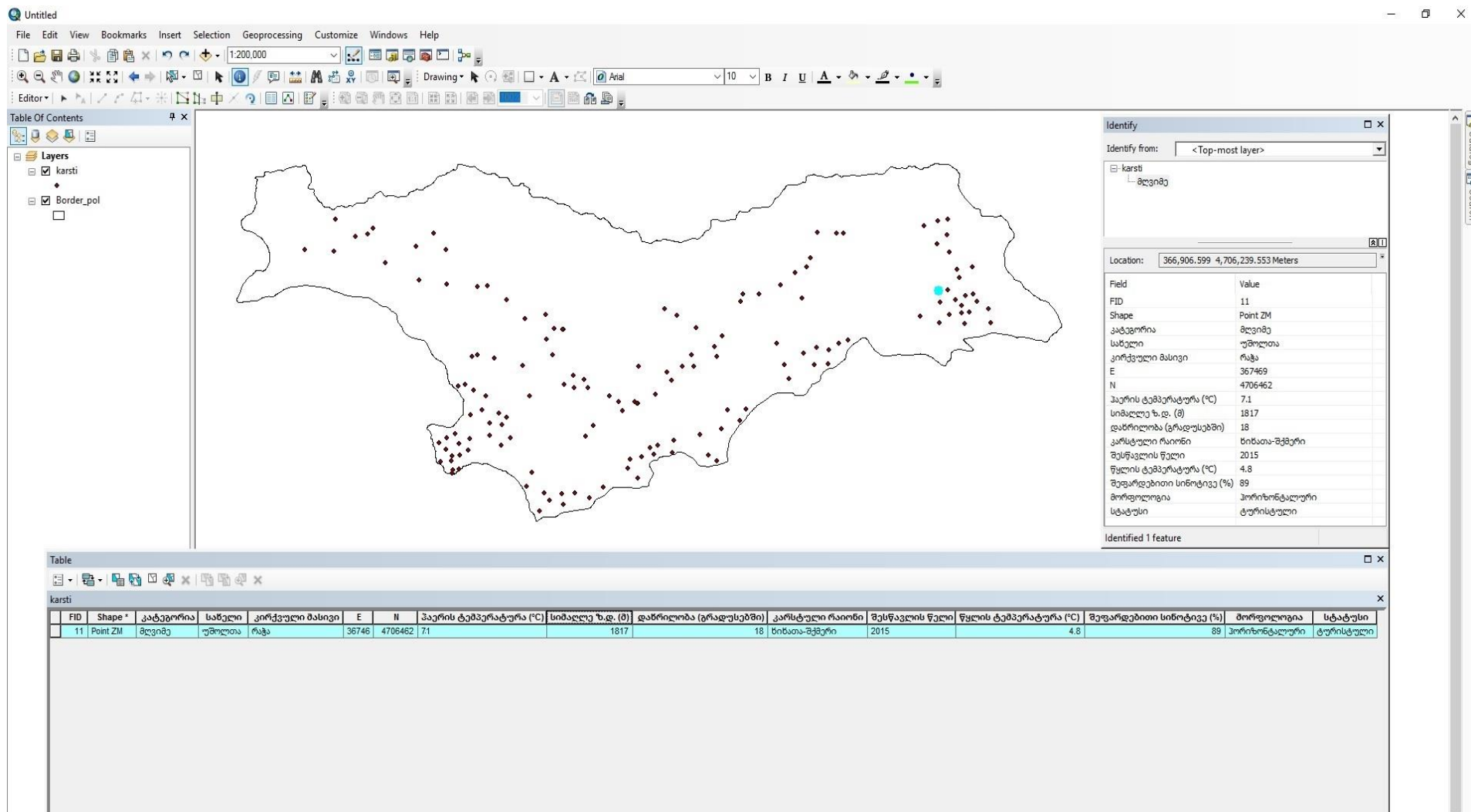
საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, ვაკე და მცირედ დახრილ (15°-მდე) რელიეფის ზედაპირზე განვითარებული კარსტული ფორმების სიუხვე დაკარსტვის ინტენსიობაზე ზედაპირის დახრილობის გავლენის საუკეთესო მაგალითია.

3.4. რაჭის კირქვული მასივის კარსტულ-სპელეოლოგიური ელექტრონული მონაცემთა (GIS) ბაზების შედგენა

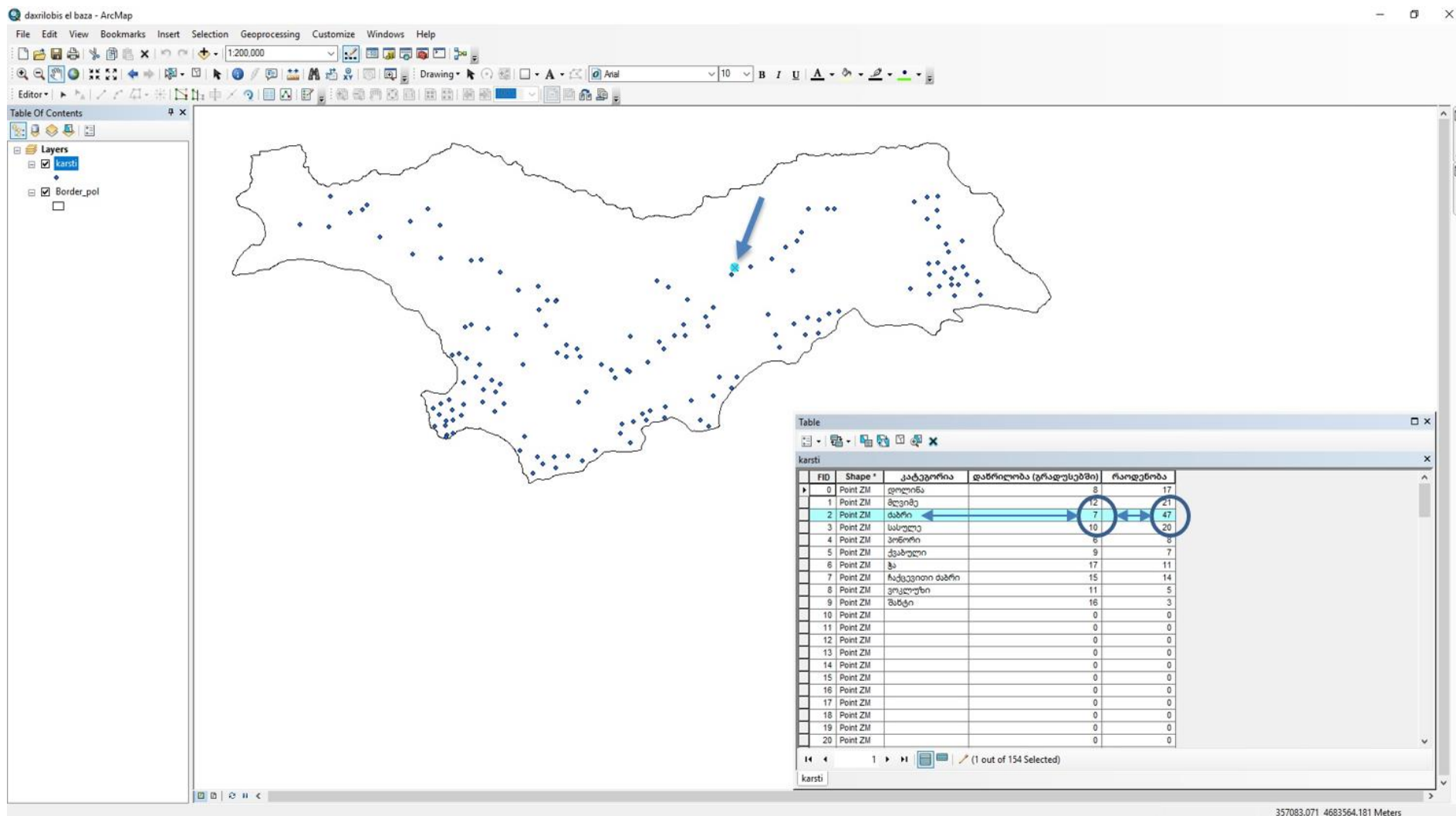
წინამდებარე დისერტაციის ფარგლებში, რაჭის კირქვული მასივის მაგალითზე საქართველოში პირველად განხორციელდა დეტალური, კარსტულ-სპელეოლოგიური ელექტრონული მონაცემთა ბაზების შედგენა, რომელიც არის სრულიად ინოვაციური საქართველოს სპელეოლოგიაში. ელ. მონაცემთა (GIS) ბაზაში მოცემულია ყველა ძირითადი ინფორმაცია, მათ შორის: მღვიმეების გავრცელება ადგილ-მდებარეობის (კარსტული მასივი/რაიონი, სიმაღლე, კოორდინატები) მიხედვით, სპელეო-ობიექტების (მღვიმე, ძაბრი, დოლინა და ა.შ.) განვითარება რელიეფის დახრილობის მიხედვით, კარსტულ მღვიმეებში ჰაერისა და წყლის ტემპერატურის ($^{\circ}\text{C}$) მონაცემები, ტურისტული თვალსაზრისით მღვიმეების დაყოფა სხვადასხვა კატეგორიებად (მაგ: სანახაობრივი და ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმი), მორფოლოგიური ნიშნით მღვიმეების დაყოფა (მაგ: ჰორიზონტალური და ვერტიკალური). მონაცემთა ბაზაში ასევე წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში ძირითადი კარსტული წყაროების (ვოკლუზი) ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები და სხვა მრავალი ინფორმაცია (ნახ. 42, 43, 44).

უნდა აღინიშნოს, რომ ელ. მონაცემთა ბაზებზე მუშაობის დროს, გამოყენებული იყო როგორც კარგად აპრობირებული პროგრამები (მაგ: ArcGis.), აგრეთვე ისეთი თანამედროვე კვლევითი ხელსაწყოები და პროგრამები, რომელთა გამოყენება წინამდებარე დისერტაციის შესრულებისას ავტორის მიერ პირველად განხორციელდა საქართველოში.

ზემოთაღნიშნულ ელ. მონაცემთა (GIS) ბაზებზე მუშაობის დაწყება ვფიქრობ მნიშვნელოვანი და წინ გადადგმული ნაბიჯია საქართველოს სპელეოლოგიაში, რადგანაც მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში (აშშ, იტალია, სლოვენია და სხვა) შექმნილია სწორედ მსგავსი მონაცემთა ბაზები, რომელიც უკვე აპრობირებულია თანამედროვე სპელეოლოგიაში. სწორედ უცხოელ კოლეგებთან თანამშრომლობა და მათგან მიღებული გამოცდილება გახდა საწინდარი წინამდებარე დისერტაციის ავტორის მიერ საქართველოში მსგავსი ბაზების შექმნის, რაც ვფიქრობ მნიშვნელოვან დახმარებას გაუწევს სპელეოლოგიური მეცნიერებით დაინტერესებულ ახალგაზრდა თაობებს მსგავსი ინოვაციური პროექტების განხორციელებაში.



ნახ. 42. უშოლთას მღვიმის მაგალითზე, სქემაზე ნაჩვენებია ელექტრონული მონაცემთა (GIS) ბაზა



ნახ. 43. საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, მოცემულ ელ. ბაზაში ასახულია სპელეო-ობიექტების (მღვიმე, დაბრი, დოლინა და სხვა) განვითარება ფერდობების დახრილობის მიხედვით (°)



ნახ. 44. სქემაზე ნაჩვენებია ელ. მონაცემთა ბაზის კიდევ ერთი ნიმუში, სასურველ სპელეო-ობიექტზე ერთი დაწკაპებით შესაძლებელია მივიღოთ კონკრეტული ინფორმაცია

თავი 4. რაჭის კირქვული მასივის მნიშვნელოვანი კარსტული წყაროები

4.1. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული წყლების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური თავისებურებები

კარსტული წყლები ეწოდებათ წყალში ადვილად ხსნადი ქანებით აგებულ ტერიტორიებთან დაკავშირებულ და მათში ფორმირებულ მიწისქვეშა წყლებს. ისინი ბუნებაში წარმოდგენილია წყაროების, ვოკლუზების, მიწისქვეშა მდინარეების ან მცირე ნაკადების სახით, რომლებიც თავიანთ გამომჟღავნებულ კალაპოტში მიედინებიან. აგრეთვე, კარსტულ-ჰიდროლოგიური კვლევის საგანს წარმოადგენენ ის ზედაპირული მდინარეები, რომელთა ჩამონადენი კარსტის გავლენის რაიმე ნიშნებს ატარებს.

მიწისქვეშა კარსტული წყლების ჩამოყალიბება და მათი ჩამონადენის ხასიათი დამოკიდებულია შთანთქმული ზედაპირული წყლებით საზრდოობის პირობებზე. სხვაგვარად რომ ვთქვათ იგი პირდაპირ კავშირშია ატმოსფერული ნალექების რაოდენობასთან, როგორც თოვლის ასევე წვიმის სახით. ასევე აღვნიშნავ, რომ თოვლის ნადნობ წყალს გაცილებით მეტი აგრესიულობა და გამხსნელუნარიანობა გააჩნია, ვიდრე წვიმის წყალს. ასევე მისი გამხსნელუნარიანობა დამოკიდებულია ნაწილობრივ ადგილის ტოპოგრაფიასთან. რაც შეეხება წყლების სიღრმეში შთანთქმას, იგი ხდება როგორც დაკარსტული ფერდობებიდან, აგრეთვე კარსტული ძაბრებიდან და დოლინებიდან, ზედაპირული ნაკადის სრული ან ნაწილობრივ შთანთქმით, ასევე ტბიდან ან წყალსატევიდან წყლის მიწისქვეშა შთანთქმით. ჩვენ შემთხვევაში უნდა აღვნიშნოთ, რომ რაჭის კირქვული მასივის თხემურ მოვაკებებზე, თოვლდნობის ან წვიმიან პერიოდებში თავს იჩენენ დროებითი ნაკადები, რომლებიც ჩაედინებიან ნაპრალებში ან თავიანთ გამომჟღავნებულ მცირე სიღრუეებში (ნახ. 45).



ნახ. 45. პერიოდული ზედაპირული ნაკადების წყალკარგვა, ცხრაჯვარის ტერიტორია

დაკარსტული, ზედა წყალშემცველი ჰორიზონტის განტვირთვა წარმოებს წყაროების და ვოკლუზების გამოსვლით ზედაპირზე, იქ სადაც ადგილი აქვს ვერტიკალურ ფილტრაციას და გახსნილი ნივთიერებების ზედაპირზე გამოტანას.

