

პროექტი: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი</div>					
მფლობელი: <div style="text-align: center;">  </div>					
გენერალური კონტრაქტორი: <div style="text-align: center; font-size: 1.1em;">             სს ენმარ კონსტრაქშენის              საქართველოს ფილიალი           </div>					
კონსტრუქტორი/ქვემენარდე: <div style="text-align: center;">  </div>					
კონტრაქტის ნომერი: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">GE308</div>					
დოკუმენტის დასახელება: <div style="text-align: center; font-size: 1.1em;">             საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში              გზის გადატანის სამუშაოები              უბანი - 3              მონაკვეთი: კმ 26+820 – კმ 29+470           </div>					
დოკუმენტის ნომერი:		GE308-203-DW-REP-GEO-00010			რედ. No. 00
<p>წინამდებარე დოკუმენტი შეიცავს კონფიდენციალურ ინფორმაციას და/ან ეკუთვნის ENKA-ს და მასთან აფილირებულ კომპანიებს. დოკუმენტის ნებისმიერი სახით გამოყენება, გასაჯაროება, ან გამრავლება ENKA-ს გარდა სხვა მხარის მიერ, ENKA-ს წინასწარი წერილობითი თანხმობის გარეშე, აკრძალულია. ყველა უფლება დაცულია.</p> <p style="text-align: center;">© 2019 ENKA İnşaat ve Sanayi A.Ş.</p> <p>დოკუმენტი დაბეჭდვის შემდეგ შემოწმებას არ ექვემდებარება. გთხოვთ, გამოყენებამდე, ბოლო ვერსია იხილოთ ელექტრონული დოკუმენტების მართვის სისტემაში.</p>					
რედ. N	რედაქტირების თარიღი	რედაქცია	მომზადებულია	შემოწმებულია	დამტკიცებულია
00	05/08/2019	გაცემულია ინფორმაციისთვის	Mustafa Akıncı	Bülent Uygur	Nejat Demirörs

## სარჩევი

სურათების ჩამონათვალი .....	3
შესავალი:.....	4
1. ჭეთოდოლოგია: კონცეპტუალური მენტალური მოდელები.....	6
1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელების არსი .....	6
1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი.....	7
1.2.1 ზუნძულთარკალური ვულკანიზმი.....	8
1.2.2 სროექტის ტერიტორიის სტრუქტურული ევოლუცია .....	9
2. ზოგადი გეოლოგია.....	11
2.1 შუა იურული პორფირიტული სერიები.....	11
3. საინჟინრო გეოლოგია .....	13
3.1 ქანის მასივის მახასიათებლები.....	13
3.1.1 ჭანების მასალათა თვისებები .....	13
3.1.2 ჭანის მასური თვისებები .....	14
3.2 გრუნტის წყლების პირობები .....	15
3.2.1 სიდროგეოლოგიური ტერმინები.....	15
3.3 კლდოვანი მასების ადგილობრივი წარმოშობის ინჟინრული მახასიათებლები .....	16
3.4 ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემები .....	16
3.4.1 ზოგადი მოსაზრებები.....	16
3.4.2 ზორელაცია GSI, RMR და Q მნიშვნელობათა შორის.....	20
3.4.3 გათხრილი კლდის ფერდობების ემპირიული დიზაინი .....	21
3.5 ემპირიულად გათხრილი ფერდობის ნახაზი .....	24
3.5.1 საიტის კვლევა.....	24
3.5.3 ჭათხრილი კლდის ფერდობის ანალიზი .....	27
3.5.4 ფერდობთა დაცვის პროექტი (საჭიროების შემთხვევაში, გეოლოგიური პირობების შესაბამისად) .....	34
3.5.5 კონტურული ბურღვის დამუშავების ტექნიკა.....	34
3.6. სტრუქტურების საძირკვლების მდგომარეობები.....	35
3.6.1 სანაპიროები.....	35
3.6.2 ხიდები .....	37
4. დასკვნები და რეკომენდაციები.....	38
4.1 დასკვნები.....	38
4.2 რეკომენდაციები.....	39
5. ჭითითებები.....	40
6. ჴანართები.....	41

