



საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის
ქართული უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის, მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სკოლა
(ფაკულტეტი)

საგანმანათლებლო პროგრამა - გეოფიზიკა

ნინო გოგუაძე

დისერტაცია

სვეტიცხოვლის ტაძრისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის
კვლევა გეოფიზიკური მეთოდებით

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
გეოლოგიაში (0506)

*დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელები:
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი მანანა კაჭახიძე,
დოქტორი გეოლოგიაში მამუკა ჯახუტაშვილი*

თბილისი

2016

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი.....	3
თემის აქტუალობა.....	3
თემის მიზანი და ძირითადი ამოცანები	5
ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და ძირითადი შედეგები.....	6
ნაშრომის თეორიული მნიშვნელობა	7
ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა.....	8
ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა	8
თავი1. ძიების გეოფიზიკური მეთოდების მიმოხილვა.....	9
1.1 გეოფიზიკური სამუშაოების წარმოების მეთოდოლოგია და გამოყენებული აპარატურა.....	10
1.1.1. წინააღმდეგობის მეთოდი	10
1.1.1.1. ელექტროპროფილირება	13
1.1.1.2. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება	14
1.1.2. გეორადიოლოკაცია	16
1.1.3. ძიების სეისმური მეთოდები	21
თავი 2. ძიების გეოფიზიკური მეთოდების ეფექტურობა არქეოლოგიური ძეგლების კვლევისას.....	23
2.1. კვლევის მიზანი	32
2.2. ზოგიერთი ცნობა შესასწავლი ობიექტის შესახებ	32
2.2.1. მოკლე ისტორიული მიმოხილვა	32
2.3. რეგიონის მოკლე გეოგრაფიულ-გეოლოგიური დახასიათება.....	37
2.4. უბნის ჰიდროგეოლოგიური დახასიათება	41
თავი 3. სვეტიცხოვლის ტაძარსა და მიმდებარე ტერიტორიაზე ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით ჩატარებული კვლევები.....	48
3.1 ტაძრის ეზოში ჩატარებული კვლევები.....	48
3.2. ტაძარში ჩატარებული კვლევები	59
დასკვნები	62
რეკომენდაციები.....	63
დანართები	64
ლიტერატურა.....	98

შესავალი

თემის აქტუალობა

ქართული ხუროთმოძღვრების ძეგლი, დღემდე გადარჩენილთა შორის, საქართველოს საპატრიარქოს ყველაზე დიდი საეკლესიო ნაგებობა, სვეტიცხოველი მე-11 საუკუნეშია აგებული. ის თბილისიდან 20კმ მანძილზე, მცხეთაში მდებარეობს. იგი საუკუნეთა მანძილზე ქრისტიანული საქართველოს სარწმუნოებრივ ცენტრს წარმოადგენდა.

ჯერ კიდევ მე-4 საუკუნეში გაქრისტიანებულ მირიან მეფეს, წმ. ნინოს რჩევით, აქ პირველი ეკლესია აუშენებია, რასაც დღემდე არ მოუღწევია, თუმცა 1970-1971 წწ. სარემონტო-სარესტავრაციო სამუშაოთა ჩატარების დროს მიკვლევულ იქნა მისი საძირკვლის კვალი. ასევე მთლიანად შემოიხაზა იმ ბაზილიკის გეგმა, რომელიც მე-5 საუკუნის მეორე ნახევარში აქვე ააშენა ვახტანგ გორგასალმა წმ. ნინოს ეკლესიის დანგრევის შემდეგ.

მე-11 საუკუნეში დაზიანებული ბაზილიკის ადგილზე ქართლის კათალიკოსმა მელქისედეკმა ახალი ტაძარი ააგო. ხუროთმოძღვარი გახლდათ არსუკიძე.

ტაძარი გარშემორტყმულია გალავნით, რომელიც 1787 წელს აუგიათ მეფე ერეკლე მეორის ბრძანებით. შესასვლელი ჭიშკარი სამხრეთ კედელშია, ხოლო დასავლეთ მხარეს სამრეკლო და მე-11 საუკუნის კარიბჭეა-მაშინდელი ქართული საერო არქიტექტურის შესანიშნავი ნიმუში. გალავნის კედლის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილის ქვეშ 1963-64 წწ. არქეოლოგიური გათხრების შედეგად გამოვლინდა მელქისედექ კათალიკოსის სასახლის ნაშთი (XI საუკუნე).

გალავნის სამხრეთ-აღმოსავლეთ კუთხეში ანტონ მეორე კათალიკოსის ორსართულიანი სასახლეა (XII საუკუნე, ამჟამად მცხეთის ისტორიულ-ეთნოგრაფიული მუზეუმი).

მიუხედავად იმისა, რომ ტაძარმა მრავალი ცვლილება განიცადა, ძველი ფრესკების დიდი ნაწილი დაიღუპა, ხოლო კედლების შეთეთრებამ ინტერიერს გამოაკლო მისი მხატვრული მთლიანობისათვის აუცილებელი სხვა ორგანული ელემენტებიც, იგი დღესაც დიდებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს.

თუმცა, დღეს ტაძრის დამთვალიერებელი აშკარად ამჩნევს, რომ ტაძრის სამხრეთი კედლის ნაწილი, საძირკველთან ახლოს, სველია. ასევე ნესტიანია გალავნის ნაწილები, სისველე შეინიშნება არა მარტო სამხრეთ ნაწილში, არამედ გალავნის ჩრდილოეთ და დასავლეთ ნაწილშიც.

მიუხედავად იმისა, რომ ტაძარს გარს უვლის ორი მდინარე-არაგვი და მტკვარი, ტაძარი არ აიგებოდა ისეთ პირობებში, რომ დროთა განმავლობაში მას საფრთხე შექმნოდა, მით უფრო, რომ ტაძარში იმთავითვე დაფლული იყო უფლის კვართი, ხოლო მოგვიანებით, როდესაც წმ. ნინოს მიერ აშენებულ ტაძრის ნანგრევებზე მეფე ვახტანგ გორგასალმა ახალი ტაძარი ააგო, როგორც ჩანს, ის უკვე მეფეთა საძვალედ იყო გამოიზნული.

უფრო მეტიც, ტაძარში, როგორც ცნობილია, საკმაოდ უსაფრთხო თავშესაფარიცაა მოწყობილი, სადაც ხალხი მტრის შემოსევისას აფარებდა თავს. ამგვარად, საფიქრებელია, რომ ტაძარს, საუკუნეების განმავლობაში, სინესტით კედლების შესუსტების და დაშლის თვალსაზრისით, არავითარი საფრთხე არ ემუქრებოდა.

ჩვენთვის არ არის ცნობილი წინა საუკუნეებში რა მდგომარეობა იყო, მაგრამ მე-20 საუკუნის 50-იან წლებში უკვე ჩნდება პირველი ცნობები ტაძრის ეზოში წყლის არსებობის შესახებ.

დღეს კი ეს პრობლემა თვალნათლივ ჩანს, რადგან მატულობს ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის კედლების სისველე, ტაძრის საძირკველთან ახლოს კი ტაძრის პერანგი ხელის შეხებით იფშვნება.

თემის მიზანი და ძირითადი ამოცანები

კვლევის მიზანს წარმოადგენს მცხეთის სვეტიცხოვლის ტაძრის, ეზოს და გალავნის კვლევისთვის აუცილებელი მეთოდების შერჩევა, დახვეწა და მათი გამოყენება კონკრეტული ობიექტების დეტალური შესწავლის მიზნით. კვლევის ფარგლებში ეტაპობრივად განხორციელდა შემდეგი ამოცანები:

- სვეტიცხოვლის ტაძრის შესახებ არსებული ლიტერატურის მოძიება, გაცნობა და ანალიზი;
- საკვლევი ობიექტების - ტაძრის, ეზოსა და გალავნის კომპლექსური გეოფიზიკური მეთოდებით კვლევა: ძიების სეისმური მეთოდი, ძიების ელექტრული მეთოდი (ელექტრული პროფილირება და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება), ძიების რადიოლოკაციური მეთოდი;
- ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის დასველების მიზეზის დადგენა.
- ტაძრის მიმდებარე ტერიტორიასა და საკუთრივ ტაძრის შიგნით დაზვერვითი სამუშაოების ორგანიზება და არქეოლოგიური ნაშთების ძიება რეკომენდაციების შემუშავების მიზნით.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და ძირითადი შედეგები

ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით კვლევების საფუძველზე დაზუსტებულია სვეტიცხოვლის ტაძრის ტერიტორიაზე წყლის დაგროვების და საკუთრივ, ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის ნაწილების დასველების მექანიზმის თავისებურებები;

- კომპლექსურმა კვლევამ ტაძრის ეზოს ჩრდილოეთ ნაწილში გამოავლინა ზედაპირიდან 4 მეტრზე დაწყებული და სიღრმეში 11 მეტრამდე მიმავალი ორი თიხის ბალიშის არსებობა, რომელთა ჯამური სიგანეა 8 მეტრი, ხოლო ცალ-ცალკე დაახლოებით 4 მეტრი; თიხის ბალიშები ტაძრისთვის წყლის ამრიდი ხელოვნურად მოწყობილი სისტემის ნაწილს წარმოადგენს;
- ტაძრის ჩრდილოეთი კედლის გასწვრივ არსებული, ნაყარი კულტურული ფენით, მსხვერპლშეწირვისა და ხანძრის დამადასტურებელი მასალით დღეს ამოვსებული არხი ტაძრის ეზოს წყლის დამცლელი ხელოვნურად მოწყობილი სისტემის ნაწილია;
- ტაძრის იატაკი ეყრდნობა ტაძრის დასველების საწინააღმდეგო ხელოვნურად შექმნილ სისტემას;
- ტაძრის დასველების საწინააღმდეგო სისტემა, ტაძრისთვის წყლის ამრიდი, ეზოში მოწყობილი თიხის ბალიშები და ეზოს წყლის დამცლელი არხი ერთობლივად ტაძრის ეზოს წყლის საწრეტ სისტემას წარმოადგენს;
- ტაძარში ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა ტაძრის სიღრმეში სიცარიელები, რომელთა ზომებიც იძლევა იმის ვარაუდის საშუალებას, რომ აქ შეიძლება არსებობდეს დღემდე უცნობი სამარხები.

ნაშრომის თეორიული მნიშვნელობა

სვეტიცხოვლის ტაძრის შესწავლის შედეგები ნათლად მეტყველებს, რომ საჭიროა სვეტიცხოვლის ეზოს და საკუთრივ ტაძრის შესწავლა ძიების გეოფიზიკური მეთოდების კომპლექსით, ტაძრის და მიმდებარე ტერიტორიის დეტალური გამოკვლევის თვალსაზრისით განსაკუთრებით ეფექტურია ელექტრული და რადიოლოკაციური მეთოდები;

აღნიშნული კვლევების საფუძველზე შეიძლება დავუშვათ, რომ წყლის საწრეტი სისტემა იმდენად დახვეწილი და სრულყოფილი იყო, რომ ტაძარს საუკუნეების განმავლობაში საფრთხე არ შექმნია.

ცხადია, ამგვარი სისტემის არსებობა არ არის გამორიცხული საქართველოს სხვა, ჭალაში აშენებულ ტაძრებშიც, რაც სასურველია, რომ გამოკვლეული იქნეს.

კვლევებს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს მსოფლიო ცივილიზაციაში ქართული ხუროთმოძღვრების წვლილის სწორად განსაზღვრის თვალსაზრისით, რადგან ჯერ კიდევ მეხუთე საუკუნის საქართველოში არსებობდა არა მხოლოდ ტაძრის სინესტისგან დამცავი სისტემა, კამბოჯის დღეს საოცრებად აღიარებული, მე-12 საუკუნეში აგებული ანგკორ-ვატის მსგავსად, არამედ უფრო რთული, ტაძრის შემოგარენის წყლის საწრეტი სისტემაც.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა

პრაქტიკული თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს საკვლევ ობიექტზე ტაძრის სამხრეთი კედლის, გალავნის ნაწილების დასველების და ეზოში გრუნტის წყლების პერიოდულად მატების მიზნის დადგენას ტაძრის გადარჩენის თვალსაზრისით.

კვლევების გაგრძელების და ჭალაში აშენებული სხვა ტაძრების შესწავლის შემთხვევაში არ არის გამორიცხული, რომ საქართველოს ტაძრების მშენებლობის ისტორია სრულიად ახალი, დღემდე უცნობი ფაქტებით გამდიდრდეს.

აღნიშნული კვლევების ჩატარებით შესაძლებელი ხდება სხვა ისეთი ტაძრების გადარჩენაც, რომელიც დღეს სვეტიცხოვლის ტაძრის ბედს იზიარებენ.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა

ნაშრომი წარმოდგენილია 101 ნაბეჭდ გვერდზე და შედგება შესავლის, 3 თავის, დასკვნის, ციტირებული ლიტერატურის ჩამონათვალის (32 დასახელება), 37 ნახაზის და 2 ცხრილისგან.

თავი1. ძიების გეოფიზიკური მეთოდების მიმოხილვა

გამოყენებითი (საძიებო) გეოფიზიკა, ანუ ძიების გეოფიზიკური მეთოდები წარმოადგენს დედამიწის ქერქის აგებულების კვლევის მეთოდებს, რომელიც ემყარება ფიზიკა-მათემატიკურ მეცნიერებათა საფუძვლებს, ეყრდნობა ტექნიკის თანამედროვე მიღწევებს, ხოლო კვლევებისთვის იყენებს დედამიწის სხვადასხვა ბუნებრივ და ხელოვნურად შექმნილ ფიზიკურ ველს.

დედამიწის ბუნებრივი ფიზიკური ველებია: გრავიტაციული (მიზიდულობის), მაგნიტური, ელექტრული, სეისმური, რადიაქტიური და გეოთერმული ველები. ამასთან, ზოგიერთი მათგანი მიიღება ხელოვნურადაც. მაგალითად, დედამიწაში ელექტროდენის გაშვების გზით იქმნება ელექტრული ველი, ხელოვნური აფეთქების, ან დარტყმის შედეგად – სეისმური და ა. შ. ამგვარად შექმნილ ფიზიკურ ველებს ხელოვნურ, ან აქტიურ ველებს უწოდებენ (შენგელაია და სხვა. თბილისი 1994).

ყოველი ფიზიკური ველი განისაზღვრება შესაბამისი მახასიათებლებით. მაგალითად, გრავიტაციული ველი – სიმძიმის ძალის პოტენციალითა და მისი წარმოებულებით, მაგნიტური – მაგნიტური ინდუქციის ვექტორითა და მისი მდგენელებით, ელექტრომაგნიტური – მაგნიტური ვექტორებისა და ელექტრული ველის კომპონენტებით, სეისმური – მოცულობითი და ზედაპირული დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარით, რადიაქტიური – რადიაქტიური გამოსხივებითა და მისი განაწილებით, გეოთერმული – დედამიწაში ტემპერატურის განაწილებითა და სითბური ნაკადით (შენგელაია და სხვა. თბილისი 1994).

ძიების გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობა განისაზღვრება იმით, რომ ამ ველების განაწილება დედამიწის ზედაპირზე დამოკიდებულია დედამიწის როგორც საერთო აგებულებაზე, ასევე მისი შემადგენელი ქანების ფიზიკურ თვისებებსა და რაც მთავარია, მათი განაწილების არაერთგვაროვნებაზე. მაგალითად, დედამიწის გრავიტაციული ველი დამოკიდებულია ქანების სიმკვრივეზე, მაგნიტური ველი-მაგნიტურ ამთვისებლობაზე, ელექტრული ველი- ქანების ელექტროგამტარობაზე, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე – იუნგის მოდულსა და პუასონის კოეფი-

ციენტზე, რადიაქტიური ველი – რადიაქტიურ გამოსხივებაზე, ხოლო გეოთერმული ველი - თბოგამტარობასა და სითბოტევადობაზე. (შენგელაია და სხვა. თბილისი 1994).

ქანებისა და შესაბამისად, მათი ფიზიკური თვისებების არაერთგვაროვნება განაპირობებს დედამიწის ფიზიკური ველების ანომალიებს - გეოფიზიკურ ანომალიებს, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია საკვლევი რეგიონის გეოლოგიური აგებულების დადგენა.

გამოყენებითი გეოფიზიკა იყენებს რა სხვადასხვა მეცნიერებათა (ფიზიკა, კომპიუტერული ტექნოლოგიები, გეოლოგია, გეოქიმია) კვლევის შედეგებს, საკმაოდ მაღალი სიზუსტით წყვეტს გეოლოგიურ, ნავთობის, გაზის და სხვა წიაღისეულის, საინჟინრო გეოლოგიურ, ჰიდროგეოლოგიურ, არქეოლოგიურ, ეკოლოგიურ ამოცანებს, ამასთან მეტად ეკონომიურია და სწრაფი; ძიების გეოფიზიკური მეთოდით მუშაობისას არ იცვლება გარემო.

დასმული ამოცანის ხასიათის მიხედვით ამ მეთოდებით ჩატარებული ძიების ჩაწვდომის სიღრმე შეიძლება რამდენიმე ათეული სანტიმეტრიდან (არქეოლოგიური ძეგლების ძიება) რამდენიმე ათეულ კილომეტრამდე (დედამიწის ქერქისა და ზედა მანტიის აგებულების შესწავლა) იცვლებოდეს.

ქვემოთ მოცემულია სამუშაოების ჩატარებისას ჩვენს მიერ გამოყენებული გეოფიზიკური მეთოდების მოკლე მიმოხილვა.

1.1. გეოფიზიკური სამუშაოების წარმოების

მეთოდისა და გამოყენებული აპარატურა

1.1.1. წინააღმდეგობის მეთოდი

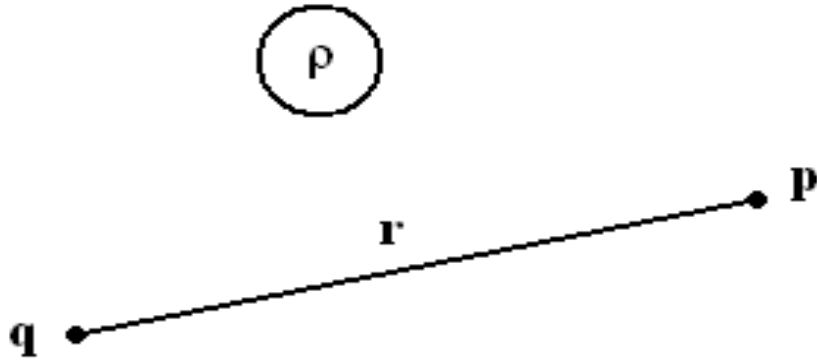
წინააღმდეგობის მეთოდი ემყარება ომის კანონს, ჩაწერილს დიფერენციალური სახით:

$$j = \gamma E \quad (1)$$

სადაც j – დენის სიმკვრივეა, E – ელექტრული ველის დამაბულობაა, γ – კუთრი ელექტრული გამტარებლობა. ჩვეულებრივ ვითვლით ამ სიდიდის შებრუნებულ სიდიდეს, რომელსაც ეწოდება კუთრი ელექტრული წინააღმდეგობა:

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \quad (2)$$

არქეოლოგიური ობიექტები მდებარეობენ ზედაპირთან ახლოს, ამიტომ რთულდება ომის კანონის გამოყენება, რომელიც ჩაწერილია ერთგვაროვან, იზოტროპული გარემოსათვის. ეს ისეთი გარემოა, სადაც დენის წყაროდან ნებისმიერი მიმართულებით ტოლ მანძილზე ჩატარებული გაზომვები იძლევიან ერთსა და იმავე მნიშვნელობას. ეს გარემოება ყოველთვის უნდა გვახსოვდეს. განვიხილოთ წერტილოვანი წყაროს ველი ერთგვაროვან, იზოტროპულ გარემოში.



ნახ.1

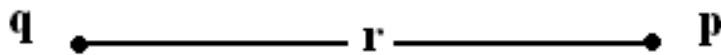
q-თი აღვნიშნოთ წერტილოვანი წყარო, რომლიდანაც ρ გარემოში მიედინება I ძალის დენი. მაშინ მისგან R მანძილზე მოთავსებულ წერტილში პოტენციალი

$$U = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (3)$$

ჩვეულებრივად დენს მიწაში უშვებენ ელექტროდებით, რომლებსაც ვამიწებთ მიწის ზედაპირზე. ამიტომ პოტენციალი ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$U_q^p = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (4)$$

ჰაერი

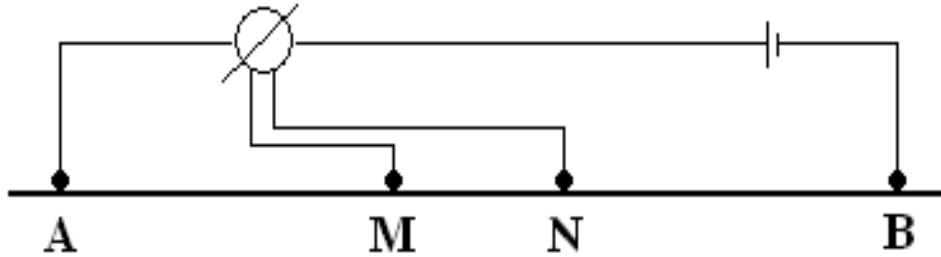


მიწა

ნახ.2

ჰაერი არაა გამტარი, ამიტომ მთელი დენი მიდის მიწაში. P წერტილში მოდის 2-ჯერ მეტი ძალის დენი.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია სქემა ოთხელექტროდიანი AMNB დანადგარისა, სადაც A და B მკვებავი ელექტროდებია, რომელშიც იზომება დენის ძალა (I), M და N კი მიმღები ელექტროდები, სადაც იზომება პოტენციალთა სხვაობა (ΔU).



ნახ.3

მაშინ (4)-ის მიხედვით შეგვიძლია დავწეროთ:

$$U_A^M = \frac{I\rho}{2\pi AM} \quad U_A^N = \frac{I\rho}{2\pi AN}$$

$$U_B^M = -\frac{I\rho}{2\pi BM} \quad U_B^N = -\frac{I\rho}{2\pi BN}$$

ვიყენებთ სუპერპოზიციის მეთოდს, რომლის თანახმადაც მიმღებ M და N ელექტროდებზე მოქმედებს, როგორც A, ისე B ელექტროდები.

ამიტომ

$$U^M = U_A^M + U_B^M \quad U^N = U_A^N + U_B^N$$

თუ ჩავსვამთ პოტენციალების მნიშვნელობებს, მივიღებთ

$$\Delta U = U^M + U^N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AB} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$$

აქედან,

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I} \quad (5)$$

სადაც,

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}} \quad (6)$$

K დანადგარის კოეფიციენტი.

ველზე იზომება ΔU (მილივოლტი), I (სანტიამპერი), ელექტროდებს შორის მანძილი კი მეტრებში.

ბუნებრივ პირობებში ერთგვაროვანი, იზოტროპული გარემო მხოლოდ მიახლოებით არსებობს. ეს გარემოება ელექტროძიებაში აღინიშნება ე. წ. “მოჩვენებითი წინაღობით”:

$$\rho_{\partial} = K \frac{\Delta U}{I} \quad (7)$$

(7) ფორმულა წინააღმდეგობის ორივე მეთოდში არის გამოყენებული-ელექტროპროფილირებაში და ელექტროზონდირებაში. (გ. შენგელაია ,თბილისი1994).

1.1.1.1. ელექტროპროფილირება

ელექტროპროფილირების მეთოდი წარმოადგენს ელექტროძიების ერთ-ერთ ძირითად სახეობას. მას საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ქანებს შორის ელექტროგამტარებლობათა დიფერენციაცია. ამ მეთოდით მუშაობის დროს გამოიყენება მუდმივი და ცვლადი ელექტრული ველები, რომლებიც შეიქმნება სხვადასხვა სახის მკვებავი წრედების გამოყენებით. შემდეგ ამ ხელოვნური ველის განაწილების გამოკვლევა წარმოებს მიმღები წრედებისა და ელექტროსადიებო პოტენციომეტრის გამოყენებით.

ელექტროპროფილირება წინააღმდეგობის მეთოდის ისეთი მოდიფიკაციაა, რომლის დროსაც დაკვირვების პროფილის გასწვრივ გადაადგილდება დანადგარი უცვლელი გაშლებით და დაკვირვების ყოველ წერტილში გამოითვლება მოჩვენებითი წინააღმდეგობის მნიშვნელობა:

$$\rho_{\partial} = K \frac{\Delta U}{I}$$

სადაც ΔU არის პოტენციალთა სხვაობა MN ელექტროდებზე, I - დენის ძალა მკვებავ AB ხაზში, K კი - დანადგარის კოეფიციენტი.

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

ვინაიდან მუშაობის პროცესში AB მანძილი მუდმივი რჩება, ამიტომ მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ გეოელექტრული ჭრილის ცვლილებებზე მოცემული პროფილის გასწვრივ, დაახლოებით ერთი და იგივე სიღრმეზე.

ელექტროპროფილირების გამოყენება შესაძლებელია იქ, სადაც გვაქვს ქანების დიფერენციაცია მოჩვენებითი წინააღმდეგობის მიხედვით, პროფილის გასწვრივ.

დაკვირვებათა ბიჯი, ანუ მანძილი ანათვლის მეზობელ წერტილებს შორის, უფრო ხშირად MN-ის ტოლია, ამასთან $MN < AB/3$. ელექტროპროფილირებით მიღებული საველე სამუშაოთა შედეგები გამოისახებიან გრაფიკების (საკორდინაციო გეგმების) და მოჩვენებითი წინააღმდეგობების ტოლ მნიშვნელობების რუკების (იზოომების რუკების) სახით.

ρ_a -ის გრაფიკების აგებისას აბსცისთა ღერძზე დაიტანება დანადგარის ცენტრის მდებარეობა, ხოლო ორდინატთა ღერძზე ρ_a მნიშვნელობები.

გრაფიკების აგებისას არსებითი მნიშვნელობა აქვს მასშტაბის შერჩევას. იგი ისე უნდა შეირჩეს, რომ გრაფიკი არ იყოს ზედმეტად დაკუთხული, ხოლო ანომალიები საკმაოდ მკვეთრად და თვალსაჩინოდ გამოირჩეოდნენ.

ფართოთი აგეგმვისას, ცალკეულ პროფილებზე მიღებულ ρ_a -ის გრაფიკებს გამოსახავენ ერთიან გეგმაზე, რომელსაც ρ_a -ის გრაფიკების რუკა ეწოდება. იზოომების რუკის ასაგებად კი გეგმაზე დაიტანენ დაკვირვებათა ქსელს შესაბამისი ρ_a -ის მნიშვნელობებით, შემდეგ კი აერთებენ ρ_a -ის ტოლ მნიშვნელობებს.

ელექტროპროფილირების შედეგების ინტერპრეტაციას უფრო ხშირად ხარისხობრივი ხასიათი აქვს. ინტერპრეტაციის პროცესში ρ_a -ის გრაფიკებზე, გრაფიკების რუკებსა და იზოომების რუკებზე გამოყოფენ ელექტრული ველის ანომალიებს, შემდეგ კი ადგენენ ამ ანომალიათა გამომწვევ მიზეზებს. (შენგელაია, თბილისი 1994).

1.1.1.2. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება

ცნობილია, რომ ელექტრული ძიების სიღრმე პროპორციულია მკვებავ ელექტროდებს შორის მანძილისა და იზრდება ამ მანძილის გაზრდასთან ერთად. აქედან გამომდინარე, გეოელექტრული ჭრილის ვერტიკალური მიმართულებით შესასწავლად საჭიროა AB მანძილის თანდათან გაზრდა. სწორედ ამ პრინციპზეა დამყარებული წინააღმდეგობის მეთოდის მეორე მოდიფიკაცია – ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ).

ვეზ-ის გამოყენება მაშინაა დასაშვები, თუ გარემო შრეებრივი აგებულებისაა და შრეების დაქანების კუთხე 20 -ს არ აღემატება.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების დროს მკვებავ ელექტროდებს შორის მანძილი თანდათანობით მატულობს გეომეტრიული პროგრესიით (პროგრესიის კოეფიციენტი 1,3-1,5). ზონდირება ხორციელდება შემდეგნაირად: დაკვირვების წერტილში მიწდება M და N ელექტროდები ერთმანეთის სიახლოვეს, რომელთა გასწვრივაც მიწდება A და B მკვებავი ელექტროდები. პოტენციალთა სხვაობისა და დენის ძალის გაზომვის შემდეგ გამოითვლება ρ_a -ის მნიშვნელობა. შემდეგ იზრდება მანძილი მკვებავ ელექტროდებს შორის, ისევ განისაზღვრება ρ_a და ა.შ.

AB ხაზის მიმართულება უნდა იყოს სწორხაზოვანი, 5-მდე სიზუსტით, როცა $\frac{AB}{MN} > 20$ პოტენციალთა სხვაობა მცირდება და მკვებავ ხაზში დენის ძალის გაზომვის გარდა საჭიროა გაიზარდოს მიმღები ხაზის სიგრძეც, ამასთან MN ყოველთვის ნაკლები უნდა იყოს AB/3-ზე.

მკვებავი ხაზის მაქსიმალური ზომები განისაზღვრება გეოელექტრული ჭრილის ხასიათით, დაზვერვის საპროექტო სიღრმით. მიზანშეწონილია, რომ მკვებავი ელექტროდების მაქსიმალური გაშლა კვლევის საპროექტო სიღრმეზე 3-10-ჯერ მეტი უნდა იყოს. რაც შეეხება მანძილს ვეზ-ის ორ მეზობელ წერტილს შორის, იგი დამოკიდებულია ამოცანის ხასიათზე, კვლევის მასშტაბზე და იცვლება რამდენიმე ათეული მეტრიდან რამდენიმე ასეულ მეტრამდე და ზოგჯერ ათეულ კილომეტრსაც აღწევს.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების შედეგები დააქვთ სპეციალურ ბილოგარითმულ ბლანკზე და აგებენ ρ_a -ისა და AB/2 -ის დამოკიდებულების გრაფიკებს. ამ გრაფიკების ფორმა ძირითადად განისაზღვრება შრეების წინააღმდეგობათა და სიმძლავრეთა თანაფარდობით გეოელექტრულ ჭრილში.

ორფენიანი გარემოს შემთხვევაში შეიძლება გვექონდეს ორი სახის მრუდი: $\rho_2 > \rho_1$ და $\rho_2 < \rho_1$; სამფენიანი გარემოსათვის კი $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ (A ტიპი), $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ (K ტიპი), $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ (Q ტიპი), $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ (H ტიპი), ვეზ-ის მიღებული მრუდების ინტერპრეტაცია ხდება მათი შეთავსებით სპეციალურ თეორიულ მრუდებთან (პალეტებთან), რომლებიც აგებულია იგივე მასშტაბში. ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მრუდების ინტერპრეტაცია

ატარებს, როგორც ხარისხობრივ, ისე რაოდენობრივ ხასიათს. ხარისხობრივი ინტერპრეტაცია საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ მოცემული გეოელექტრული ჭრილის საერთო ხასიათი. რაოდენობრივი ინტერპრეტაციის შედეგად კი განისაზღვრება ფენების წინააღმდეგობისა და ჩაწოლის სიღრმის რიცხობრივი მაჩვენებლები (შენგელაია, თბილისი 1994).

1.1.2. გეორადიოლოკაცია

გამოყენებით გეოფიზიკაში არსებობს მრავალი მეთოდი გეოლოგიურ-საძიებო, საინჟინრო-გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიურ, გლაციოლოგიური, გეოეკოლოგიური, დეფექტისკოპიური, არქეოლოგიური და სხვა ამოცანების გადაწყვეტისათვის. ისინი უპირველეს ყოვლისა განსხვავდებიან ძიების სიღრმელობითა და ჰორიზონტალური გარჩევის უნარიანობით. მე-20 საუკუნის ბოლო ათწლეულიდან ერთ-ერთი ყველაზე ინტენსიურად განვითარებადი მეთოდია გარემოს შესწავლის რადიოლოკაციური მეთოდი, ანუ მეორენაირად გეორადიოლოკაციური ახლო ქვეზედაპირული ზონდირების მეთოდი, ან შემოკლებით გეორადარული მეთოდი.

გეორადარული მეთოდი დაფუძნებულია შემდეგ ფიზიკურ მოვლენაზე: ზედაპირებიდან, რომელთა ელექტრული თვისებები – ელექტრული კუთრი წინაღობა, ან ფარდობითი დიელექტრიკული განვლადობა - ნახტომისებურად იცვლება, დაცემული ელექტრომაგნიტური ტალღა აირეკლება. ასეთ ზედაპირზე დაცემული ელ.მაგ. ტალღა წარმოშობს მისი დაცემის საწინააღმდეგო მიმართულებით არეკვლილ ტალღას. ასეთი ტალღების ორი სახეობა არსებობს. პირველ სახეობას განეკუთვნებიან საკუთრივ არეკვლილი ტალღები, რომლებიც წარმოიშვებიან ბრტყელი ან ფსევდო ბრტყელი ზედაპირებიდან არეკვლისას, ანუ როდესაც ამრეკლავი ზედაპირი შემოსაზღვრულია. ასეთი ზედაპირის მაგალითს წარმოადგენს ორი განსხვავებული დიელექტრიკული განვლადობის მქონე ფენას შორის მყოფი ზედაპირი. ყველა სხვა მსგავს თვისებათა შორის არეკვლილი ტალღის ინტენსივობა განისაზღვრება მხოლოდ მათი კონტრასტული ელექტრული თვისებებით. მეორე სახეს განეკუთვნებიან ისეთი ელ.მაგ ტალღები, რომლებიც წარმოიშვებიან კონტაქტურ ზედაპირზე, რომლის ერთი ან ყველა ზომა შედარებადია დაცემული ელ.მაგ. ტალღის სივრცულ გაგრძელებასთან (ზომასთან). განხილული ამრეკლავი ზედაპირების მაგალითებს წარმოადგენენ

გრუნტში განთავსებული მეტალის კონტეინერები, მეტალის მილები (მათი სიგრძე გაცილებით მეტია მათ დიამეტრზე), სხვადასხვა ტიპის კაბელები, გრუნტში მყოფი ლოკალური არაერთგვაროვნებები, მიწისქვეშა სიცარიელები, მეორე სახის ტალღებს ეწოდება დიფრაგირებულები. დიფრაგირებული ტალღების ინტენსივობა დამოკიდებულია მაკონტაქტირებელი ზედაპირის ფორმასა და ფართზე, მაკონტაქტირებელი ზედაპირების კონტრასტზე და მაზონდირებელი ელექტრომაგნიტური იმპულსის ხანგრძლივობაზე. მაზონდირებელი იმპულსის ხანგრძლივობა τ , განსაზღვრავს იმპულსის სივრცით სიგრძეს, შესაბამისად ფორმულა $L_{\text{იპა}} = \tau V$ სადაც V არის ელექტრომაგნიტური ტალღების გავცელების სიჩქარე გარემოში. τ სიდიდე წარმოადგენს გეორადარული ზონდირების ფუნდამენტალურ პარამეტრს. ის განმსაზღვრელია სიღრმელობის, გარჩევისუნარიანობის და ე.წ. მკვდარი ზონის, ანუ იმ ზომის არეების, რომელთა შიგნით შეუძლებელია გამოყო მეორადი ტალღის გამომწვევი ობიექტები.