კარსტული პროცესების წარმართვისათვის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობა მიწისქვეშა წყლების არსებობაა. საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული მიწისქვეშა წყლების დიდი ნაწილი მიეკუთვნება ღრმა ცირკულაციის ტიპს. მისი შემცველობით განსაკუთრებით გამოირჩევიან ქვედა და ზედა ცარცის კირქვები, რომელთა ზედაპირები ინტენსიური დაკარსტვის გამო შთანთქავენ როგორც ატმოსფერულ ნალექებს, ასევე ზედაპირულ ნაკადებს. მაგალითად, ხერგას მრავალრიცხოვანი პოლიეები და წყალკარგვის ადგილები, მდ. შარეულას, კრიხულას, ხეორის და სხვა მდინარეთა ხეობების ძირზე განვითარებული პონორები აღნიშნული ფაქტების უტყუარი მტკიცებულებებია.

კირქვების წყალშემცველ ჰორიზონტთან დაკავშირებულია დადმავალი დინების წყაროების გამოსავლები (იგივე გამოსასვლელები), რომლებიც მძლავრი დებიტით ხასიათდებიან. უმეტეს შემთხვევაში ისინი წარმოდგენილია სხვადასხვა სიდიდის წყაროების, ვოკლუზების, მდინარეების და მცირე ნაკადების სახით.

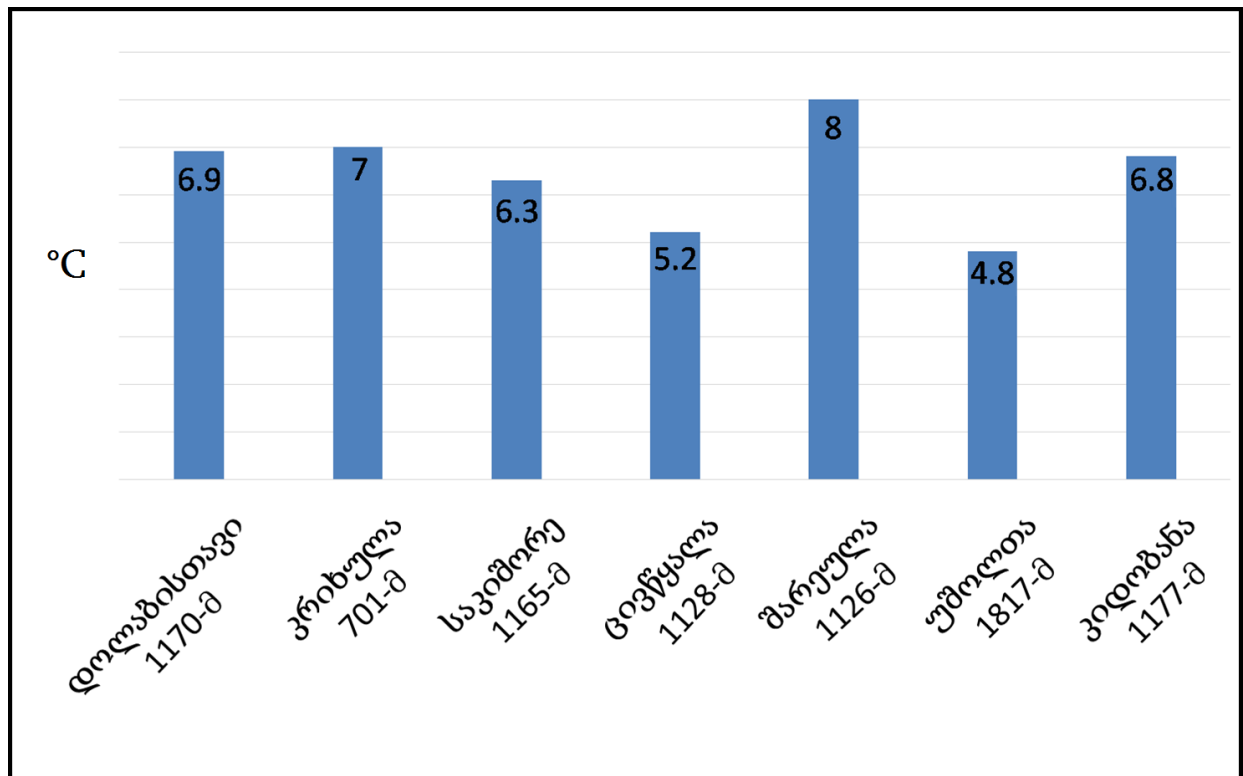
კარსტული წყაროების გამოსავლები ცნობილია: შარეულას ხეობაში, შაორის ქვაბულში, საწალიკის ჩრდილო ფერდობზე და სხვა ადგილებში. ყველგან სადაც კი მიწისქვეშა წყლები კირქვებს ეხებიან კარსტული პროცესები მიმდინარეობს, ეს კი წყლის როგორც მექანიკურ ისე ქიმიურ მოქმედებაში ვლინდება და წარმოქმნის კარსტულ ფორმებს. თუ წყალი ნახშირორჟანგით მდიდარია, დაკარსტვა შედარებით აქტიურ სახეს იღებს. ამ შემთხვევაში, უნდა აღინიშნოს, რომ რაჭის კირქვულ მასივზე არსებული კარსტული წყლები დიდი გამხსნელუნარიანობით გამოირჩევა, რაც აისახება დაკარსტვის სიძლიერეზე.

საკვლევ რეგიონში განვითარებული კარსტული ჰიდროქსელი უმეტესწილად წარმოდგენილია მიწისქვეშა წყლების სახით, რომლებიც დიდ როლს თამაშობენ კარსტგაჩენის კუთხით. აღნიშნული ჰიდროქსელი განტვირთვის ადგილებში წარმოდგენილია სხვადასხვა დებიტის კარსტული ვოკლუზების და წყაროების სახით, ჰიფსომეტრიულად განსხვავებულ სიმაღლეებზე. ცხრილში მოყვანილია საკვლევი ტერიტორიის მნიშვნელოვანი კარსტული წყაროები (ცხრილი. 14).

ცხრილი 14. საკვლევი ტერიტორიის მნიშვნელოვანი კარსტული წყაროები

კარსტულ წყლებზე ტემპერატურული დაკვირვების მონაცემები					
	სახელწოდება	სიმაღლე ზღვის დონიდან, მ	წყლის ტემპერატურა, °C	ჰაერის ტემპერატურა შესასვლელთან- შიგნით, °C	ჩატარებული კვლევის თარიღი
1	დოლაბისტავის მღვიმის კარსტული წყალი	1170	6,9	20,2-11	2012-2014
2	კრიხულას კარსტული ვოკლუზი	701	7	24	2013-2015
3	საკიშორეს მღვიმის კარსტული წყალი	1165	6,3	19,5-8	2012-2014
4	ციფწყალას მღვიმის კარსტული წყალი	1128	5,2	16,2	2013
5	შარეულას მღვიმის კარსტული წყალი	1126	8	17	2013-2014
6	უშოლთას მღვიმის კარსტული წყალი	1817	4,8	13-7,1	2012-2015
7	კიდობანას მღვიმის კარსტული წყალი	1177	6,8	18-8	2013-2015 წ

კარსტული წყლების ტემპერატურული მაჩვენებელი მცირედ მაგრამ განსხვავებულია ერთმანეთისაგან. როგორც უკვე აღინიშნა, ტემპერატურა სიმაღლის მატებასთან ერთად უარყოფითისკენ იცვლება. საკვლევ რეგიონში მნიშვნელოვანი დებიტის მქონე კარსტულ წყაროებზე აღებული ტემპერატურული მონაცემები ცხადყოფს, რომ აგვისტოში ყველაზე დაბალი ტემპერატურა დაფიქსირდა უშოლთას მღვიმეში გამდინარე კარსტულ ნაკადზე, 4,8°C, ხოლო ყველაზე მაღალი ტემპერატურა შარეულას მღვიმის კარსტულ წყალზე 8°C (ნახ. 46).



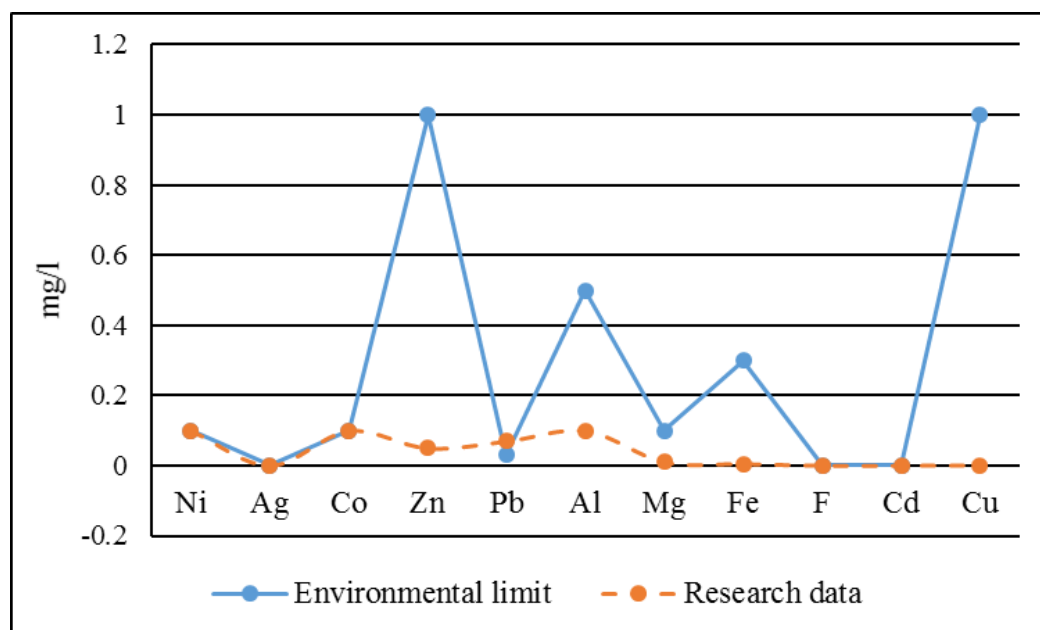
ნახ. 46. სხვადასხვა ჰიფსომეტრიულ სიმაღლეზე არსებული კარსტული წყლების ტემპერატურული მონაცემები

აქვე აღვნიშნავ, რომ კარსტული წყლების ტემპერატურული მახასიათებლები ადგილის სიმაღლესთან ერთად დიდწილად დამოკიდებულია ნაკადის დებიტსა და დამოდრობის სისწრაფეზე. ჩვენს მიერ ჩატარებული დაკვირვებებით დადასტურდა, რომ კარსტული ნაკადი, რომელიც გამოირჩევა მცირე წყლიანობით, წყლის ტემპერატურა მასში მცირედ, მაგრამ მაინც მაღალია, ამავე სიმაღლეზე მდებარე კარსტული ნაკადის ტემპერატურისა, რომელსაც გააჩნია დიდი სისწრაფე და დებიტი. ამის მკაფიო მაგალითია შარეულას და ცივწყალას კარსტული ნაკადები, რომელთა ჰიფსომეტრიული სიმაღლეები ზ.დ. შესაბამისად 1126 და 1128 მეტრია, თუმცა მათი ტემპერატურული მახასიათებლები არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ამ შემთხვევაში შარეულას კარსტული წყლის ტემპერატურა იყო 8°C, ხოლო ცივწყალას კარსტული წყლის 5.2°C. აგრეთვე კარსტულ წყლებში ტემპერატურის ცვალებადობა დიდწილად დამოკიდებულია ფერდობების ექპოზიციაზე, ნაკადების მიწისქვეშ მოძრაობის თავისებურებებზე და სხვა.

სხვადასხვა წლებში საკვლევ რეგიონში არსებული მნიშვნელოვანი დებიტის მქონე კარსტული წყაროებიდან ჩვენს მიერ აღებულ იქნა წყლის სინჯები და დადგენილ იქნა მათში სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის ფაქტიური მაჩვენებლები (ნახ. 47, 48, 49, 50). ქვემოთ მოყვანილია რამდენიმე ცხრილი, სადაც ასახულია კარსტულ წყლებზე ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევის შედეგები (ცხრილი. 15, 16, 17, 18).

ცხრილი 15. კრიხულას კარსტული წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა

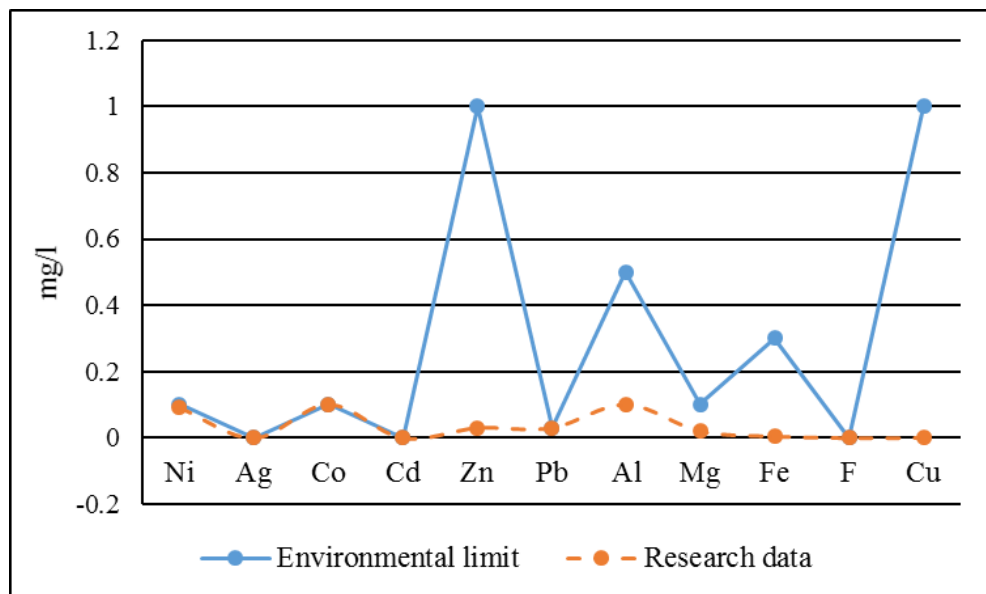
კრიხულას კარსტული ვოკლუზი			
❖	პარამეტრების დასახელება	ზ.დ.კ	ფაქტიური მაჩვენებელი
1	წყალბადის მაჩვენებელი	6,5-8,5 pH	7,3
2	ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნა	15-30 მგ/ლ	18
3	ამონიუმის იონები	0,38 მგ/ლ	0,11
4	ნიკელი (Ni)	0,1 მგ/ლ	0,1
5	ვერცხლი (Ag)	0,0005 მგ/ლ	0,0001
6	კობალტი (Co)	0,1 მგ/ლ	0,1
7	თუთია (Zn)	1,0 მგ/ლ	0,05
8	ტყვია (Pb)	0,03 მგ/ლ	0,07
9	ალუმინი (Al)	0,5 მგ/ლ	0,1
10	მანგანუმი (Mg)	0,1 მგ/ლ	0,01
11	რკინა (Fe)	0,3 მგ/ლ	0,005
12	ფტორი (F)	0,001 მგ/ლ	0,0001
13	კადმიუმი (Cd)	0,001 მგ/ლ	0
14	სპილენძი (Cu)	1,0 მგ/ლ	0,001
15	E-coli	300 მ/ლ	0