## სურათების ჩამონათვალი

სურათი 1: კუნძულთა რკალის ფორმაციაში მონაწილე ტექტონიკური ფილის სქემატური კვეთა; რკალსუკანა აუზი და გაფართოების ცენტრი, სადაც დიდი კავკასიონის ვულკანურ-სედიმენტური ქანების თავდაპირველი დალექვა მოხდა. ....	9
სურათი 2: რეგიონალური ტექტონიკის გამარტივებული სქემა, რომელშიც ნაჩვენებია დიდი კავკასიონისა და რიონის აუზის ფორმირებაში მონაწილე ძირითადი სტრუქტურები; მცირე კავკასიონი მდებარეობს რიონის აუზის სამხრეთ-სამხრეთ-დასავლეთით; ამონარიდი საცნობარო დოკუმენტიდან [5]. ....	10
სურათი 3: პროექტის ტერიტორიის შუა იურული პერიოდის ქანების სტრატиграფიული ჭრილები.....	12
სურათი 4: განზოგადებულია RMR კლასიფიკაციის პარამეტრებიდან. შენიშვნა: RMR89 შესწორებული ვერსია მიღებულია გრუნტის წყლების რეიტინგით 15 (მშრალი), და ნაპრალის ორიენტაციის კორექტირებით 0 (ძალიან ხელსაყრელი) .....	18
სურათი 5: კლდის ფერდობის ქანის ხარისხისა და ქანის ტიპის ურთიერთკავშირი.....	22
სურათი 6: ემპირიული ფერდობის დიაგრამა Q-ფერდობის გამოყენებით.....	23
სურათი 7: ქანებისა და ნაპრალოვანი ქანის მასივების სიმტკიცის განმსაზღვრელი მიახლოებითი განტოლებები კლდოვანი ფერდობის დაპროექტებაში (ჰოუკი და ბრაუნი, 1980).....	23
Figure 8: ანდესზიური პორფირიტის მასიური ექსპოზიცია შენაკადში, რომელიც მიდის YSK-3 ჭაბურღილამდე; დაფიქსირდა, რომ კლდოვანი მასები კოლოვიუმს 3-4 მეტრაზე ფარავს ლოდებითა და რიყის ქვის ფრაგმენტებით, რომლებიც, სავარაუდოდ, უფრო თხელია ზედა დინებაში.....	24
სურათი 9: ფორმაციების განზოგადებული მთის მასივის ხარისხი, რაც GSI გრაფიკზე ნაჩვენებია გადატანილი გზის ამოთხრილ მთის ფერდობს შეადგენს.....	26
სურათი 10: გასაჭრელი კლდის ფერდებისა და ყრილების კრიტიკული ინტერვალები.....	27
სურათი 11: კმ 28+960: მარცხენა ფერდობის სიბრტყითი რღვევის ანალიზი .....	30
სურათი 12: კმ 29+400 მარცხენა ფერდობის სიბრტყითი რღვევის ანალიზი .....	31
სურათი 13: კმ 28+970: მარცხენა ფერდობის ჩამოშლითი რღვევის ანალიზი.....	32
სურათი 14: კმ 29+400: მარცხენა ფერდობის ჩამოშლითი რღვევის ანალიზი.....	33
სურათი 15: სურათის მარჯვენა ნაწილში გამოსახული საგები ქანი და ბრეჩიიდან წარმოქმნილი კაჭრის ზომის ფრაგმენტები ენაცვლება ანდეზიტურ პორფირიტს .....	35

## შესავალი:

ქვემო ნამახვანის ჰესის პროექტის რეზერვუარის ტერიტორიის საზღვრებში მოქცეული „გზის გადატანის სამუშაოებთან“ დაკავშირებით განსახორციელებელი საექსკავაციო სამუშაოების საინჟინრო პროექტი, რომელიც ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის („ჰესი“) კასკადის პროექტის (ზედა ნამახვანი 100 მგვტ. და ქვემო ნამახვანი 333 მგვტ. ქუთაისი, საქართველო) წინასწარი საპროექტო გათვლების (1-ელი დონე) ფარგლებში იყო შემუშავებული, დამკვეთისთვის დასამტკიცებლად იქნა წარდგენილი. პროექტის გაცნობის შემდეგ, დამკვეთმა კონტრაქტორ ინჟინერს გზის ხუთი სპეციფიკური მონაკვეთის „ნამახვანი-ალპანას გზის გადატანის სამუშაოების საინჟინრო გეოლოგიური ანგარიშის“ წარდგენა მოსთხოვა, მის მიერ შემდგომი გაცნობისა და დამტკიცებისთვის. ქვემო ნამახვანის ჰესების პროექტის რეზერვუარის წყლის მაქსიმალურ დონეზე (ზღვის დონიდან 311.50მ) მაღლა გასაყვანი გზის მესამე უბნის კილომეტრაჟი შეადგენს კმ 26+820 - კმ 29+470

გადასატანი გზის მეორე უბანთან დაკავშირებული 26+820კმ - 29+470კმ მონაკვეთი ასევე მოიცავს „გვირაბის გეოლოგიურ ანგარიშს“, ქვემოთ მოცემული კილომეტრაჟებით:

- გვირაბი-3 29+171კმ - 29+310კმ

მესამე გვირაბის გეოლოგიური ანგარიში მომზადებულია ცალკე, შემკვეთისთვის წარსადგენად, მის მიერ შესწავლისა და დამტკიცების მიზნით. მესამე გვირაბის ეს გეოლოგიური ანგარიში წარმოდგენილია გზის გადატანის სამუშაოების გეოლოგიური ანგარიშის დანართების სახით.