გეორადარული გამოკვლევებისას ძირითად გასაზომ სიდიდეს წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ტალღის გარბენის დრო t , აღძვრის წყაროდან-გამომსხივებელი ანტენიდან - ამრეკლავ ან მადიფრაგირებელი ობიექტის ზედაპირამდე და ამ ობიექტებიდან მიმდებ ანტენამდე. გარბენის დრო წარმოადგენს შესასწავლი მეორადი ელ. მაგ. ტალღის კინემატიკურ მახასიათებელს. ამ ტალღების ინტენსიურობა და ფორმა წარმოადგენს მათ დინამიკურ მახასიათებლებს. უმრავლეს შემთხვევაში კინემატიკური მახასიათებლები შეიძლება გამოთვლილ იქნან გეომეტრიული ოპტიკის კანონებზე დაყრდნობით, ფერმასა და ჰიუგენსის პრინციპების საფუძველზე, რომლებიც ანალოგიურია სეისმომეტრიაში გამოყენებული მეთოდებისა. აქედან გამომდინარეობს, რომ გეორადიოლოკაციაში გამოყენებადია სეისმომეტრიის ისეთი წარმოდგენები, როგორც არის ტალღის პლასტური სიჩქარე, საშუალო და ეფექტური სიჩქარე, არეკვლილი ან დიფრაგირებული ტალღის ჰოდოგრაფი, გარჩევუნარიანობა ვერტიკალურად და ჰორიზონტალურად (ფრენელის ზონის ზომა), დროითი და სიღრმეული ჭრილები.

ჰიუგენსის პრინციპი-ტალღის ფრონტის ყოველი წერტილი შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც მეორადი ტალღების წყარო.

ფერმას პრინციპი - სინათლის სხივი მანძილს ფარავს უმცირეს დროში.

სეისმომეტრიისგან განსხვავებით რეგისტრირებული სიგნალების კინემატიკური და დინამიკური მახასიათებლები რთული სახით არიან დამოკიდებულები აღზნებული რხევების სპექტრალურ შემადგენლობაზე, გარემოს დიელექტრულ განვლადობასა და წინააღმდეგობაზე. ეს უკანასკნელი პარამეტრები შესაძლოა თვითონ აღმოჩნდა სიხშირის ფუნქციები, ჯერჯერობით არ არსებობს მწყობრი თეორია, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა ზუსტად გაგვეთვალა ტალღური ველის დინამიკური მახასიათებლები.

გეორადარული გამოკვლევების პრაქტიკული რეალიზაციისთვის საჭიროა იპულსური სახის წყარო-გენერატორი და გადამცემი ანტენა, ასევე მიმღები და მიმღები ანტენა, გამოსხივების მომენტსა და მეორადი ტალღის მიღების მომენტს შორის დროის გამზომი მოწყობილობა და რეგისტრატორი, რომელიც განახორციელებს ელ.მაგ. რხევის ციფრულ ან ანალოგურ ჩაწერას მიმღებიდან. აღწერილი სახის აპარატურის გამოყენებისას გეორადარი გადაადგილდება დღიურ ზედაპირზე პროფილის გასწვრივ. ტალღის ვერტიკალური მიმართულებით გავრცელების შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. t_0 მეთოდი, ამასთან საკმაო სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დაცემული და არეკვლილი ტალღების სხივები ერთმანეთისგან განხვავდებიან. ცნობილი საშუალო სიჩქარის შემთხვევაში, მანძილისთვის ამრეკლავ ზედაპირამდე შეიძლება დაიწეროს:

$$h = t \cdot V_{საშ} / 2$$

მადიფრაგირებელი ობიექტის შემთხვევაში t_0 საშუალებას იძლევა ავაგოთ დიფრაგირებული ტალღის ჰოდოგრაფი და დავაკავშიროთ ამ ტალღის შემოსვლის დრო, მადიფრაგირებელი ობიექტის ჩაწოლის სიღრმე და მისი ჰორიზონტალური განფენილობა შემდეგი ფორმულის შესაბამისად:

$$t = \frac{2\sqrt{L^2 + h^2}}{V}$$

სადაც h -სიღრმეა, L -მანძილი აღზნების პუნქტიდან, $V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$ - რადიოლოკაციური იმპულსების გავრცელების სიჩქარე გარემოს ფენში, c -ელ.მაგ. ტალღის სინათლის გავრცელების სიჩქარე ვაკუუმში, ϵ გარემოს კომპლექსური დიელექტრული განვლადობა

$$\epsilon = \epsilon' + i \epsilon''$$

ამ ფორმულის გამოყენება დასაშვებია მცირე დანაკარგების შემთხვევაში, ანუ როდესაც $\epsilon''/\epsilon' < 0.3$. გეოლოგიურ გარემოთა უმრავლესობა უზრუნველყოფს ამ პირობის შესრულებას.

გეორადიოლოკაციაში „დიელექტრული განვლადობის“ ქვეშ გულისხმობენ გარემოს კომპლექსური დიელექტრული განვლადობის ნამდვილ ნაწილს.

გეორადიოლოკაციური კვლევისას პროფილის ყოველ წერტილში ფიქსირდება პირდაპირი და სხვადასხვა არეკვლილი ტალღებისგან შემდგარი სიგნალი_ტრასა.

პროფილის მიმდინარე წერტილებში რეგისტრირებული ტალღური ველის ვიზუალიზაცია ხდება რადაროგრამის სახით ტრასების ნაკრებით (t,L) კოორდინატებში.

რადაროგრამა შეიცავს ერთჯერად და მრავალჯერად არეკვლილ ტალღებს. რადაროგრამის დამუშავების მიზანს წარმოადგენს მიზნობრივი ტალღების გამოყოფა და დროითი და სიღრმული ჭრილების აგება.

ტექნოლოგიური თვალსაზრისით გეორადიოლოკაციურ მეთოდს სხვა საძიებო გეოფიზიკურ მეთოდებთან შედარებით გააჩნია რიგი უპირატესობანი, ესენია:

- შესაძლებელია სამუშაოთა წარმოება მოძრაობისას;
- გაზომვების დროს, გამოსხივებისას გარემოს პარამეტრები არ იცვლება ხოლო პროცესი აღიწერება ტალღური განტოლებით;
- აღზნებული იმპულსის ფორმა და სიხშირული სპექტრი ოპერატორის მიერ შესაძლებელია შეიცვალოს სიხშირეთა ფართო ინტერვალში დასმული ამოცანის შესაბამისად;
- გამარტივებულია სიგნალთა სინქრონული დაგროვების პროცედურა.

გამოსხივების წყაროს ფიქსირებული პარამეტრებისას ძიების სიღრმე შესაძლებელია იცვლებოდეს პირველი მეტრებიდან (ქვიშოვან თიხოვანი წყლით გაჯერებული პლასტებისთვის) ასეულობით მეტრებამდე (გრანიტებისა და ბაზალტებისთვის, ასევე ყინულისთვის).

გეორადიოლოკაციის არსი მდგომარეობს პირდაპირი და არეკვლილი ტალღების ინტერფერენციის მოვლენის შესწავლაში.

საინჟინრო-გეოლოგიური და არქეოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტისას გეორადარული მეთოდის გამოყენების განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ კვლევის ობიექტი განლაგებულია ჭრილის ახლო ქვეზედაპირის ფენაში, ან უშუალოდ ახლო ქვეზედაპირული ფენის ქვეშ.

როგორც ქვემოთ მოყვანილი ცხრილიდან გამომდინარეობს, (ცხრილი 1) ფარდობითი დიელექტრული განვლადობა ϵ სუსტად არის დამოკიდებული

მინერალურ შემადგენლობაზე, მაგრამ განისაზღვრება ფორებში ჰაერის შემცველობის წილით ($\varepsilon=1$) ნავთისა და ნავთობპროდუქტებისთვის ($\varepsilon=2$), ხოლო წყლისთვის იზრდება ($\varepsilon=81$). ნიადაგის ფარდობითი დიელექტრიკული განვლადობა იზრდება ძირითადად ფოროვნობისა და ტენიანობის გაზრდისას, ე.ი. წყლის მასის ფარდობისას ნიადაგის სრულ მასასთან.

ცნობილია ტენიანობისა (W) და ფარდობითი დიელექტრიკული განვლადობის (ε) დამოკიდებულების შემდეგი ემპირიული ფორმულა ქვიშისა და თიხნარისათვის:

$$\varepsilon = 3,2 + 1,1 W$$

მაღალი ტენიანობის მქონე გარემოსთვის:

$$\varepsilon = 728 / (180 - W - 100)$$

ფენისთვის ახლო ქვეზედაპირული ნიადაგია (1-3მ.) გრუნტებისთვის, ქანებისთვის, ჩამოთვლილი მახასიათებლების გარდა ფარდობით დიელექტრიკულ განვლადობაზე გავლენას ახდენს სხვა ეგზოგენურ-ტექნოგენური ფაქტორებიც (ტემპერატურა, გამოქარვა, ნიადაგის გრუნტად გადამუშავება, ნიადაგის დაბინძურება და. ა.შ.), რასაც შეუძლია შეცვალოს ε სიდიდე 2-3 ჯერ. ამის შედეგად მნიშვნელოვნად იცვლება ტალღების სიჩქარე როგორც ვერტიკალურად, ასევე ლატერალურადაც. ეს გარემოება შეიძლება გამოყენებული იქნას ისეთი ნიადაგის ზედა ფენის მდგომარეობის და დინამიკის გამოკვლევებისათვის, რომელიც გაჟღენთილია წყლით, ნავთობპროდუქტებით, ან გაზით და იძლევა საშუალებას ჩატარდეს გეოეკოლოგიური მონიტორინგი.

ცხრილი 1.

თვისებები	ჰაერი	ყინული	მშრალი სილა	თიხა	წყალი
ε	1	3	5	16	81
$V_{სმ/ნს.}$	30	17	13	7,5	3,3
$\lambda, მ.$ როდესაც ($f=100მჰც$)	3	1,7	1,3	0.75	0.3

არეკვლილი ტალღების ინტენსივობა სხვა ყველა თანაბარ პირობებში იზრდება გარემოს ელექტრული თვისებების კონტრასტულობის ზრდასთან ერთად. გარემოს გამყოფ ზედაპირზე ელ.მაგ. ტალღის ვერტიკალურად დაცემისას 30-50 მჰც სიხშირეებზე და მეტისთვის არეკვლილი ტალღის ამპლიტუდა პროპორციულია არეკვლის კოეფიციენტის:

$$K = \sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}} + \sqrt{\varepsilon},$$

სადაც ε - საგები ფენის დიელექტრიკული განვლადობაა.

რეგისტრირებულ არეკვლილ ტალღათა ინტენსივობა განისაზღვრება სიღრმით ამრეკვლავ ზედაპირამდე (გეომეტრიული განშლადობის ეფექტი), ტალღის შთანთქმის სიხშირულ-დამოკიდებული A კოეფიციენტით და არეკვლის კოეფიციენტით. A-ს სიდიდე კლებულობს ε -ს და ρ -ს ზრდასთან ერთად გადამფარავი, ან შემცველი ფენებისთვის, ან სიხშირის კლების მიხედვით. ρ -კუთრი ელექტრული წინააღობაა. (Манштейн, 2002).

1.1.3. ძიების სეისმური მეთოდები

სეისმური ძიება სამიეზო გეოფიზიკის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მეთოდია, რომელიც ხელოვნურად აღძრული დრეკადი ტალღებით სწავლობს დედამიწის ქერქის გეოლოგიურ აგებულებას.

სეისმოძიება საშუალებას იძლევა დიდი სიზუსტით განისაზღვროს დანალექი ფენის შემადგენელი შრეების დახრის კუთხეები საკმაოდ დიდ სიღრმეებზე. ამიტომ ფართოდ გამოიყენება სტრუქტურული გეოლოგიის საკითხების გადასაწყვეტად.

სეისმოძიება შეიცავს ორ ძირითად მეთოდს: არეკვლილ ტალღათა მეთოდს (ატმ) და გარდატეხილ ტალღათა მეთოდს (გტმ).

დრეკადი სეისმური ტალღების წარმოშობის მიზეზი შეიძლება იყოს ნებისმიერი სუსტი ან ძლიერი შერყევა: ბიძგი, დარტყმა, აფეთქება, მიწისძვრა.

გარემოს ელემენტარული უბნების მოცულობის ცვლა და მათი მოზრუნება ვრცელდება ორი განსხვავებული ტალღის სახით. ტალღაში, რომელიც მოცულობის

ცვალებადობასთანაა დაკავშირებული, გარემოს ნაწილაკები ტალღის გავრცელების მიმართულებით ირხევა და ამიტომ ამ ტალღას გრძივს უწოდებენ და P-თი აღნიშნავენ.

ძვრის დეფორმაციის დროს ნაწილაკები ირხევა ტალღის გავრცელების პერპენდიკულარული მიმართულებით და ამიტომ ამ ტალღას განივი ეწოდება. განივ ტალღას S-ით აღნიშნავენ.

სეისმოძიებაში ძირითადად გრძივი ტალღები გამოიყენება. ამის მიზეზი ორია: ჯერ ერთი, გრძივი ტალღები განივ ტალღებთან შედარებით უფრო დიდი სიჩქარეებით ხასიათდება და ამიტომ რეგისტრაციის პუნქტში ისინი პირველი შემოდის, და მეორე - ფეთქებადი ან არაფეთქებადი წყაროების გამოყენებისას ძირითადად გრძივი ტალღები წარმოიქმნება. თუმცა ყველა კანონი განივი ტალღებისთვისაც მართებულია.

ერთგვაროვან გარემოში წერტილოვანი წყაროს მიერ აღძრული ტალღის ფრონტი სფერული ზედაპირია ცენტრით ამ წყაროში. ტალღას, რომელსაც ზედაპირზე აფიქსირებენ, პირდაპირი ტალღა ეწოდება. ფენობრივ გარემოში ტალღა გამყოფ ზედაპირზე არეკვლასა და გარდატეხას განიცდის.

ერთგვაროვან იზოტროპულ გარემოში დრეკადი ტალღის გავრცელების სიჩქარის სიდიდე და მიმართულება ყოველ წერტილში უცვლელია, ხოლო ერთგვაროვან ანიზოტროპულ გარემოში დრეკადი ტალღის გავრცელების სიჩქარე განსხვავებულია სხვადასხვა მიმართულებით. ამა თუ იმ ტიპის ტალღების წარმოქმნაში დიდი როლი ენიჭება ფენათა შორის გამყოფი ზედაპირების ფორმასა და ხარისხზე. გეოლოგიურ ჭრილში არსებული სეისმური საზღვრების კლასიფიცირება შეიძლება მათი სიმკვეთრის მიხედვით. სეისმური ტალღის სიჩქარე დამოკიდებულია არა მარტო ქანის შემადგენლობაზე, არამედ წნევაზე, ფორიანობაზე (შენგელაია, თბილისი1994).

თავი 2. ძიების გეოფიზიკური მეთოდების ეფექტურობა არქეოლოგიური ძეგლების კვლევისას

საბუნებისმეტყველო მეცნიერების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დარგი, გამოყენებითი გეოფიზიკა, ხშირად გადამწყვეტ როლს ასრულებს ჩვენი ცივილიზაციის კულტურის განვითარების შესწავლისას და გამოიყენება, როგორც ეფექტური ინსტრუმენტი კულტურის ისტორიის დაზუსტების და რეკონსტრუქციისათვის (Вахрамеев,1996).

არქეოლოგიური კვლევების ძირითადი სირთულე ისაა, რომ არა მხოლოდ ათასწლეულების, არამედ რამდენიმე საუკუნის ძეგლებიც კი "საიმედოდაა ჩამალული" მიწაში. მათი მიზანდასახული კვლევა დიდ ძალისხმევასთან და ხარჯებთანაა დაკავშირებული. კიდევ უფრო რთულია უძველესი კულტურის ძეგლების ძებნა-ძიება იქ, სადაც საუკუნეების მანძილზე ფენობრივად ხდებოდა ახალი შენობებისა და მთელი ქალაქების დაშენებაც.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერების წარმომადგენლებთან მჭიდრო თანამშრომლობის აუცილებლობას ერთ-ერთმა პირველებმა - არქეოლოგებმა აუღეს ალლო, რომლებიც დაინტერესდნენ დაზიანების გარეშე, მიწით დაფარული არქეოლოგიური ძეგლების ძიებისას გამოყენებულიყო თანამედროვე გეოფიზიკური კვლევის მეთოდები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელი იქნებოდა მიწის ჭრილში არსებული ძველი და თანამედროვე ნაგებობების გამოვლენა. სწორედ ასეთი მიდგომის საფუძველზე ჩამოყალიბდა მეცნიერების ახალი დარგი - არქეოლოგიური გეოფიზიკა ანუ არქეოგეოფიზიკა, რომელიც გულისხმობს არადამანგრეველი დაზვერვის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებას დაფარული არქეოლოგიური ძეგლების ძიებისას.

გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების ეფექტურობა იმაში გამოიხატება, რომ ამ მეთოდებით ძეგლის შესწავლა ძირითადად გათხრებამდე ხორციელდება.

(Станюкович,1966).

საველე პირობებში არქეოლოგიური ამოცანის განხორციელებისათვის, აუცილებელია შემდეგი ძირითადი ეტაპების გავლა:

- ნაგებობის შემორჩენილი ნაშთებისა და მთლიანად ძეგლის დეტალური გეგმის აგება;
- კულტურული ფენის დეტალური სტრატეგრაფიული ჭრილის აგება;
- კულტურულ ფენში გაბნეული ყველა ნივთის მდებარეობის ფიქსაცია.

თანამედროვე გეოფიზიკა არქეოლოგიური ძიების სამივე ეტაპზე (არქეოლოგიური ძიება, გათხრები, ძეგლის ისტორიული რეკონსტრუქცია) ეფექტურია.

არქეოლოგი ცდილობს აღადგინოს ადრეული ცივილიზაციის სოციალური და ეკონომიური ასპექტები იმ მატერიალური კულტურის საგნებით, რომლებიც მის მიერაა მოპოვებული. საველე არქეოლოგიაში საბუნებისმეტყველო-მეცნიერული კვლევითი მეთოდების გამოყენება კი შესაძლებლობას იძლევა გადაწყდეს მნიშვნელოვანი თეორიული და პრაქტიკული ამოცანები, როგორცაა ველზე არქეოლოგიური ძეგლების ძებნა, ძიება და შესწავლა.

გეოფიზიკური მეთოდების არქეოლოგიაში გამოყენების სრულყოფის მიზნით ჩატარებულია როგორც თეორიული, ასევე ლაბორატორიული და პრაქტიკული მიმართულების მნიშვნელოვანი კვლევები. გასული საუკუნის ბოლო ათეული წლების განმავლობაში ჩატარებული კვლევების შედეგად დამუშავდა მრავალი გეოფიზიკური და მასთან ახლოს მდგომი დისტანციური კვლევის მეთოდები, როგორებიცაა: ძიების მაგნიტური, ძიების ელექტრული, ძიების გრავიტაციული, ძიების სეისმური, ძიების ბირთვული მეთოდები, ძიება გეორადართ, აეროფოტოგადაღება და სხვ. ყოველივე ეს არა მხოლოდ ზრდის არქეოლოგიური გათხრების ეფექტურობას, არამედ მინიმუმამდე ამცირებს მიწის მძიმე სამუშაოების მოცულობის წილს. კვლევები ტარდება როგორც მიწის, ასევე წყლის ზედაპირზეც, სამთო გამონამუშევრებსა და ჰაერში (აერო და კოსმოსური გამოკვლევები).

მთავარი და, მართლაც, გადამწყვეტი პირობა, რის გამოც გეოფიზიკური მეთოდები პოულობს აღიარებასა და გამოყენებას არქეოლოგიური ძეგლების ძიებისას, არის ის, რომ ამ მეთოდების გამოყენებისას, სხვადასხვა ტიპის დამარხული ნაგებობების კომპლექსების გამოვლენა ხდება საძიებელი ობიექტის დაზიანების გარეშე.

გეოფიზიკური მეთოდების საშუალებით შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ფართობის ხარისხიანად, შემჭიდროვებულ ვადებში გამოკვლევა.

ძიების გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენებით, მოკლე დროში და მცირე დანახარჯებით, შესაძლებელი ხდება შედარებით ვრცელი ტერიტორიის შესწავლა (აგეგმვა).

როგორც ზემოთ ავლინებთ, გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების წინაპირობა საძიებელი ობიექტისა და მისი გარემომცველი ფიზიკური თვისებების კონტრასტულობაა.

შემოთავაზებული გეოფიზიკური მეთოდების მეორე, არსებითი უპირატესობა სიღრმული შესწავლაა - გეოფიზიკური მეთოდებით არქეოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტისას მკვლევარს საკვლევი სიღრმე, პრაქტიკულად, არ ზღუდავს. თუმცა, რიგ შემთხვევაში, არქეოლოგი თავად განსაზღვრავს ამ მაჩვენებელს, რაც განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ღებულობს შრეებრივი მეთოდით ძეგლების შესწავლისას.

შედარებით ადვილი მისაგნებია ის ძეგლები, რომლებსაც გააჩნიათ მიწისზედა ნაგებობები - ეს არის მიწაყრილებითა და თხრილებით გარშემორტყმული ძველი ნასახლარები, ან ყორღანის ტიპის სამარხები. ამ შემთხვევაში გეოფიზიკური მეთოდებით შესაძლებელი ხდება ძეგლის მიწისქვეშ დამარხული იმ ნაწილის შემოკონტურება, რომელიც არქეოლოგიური კვლევის მასშტაბის განმსაზღვრელია.

უფრო რთულია მიწისქვეშ დამარხული ძეგლების მიკვლევა. არქეოლოგების მიერ შემუშავებულია მრავალი მეთოდი, რომელიც მათ ეხმარება მსგავსი ობიექტების აღმოჩენაში. ასე მაგალითად, თუ XX საუკუნის დასაწყისში ძეგლის აღმოჩენა უმეტესად დამოკიდებული იყო შემთხვევითობაზე, ან მეცნიერის ინტუიციაზე, თანამედროვე გამოცდილმა არქეოლოგმა იცის, სად რა უნდა ეძებოს. მათთვის ცნობილია, რომელ ისტორიულ ეპოქაში სად ამჯობინებდა ადამიანი დასახლებას - ჭალებში თუ კონცხებზე, სად მიიჩნევდა სხვადასხვა პერიოდში მოსახლეობა სავალდებულოდ მიცვალებულთა დაკრძალვას და ა.შ.

არქეოლოგიურ გეოფიზიკას აქვს დიდი უპირატესობა: ჩვეულებრივ ეს კვლევები საკმაოდ დეტალურია, გადაადგილება შესასწავლ (ასაგეგმ) ტერიტორიაზე სწრაფად ხდება და ტრანსპორტის დახმარებას არ საჭიროებს; გეოფიზიკური ანომალიების

გადამოწმება, მათი ზედაპირთან სიახლოვის გამო, შესაძლებელია მცირე დანახარჯებით.

გეოფიზიკის გარეშე არქეოლოგიური გათხრები მეტად შრომატევადია და დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა არქეოლოგებმა ერთიანი გათხრები შეცვალონ შერჩევითი გათხრებით.

გეოფიზიკური მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია გეოლოგიურ-არქეოლოგიური გამოკვლევების განხორციელება, რამდენადაც ამ მონაცემებში არის ინფორმაცია არა მხოლოდ კულტურული ფენის, არამედ გეოლოგიური ჭრილის ზედა ნაწილის შესახებაც. ეს ამარტივებს ძველ ნაგებობებსა და შესასწავლ ტერიტორიებს შორის კავშირის გამოვლენას.

გეოფიზიკური მეთოდები იძლევა საშუალებას, მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი საკონტროლო (სადაზვერვო) თხრილების რაოდენობა და მკვლევარს წინასწარ შეექმნას წარმოდგენა საძიებელი ობიექტის შესახებ. გარდა ამისა, გეოფიზიკური მონაცემების მეშვეობით შესაძლებელია დადგინდეს მიწის ზედაპირის ქვეშ არსებული გარკვეული ტიპის ანომალიის გამომწვევი სხეულების ადგილმდებარეობა.

აღსანიშნავია, რომ გეოფიზიკური კვლევები ძალზე ეფექტურია არქეოლოგიური ძეგლების ექსტრემალური ძიებისას, მშენებარე უბნებზე, როდესაც სამშენებლო სამუშაოების შედეგად შესაძლებელია, ან მოსალოდნელი ხდება არქეოლოგიური ძეგლის განადგურება, ხოლო კვლევის ხანგრძლივობა, როგორც წესი, მცირეა. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ძიების გეოფიზიკური მეთოდები, არქეოლოგიურისაგან განსხვავებით, არადამანგრეველია, ეს კი საშუალებას იძლევა შედგენილი იქნას არქეოლოგიური ძეგლების კადასტრი და დასაცავი ისტორიულ-არქეოლოგიური ზონების რუკები.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გეოფიზიკური მეთოდების გადაჭარბებულად შეფასება არ შეიძლება – საბოლოოდ არქეოლოგი თავს ვერ დააღწევს ბარის ხმარებას, სამაგიეროდ, შესაძლებელია მისი მიყვანა იმ ადგილზე, სადაც ყველაზე ხელსაყრელია მისი (ბარის) გამოყენება (Житкин, 1963).

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გეოფიზიკური მეთოდებით არქეოლოგიური ობიექტების შესწავლას საფუძვლად უდევს შესასწავლი გარემოს ფიზიკური ველების კვლევა. ყოველი გეოფიზიკური მეთოდი, თავის გამოყენების სფეროს მიხედვით, წარმოადგენს ფიზიკური ველების პარამეტრების გაზომვისა და გარემოს შესწავლის

სხვადასხვა ხერხების ერთობლიობას. ამჟამად ცნობილი ყველა ძიების გეოფიზიკური მეთოდის (ელექტროძიება, მაგნიტოძიება, გრავიძიება, სეისმოძიება), გამოყენების თავისებურება და ეფექტურობა დამოკიდებულია მრავალ პარამეტრზე, რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება შესასწავლი ობიექტის ადგილმდებარეობით, არსებული ხელისშემშლელი ფაქტორებით და სხვ. (Слукин 1988; Vladimir Hasek. 1999).

არქეოგეოფიზიკის ჩამოყალიბების პერიოდში სავსე კვლევები ძირითადად ტარდებოდა ელექტრული, მაგნიტური და სეისმური ძიების მეთოდებით. (Кляшторный, 1958; Франтов, 1965; Франтов, 1966).

მათგან ყველაზე წარმატებული პირველი ორი აღმოჩნდა. ცალკე გრავიმეტრული, სეისმოაკუსტიკური, ბირთვული და გეოთერმული მეთოდები, არქეოლოგიური ძეგლების ძიებისას, იშვიათად გამოიყენება, ან გამოიყენება მხოლოდ ელექტრულ ძიებასა და მაგნიტურ ძიებასთან ერთად კომპლექსში. ეს გარემოება გამოწვეულია არა მხოლოდ აპარატურის სიმძვინთით, არამედ კვლევების მეთოდის სირთულით და იმით, რომ აპარატურა რეაგირებს მხოლოდ გარკვეული სახის ობიექტებზე.

სიღრმეში ამ თუ იმ ტიპის არქეოლოგიური ობიექტების განსაზღვრისათვის სხვადასხვა გეოლოგიურ და ბუნებრივ პირობებში ობიექტების გამოსაკვლევად გამოყენებული მეთოდების ეფექტურობის შესაფასებლად, ასევე საექსპლოატაციო მახასიათებლების და ხელსაწყოების (აპარატურის) ღირებულების განსაზღვრისათვის ძირითადი გეოფიზიკური მეთოდების შესაძლებლობათა შედარებამ გვიჩვენა, რომ ყველაზე სწრაფმოქმედი და უნივერსალურია მაგნიტოძიება, ხოლო შემდეგ ელექტროძიება და სეისმოძიება (Шилик, 1965; Geophysical survey in archaeology field evaluation, 1995).

ელექტროძიების ეფექტურობა, პირველ რიგში, განისაზღვრება იმით, რომ არქეოლოგიური ობიექტები კონტრასტს ქმნის გარემომცველ გარემოსთან. ეს დასტურდება არქეოლოგიური ძეგლებისა და იმ კულტურული ფენის ფიზიკური თვისებების (ხვედრითი წინაღობა, სიმკვრივე, დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე, პოლარიზება და სხვ.) გამოკვლევებით ლაბორატორიულ და სავსე პირობებში, სადაც განლაგებულია ძეგლი. რაც მნიშვნელოვანია, ელექტროძიება არ საჭიროებს ძალზე ძვირადღირებული ხელსაწყოების გამოყენებას (Слукин, 1988).

ძიების ელექტრული მეთოდი დაფუძნებულია გარემოსა და მასში მოხვედრილი არქეოლოგიური ობიექტების ელექტრული თვისებების შესწავლაზე. გრუნტის შესწავლის მიზნით ელექტრომეტრიული მეთოდების პრაქტიკული გამოყენება განპირობებულია გარემომცველ გარემოსა და მათში მოხვედრილი ობიექტების ხვედრითი ელექტრული წინააღმდეგობის განსხვავებით.

ელექტრომეტრიული მეთოდებით გრუნტის ზონდირებისას ხშირად გამოიყენება მუდმივი დენის და დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველის მეთოდები. ეს მეთოდები, პრაქტიკულად, ყველა კატეგორიის არქეოლოგიური ძეგლის კვლევების საშუალებას იძლევა. ასევე უზრუნველყოფს მათ ტერიტორიაზე სხვადასხვა სტრუქტურისა და შემადგენლობის ობიექტთა გამოვლენას.

ელექტრული ძიების წარმატებული გამოყენების მაგალითებია უძველესი ღუმელები და კერები. ბრინჯაოს პერიოდიდან რკინაზე გარდამავალი პერიოდის დიდი ქალაქების შენობების საძირკვლები, ანტიკური ხანის და შუა საუკუნეების დიდი ქალაქების თავდაცვითი სტრუქტურები, ნაგებობათა ნაშთები. ასევე შესწავლილი მიწისქვეშა სივრცეები, განათხარის და დატკეპნილი მიწა და დარღვეული ნიადაგის ფენები. თუმცა, არსებითი სიძნელებები წარმოიქმნება დამარხული ხის ობიექტების და გრუნტში ამოშენებული სამარხების ძიებისას (Thacker, et al; Слуккин, 1982).

ძიების ელექტრული მეთოდები იყოფა ორ ნაწილად: პირველი - ელექტრული ძიება მუდმივი დენით, რაც დაკავშირებულია გარემოში მუდმივი დენის გავლისას კუთრი წინააღმდეგობის შესწავლასთან, მეორე კი დაფუძნებულია გარემოში ცვლადი დენის განაწილებასა და მასთან დაკავშირებული ელექტრომაგნიტური ველის შესწავლაზე (Франтов, 1966).

ძიების ელექტრული მეთოდების საშუალებით ნიადაგის ზედა ფენებში წინააღმდეგობის განსხვავების შემთხვევაში შესაძლებელია ფენების ერთმანეთისაგან გამოყოფა. მოჩვენებითი წინააღმდეგობათა რუკაზე გამოიხატება მიწის ქვეშ არსებული ძეგლის კონტურები. ამგვარად, არქეოლოგებს აქვთ საშუალება არა მხოლოდ მიაკვლიონ, ანუ `მიწის ქვეშ დაინახონ მათთვის საინტერესო ობიექტები, არამედ შეადგინონ ძეგლის სავარაუდო გეგმა გათხრების ჩატარებამდე.

კულტურული ფენის შესწავლისათვის ელექტრომაგნიტური მეთოდით ძიება უდიდესი მეთოდური მიღწევაა, რომელშიც შეჯერებულია მაგნიტური და ელექტრული

ძიების შესაძლებლობები და პრაქტიკულად არ არის მგრძობიარე შესასწავლი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების მიმართ . (Глазунов, 1997).

ბოლო ხანებში არქეოგეოფიზიკურ კვლევებში ფართოდ ინერგება გეორადარის მეთოდი (GPR).

გეორადარში გამოყენებულია მაღალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ტალღებით ზონდირების მეთოდი, რომელიც ზედაპირული ფენების დიელექტრიკულ თვისებებში არსებულ კონტრასტს ეყრდნობა.

გეორადარის მეთოდის იდეა ძალზე მარტივია: მკვებავი ანტენით გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღები აირეკლება მიწისქვეშა ობიექტიდან და ზედაპირზე დაიკვირვება მიმღები ანტენის მეშვეობით. მიღებული მონაცემების ვიზუალიზაცია ხორციელდება დამოკიდებულების აგებით არეკვლილი ტალღის შემოსვლის დროსა და მანძილს შორის, რაც სეისმური ჰოდოგრაფების მეთოდის ანალოგიურია. გეორადარის მეთოდში გამოსაყენებული ტალღის სიხშირე შეირჩევა ამოცანის შესაბამისად (ჭელიძე, 2004).