ნახ. 47. კრიხულას კარსტულ წყალში მძიმე ლითონთა კონცენტრაცია

ცხრილი 16. დოლაბისთავის მღვიმის კარსტული წყლის ქიმიური და
მიკრობიოლოგიური შედგენილობა

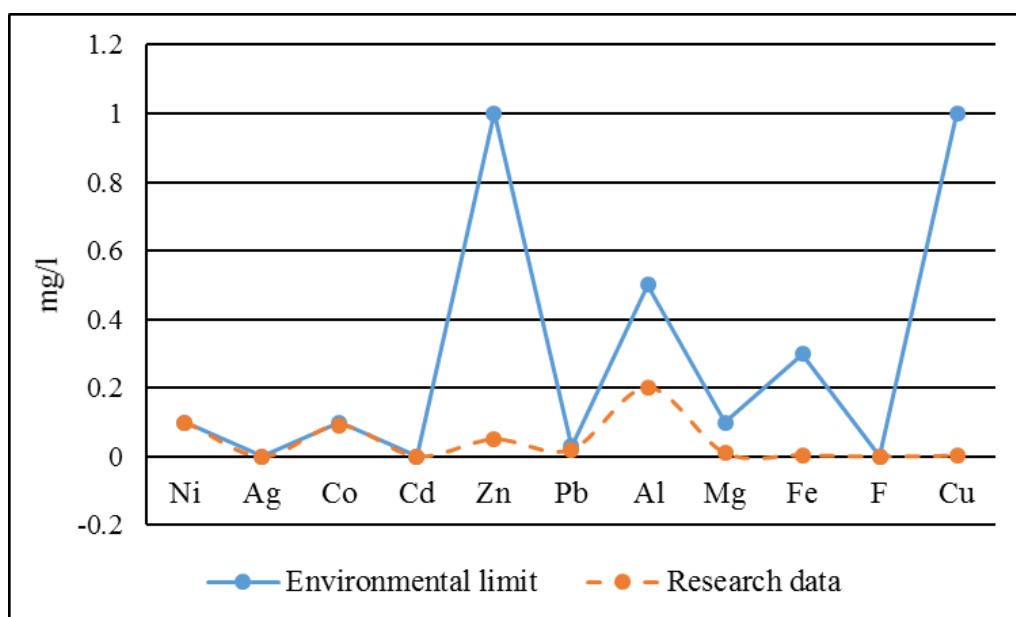
დოლაბისთავის მღვიმის კარსტული წყალი			
❖	პარამეტრების დასახელება	ზ.დ.კ	ფაქტიური მაჩვენებელი
1	წყალბადის მაჩვენებელი	6,5-8,5 pH	7,1
2	ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნა	15-30 მგ/ლ	18
3	ამონიუმის იონები	0,38 მგ/ლ	0,10
4	ნიკელი (Ni)	0,1 მგ/ლ	0,09
5	ვერცხლი (Ag)	0,0005 მგ/ლ	0,0001
6	კობალტი (Co)	0,1 მგ/ლ	0,1
7	კადმიუმი (Cd)	0,001 მგ/ლ	0,0002
8	თუთია (Zn)	1,0 მგ/ლ	0,03
9	ტყვია (Pb)	0,03 მგ/ლ	0,03
10	ალუმინი (Al)	0,5 მგ/ლ	0,1
11	მანგანუმი (Mg)	0,1 მგ/ლ	0,02
12	რკინა (Fe)	0,3 მგ/ლ	0,005
13	ფტორი (F)	0,001 მგ/ლ	0,0001
14	სპილენძი (Cu)	1,0 მგ/ლ	0,001
15	E-coli	300 მ/ლ	0



ნახ. 48. დოლაბისთავის კარსტულ წყალში მძიმე ლითონთა კონცენტრაცია

ცხრილი 17. კიდობანას მღვიმის კარსტული წყლის ქიმიური და
მიკრობიოლოგიური შედგენილობა

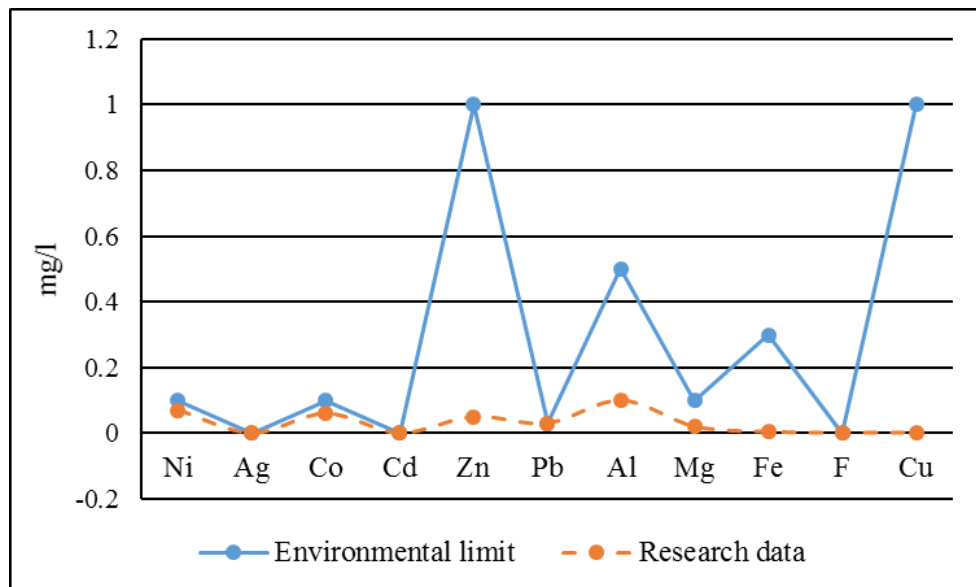
კიდობანას მღვიმის კარსტული წყალი			
❖	პარამეტრების დასახელება	ზ.დ.კ	ფაქტიური მაჩვენებელი
1	წყალბადის მაჩვენებელი	6,5-8,5 pH	7,2
2	ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნა	15-30 მგ/ლ	21
3	ამონიუმის იონები	0,38 მგ/ლ	0,15
4	ნიკელი (Ni)	0,1 მგ/ლ	0,1
5	ვერცხლი (Ag)	0,0005 მგ/ლ	0,0001
6	კობალტი (Co)	0,1 მგ/ლ	0,09
7	კადმიუმი (Cd)	0,001 მგ/ლ	0,0005
8	თუთია (Zn)	1,0 მგ/ლ	0,05
9	ტყვია (Pb)	0,03 მგ/ლ	0,02
10	ალუმინი (Al)	0,5 მგ/ლ	0,2
11	მანგანუმი (Mg)	0,1 მგ/ლ	0,01
12	რკინა (Fe)	0,3 მგ/ლ	0,004
13	ფტორი (F)	0,001 მგ/ლ	0,0001
14	სპილენძი (Cu)	1,0 მგ/ლ	0,003
15	E-coli	300 მ/ლ	0



ნახ. 49. კიდობანას კარსტულ წყალში მძიმე ლითონთა კონცენტრაცია

ცხრილი 18. საკიშორეს მღვიმის კარსტული წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა

საკიშორეს მღვიმის კარსტული წყალი			
❖	პარამეტრების დასახელება	ზ.დ.კ	ფაქტიური მაჩვენებელი
1	წყალბადის მაჩვენებელი	6,5-8,5 pH	7,2
2	ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნა	15-30 მგ/ლ	20
3	ამონიუმის იონები	0,38 მგ/ლ	0,14
4	ნიკელი (Ni)	0,1 მგ/ლ	0,07
5	ვერცხლი (Ag)	0,0005 მგ/ლ	0,0002
6	კობალტი (Co)	0,1 მგ/ლ	0,06
7	კადმიუმი (Cd)	0,001 მგ/ლ	0,0001
8	თუთია (Zn)	1,0 მგ/ლ	0,05
9	ტყვია (Pb)	0,03 მგ/ლ	0,03
10	ალუმინი (Al)	0,5 მგ/ლ	0,1
11	მანგანუმი (Mg)	0,1 მგ/ლ	0,02
12	რკინა (Fe)	0,3 მგ/ლ	0,004
13	ფტორი (F)	0,001 მგ/ლ	0,0002
14	სპილენძი (Cu)	1,0 მგ/ლ	0,002
15	E-coli	300 მ/ლ	0



ნახ. 50. საკიშორეს კარსტულ წყალში მძიმე ლითონთა კონცენტრაცია

ქიმიური ანალიზები ცხადყოფს, რომ კიდობანას, დოლაბისთავის და საკიშორეს მღვიმეებიდან აღებული წყლის სინჯების ქიმიური მაჩვენებლები თითქმის იდენტურია, თუ არ ჩავთვლით რამდენიმე ელემენტის უმნიშვნელო სხვაობას. ჩვენი აზრით ეს გამოწვეული უნდა იყოს იმით, რომ აღნიშნული მღვიმეები განვითარებულია რაჭის კირქვული მასივის ჩრდილო ფერდობზე, დაახლოებით ერთსა და იმავე ჰიფსომეტრიულ სიმაღლეზე და სავარაუდოა რომ მათი მკვებავი არტერიები ერთმანეთთან მჭიდროდაა დაკავშირებული და ქმნიან ერთიან მიწისქვეშა ჰიდროსისტემას, რომელთა განტვირთვის არეები შესაბამისად წარმოდგენილია აღნიშნულ კარსტულ მღვიმეებში. სწორედ ამიტომ მივიღეთ თითქმის ერთნაირი ქიმიური მონაცემები აღნიშნული კარსტულ მღვიმეებში არსებული წყლის ნიმუშებიდან.

ამ მოსაზრებას კიდევ უფრო დამაჯერებელს ხდის ის ფაქტი, რომ აღნიშნული მღვიმეების მიმდებარე ტერიტორია დახვრეტილია კარსტული ძაბრებით, რომელიც მნიშვნელოვანწილად ისრუტავს მოსულ ატმოსფერულ ნალექებს, რომლებიც ქმნიან ერთიან მიწისქვეშა სისტემას. ზოგადად უნდა აღინიშნოს, რომ კარსტულ წყლებზე აღებული ნიმუშების ქიმიური ანალიზებით დასტურდება რომ საკვლევ ტერიტორიაზე არსებულ კარსტულ წყლებს აქვს იდიალური ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა და შესაძლებელია მათი გამოყენება სასმელად.

2015 წლის გაზაფხულზე ჩვენ აგრეთვე მოვახდინეთ მურადის მღვიმიდან წყლის სინჯების აღება და ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე მათი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის შესწავლა (ცხრილი. 19).

ცხრილი 19. მურადის მღვიმის ლაგუნიდან აღებული წყლის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა

მურადის კარსტული მღვიმე		
	პარამეტრების დასახელება	ფაქტიური მაჩვენებელი
1	კალციუმის კარბონატი CaCO_3 მგ/ლ	120
2	ტუტანობა მლ/ლ	150
3	(ნახშირორჟანგი) CO_2 მგ/ლ	100
4	მჟავიანობა მგ/ლ	0
5	გახსნილი ჟანგბადი O_2 მგ/ლ	7,4
6	წყალბადის მაჩვენებელი pH	7,86
7	მყარი გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობა მგ/ლ	2
8	ნიტრატები მგ/ლ	0
9	ფოსფატები მგ/ლ	5
10	E-coli	0

როგორც კვლევებით დადასტურდა მურადის მღვიმის ლაგუნაში არსებულ წყალს გააჩნია საკმაოდ დიდი გამხსნელუნარიანობა და გამოტუტვის უნარი (100 მგ/ლ CO₂-ის შემცველობა), რის გამოც იგი ქმნის იდეალურ პირობებს კარსტგაჩენისათვის.

საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული წყლების ნაწილი გამოყენებულია ამბროლაურის რაიონის სხვადასხვა სოფლების წყალმომარაგებისათვის, ხოლო ნაწილი გამოიყენება ქ. ტყიბულის წყალმომარაგებისათვის. აგრეთვე მნიშვნელოვანი კარსტული დინებები რომლებიც სათავეს იღებენ კირქვული მასივის სამხრეთ ფერდობზე, გამოიყენება ქ. ჭიათურის წყალმომარაგებისათვის (ფასკნარა, ღრუდო და სხვა). ზოგიერთი მათგანი ბინძურდება მანგანუმის ღია კარიერული წესით მოპოვების დროს. აღნიშნული დაბინძურების გამომწვევ მიზეზებსა და მათი გადაჭრის გზებზე ვრცლადაა განხილული ზაზა ლეჟავას მონოგრაფიაში, რომელიც ეხება ზემო იმერეთის და მიმდებარე რაიონების კარსტის კვლევას.

საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული უხვდებიტიანი კარსტული წყაროები, რომლებსაც სასმელი წყლის საუკეთესო თვისებები გააჩნიათ, წარმოადგენენ რაიონისათვის (ამავე დროს ქვეყნისათვის) ხელსაყრელ და დღეისათვის ნაწილობრივ ათვისებულ მნიშვნელოვან ბუნებრივ რესურსს. სწორედ, ამიტომ, ძალზედ მნიშვნელოვანია მიმდინარეობდეს კარსტული წყლების მუდმივი და სრულფასოვანი კვლევა (ამაში იგულისხმება როგორც მარაგის განსაზღვრა, ასევე ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის შესწავლა მათი სასმელად ვარგისიანობის განსაზღვრისათვის), რამეთუ წარმოდგენილი საკვლევი ტერიტორია მნიშვნელოვან ჰიდრორესურსებს შეიცავს და თუ გავითვალისწინებთ მომავალში მტკნარ-სასმელ წყალზე მოთხოვნილების პროგნოზირებულ ზრდას, მათი სრულფასოვანი კვლევა სახელმწიფოებრივ საქმეს წარმოადგენს.

წყლის ნიმუშების ლაბორატორიული შესწავლა განხორციელდა ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტსა და საქართველოს პოლიტექნიკურ უნივერსიტეტში.

ამრიგად, კარსტული წყლების ჩამონადენის/ფორმირების დადგენა, მათი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის შესწავლა, რაციონალური გამოყენებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია.

თავი 5. კარსტული რელიეფის განვითარების მნიშვნელოვანი საკითხები

5.1. კარსტული მღვიმეების ევოლუცია

რაჭის კირქვული მასივის კარსტული მღვიმეების წარმოშობა-განვითარების შესახებ დღემდე მნიშვნელოვანი ინფორმაცია არ მოიპოვებოდა და ამდენად მით უფრო საინტერესოა ამ საკითხის მიმართ ჩვენი კვლევის შედეგების და დასკვნების გაშუქება.

საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული მღვიმეების წარმოშობა და მათი განვითარება მჭიდროდაა დაკავშირებული ზოგადად რაჭის კირქვული მასივის ფორმირებასთან. კარსტული რელიეფის ჩამოყალიბება საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიური განვითარების ფონზე მიმდინარეობდა (მასივის თანამედროვე რელიეფი ხანგძლივი გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური განვითარების პროდუქტია და მის ჩამოყალიბებაში ტექტონიკურ მოძრაობებთან ერთად დიდი როლი ითამაშა კარსტულმა მოვლენებმა) და ამიტომ კარსტული მღვიმეების ევოლუციის ზოგიერთი საკითხი მათი განვითარების სიძველეში უნდა ვეძებოთ.

საქართველოს კირქვული მასივების ზედაპირებზე, რომლებიც ამჟამად თითქმის მთლიანად მოკლებულია მუდმივი წყლების ნაკადებს, კარგად იყო განვითარებული ჰიდროქსელის ზედაპირული კომპონენტები, რომელთა ნაშთებს წარმოადგენენ მკვდარი ანუ პალეოხეობები (ორთაბალაგანი, გელგელუკი და სხვა). როგორც ჩანს, რაჭის კირქვული მასივის სხვადასხვა მონაკვეთზე მსგავსი პალეოხეობების კვალი ნაწილობრივ წაშლილია კარსტული პროცესების ზეგავლენით, თუმცა ჩვენს მიერ მურადის კარსტულ მღვიმეში მიკვლეული პალეომდინარის ალუვიონი ამის უტყუარი დასტურია. ალუვიონი მოწმობს, რომ პალეომდინარე კარსტული რელიეფის ზედაპირზე აქტიურ ზემოქმედებას ახდენდა და სხვადასხვა სიდიდის ზედაპირულ კარსტულ ფორმებს აჩენდა, რომლის საშუალებით პალეომდინარემ (მცირე ზედაპირულ ნაკადებთან ერთად) გამოიმუშავა პროფილი და გადაადგილდა სიღრმეში, უფრო დაბალ ჰორიზონტებზე.

საკვლევ ტერიტორიაზე, კარსტული სიცარიელების და მითუფრო წყალშთანთქავი აპარატის ჩასახვა როგორც ჩანს, გამყინვარებამდელ პერიოდში (პლეისტოცენამდე) უნდა მომხდარიყო, რადგანაც თანამედროვე რელიეფის პირობებში აქ არსებული სიცარიელები და მათი მიმდებარე დაკარსტული ზედაპირები ვერ იღებენ სათანადო რაოდენობის წყალს მათი ფორმირებისათვის. ამას ხელს უწყობს ის გარემოებაც, რომ ამჟამად კირქვული მასივი დაცხრილულია სხვადასხვა ზომის ზედაპირული კარსტული ფორმებით და არ ხდება კარსტული ნაკადების (მცირე გამონაკლისის გარდა) ფორმირება ზედაპირზე. ამის კარგი მაგალითია მურადის მღვიმე, სადაც დროებითი ნაკადები (წლის ყველა სეზონში იქნა ჩატარებული დაკვირვება) არ დაფიქსირებულა.

შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ საკვლევი ტერიტორიის კირქვულმა რელიეფმა პლეისტოცენურ გამყინვარებამდე წყალშთანთქავი აპარატის (კარები, პონორები, ჭები, შახტები და ა. შ.) ჩასახვასთან ერთად, განიცადა ღრმა ეროზიული დანაწევრება, რასაც მოჰყვა წყლების სიღრმისკენ გადანაცვლება.

კარსტული მღვიმეების წარმოშობა-ჩამოყალიბება პლეისტოცენამდე რომ დამთავრებული იყო, ამაზე მიუთითებს რაჭის კირქვული მასივის აღმოსავლეთით მდებარე წონას მღვიმეში (აბს. სიმაღლე 2100 მ) მიკვლეული აშელის დროით

დათარიღებული ნალექები და კულტურული ფენა, რომელიც შეესატყვისება ქვედა პლეისტოცენს (Любин, 1989).

აღნიშნულ მოსაზრებას კიდევ უფრო დამაჯერებელს ხდის ცხრაჯვარის მიდამოებში, მურადის მღვიმიდან 2-3 კმ-ში მდებარე ცხრაჯვარის I მღვიმეში (აბს. სიმაღლე 1435 მ) მიკვლეული მღვიმური დათვის (*Ursus spelaeus*) და მურა დათვის (*Ursus arctos*) ნაშთები. მოგვიანებით, როგორც კვლევებით დადასტურდა მღვიმური დათვი მღვიმეში უკვე ცხოვრობდა არა უგვიანეს ვიურმის გამყინვარების (115-11.700 ათასი წელი) დროს, ხოლო მურა დათვი მღვიმეში შესახლდა პოლოცენში. აღნიშნულ ფაქტებს აგრეთვე ადასტურდებს ის, რომ ყირიმის და კავკასიის მრავალ მღვიმეში აღნიშნული მღვიმური დათვის ნაშთები გვხვდება აშელური (1.5-0.1 მლნ/წ) დროით დათარიღებულ ნარჩენებთან (Церетели, 1956).

უნდა აღინიშნოს, რომ მიკვლეული არქეოლოგიურად დათარიღებული კულტურული ფენა და ცხოველთა ნაშთები მიუთითებენ მღვიმის იმ ასაკს, როდესაც მასში ცოცხალი არსება შესახლდა, ესე იგი მღვიმე საცხოვრებლად ან თავშესაფრად ვარგისი იყო. თუმცა, მღვიმე ბევრად ადრეა ფორმირებული, ვიდრე მასში მიკვლეული არქეოლოგიური მასალა. მღვიმის ჩამოყალიბების ზედა ასაკის დადგენის დროს საყურადღებო და გასათვალისწინებელია დროის ის მონაკვეთი, რომელიც მოიცავს პერიოდს მღვიმეში გამდინარე ნაკადის მიერ ტერიგენული ნალექების დალექვიდან ნაკადის სრულ გაქრობამდე, რომლის შემდეგ ხდება კულტურული ფენის დაგროვება. აქედან გამომდინარე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე მღვიმეების ჩამოყალიბება ძირითადად პლეისტოცენამდე მიმდინარეობდა.

გამყინვარების დროს, მდინარეული ჩამონადენის არარსებობის პირობებში სავარაუდოა რომ გარკვეულწილად ადგილი ჰქონდა დაკარსტული ზედაპირების, მიწისქვეშა სიღრუეების და ზოგადად კარსტული პროცესების ძალზედ შესუსტებას ან საერთოდ შეწყვეტას და პირიქით, გამყინვარებათაშორის ეპოქებში აგრესიული წყლების მონაწილეობით კარსტული პროცესების ძლიერ გააქტიურებას. ეს პროცესი მეტ-ნაკლებად ჩვენი საქსპედიციო ჯგუფის მიერ სხვადასხვა მღვიმეში მიკვლეული ტერიგენული ნალექების ციკლორობაშიც არის ასახული, რაც გვადლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ მღვიმური ნალექები ფორმირებულია გამდინარე ან დამდგარ წყალში, რასაც ადასტურებს შრეების მკვეთრი გამოყოფა ერთმანეთისაგან როგორც ფერით, ასევე შედგენილობით.

ამგვარად, კარსტული მღვიმეების ფორმირების სხვადასხვა ეტაპზე მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა პლეისტოცენის (1.8-0.011784 მლნ/წ) ჰავამ, რომელმაც განაპირობა კარსტული პროცესების გააქტიურებისა და ჩაქრობის ფაზების მორიგეობა.

საკვლევ ტერიტორიაზე, კარსტული მღვიმეების სპელეო-გეომორფოლოგიური შესწავლის საფუძველზე შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ კარსტული მღვიმეები განვითარების საწყის ეტაპზე ძირითადად წნევიანი წყლების ზემოქმედებითაა წარმოშობილნი, რომლის უტყუარი ნიშნები (დაჩვრეტილი ზედაპირები, მომრგვალებული თაღები, ყრუ ჯიბეები და ნიშები) მკაფიოდაა შემორჩენილი სხვადასხვა მღვიმეში. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ წნევიანი წყლების ზემოქმედების კვალი ვადოზური წყლების და სპელეო-გენეტური პროცესების (კოროზია, ეროზია, ქანების ჩამოცვენა, კალციტის ფორმების წარმოშობა) შედეგად მრავალ მღვიმეში თითქმის მთლიანადაა წაშლილი (ნახ. 51).



ნახ. 51. მომრგვალებული თაღები და ყრუ ჯიბეები
(მურადის და უშოლთას მღვიმეების მაგალითზე)

აღნიშნული ფორმები მღვიმეებში დღემდე მკაფიოდ შემორჩა რამდენიმე მიზეზის გამო: 1. მღვიმეებში აღნიშნული ადგილები საერთოდ მოკლებულია ნაპრალების ქსელს და მაშასადამე, ინფილტრაციული წყლების შემოსვლის შესაძლებლობას; 2. მათ შემონახვას, გარკვეულწილად რასაკვირველია ხელი შეუწყო იმ გარემოებამ, რომ მიწისქვეშ ადგილი არ აქვს ტემპერატურების მნიშვნელოვან რყევას; 3. აღნიშნულ ადგილებში არ შეინიშნება ჰაერის ნაკადების ძლიერი მოძრაობა; 4. სუსტად ვლინდება ფიზიკური გამოფიტვა.

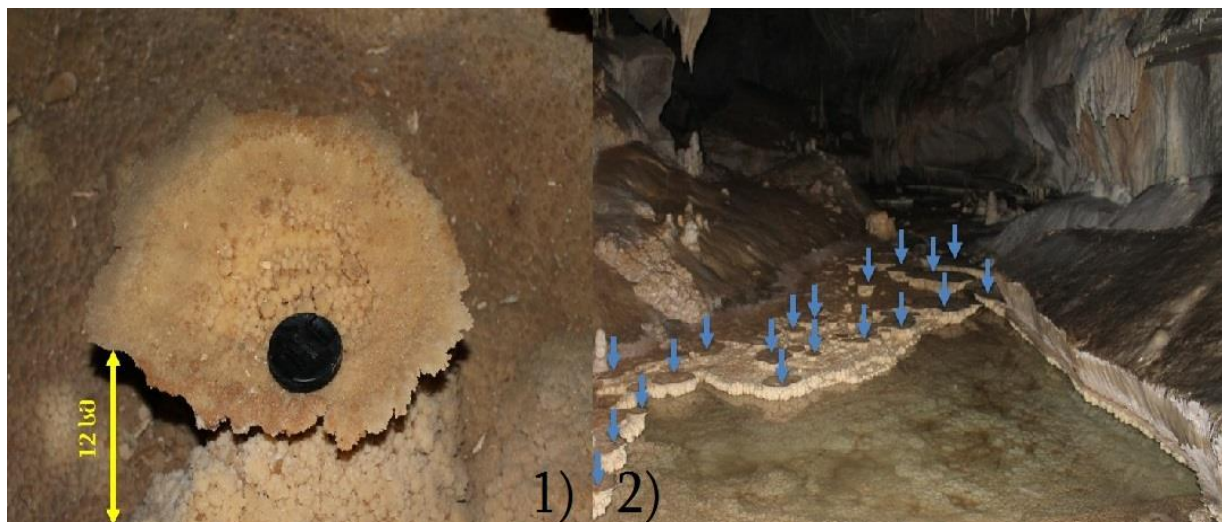
ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ იმ კატეგორიის მღვიმეებს, რომლებიც არ არიან წარმოშობილნი წნევიანი წყლების ზემოქმედებით და ფორმირებულნი არიან მხოლოდ ზედაპირული წყლებისგან, ახასიათებთ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მორფოლოგიის მონაცვლეობა (მღვიმე ჯერ ვერტიკალურად ვითარდება და შემდეგ ჰორიზონტალურად და ასე გრძელდება მონაცვლეობა), რაც ჩვენ შემთხვევაში არ ფიქსირდება და ამყარებს მოსაზრებას საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული მღვიმეების მიწისქვეშა წნევიანი წყლებით წარმოშობის შესახებ.

საკვლევ ტერიტორიაზე ჩატარებული საველე-კვლევების და არსებული მასალების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ აქტიურად ხდება კარსტული სიცარიელების გამომუშავება ფრეატულ ზონაში. ჩვენს მიერ კარსტულ მღვიმეებში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე, შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ მღვიმეები ძირითადად იმყოფებიან ვადოზური ეპოქის ვოკლუზურ (სტადია, რომლითაც იწყება მღვიმის განვითარების ვადოზური ეპოქა), ნაკადოვან-ტალანურ (აღნიშნულ სტადიაში მღვიმეებში ხდება ნაკადების გადინება და გარკვეულწილად მიმდინარეობს კალციტური ფორმების წარმოქმნა) და მშრალ-ტალანურ სტადიაში (აღნიშნულ სტადიაში მღვიმეები მოკლებულნი არიან მუდმივ ნაკადებს და ხდება მღვიმეების გამოშრობა).

ზემოთაღნიშნულს ადასტურებს სხვადასხვა მღვიმეში მიკვლეული კალციტის (მღვიმური) ფორმების ინტენსიური განვითარება მღვიმეების იატაკზე, რომელთა

წარმოქმნა ხდება მხოლოდ მღვიმის ლაგუნის პირობებში (მშრალ-ტალანური სტადია), როდესაც წყლის ერთიანი დონეა შენარჩუნებული (ნახ. 52).

ასევე, სხვადასხვა თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში ხაზგასმით აღინიშნება, რომ მსგავსი ფორმების წარმოქმნა მღვიმის იატაკზე არ ხდება გამდინარე ნაკადების პირობებში (Hill & Forti, 1997).



ნახ. 52. 1). სურათზე ნაჩვენებია მღვიმური თასი (Cave cup), რაც მიანიშნებს, რომ მღვიმის განვითარების გარკვეულ ეტაპზე წყლის დონე იყო სწორედ ამ სიმაღლეზე (12 სმ) და როდესაც აღნიშნული ფორმა ჩამოყალიბდა, შემდეგ წყალმა დაიწყო გაქრობა. ეს პროცესი მიანიშნებს, რომ მღვიმეში უკვე დაწყებულია მშრალ-ტალანური სტადია და მღვიმის იატაკი განიცდის გამოშრობას. 2). მსგავსი ფორმები უტყუარი დასტურია იმის, რომ მღვიმეში აღარ გაედინება წყლის ნაკადები, რადგან მსგავსი ფორმები ვითარდებიან მხოლოდ ლაგუნის პირობებში

ამგვარად, შეიძლება ითქვას, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე, კარსტული მღვიმეების ნაწილი ჩაისახა ფრეატულ ეპოქაში, წნევიანი ნაკადების აქტიური ზემოქმედების პირობებში, ხოლო მღვიმეების განვითარების შემდგომ პერიოდებში აქტიური როლი შეასრულა თავისუფალი ნაკადების მოქმედებამ (ვადოზური ეპოქა).