ღმ გეოლოგიურ ანგარიშში, გათხრების შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების და ნაყარის ფუნდამენტების გეოტექნიკური მონაცემების კვლევაში ძირითადად ყურადღება გზის გადატანის პროექტის შემდეგ გეოტექნიკურ ასპექტებზეა გამახვილებული:

- საცნობარო დოკუმენტების [1&2] საფუძველზე და გზის გადატანის პროექტის ადრეულ ეტაპზე შემუშავებული რეგიონალური „კონცეპტუალური გეოტექტონიკური მოდელის“ გათვალისწინებით, გზების განლაგების ძირითადი გეოლოგიური პირობების აღწერა.
- რუსული 1957 წლის გამოცემის [1] და საქართველოს გეოლოგიის ინსტიტუტის, 2008 წლის გამოცემის [2] რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკები ღირებულ

ინფორმაციას გვაწვდის საპროექტო ტერიტორიის ქანების ტიპებსა და გეოლოგიურ სტრუქტურაზე.

- ჩაყარის ფუნდამენტის შესასწავლად თავდაპირველად ორი ჭაბურღილი, DSK-6 and DSK-7 დაპროექტდა და გაიბურღა.
- 'სეოტექნიკური მონაცემების საუკეთესო ნიმუშებზე დაკვირვება შესაძლებელია არსებული ქუთაისი-ალპანას გზებთან გამდინარე და შემდეგ რიონის ხეობაში ჩამდინარე შენაკადებში. ოდნეულ შენაკადებზე დაკვირვების შედეგად და ხელთ არსებული გეოლოგიური რუკებისა და გეოტექტონიკური მოდელის დახმარებით, დადგინდა ადგილობრივი ქანების მასივისა და ტუფოგენური ქვიშაქვისა და ანდეზიტ-პორფირიტის მასალების თვისებები, და ასევე გადამფარავი კოლუვიური ნალექების მიახლოებითი სისქე.
- 'ხემათ აღნიშნული დოკუმენტების სტრუქტურულ-გეოლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით, რიონის ხეობის გასწვრივ გამოსავალი საგულდაგულოდ იქნა შესწავლილი ნამახვანის ანტიკლინის და შემდგომ ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით სინკლინის შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაციების დასასგენად.
- საბოლოოდ, საერთაშორისოდ აღიარებული „ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციის“ საფუძველზე, შემუშავდა ექსკავაციის შედეგად ფორმირებული ფერდობების „ემპირიული პროექტი“.
- შედარებით ღრმა ნაყარებისა და ხიდების საძირკვლის მდგომარეობა შესწავლილია და გეოლოგიურად გამყარებულია ჭაბურღილის მონაცემების საფუძველზე.

## 1. შეთოდოლოგია: კონცეპტუალური მენტალური მოდელები

### 1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელების არსი

„წროისა და სივრცის“ კონცეფცია „გეოლოგიის“ სხვა მეცნიერებებისგან განმასხვავებელი მთავარი ასპექტია. ამგვარად, დედამიწის ევოლუციის გეოდინამიკური პროცესების „გასააზრებლად“, საჭიროა, შეფასდეს, რამდენად დიდია მილიონობით წელწადში გამოხატული „გეოლოგიური დრო“ „ანთროპოლოგიურ (ადამიანურ) დროსთან“ მიმართებით. ზუსტად ასე, „სივრცე“, რომლის ზომა მიკროსკოპულით იწყება და კოსმიურ მასშტაბებს აღწევს, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს „კონტინენტალური და ოკეანის“ ფილების გადაადგილებისა და პროექტის ტერიტორიის ამ აქტიურ ფილებთან მიმართებით რეგიონალური თუ ლოკალური მდებარეობის ვიზუალიზაციაში. ყოველივე ეს გულისხმობს, რომ სწორი გადაწყვეტილებების მიღება, ნებისმიერ შემთხვევაში, დამოკიდებული იქნება იმაზე, თუ რამდენად ზუსტად იქნება განსაზღვრული საპროექტო ტერიტორიის გეოლოგიური პირობები, მათ შორის (i) გეოტექტონიკური კავშირი; (ii) საინჟინრო გეოლოგია და (iii) ჰიდროგეოლოგიური პირობები. ამ კომპლექსურ, შრომატევად ნაშრომში ჩვენ შევეცდებით, ქვემოთ ჩამოყალიბებული უკუკავშირების ჯაჭვების დახმარებით, დასახული მიზანს კონკრეტული საფუძველი შევუქმნათ.