ძიების სეისმური მეთოდი ემყარება დრეკადი რხევების ველის შესწავლას როგორც დედამიწის ქერქის, ასევე წიაღისეული საბადოების ძიების მიზნით. ამავე დროს, სეისმური ძიების გამოყენება არქეოლოგიაში უფრო და უფრო პოპულარული ხდება, რასაც მოწმობს მთელი რიგი კვლევები, რომელიც ბოლო წლებში ტარდება როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ (ანგარიში, 1977; ანგარიში, 1982; Франтов, 1966).

დრეკადი რხევების ველი წარმოადგენს დრეკად ტალღებს, რომლებიც აფეთქების, ან დარტყმის შედეგად წარმოიქმნა და რომლებიც ქანებში ვრცელდება. დრეკადი ტალღები შეიძლება აირეკლოს, ან გარდატყდეს სხვადასხვა ზედაპირიდან და ნაწილობრივად დაბრუნდეს დედამიწის ზედაპირზე, სადაც სპეციალური აპარატურის საშუალებით რეგისტრირდება.

თუ წყაროდან რეგისტრაციის წერტილამდე გავზომავთ ტალღების გავრცელების დროს, მათ ამპლიტუდას, სიხშირეს და სხვ. პარამეტრებს, მივიღებთ ინფორმაციას ამ ზედაპირებისა და მათი დახრის კუთხეების შესახებ. ძიების სეისმური მეთოდი ფართოდ გამოიყენება როგორც სხვადასხვა საბადოების ძიებისას, ასევე საინჟინრო-გეოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტის დროს. რადგან არქეოლოგიური კვლევა მცირე სიღრმეებს მოიცავს, ამიტომ ამ შემთხვევაში წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ

საინჟინრო გეოფიზიკაში დამუშავებული მეთოდის, თუმცა მასში გარკვეული კორექტივების შეტანით. ასეთი კვლევების დროს, როგორც წესი, ვსარგებლობთ მხოლოდ არეკვლილი ტალღების მეთოდით.

მცირე სიღრმეებზე სეისმო-გეოლოგიური ჭრილის შესადგენად ძირითად გამოყენებას პოულობს მეწინავე (გარდატეხილი) ტალღების მეთოდი, რომელიც ემყარება კინემატიკური მონაცემების ინტერპრეტაციის შედეგებს.

სეისმური მასალის კორექტული დამუშავებისათვის აუცილებელია მეწინავე ტალღების ორი, შექცევადი წერტილით დაკავშირებული შემხვედრი ჰოდოგრაფი.

გამყოფი საზღვრების აგება ხდება უპირატესად საშუალო არითმეტიკული (T_0 -ის) მეთოდით.

ცხადია, შედეგის ვარგისიანობას განსაზღვრავს სავსე პირობებში მიღებული სეისმოგრამების ხარისხის და ტალღების იდენტიფიკაციის სისწორე.

სავსე სამუშაოებისას წინასწარ შეირჩევა პროფილის მიმართულება, პროფილთა ბადის სიმჭიდროვე, გეოფონებს შორის მანძილი და ტალღების წყაროთა შორის ინტერვალი. დაკვირვება ტარდება უწყვეტი პროფილირების სისტემით.

არქეოლოგიური ობიექტების ძიებისას გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენების ეფექტურობა ბევრადაა დამოკიდებული გარემოს თავისებურებებზე, როგორცაა გეოლოგიური, ფიზიკური, ტექნოგენური და ანთროპოგენური წარმოშობის ხელიშემშლელი ფაქტორები, რომლებიც ამახინჯებს გაზომვის შედეგებს.

ძიების ელექტრული მეთოდის ხელშემშლელი ანთროპოგენური ფაქტორებია კულტურული ფენის ზედა ნაწილში სამშენებლო და საყოფაცხოვრებო ნაგავი, თხრილები, არხები, თანამედროვე ნაგებობების საძირკვლების ნაშთები და ა.შ.

ელექტრული ძიების შედეგებზე მიღებული დასკვნების სიზუსტე მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული ამინდის არასტაბილურობასა (ყინვები, კოკისპირული წვიმები და სხვ.) და ნიადაგის ტენიანობაზე (გრუნტის წყლის მაღალი დონე). (Глазунов, Слукин. 1982; Шилик. 1965; Chanturishvili, et al, 2001).

ზედაპირის რელიეფის ლოკალურ ცვლილებასა (თხრილების მოწყობა, განათხრების მახლობლობა) და საგები შრის არაერთგვაროვნებაზე (Шилик, 1967; Cole M, 1994).

გეორადიოლოკაცია გამოიყენება დედამიწის სიღრმეების შესწავლისათვის, განსაკუთრებით ნიადაგის ახლო ქვეზედაპირული ფენების შედგენილობის, მათში არსებული ჩანართი არაერთგვაროვნებების მდებარეობის გამოკვლევა - დადგენისათვის მობილური გეორადარის საშუალებით. თუ ნიადაგის გამოსაკვლევი ფენა ე.წ. კულტურული ფენაა, ხოლო არაერთგვაროვანი ჩანართები საინტერესო არქეოლოგიური თვალსაზრისით, მაშინ გეორადარის (გეორადიოლოკაციური კვლევის აპარატი) საშუალებით შეიძლება ასეთი ნივთებისა და კულტურული ფენის მდებარეობა-განვრცობის ზუსტი დაფიქსირება ნიადაგქვეშა სივრცეში რადარის მონიტორის ეკრანზე, გაზომვების პარალელურად, იგივე დროში, საკმაოდ რთული შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით.

არქეოგეოფიზიკის სხვა მეთოდებთან შედარებით გეორადიოლოკაცია გამოირჩევა მაღალი გარჩევის უნარიანობით, მწარმოებლობით, გამზომი აპარატურის კომპაქტურობით, ზონდირების სიგნალების არაკონტაქტური აღგზნებით, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია, ვინაიდან აბსოლუტურად არ აზიანებს საკვლევ ზედაპირს.

წინასწარი რადიოლოკაციური სამუშაოების ჩატარება საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს არქეოლოგიური გათხრები, მინიმიზირებული იქნას მიწის სამუშაოები, შესაბამისად შემცირდეს სამუშაოთა წარმოების ფულადი დანახარჯები და კვლევების დრო, შემცირდეს ექსპონატების უნებლიე დაზიანების შესაძლებლობა.

უაღრესად მნიშვნელოვანია გეორადარის გამოყენება ახალი დიდი მშენებლობების არეებში. გეორადარული მეთოდი საშუალებას იძლევა ძალიან სწრაფად და იაფად დაძიებულ იქნას დიდი ფართობები ისე, რომ არ გამოვტოვოთ პერსპექტული უბნები. თუ გავითვალისწინებთ ბოლო წლებში საქართველოში მიმდინარე ახალი მშენებლობების მასშტაბებს, გეორადარული და საერთოდ მოწინავე გეოფიზიკური მეთოდების ფართო დანერგვა არქეოლოგიურ კვლევაში მრავალი ახალი აღმოჩენის შესაძლებლობას იძლევა.

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ისტორიულ ძეგლებში და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე გეორადიოლოკაციური მეთოდის გამოყენების დიდი მნიშვნელობა არქეოლოგიური გამოკვლევების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, რასაც მსოფლიოს ტექნოლოგიურად მოწინავე ქვეყნების მეცნიერი არქეოლოგები აღიარებენ.

2.1. კვლევის მიზანი

სვეტიცხოველი საქართველოში ერთ-ერთი დიდი საეკლესიო ნაგებობაა დღემდე გადარჩენილთა შორის. იგი საუკუნეთა მანძილზე ქრისტიანული საქართველოს სარწმუნოებრივ ცენტრს წარმოადგენდა. მიუხედავად იმისა, რომ ტაძარმა მრავალი ცვლილება განიცადა - დაილუპა ძველი ფრესკების დიდი ნაწილი, ხოლო კედლების შეთეთრებამ ინტერიერს გამოაკლო მისი მხატვრული მთლიანობისთვის აუცილებელი სხვა ორგანული ელემენტებიც, იგი დღესაც დიდებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს.

სვეტიცხოვლის ტაძარი, როგორც ერთ-ერთი უძველესი ნაგებობა, უამრავ საიდუმლოს ინახავს თავის წიაღში. საქართველოს კათოლიკოსები, მეფეები და ხალხი მუდმივად ზრუნავდნენ მისი განახლებისა და მოვლა-პატრონობისთვის. ის ყოველთვის იყო ქართველ მეცნიერთა - ისტორიკოსთა, ხელოვნებათმცოდნეთა, არქეოლოგთა შესწავლის ობიექტი. ბოლო ხანებში მათ შეუერთდნენ ქართველი გეოფიზიკოსებიც. იმ ფაქტმა, რომ ძიების გეოფიზიკური ველებით კვლევა არ აზიანებს გარემოს, განაპირობა გეოფიზიკოსთა ჩართვა სვეტიცხოვლის ტაძრის და მიმდებარე ეზოს შესწავლის სამუშაოებში.

კვლევის მიზანი გახლავთ სვეტიცხოვლის ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის კედლების დასველების მიზეზის დადგენა.

ზემოთ აღნიშნული ფაქტი, რომ სვეტიცხოვლის სამხრეთი კედელი, საძირკველთან ახლოს სველია, კედლის ძირში დაწყებულია პერანგის დაშლა და ასევე სისველე შეინიშნება ეზოს გალავნის კედლებზეც, მეტყველებს იმაზე, რომ ტაძრის საძირკველში დგას წყალი და შეიძლება ის მუდმივად მიედინება ტაძრის ქვეშ.

2.2. ზოგიერთი ცნობა შესასწავლი ობიექტის შესახებ

2.2.1. მოკლე ისტორიული მიმოხილვა

20 საუკუნის წინ, მცხეთელი ებრაელების მიერ უფლის კვართის ჩამობრძანებით, დასაბამი დაედო ქართველი ერის მიერ ქრისტიანული სარწმუნოების შესისხლხორცებას.

IV საუკუნეში, წმიდა ნინოს ქადაგების გავლენით, ქრისტიანობა საქართველოში სახელმწიფო რელიგიად გამოცხადდა. ქართველ მემკვიდრეთა მინიშნებით, მცხეთის წმინდა მიწაზე, ელიოზის დის სიდონიასა და მაცხოვრის კვართის დაფვლის ადგილას ამოსულა სასწაულმოქმედი ხე, რომლის ადგილზე, ახლადმოქცეულმა მეფე მირიანმა და დედოფალმა ნანამ, ღვთის სადიდებლად, ააგეს ტაძარი, რომელსაც სვეტიცხოველი ეწოდა.

სვეტიცხოველი იმთავითვე უდიდეს როლს ასრულებდა ჩვენი ერის ცხოვრებაში და დედაბოძად ედგა ქრისტიანობას საქართველოში.

ქართულ წყაროებში სვეტიცხოვლის განახლების სამი ძირითადი პერიოდია აღნიშნული: პირველი, V საუკუნის II ნახევარში ვახტანგ გორგასლის მოღვაწეობასთანაა დაკავშირებული; განახლების II პერიოდი ბაგრატ III-სა და მელქისედეკ კათალიკოსის სახელს უკავშირდება, რომელიც ისტორიულ წყაროებში სვეტიცხოვლის “მეორედ აღმშენებელადაა” მოხსენიებული. ხუროთმოძღვრად მან არსუკიძე მოიწვია. მცხეთის სვეტიცხოველი აგებულია 1010-1029 წლებში ხუროთმოძღვარ არსუკიძის მიერ IV საუკუნის პირველ ნახევარში აშენდა უძველესი ქართული ეკლესია (გათხრების შედეგად ტაძრის იატაკის ქვეშ აღმოჩნდა ამ ჯარგვალური შენობის ნარჩენები). V საუკუნის მეორე ნახევარში ვახტანგ გორგასლის დროს, პირვანდელი ხის შენობის ნაცვლად აგებული იქნა დიდი ზომის ბაზილიკა, რომლის ცალკეული ნაწილები და ბურჯები ჩართული იყო დღეს არსებულ ტაძარში. ბაზილიკამ იარსება XI საუკუნემდე, როდესაც ქვეყნის საერთო აღმავლობამ საშუალება მისცა მელქისედეკ კათალიკოსს მის ნაცვლად აეშენებინა დიდებული საკათედრო ტაძარი.

გეგმაში ტაძარი წარმოადგენს წაგრძელებულ ოთხკუთხედს გუმბათით ოთხ თავისუფლად მდგომ ბურჯზე. აღმოსავლეთის მხარეს გამოყოფილია ღრმა საკურთხეველი, რომლის ორივე მხარეს მოთავსებულია სადიაკვნო და სამკვეთლო. დასავლეთის მკლავის ზემოთ, სამ მხარეს მდებარეობდა პატრონიკე, აქედან შემორჩენილია მხოლოდ შუა ნაწილი. ასევე შეცვლილია საყრდენი ბურჯების განაწილებაც. სამხრეთიდან და ჩრდილოეთიდან სვეტიცხოველს ჰქონდა სხვადასხვა დროის სტოები და ეგვტერები, რომლებიც 1837 წელს დაანგრეს. თავისი არსებობის მანძილზე სვეტიცხოველი არაერთხელ გადაკეთებულა. 1283 წელს ტაძარი მიწისძვრამ დააზიანა. XIV საუკუნეში გიორგი ბრწყინვალემ აღადგინა ტაძრის გუმბათი. იმავე

საუკუნის ბოლოს მოანგრის დასავლეთის მკლავის ბურჯები, დააქციეს გუმბათის ყელი, მაგრამ მთელი ნაგებობის დანგრევა მაინც ვერ შესძლეს. XV საუკუნის დასაწყისში მეფე ალექსანდრე დიდმა ტაძარი კაპიტალურად შეაკეთებინა. 1656 წელს როსტომ მეფისა და მარიამ დედოფლის თაოსნობით კვლავ აღადგინეს გუმბათის ყელი. სვეტიცხოვლის ტაძარი გეგმით აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ ძლიერ წაგრძელებული სწორკუთხედაა. ჯვრის სახე სივრცეშია შექმნილი გუმბათის ოთხივე მხარეს გაწვდილი 4 მკლავით. მკლავები სწორკუთხაა, გარდა აღმოსავლეთის მკლავისა, რომელიც საკურთხევლის აფსიდით არის დაბოლოებული. საკურთხევლის სამხრეთითა და ჩრდილოეთით 2 სართულად განლაგებულია სათავსოები. გუმბათი 4 მძლავრ ბოძს ეყრდნობა, გუმბათის ყელში 16 სარკმელია. მიუხედავად იმისა, რომ ტაძარმა მრავალი ცვლილება განიცადა, ძველი ფრესკების დიდი ნაწილი დაილუპა, ხოლო კედლების შეთეთრებამ ინტერიერს გამოაკლო მისი მხატვრული მთლიანობისათვის აუცილებელი სხვა ორგანული ელემენტებიც, იგი დღესაც დიდებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს.

ჩვენამდე მოღწეულია სწორედ XI საუკუნეში აშენებული სვეტიცხოვლის ტაძარი. მოგვიანებით სვეტიცხოვლის განახლებაში დიდი წვლილი მიუძღვის ალექსანდრე დიდს, რომელმაც თემურ-ლენგის შემოსევების შედეგად დაზიანებული ტაძარი აღადგინა.

სვეტიცხოვლის ტაძარი "სამეფო ბაღი" ტერიტორიაზე მდებარეობს.

XIX საუკუნეში ტაძრის სამი ფორმალური რესტავრაცია ჩატარდა და სამივე ისე უხარისხოდ, რომ XX საუკუნის დამდეგისათვის, მცხეთის სვეტიცხოვლის ტაძარი სავალალო მდგომარეობაში იმყოფებოდა: სახურავის დაზიანების გამო შენობაში მუდმივად ჩადიოდა წყალი, იჟლინებოდა თალები, ხოლო ტაძრის შიგნით წვიმის გუბები დგებოდა. სველდებოდა საკურთხეველიც, წყალი საძირკველსაც ასველებდა, რაც შენობის საფუძველსა და კედლებს აზიანებდა.

საქართველოს მართლმადიდებელი სამოციქულო ეკლესიის ავტოკეფალიის აღდგენისთანავე დაისვა საქართველოს ეკლესიის აღორძინების საკითხი, რაც სვეტიცხოვლის საპატრიარქო ტაძრის გაძლიერებით უნდა დაწყებულიყო, თუმცა, ისტორიულმა კატაკლიზმებმა ეს საკითხი დიდი ხნით დავიწყებას მისცა და უარესიც, 30-იან წლებში ტაძარი იძარცვებოდა, წმინდა საფლავები იბილწებოდა. სვეტიცხოვლის

ტაძარი სახელმწიფოს საკუთრებაში ითვლებოდა და ხელისუფლებას განზრახული ჰქონდა საპატრიარქოს ტაძრის დახურვა, რის აღკვეთასაც საეკლესიო პირების დიდი ძალისხმევა დასჭირდა.

1950 წელს კათოლიკოს-პატრიარქის, უწმინდესისა და უნეტარესის კალისტრატეს თხოვნით ჩატარდა სერიოზული კვლევა-ძიება ტაძრის საძირკვლის მდგრადობის შესასწავლად, რომელიც საუკუნეების განმავლობაში დანალექი ფენით დაფარულიყო. საძირკვლის სიგანე, ერთის მხრივ, აღმოსავლეთ კედლის ქვეშ, მეორე მხრივ, ჩრდილო და სამხრეთ კედლების ძირში, ერთნაირი არ აღმოჩნდა. სვეტიცხოვლის ტაძრის საძირკვლის შემსწავლელმა კომისიამ დაადგინა, რომ ნაგებობა აშენებულია რთულ ჰიდროგეოლოგიურ გარემოში. საძირკვლის რთული მდგომარეობა აიხსნა იმით, რომ გრუნტი საუკუნეების განმავლობაში ჯდებოდა, რამაც მისი დატკეპნა გამოიწვია. ჩატარდა სვეტიცხოვლის ტაძრის დეფორმაციის შესწავლის სამუშაოები და იმ პერიოდისათვის დადგინდა, რომ ცალკეული ელემენტების ჩამოქცევის არანაირი საშიშროება არ არსებობდა.

1963-75 წლებში ჩატარებული სარესტავრაციო სამუშაოების დროს აუცილებელი გახდა ტაძრის იატაკის გახსნა და გამოკვლევა. აღმოაჩინეს ძველ ნაგებობათა ფენები და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანი იყო, სვეტიცხოვლის სამხრეთ კარებთან გამოჩნდა ხის ტაძრის ნაშთები, რომელიც ისტორიული წყაროების თანახმად, მირიან მეფეს აუშენებია. იქვეა ქართლის მეფის, მირდატის მიერ აგებული ქვის სვეტის საძირკველიც. სასიამოვნო მოულოდნელობა იყო ვახტანგ გორგასლის მიერ აშენებული ბაზილიკური ტაძრის კედლების ნაშთების აღმოჩენა. დადგინდა, რომ კედლების საძირკველი მთელ პერიმეტრზე 0,5 მეტრს არ აღემატება. სამაგიეროდ, საყრდენი სვეტების საძირკველი 3 მეტრიდან 4 მეტრამდე მერყეობდა.

უწმინდესისა და უნეტარესის, ილია II-ის მოღვაწეობის პერიოდში სვეტიცხოვლის საპატრიარქო ტაძარს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. შეიქმნა სვეტიცხოვლის საკათედრო ტაძრის შენობა-ნაგებობათა დაცვის ღონისძიებების ხელშემწყობი დარბაზი, რომელსაც ტაძრის გეოლოგიურ-ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა ევალება. დასახულია ბევრი გადაუდებელი ამოცანის გადაჭრა, რომელიც სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების ჩართვასაც გულისხმობს.

სვეტიცხოველში ოდითგანვე დავანებული იყო მრავალი ქრისტიანული სიწმინდე, რომელთა მხოლოდ ნაწილის ადგილმდებარეობაა ჩვენთვის ცნობილი. ასევე მრავლადაა ქართველ მეფეთა და მოღვაწეთა საფლავები, რომელთა კვლევა და დაზუსტება საშვილიშვილო საქმეა.

2005-2006 წლებში შედარებით დიდ ფართობზე დაიწყო ძალზე საჭირო და საინტერესო არქეოლოგიური გათხრები, რომლის შედეგადაც ტაძრის ისტორიისათვის უაღრესად დიდი მნიშვნელობის მასალა დაგროვდა: დაფიქსირდა სამარხები, სხვადასხვა დროის იატაკის ნიმუშები, მეტნაკლები სიზუსტით შემოისაზღვრა საძირკვლის კონტურები. გამოვლინდა ბევრი არქეოლოგიური მასალა: კერამიკა, სხვადასხვა დროის გადახურვის ნაშთები, ასევე განსხვავებულ დონეებზე არსებული სხვადასხვა ეპოქის თიხატკეპნილი და კერამიკული იატაკები და ა.შ. აღმოჩენილია მრავალგვარი სამშენებლო მასალაც: დულაბი, დამწვარი "იატაკებიდან" ამოღებული ნახშირი, ქსოვილი და სხვ., რომელთა ლაბორატორიული კვლევა დღესაც მიმდინარეობს.

ვარაუდობენ, რომ სვეტიცხოვლის ეზოში უნდა იყოს მირიან მეფის სასახლის ნაშთები. არქეოლოგიური კვლევების შედეგად სვეტიცხოვლის ინტერიერში, სამხრეთ კედელთან, გამოვლინდა ხის სვეტის ბუდეები და ფილებით მოკირწყლული იატაკი, რომელიც IV საუკუნის ეკლესიის ნაშთად მიიჩნეის (სვეტიცხოველი, 2010).

სვეტიცხოვლის ტაძარს გარს აკრავს კვადრატული ფორმის გალავანი. იგი აგებულია 1787 წელს ერეკლე II-ის ბრძანებით, რასაც ადასტურებს სამხრეთის შესასვლელის თავზე ამოკვეთილი წარწერა. ამავე წარწერიდან ირკვევა, რომ სვეტიცხოველს ადრეც ჰქონია გალავანი, რომლის ფრაგმენტები ჩართულია თანამედროვე გალავნის ჩრდილოეთის კედელში. გალავნის ძველი ნაწილი ნაგებია თლილი ქვით, თლილი ქვა ადგილ-ადგილაცაა გამოყენებული. ერეკლეს დროინდელი ნაგებობები კი ძირითადად რიყის ქვითაა ნაშენი. ქონგურებზე და სალოდეებზე გამოყენებულია აგურიც. გალავანი ორ იარუსიანია: ქვედა ნაწილი მთლიანად ყრუა, ზედას გასდევს საბრძოლო ბილიკი, კედელში განლაგებულია სათოფეები და სალოდეები. გალავანში ჩართულია ექვსი ცილინდრული და ორი ოთხკუთხა კოშკი (ახლა მათში კელიებია მოწყობილი). კოშკები ორ-სამ სართულიანია, ბოლო სართულები კი ბანს წარმოადგენს. გალავნის სამხრეთ კედელში გაჭრილია ჭიშკარი.

გარდა ამისა, სამხრეთ და ჩრდილოეთ კედლებში ერთმანეთის პირისპირ კიდევ ორი ვიწრო კარია. გალავნის დასავლეთ მხარეს კედელში ჩართულია XI საუკუნის კარიბჭე, სამრეკლო და გალავნის სამხრეთ-დასავლეთ კუთხეში მელქისედეკ კათალიკოსის სასახლის ნანგრევები და სხვადასხვა დროს მიშენებული საცხოვრებელი და სამეურნეო დანიშნულების ნაგებობები.

2.3. რეგიონის მოკლე გეოგრაფიულ-გეოლოგიური დახასიათება

გეოტექტონიკური მდებარეობა და გეოლოგიური აგებულება. რაიონის უმეტესი ნაწილი მდებარეობს მცირე კავკასიონის (ანტიკავკასიონის) ნაოჭა (ნაოჭა-შეცოცებითი) სისტემის აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა-ანტიკლინორული ზონის აღმოსავლეთ დაბოლოებაზე; ჩრდილო ნაწილი გადადის ამიერკავკასიის მთათაშუეთის აღმოსავლეთ დაძირვის მოლასურ ზონაში (ქართლის მოლასური ქვეზონის მუხრან-ტირიფონის ბლოკის ფარგლებში).

როგორც ვხედავთ, საკვლევ ტერიტორია მდებარეობს ორი გეოტექტონიკური ერთეულის ფარგლებში, რაც განაპირობებს მის გეოლოგიურ აგებულებას - ნალექების ხასიათს და სიმძლავრეს, სტრუქტურების და ტექტონიკური მოძრაობების ხასიათს.

საკვლევ ტერიტორიის ჩრდილო ნაწილი, რომელიც საქართველოს ბელტის მოლასური ზონის ფარგლებში მდებარეობს, ხასიათდება ნეოგენური, განსაკუთრებით მიოპლიოცენური კონტინენტური ნალექების დიდი სიმძლავრით. აღნიშნული ზონისათვის დამახასიათებელია აღმოსავლეთ მიმართულებით ნალექების სიმძლავრისა და დანაოჭების ინტენსიობის ზრდა, რაც განპირობებულია ამ მიმართულებით საქართველოს ბელტის თანდათანობითი დაძირვით და შევიწროებით. ამის შედეგად კავკასიონის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ნაგებობები უახლოვდებიან ერთმანეთს, რაც აისახება ბელტის დანალექი საფარის სტრუქტურაზე.

აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის ის ნაწილი, რომელიც მოიცავს საკვლევ რაიონს, ხასიათდება ნალექების ოროგენული ბუნებით და შედარებით მარტივი დანაოჭებით. აქ წარმოდგენილია მძლავრი პალეოგენური (ნაწილობრივ ქვედამიოცენური) ნალექები და კარგად გამოხატული ხაზოვანი ნაოჭა სტრუქტურები.

სტრატეგია. პალეოგენური სისტემა. პალეოცენი და ქვედა ეოცენი წარმოდგენილია ფლიშური აგებულების ერთიანი დანალექი კომპლექსით. პალეოცენ-ქვედაეოცენური წარმონაქმნები აგებენ მცხეთის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთას და რამდენიმე მეორე რიგის წვრილ ნაოჭს. ისინი წარმოდგენილია წვრილი- და საშუალომარცვლოვანი ქვიშაქვების, მერგელების და კარბონატული თიხების მორიგეობით. ჭრილის ქვედა ნაწილში ჭარბობენ ქვიშაქვები, ზედაში კი - თიხები. ამ წარმონაქმნების სიმძლავრე დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით თანდათან მცირდება 900-დან 200 მ-მდე.

პალეოცენ-ქვედაეოცენურ ნალექებს თანხმობით აგრძელებენ შუაეოცენური ვულკანოგენ-დანალექი წარმონაქმნები, რომლებიც ფართო გავრცელებით სარგებლობენ აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემაში. ისინი პ.გამყრელიძემ (1949) სამ ნაწილად დაყო: ქვედა - შრეებრივი ტუფოგენური, შუა - მასიური ტუფოგენური და ზედა - შრეებრივი ტუფოგენური. მათთვის დამახასიათებელია როგორც ვერტიკალური, ისე ლატერალური ზონალობა, რაც ამ წარმონაქმნების განსხვავებული პეტროქიმიური შედგენილობითაა განპირობებული. აღნიშნულის შედეგად აჭარა-თრიალეთის ზონის სხვადასხვა სეგმენტში სინქრონულ ნალექებში დამოუკიდებელი წყებებია გამოყოფილი. თუ ამას იმასაც დავუმატებთ, რომ ამ ნალექებში ფაუნისტური მასალა ძლიერ იშვიათია ან საერთოდ არ არსებობს, მაშინ ნათელი გახდება ის სირთულე, რაც თან ახლავს მათ ლითოსტრატეგრაფიულ დანაწილებას და კორელაციას.

საკვლევ ტერიტორიაზე შუაეოცენური ბუნებრივ გაშიშვლებებში შეზღუდული გავრცელებით სარგებლობს. მცხეთის ანტიკლინის ფარგლებში, განსაკუთრებით მის სამხრეთ ფრთაში, ამ ასაკის ნალექები თრიალეთის ქედზე გავრცელებული ფაციესითაა წარმოდგენილი და სამი ნაწილისგან შედგება: ქვედა - ვულკანოგენ-ტერიგენული დასტა (150-200 მ), აგებული თხელშრეებრივი არგილიტებით და ტუფქვიშაქვებით; შუა - მასიური და სქელშრეებრივი ვულკანური ბრექჩიების და ტუფქვიშაქვების დასტა (500-600 მ) და ზედა - რამდენიმე ათეული მეტრი სიმძლავრის ტუფქვიშაქვების და შრეებრივი არგილიტების დასტა.

შუაეოცენურ ვულკანოგენ-დანალექ წარმონაქმნებს თანხმობით აგრძელებენ ზედაეოცენური ნალექები, რომლებიც ლითოლოგიური შედგენილობით ორ ნაწილად იყოფიან. ქვედა ნაწილი წარმოდგენილია მოწამლული აუზის პირობებში დაგროვილი

თავისებური ფაციესის - ე. წ. ლიროლეპისიანი ჰორიზონტის(შეიცავს თევზის *Lyrolepis caucasica* Rom.-ის მოზრდილ ქერცლებს) კვარციანი ქვიშაქვების შუაშრეების შემცველი შრეებრივი მერგელებით, ზედა კი- 1000 მ-მდე სიმძლავრის "თბილისის წყების" ქვიშაქვებით, ალევროლიტებით, მერგელებით და თიხებით.

ნეოგენური სისტემა. მიოცენური ნალექები საკვლევ ტერიტორიაზე უმნიშვნელო გამოსავლების სახითაა გამოიშვლებული და რაიონის ჩრდილო ნაწილშია გავრცელებული. მათი ძირითადი ნაწილი აჭარა-თრიალეთის სისტემის ჩრდილოეთით არის განვითარებული და ქართლის მოლასურ დეპრესიას აგებს. ქვედა (საყარაულოს, კოწახურის სართულები), შუა (ჩოკრაკული, კარაგანული, კონკური სართულები) და ზედამიოცენური (სარმატული) წარმოდგენილია ზღვიური და კონტინენტური (ზედა სარმატული "ნაცხორის წყება") მოლასური ნალექებით: კონგლომერატებით, ქვიშაქვებით, თიხებით.

მეოთხეული სისტემა. ალუვიური ნალექები. დიდი გავრცელება აქვთ ალუვიურ ნალექებს რაიონის დიდი მდინარეების მტკვრისა და არაგვის ხეობებში, სადაც ისინი აგებენ კარგად განვითარებულ არა ერთ ტერასას, თუმცა ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ იმ ტერასებს, რომელზედაც გაშენებულია ქ. მცხეთა და სადაც მდებარეობს საკუთრივ სვეტიცხოველი.

არაგვის მარჯვენა მხარეზე, ქ. მცხეთის მიდამოებში დაახლოებით 300 მ-ის სიგანეზე და 2კმ-ის სიგრძეზე გამოიყოფა პირველი ტერასა, რომელიც აბსოლუტურად მოვაკებულია და ვრცელდება 445-448 მ-ის სიმაღლეებს შორის. ეს ტერასა "ბებრისციხემდე" აღწევს, ხოლო შემდგომ ვიწრო ზოლად გაუყვება მდინარის ნაპირს 500 მ-ის მანძილზე, ისევ ფართოვდება და, ძირითადად, პლაჟის სახითაა წარმოდგენილი. არაგვის პირველი ხიდის ზემოთ, პირველი ტერასის ფრაგმენტებია შემორჩენილი 465 მ-დან 475 მ-მდე ფარგლებში. მონაკვეთზე, ძირითადად, სადრენაჟო სისტემაა მოწყობილი და მცენარეული საფარი არ არის.

მცხეთა, ძირითადად, მეორე ტერასაზე მდებარეობს, რომელიც ვრცელდება "ბებრისციხემდე" დაახლოებით 1,6 კმ-ის სიგრძეზე, განი კი საშუალოდ 500 მ-ია. "ბებრისციხესთან" ტერასა წყდება. ჰიპსომეტრიულად იგი 445 მ-დან 465 მ-მდეა. "ბებრისციხიდან" ჩრდილოეთით დაახლოებით 400 მ-ის მანძილზე მეორე ტერასა არ დაიკვირვება, მაგრამ იგი გრძელდება ახალი მცხეთის ტერიტორიაზე 1,5 კმ-ზე,

საშუალო სიგანით 300-400 მ. ჰიპსომეტრიულად იგი იჭერს 452 მ-დან 460 მ-მდე ინტერვალს. ზედაპირის საშუალო დახრილობა დაახლოებით 15⁰-ია. მეორე შენაკადის ზემოთ ტერასა გრძელდება ფრაგმენტის სახით სოფ. ნატახტრის ქვედა ნაწილის მიდამოებში, დაახლოებით 800 მ-ის სიგრძეზე და 200 მ-ის განზე. ჰიპსომეტრიულად ეს მონაკვეთი 485 მ-დან 520 მ-მდე თავსდება და ძირითადად დასახლებულია. მდინარის ზემო წელის მიმართულებით მეორე ტერასა ვრცელდება საკმაოდ დიდ ფართობზე, საშუალო განით 1,5-2,0 კმ და წარმოდგენილია ჰიპსომეტრიული საფეხურით 480 მ-დან 505 მ-მდე. ეს ტერიტორია, ძირითადად, დაფარულია ხელოვნური ნარგავებით, ნაწილობრივ კი ბუჩქნარით.

კვლევის ობიექტის გეომორფოლოგიურ-გეოლოგიური დახასიათება.

გეომორფოლოგიურად კვლევის ობიექტი წარმოადგენს მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირის ქალისზედა ტერასის ნაწილს, რომელიც აღმოსავლეთით, ტაძრის მოედნიდან 150 მ მანძილზე, ერწყმის მდ. არაგვის მარჯვენა ნაპირის ტერასას (ქალიდან გამოყოფილია 4,0 მ-მდე სიმაღლის დამრეცი საფეხურით).