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგადად მღვიმის განვითარების საწყის ეტაპზე თანმიმდევრობით მიმდინარეობს კოროზიული, ეროზიული და ნგრევითი პროცესები, რომლებსაც სპელეო-გენეტური პროცესები ეწოდებათ. მაშასადამე, საკვლევ ტერიტორიის მაგალითზე, შეიძლება ვთქვათ, რომ კარსტული მღვიმეები განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე წარმოქმნილია კოროზიული, ეროზიული და გრავიტაციული პროცესების ზემოქმედებით.

5.2. რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-რესურსი და მათი შესწავლის პრაქტიკული მნიშვნელობა

ჩატარებული კვლევების შედეგად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ რაჭის კირქვულ მასივს სპელეო-რესურსის თვალსაზრისით დიდი პოტენციალი გააჩნია, რომელიც დღეისათვის სათანადოდ არაა ათვისებული და შესაძლებელია მათი გამოყენება რაციონალური მიზნებისათვის.

სპელეო-რესურსის კუთხით პირველ რიგში უნდა გამოვყოთ სპელეო-ტურიზმი, რომელიც რამდენიმე მიმართულებას მოიცავს, მათ შორის გამოსაყოფია შემდეგი:

❖ სანახაობრივი სპელეო-ტურიზმი, რომელიც თავის თავში გულისხმობს კეთილმოწყობილი მღვიმეების მონახულებას. ყოველივე ეს ვლინდება ყველაზე მიმზიდველ და ადვილად მისადგომ მღვიმეებში, სადაც შექმნილია შესაბამისი ინფრასტრუქტურა და შესაძლებელია დაშვებულ იქნას ვიზიტორები. სანახაობრივ სპელეო-ტურიზმში გადამწყვეტი როლი სწორედ მღვიმის ესთეტურ სილამაზეს ეკუთვნის, რომელიც იზიდავს ვიზიტორებს და შესაბამისად მრავალი ქვეყნისათვის მნიშვნელოვანი შემოსავლის წყაროა. საქართველო ამ მხრივ უდაოდ გამორჩეულია და აღიარებულია კლასიკურ კარსტულ ქვეყნად, რომელსაც უდიდესი პოტენციალი გააჩნია (Asanidze et al., 2013). დღეისათვის საქართველოში მხოლოდ რამდენიმე მღვიმეა კეთილმოწყობილი და ცნობილი, მაშინ როდესაც ბოლო მონაცემებით ჩვენს ქვეყანაში დაფიქსირებულია 1500-ზე მეტი კარსტული მღვიმე-უფსკრული.

ამ თვალსაზრისით, რაჭის კირქვული მასივის უნიკალურობას კიდევ ერთხელ ამტკიცებს მურადის კარსტული მღვიმე, რომელიც 2015 წელს თსუ გეოგრაფიის ინსტიტუტის სპელეოლოგიური ჯგუფის მიერ იქნა შესწავლილი და მომზადდა შესაბამისი რეკომენდაცია, რაც გულისხმობს მღვიმისათვის ბუნების ძეგლის სტატუსის მინიჭებას. ასევე, მღვიმეში არსებული კალციტური ფორმების უნიკალურობისა და ესთეტური სილამაზიდან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მოხდეს მისი კეთილმოწყობა და ექსპლოატაციაში შესვლა, რაც ხელს შეუწყობს რეგიონში მღვიმური ტურიზმის განვითარებას, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვანი ფინანსური სარგებელი მოუტანოს შესაბამის მუნიციპალიტეტს. აგრეთვე, ამ თვალსაზრისით დიდი პოტენციალი გააჩნია სხვა კარსტულ მღვიმეებსაც, ისეთები როგორცაა: უშოლთას მღვიმე, საკიშორე, დოლაბისთავი, ნიკორწმინდას საყინულე და სხვა. მართალია, აღნიშნული მღვიმეები დიდი მასშტაბურობით არ გამოირჩევიან (თუ არ ჩავთვლით უშოლთას მღვიმეს, რომელიც საერთო ჯამური სირგბით ყველაზე დიდია რაჭის კირქვულ მასივზე), თუმცა, სპელეო-ტურიზმის განვითარებისთვის მნიშვნელოვან სპელეო-ობიექტებს წარმოადგენენ და მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ მოეწყოს ამ მღვიმეებთან მისასვლელი ბილიკები.

❖ ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმი, რომელიც ძირითადად გულისხმობს მოუწყობელი, უცნობი მღვიმეებისა და კარსტული კანიონების დალაშქვრა/შესწავლას, მღვიმის უცნობი წყლიანი დერეფნების დაძლევას და სხვა. ამ კუთხით საკვლევ ტერიტორიაზე ჩვენ გვაქვს იდეალური პირობები ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმის განვითარებისათვის, რამეთუ სპელეო-რესურსი წარმოდგენილია უნიკალური, ველური კარსტული მღვიმეებით (როგორც წყლიანი ასევე მშრალი), მნიშვნელოვანი დებიტის მქონე კარსტული ჩანჩქერებით, კარსტული კანიონებით და სხვა, რომლითაც შესაძლებელია ექსტრემალური სპელეო-ტურიზმის მასშტაბური განვითარება.

❖ სამკურნალო სპელეო-ტურიზმი, რომელიც გულისხმობს სამკურნალო თვალსაზრისით მღვიმეების ათვისებას და გამოყენებას. მოგეხსენებათ მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში კარსტული მღვიმეები გამოიყენება ბრონქიალური დაავადებების სამკურნალოდ. სწორედ ამიტომ, მღვიმის უნიკალური მიკროკლიმატური პირობები (მუდმივად უცვლელი ტემპერატურა, მინერალური მარილების კონცენტრაცია, სინოტივე და სხვა), სამკურნალო თვალსაზრისით მღვიმის გამოყენებასთანაა დაკავშირებული. ამ თვალსაზრისით ძალიან პოპულარულია რუმინეთის, უნგრეთის, იტალიის, აშშ-ის და სხვა ქვეყნების კარსტული მღვიმეები, სადაც მოწყობილია შესაბამისი ინფრასტრუქტურა და ყოველგვარი მედიკამენტების გარეშე წარმატებით მკურნალობენ სხვადასხვა დაავადებას.

ამ მხრივ აუცილებელია, რომ საკვლევ რეგიონში ჩატარდეს შესაბამისი კვლევები და გამოვლინდეს ის კარსტული ობიექტები, რომელიც დააკმაყოფილებს შესაბამის პირობებს (აქ იგულისხმება მღვიმის სამკურნალო თვისებები, ტემპერატურული რეჟიმი, იონიზაცია და მრავალი სხვა არსებითი მახასიათებლები). აქვე ავლნიშნავ, რომ წლების წინ საქართველოში ამ კუთხით ფუნქციონირებდა „თეთრას მღვიმე“ (წყალტუბოს რაიონი), რომელსაც ყოველწლიურად დიდი რაოდენობით ვიზიტორი ჰყავდა და მკურნალობდნენ სხვადასხვა დაავადებას, თუმცა ახლა იგი სრულიად განადგურებულია ადამიანთა გაუაზრებელი ქმედებებით და მღვიმეს დაკარგული აქვს პირვანდელი-ბუნებრივი სახე.

აგრეთვე აუცილებელია, რომ კარსტულ მღვიმეებს სხვადასხვა ფაქტორის გათვალისწინებით მიენიჭოს ბუნების ძეგლის სტატუსი და დაცული ტერიტორიების რიცხვში გაერთიანდნენ. მიმაჩნია, რომ რაც მეტი კარსტულ-სპელეოლოგიური ობიექტი შევა ბუნების ძეგლთა სიაში და დაცული ტერიტორიების რიცხვში, ეს ხელს შეუწყობს მათ დაცვასა და ეფექტურ მართვას, რამეთუ საქართველოში უამრავი კარსტული მღვიმე განადგურებულია სწორედ ადამიანთა მიერ.

ასევე ძალზედ მნიშვნელოვანია პერმანენტულად ხდებოდეს კარსტული წყლების სრულფასოვანი კვლევა და შესაბამისად მოხდეს მათი რაციონალური გამოყენება. მითუმეტეს უნდა აღინიშნოს, რომ რაჭის კირქვული მასივი მნიშვნელოვან ჰიდრორესურსებს შეიცავს და თუ გავითვალისწინებთ მომავალში მტკნარ-სასმელ წყალზე მოთხოვნილების პროგნოზირებულ ზრდას, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ამ რესურსის სრულფასოვანი კვლევა ეკონომიკურად გამართლებულია.

ჩვენი კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ რეგიონში არსებულ მნიშვნელოვანი დებიტის მქონე კარსტულ წყაროებს (ვოკლუზებს, მღვიმურ ნაკადებს და სხვა), გააჩნიათ კარგი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასმელად. უხვდებიტიანი კარსტული წყაროები, რომლებიც სასმელი წყლის საუკეთესო თვისებები გააჩნიათ, წარმოადგენენ რეგიონისათვის (ამავე დროს ქვეყნისათვის) ხელსაყრელ და ამ დროისთვის ნაწილობრივ ათვისებულ მნიშვნელოვან ბუნებრივ რესურსს. სწორედ ამიტომ ძალზედ მნიშვნელოვანია მიმდინარეობდეს კარსტული წყლების მუდმივი, სრულფასოვანი კვლევა და მოხდეს მათი რაციონალური გამოყენება. მნიშვნელოვანია მოხდეს კარსტული წყლების ჩამოსხმა და გატანა საქართველოს შიდა ბაზარზე. ეს ფაქტი გამართლებულია იმდენად, რამდენადაც ეკონომიკური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი სარგებელის მოტანა შეუძლია რეგიონისათვის, რამაც შესაძლებელია გარკვეულწილად შეაჩეროს რეგიონში

ადამიანთა მიგრაციის ტემპი, რომელიც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია დაცლის პირას მისული რეგიონისათვის.

აღსანიშნავია ისიც, საკვლევ ტერიტორიაზე გასულ საუკუნეში ფუნქციონირებდა საკალმახე მეურნეობა, კერძოდ სოფელ ველევის მახლობლად (ამბროლაურის მუნიციპალიტეტი), სადაც მოწყობილი იყო რკინა-ბეტონის კონსტრუქცია, რომელიც ამჟამად დანგრეულია. გამომდინარე იქიდან, კარსტულ წყაროებსა და ვოკლუზებს გააჩნიათ დაბალი ტემპერატურა და სისუფთავე, იდეალურ პირობებს ქმნის საკალმახე მეურნეობის განვითარებისათვის (Гигинеишвили, 1979). ამ თვალსაზრისით, საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოდგენილია რამდენიმე კარსტული წყარო (შარეულას და ციფყალას ნაკადები, კრიხულას კარსტული დინება და სხვა), რომლებიც იდეალურ პირობებს ქმნიან სატბორე-საკალმახე მეურნეობის განვითარებისათვის.

ასევე უნდა ითქვას, რომ კარსტული მღვიმეები წარმოადგენენ იმ ბუნებრივ არეალებს, სადაც შეიძლება აწარმოო სხვადასხვა სახის სოკო, რადგან მღვიმეებს ახასიათებთ ბუნებრივად ნაკლებად ცვალებადი ტემპერატურა წლის ყველა სეზონზე და რაც მთავარია გააჩნიათ საკმაოდ მაღალი შეფარდებითი სინოტივე (საშუალოდ 85%), რომელიც ქმნის იდეალურ პირობებს მინიმალური დანახარჯებით სოკოს წარმოებისათვის. სამრეწველო სოკოს მოყვანა აქტიურად წარმოებს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოსაც გააჩნია გარკვეული გამოცდილება ამ კუთხით, რამეთუ ქვეყნის სხვადასხვა კუთხეში (ჭიათურა, წყალტუბო, აფხაზეთის რეგიონი), მოჰყავდათ სამრეწველო სოკო. დღეისათვის ქ. ჭიათურაში (საქაჯეკარის მღვიმე), კვლავ წარმოებს სოკოს მოყვანა ადგილობრივი მეწარმეების მიერ, რომელიც მეტწილად გაიტანება კიდეც ადგილობრივ ბაზარზე (ლეჟავა, 2015).

აგრეთვე უნდა აღინიშნოს, რომ მღვიმე არის კარსტული ლანდშაფტის მნიშვნელოვანი ნაწილი, სადაც ცხოვროვენ გადაშენების პირას მყოფი ენდემები, ბრმა სალამანდრები, ღამურები, თევზების რიგი სახეობები და სხვა, რომელთა შესწავლას მსოფლიო მასშტაბით უდიდესი ყურადღება ეთმობა (Boston, 2006).

ასევე მღვიმეები წარმოადგენენ ბუნებრივ არქივს (ეს არის ტერიგენული ნალექები, სტალაქტიტები და სტალაგმიტები, გუანო და სხვა) საიდანაც შეიძლება მიიღო მნიშვნელოვანი ინფორმაცია პალეოკლიმატის შესახებ (Polk et al., 2013; White, 2007; Jacek, 2015; Ford and Williams., 2007; Palmer, 2007). თუმცა ასეთი დეტალური კვლევები ძალიან დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული და მსგავსი კვლევების ჩატარება ჩვენს პირობებში ფაქტიურად შეუძლებელია.

ნიადაგები, თიხა, წვრილფრაქციული მასალა, მცირე ქვარგვანები, ორგანული მასალა და სხვა (ისინი მღვიმეში ხვდება სხვადასხვა ადგილებიდან-როგორცაა მღვიმის შესასვლელი, კარსტული ძაბრი, ზედაპირული ნაპრალი და სხვა), მღვიმეებში ძირითადად ტრანსპორტირდება ზედაპირული ნაკადებით, მიწისქვეშა დინებებით, სიმძიმის ძალით და სხვა ბუნებრივი პროცესებით და შესაძლებელია აღნიშნული მასალა მილიონობით წლები დარჩეს მღვიმეში. მათი დათარიღება კი საუკეთესო საშუალებაა მღვიმეში და მიმდებარე ტერიტორიაზე პალეო-გეოგრაფიული სიტუაციის აღდგენისათვის (Brinkmann et al., 1995; 2012; Polk et al., 2007; Fleury, 2009; Hiller et al., 2014; Harley et al., 2010). ამ მხრივ, მურადის მღვიმე წარმოადგენს იმ ადგილს, სადაც ხელუბლადაა შემორჩენილი ტერიგენული ნალექების ბუნებრივი გამიშვლების მძლავრი (3 მ-მდე) ჭრილი.

აგრეთვე, ცალკეული მღვიმეები პალეონტოლოგიური და არქეოლოგიური შესწავლის ობიექტებია. ეს უკანასკნელნი საშუალებას იძლევა უფრო დეტალურად განისაზღვროს ცხოველთა გავრცელების არეალები და პირობები. ამ მხრივ უნდა აღინიშნოს, რომ ცხრაჯვარის I მღვიმე წარმოადგენს საკვლევ ტერიტორიაზე მნიშვნელოვან სპელეო-ობიექტს, სადაც ნაპოვნია უძველესი მღვიმური დათვის ნაშთები, რომლებიც ბინადრობდნენ არა უგვიანეს ვიურმის (115-11.700 ათასი წელი) გამყინვარების დროს.