#### *ა: თეორიული ასპექტები*

ეს ასპექტები ტექტონიკური ფილების თეორიის, საინჟინრო გეოლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის საბაზისო ცნებებს ეფუძნება.

#### *ბ: ემპირიული ასპექტები*

გამოცდილება დიდწილად დაკავშირებულია ვიზუალურ გამოსახვასთან, ემპირიულ გამოცდილებასა და სამეცნიერო და ტექნიკურ ინტუიციასთან.

#### *გ: მექანიკური ასპექტები*

კლდოვან გრუნტზე მუშაობის "მექანიკური ასპექტები", როგორც წესი, გულისხმობს მიწისქვეშა კვლევებს, რომლებიც სვეტური ბურღვის გამოყენებით წარმოებს. ამ კონტექსტში, ჩვენმა პირადმა გამოცდილებამ დაგვანახა, რომ როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე ინჟინერ-გეოლოგებისა და ინჟინერ-მშენებლების უმრავლესობა სვეტური ბურღვის საფუძველზე აგებს სამუშაო მოდელს. თუმცა, ჩვენი მიდგომა, "მოდელების" განმარტების გათვალისწინებით, გავრცელებული ტენდენციებისგან განსხვავებით, მდგომარეობს იმაში, რომ ზედაპირქვეშა შრიდან მოპოვებული ქანის



ნიმუშების მონაცემები გამოვიყენოთ ჩვენი კონცეპტუალური გეოტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მოდელების შესამოწმებლად.

ჩვენ, უდავოდ, მხარს ვუჭერთ სვეტურ ბურღვას, თუ გრუნტი და ტოპოგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ამგვარი კვლევების წარმოებას. თუმცა, ეს სულაც არ ნიშნავს იმას, რომ ჭაბურღილის მონაცემების არარსებობა, რაც მაღალი დატვირთვისა და რთული მისადგომობის პირობებით შეიძლება იყოს განპირობებული, უარყოფითად აისახება პროექტზე. ჩვენ მივიჩნევთ, რომ ქანის სვეტები გეოტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების "შეკვეცილი პროდუქტია", ამიტომაც ჩვენ, ინჟინრებმა, პირველ ყოვლისა, უნდა ვიცოდეთ, თუ რას ვკვეცავთ.

## 1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი

ტექტონიკური ფილების თეორიის თანახმად, დედამიწა დინამიკური პლანეტაა, რომელიც უწყვეტი მოძრაობის პროცესში იმყოფება, დივერგენტული (კონსტრუქციული), კონვერგენტული (დესტრუქციული) და ტრანსფორმული (ნეიტრალური) ფილების კონტექსტში. დედამიწის ქერქის ეს განმეორებადი ტექტონიკური პროცესები ძალიან კომპლექსურია და უშუალო ექსპერიმენტებს არ ექვემდებარება. აქედან გამომდინარე, თუ დედამიწის კომპლექსურობის გაგება გვსურს, ის უნდა განვიხილოთ, როგორც „სისტემა“. სისტემა მოცემულ შემთხვევაში არის „ურთიერთდაკავშირებულ ნაწილთა კომბინაცია, რომლებიც ორგანიზებულად ურთიერთქმედებენ“. თუმცა, სისტემის ქცევის შესასწავლად დაგვჭირდება „ინტერფეისი“, რომ მისი კონკრეტულ საფუძველზე დამყარება შევძლოთ. ეს ინტერფეისი წარმოადგენს სისტემაში მიმდინარე პროცესების „გეოდინამიკურ მოდელს“, რომლის საშუალებითაც, ირიბი მტკიცებულებების გამოყენებით, „მოვლენების“ აღწერასა და განსაზღვრას ვახდენთ. წმ მიზნის მიღწევის ერთ-ერთი საშუალებაა "ტექტონიკური ფილების თეორიის" გამოყენება, რომელიც სისტემის შესაბამისი ნაწილების ინტეგრაციის საშუალებას გვაძლევს. ძავად ტექტონიკური ფილების თეორია „მაღალი დონის აბსტრაქტული აზროვნების“ გზით ჩამოყალიბდა. წმ თეორიის გამოყენება აუცილებლად მოითხოვს "ვიზუალურ გამოსახვას, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ ინტუიციას".