გალავნით შემოსაზღვრული ტაძრის ტერიტორიის შიდა სივრცე ნიველირებულია დაახლოებით ერთ დონეზე, ჩრდილო-აღმოსავლეთისაკენ უმნიშვნელო დახრით, განსხვავება რელიეფის დაბალ და მაღალ აბსოლუტურ ნიშნულებს შორის 1,5 მ-მდეა (455,4–457,0 მ). შედარებით მეტი სხვაობა აღინიშნება გალავნის შიდა და გარე პერიმეტრებს შორის – 1,0-დან 4,0 მ-მდე (მაქსიმალური განსხვავება 4,0 მ-მდე აღინიშნება გალავნის ჩრდილო-დასავლეთი კუთხის მახლობლად).

გეოლოგიურად ტერიტორია აგებულია ზედა სარმატული ($N_1^3 S$) ძირითადი ქანებით (მოყვითალო-რუხი ფიქლებრივი თიხები) და მისი მფარავი მეოთხეული ნალექებით. მეოთხეული ნალექები თავის მხრივ წარმოდგენილია დელუვიური გენეზისის თიხოვანი, ალუვიური გენეზისის მსხვილნატეხოვანი და ტექნოგენური გრუნტებით. ჰიდროგეოლოგიურად უბანი წარმოდგენილია მეოთხეული ალუვიური გენეზისის მსხვილნატეხოვანი ნალექის კენჭნარების წყალშემცავი უწნეო ჰორიზონტით, მიწის ზედაპირიდან 4,0-5,0 მ სიღრმის ფარგლებში. გრუნტის წყალი სუსტად მინერალიზებულია და, ზოგჯერ, ხასიათდება სულფატური აგრესიულობით. (Геология СССР, 1964).

2.4. უბნის ჰიდროგეოლოგიური დახასიათება

ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესასწავლად ტაძრის პერიმეტრზე გაჭრილი იყო 10 შურფი, მათგან ორი შურფი იყო საკონტროლო, მომიჯნავე შურფების ძირითადი მონაცემების გადასამოწმებლად შურფები განაწილებული იყო შემდეგნაირად: (ნახ.4,5) (Мшвениераძე, 1952).

- სამი შურფი ტაძრის ეზოში, ჩრდილოეთის მხრიდან წარმოდგენის შესაქმნელად ლითოლოგიურ მწკრივებზე და გრუნტის წყლების ჰორიზონტზე.
- სამი შურფი ტაძრის ფასადებთან. (ერთი შურფი-აღმოსავლეთ ფასადის ცენტრში, ერთი შურფი - ჩრდილოეთის ფასადის ცენტრში, ერთი-სამხრეთ ფასადის ცენტრში)
- ჩრდილოეთის ფასადზე 0.7 მეტრის სიღრმეზე გაჭრილი ორი შურფი საკონტროლო შურფებია.
- ორი შურფი ტაძრის შიგნით - ერთი ჩრდილოეთის კედელთან და მეორე სამხრეთის გუმბათის ქვეშ, საძირკველთან ჩრდილოეთის მხრიდან.

სვეტიცხოვლის ტაძარი მდებარეობს საქართველოს უძველეს დედაქალაქ მცხეთაში, კონცხზე არაგვის შესართავთან, უშუალოდ მდინარე არაგვის მარჯვენა ნაპირსა და მდინარე მტკვრის მარცხენა ნაპირებს შორის.

ჩრდილოეთის მხრიდან, შურფების ზედა შრეები, 1.5-2.5 მეტრზე, წარმოდგენილია აგურისა და კერამიკის ნარჩენების მიწაყრილით, მაღალი, შემომფარგლავი გალავნების მშენებლობის ქვების კომპლექტით, ასევე უძველეს ხანაში აქ არსებული აგურის და ქვის დასამუშავებელი საამქროების ნარჩენებით.

როგორც სჩანს, ამ მასალით იყო თავიდან სვეტიცხოვლის ტაძარი ბორცვზე აშენებული. აღმოსავლეთიდან, ჩრდილოეთიდან და ჩრდილო-დასავლეთიდან, გორაკის გარშემო, მაშინ არსებობდა ღრმა ხევი, რომელიც წარმოდგენილია კულტურული შრეების მიწაყრილით. კულტურულ შრეში ბევრი უძველესი წეს-ჩვეულების დამამტკიცებელი ნიშანი აღმოჩნდა, მაგალითად, როგორცაა მსხვერპლშეწირვა და ხანძარი.

სვეტიცხოვლის ტაძარი ეყრდნობა მდინარეების - არაგვის და მტკვრის 1.5-3 მეტრის მყარი ხრეშით მოფენილ უძველეს ტერასას. შრეების სისქე არის 0.8-2.0 მეტრი. ხრეშის ქვეშ მდებარეობს გამოფიტული, სველი ყვითელი ქვიშის ფიქალის ფენა. საძირკველი 1.7-2.2 მეტრზე მდებარეობს. გრუნტის წყლების ჰორიზონტი დედამიწის ზედაპირიდან სიღრმეში 5.5-6 მეტრზე მდებარეობს.

პროფ. დ. მშვენიერაძე ასევე ხაზს უსვამს ტაძრის ეზოში გრუნტის წყლების არსებობას და აღნიშნავს, რომ ამ მიწისქვეშა წყლებს წყალსატევიდან აქვთ ჰიდრავლიკურად ხელოვნური საყრდენები. (Мшвениераძე, 1952).

საინტერესოა ფაქტი, რომელსაც ის ხაზგასმით აღნიშნავს თავის შრომაში. მის მიერ ჩატარებული კვლევების დროს, 1950 წლის აპრილში, წყალსატევი იყო დაცლილი და არაგვის და მტკვრის ჰორიზონტების 8 მეტრით დაწვევის (ეს არის ერთიანი ჰორიზონტის დაწვევა) დროს გრუნტის წყლის ჰორიზონტმა დღე-ღამის განმავლობაში 10 სმ-ით დაიწია. გრუნტის წყალი აგრესიულია, მისი ქიმიური ანალიზი ჩატარდა თბილისის მშენებლობის და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტში (ТНИСГЭИ).

ამავე ინსტიტუტში ჩატარებული ქიმიური ანალიზით დამტკიცდა, რომ სვეტიცხოვლის წყაროს წყალი მიეკუთვნება ძლიერ კალციუმ-მაგნიუმთან, გოგირდოვან - ქლოროვან ტიპს. გოგირდის იონის მაღალი შემცველობა განაპირობებს წყლის აგრესიული მოქმედების უნარს ბეტონზე.

შესწავლილი ნიმუშები ხასიათდება შემდეგი თავისებურებებით: ფოროვნება 41.04% მთლიანი მოცულობა 1.79 ტ/მ³, კუთრი წონა 2.68 ტ/მ³ ბუნებრივი ტენიანობა 12.37% პლასტიურობის რიცხვი 24.09 %

ასე რომ, ტაძრის მოედანთან ზაჰესის წყალსაცავის სიახლოვე, (მისი წყლის სარკის ნიშნულის გათვალისწინებით (448,0±0,5 მ)), როგორც ჩანს, არ წარმოადგენს დაბრკოლებას გრუნტის წყლის განტვირთვის გზაზე. წყალშემცველი ჰორიზონტის წყალგაუმტარი საგების (ძირითადი თიხები) ნიშნულები 450,30–452,70 მ-ის ფარგლებშია და 2–4 მ-ით მაღლა მდებარეობს წყალსაცავში წყლის დონესთან შედარებით.

დ. მშვენიერაძის ამ ჩანაწერის მიხედვით შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ მდინარეებში წყლის დონის მინიმუმამდე დაწვევა მნიშვნელოვნად არ ცვლის ტაძრის

ეზოში გრუნტის წყლების ჰორიზონტის სიმაღლეს. ანუ, დასაშვებია, რომ წყალსატევს მინიმალური გავლენა აქვს ტაძრის ეზოში გრუნტის წყლების დონის ცვლილებაზე. თუმცა, ისიც მნელი დასაშვებია, რომ ტაძარი თავიდანვე გრუნტის წყლების ჰორიზონტის არასასურველი სიმაღლის პირობებში აშენდა.

როგორც ბოლო ხანების გაზომვებიდან ჩანს, ამჟამად გაცილებით (1–2 მეტრით) მეტია გრუნტის წყლების ჰორიზონტის სიმაღლე 1950 წელთან შედარებით. ჩვენთვის არ არის ცნობილი, რა მდგომარეობაში იყო ტაძარი და გალავანი 1950 წელს, მაგრამ დღეს სრულიად თვალნათელია ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის ზოგიერთი უბნის დასველების ფაქტი. ტაძრის კედელზე და გალავანზე დღეს არსებული სისველე იმას მიგვანიშნებს, რომ ტაძრის დამაზიანებელი ფაქტორი დღეს ნამდვილად არსებობს, მაგრამ, რადგან ის არ არის დაფიქსირებული დ. მშენიერების შრომაში, არ არის გამორიცხული, რომ ან არ იყო კედელი სველი, ან ეს სისველე თვალისთვის შეუმჩნეველი გახლდათ.

წინა წლებში პროფ. დ. მშენიერებისა და პროფ. ა. ბადრიძის მიერ ჩატარებული საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების მასალებში სრულყოფილად არ არის ასახული მოედნის საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. ამიტომ გადაწყდა ჩატარებულიყო დამატებითი საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები, რომლის მიზანსაც შეადგენდა აღნიშნული საკითხების დაწვრილებით გაშუქება.

სვეტიცხოვლის ტაძარი აგებულია რთულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში. სვეტიცხოვლის ფუნდამენტის გაშიფრვისას იყო აღმოჩენილი საკმაოდ ძვირფასი მატერიალური ფაქტორები, როგორც ისტორიული, ასევე კონსტრუქციული ხასიათის, რომლებსაც გააჩნია უდიდესი მნიშვნელობა ნაგებობის სამომავლო სიმტკიცისა და გამძლეობისთვის. ფენების კულტურულ მიწაყრილში 2 შრეა: ზედა ფენა, მიწის ზედაპირიდან 23 სმ სიღრმეზე, შედგება ღორღისა და კირისგან. მისი სისქე 7 სმ-ია და ტაძრის რესტავრაციის დროინდელია. მეორე, ქვედა ფენა მიწის ახლანდელი ზედაპირიდან 43 სმ სიღრმეზეა. ის შედგება მწვანე ქვის ღორღის ფენისგან-ანდეზიტისა და ასევე კირისგან. ამ ზედაპირის სისქეც 7 სმ-ია. ამ შრეების ღორღი შედგება იმ ქვებისგან, რომლებიც ჩალაგებულია ტაძრის კედელში. ცხადია, რომ ეს ფენა მიეკუთვნება ტაძრის მშენებლობის პერიოდს, როცა ჩანართები მთლიანად კარგად ჩანდა; კიდევ უფრო ქვევით 20 სმ-ზე ისევ მოჩანს კირის ფენა,

რომელიც გვიჩვენებს უძველესი, სვეტიცხოვლის აშენებამდე ჯერ კიდევ 500 წლის წინათ, V საუკუნეში აგებული ბაზილიკის კვალს. (Mshvenieradze, 1952).

№4 შურფში, საძირკველში, სვეტის ქვეშ აღმოჩენილია ორნამენტი V საუკუნის ბაზილიკით. სამხრეთ კედელთან სტილობატი არ აღმოჩნდა, ხოლო ჩრდილოეთის კედელთან ჩრდილო-დასავლეთ კუთხეში აღმოჩენილია სტილობატი ორი საფეხურით. მაშასადამე, საძირკვლის სიგანე აღმოსავლეთის კედლის ქვეშ - ერთი მხრიდან და ჩრდილოეთის და სამხრეთ კედლების ქვეშ - მეორე მხრიდან, ერთნაირი არ არის.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, სვეტიცხოვლის ქვეშ გრუნტის წყალი ზედაპირიდან 5,5 მეტრ სიღრმეზე დაფიქსირდა. მშენიერადის ნაშრომში ხაზგასმულია, რომ ატმოსფერული ნალექები ვრცელდებოდა გრუნტის საძირკველში რადგან გარშემო 2 მეტრზე არ იყო გამდინარე თხრილები. ასევე ნალექები გროვდებოდა ტაძრის გზის მოასფალტებულ ნაწილშიც.

ამ გამოკვლევის შედეგები 1 წლის შემდეგ ეცნობა არქიტექტურულ საქმეთა სამმართველოს. საქართველოს მაშინდელი მთავრობის, მინისტრთა საბჭოს დავალებით სამმართველომ ჩაატარა დიდი სარემონტო სამუშაოები.

აღნიშნული შრომის თანახმად, საძირკველი აგებულია კირის დუღაბით, ასევე შერეულია ქვა და ქვების ნაჭრები. ჩანართები შედგება სუფთა, მახვილისებრი ფორმის ქვების ნაჭრებისგან, ხოლო საძირკვლის ქვედა ნაწილი აგებულია კირის და მსხვილი ხრეშის ნარევისგან, რომელიც შემონახულია, როგორც შედარებით მაგარი ბეტონი. ინსტრუმენტული დაკვირვებისთვის დეფორმაციების გამო იყო მოთავსებული შურფები. შურფები იყო დაყენებული ტაძრის შიგნით აღმოსავლეთ ნაწილში მარჯვნივ, აღმოსავლეთ კედელში, ასევე გუმბათის რგოლში ქვედა გამოსასვლელთან, აღმოსავლეთ კედელში უშუალოდ სფერულ გუმბათთან და კუთხეში. სფერული გუმბათის მარჯვნივ ჩაყენებული იყო შურფების 6 წყვილი.

1950 წლის აგვისტოში მომხდარმა 6 ბალიანმა მიწისძვრამ, როგორც ინსტრუმენტულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, უმეტეს შემთხვევაში ბზარების გაძლიერება (0,16 მმ-ზე) გამოიწვია, მიწისძვრით გამოწვეულმა სვეტიცხოვლის ტაძრის დაზიანებებმა ნათლად აჩვენა, რომ ტაძრის მრავალგზის გადაკეთების, დანგრევის,

რესტავრაციის გამო, შენობის წყობა დასუსტდა, თუმცა მთლიანად სტატისტიკურად მოცემული მომენტისთვის ნაგებობის უშუალო საფრთხე არ ემუქრებოდა.

აღნიშნული სამუშაოები სრულიად არადაამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა სვეტიცხოვლის ტაძრის და მიმდებარე ტერიტორიის ბოლოდროინდელი პრობლემების გადასაწყვეტად. ამიტომ, 2010-2011 წელს „კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნული სააგენტოს“ დაკვეთით, ეზოს ტერიტორიაზე ჩატარდა სამუშაოები, რომლის მიზანი იყო მოედნის საინჟინრო-ჰიდროგეოლოგიური პირობების დაზუსტება, რის გამოც აუცილებელი გახდა გრუნტის წყლების დონეებზე ერთწლიანი რეჟიმული დაკვირვების ჩატარება.

ეზოს ტერიტორიაზე ჩატარდა სამუშაოები, რომლის დროსაც ტაძრის ირგვლივ, შერჩეულ ადგილებში, 10–13 მ სიღრმის 4 ჭაბურღილი გაიბურღა (ნახ.4).

შესრულებული სამუშაოების მონაცემების მიხედვით, გამოიხატა ჭაბურღილების გეოლოგიურ-ლითოლოგიური სვეტები და უბნის გეოლოგიური ჭრილები. (ნახ. 6, 7, 8, 9, 10).

მოედნის გეოლოგიურ ჭრილში გამოიყო გრუნტების 4 ლითოლოგიური ტიპი – 5 ფენა: ფენა 1 – ტექნოგენური – კონსოლიდირებული ნაყარი გრუნტი (ტ IV) – თიხოვანი გრუნტი, სამშენებლო ნაგვის არაკანონზომიერი მინარევით. ნაყარი გრუნტის სიმძლავრე 0,5–2,8 მ-ის ფარგლებშია. მისი მინიმალური სიმძლავრე აღინიშნა №3 ჭაბურღილის რაიონში.

ფენა 2 – დელუვიური გენეზისის თიხოვანი გრუნტი (დ IV) – მუქი ყავისფერი თიხნარი ძნელპლასტიკურიდან –რბილპლასტიკურამდე კონსისტენციით.

თიხნარის სიმძლავრე 0,5–1,9 მ-ის ფარგლებშია და ვრცელდება მიწის ზედაპირიდან 2,4–3,3 მ სიღრმემდე (მინიმალური სიმძლავრე აღინიშნა №2 ჭაბურღილში – 0,5 მ).

ფენა 3 – ალუვიური გენეზისის მსხვილნატეხოვანი გრუნტი (ა IV) – რიყნარი თიხიანი ქვიშის 30–35%-ის შემავსებლით.

რიყნარის სიმძლავრე 0,9-3,3 მ-ის ფარგლებშია. მისი მინიმალური სიმძლავრე (0,9 მ) აღინიშნა ტაძრის ნაგებობის ჩრდილოეთით, №1, 2 ჭაბურღილებში, მაქსიმალური (2,0–3,3) – ტაძრის ნაგებობის სამხრეთ ფასადის გასწვრივ.

რიყნარები ვრცელდება მიწის ზედაპირიდან 4,2–5,7 მ სიღრმემდე. ფენები 4, 5 - ძირითადი ქანი -ზედა სარმატის ($N_1^3 S$) ფიქლებრივი თიხები.

ძირითადი ქანი, ეროზიული ზედაპირიდან 0,3–2,8 სიღრმეზე გამოფიტულია, დამახასიათებელი ფერია მოყვითალო-ჟანგისფერი და გეოლოგიურ ჭრილებზე აღნიშნულია ფენა 4-ით. ეს ფენა ლითოლოგიურად წარმოდგენილია ნახევრადმყარი კონსისტენციის თიხით, დედა-ქანის სტრუქტურულ-ტექსტურული ნიშან-თვისების შენარჩუნებით (ფიქლებრიობა-შრეობრიობა) და შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც ელუვიონი (დედა-ქანის გამოფიტვის ქერქის დისპერსული ზონა).

გამოფიტული ძირითადი ქანის მინიმალური სიმძლავრეები (0,3–0,7 მ) აღინიშნა №3 და №4 ჭაბურღილებში, რაც შეიძლება აიხსნას ალუვიურ ტერასაზე მდინარის გამრეცხი მოქმედებით.

სიღრმეში ძირითადი ქანის სიმტკიცე მატულობს, გამოფიტვის ხარისხიც ნაკლებია და ქანი შეიძლება დახასიათდეს, როგორც სუბარგილითი (ნახევრადკლდოვანი-შუალედური მდგომარეობა თიხებსა და არგილიტებს შორის).

ამ ფენის დამახასიათებელი ფერია რუხი და ჭრილებზე გამოსახულია ფენა 5-ით. ძირითადი ქანები, მიწის ზედაპირიდან 10,0–13,0 მ სიღრმემდე, ჭაბურღილებითაა გაკვეთილი და ხასიათდებიან სიღრმეში სიმტკიცის თანდათანობითი მომატებით.

გეოლოგიური საფონდო მონაცემებით ზედა სარმატის გრუნტის სიმძლავრე რამდენიმე ათეული მეტრია და თანხმობით ადევს ოლიგოცენ-ქვედა მიოცენის ნალექებს.

ასევე მოხდა დაკვირვება გრუნტის წყლის დონეებზე.

უბანზე გრუნტის წყალი გამოვლინდა ოთხივე ჭაბურღილში, მიწის ზედაპირიდან 4,2–5,6 მ სიღრმეზე, მსხვილნატეხოვანი გრუნტის ფენაში (ფენა 3). ბურღვის პროცესში წყლის მცირე მოდენა, სისველის სახით, აღინიშნა N1 და N2 ჭაბურღილში. დღის განმავლობაში გრუნტის წყლის დონემ ამოიწია და დამყარდა მიწის ზედაპირიდან 3,8–4,4 მ სიღრმეზე. საცავი მილების ჩასმისას და ძირითად ქანებში შესვლის შემდეგ, ჭაბურღილებში წყლის შემოდინება შეწყდა (ძირითადი თიხები დაბალი ფილტრაციული თვისებებით ხასიათდებიან და პრაქტიკულად წყალგაუმტარნი არიან). გრუნტის წყლის ცირკულაცია მაღალი ფილტრაციული თვისებების ალუვიურ

რიყნარებში ხდება და წარმოდგენს ატმოსფერული ნალექების ინფილტრაციის შედეგს (მეოთხეული ალუვიური კენჭნარების წყალშემცველი ჰორიზონტი).

კვლევის შედეგად აიგო შესაბამისი გრაფიკები.

გრაფიკებზე გრუნტის წყლის საშუალო დონეები მოცემულია ლურჯი წყვეტილი ხაზით, ხოლო დონეები, დაკვირვების კონკრეტულ თარიღთან მიმართებაში, ლურჯი უწყვეტი ხაზით (ნახ.11,12,13,14).

გრაფიკებიდან ჩანს, რომ საშუალოდან მაქსიმალური გადახრა (დონის აწევის კუთხით 0,82 მ) აღინიშნა №1 ჭაბურღილში. ანათვალი აღებულია 2010 წლის 18 ივნისს და ემთხვევა ხშირ და უხვნალექიან პერიოდს. წყლის დონის აწევა დაფიქსირდა №2 ჭაბურღილშიც (0,70 მ). გრუნტის წყლის დონის ცვალებადობა არ აღინიშნა №3 და №4 ჭაბურღილებში, სადაც ის საშუალო დონის ფარგლებშია. ეს მდგომარეობა შეიძლება აიხსნას მდინარეების არაგვის და მტკვრის ხეობების სიახლოვით, რაც ქმნის გრუნტის წყლის დრენირების ხელსაყრელ პირობებს ამ მიმართულებით. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ შედგენილი იქნა ტაძრის მოედნის ჰიდროიზოჰიფსების რუკა (ნახ.15).

რუკაზე ნათლად ჩანს გრუნტის წყლის მოდინება ჩრდილოეთიდან და ჩრდილო-დასავლეთიდან და მისი განტვირთვა სამხრეთით და აღმოსავლეთი მიმართულებით (უფრო კონკრეტულად სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ).

ერთწლიანი რეჟიმული დაკვირვების საფუძველზე, გრუნტის წყლის სარკის რყევის ამპლიტუდა საშუალო წლიურთან შედარებით 0,40-0,82 მ-ის ფარგლებშია, დონის აწევის თვალსაზრისით - 0,82 მ, დაწევის კი - 0,40 მ.

ტაძრის მოედანზე გავრცელებული გრუნტის წყალი წარმოდგენს ატმოსფერული ნალექების ინფილტრაციის შედეგს და მისი დონის ცვალებადობა დამოკიდებულია მოსული ნალექების ინტენსივობაზე. გრუნტის წყალი ცირკულირებს ალუვიურ კენჭნარებში და, როგორც ზემოთ აღინიშნა, განიტვირთებიან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ (The report,2010).

თავი 3. სვეტიცხოვლის ტაძარსა და მიმდებარე ტერიტორიაზე

ძიების გეოფიზიკური მეთოდებით ჩატარებული კვლევები

3.1. ტაძრის ეზოში ჩატარებული კვლევები

ზემოთ აღნიშნული სამუშაოები არ აღმოჩნდა საკმარისი, რომ გარკვეულიყო ტაძრისა და ეზოს გალავნის დასველების მიზეზი და დასახულიყო ამ პრობლემის აღმოფხვრის გზები. გარდა ამისა, დაისახა ამოცანა ტერიტორიაზე ჩატარებულიყო საცდელი სამუშაოები არქეოლოგიური ნაშთების გამოვლენის მიზნით. ამიტომ საჭირო გახდა გეოფიზიკური კვლევების ჩატარება.

სვეტიცხოვლის ტაძრის ტერიტორიაზე წინააღმდეგობის მეთოდით განხორციელებულ იქნა პროფილირება ოთხი გაშლით ($AB=3\text{მ}; 6\text{მ}; 9\text{მ}$ და 18მ), ბიჯი $1,5\text{ მ.}$ და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება (ვეზ) მაქსიმალური $AB/2 = 25\text{მ.}$

ორი მაგისტრალური პროფილი გატარებული იქნა ტაძრის ჩრდილოეთით, ერთი კი - აღმოსავლეთით. აგრეთვე ვეზები ჩრდილო, აღმოსავლეთ და სამხრეთ ნაწილში (ნახ. 16).

ზემოთ აღნიშნულ პროფილებზე ჭრილები შესწავლილი იქნა 12 მ. სიღრმემდე, სადაც, ძირითადად ყველგან სამი ჰორიზონტი გამოიყოფა: პროფილი №1

პირველი ჰორიზონტის სიმძლავრე პროფილის გასწვრივ მერყეობს $0,5-0,9\text{ მ-ის}$ ფარგლებში და ხასიათდება $50-140\text{ ომმ}$ წინალობით.

პირველ ჰორიზონტში (შრეში) პროფილის გასწვრივ 35 მ-მდე წინალობა $40-60\text{ ომმ-ია.}$ შემდეგ დაახლოებით 40 მეტრი შედარებით მომატებულია $90-110\text{ ომმ,}$ ხოლო აღმოსავლეთით, პროფილის ბოლოსკენ 140 ომმ-მდე მატულობს.

შემდეგ, პროფილის გასწვრივ $9-11\text{ მ-ის}$ ფარგლებში ჰორიზონტის სიმძლავრე მერყეობს, ხოლო წინალობა იცლება $12-30\text{ ომმ-ის}$ ფარგლებში.

პროფილის დასაწყისიდან დაახლოებით 40 მ-მდე პირველი ფენი სიღრმეში დაახლოებით 7 მ-ის სიმძლავრისაა. ვეზ №10-ის მიდამოებში დღიურ ზედაპირს უახლოვდება $25-30\text{ ომმ}$ წინალობის მქონე ფენი. აღმოსავლეთით, პროფილის ბოლოსკენ წინალობა ისევ $12-18\text{ მ-ის}$ ფარგლებში მერყეობს. $8-11\text{ მ-დან}$ კი წინალობა ნაკლებია 8 ომმ.

არქეოლოგიურად საინტერესო უბნებია: I უბანი - 22 მ-დან 58 მ-მდე ზოლში და II უბანი - 78მ-დან 83 მ-მდე (ნახ.17).

პროფილი №2 მდებარეობს №1 პროფილი - დან დაახლოებით 10 მ ჩრდილოეთით ამ პროფილზეც წინაღობების განაწილება მსგავსია №1 პროფილზე არსებული მდგომარეობისა. აქაც სამი ფენი გამოიყოფა: პირველი ფენის წინაღობა 20-90 ომმ-ის ფარგლებში იცვლება, სიმძლავრე 0,4 - 0,8 მ-ია. მეორე ფენის სიმძლავრე კი 8-12 მ-ის ფარგლებში მერყეობს.

პროფილის დასაწყისში, ვეზ №6-ის მონაცემებით პირველ ფენს დაახლოებით 2,5 მ-მდე აგრძელებს შედარებით მცირე წინაღობის შრე, რომელიც სიღრმეში მცირე სიდიდით მატულობს. ეს შრე პროფილის გასწვრივ დაახლოებით 20მ-მდე ზედაპირს უახლოვდება, ხოლო სიღრმეში დაახლოებით 12 მ-მდე ვრცელდება. პროფილის ბოლოს კი წინაღობა მცირდება.

მესამე ფენის წინაღობა აქაც მცირდება და ნაკლებია 8 ომმ.

მე-2 პროფილის გასწვრივაც ორი არქეოლოგიურად საინტერესო უბანი გამოიყოფა: III უბანი პროფილის დასაწყისიდან 12 მ-მდე, IV უბანი კი - 36 მ-დან 42 მ-მდე ვრცელდება (ნახ.18).

პროფილ №3-ზე პირველი ჰორიზონტის სიმძლავრე მერყეობს 0,6-1,0 მ-ის ფარგლებში და ხასიათდება 40 – 120 ომმ, ზოგან კი - 150 - 200 ომმ წინაღობით.

უბნები, წინაღობათა მნიშვნელობებით 50 ომმ-მდე, შეესაბამება ნაყარ ფენს, რომელიც წარმოდგენილია თიხებით, ხვინჭის ჩანართებით. უბნები, სადაც აღინიშნება მომატებული წინაღობები, 70 ომმ და მეტი, უნდა შეესაბამებოდეს აგრეთვე ნაყარ ფენს სამშენებლო მასალებისა და შენობის ნანგრევებით.

ყველა გეოელექტრულ ჭრილში მკვეთრად გამოიყოფა და ფართოდაა გავრცელებული მესამე გეოელექტრული ჰორიზონტი. მისი წინაღობა პრაქტიკულად პირველი ერთეული ომმ რიგისაა. წინაღობის ეს მნიშვნელობები ამ უბანზე უნდა შეესაბამებოდეს მტკვრის ტერასაზე წარმოდგენილ ნალექებს, კონკრეტულად, თიხებს ან რიყნარს, სადაც ფიქსირდება გრუნტის წყლის არსებობა.

მესამე გეოელექტრული ჰორიზონტი ზედაპირიდან საშუალოდ 5 - 9 მ სიღრმეზე მდებარეობს. თუ მისი წინაღობის დაბალი მნიშვნელობები გამოწვეულია გრუნტის წყლის არსებობით, მაშინ ნაკლებად სარწმუნოა ამ ჰორიზონტის ზედაპირის მკვეთრი

ცვალებადობა პროფილის ფარგლებში. ამასვე ამტკიცებს ტაძრის კუთხეებში გაჭრილ შურფებში გრუნტის წყლის ზედაპირის მდებარეობა 4 - 4,5 მ-ის სიღრმეზე.

მე-3 პროფილის გასწვრივ არქეოლოგიურად საინტერესო სამი უბანია: V უბანი - 0-15 მ-ის შუალედში, VI უბანი - 26-30 მ-ზე და VII უბანი კი - 58მ-დან 72 მ-მდე (ნახ.19).

ყურადღებას იპყრობს მეორე გეოელექტრული ჰორიზონტი, სადაც ადგილი აქვს წინალობათა მნიშვნელობის მკვეთრ ცვალებადობას ჰორიზონტალური მიმართულებით. ამ ჰორიზონტის სიმძლავრე პროფილის გასწვრივ, ძირითადად, შეადგენს 5-8 მ, ზოგ უბანზე კი 10-11 მ აღწევს. დაბალი წინალობის ზონები, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული და ძირითადად 12-18 ომმ მნიშვნელობით ხასიათდებიან, უნდა შეესაბამებოდნენ თიხებს, ან თიხის შემცველ მდინარეულ ნალექებს. მომატებული წინალობები, 30-40 ომმ მნიშვნელობებით, გამოიყოფა პირველ და მეორე პროფილების ცალკეულ უბნებზე, ხოლო მნიშვნელობით 90 ომმ, აღინიშნება ტაძრის აღმოსავლეთით მესამე პროფილზე. მომატებული წინალობის მქონე ზონების არსებობა, თუ გავითვალისწინებთ ტაძრის კუთხეებში გაჭრილი შურფებისა და ტერიტორიაზე არსებული ჭაბურღილების გეოლოგიურ მონაცემებს, განპირობებული უნდა იყოს რიყნარით - ქვარგვალეობით, ქვიშებისა და თიხების შემცველობით.

ტერიტორიაზე განხორციელებული ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მონაცემების საფუძველზე აგებულ გეოელექტრულ ჭრილებში ძირითადად გვაქვს შემდეგი სურათი: პირველი ფენი წარმოდგენილია ნაყარით, რომლის წინალობაა 50-120 ომმ, ხოლო სიმძლავრე იცვლება 1,2-2,9 მ-ის ფარგლებში. მის ქვემოთ აღინიშნება დაბალი წინალობის (2-10ომმ) გარემო, რომელიც წარმოდგენილია თიხნარით, სიმძლავრე მერყეობს 0,5-3,2 მ-ის ფარგლებში. მესამე ფენის წინალობა იცვლება 40-180 ომმ-ის ფარგლებში. წარმოდგენილია რიყნარით, მცირე ზომის ქვამრგვალებით, სიმძლავრე 1,0-2,5მ. ჭრილს სიღრმეში აგრძელებს ძირითადი ქანი - თიხა-ფიქლები.

დარწმუნებით შეიძლება ითქვას, რომ შემდგომი დეტალური გამოკვლევები, მცირე მოცულობის გამიზნული პარამეტრული შურფებით, სიცხადეს შეიტანს ზემოთ აღნიშნული მრავალი სავარაუდო საკითხის გარკვევაში.

გარდა გეოფიზიკური სამუშაოებისა, ჩვენ ჩავატარეთ ტაძარში არსებული ჭის წყლის ანალიზიც. ჩვენს მიერ აღებულ სინჯებს ქიმიური და მიკრობიოლოგიური

ანალიზი ჩატარდა სამეცნიერო –კვლევითი ფირმა "გამა"-ში. ანალიზმა უჩვენა, რომ წყალში არის კალიუმის შედარებით მაღალი შემცველობა (ნახ.20).

წყლის სინჯებზე გაკეთებულ ანალიზებზე დაყრდნობით საფიქრებელია, რომ მონასტრის ჭაში კალიუმის მომატება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს იმ ფაქტით, რომ წყლის დონე მონასტრის საძირკველში და საერთოდ ეზოში იმდენად მომატებულია, რომ ირეცხება საფლავეები.

შექმნილი ვითარება ნათლად მეტყველებს იმ ფაქტზე, რომ სვეტიცხოვლის ტაძრის და მიმდებარე ტერიტორიის დღევანდელი საგანგაშო მდგომარეობა ე.წ. შექმნილი ფაქტორებითაა გამოწვეული და ეს ფაქტორები თანდათან ძლიერდება.

სრულიად ცხადია, რომ იმ ტიპის და დანიშნულების ნაგებობა, როგორც სვეტიცხოველია, თავიდანვე არ აშენდებოდა ისეთ პირობებში, რომელიც შექმნიდა მისი დაზიანების და, შესაძლო, დანგრევის საშიშროებას. ისიც გასათვალისწინებელია, რომ მცხეთის 1275 წლის მიწისძვრამ ტაძარი საგრძნობლად დააზიანა და ის განაახლეს. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ ტაძრის შემოგარენსა და, საკუთრივ, ეზოში, საძირკველში წყლის დაგროვების თვალსაზრისით, თუ იქნებოდა აგრესიული გარემო, ტაძარი ასეთ ადგილზე არ აშენდებოდა.