კარსტული მღვიმეები ასევე წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყანაში სასწავლო-შემეცნებითი მიზნებისათვის, რამეთუ შესაძლებელია კარსტულ მღვიმეებში ჩატარდეს როგორც სამეცნიერო ისე შემეცნებითი ლექცია-სემინარები მოსწავლე-ახალგაზრდებისათვის, მოხდეს მათი სათანადო ინფორმირებულობა ადრეული ასაკიდანვე, რათა ძირეულად შეიცნონ მიწისქვეშა სამყაროს თავისებურებები.

ჩვენს მიერ წლების განმავლობაში ჩატარებული ექსპედიციების შედეგად გამოვლენილი ზედაპირული კარსტული ფორმების სიმრავლე და მრავალფეროვნება, მათი კავშირები მიწისქვეშა სიღრუეებთან, აქამდე უცნობი კარსტული მღვიმეების და შესასვლელების მიკვლევა და ა.შ. საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში მნიშვნელოვანი მიწისქვეშა სიცარიელების შესაძლო არსებობის შესახებ საფუძვლიანი ეჭვების საშუალებას გვაძლევს.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულის გათვალისწინებით შეიძლება დაბეჯითებით ითქვას, რომ რაჭის კირქვულ მასივს სპელეო-ტურიზმის განვითარების დიდი პოტენციალი გააჩნია, რაც საკვლევ რეგიონში ტურიზმის განვითარების ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორად შეიძლება იქნას განხილული, რაც საფუძველს ჩაუყრის აქ არსებული ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის სრულად გამოვლენას და გონივრულ ათვისებას. ვიმედოვნებთ, რომ მომავალში რაჭის კირქვული მასივის სისტემატური კვლევა სასურველ შედეგს აუცილებლად გამოიღებს და მომავალში ჩვენს ქვეყანას ახალი ათონისა და წყალტუბოს მღვიმური სისტემის მსგავსი სპელეო-ობიექტები შეემატება.

5.3. კარსტულ ლანდშაფტზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შეფასება და პრევენციის გზები

დღეისათვის, ბუნებრივი პირობები დიდწილად განსაზღვრავენ ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ხასიათსა და ინტენსიობას, მაგრამ ამ პროცესში ადამიანიც ბუნების გარდამქმნელი ფაქტორი გახდა (განსაკუთრებით ბოლო პერიოდში). ადამიანის ზემოქმედება შეეხო ყველა ბუნებრივ გეოგრაფიულ გარსს. ეს ყველაფერი კი ჩვენი ყოველდღიური საქმიანობით გამოიხატება, რომელთაგან აღსანიშნავია სოფლის მეურნეობა, ხსვადასხვა სახის მშენებლობები, ტერიტორიების ათვისება, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება და მრავალი სხვა. სამწუხაროდ ანთროპოგენური პროცესები ბუნებაში ინტენსიურად მიმდინარეობს, რაც ხშირ შემთხვევაში გარემოზე უარყოფითად აისახება.

თუ გადავხედავთ საუკუნეების წინანდელ პერიოდს, შევნიშნავთ, რომ კარსტული მღვიმეების გამოყენება ქვის ხანის ადამიანიდან იწყება. ამის დასტურია ის, რომ რაჭის კირქვული მასივის აღმოსავლეთით მოსაზღვრე კუდაროსა და წონას მღვიმეებში ადამიანი ჯერ კიდევ ქვედა პალეოლითში (2.5 მლნ/წ-300 000) დასახლდა, რასაც მოწმობს მღვიმეებში მიკვლეული სხვადასხვა მტკიცებულებები: (ადამიანთა ნაკვალევი, ქვისა და კაჟის იარაღები და სხვა). თუმცა ჯერ კიდევ მაშინ მღვიმეების ათვისება განპირობებული იყო ისეთი მიზეზებით, როგორიცაა: კლიმატური პირობები, მღვიმე-როგორც დროებითი საცხოვრებელი, სამალავი და სხვა.

მღვიმეთა გამოყენების ფაქტები ასევე ფიქსირდება საკვლევ ტერიტორიაზე რამდენიმე მღვიმეში, რასაც ადასტურებს ამოშენებული კედლები მღვიმის შესასვლელთან, კულტურული შრეები და სხვა. მოგვიანებით კი ადამიანებმა მღვიმე-საყინულების ათვისებაც დაიწყეს და ინტენსიურად იყენებდნენ როგორც ბუნებრივ მაცივრებს.

საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, კარსტულ ლანდშაფტზე ანთროპოგენური ზემოქმედება დღეისათვის საგანგაშო არ არის, თუმცა აუცილებლად საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს, რათა არ მიიღოს შეუქცევადი სახე კარსტულ ლანდშაფტზე ადამიანის ზემოქმედებამ. მითუმეტეს, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კარსტული ლანდშაფტი ძალიან მგრძნობიარე "ორგანიზმია" ანთროპოგენური აქტივობების მიმართ.

ბოლო პერიოდში, რაც ძალიან სამწუხარო ფაქტია, დაკარსტულ არეალებში პერმანენტული ხასიათი მიიღო ათასწლოვანი ხე-მცენარეულობის განადგურებამ. შაორი-საწალიკეს და ცხრაჯვარი-ლევნარის რაიონში ინტენსიურად იჩეხება მარადმწვანე ხე-მცენარეულობა, რომლებიც ღამის საათებში გააქვთ ტერიტორიიდან. აღნიშნულ ფაქტებს რამდენჯერმე შეესწრო ჩვენი საექსპედიციო ჯგუფი. სამწუხაროდ ეს ფაქტები დავაფიქსირეთ ისეთ ადგილებში, სადაც ინტენსიურადაა განვითარებული კარსტული პროცესები და წარმოდგენილია როგორც ზედაპირული ისე მიწისქვეშა მრავალფეროვანი კარსტული ლანდშაფტი (ნახ. 53).



ნახ. 53. განადგურებული ტყის საფარი, ცხრაჯვარის ტერიტორია
სურათი გადაღებულია მურადის მღვიმის სიახლოვეს

ვინაიდან კარსტული პროცესების განვითარება დაკავშირებულია სხვადასხვა ფაქტორზე (ეს ფაქტორები განხილულია დისერტაციის II-თავში), რომელიმე მათგანის მნიშვნელოვანი სახეცვლილება აუცილებლად უარყოფითად აისახება კარსტული პროცესების შემდგომ განვითარებაზე. აღნიშნულის დასადასტურებლად მრავალი ფაქტი შეიძლება მოვიყვანოთ, მაგალითად: მღვიმეების გამოშრობა, მღვიმეებში კირქვის ლოდების ჩამოცვენა, კარსტული წყლების დაბინძურება და მრავალი სხვა. ამ უკანასკნელზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ არ შეინიშნება ანთროპოგენური ფაქტორის გავლენა იმ მასშტაბით, როგორც ეს საკვლევი ტერიტორიის სამხრეთ ფერდობზე ფორმირებულ კარსტულ წყლებზეა დაფიქსირებული, თუმცა აქაც ვხვდებით ადამიანთა დაუდევარ ქმედებებს, რამეთუ მრავალ ადგილზე ჩვენ დავაფიქსირეთ კარსტული ძაბრები, რომლებიც ამოვსებულია საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, რომლებიც მომავალში შეიძლება გახდეს კარსტული წყლების მასშტაბური დაბინძურების კერა (ნახ. 54).



ნახ. 54. საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით ამოვსებული კარსტული ძაბრი
სოფ. შქმერის მიდამოები

ამ თვალსაზრისით აუცილებელია რომ კარსტული რელიეფი და ზოგადად ზედაპირული კარსტული ფორმები (ძირითადად ძაბრები) დაცული იყოს სხვადასხვა სახის ანთროპოგენური ზემოქმედებისა და დაბინძურებისაგან. რადგან, წინააღმდეგ შემთხვევაში ასეთი ფორმების ძირზე მუდმივად გამდინარე ან წვიმის დროს ჩაჟონილი წყალი, რომელიც რეცხავს საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს, გარკვეული პერიოდის მიწისქვეშა დინების შემდეგ აუცილებლად შეუერთდება სხვა მიწისქვეშა კარსტულ წყლებს, რომლებიც შესაძლებელია გამოყენებული იყოს სასმელად.

ასეთ შემთხვევაში დაბინძურებულ წყალს არ აქვს ფერი და გემო შეცვლილი, თუმცა მისი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობა ძალზედ საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, მითუმეტეს თუ ინტენსიურად ხდება ასეთი წყლის სასმელად გამოყენება. მოგეხსენებათ, კარსტული წყლების სასმელად გამოყენება დასაშვებია იმ შემთხვევაში, თუ დადგენილია მათი იზოლირებულობა არაჰიგიენური, ზედაპირული წყლებისგან. ამგვარი მიწისქვეშა ნაკადები წყლებს იკრებენ სხვადასხვა ადგილებიდან და კატეგორიულად დაუშვებელია მათი დაბინძურება, რაც ძირითადად გამოწვეულია როგორც ადგილობრივი მოსახლეობისაგან ასევე ტურისტთა გარკვეული ჯგუფებისგან.

გამომდინარე იქიდან, რომ კარსტული პროცესების ინტენსიური განვითარება დაკავშირებულია კარსტვად ქანებთან, სწორედ ამიტომ ასეთ ტერიტორიებს ახასიათებთ ძალზედ რთული ჰიდროსისტემა და მნიშვნელოვანია არ დავაბინძუროთ კარსტული წყლები, რადგან სწორედ ანთროპოგენური აქტიობები განსაზღვრავენ მეტწილად კარსტული წყლების ამღვრევა-დაბინძურების გამომწვევ ფაქტორებს.

საკვლევ ტერიტორიაზე, ადამიანთა გარკვეული კატეგორიების მიერ კარსტულ ლანდშაფტზე უარყოფითი ზემოქმედების მრავალი სხვა ფაქტი დავაფიქსირეთ. კერძოდ, ნაქერალას უღელტეხილზე რამდენიმე წლის წინ (ნიკორწმინდა-ტყიბულის საავტომობილო გზის მშენებლობის დროს), მიკვლევულ იქნა კარსტული მღვიმე (შემდგომში ნაქერალას მღვიმე), რომელსაც გააჩნია დაღმავალი მიმართულება (ვერტიკალური) და საგანგაშო ფაქტი ისაა, რომ აღნიშნული მღვიმე ადამიანთა მიერ გამოყენებულია საპირფარეშოდ, რაც ყოვლად დაუშვებელია. ასევე მრავალ მღვიმეში დამტვრეული და განადგურებულია კალციტური (ნალვენთი ფორმები) წარმონაქმნები, მრავალი მღვიმე გამოიყენება როგორც თავშეყრის ადგილი, სადაც ცეცხლის მოხმარების შედეგად გაშავებულია მღვიმის ჭერი და კედლები.

უნდა აღინიშნოს, რომ მღვიმეში წარმოქმნილი ნალვენთი ფორმები, ტერიგენული ნაფენები, ადამიანთა ნასახლარები, სხვადასხვა ცხოველის ძვლები მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მატარებელია პალეო-გეოგრაფიული და ასევე პალეო-კლიმატის აღდგენის კუთხით და აუცილებელია ამ თვალსაზრისით კარსტული მღვიმეების დაცვა. ყოვლად დაუშვებელია ახლად აღმოჩენილ/შეუსწავლელ მღვიმეში არაპროფესიონალი ადამიანების შესვლა, წინააღმდეგ შემთხვევაში იქ შეიძლება განადგურდეს უმნიშვნელოვანესი მტკიცებულებები, რომლებიც საუკუნეების განმავლობაში იქმნებოდა და ინახებოდა მღვიმის მყუდრო ადგილებში. ასეთ შემთხვევაში, აუცილებელია მოხდეს მღვიმეების დროებითი დალუქვა (ვიდრე არ მოხდება მღვიმის სამეცნიერო შესწავლა), რათა უზრუნველყოთ მათი დაცვა იქ შემთხვევით მოხვედრილი ადამიანებისაგან.

რაჭის კირქვული მასივი, კარსტული პროცესების გავრცელების კლასიკური ადგილია და ვფიქრობთ დაცვის სპეციალურ ღონისძიებებს იმსახურებს. კარსტულ-სპელეოლოგიური თვალსაზრისით აქ გავრცელებულია არეალები, რომლებიც ჩვენი

აზრით დაცული ტერიტორიების რიცხვს უნდა მიეკუთვნებოდნენ, რაც ხელს შეუწყობს მათ დაცვას და ეფექტურ მართვას. წინააღმდეგ შემთხვევაში გარდაუვალი იქნება კარსტული ლანდშაფტის სრული განადგურება, რადგანაც, როგორც უკვე აღვნიშნე განსაკუთრებული სისასტიკით მიმდინარეობს უნიკალური მარადმწვანე და ფართო ფოთლოვანი ხეების ჭრა უშუალოდ იქ, სადაც კლასიკურადაა წარმოდგენილი კარსტული ლანდშაფტი. ცხადია, თუ არ შეწყდა ხე-მცენარეულობის ინტენსიური ჭრა, ეს ფაქტი უახლოეს მომავალში აუცილებლად მოიტანს უარყოფით შედეგებს და ხე-მცენარეულობასთან ერთად მთლიანად განადგურება კარსტული ლანდშაფტი.

მსგავს ადგილებში, ასევე დაუშვებელია ღია კარიერული წესით სამუშაოების ჩატარება, რამაც თავის მხრივ შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგის ეროზია, კარსტული ნაკადების დაბინძურება ან/და კალაპოტის შეცვლა, ინფილტრაციული წყლების შემცირება და სხვა. ასეთმა ქმედებამ კი საბოლოოდ შეიძლება გამოიწვიოს მღვიმის გამოშრობა და კვდომა. რეკომენდაციის სახით მოვუწოდებთ ყველას (ადგილობრივი მოსახლეობა, ტურისტები), რომ არ დააბინძურონ კარსტული მღვიმეები, ძაბრები, კანიონები და სხვა სპელეო-ობიექტები. ყოვლად დაუშვებელია ასეთი ადგილების გამოყენება სანაგვეებად, რადგან ეს შეიძლება აისახოს კარსტული წყლების ამღვრევასა და მათ ბაქტერიოლოგიურ დაბინძურებაზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ მუდმივად ხდებოდეს ადამიანთა სათანადო ინფორმირებულობა აღნიშნული პრობლემების მიმართ. ასევე არანაკლებ მნიშვნელოვანია, რომ ტარდებოდეს მუდმივი მონიტორინგი და სწორი მენეჯმენტი კარსტული ლანდშაფტის დაცვის კუთხით. მნიშვნელოვანია, რომ დავიცვათ ყველა რეგულაცია, რომელიც ითვალისწინებს კარსტული არეალების დაცვას, რაც ვფიქრობ სასურველ შედეგს აუცილებლად მოიტანს.