ხოვორც რეგიონალური, ისე გლობალური მნიშვნელობით, კავკასიონის სტრუქტურა და გეოლოგიური ისტორია დიდწილად განისაზღვრება მისი ჯერ კიდევ დაწვევის პროცესში მყოფ, ევრაზიისა და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერულ ფილებს შორის მდებარეობით, კონტინენტური შეჯახების ფართე ზონაში. ლკიან პროტეროზულ - ადრე კენოზურ

პერიოდში, რეგიონი ტეთისის ოკეანეს და მისი ევრაზიისა და აფრიკა-არაბეთის საზღვრებს მიეკუთვნებოდა. ოქ განვითარებული იყო „კუნძულთა რკალების, შიდა რკალური რიფტების, კუნძულთა რკალსუკანა აუზების“ სისტემა, რაც რეგიონის ევოლუციის კოლიზიამდელი ეტაპის მახასიათებლებია [4]. პექტონიკური ფილების თეორიის თვალსაზრისით, პროექტის ტერიტორია მდებარეობს ტრანსკავკასიურ მასივში, რომელიც პალეოზოლური-ადრეული კაინოზოური ერის „კუნძულოვანი რკალის“ ოროგენეზისაა. ზიდი კავკასიონი, მეორე მხრივ, წარმოადგენს ნაოჭა-შეცოცხებითი სტრუქტურის მქონე კონტინენტაშორის მთათა სისტემას, რომელიც კოლიზიამდელი „რკალსუკანა აუზიდან“ წარმოიშვა, აფრიკა-არაბეთის და ევრაზიის ლითოსფერული ფილების შეჯახების შედეგად. ოვირაბის მშენებლობის ამ კონკრეტულ პროექტთან მიმართებით, გეოტექტონიკური ევოლუციის ორი ასპექტია საყურადღებო, როგორც ქვემოთ არის განხილული.

### 1.2.1 ზუნძულთარკალური ვულკანიზმი

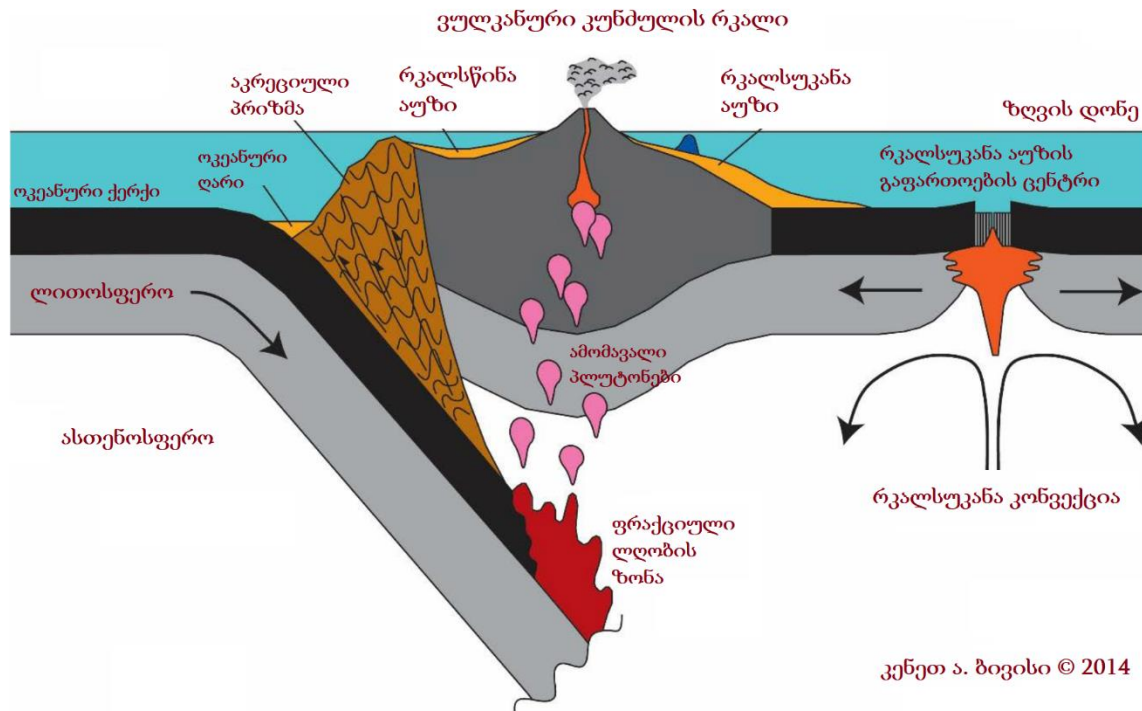
კუნძულთა რკალები ორი ოკეანური ფილის შეჯახებისას (სადაც ერთი ოკეანური ფილა მეორე ოკეანური ფილის ქვეშ ექცევა) ფორმირდება, და შეცოცხებული ფილის ზემოთ ვულკანური კუნძულების ჯაჭვს ქმნის. ქვემოთ მოქცეული ფილა - ოკეანური ფილის განაპირა ნაწილი ქერქსა და ზედა მანტიაში ჩადირვისას, ოკეანის ფსკერის გაფართოებით გამოწვეული წნეხის ზემოქმედებით, ღლობას იწყებს. ეს გეოდინამიკური პროცესი, ჩვენ კონკრეტულ შემთხვევაში, წარმოიქმნა პალეოტეთისის ოკეანის რიფტულ ზონაში, როცა სამხრეთით მდებარე ოკეანური ფილის კიდემ ჩრდილოეთის მიმართულებით დაიწყო დაწევა, ჩრდილოეთით მდებარე ოკეანური ფილის ქვეშ მოქცევის შედეგად. კუნძულთა რკალები, რომელთა ფორმირება ფილების კონვერგენტული აქტივობის შედეგად მოხდა, ამჟამად არის წარმოდგენილი - დასავლეთიდან აღმოსავლეთით, თურქეთში - აღმოსავლეთ პონტიდების, საქართველოში - ამიერკავკასიის, და, აღმოსავლეთით ირანული ბლოკის სახით.