უფრო მეტიც, ტაძრის აშენების და მისი განახლების დროს ეს პრობლემა არ არსებობდა, ანდა წყლის დაგროვების საკითხი მშენებლების მიერ ცალსახად იყო გადაწყვეტილი და ტაძარს არავითარი საშიშროება არ უნდა დამუქრებოდა არა მარტო მშენებლობის დროს, არამედ მომავალშიც. მით უფრო, რომ აქ დაფლულია კვართი, და გარდა ამისა, იმთავითვე, როგორც ჩანს, ტაძარი საქართველოს მეფეთა ერთ–ერთ სამკვალედაც იყო მოაზრებული.

ამგვარად, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ტაძრის ეზოში და მით უფრო, მისი საძირკველის მახლობლობაში, წყლის არსებობა გამორიცხული უნდა ყოფილიყო.

საკითხის კვლევისას ჩვენი ყურადღება მიიქცია ბატონი დ. მშვენიერაძის ერთმა ჩანაწერმა, სადაც აღნიშნულია, რომ თავიდანვე ტაძარი აშენებული იყო ბორცვზე. აღმოსავლეთიდან, ჩრდილოეთიდან და ჩრდილო-დასავლეთის მხრიდან, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მაშინ იყო ღრმა ხრამი (ან თხრილი), რომელიც მოგვიანებით ამოივსო ნაყარი კულტურული ფენით. კულტურულ ფენში ბევრია ხის ნახშირი-მსხვერპლშეწირვისა და ხანძრის დამადასტურებელი მასალა.

ამგვარად, გაჩნდა ეჭვი, რომ ეს ხრამი (ან თხრილი) შესაძლოა ყოფილიყო გრუნტის წყლისგან დამცლელი, საწრეტის (დრენაჟის) ტიპის სპეციალურად მოწყობილი ნაგებობა, რომელიც ერთი ბოლოთი მტკვარს, ხოლო მეორე ბოლოთი არაგვს უკავშირდებოდა. ამ ტიპის ნაგებობა, თუნდაც ხელოვნური, სრულიად საკმარისი იქნებოდა გრუნტის წყლისგან ტაძრის მიმდებარე ტერიტორიის დასაცლელად (ნახ. 21).

ჩვენს მიერ ტაძრის ჩრდილოეთ მხარეზე (ნახ. 22). ძიების გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენებით, ჩატარდა სეისმური და ელექტრომეტრიული სამუშაოები (ვერტიკალური ელექტრული ზონდირება).

უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ ვეზ-ებით მიღებული შედეგები ქვემოთ მოყვანილ ნახაზზე (ნახ. 23).

კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით აგებული ნახ. 22-დან ჩანს, რომ თიხის თაღოვანი ფორმის შრეები იწყება 4 მეტრიდან. ეს სამუშაოები ჩატარებულია 70 მეტრზე აღმოსავლეთიდან დასავლეთის მიმართულებით, ხოლო 30 მეტრ მანძილზე ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით, ტაძრის ჩრდილოეთ მხარეზე, გალავანსა და საკუთრივ ტაძარს შორის. აქ გამოიკვეთა თიხის ორი თაღოვანი ფორმის ფენა, რომელთაგან თითოეულის საწყისი ბოლოები ზედაპირიდან 11 და 10 მეტრის სიღრმიდან იწყება, ხოლო ერთმანეთს დაახლოებით ზედაპირიდან 7–8 მეტრის სიღრმეზე უერთდება. ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ მათი მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინააღობის მიხედვით, ეს არის თიხის ფენა.

ამგვარად, კვლევებმა დაადასტურა, რომ ეზოს ჩრდილოეთ ნაწილში, დედამიწის ზედაპირიდან 4 მეტრზე, არსებობს ორი თაღისებური (ოვალური) ფორმის თიხის წყება, რომელიც ტაძრის მიმართ თითქმის სიმეტრიულადაა განლაგებული. უკეთესი ვიზუალიზაციის მიზნით ჩვენს მიერ მიღებული კვლევების შედეგები ავაგეთ 3D განზომილებაში და მივიღეთ შემდეგი სურათი (ნახ. 24):

იგივე ტერიტორიაზე ვეზებით მიღებული შედეგები გადამოწმდა ძიების სეისმური მეთოდით.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებული იქნა სეისმური პროფილები.

პროფილი გატარებული იქნა როგორც ტაძრის ჩრდილოეთით, ასევე აღმოსავლეთით.

ფუძე-გრუნტების ძირითადი საინჟინრო-სეისმოლოგიური პარამეტრების დადგენისათვის გამოყენებულ იქნა არეკვლილი და გარდატეხილი სეისმური ტალღების მეთოდი. აღნიშნული მეთოდი გულისხმობს გრუნტებში დრეკადი სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეების და გრუნტების ფენების სეისმური სიხისტეების სიდიდეების დადგენას. კერძოდ, არეკვლილი ტალღების მეთოდით დგინდება გრუნტებში გრძივი V_p და განივი V_s დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები და იანგარიშება გრუნტების ძირითადი დინამიკური მახასიათებლები, როგორცაა:

$$\text{ძვრის მოდული} \quad G_D = (\gamma V_s^2) / g, \quad (1)$$

$$\text{დეფორმაციის მოდული} \quad E_D = [\gamma V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)] / [2g(V_p^2 - V_s^2)], \quad (2)$$

$$\text{პუასონის კოეფიციენტი} \quad \mu_D = (V_p^2 - 2V_s^2) / [2(V_p^2 - V_s^2)], \quad (3)$$

სადაც, γ არის გრუნტის კუთრი წონა; g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, V_p, V_s – შესაბამისად გრძივი და განივი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები.

სეისმური ტალღების არეკვლის მეთოდით გრძივი და განივი ტალღების განსაზღვრა განხორციელდა Seistronix RAS 24-ის ტიპის 24 არხიანი სეისმომომღები აპარატურის გამოყენებით, რომელსაც გააჩნია მონაცემთა კომპიუტერული დამუშავების უზრუნველყოფის ლიცენზირებული პროგრამა.

აპარატურა შედგება ერთმანეთთან დაკავშირებული და 5 მეტრის ინტერვალით დაშორებული GS-20DX ტიპის 24 სეისმოგადამცემისაგან (სენსორი). ისინი თავის მხრივ კაბელით უკავშირდებიან RAS-24 ტიპის სეისმომომღებს და პორტატულ კომპიუტერს.

ჩატარებული საველე სამუშაოების შედეგების დამუშავება განხორციელდა კომპიუტერული პროგრამის WinSism 12.4 საშუალებით. RAS-24 ტიპის სეისმომომღებით მიღებული ჩანაწერების დამუშავების შედეგად განისაზღვრა დრეკადი ტალღების გავრცელების გრძივი V_p და განივი V_s სიჩქარეების მნიშვნელობები. გრძივი V_p და განივი V_s დრეკადი სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეების მონაცემების მიხედვით მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებულ იქნა სეისმური პროფილი, რომლებიც მოყვანილია ნახაზებზე (ნახ.25,26,27,28). პროფილების ვერტიკალურ ღერძებზე ნაჩვენებია სიღრმის ფარდობითი ნიშნულები, ჰორიზონტალურზე კი მანძილი პროფილის გასწვრივ (მეტრებში). პროფილებზე

ფერებში წარმოდგენილია სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეები სხვადასხვა სიღრმეზე და განფენილობაში.

გრძივი და განივი ტალღების სიჩქარეების მნიშვნელობებით და ქვემოთ მოყვანილი (1), (2), (3) ფორმულების გამოყენებით გრუნტის ცალკეული ფენებისათვის გამოთვლილ იქნა საკვლევი ტერიტორიის ძირითადი დინამიკური მახასიათებლების გასაშუალოებული სიდიდეები.

ცხრილი 2. დინამიკური მახასიათებლების სიდიდეები ობიექტის მოედნისთვის

მახასიათებლები	მე-1 შრე	მე-2 შრე	მე-3 შრე
V_p , მ/წმ	600	800	1200
V_s , მ/წმ	200	400	<800
G_D , მპა	90	305	800
E_D , მპა	100	365	900
μ_D	0.36	0.24	0.19

სეისმურმა კვლევებმაც დაადასტურა, რომ ეზოს ჩრდილოეთ ნაწილში, დედამიწის ზედაპირიდან 4 მეტრზე, არსებობს ორი თაღისებური (ოვალური) ფორმის თიხის წყება. ეს შედეგი კარგ თანხვედრაშია ვეზებით მიღებულ შედეგებთან.

იგივე კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავუშვათ, რომ ტაძრის აშენებისთანავე, ეზოს ჩრდილოეთ ნაწილში, მთიდან წყლის ნაკადის მაქსიმალურად მოდინების შემთხვევაში, რადგან ტაძრის არსებობის გამო ეზოში წყლის დაგროვების საშიშროება არსებობდა, ხელოვნურად აიგო თიხის და თიხაშემცველი ქანების ორი თაღი. ეს თიხაშემცველი თაღები, ცხადია, წყალს არ გაატარებდა: პირველი თაღი სამხრეთისკენ არ გაატარებდა დასავლეთიდან მოვარდნილი წყლის ძირითად ნაწილს და მას მისცემდა ისეთ მიმართულებას, რომ წყალი ჩასულიყო ხრამის ჩრდილო დასავლეთ ნაწილში, რომელიც მდინარე მტკვარს უერთდებოდა. წყლის ის ნაწილი კი,

რომელიც თაღს გადაეკლებოდა, ჩაიწრიტებოდა თაღების შეერთების (ე.წ. „გადაკერების“) ადგილში; ჩრდილოეთიდან მოვარდნილი წყალი კი ჩავიდოდა როგორც ამ თაღების შეერთების შემაერთებელ ღარში (ე.წ. „გადაკერების ადგილზე“), ასევე მეორე თაღიდან გადავიდოდა სამხრეთისკენ და ხრამის მეორე ბოლოთი შეუერთდებოდა არაგვს.

ცხადია, თავისი მდებარეობის გამო, თხრილსაც უნდა ქონოდა მდინარეებისკენ გარკვეული დახრა; ასეთ შემთხვევაში, ერთის მხრივ გრუნტის წყლის ჰორიზონტის, ხოლო მეორეს მხრივ თხრილის მდინარეების მიმართ დახრის გამო, წყლის სიჩქარე მოიმატებდა, რაც ხელს შეუწყობდა, რომ წყალი არ დაგროვებულიყო ეზოში და, ამასთან, მუდმივად ჩაირეცხებოდა ის თხრილი, სადაც წყალი მიედინებოდა.

ცხადია, როცა წყლის დაგროვების სიჩქარე ტაძრის ეზოში ცნობილია, მათემატიკურად ამ პრობლემის გადაწყვეტა არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენს და მას ჩვენი წინაპრები ადვილად გაართმევდნენ თავს. ამ ტიპის წყლის საწრეტი ნაგებობის აშენება არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენდა.

მაგრამ იმ ფაქტმა, რომ კულტურული ფენით ამოავსეს ეს თხრილი, გამოიწვია ტაძრის ეზოში გრუნტის წყლების არასწორი გადანაწილება, რამაც დღევანდელ შედეგებამდე მიგვიყვანა.

ამგვარად, აღმოჩნდა, რომ:

- ტაძარი აგებულია თიხის ბორცვზე;
- ეზოში, ჩრდილო მხარეზე, ტაძარსა და გალავანს შორის არსებობდა ხრამი, რომლის ბოლოები, ალბათ, ჩადიოდა მდინარე მტკვარსა და მდინარე არაგვში;
- არსებობდა თიხის ორი, ერთმანეთზე „გადაკერებული“ თაღისებური ბორცვები, რომლებიც წყალს ტაძარს აარიდებდა;

აქედან შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ტაძრის ეზოში არსებობდა ხელოვნურად აგებული წყლის საწრეტი (სადრენაჟო) ნაგებობა. (ნახ.29).

ჩვენთვის უაღრესად მნიშვნელოვანია პროფ. ვ. ცინცაძის ჩანაწერი სვეტიცხოვლის ტაძრის ე.წ. “პირველი”, ვახტანგ გორგასლისეული იატაკის შემადგენლობის შესახებ. კვლევებით აღმოჩნდა, რომ “V საუკუნის იატაკი წარმოადგენს 8-10 სმ სიმაღლის დაქუცმაცებული ქვიშაქვის მასალას (კვადრების დამუშავებისას ნარჩენი) კირის ხსნარზე და 4-6 მმ დიამეტრის კენჭებს. ეს იატაკი

ეფუძნებოდა 5-6 სმ სისქის თიხამიწას და რიყის ქვის საფენს” (ბედიაშვილი, 2003). (ნახ.30).

ჩვენი აზრით, იატაკის ამ მასალით მოწყობა არ იყო შემთხვევითი: იმდროინდელმა მშენებლებმა იატაკისთვის, რომელიც თიხნარის ბალიშზე იჯდა, გამოიყენეს ქვიშაქვის მასალა, როგორც სადრენაჟო სისტემის ნაწილი, რაც თავის მხრივ მოწმობს, რომ სვეტიცხოვლის ტაძრის მოწყობისას მათ შექმნეს შესანიშნავი ბუნებრივი წყალსაწრეტი სისტემა.

ჩვენ ამ საკითხზე აღარ შევჩერდებით, რადგან ვფიქრობთ, რომ სვეტიცხოვლის შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს ტაძრის წყალსაწრეტი სისტემის შესწავლის საკითხს.

როგორც ზევით იყო ნათქვამი, ტაძრის ჩრდილოეთ ნაწილში თხრილი არსებობდა.

ლოგიკურია ვიფიქროთ, რომ თხრილი ტაძრის ეზოში არ იყო შემთხვევითი და ის, ალბათ, წყალგამტარის როლს ასრულებდა, რადგან მთებიდან წამოსული და ატმოსფერული ნალექებით დაგროვებული წყლისთვის ხელოვნურად უნდა შეექმნათ ისეთი პირობები, რომ ამ წყალს ისე ჩაეღწია თხრილში, არ შეხებოდა ტაძრის საძირკველს და თიხის ბალიშს.

თუ ასეთი ხელოვნური სისტემა არ იარსებებდა, წყალი დაგუბდებოდა ტაძრის ირგვლივ და სანამ მთლიანად ჩაიჭონებოდა მიწის ქვედა ფენებში, მოასწრებდა ტაძრის საძირკვლის დასველებას.

გეოფიზიკური სამუშაოების შესრულებისას, ჩვენი აზრით, სწორედ ამ სისტემის ნაწილს მივაგენით. ის, რაც (ნახ. 31)–ზე ჩანს, წარმოადგენს თიხის ორ თაღოვან, ერთმანეთზე “გადაკერებულ” ფენას, რომელიც თავის ფორმის გამო წყალს არ გაატარებდა ტაძრის ჩრდილოეთი მხრის საძირკვლისკენ და ძალიან ადვილად გადაისროდა ხევში, რომლის ფორმა ზედმიწევნით აღწერა პროფ. დ. მშვენიერაძემ და რომელიც, ჩვენი აზრით, წარმოადგენდა ხელოვნურად მოწყობილ წყლის გამტარ არხს. ასეთი ტიპის საწრეტი სისტემა რომ უნაკლოდ მუშაობდეს, მთიდან ჩამოსული წყლის და ატმოსფერული ნალექების შესაკრები უნდა იწყებოდეს დედამიწის ზედაპირის ახლოს და უნდა ჩადიოდეს დაახლოებით 5-6 მეტრის სიღრმეზე მაინც. ჩვენი გაზომვებით, თაღის დასავლეთი მხრის სიღრმე 11 მეტრია, აღმოსავლეთის – 10 მეტრი,

ხოლო თაღების “გადაკერების” ადგილი 7 მეტრი. ცხადია, თაღების ასეთი ზომები სრულიად უზრუნველყოფდა ეზოში მოდენილი წყლის მაქსიმალურად დაცვას.

ამგვარად, ჩვენს მიერ ჩატარებულ სამუშაოებზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ სვეტიცხოვლის ტაძრის ეზოში არსებობდა წყლის საწრეტი მარტივი, საიმედოდ გამართული სადრენაჟო სისტემა, რომლის ზედა ნაწილი, გარკვეული ობიექტური მიზეზებით, გამოვიდა მწყობრიდან და ტაძრის და გალავნის დასველების მიზეზიც ესაა.

დ. მშვენიერაძის მიერ ჩატარებული სამუშაოების დროს, მისივე ცნობით, გრუნტის წყლის ჰორიზონტი დედამიწის ზედაპირიდან 5,5-6 მ სიმაღლეზე იყო, ხოლო ახლა მომატებულია და 4 მეტრის ფარგლებში იცვლება.

ზემოთ აღწერილიდან ჩანს, რომ ტაძრის ბაღში, თიხნარს წარმოადგენს, წყალგაუმტარია, ამიტომ მის ქვემოთ არსებულ მთელ სისტემას იმაზე უნდა ემუშავა, რომ ტაძრის საძირკველი მშრალი დარჩენილიყო. ეს აუცილებელი პირობა იყო ტაძრის სიმყარის შესანარჩუნებლად.

ლოგიკურია ვიფიქროთ, რომ თხრილი ტაძრის ეზოში არ იყო შემთხვევითი, რადგან თხრილის არსებობა ტაძრის ეზოში საკმაო უხერხულობას შექმნიდა და მისი ამოვსება სრულიად მარტივი იქნებოდა. უფრო დასაშვებია, რომ ეს თხრილი ნამდვილად წყალგამტარის როლს ასრულებდა.

თუ ასეთი ხელოვნური სისტემა არ იარსებებდა, წყალი დაგუბდებოდა ტაძრის ირგვლივ და სანამ მთლიანად ჩაიჭონებოდა მიწის ქვედა ფენებში, მოასწრებდა ტაძრის საძირკვლის დასველებას, რის მოწმენიც ჩვენ დღეს ვართ და რასაც ბატონი მალხაზ ბედიაშვილიც გულისტკივილით აღნიშნავს თავის ნაშრომში (ბედიაშვილი, 2003).

აღსანიშნავია, რომ დედამიწის ზედა ფენებში არსებული მთებიდან ნაჟური და ატმოსფერული ნალექების წყლებისთვის, თუ მას ხელოვნური სარწყავი სისტემა არ ექნებოდა, თვით თიხის ბაღში გახდებოდა წყლისგან ეზოს დაცლის ხელისშემშლელი ფაქტორი, რომელიც ტაძრის საძირკვლის და შესაბამისად, შენობის ქვედა ნაწილის დასველების მიზეზი გახდებოდა. წყალი თანაბრად ვერ გადანაწილდებოდა ტაძრის ეზოში დღიური ზედაპირის დახრის გამო და მდინარეებისკენ დაიწყებდა მოძრაობას. ამ გზაზე, საწრეტი სისტემის არარსებობის შემთხვევაში, ტაძრის დასავლეთის და ჩრდილო მხრის მიწაში მოქცეული ნაწილი, თიხის ბაღის ჩათვლით, წყალს

შეაკავებდა და დააგუბებდა, ამასთან, რადგან ტაძრის ჩრდილო და სამხრეთ კედლებს საძირკველი არ გააჩნია, დაგუბებული წყლის მხოლოდ ნაწილი გაჟონავდა ყველა მიმართულებით, თიხატკეპნილი ბალიშის ირგვლივ. საფიქრებელია, რომ ახლა სწორედ ეს ვითარებაა.

რაც შეეხება გამოფიტული ქვიშაქვის ფიქლებს და საკუთრივ გამოუფიტავ ქვიშაქვებს, ერთიც და მეორეც ცნობილია, როგორც წყლის გამფილტრავი, წვიმის წყლის ნაკადულების შემკრები (კოლექტორი) და მათი გამტარი გარემო. ცხადია, ეს სისტემა ძალიან კარგად იმუშავებდა ტაძრის ეზოში, რადგან, როგორც ცნობილია და ჩვენ ზემოთ ავღნიშნეთ, გრუნტის წყლის ჰორიზონტი მთლიანად დახრილია მდინარეების – არაგვისა და მტკვრის კალაპოტებისკენ.

რადგან სვეტიცხოვლის ტაძარი, წყლის მოდინების თვალსაზრისით, ასეთ აგრესიულ გარემოშია აშენებული, არ უნდა გაგვიკვირდეს, რომ, მშენებლებს ეს ადგილი სპეციალურად აქვთ შერჩეული წყლის სრულყოფილი საწრეტი სისტემის მოსაწყობად, ხოლო დედამიწის ზედაპირიდან გამოუფიტავი ქვიშაქვების წყებამდე, თიხნარი ბალიშის ჩათვლით, არის კარგად გათვლილი წყლის საწრეტი სისტემის მიწისქვეშა ნაწილი.

ასეთ შემთხვევაში, წარმოუდგენელია, რომ ტაძრის ეზოში არ ყოფილიყო მოწყობილი ეზოში დაგროვებული წყლის თავმოყრის და ამ წყლის მდინარეებში გადაგდების სისტემა. ეს სისტემა, უბრალოდ, მოიშალა დედამიწის ზედაპირთან სიახლოვის გამო, რადგან მასზე სხვადასხვა ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების გავლენის რისკები გაცილებით მეტი იყო.

რაც შეეხება თვით არხს, მას ისეთი ფორმა აქვს, რომ ის, როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ნამდვილად ხელოვნურია.

არხი რომ ბუნებრივი ყოფილიყო, ის უნდა შექმნილიყო დასავლეთიდან, ან ჩრდილოეთიდან მოვარდნილი წყლის ნაკადებით, რომელიც დღიურ ზედაპირზე აუცილებლად წარმოიშობოდა ატმოსფერული ნალექების, ხოლო ზედაპირთან ახლოს, სიღრმულ ფენებში - ამ ნალექებით მომატებული გრუნტის წყლის გავლენით. ასეთ შემთხვევაში არხის ერთი ბოლო უნდა დაწყებულიყო დასავლეთის, ჩრდილო დასავლეთის ან ჩრდილოეთის მხრიდან და გაეკვლია გზა

მდინარეებისკენ. ცხადია, არხის დასავლეთი ნაწილის ბოლო არ უნდა ყოფილიყო მოხრილი, მას უნდა ჰქონოდა გაცილებით სწორი ფორმა. (ნახ.32)

დ. მშენიერადის კვლევების თანახმად, ტაძრის მოედანთან ზაპესის წყალსაცავის სიახლოვე, არ წარმოადგენს დაბრკოლებას გრუნტის წყლის განტვირთვის გზაზე. ამიტომ შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ მდინარეებში წყლის დონის მინიმუმამდე დაწევა მნიშვნელოვნად არ ცვლის ტაძრის ეზოში გრუნტის წყლების ჰორიზონტის სიმაღლეს. ანუ, დასაშვებია, რომ წყალსატევს მინიმალური გავლენა აქვს ტაძრის ეზოში გრუნტის წყლების დონის ცვლილებაზე.

ჩვენთვის არ არის ცნობილი, რა მდგომარეობაში იყო ტაძარი და გალავანი 1950 წელს, მაგრამ დღეს სრულიად თვალნათელია ტაძრის სამხრეთი კედლის და გალავნის ზოგიერთი უბნის დასველების ფაქტი. ტაძრის კედელზე და გალავანზე დღეს არსებული სისველე იმას მიგვანიშნებს, რომ ტაძრის დამაზიანებელი ფაქტორი დღეს ნამდვილად არსებობს, მაგრამ, რადგან ის არ არის დაფიქსირებული დ. მშენიერადის შრომაში, არ არის გამორიცხული, რომ ან არ იყო კედელი სველი, ან ეს სისველე თვალისთვის შეუმჩნეველი გახლდათ.

ბოლო ხანების გაზომვებიდან კი ჩანს, რომ ამჟამად, გაცილებით (1–2 მეტრით) მეტია გრუნტის წყლების ჰორიზონტის სიმაღლე 1950 წელთან შედარებით.

თუმცა, ისიც ძნელი დასაშვებია, რომ ტაძარი თავიდანვე გრუნტის წყლების ჰორიზონტის არასასურველი სიმაღლის პირობებში აშენდა.

3.2. ტაძარში ჩატარებული კვლევები

გეორადიოლოკაციური სამუშაოების ჩასატარებლად გამოყენებული იქნა გეორადარი „ზონდ12-ე“ თავისი საშტატო ანტენებით 75მ ჰც, 150 მჰც და 2 გჰც. გეორადარი იმართებოდა და მონაცემები მუშავდებოდა პროგრამული უზრუნველყოფით „პრიზმ 2,5“.

გატარებულ იქნა რიგი საცდელი პროფილები ტაძრის შიგნით, რომელთა ნაწილი წარმოდგენილია ქვემოთ. (ნახ. 33).

სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით ჩატარებული სამუშაოებიდან განვიხილოთ გეორადიოლოკაციური პირველი შიგა პროფილი, შესწავლილი 2გჰც ანტენის გამოყენებით (ნახ. 34).

რადაროგრამის დამუშავებისას გამოყენებული იქნა ორმსბის ციფრული ფილტრი, ფურიეს სწრაფი გარდაქმნის ოპცია, შერჩეულ იქნა გაძლიერების სპეციალური ფუნქცია, რომელთა შედეგადაც შესაძლებელი გახდა გამოგვეყო რიგი ანომალიებისა. კერძოდ, გამოიკვეთა 8 ანომალია, ამათგან 2 მათგანი - 2.5 მ სიგრძის პარალელური სინფაზურობის ღერძების მქონე ობიექტებია (20, 25 მ და 30,35 მ დისტანციაზე) (დისტანცია არის მანძილი საწყისი წერტილიდან, რომელზედაც გადის ტრასა). ეს ანომალიები შეიძლება იდენტიფიცირდეს, როგორც ხელოვნური სიცარიელები. არ არის გამორიცხული, რომ 15 მ დისტანციის მახლობლად არსებული სიმეტრიული ობიექტებიც ხელოვნური წარმოშობის იყოს.

სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით გატარებული მეორე პროფილის რადაროგრამა წარმოდგენილია (ნახ. 35) -ზე.

ნახ. 35 -ზე წარმოდგენილ რადაროგრამაზე გამოიყო (ისევე როგორც ნახ. 34 -ზე) სიმეტრიული არაერთგვაროვნება 15 მ დისტანციაზე, სავარაუდოდ, ხელოვნური სიცარიელე უნა იყოს 25 მ დისტანციაზეც, მაგრამ 30 მ-თან მკვეთრი ხელოვნური სიცარიელეა.

კარგად გამოიკვეთა დიფრაგირებული ტალღების პარაბოლები, რომელთათვისაც ე.წ. პარაბოლების დამუშავების კომპარაციული მეთოდით დადგინდა ამრეკლავი ობიექტის ზევით მდებარე გარემოს ფარდობითი დიელექტრიკული განვლადობა; ამ ადგილას ის აღმოჩნდა 5-ის ტოლი. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სავარაუდოდ, აქ შესაძლებელია იყოს ქვიშნარი.

ამავე პროფილებზე ტაძრის შიგნით ჩატარებულია გეორადიოლოკაციური პროფილირება 150 მჰც ანტენით. მიღებული რადაროგრამა ნაჩვენებია (ნახ. 36) და (ნახ. 37)- ზე.

ნახ.36-ზე ნაჩვენებია სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით 150 მჰც ანტენით მუშაობისას ჩატარებული გეორადიოლოკაციური პროფილირების შედეგები პირველ პროფილზე მიღებულ რადაროგრამაზეა შემოხაზული და ის აღნიშნავს სავარაუდო სიცარიელებს. ზედაპირთან განლაგებული ანომალიები გარკვეულწილად კორელირებს 2 გჰც ანტენით მიღებულ და ინტერპრეტირებულ გეორადიოლოკაციის შედეგებთან, რომელიც ნახ.35-ზეა ნაჩვენები. შემოხაზული ანომალიები შეიძლება იდენტიფიცირდეს, როგორც ხელოვნური სიცარიელები ჭრილში.

ნახ. 37 - ზე ჩანს, რომ ჭრილში 2X3 მ გამოიკვეთა ორი მძლავრი ანომალია, რომელთა ფონზე შედარებით სუსტად ჩანს პირველ პროფილზე გამოკვეთილი ანომალიები, რომლებიც ისევ ჩნდება მომდევნო პროფილზე.

ნახ. 36 და ნახ. 37 -ზე ფიქსირდება რიგი საერთო ანომალური უბნებისა. ნახ. 37 რადაროგრამაზე გამოკვეთილია ზედაპირული და სიღრმისეული (სავარაუდოდ 10 მ სიღრმეზე) კარგად ლოკალიზებული ობიექტი.

აღნიშნული სამუშაოები წარმოადგენდა საკუთრივ სვეტიცხოვლის ტაძარში გეოფიზიკური მეთოდებით კვლევების ჩატარების შესაძლებლობების სასინჯ ცდებს, რადგან ცნობილია, რომ ტაძარსა და სვეტიცხოვლის ეზოში უამრავი უცნობი სამარხი არსებობს, რომელთა შესწავლა არქეოლოგიური მეთოდებით შეუძლებელია.

ჩატარებულმა სამუშაოებმა გვიჩვენა, რომ რადიოლოკაციური მეთოდი კარგად მუშაობს არა მარტო ტაძარში, არამედ მის შემოგარენშიც.

დასკვნები

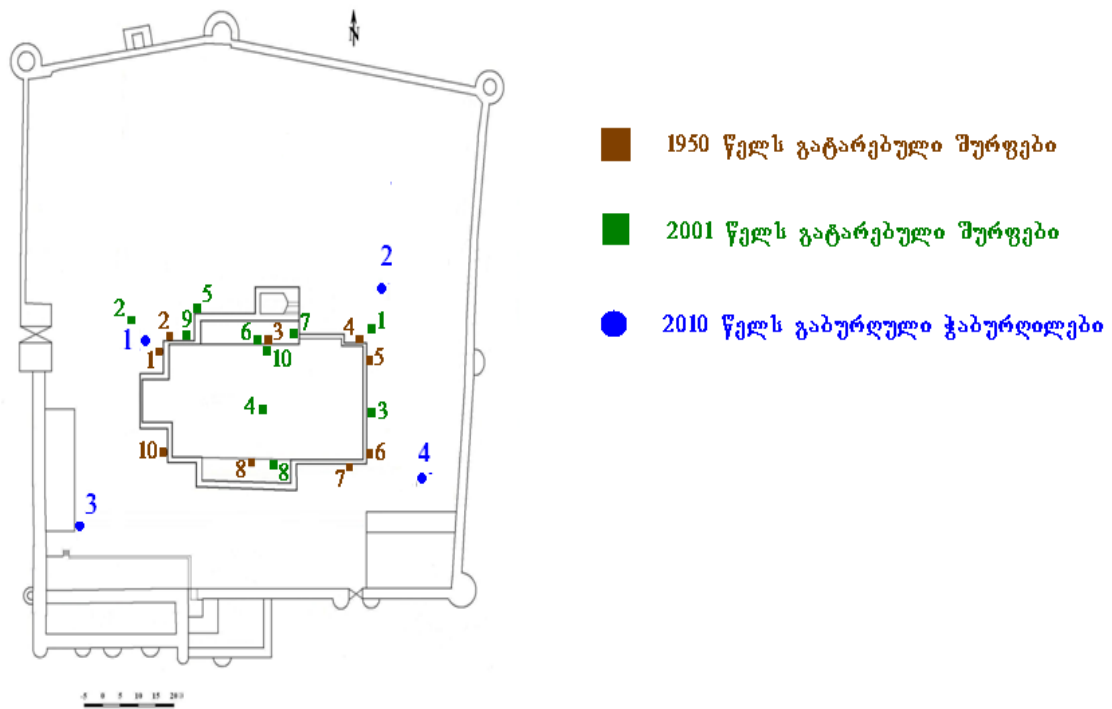
- რიყნარი, რაც ამ უბნის გეოლოგიას ახასიათებს, გრუნტის წყლით არის გაჯერებული;
- მდინარე მტკვრის და მდინარე არაგვის გავლენა, ტაძრის ეზოში წყლის დაგროვების თვალსაზრისით, არ შეიძლება ჩაითვალოს განმსაზღვრელ ფაქტორად;
- გრუნტის წყლის დონის ცვალებადობა დამოკიდებულია მოსული ნალექების ინტენსივობაზე და წარმოადგენს ატმოსფერული ნალექების ინფილტრაციის შედეგს.
- გალავნის შიგნით ტაძრის მიმდებარე ტერიტორიაზე არ არსებობს წყლის საწრეტი (სადრენაჟო) მოქმედი სისტემა;
- ტაძრის და გალავნის კედლების დასველების მიზეზია სადრენაჟო სისტემის არარსებობა;
- დაბინძურებულია ტაძარში არსებული ჭის წყალი, კერძოდ ნორმასთან შედარებით მკვეთრადაა მომატებული კალიუმის რაოდენობა;
- არსებული ვითარებიდან გამომდინარე, შესაძლოა საფლავები ირეცხებოდეს გრუნტის წყლით და ეს ფაქტორი უხვნალექიანობის დროს უფრო ძლიერდებოდეს;
- კვლევებმა დაადასტურა, რომ ეზოში, ზედაპირიდან რამდენიმე მეტრის სიღრმეში, სავარაუდოდ ტაძრის აშენების პერიოდიდანვე, მოწყობილი იყო გრუნტის წყლებისგან დამცლელი სადრენაჟო სისტემა, რომელიც ამჟამად გაუქმებულია;
- სვეტიცხოვლის ტაძრის ვახტანგ გორგასლისეული იატაკი, მის ქვეშ არსებული თიხატკეპნილი ბალიში და სიღრმის მიხედვით განლაგებული ხრემის, კენჭნარის ფენები, გამოფიტული, ყვითელი ქვიშაქვების ფიქლები და გამოუფიტავი ქვიშაქვები წარმოადგენენ ტაძრის სინესტისგან დამცავ მექანიზმს; ტაძრის სინესტისგან დამცავი სისტემა, სვეტიცხოვლის ეზოს წყლისგან დამცლელ სისტემასთან ერთად, ქმნიდა სვეტიცხოვლის ტაძრის და მისი შემოგარენის ერთიან სადრენაჟო სისტემას;

- ელექტროპროფილირების მეთოდით, დღიური ზედაპირის სიახლოვეს გამოვლენილია არქეოლოგიური თვალსაზრისით 7 საინტერესო უბანი.
- ტაძარსა და მის შემოგარენში, ზედაპირიდან რამდენიმე მეტრში გამოვლინდა ანომალური ზონები, რომელიც სავარაუდოდ ხელოვნურ სიცარიელეებს უკავშირდება (ზომების მიხედვით დასაშვებია, რომ ეს არის საფლავები);

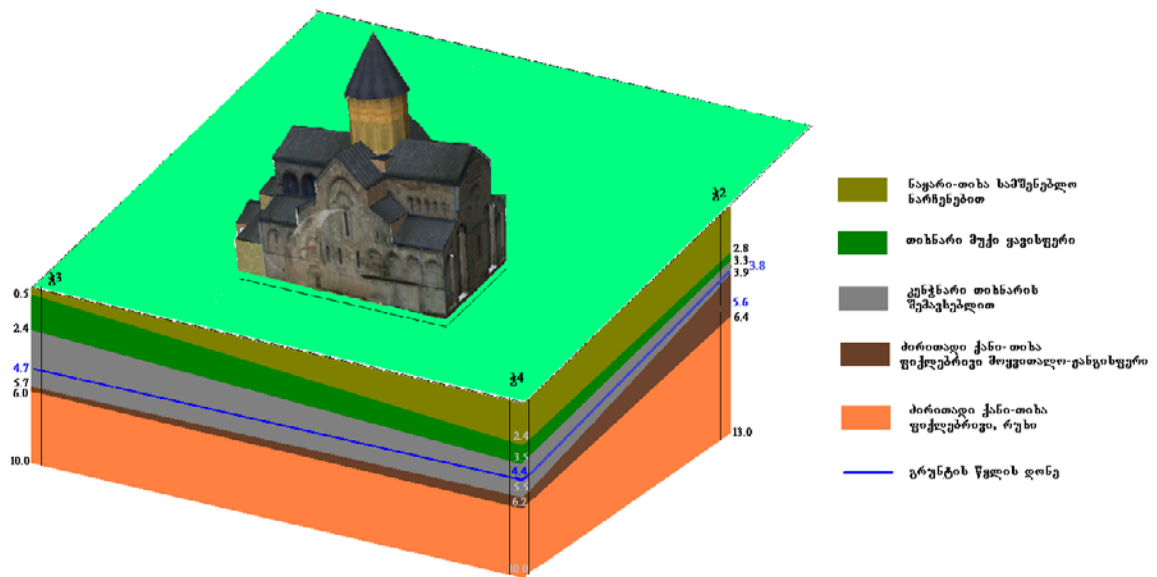
რეკომენდაციები

- საკუთრივ ტაძრის კვლევა ჩატარდეს ძიების გეოფიზიკური მეთოდების კომპლექსის გამოყენებით (გრავიტაციული, რადიოლოკაციური მეთოდები);
- გეოფიზიკური მეთოდების კომპლექსით გაგრძელდეს ტაძრის ეზოს შემოგარენის შესწავლა (ძიების ელექტრული, რადიოლოკაციური, სეისმური მეთოდები);
- ჩვენს მიერ აღმოჩენილი, სვეტიცხოვლის ეზოს წყლის საწრეტი სისტემა შესწავლილი იქნეს არქეოლოგიური მეთოდებითაც;
- აღდგეს ეზოს სადრენაჟო სისტემა;
- დაზუსტდეს მიწისქვეშა სადრენაჟო სისტემის მშენებლობის ტექნოლოგია;
- შესწავლილი იქნეს საქართველოში მდინარის პირას, გაწყლიანებულ ტერიტორიებზე აგებული სხვა ტაძრების სადრენაჟო სისტემის არსებობის საკითხი;
- ეცნობოს ადგილობრივ და საერთაშორისო ორგანიზაციებს მდინარეების ნაპირზე, ჭალაში ტაძრების მშენებლობის უძველესი ქართული მეთოდის შესახებ.