დასკვნები

რაჭის კირქვეულ მასივზე ჩატარებული კომპლექსური კარსტულ-სპელეოლოგიური და გეომორფოლოგიური კვლევების საფუძველზე დადგინდა შემდეგი:

❖ კარსტული პროცესების ინტენსიური განვითარება დაკავშირებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, რომელთა შორის უმთავრესია: ლითოლოგია, ტექტონიკური ნაპრალების არსებობა, კლიმატური პირობები და ნიადაგ-მცენარეული საფარი;

❖ კარსტული მღვიმეები ძირითადად მიწისქვეშა წნევიანი წყლების ზემოქმედებითაა წარმოშობილნი, რომლის უტყუარი ნიშნები (დაჩვრეტილი ზედაპირები, მომრგვალებული თაღები, ყრუ ჯიბეები და ნიშები) მკაფიოდაა შემორჩენილი მღვიმეებში;

❖ კარსტული მღვიმეები ჩაისახა ფრეატულ ეპოქაში, წნევიანი წყლების აქტიური ზემოქმედების პირობებში, ხოლო მღვიმეების განვითარების შემდგომ პერიოდებში აქტიური როლი შეასრულა თავისუფალი ნაკადების მოქმედებამ (ვადოზური ეპოქა);

❖ საკვლევ ტერიტორიაზე კარსტული მღვიმეები ძირითადად იმყოფებიან ვადოზური ეპოქის ვოკლუზურ, ნაკადოვან-ტალანურ და მშრალ-ტალანურ სტადიებში;

❖ განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე მიწისქვეშა კარსტული რელიეფის ფორმები განვითარებულია კოროზიული, ეროზიული და გრავიტაციული პროცესების ზემოქმედებით;

❖ მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე დაკვირვების საფუძველზე დადგინდა კარსტულ მღვიმეებში ჰაერისა და წყლის შედარებით დაბალი ტემპერატურა, ვიდრე საქართველოს მთათაშორის ბარში არსებულ კარსტულ მღვიმეებშია დაფიქსირებული. რაჭის კირქვეულ მასივზე განვითარებულ კარსტულ მღვიმეებში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა 7°C , ხოლო წყლის ტემპერატურა 6.2°C შეადგენს, სინოტივის საშუალო მაჩვენებელი 85%-ია;

❖ დისტანციური ზონდირების მეთოდით (გამოყენებული იყო ASTER-ის 15 მეტრიანი გარჩევადობის სურათები) განხორციელდა ზედაპირული კარსტული ლანდშაფტის იდენტიფიცირება. ეს მეთოდოლოგია რთულად მისასვლელი ზედაპირული კარსტული ფორმების არელების დადგენის შესაძლებლობას იძლევა;

❖ განხორციელდა კარსტული მღვიმეების დეტალური აგებმვა მორფოგრაფიული და მორფომეტრიული მახასიათებლების გათვალისწინებით;

❖ დადგენილ იქნა ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ლანდშაფტის (წყალ-მშთანთქავი აპარატის) გავრცელების მასშტატები. ზედაპირული და მიწისქვეშა კარსტული ფორმების განვითარება დაკავშირებულია ძირითადად სუსტად დახრილ ზედაპირებთან (მინიმალური 6° და მაქსიმალური 17°), რომელიც საშუალოდ 11.5° -ს შეადგენს;

❖ შეიქმნა საკვლევი ტერიტორიის სხვადასხვა თემატიკის (სპელეოლოგიური დარაიონება, ფერდობების დახრილობა, სპელეო-ტურისტული მღვიმეების გავრცელება) რუკები. საველე აგებმვითი და კამერალური მასალების დამუშავების საფუძველზე შედგენილი იქნა ასევე რაჭის კირქვეული მასივის სპელეოლოგიური რუკა, სადაც ყველა მნიშვნელოვანი კარსტული მღვიმეა დატანილი;

❖ თანამედროვე საკვლევი ხელსაწყოების გამოყენებით (Suunto KB-14 Precision Global Compass, Clinometer with Percent and Degree Scales, Laserliner Distance Master), განხორციელდა სპელეო-ტურისტული მღვიმეების სამგანზომილებიანი მოდელირება (შეიქმნა მურადის, უშოლთის, დოლაბისთავის, ხეორის და სხვა მღვიმეების სამგანზომილებიანი მოდელები), რომელიც საუკეთესო საშუალებაა კარსტული მღვიმეების ვიზუალიზაციის თვალსაზრისით;

❖ აგრეთვე, სხვადასხვა ხელსაწყოების გამოყენებით (Laserliner Distance Master, GPS) განისაზღვრა კარსტული ობიექტების (კარსტული ჭები, შახტები, კანიონები, ძაბრები, ვოკლუზები და სხვა) გეოგრაფიული კოორდინატები და აბსოლუტური/შეფარდებითი სიმაღლეები;

❖ განხორციელდა რაჭის კირქვული მასივის სპელეო-ტურისტული შეფასება. სპელეო-რესურსის თვალსაზრისით, რაჭის კირქვულ მასივს დიდი პოტენციალი გააჩნია, რომლის სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია დაცლის პირას მისული რაჭისათვის.

დისერტაციაში გამოყენებული ზოგიერთი კარსტული ტერმინოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი

კარსტი - წყალში ადვილად ხსნად ქანებში მიმდინარე პროცესების ერთობლიობას ეწოდება კარსტი. კარსტი შეიძლება მივიჩნიოთ როგორც გეოლოგიური პროცესი. სიტყვა კარსტი წარმოსდგება სლოვენიაში მდებარე კარსტული პლატოს სახელწოდებიდან (Kras). სიტყვა კარსტი არის გერმანული სიტყვა (Karst), რომელიც წარმოსდგება სლოვენიური სიტყვისაგან (Slovenian Kras). სიტყვა კარსტი მრავლობითში არ იხმარება.

კარსტული მღვიმე - კარსტად ქანებში არსებული ბუნებრივი სიცარიელე, რომელიც გამოვსებულია წყლით ან ჰაერის მასებით და დაკავშირებულია ატმოსფეროსთან. მღვიმე ფორმირდება სხვადასხვა სიღრმეზე ადვილად ხსნადი ქანების (კირქვა, თაბაშირი, დოლომიტი, მარმარილო, ქვის მარილი) გამოტუტვით და დაშლით.

კარსტული წყალი - კარსტულ წყალს უწოდებენ წყალში ადვილად ხსნადი ქანებით აგებულ ტერიტორიებთან დაკავშირებულ და მათში ფორმირებულ მიწისქვეშა წყლებს. ისინი ბუნებაში წარმოდგენილია წყაროების, ვოკლუზების, მიწისქვეშა მდინარეების ან მცირე ნაკადების სახით.

კარსტული დოლინა - სხვადასხვა სიდიდის და სიღრმის ძაბრისებრივი ან ჯამისებრივი ვარდნობი/ჩადაბლება, რომელსაც ჩვეულებრივ მრგვალი, ოვალური ან კლავნილი განაკვეთი აქვს. თუმცა გვხვდება ჭისებრივი დოლინებიც. დოლინები არიან სიმეტრიული და ასიმეტრიული კედლებიანი. სიმეტრიული კედლებიანი დოლინები ვრცელდებიან მოვაკებულ სივრცეებზე, ხოლო ასიმეტრიული დაქანებულ ადგილებში.

კარსტული ძაბრი - ზედაპირული კარსტული ფორმა (იგივე წკვარამი), ძაბრისებრივი ჩადაბლება კირქვულ ქანებში, რომლის დიამეტრი რამდენიმე ასეულ, ხოლო სიღრმე რამდენიმე ათეულ მეტრს აღწევს. კარსტულ ძაბრებს ახასიათებთ უწესრიგო გავრცელება. არსებობს მრავალი სახეობის კარსტული ძაბრი, მათ შორის: ჩაქცევითი, ბრტყელძირიანი და სხვა. მრავალი მათგანის ძირზე განვითარებულია საკუთრივ მცირე ჭა, შახტი ან პირდაპირ დაკავშირებულნი არიან მღვიმეებთან. ხშირად კარსტულ ძაბრებში ჩამდგარია წყალი.

კარსტული პოლიე - კარსტული რელიეფისათვის დამახასიათებელი ერთგვარი ქვაბული, რომელიც ირგვლივ შემოსაზღვრულია ფერდობებით და ქედებით, სადაც ინტენსიურადაა განვითარებული კარსტული პროცესები. პოლიეს სიგრძე შეიძლება რამდენიმე კმ-ს შეადგენდეს. ცნობისთვის, შაორის კირქვული ქვაბული წარმოადგენს კაკვასიაში უდიდეს კარსტულ პოლიეს.

კარსტული ჯიბე - მცირე ზომის ჯამისებრივი ფორმები, რომლებიც ვითარდება როგორც მღვიმის ჭერზე, ასევე კედლებზე. მათი ფორმირება ძირითადად ხდება თერმული წყლების ინტენსიური ზემოქმედებით. აგრეთვე შესაძლებელია მათი წარმოქმნა დაკავშირებული იყოს ფიზიკურ გამოფიტვასთან.

კარსტული ვოკლუზი - ძირითადად დამახასიათებელია კირქვებით აგებულ ტერიტორიებისათვის, რომელიც ზედაპირზე გამოდის კარსტული წყაროს სახით ან დასაბამს აძლევს კარსტულ მდინარეს და ნაკადს. არსებობს როგორც მცირე, ისე მნიშვნელოვანი დებიტის მქონე კარსტული ვოკლუზები.

კარსტული პონორი - იგივე წყალკარგვის ადგილი, რომელშიდაც ჩაედინება ზედაპირული ნაკადი და ხდება გაუქინარება კირქვულ ქანებში. პონორები განვითარებულია როგორც მოვაკებულ ადგილებში ასევე თვით მდინარის კალაპოტში.

კარსტული ჭა - ვერტიკალური, ვიწრო, ღრმა ვარდნობი, რომელიც წარმოიქმნება ძირითადად კირქვებით აგებულ ტერიტორიებზე აგრესიული წყლის ზემოქმედებით. კარსტული ჭების გავრცელების არეალს წარმოადგენს თვით კარსტული მღვიმეები, სადაც მათი წარმოქმნა დაკავშირებულია თერმული წყლების ზემოქმედებასთან.

კარსტული შახტი - კირქვებში ჩასახული ვერტიკალური სიცარიელე, რომლის სიღრმე 1-2 მეტრიდან რამდენიმე ათეულ მეტრამდეა. კარსტული შახტების ფორმირება ხშირად განპირობებულია კირქვებში ნაპრალების არსებობით. ზოგ შემთხვევაში შახტები პირდაპირი ხაზით დაკავშირებულნი არიან მღვიმეებთან.

აგრესიული წყალი - წყლის გარკვეული მასა, რომელიც შეიცავს თავისუფალი ნახშირორჟანგის ჭარბ რაოდენობას (CO_2) და გააჩნია კალციუმის კარბონატთან (CaCO_3) რეაქციის უნარი, აგრესიული წყალი ეწოდება.

სტალაქტიტი - მღვიმეში ჭერიდან ვერტიკალურად ჩამოზრდილი სხვადასხვა სიგრძის და დიამეტრის ნალვენთი ფორმა. მისი ფორმირება ხდება კირქვის და აგრესიული წყლის ურთიერთ რეაქციის შედეგად, რომელიც იწვევს კირქვის დაშლას/გამოტუტვას, რომლის დროსაც ჭერზე ჩნდება მცირე ზომის გამოლექილი კალციტის ნაწილაკები.

სტალაგმიტი - მღვიმის იატაკიდან ვერტიკალურად აღმართული სხვადასხვა ფორმის მღვიმური წარმონაქმნი. სტალაგმიტი იზრდება მღვიმის ჭერიდან ჩამოჟონილი წყლის წვეთებისაგან, რომელიც შეიცავს კალციტის მინერალებს.

სტალაგნატი - სტალაქტიტისა და სტალაგმიტის შეერთების შედეგად წარმოიქმნება სტალაგნატი. იგი ხანდახან საყრდენის ფუნქციასაც ასრულებს ხოლმე მღვიმეში.

ჰელიქტიტი - ექსცენტრული მღვიმური წარმონაქმნები, რომელთა მინერალური შედგენილობა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს კალციტისა და არაგონიტისაგან. არსებობს სხვადასხვა ზომის და შეფერილობის ჰელიქტიტები. მათ ახასიათებთ უწყესრიგო გავრცელება მღვიმის კედლებსა და ჭერზე, რომლებიც განსაკუთრებით ხიბლავს ვიზიტორებს.

ევორზია - ვერტიკალურად ვარდნილი წყლის ეროზიული მოქმედება ფსკერზე, რომლის დროსაც წყლის ტურბულენტური მოძრაობით მიმდინარეობს ფსკერის ლოკალური გაღრმავება. ამ დროს ხდება ბუნებრივი ორმოების ან ჩაღრმავებების (ქვაბების) გაჩენა. ხშირად მათ გოლიათთა (ბუმბერაზთა) ქვაბებს უწოდებენ.

ფრეატული ეპოქა - კარსტული მღვიმის განვითარების საწყისი სტადია, როცა მღვიმე მთლიანად გამოვსებულია ატმოსფერული წყლით. იყოფა ნაპრალოვ, ხვრელოვ და არხისებრ სტადიებად. ხასიათდება კოროზიული პროცესების გაბატონებით.

ვადოზური ეპოქა - კარსტული მღვიმის წარმოქმნის შუა ეპოქა. ხასიათდება: 1. წყლით ნაწილობრივ შევსებით, მიწისქვეშა მდინარის არსებობით; 2. წყლისა და ჰაერის ნორმალური წნევით; 3. ნალვენთი ფორმების, ეროზიისა და ნაზვავთა განვითარებით; 4. ადრეულ სტადიაში-ფაუნისა და ადამიანის დაუსახლებლობით.

პიზოლითი - იგივე მღვიმური მარგალიტი, მღვიმის იატაკზე არსებულ გუბებში (გურები) კალციტის დალექვით მიღებული მრგვალი ან მოგრძო, წვრილი კენჭები, კალციტური ოოლითები, პიზოლითები. ახასიათებთ კონცენტრული აღნაგობა ბირთვის ირგვლივ.

ოოლითი - სფერული ან ელიფსური ფორმის მინერალური წარმონაქმნი (რამდე-ნიმე მმ-დან 15-25 მმ-მდე). ცენტრში მოთავსებულია ქვიშის მარცვალი ან რომელიმე ორგანიზმის კარბონატული ნიჟარის ნატეხი, რომლის გარშემო თანდათანობით ილექება ნივთიერება. წარმოიქმნება ზღვის წყალში ან მღვიმეში განვითარებულ გუბებებსა და ლაგუნებში. 2,5 მმ-ზე მსხვილ ოოლითს პიზოლითი ეწოდება.