ამ სუბდუქციური პროცესის საბოლოო პროდუქტია ქვემო ნამახვანის ჰესების კაშხლების ტერიტორიაზე შუა იურული პერიოდის პორფირიტული სერიები (ვულკანურ-სედიმენტური ქანები) და თანმხლები სტრუქტურები. ამ ტექტონიკური პროცესის ქანების ფორმაციის ეპიზოდები ქვემოთ არის მოყვანილი:

- პორფირიტული სერიის ვულკანური ქანები კუნძულთარკალური ვულკანიზმის საწყისი პროდუქტია, რომელიც მოიცავს პიროკლასტურ ქანებს, ლავის ხშირი ამოფრქვევით.



- ვულკანიზმის არააქტიური პერიოდებისას, ეროზიული რეაგენტები აქტიურდება, რაც ადრე ფორმირებული ვულკანური მასებიდან სხვადასხვა ზომის ნაწილების მოწყვეტას განაპირობებს. შედეგად, დანალექი ქანების ნალექგროვება იზრდება.
- კუნძულთარკალურ არეში, ეს ორი პროცესი ურთიერთმონაცვლეობით მიმდინარეობს, რაც ვულკანური და დანალექი ქანების თანმიმდევრულ ნალექგროვებას იწვევს.

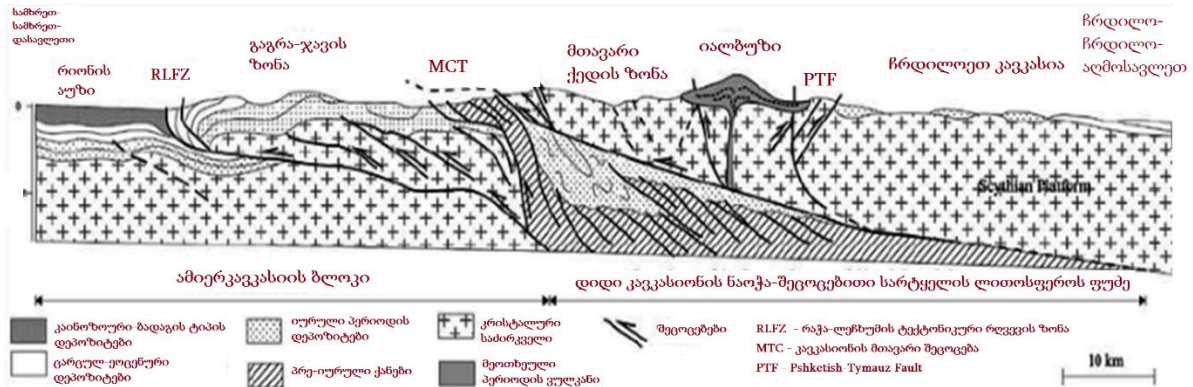


**სურათი 1:** კუნძულთა რკალის ფორმაციაში მონაწილე ტექტონიკური ფილის სქემატური კვეთა; რკალსუკანა აუზი და გაფართოების ცენტრი, სადაც დიდი კავკასიონის ვულკანურ-სედიმენტური ქანების თავდაპირველი დალექვა მოხდა.