დანართები

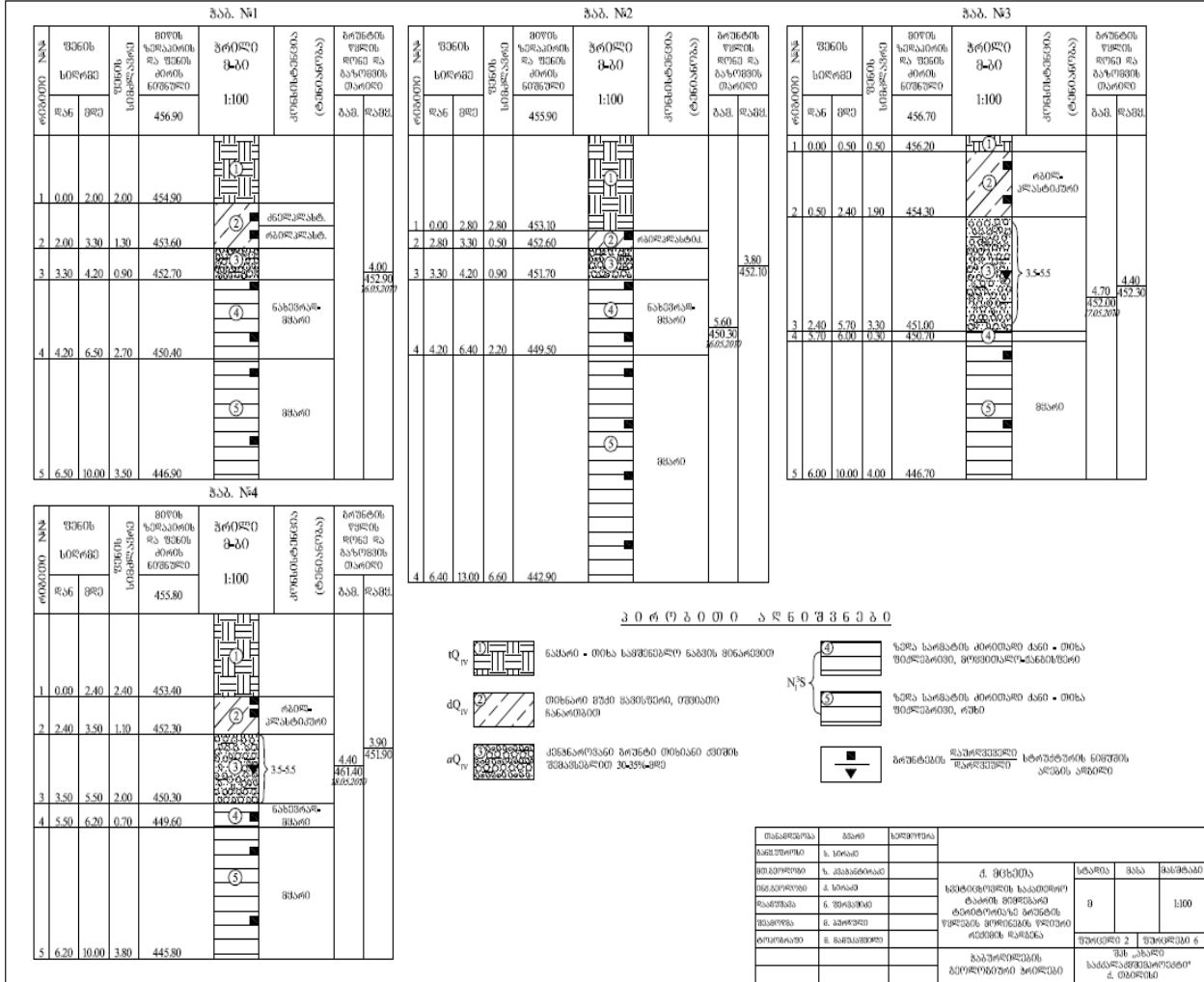


ნახ. 4. სვეტიცხოვლის ტაძარსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე გაჭრილი შურფების და ჭაბურღილების მდებარეობა



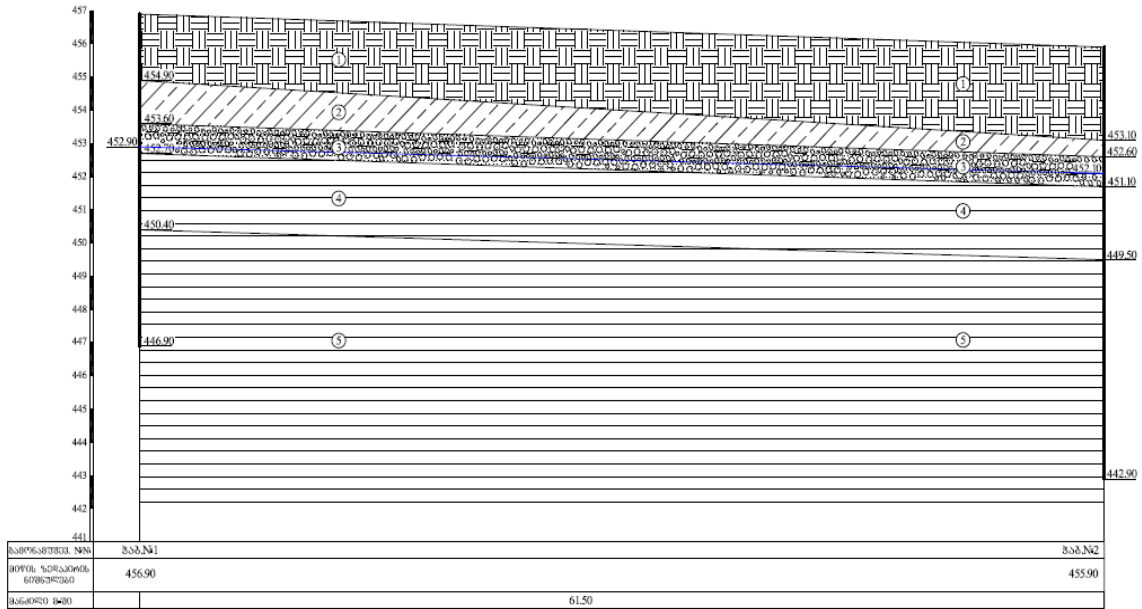
ჭაბურღილების მონაცემებით აგებული გეოლოგიური ჭრილი

ნახ. 5 ჭაბურღილების მონაცემებით აგებული გეოლოგიური ჭრილი









ნახ.6 ქაბურღილების გეოლოგიურ-ლითოლოგიური სვეტები

პ რ ო ლ ი 1 - 2



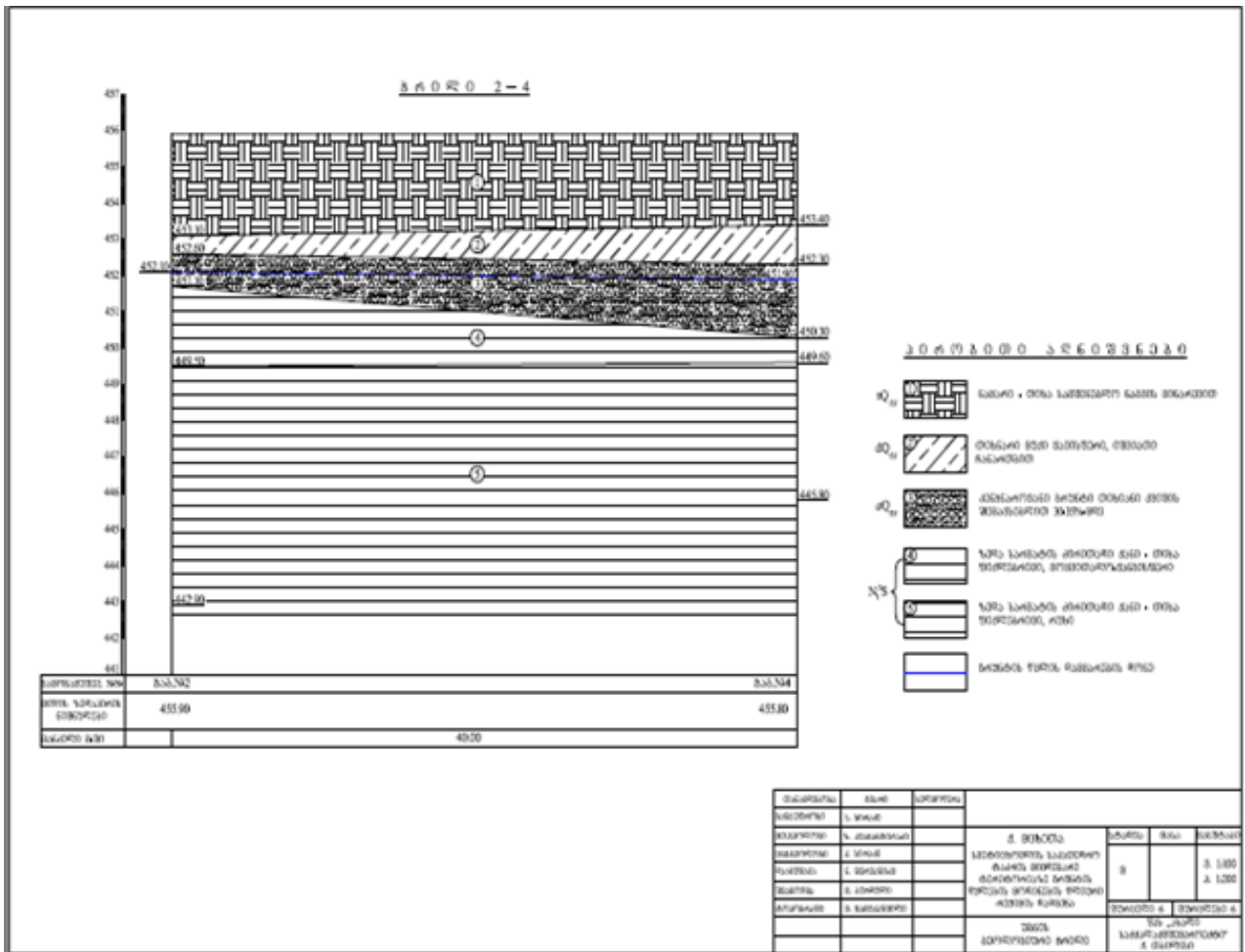
კ რ ო ტ ი ა ლ ო გ ი კ ა

- 
ნახტი - თხა საშენებლო ნაპირი 806კმ300
 - 
თხინარი მუმი საპირ/მუმი, 0730კმ300 ნაპირ/მუმი
 - 
ქანისაოყნანი ზონები თხინარი მუმი/მუმი 30-35%-მუმი
- N₁S

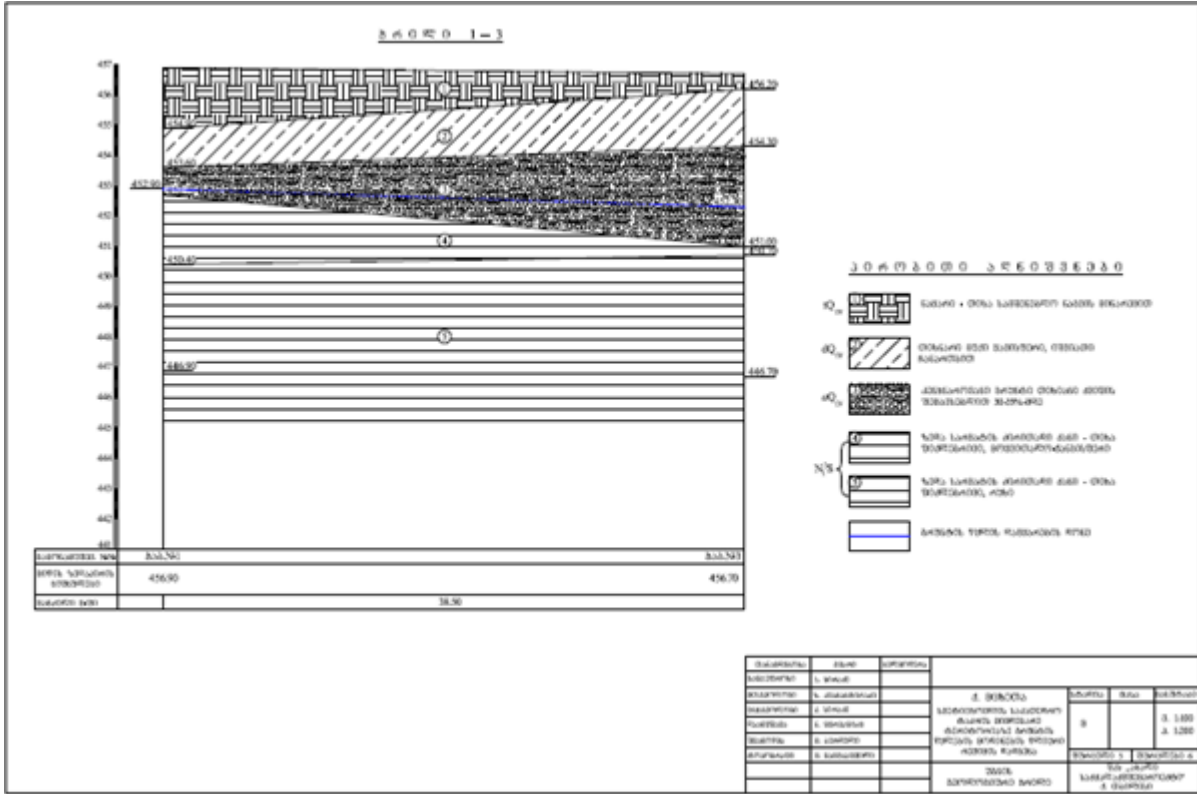
 -  წყარა სარმატის კირითარი ძანი - თხა შიქრარატი, მიქრითარ/სარმატისმუმი
 -  წყარა სარმატის კირითარი ძანი - თხა შიქრარატი, მუმი
 -  ზონების წყლის რამხარატი რიგი

მასშტაბი	მასშტაბი	მასშტაბი			
სარმატის	ს. სარმატის	სარმატის	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.
სარმატის	ს. სარმატის	სარმატის	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.
სარმატის	ს. სარმატის	სარმატის	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.
სარმატის	ს. სარმატის	სარმატის	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.
სარმატის	ს. სარმატის	სარმატის	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.	მ. მ. მ.

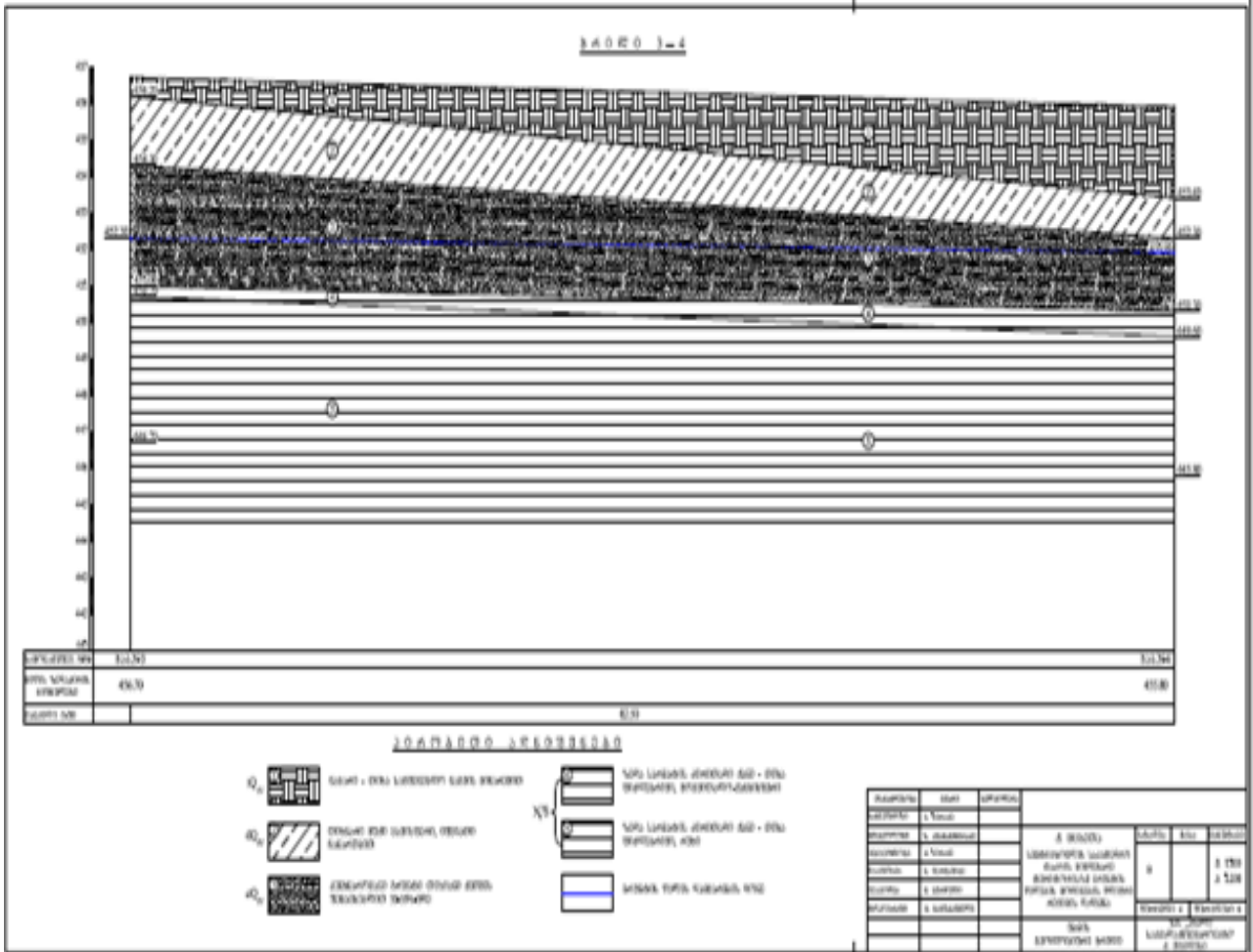
ნახ.7 უბნის გეოლოგიური ქრილი



ნახ.8 უბნის გეოლოგიური ჭრილი



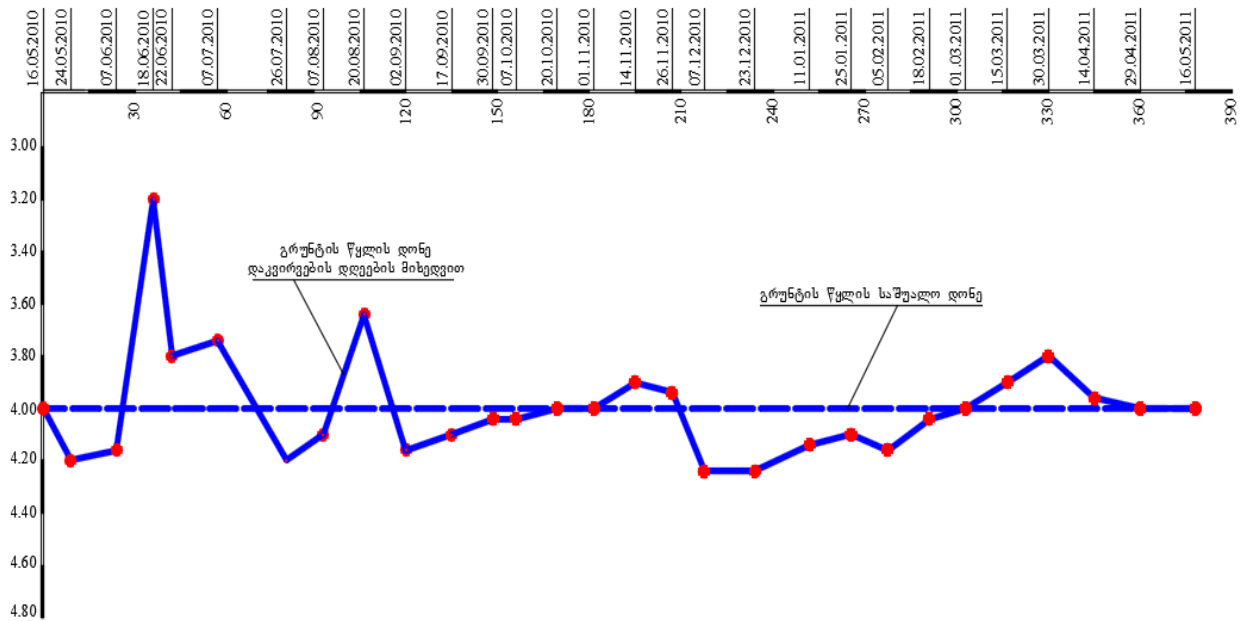
ნახ.9 უბნის გეოლოგიური ქრილი



ნახ.10 უბნის გეოლოგიური ჭრილი

ბ რ ა უ ზ ი ბ ი

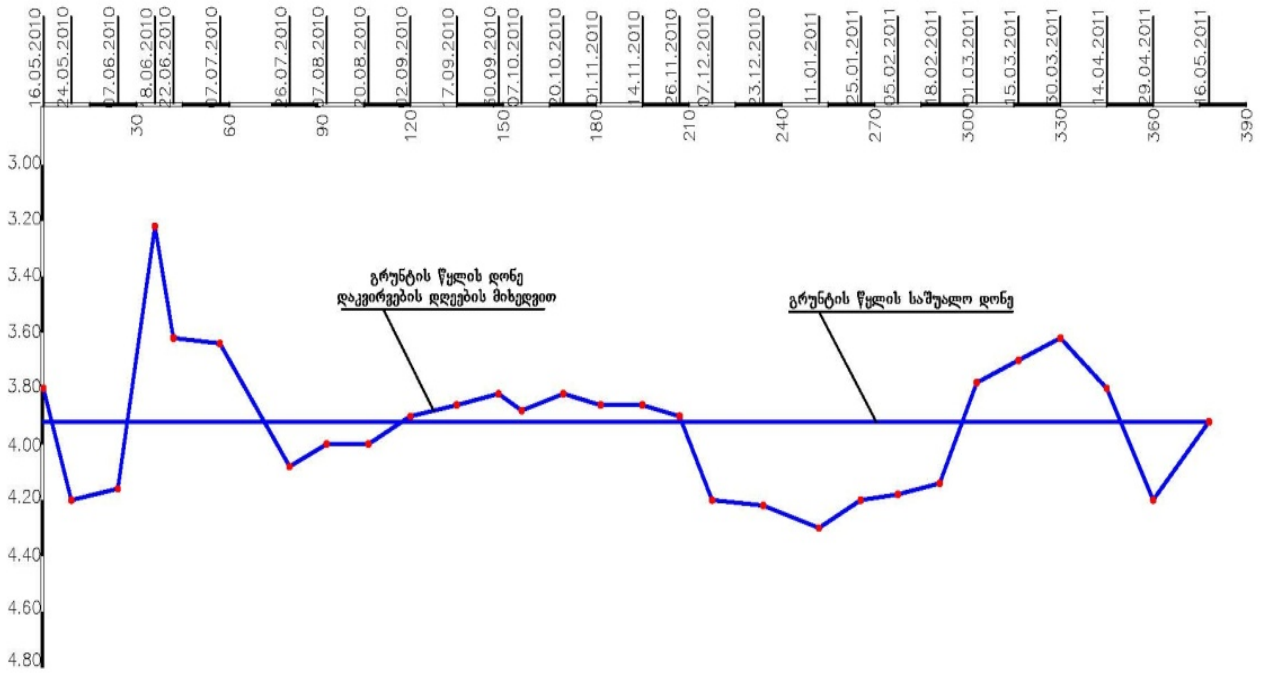
ნახ. №1



ნახ.11 გრუნტის წყლის დონეებზე დაკვირვების გრაფიკი

ბ ტ ა წ 0 3 0 2

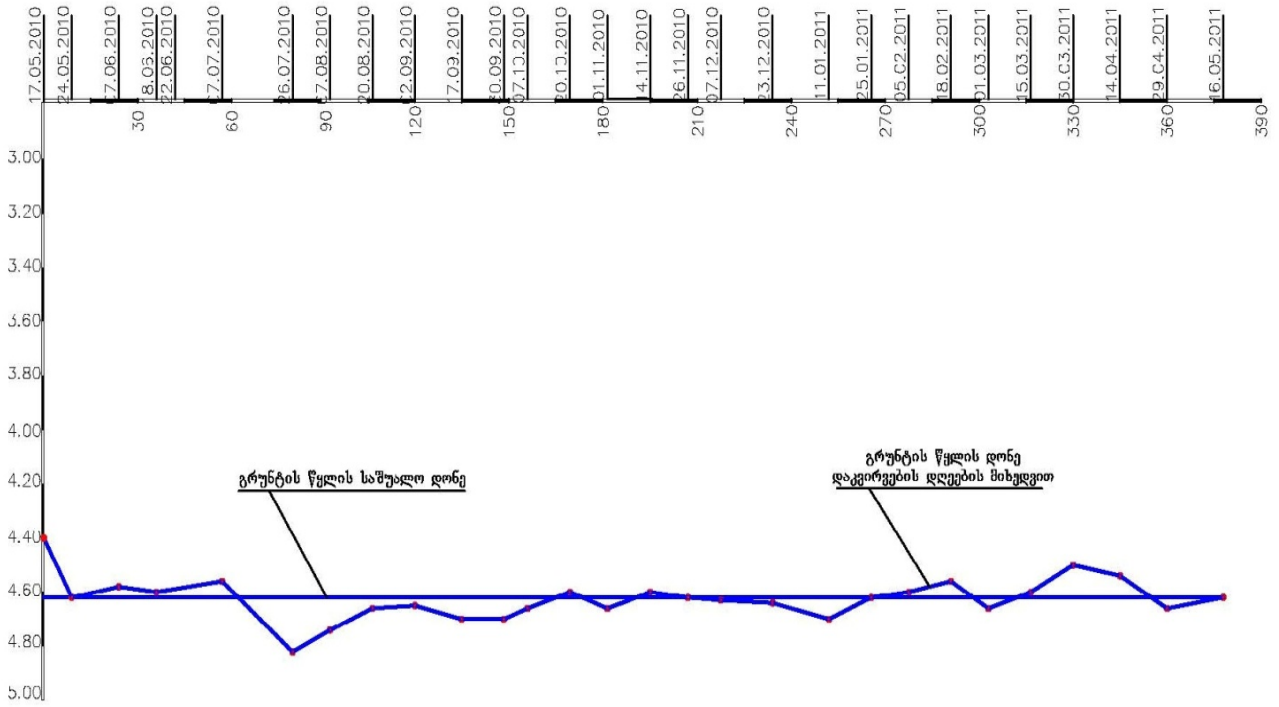
ნახ. №2



ნახ.12 გრუნტის წყლის დონეებზე დაკვირვების გრაფიკი

გ რ ა უ მ ი კ ი 3

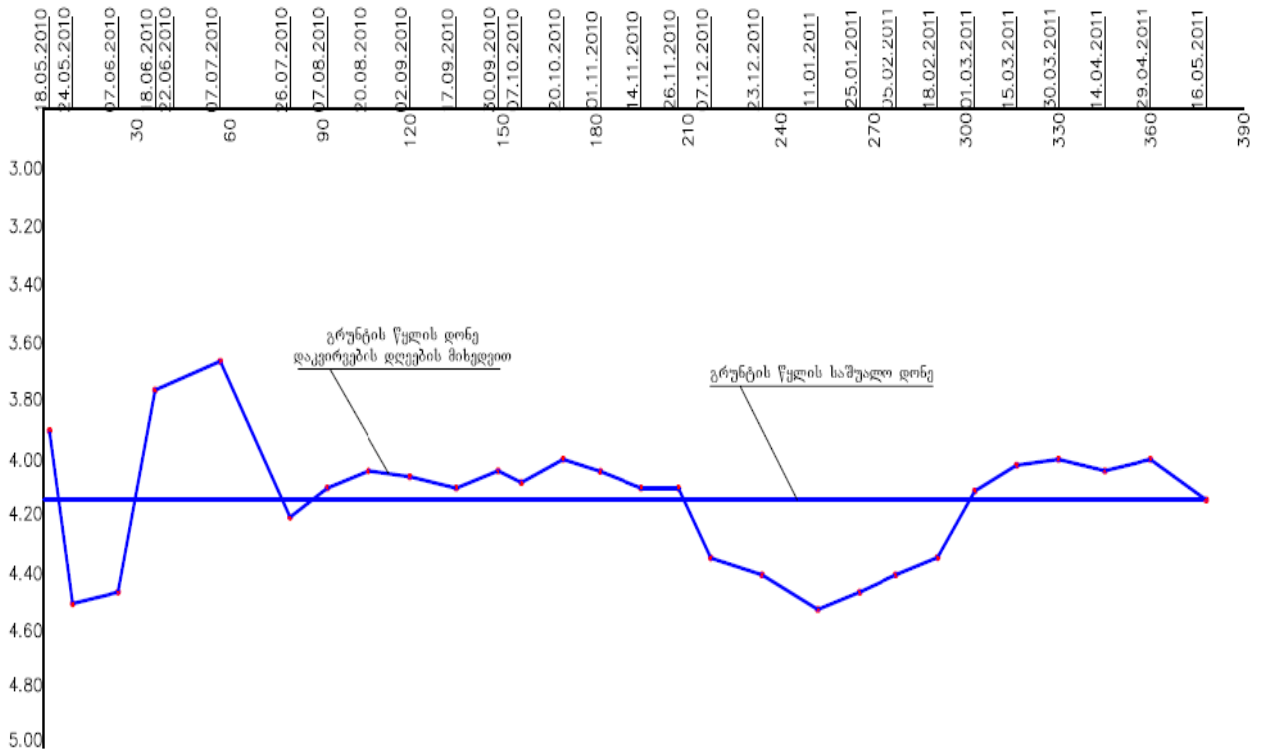
ზ ა ბ . № 3



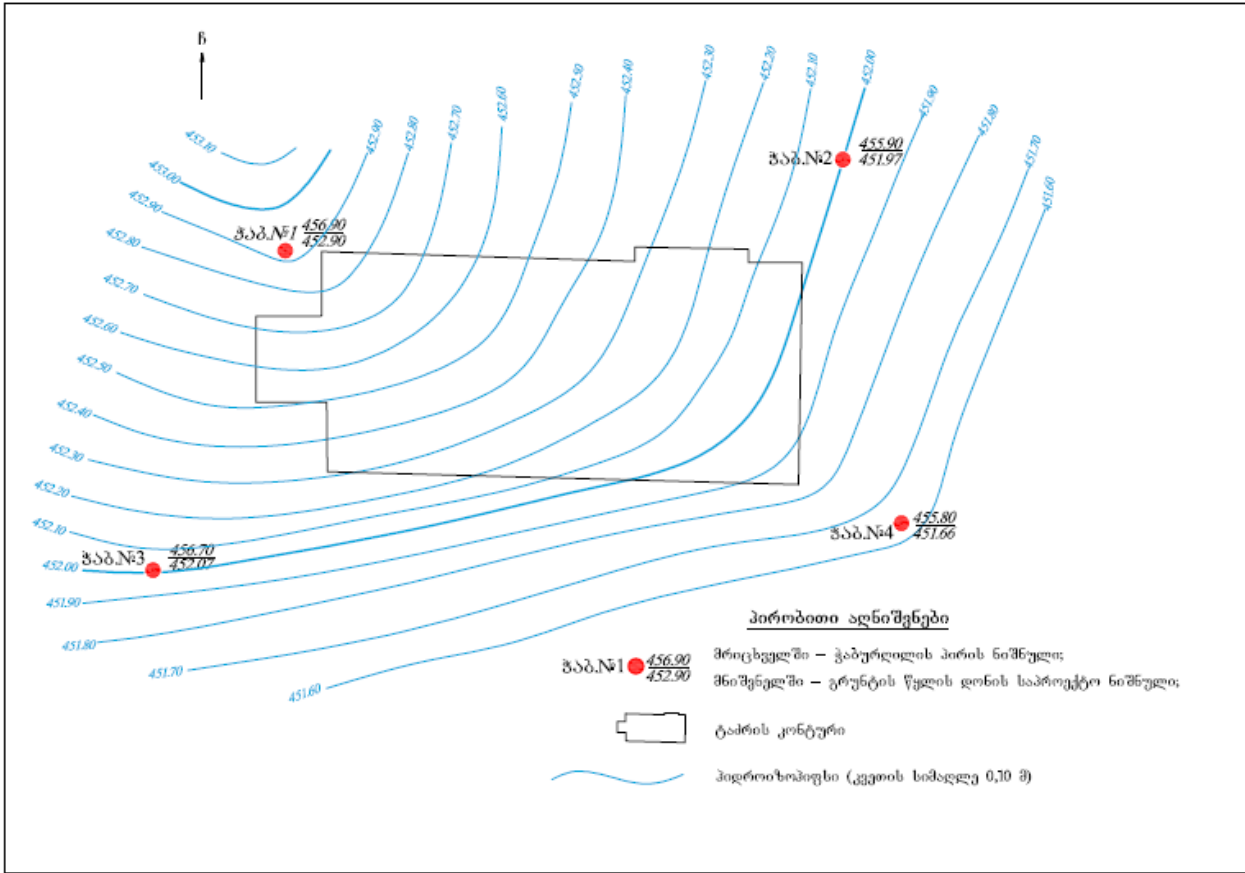
ნახ.13 გრუნტის წყლის დონეებზე დაკვირვების გრაფიკი