კირქვის ცომი, მთვარის რქე - მღვიმეებში არსებული მინერალური აგრეგატები, რომლებიც წარმოდგენილია რძისმაგვარი ან თეთრი ცომისებური ამორფული მასის სახით. მათი ფორმირება აქტიურად მიმდინარეობს კონდესაციური წყლების აგრესიული ზემოქმედებით და აქედან გამომდინარე იგი წარმოადგენს კარბონატული სუბსტრატის გახსნის პროდუქტს. ზოგიერთი მეცნიერის გამოკვლევებით, მათ ფორმირებაში აქტიურ როლს თამაშობს მიკროორგანიზმები (ბიოქიმიური გამოფიტვა).

წყალ-ქემოგენური ანუ ქიმიური ნალექები - მიწისქვეშა სიღრუეებში კარბონატულ ქანებზე წყლის ქიმიური ზემოქმედებით (ქიმიური გახსნა, გამოკრისტალება და ა.შ.) ფორმირებული ნალვენთ-ნაწვეთი წარმონაქმნები. წყალ-ქემოგენური ნალექები იყოფა სამ ქვეტიპად:

1. სტალაქტიტ-სტალაგმიტური და კედლის ნალვენთი წარმონაქმნები.
2. კალციტის მინერალური აგრეგატები, წარმოშობილი წყლის ხსნარებიდან.
3. ინკრუსტაციული წარმონაქმნები, წარმოშობილი მღვიმეში შემთხვევით მოხვედრილი ან შეგნებულად დატოვებული საგნების (ხის ტოტი, ძვალი და ა. შ.) მინერალური ან ნალვენთი კალციტის ქერქით გადაკვრა-დაფარვის შედეგად.

ეგუტაციური ორმო - ღვიმეში, ჭერიდან და სტალაქტიტებიდან წყლის ჭავლების და წვეთების ინტენსიური დაცემის შედეგად კირქვის ზედაპირზე წარმოშობილი ჩაღრმავებები (ორმოები).

გამოყენებული ლიტერატურა

1. აბაშიძე ელ. 1973. შაორის აუზის კარსტის განვითარების ინტენსივობა. საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები. გამომცემლობა მეცნიერება. თბილისი.
2. ბაგრატიონი ვ. 1941. აღწერა სამეფოსა საქართველოსა (საქართველოს გეოგრაფია). თბილისი.
3. გეგუჩაძე შ. 1973. რიონ-ყვირილის წყალგამყოფის გეოლოგია და განვითარების ისტორია. თბილისი.
4. გობეჯიშვილი რ. 2011. საქართველოს რელიეფი. გამ. უნივერსალი. თბილისი.
5. კორძაძე მ. 1961. საქართველოს ჰავა. მეცნიერება, თბილისი.
6. ლეჟავა ზ. 2015. ზემო იმერეთის პლატოს და მიმდებარე რაიონების კარსტი. გამომცემლობა უნივერსალი. თბილისი.
7. მარუაშვილი ლ. 1963. დასავლეთ საქართველოს კარსტული ზოლის გეოგრაფიული და სპელეოლოგიური დახასიათების ცდა. საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი.
8. მარუაშვილი ლ. 1973. მღვიმეთმცოდნეობის საფუძვლები. ზოგადი სპელეოლოგია. გამომცემლობა მეცნიერება. თბილისი.
9. ტატაშიძე ზ., წიქარიშვილი კ., ჯიშკარიანი ჯ. 2009. საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი. გამომცემლობა მეცნიერება. შრომათა კრებული, ახალი სერია, თბილისი, 3(82).
10. ტინტილოზოვი ზ. 1961. იშვიათი სტალაქტიტური ფორმები და კონკრეციები დასავლეთ საქართველოს კარსტულ მღვიმეებში. საქ. მეცნ აკად. ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, 23-25.
11. ტინტილოზოვი ზ. 1963. ჯრუჭულას ხეობის კარსტული მღვიმეები (გეომორფოლოგიური დახასიათების ცდა). საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები, სპელეოლოგიური კრებული, ტ. I, თბილისი, 65-77.
12. ტინტილოზოვი ზ. 1963. სპელეოლოგიური დაკვირვებანი აღმოსავლეთ გუმისთის აუზის კარსტულ მღვიმეებში. საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები. ტომი II, თბილისი, 31-42.
13. ურუშაძე თ. 1997. საქართველოს ძირითადი ნიადაგები. გამომცემლობა მეცნიერება, თბილისი.
14. ყიფიანი შ. 1974. საქართველოს კარსტი. (გეომორფოლოგიური დახასიათების ცდა). გამომცემლობა მეცნიერება. თბილისი.
15. ყიფიანი შ. 1939. შაორის ამოქვაბულის გეომორფოლოგიისათვის. სადისერტაციო შრომა გეოგრაფიულ მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხის მოსაპოვებლად. თსუ, თბილისი.
16. ყიფიანი შ., ტატაშიძე ზ., ოქროჯანაშვილი არს., ჯიშკარიანი ჯ. 1966. საქართველოს კარსტული მღვიმეების კადასტრი. გამომცემლობა მეცნიერება. თბილისი.
17. ყიფიანი შ., ჯიშკარიანი ჯ. 1973. ცხრაჯვარის გამოქვაბულთა კომპლექსი. საქართველოს მღვიმეები და გამოქვაბულები. სპელეოლოგიური კრებული, #5, 96-111.

18. წიქარიშვილი კ. 1985. საქართველოს კარსტული ზოლის კლიმატური დახასიათება. საქართველოს სპელეოლოგიის პრობლემები. გამ, მეცნიერება, თბილისი.
19. აბაშიძე ე. ა. 1980. Геоморфологические условия развития карста в Шаорской котловине.-Сб. : Пещеры Грузии, вып. 8, Мецниереба, Тбилиси.
20. Арошидзе В.Ю., Джаджанидзе Б.Н., Мкртычян И.А., Феофилов М.Б., Церетели Э.Д., Чипашвили У.И. 1984. Отчет гидрогеол. и инжин.-геолог. исследований Чиатурского месторождения марганца.-фонды гидрогеол. и инж.-геолог. экспедиции. Тбилиси.
21. Гамкრелидзе П.Д. 1964. Тектоника. В кн.: Геология СССР, т. X, Грузинская ССР, М., Тбилиси.
22. Гамкრელიძე პ. დ., 1975. Схема тектонического деления территории Грузии. В кн: Путеводитель экскурсий Советско-Индийского симпозиума по сравнительной геологии Кавказа и Гималаев.Тбилиси.
23. Гигинейшвили Г.Н. 1979. Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста. Тбилиси.
24. Гильденштедт И.А. 1809. Географическое и статистическое описание Грузии и Кавказа из путешествия г-на академика И.А. Гильденштедта через Россию и по Кавказским горам в 1770, 71, 72 и 73 годах. Санкт-Петербург, 384 с.
25. Джанелидзе А. 1940. Геологические наблюдения в Окрибе и смежных частях Рачи и Лечхуми. Грузинский Филиал АН СССР.
26. Кавришвили К.В., Маткава Д.И. 1978. Ландшафтный анализ Шаорской карстовой котловины. Пещеры Грузии, 7, 38-48.
27. Краевич К.Д. 1870. Военный обзор Рионского края. Санкт-Петербург, 272с.
28. Любин В.П. 1989. Палеолит Кавказа. Палеолит Кавказа и северной Азии. АН СССР.
29. Пантюхов И., 1899, Шаорская котловина и ее окрестности. Изв. КОИРГО, т.12. вып. 3, 185-250.
30. Раквиашвили К.Ш. 1980. К тектонической характеристике карста Рачийского массива. Сб: Пещеры Грузии, вып. 8, Тбилиси.
31. Раквиашвили К.Ш., 1981. Трещиноватость известняковых пород и карст междуречья Риони и Квирила.Сб. Пещеры Грузии, вып. 9. Мецниереба, Тбилиси.
32. Раквиашвили К.Ш. 1985. Гидрогеологии карста Шкмерского плато (Рачинский известняковый массив). Пещеры Грузии, №7, 31-37.
33. Тинтилозов З.К. 1963. Исследование пещер Грузии. Земля и люди, Географический календарь, 120-121.
34. Тинтилозов З.К. 1976. Карстовые пещеры Грузии (морфологический анализ). Изд. Мецниереба, Тбилиси.
35. Цагарели А. Л. 1964. Червертичная тектоника Грузии. Сб. «Гималайский и альпийский орогенез». Международный геолог. конгр., XXII сессия, докл. сов. геологов, проблема (II) М.
36. Цагарели А. Л. 1954. Верхний мел Грузии. Тр. ГИН АН ГССР, монографии, №10.
37. Церетели Д.В. 1956. Кладбище пещерных медведей в окрестностях Накеральского перевала (пещера Цхраджвари). Изд. Аз. ССР, № 1, 59-64.

38. Sanidze, L., Chikhradze, N., Lezhava, Z., Tsikarishvili, K., Polk, J., Lominadze, G., Bolashvili, N. 2017. Complex Speleogenetic Processes and Mineral Deposition in the Caucasus Region of Georgia. Journal of Environmental Biology-Special Issue. (*in print*).
39. Asanidze, L., Tsikarishvili, K., Bolashvili, N. 2013. Cave Tourism Potential in Georgia. The 2nd International Symposium on Kaz Mountains (Mount Ida) and Edremit-Human-Environment Interactions and Ecology of Mountain Ecosystem. Proceedings. 243-246.
40. Asanidze, L., Tsikarishvili, K., Bolashvili, N. 2013. Speleology of Georgia. 16th 16 th International Congress of Speleology. Proceedings. V-1. 29-34.
41. Asanidze, L., Tsikarishvili K., Lezhava Z., Bolashvili Z., Chikhradze N. 2015. Discovery and Management of Georgian Caves. Program and Abstracts-21st National Cave and Karst Management Symposium. Cave City. KY, USA.
42. Bieniok A., Zagler G., Brendel U. & Neubauer F. 2011. Speleothems in the dry cave parts of the Gamslöcher-Kolowrat Cave, Untersberg near Salzburg (Austria). International Journal of Speleology, 40 (2), 117-124.
43. Borsato A., Frisia S., Jones B., & Van der borg K. 2000. Calcite Moonmilk: Crystal Morphology and Environment of Formation in Caves in the Italian Alps. Journal of Sedimentary Research. Vol. 70, 1179-1190.
44. Boston, P. J., Northup, D. E., & Lavoie, K. H. 2006. Protecting microbial habitats: Preserving the unseen. In V. Hildreth-Werker & J. C. Werker (Eds.), Cave conservation and restoration. National Speleological Society. Huntsville, 61-82.
45. Brinkmann, R., & Parise, M. 2012. Karst environments: Problems, management, human impacts, and sustainability: An introduction to the special issue. Journal of Cave and Karst Studies. (74), 135-136.
46. Brinkmann, R., Reeder, P. 1995. The relationship between surface soils and cave sediments: An example from west central Florida, USA. Cave and Karst Science. (22), 95-102.
47. Fleury, E. S. 2009. Land use policy and practice on karst terrains: Living on limestone. New York, Springer.
48. Ford D & Williams P. 2007. Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester, Wiley.
49. Harley, G. L., Reeder, P. P., Polk, J. S., & van Beynen, P. E. 2010. Developing a GIS-based inventory for the implementation of cave management protocols in with lacoochee State Forest, Florida. Journal of Cave and Karst Studies. (72), 35-42.
50. Hill C. A. & Forti P. 1997. Cave Minerals of the world (2nd ed). National Speleological Society. Huntsville, USA.
51. Hiller T., Romanov D., Gabrovsek F., Kaufmann G. 2014. The Creation of Collapse Dolines: a 3D Modeling Approach. Acta Carsologica. Vol, 43 (2-3), 241-255.
52. Geze B. 1965. La Spéleologie Scietifique. Paris, 190 p.
53. Jacek S. 2015. Cave development in an uplifting fold-and-thrust belt: case study of the Tatra Mountains, Poland. International Journal of Speleology. 44 (3), 341-359.
54. Klimchouk, A., & Kasjan, J. 2001. Krubera (Voronja): In a search for the route to 2000 meters' depth: the deepest cave in the world in the Arabika Massif, Western Caucasus. NSS News. 59 (9), 252-257.

55. Klimchouk A.B. 2012. Krubera (Voronja) Cave.. Encyclopedia of Caves. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Simferopol, Ukraine. 443-450.
56. Klimchouk A.B., Samokhin G.V., Kasian Y.M. 2009. The deepest cave in the world in the Arabika Massif (Western Caucasus) and its hydrogeological and paleogeographic significance.. ICS Proceedings, 15th International Congress of Speleology, 898-905.
57. Merino A., Gines J., Tuccimei P., Soligo M., & Fornos J. 2014. Speleothems in Cova des Pas de Vallgornera: their distribution and characteristics within an extensive coastal cave from the eogenetic karst of southern Mallorca (Western Mediterranean). International Journal of Speleology 43 (2), 125-142.
58. Moral S. Sanchez., Portillo M.C., Janices I., Cuezva S., Fernández-Cortés A., Cañaveras J.C., Gonzalez J.M. 2012. The role of microorganisms in the formation of calcitic moonmilk deposits and speleothems in Altamira Cave. Geomorphology. Vol. 139-140. 285-292.
59. Palmer A. 2007. Cave geology. Cave Books. Dayton.
60. Perrin C., Prestimonaco L., Servelle G., Tilhac R., Maury M., & Cabrol P. 2014. Aragonite - Calcite Speleothems; Identifying Original and Diagenetic Features. Journal of Sedimentary Research, v. 84, 245-269.
61. Polk, J. S., van Beynen, P.E., Asmerom, Y., & Polyak, V. J. 2013. Reconstructing past climate using carbon isotopes from fulvic acids in cave sediments. Chemical Geology. 360-361, 1-9.
62. Polk, J. S., van Beynen, P., Reeder, P. 2007. Late Holocene environmental reconstruction using cave sediments from Belize. Quat. Res. (70), 53-63.
63. Sallstedt T., Ivarsson M., Lundberg J., Sjöberg R., & Romaní Juan R. V. 2014. Speleothem and biofilm formation in a granite/dolerite cave, Northern Sweden. International Journal of Speleology 43 (3), 305-313.
64. Shumenko S. I., & Olimpiev I. V. 1997. Rock milk from caves in the Crimea and Abkhazia: Lithology and Mineral Res., v. 12, no. 12 (in Russian), 240-243.
65. White, W. B. 2007. Cave sediments and paleoclimate. Journal of Cave and Karst Studies, vol. 69, no. 1, 76-93.