### 1.2.2 პროექტის ტერიტორიის სტრუქტურული გეოლოგია

დიდ და მცირე კავკასიონს შორის მდებარე რიონის აუზი მიმდინარე ტექტონიკური ინვერსიის შესანიშნავი მაგალითია. რეგიონალური თვალსაზრისით, სტრუქტურულმა ინვერსიამ ტექტონიკური კუმშვის დროს კრისტალური ფუნდამენტი სამხრეთისკენ დაძვრა, შედეგად, ინდივიდუალურმა რღვევებმა გაფართოების სიღრმეში გაგრძელება შეაკავა და კუმშვა გამოიწვია, რაც მის ზედა მონაკვეთში ანტიკლინის ზრდასთან არის დაკავშირებული. რეგიონალურად ეს რივერსიული ძვრები წარმოდგენილია კავკასიონის მთავარი შეცოცებისა და რაჭა-ლეჩხუმის ტექტონიკური რღვევის ზონაში. პროექტის ტერიტორია მდებარეობს ლიტერატურაში „გონის მასივად“ მოხსენიებულ, გაგრა-ჯავის

ზონაში, სადაც შუა იურული პერიოდის კუნძულთარკალური წარმოშობის პორფირიტის სტრუქტურები სამხრეთით მიმართული ცარცული კირქვის მასივებითაა გადაფარული.



**სურათი 2:** რეგიონალური ტექტონიკის გამარტივებული სქემა, რომელშიც ნაჩვენებია დიდი კავკასიონისა და რიონის აუზის ფორმირებაში მონაწილე ძირითადი სტრუქტურები; მცირე კავკასიონი მდებარეობს რიონის აუზის სამხრეთ-სამხრეთ-დასავლეთით; ამონარიდი საცნობარო დოკუმენტიდან [5].

## 2. ზოგადი გეოლოგია

ნამახვანის კასკადის ზოგადი გეოლოგიური მდგომარეობის შესწავლა 1938 წლიდან დაიწყო და, როგორც დოკუმენტები აჩვენებს, საბჭოთა პერიოდში, 1976 წლამდე გაგრძელდა. პორფირიტული სერიების ფორმაციების ზოგადი გეოლოგიური მახასიათებლები, რომლებიც გვირაბთან დამაკავშირებელი გადასატანი გზის მთავარ ქანს წარმოადგენს, დამუშავებულია საცნობარო დოკუმენტში [1&2]. აქედან გამომდინარე, მკითხველის კომფორტისთვის, ქვემოთ სქემა 3-ში გამოსახული ქვე-წყებების შესახებ მხოლოდ ზოგადი სახის ინფორმაცია არის წარმოდგენილი.

### 2.1 შუა იურული პორფირიტული სერიები

შუა იურული პერიოდის ბაიოსური ხანის ქანოვანი ფორმაციები რიონის ხეობის გასწვრივ, სოფელ გუმათსა და ტვიშს შორის, დაახლოებით 20 კილომეტრის მანძილზეა გავრცელებული. წინა კვლევებში ამ გეოლოგიურ ფორმაციებს „პორფირიტულ სერიებად“ მოიხსენიებდნენ. აგრეთვე, ზოგ შემთხვევაში, "ვულკანურ-სედიმენტურ წარმონაქმნებს" უწოდებენ. ბაიოსი თავის მხრივ, სამ ქვეტიპად არის წარმოდგენილი, მათ შორის შორის: ქვედა ბაიოსური (J2b1), შუა ბაიოსური (J2b2) და ზედა ბაიოსური (J2b3). ამ ქვეტიპების განლაგება, ქანების სტრატეგრაფიული ჭრილების სახით არის წამოდგენილი (სქემა 3).

#### ა: ქვედა ბაიოსური წყება (J2b1)

სროექტის ტერიტორიაზე ქვედა ბაიოსური წყების მხოლოდ უკიდურესად ზედა შრე გამოდის ზედაპირზე და ანტიკლინისა და სინკლინის სტრუქტურის მქონე ფუძის ქანს წარმოადგენს. ჭანის ტიპური გამოსავალი შეიძლება ვნახოთ ლეხიდარის შენაკადსა და სოფელ ბენტჟოულას შორის არსებულ ზონაში, ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე. ზედაპირული სავსე კვლევა აჩვენებს, რომ თავდაპირვლად ეს წყება ძალიან ტიპური „ფლიშის“ ფორმაციის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრექჩიის, ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ზოგ შემთხვევაში, არგილიტ-ლაბრადორიტის პორფირიტებით. უანსაკუთრებით კარგად განვითარებული შრეებრიობის ზედაპირები გამორჩეული საშუალო ორიენტაციის მაჩვენებლებით - 205/35<sup>1</sup>. ხასიათდება.