ბ რ ა ზ ი კ ი 4

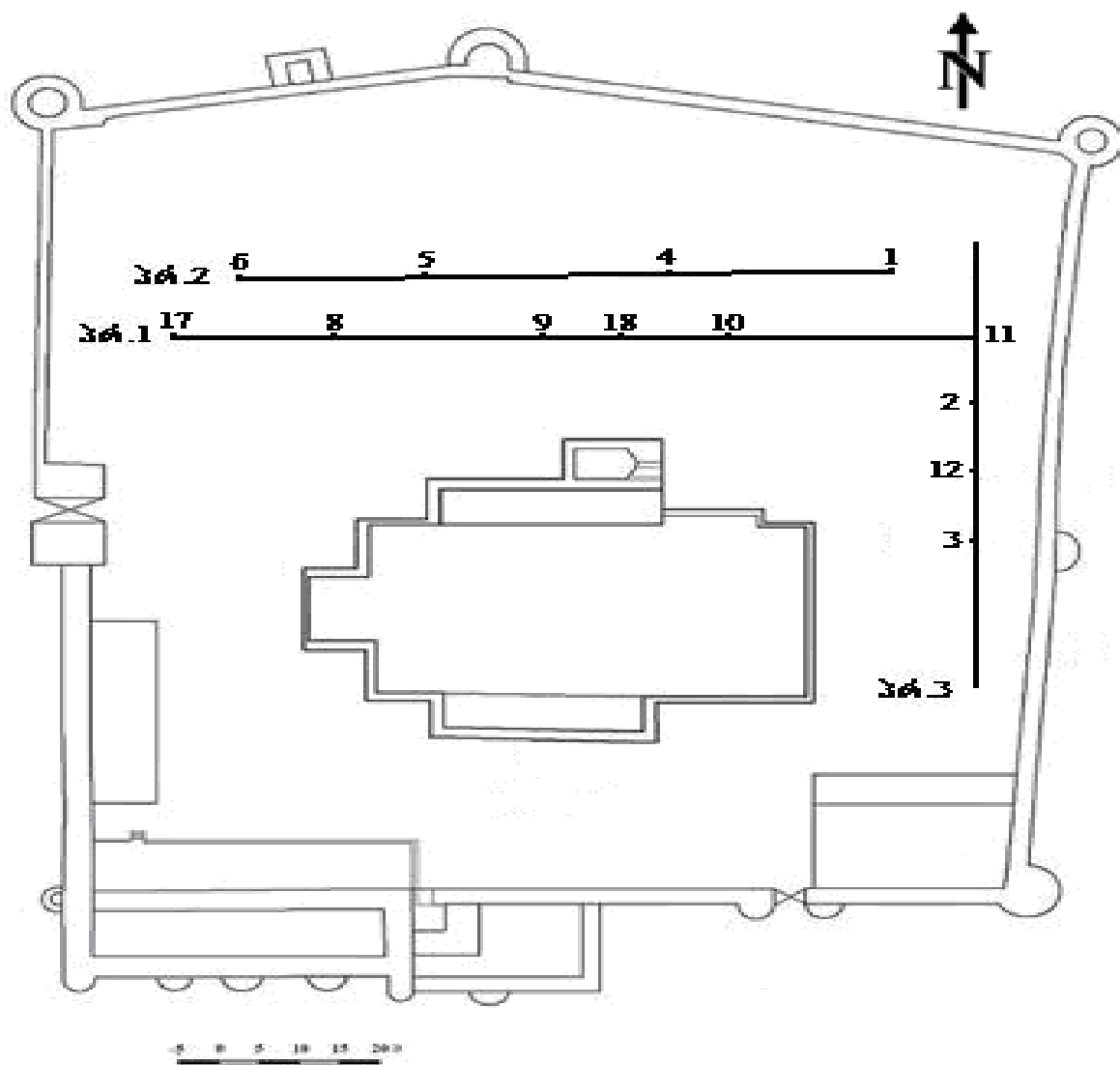
პპ. №4



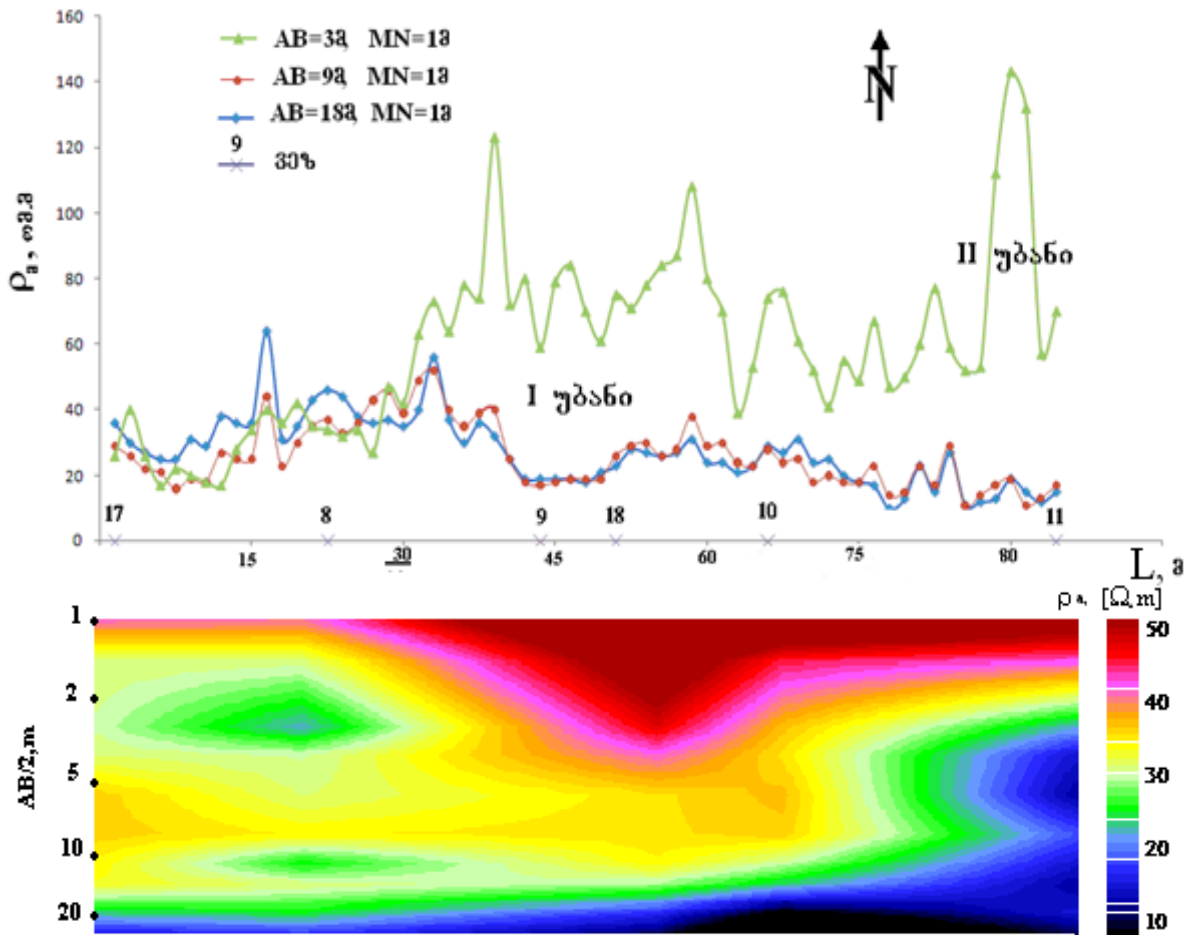
ნახ.14 გრუნტის წყლის დონეებზე დაკვირვების გრაფიკი



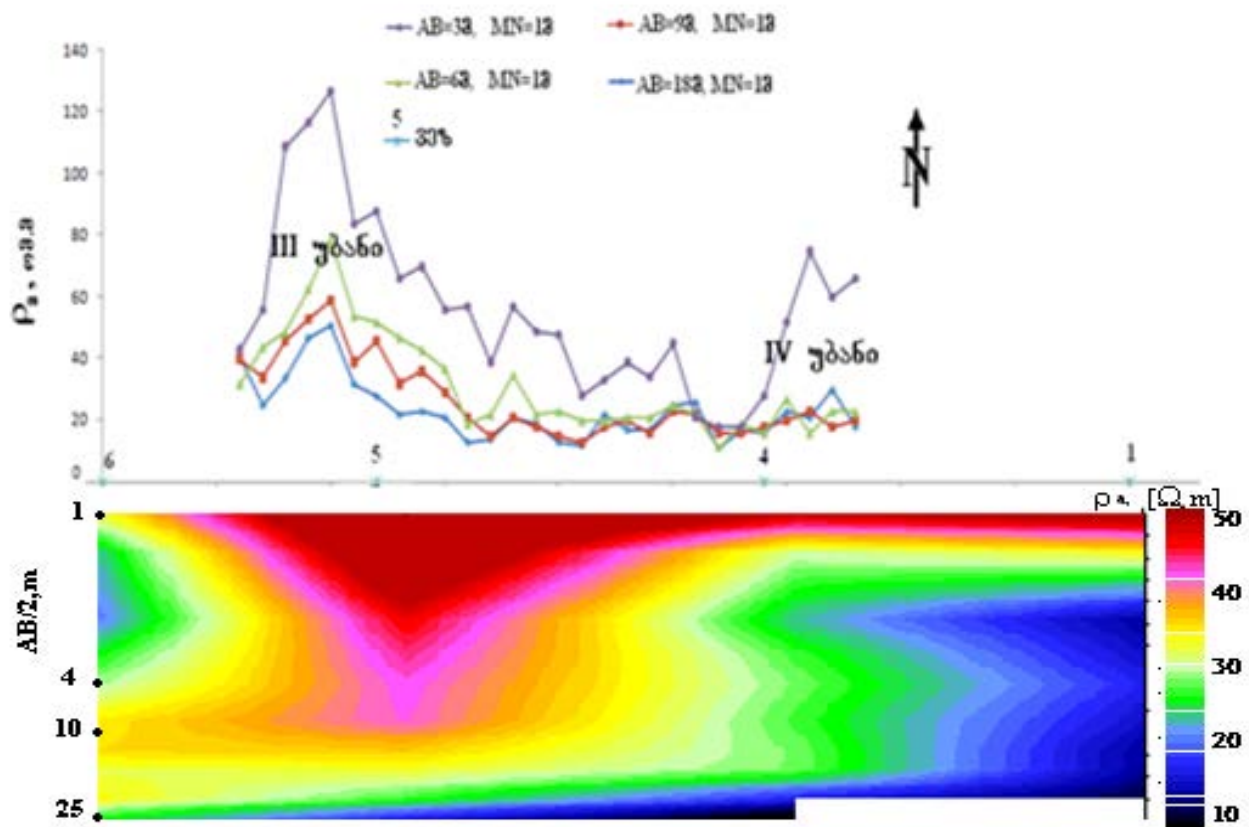
ნახ.15 ჰიდროიზოპიფსების რუკა



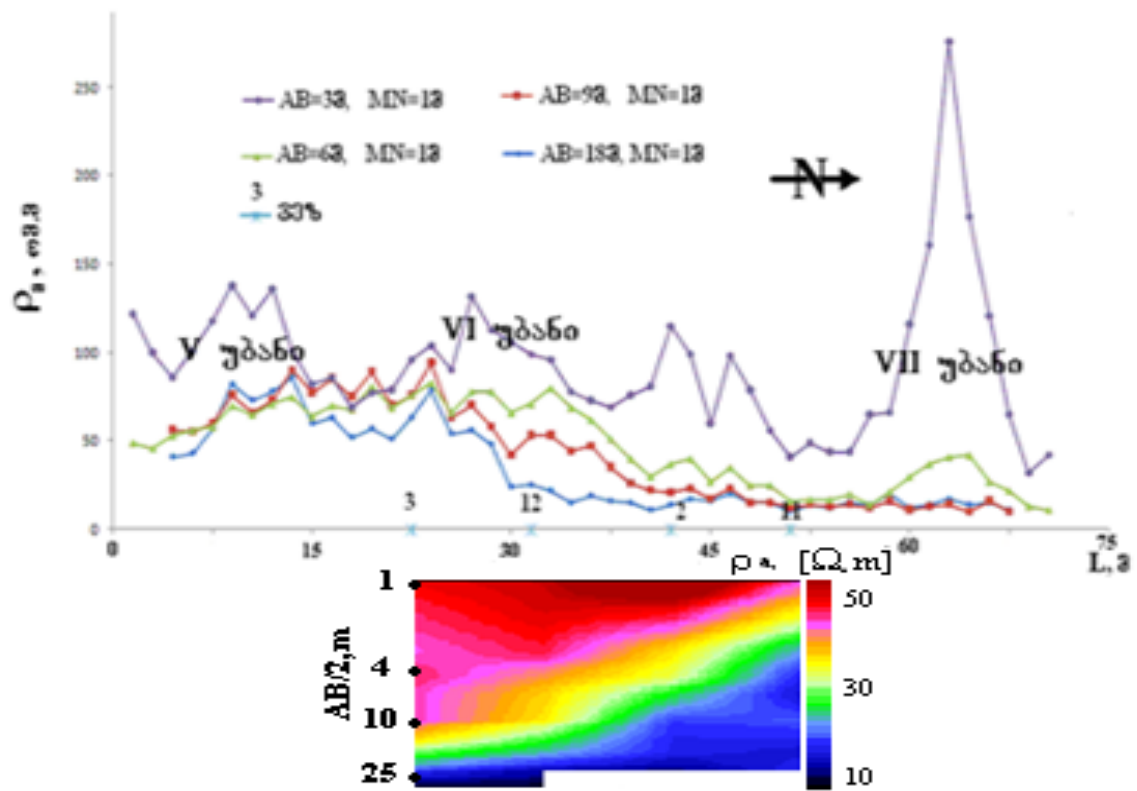
ნახ.16 ელექტრული პროფილებისა და ვეზ-ების განლაგების სქემა



ნახ.17 მოჩვენებითი ელექტრული წინაღობის განაწილება პრ.1-ის გასწვრივ



ნახ.18 მოჩვენებითი ელექტრული წინაღობის განაწილება პრ.2-ის გასწვრივ



ნახ.19 მოჩვენებითი ელექტრული წინაღობის განაწილება პრ.3-ის გასწვრივ

პარამეტრი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, ნღ-ის მიხედვით	სვეტი ცხოველი ჭა
მიკრობიოლოგიური მანკინგები		
მაფანმრ, კწე/ლ მღ	(37C) 20 (22 C) 100	27 120
საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, 300 მღ-ში	არ დაიშვება	130
Escherichia coli, 300 მღ-ში	არ დაიშვება	102
ზოგადი მანკინგები		
pH-ის	6 – 9	7,75
პერმანგანატული დაჟანგულობა, მგ/ღ	3	0,40
მშრალი ნაშთი, მგ/ღ (არაუმეტეს)	1000-1500	404,6
ნიტრატები, მგ/ღ	50	11,2
ნიტრიტები, მგ/ღ	0.2	<0.02

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით:

წყლის სინჯი-„სამთავრო ბურღილი“ მიეკუთვნება ნატრიუმთან, ჰიდროკარბონატულ სულფატური წყლის ტიპს. ამ სინჯში ნატრიუმის, სულფატის შემცველობა და სიმღვრივე აღემატება აღნიშნული ნორმატიული დოკუმენტის მოთხოვნებს. ასევე ამ სინჯში მაღალია ამონიუმის იონის შემცველობაც-2,5 მგ/ლ. (ვეროკომისიის დირექტივების მიხედვით ამონიუმის იონის შემცველობა ხასმედ წყლებში არ უნდა აღემატებოდეს 0.5 მგ/ღ). სავარაუდოდ ადგილი აქვს ფეკალურ დაბინძურებას.

წყლის სინჯი „ხევი“ კალციუმთან, ნატრიუმთან, ჰიდროკარბონატული ტიპისაა.

წყლის სინჯი „ მცხეთა წყარო „ კალციუმთან, მაგნიუმთან, ჰიდროკარბონატულ, სულფატური ტიპისაა.

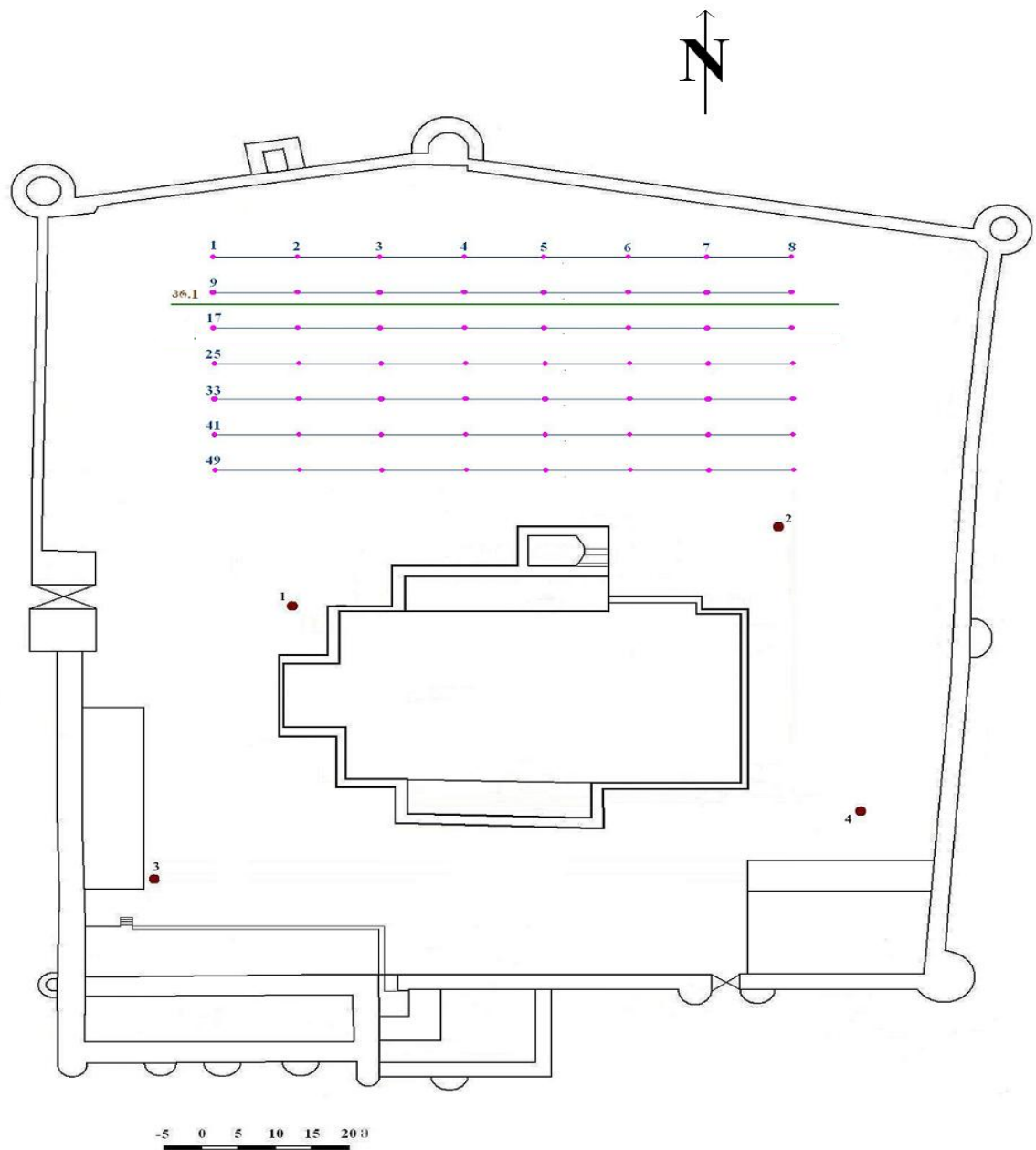
წყლის სინჯი „ ონკანის წყალი“ კალციუმთან, მაგნიუმთან, ჰიდროკარბონატული ტიპისაა.

წყლის სინჯი „სვეტიცხოველი ჭა“ კალციუმთან, კალიუმთან, ჰიდროკარბონატული, სულფატური ტიპისაა. ამ წყალში დაფიქსირებულია კალიუმის შედარებით მაღალი შემცველობა.

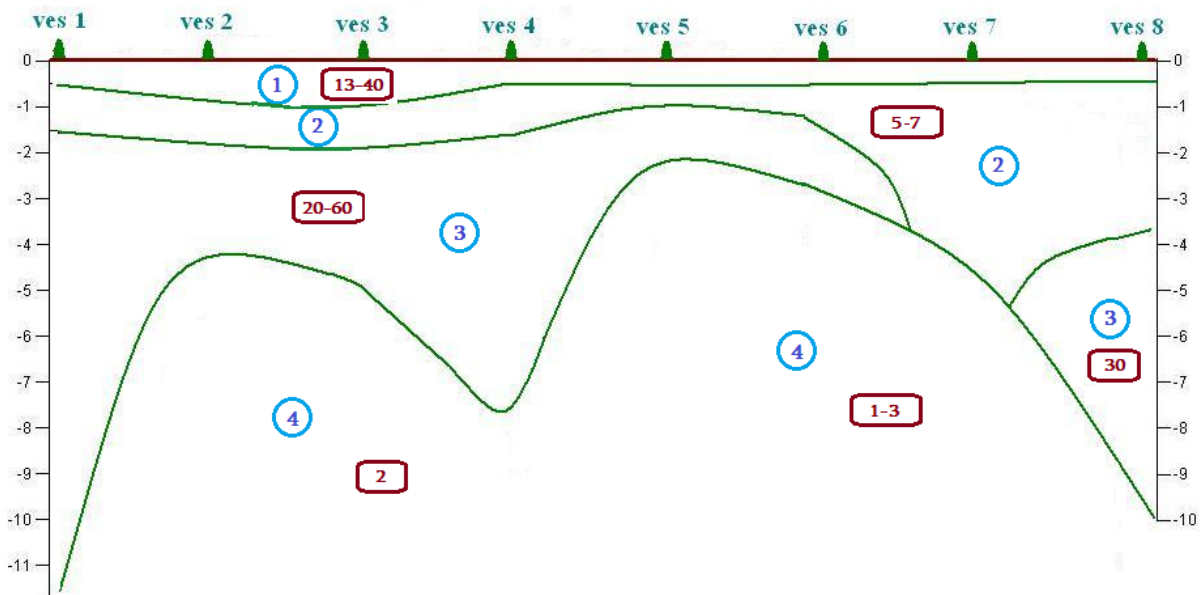
ნახ. 20 წყლის სინჯების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზი



ნახ. 21 დ. მშენებლის მიერ აღწერილი თხრილი

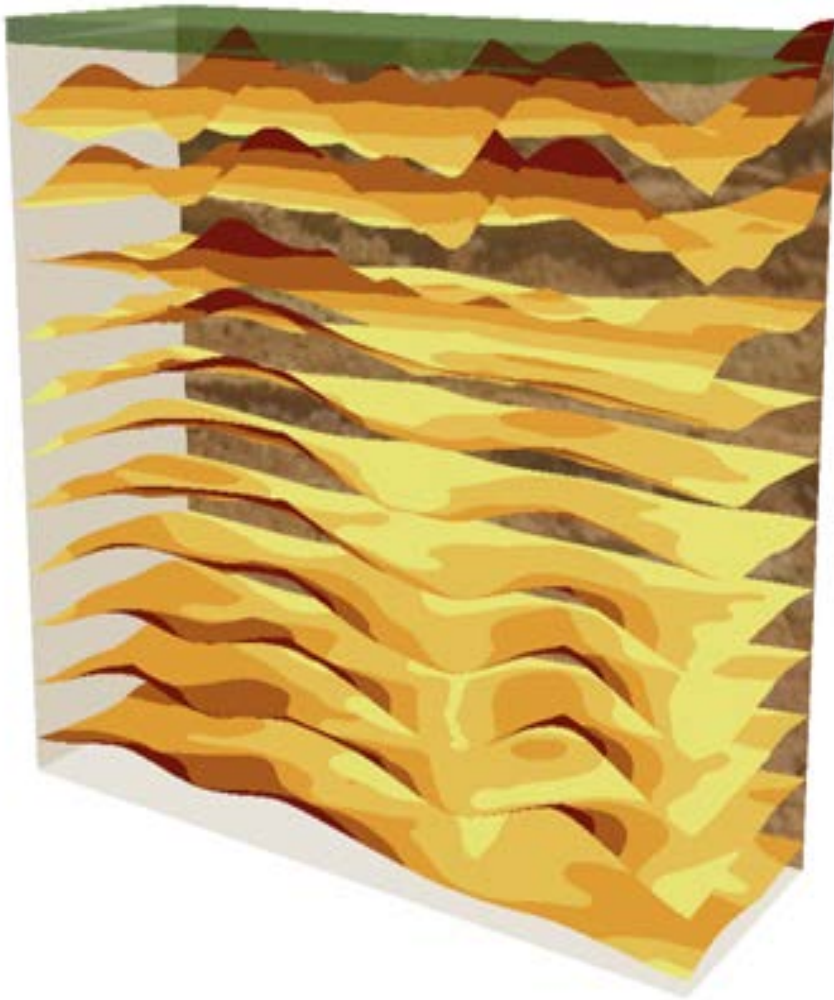


ნახ.22 ვეზ-ებით ჩატარებული სამუშაოების სქემა. ვეზ-ის წერტილები (³•), სეისმური პროფილის (36.1) და ჭაბურღილების (¹•) განლაგების სქემა

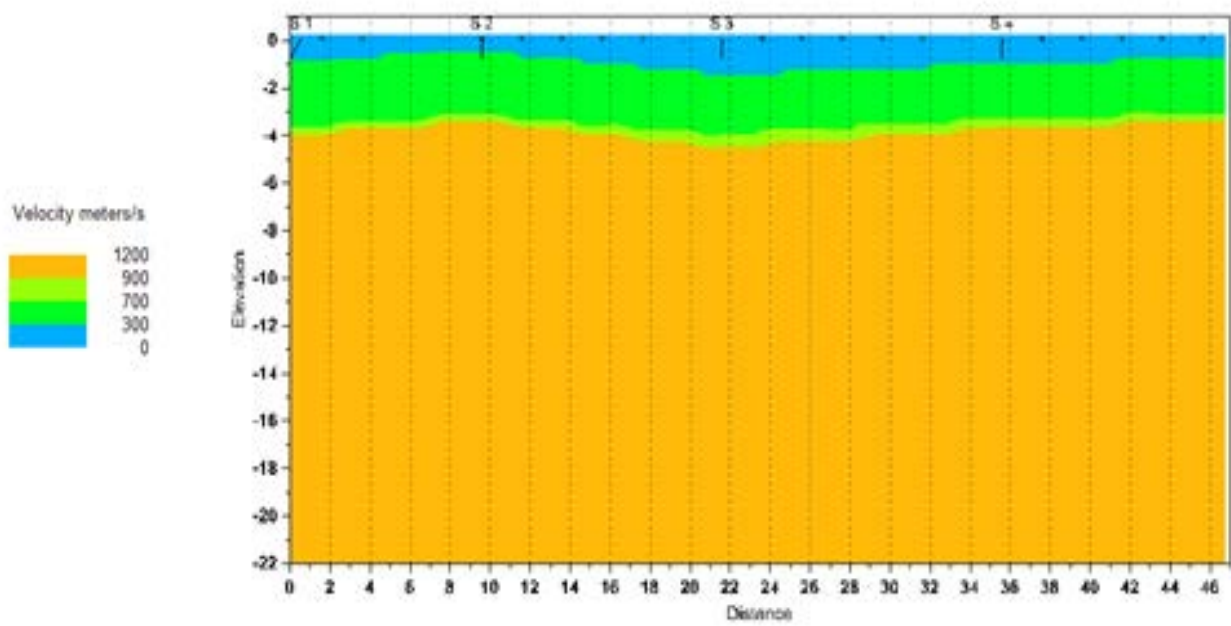


ნახ.23 ვეზებით მიღებული შედეგები. გეოელექტრული ჭრილი ვეზ 1-ვეზ 8-ის პროფილის გასწვრივ. 1- ნაყარი თიხა სამშენებლო ნარჩენებით; 2 - მუქი ყავისფერი თიხა; 3 - კენჭნარი თიხნარის შემავსებლით; 4 - ძირითადი ქანი-თიხა ფიქლებრივი.

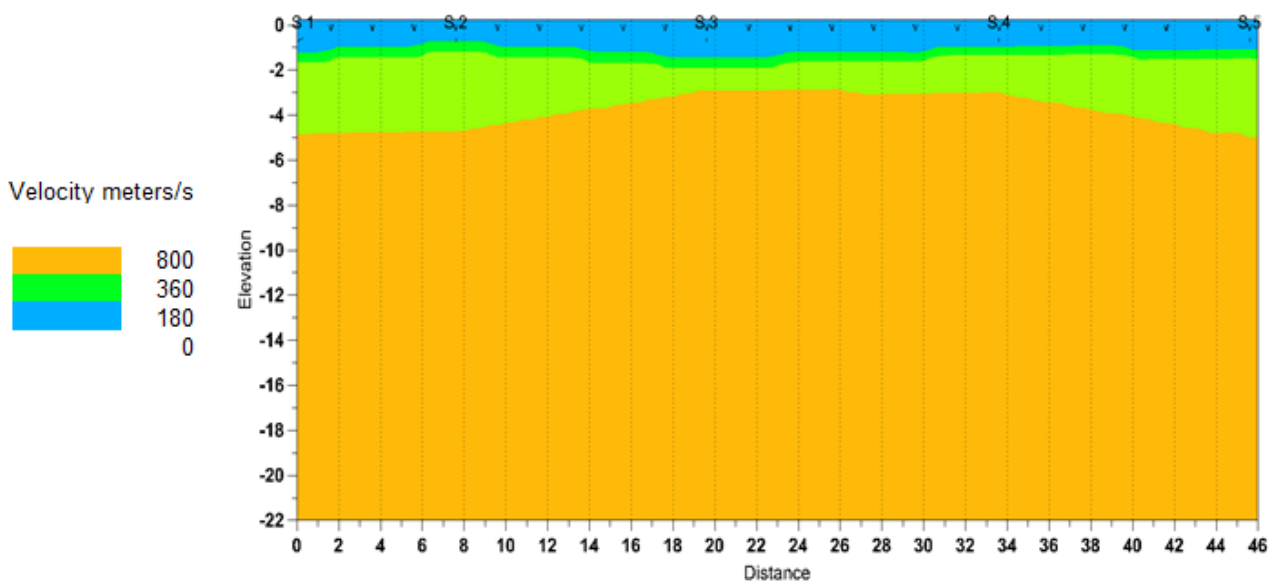
1-3 მოჩვენებითი კუთრი ელექტრული წინაღობა, ომმ-ში. **ves 7** ვეზ-ის წერტილები



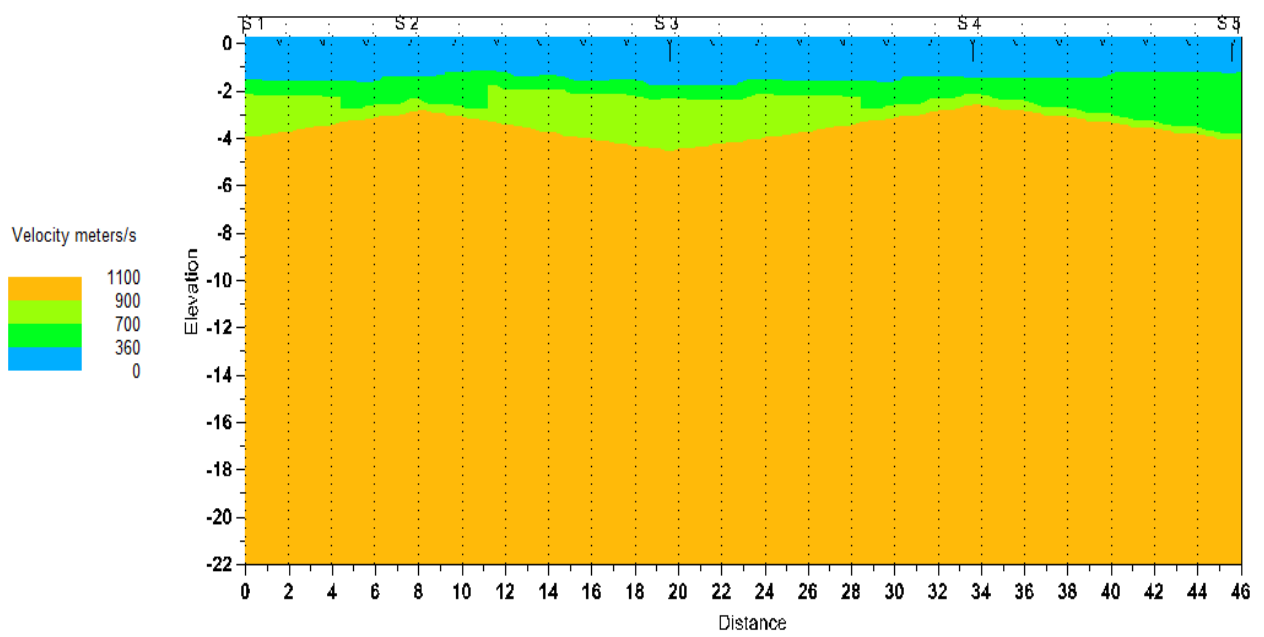
ნახ.24 კვლევების შედეგები 3D განზომილებაში



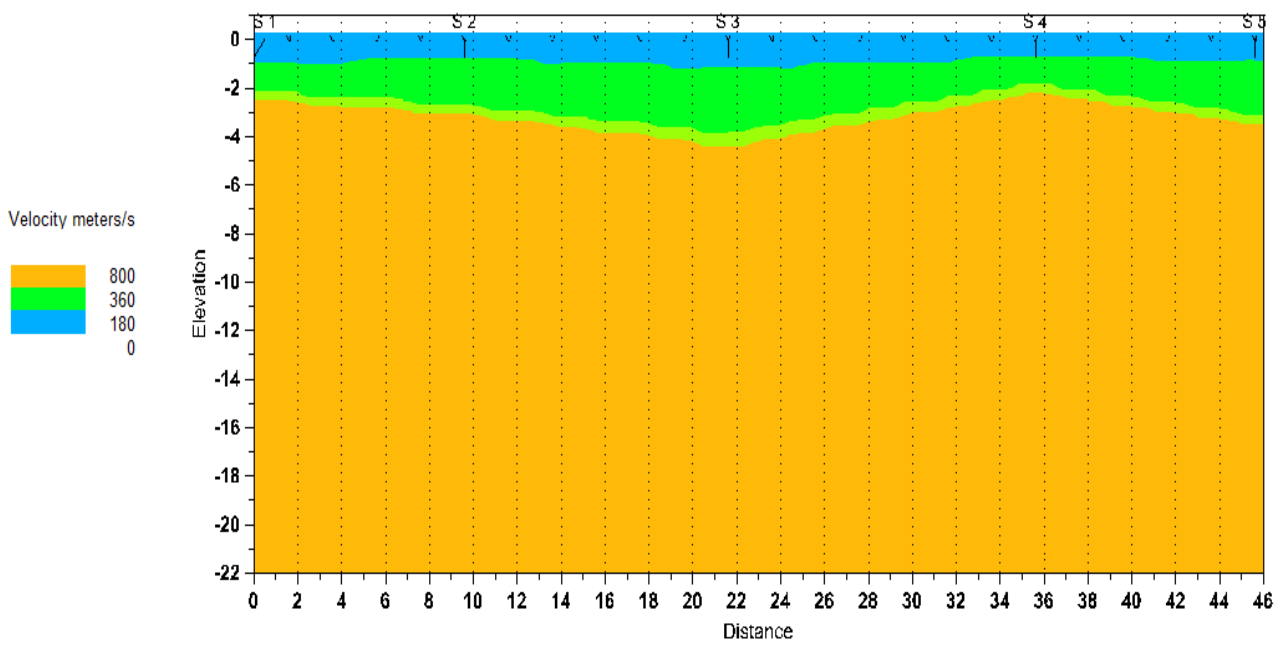
ნახ.25 სეისმური პროფილი ტაძრის აღმოსავლეთით (VP)



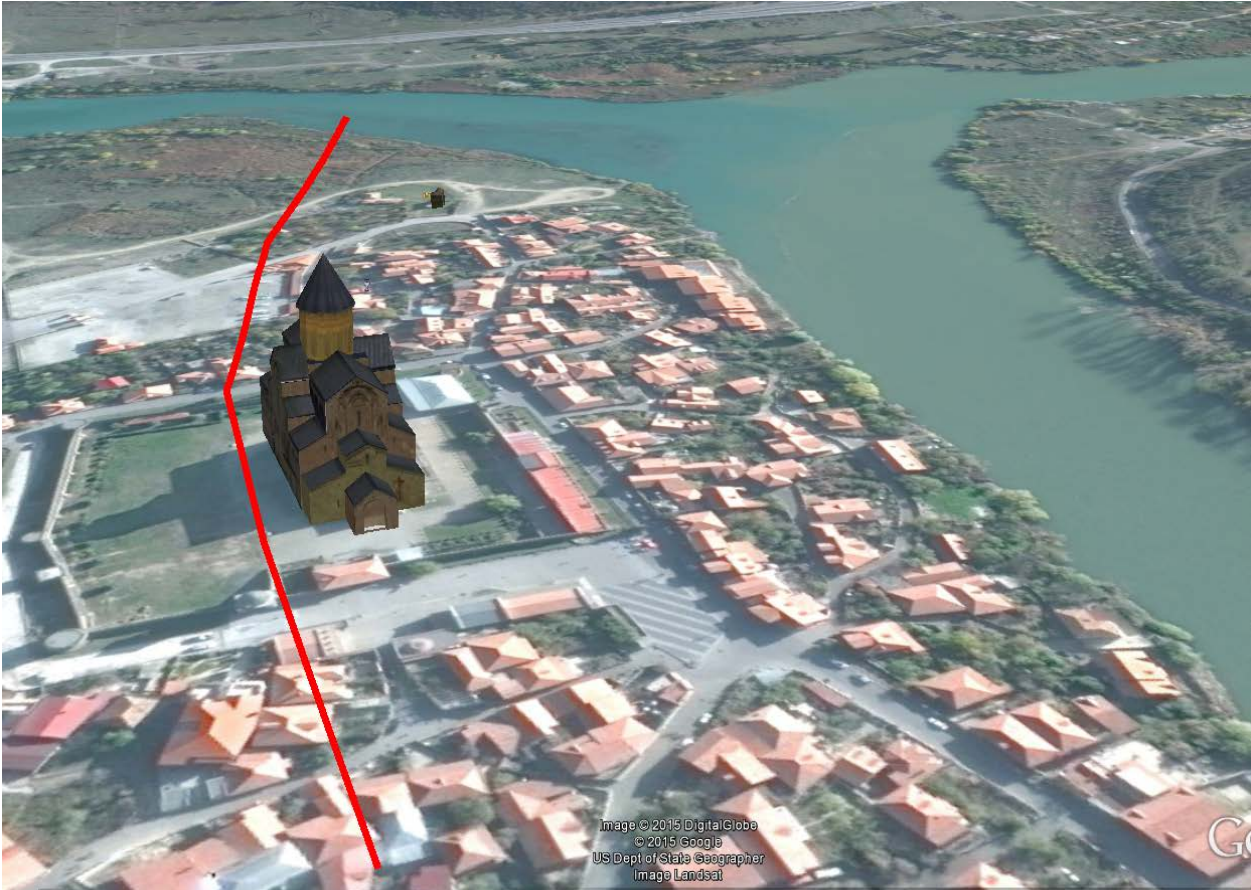
ნახ.26 სეისმური პროფილი ტაძრის აღმოსავლეთით (VS)



ნახ.27 სეისმური პროფილი ტაძრის ჩრდილოეთით (VP)

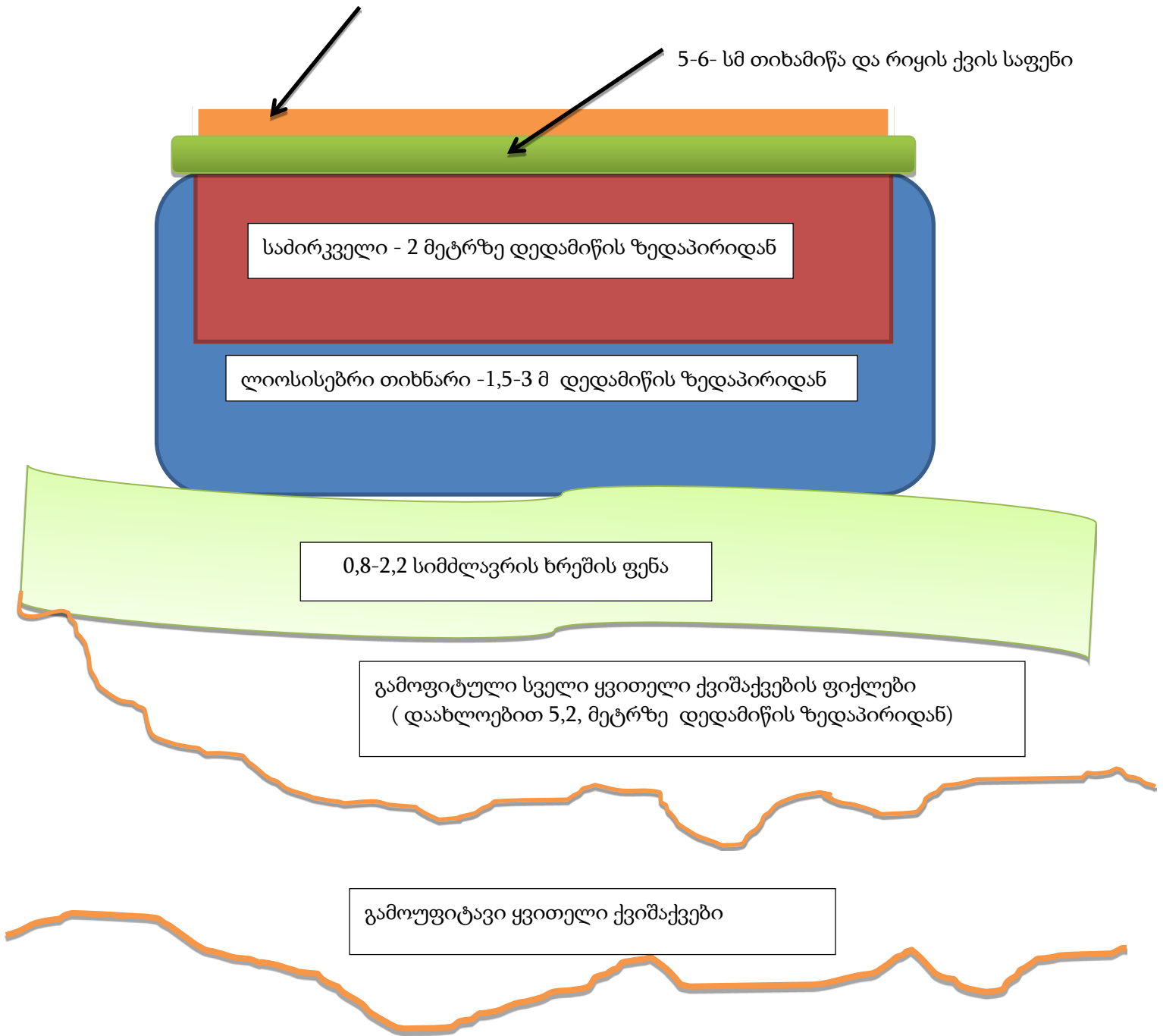


ნახ.28 სეისმური პროფილი ტაძრის ჩრდილოეთით (VS)



ნახ.29 „ბუნებრივი“ თხრილის ერთ-ერთი ვარიანტი, ანუ ,დასავლეთიდან წამოსული და აღმოსავლეთ ნაწილში ჩამავალი ბოლოებით

8-10 სმ-ის დაქუცმაცებული ქვიშა და 4-6-მმ დიამეტრის კენჭები
(გორგასლისეული პირველი იატაკი)



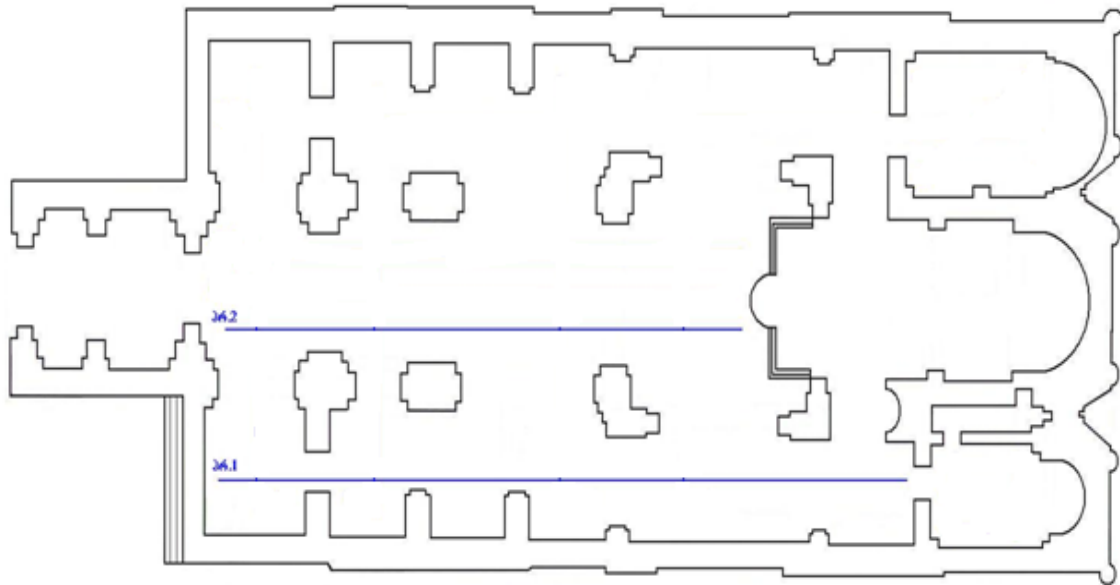
ნახ. 30 სვეტიცხოვლის ტაძრის ე.წ. “პირველი”, ვახტანგ გორგასლისეული იატაკის
აღწერა



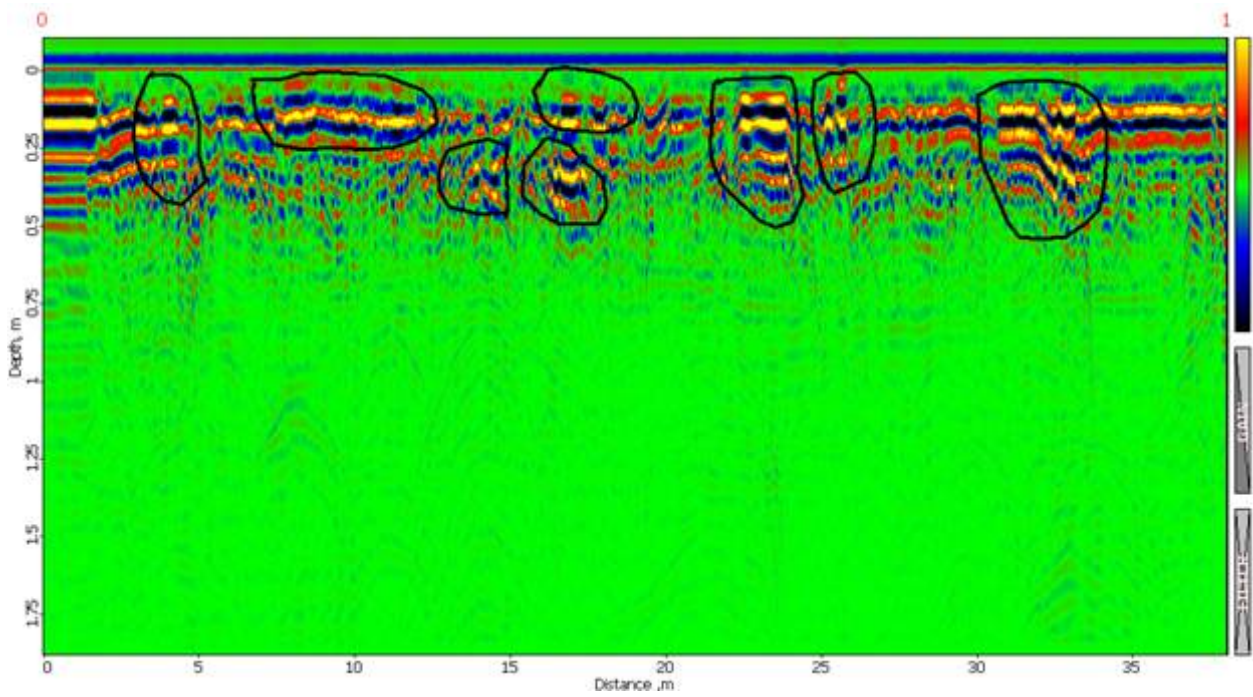
ნახ.31 ხელოვნურად მოწყობილი წყლის საწრეტი სისტემის 3D მოდელი



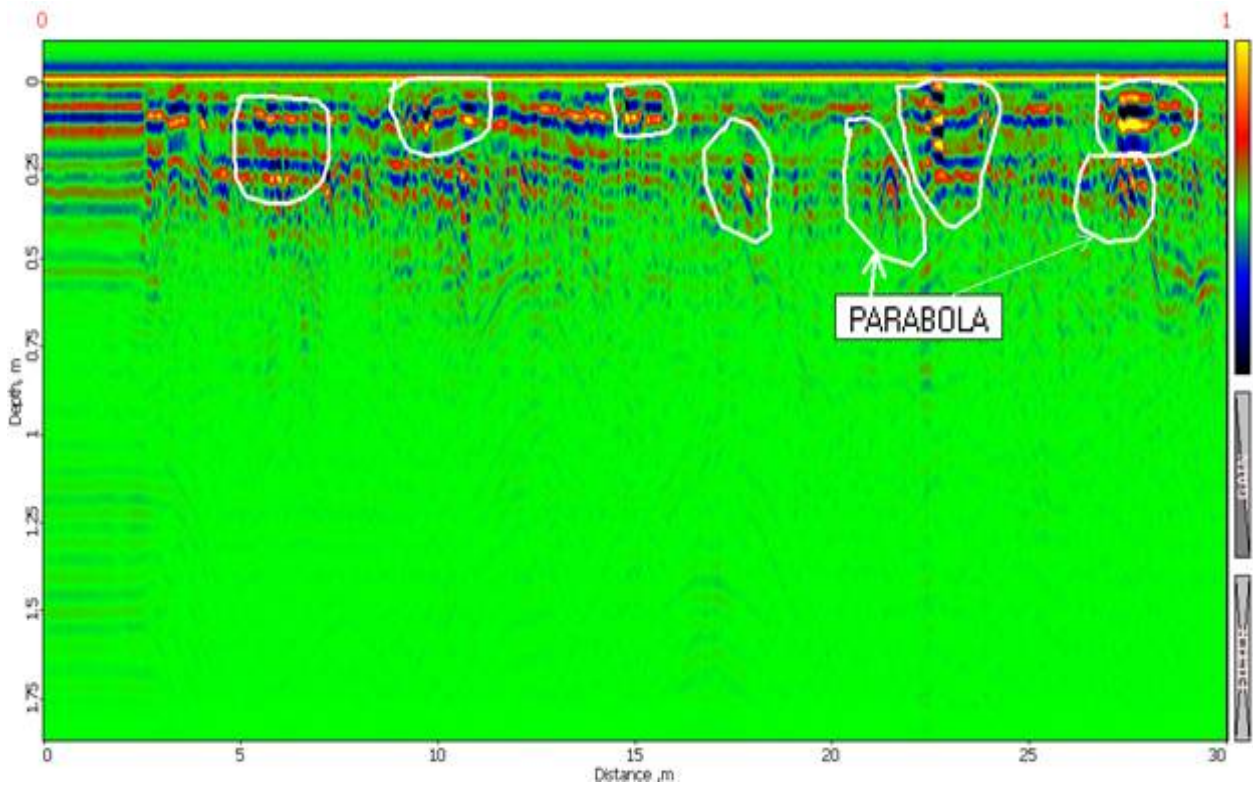
ნახ.32 წყლის საწრეტი სისტემა



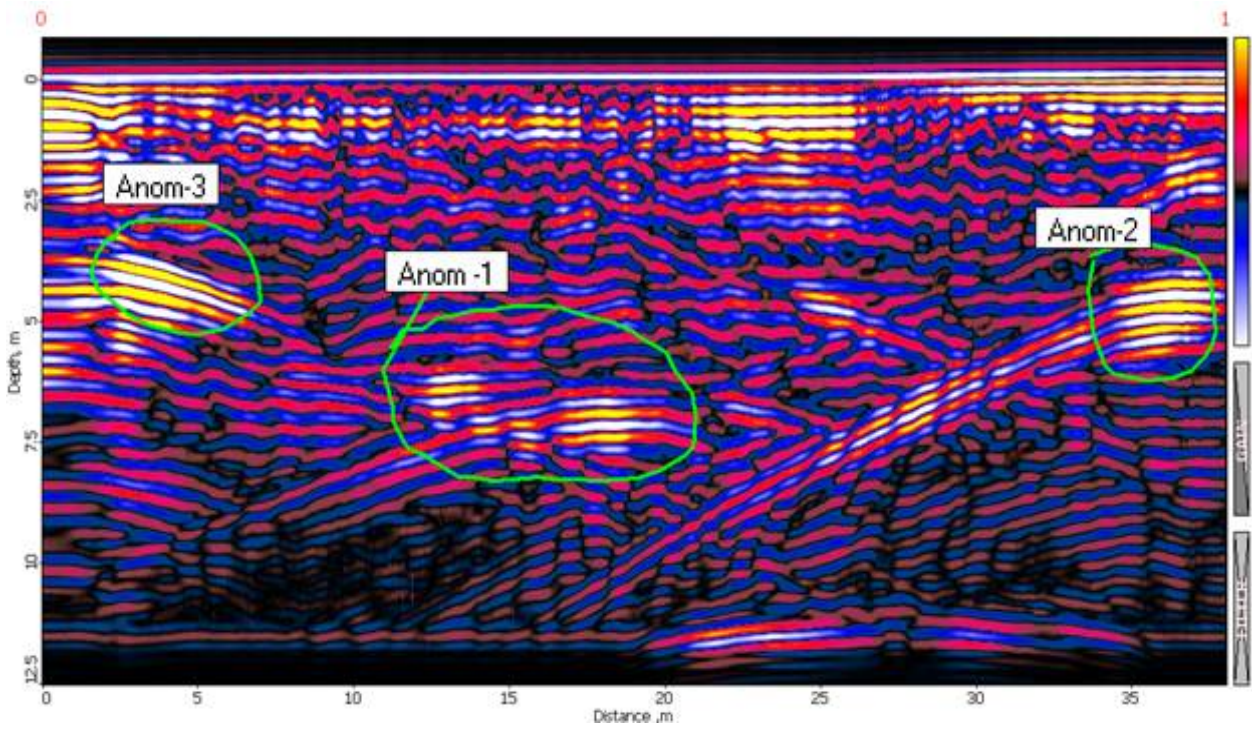
ნახ. 33 ტაძრის შიგნით გატარებული პროფილები



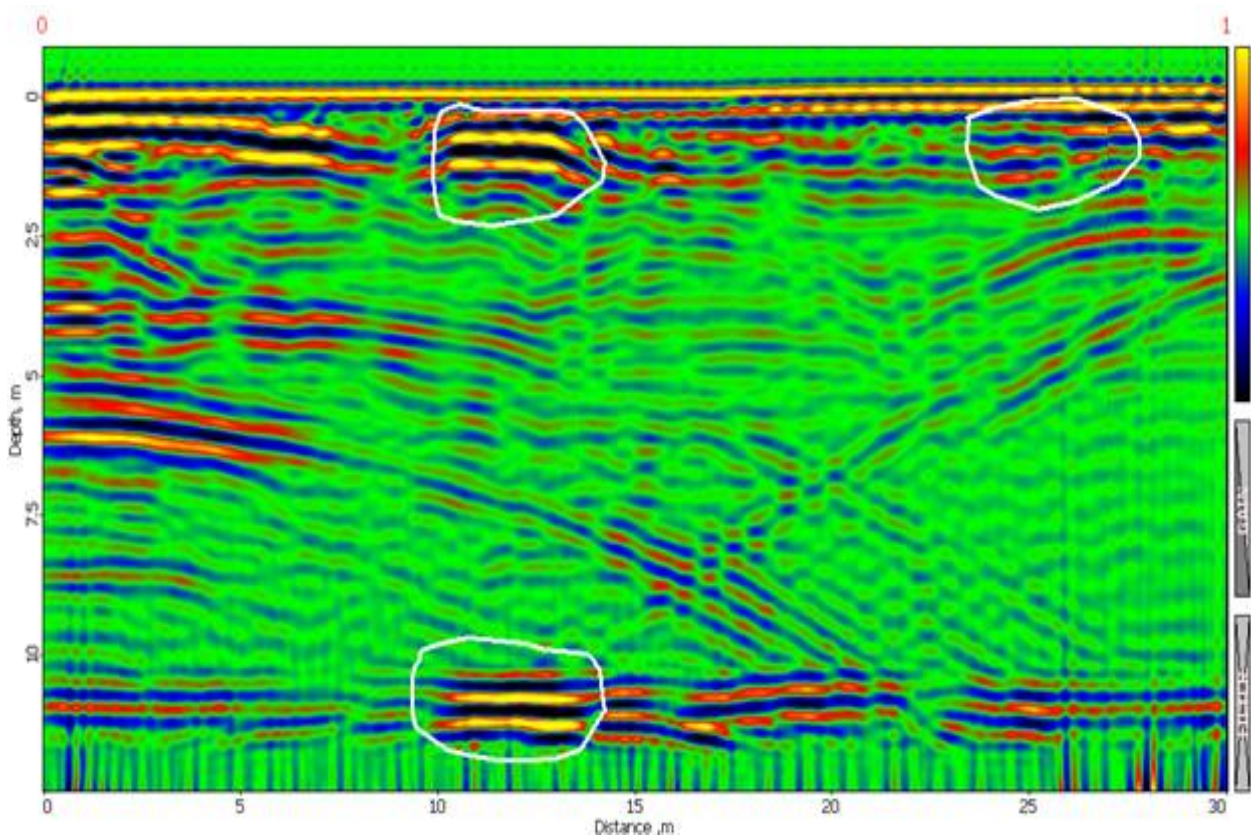
ნახ. 34 სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით პირველ პროფილზე 2 გპკ ანტენით მიღებული რადაროგრამა



ნახ. 35 სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით გატარებული № 2 პროფილის რადაროგრამა
 2გჰც ანტენით 30მ. - ის დისტანციაზე



ნახ. 36 სვეტიცხოვლის ტაძრის შიგნით ჩატარებული გეორადიოლოკაციური პროფილირება 150 მჰც. ანტენით, №1 პროფილზე მიღებულ რადაროგრამაზე სავარაუდო სივარდიელები შემოხაზულია მრუდი წირით



ნახ. 37 № 2 პროფილი 150 მჰც ანტენით გატარდა პირველისგან 5-6 მ ის დაშორებით

ლიტერატურა

- ბედიაშვილი მ., სვეტიცხოველი . თბილისი 2003
- გეოფიზიკური კვლევები ფაზისის ლოკალიზაციის მიზნით (ანგარიში). თსუ. 1982
- ნინო გოგუაძე.** სვეტიცხოვლის ტაძრის კვლევის შედეგები. სემინარი, საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახ. ქართული უნივერსიტეტი. 2015
- ნინო გოგუაძე,** მამუკა ჯახუტაშვილი, მანანა კაჭახიძე, ნინო კაჭახიძე. “ზოგიერთი მოსაზრება სვეტიცხოვლის ტაძრის სინესტისგან დამცავი სისტემის შესახებ”. საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახ. ქართული უნივერსიტეტი. ქართული უნივერსიტეტის შრომები. 2015
- სვეტიცხოველი. საქართველოს საპატრიარქოს გამოცემა, 2010
- შენგელაია გ., მანაგაძე გ., ჩიქოვანი ჯ., ჯაში გ., ჭიჭინაძე ვ., საყვარელიძე ე., საძიებო გეოფიზიკის კურსი. გამომცემლობა „მეცნიერება“ თბილისი 1994
- ძველად არსებული სანავსადგურო ქ. ფაზისის ძიება გეოფიზიკური მეთოდების გამოყენებით (ანგარიში). თსუ, 1977
- ჭელიძე თ., გეოფიზიკური მეთოდები ბუნების დაცვაში. თბილისი. 2004
- Вахрамеев Г.С. Геофизика и культура. Евро-Азиатское геофизическое общество. Геофизика, 1996, №1, ст. 51-56.
- Геология СССР т.х. Грузинская ССР. ч.1. Геологическое Описание , Москва. „Недро”, 1964
- Глазунов В.В. Опыт Выявления детального плана постройки методом электроразведки. КСИА, вып. 152, 1978, ст. 68-73.
- Глазунов В.В. Принципы моделирования и интерпретаций потенциальных геофизических полей скрытых археологических объектов. Докторская диссертация. Санкт-Петербург. 1997.
- Кляшторный С. Г. Об использовании геофизических методов в археологической разведке. СА, 1958, №4, ст. 215-218
- Манштейн А. К. Малоглубинная Геофизика. Новосибирск 2002 ст. 70-77
- Мшвениерадзе Д. М. Строительное дело в древней Грузии. 1952

Слукин В. М. Археолого-геофизические исследования в уральском металлургическом центре XVIII века. Естественные науки и археология в изучении древних производств. Материалы совещания, М., Наука. 1982, ст. 72-81.

Слукин В. М. Неразрушающие методы исследования памятников архитектуры. Свердловск, 1988.

Станюкович А. К. Основные методы полевой археологической геофизики. Естественно-научные методы в полевой археологии. М., вып. 1, 1997, ст.19-42.

Франтов Г. С. Применение геофизических методов разведки в археологии. Сб. Археология и естественные науки, МИА, 1965, 129, ст. 244-251.

Франтов Г.С., Пинкевич А.А. Геофизика в археологии. Недра, Ленинградское отд-е. 1966

Шилик К.К. Опыт применения метода электропрофилирования при геофизических работах. КСИА, вып. 103, 1965, ст. 153-156.

Шилик К.К. Опыт электроразведки методом симметрического элетропрофилирования. СА, №3, 1967. ст. 205-211.

Эиткин М. Дж. Физика и археология. М. ИЛ, 1963

Cole M., Meradon Castle, Horsley, Hampshire. Report on geophysical survey. №26/94, Ancient Monuments laboratory. English Heritage. www. eng-h.gov.uk. 1994

Geophysical survey in archaeology field evaluation. Research and Professional Services Guideline №1. Ancient Monuments Laboratory English Heritage, 1995.

L. Chanturishvili, T.Chelidze, G. Tabagua, A. Tarkhnishvili, T. Zardalishvili, M.Jakhutashvili-
New results of archaeogeophysical investigations of Armaztsikhe-Bagineti ancient urban area-
Journal of the Georgian geophysical society. Volume 6A. pp. 112-117. Tbilisi 2001

Nino Gogvadze, Mamuka Jakhutashvili, Manana Kachakhidze, Nino Kachakhidze. Some results of the investigations around Sveticxoveli cathedral. GESJ: Physics 2015, No.1(13).pp. 90-95.

Odilavadze D. **Gogvadze N.** Jakhutashvili M. Vepkhvadze S. Kachakhidze M. Kachakhidze N. Results of primary georadiolocation searching of Sveticxoveli temle. GESJ: Physics // 2013 | No.1(9) , pp. 31-35 <http://gesj.internet-academy.org.ge/download.php?id=2119.pdf>

National Agency for Cultural Heritage Preservation of Georgia -The report, which refers to the 2010 work.

The report. National Agency for Cultural Heritage Preservation of Georgia, 2010,PP.2-21

Thacker P. T. Tillwood B.B. Pereira C.V.C. Detecting Paleolithic Activity Areas Through Electrical Survey: An Assessment from Vale de Ybidos, Portugal. Journal of Archaeological Science. vol. 29, № 6, pp. 563-570.

Vladimir Hasek. Methodology of geophysical research in archaeology. BAR International series 769, 1999

ჯგუფი მადლობას უხდის ივ. ჯავახიშვილის სახელობის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის უფროს მეცნიერ თანამშრომელს დოქ.დავით ოდილავაძეს, ლევან სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს მთავარ სპეციალისტს შალვა მაისურაძეს, ქიმიის მეცნიერებათა აკადემიურ დოქტორს, სამეცნიერო კვლევითი ფირმა „გამა“-ს პრეზიდენტს დოქ. ვახტანგ გვახარიას, კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნულ სააგენტოს, სვეტიცხოვლის წინამძღვარს, არქიმანდრიტ სერაფიმე ჭედუას, ხელოვნებათმცოდნეს, ხელოვნების ისტორიკოსს ქეთევან აბაშიძეს სადისერტაციო თემის სამუშაოების შესრულების დროს გაწეული დახმარებისთვის.

დისერტაციის ელექტონული ვარიანტი გასწორებულია ოპონენტების შენიშვნების გათვალისწინებით.