<sup>1</sup> აღნიშნავს დაქანების მიმართულებასა და დაქანების სიდიდეს

## ბ: შუა ბაიოსური წყება (J2b2)

შუა ბაიოსურ წყებაში (J2b2) მონაწილე ფორმაციები დამატებით 6 ქვე-წყებად არის დაყოფილი, რომლებიც ბუნებრივი მახასიათებლებიდან და „კუნძულთარკალური ვულკანიზმის“ მოდალური შემადგენლობიდან გამომდინარე, ძირითადად ერთმანეთთან არის შერეული. ყველა ეს ქვე-წყება ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით ქუთაისი-ალპანას გზაზე არსებულ განაჭრელ ქანებში გვხვდება. აქედან გამომდინარე, მშენებარე ინჟინერისთვის კარგად არის ცნობილი ამ ქანების მასივების ქცევა. ამ ექვს ქვე-წყებას შორის, მხოლოდ ორი, სახელდობრ, J2b2-5 და J2b2-6, გვხვდება გადასატანი გზის გასწვრივ და საზღვრების საძირკველთან.

PERIOD პერიოდი	FORMATION ფორმაცია	LITHOLOGY ლითოლოგია	DESCRIPTION აღწერა
QUATERNARY მეოთხეული			ალუვიონი
			მდინარეული ნალექები
			კოლუვიუმი
MIDDLE JURASSIC შუა იურული	UPPER BAJOCIAN (J2b3) ზედა ბაიოსური		ფერადი ტუფი, ქვიშაქვა- გაქვავებული თიხის მონაცვლეობა
	MIDDLE BAJOCIAN (J2b2) შუა ბაიოსური	J2b2-6	მასიური, ავგიტ- ლაბრადორიტის პორფირიტები
		J2b2-5	საშუალოდ ან წვრილად დაშრევებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ბრექჩიით
		J2b2-4	სქლად ან საშუალოდ დაშრევებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩიით
		J2b2-3	საშუალოდ ან წვრილად დაშრევებული, წვრილმარცვლოვანი ტუფოგენური ალევროლიტი, ადგილებში მიკრობრექჩიით
		J2b2-2	მასიური, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩიით
		J2b2-1	საშუალოდ და წვრილად დაშრევებული, წვრილმარცვლოვანი ტუფური ქვიშაქვა, ადგილებში თიხაფიქალით
	LOWER BAJOCIAN (J2b1) ქვედა ბაიოსური		ტუფი, არგილიტი, მიკრობრექჩია, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ავგიტ-ლაბრადორის პორფირიტებით

სურათი 3: პროექტის ტერიტორიის შუა იურული პერიოდის ქანების სტრატეგრაფიული ჭრილები

### 3. საინჟინრო გეოლოგია

ქანის მასივების საინჟინრო გეოლოგიურ ქცევას ძირითადად განაპირობებს (ა) ქანის მასივის მახასიათებლები და (ბ) გრუნტის წყლები. ეს ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული ქვემოთ, ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციისთვის საჭირო სტრუქტურული საფუძვლის შექმნის მიზნით.

#### 3.1 ქანის მასივის მახასიათებლები

გადასატანი გზის გვირაბის საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები „ქანების მასივების მახასიათებლების“ კონცეფციას ეფუძნება. ეს არის ცნება, რომელიც განისაზღვრება, როგორც „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვებისა და ანალიზის პროცესი, რომელიც ქანების მასივის გეომეტრიული და მექანიკური მახასიათებლების ინდიკატორებსა და აღწერით ცნებებს განსაზღვრავს“.

ქანის მასივი არის მატრიცა, რომელიც შედგება ქანის მასალისა და ქანის სტრუქტურის რღვევებისგან. ქანის მასალის თვისებები გაზომვას და/ან აღწერას ექვემდებარება ლითოლოგიური თვისებების აღწერის გზით, რაც ქანის ნიმუშების შეფასებით ან ლაბორატორიული ცდების საფუძველზე ხორციელდება. ქანის მასივის თვისებას დაუზიანებელი ქანების მასალების თვისებები და ასევე ქანის სტრუქტურაში განვითარებული რღვევები განსაზღვრავს. აქედან გამომდინარე, სწორედ ქანებში გაჩენილი ნაპრალები და სხვა რღვევები თამაშობს წამყვან როლს ქანების მასივების ქცევასა და თვისებებში. ამ კონტექსტში, ნაპრალობა, ორიენტაცია, ნაპრალობა შორის დაშორება, აპერტურა, ზედაპირის უსწორმასწორობა და გამოფიტვისა და სახეცვლილების მდგომარეობა წარმოადგენს ქანის მასივის პარამეტრების ძირითად ნიშან-თვისებებს. აღნიშნული მახასიათებლები, ქვემოთ მოკლედ არის აღწერილი, ქანების მასების ემპირიული კლასიფიკაციის სტრუქტურული საფუძვლის შექმნის მიზნით.

##### 3.1.1 ჭანების მასალათა თვისებები

გეოტექნიკურ ინჟინერიაში, “დაურღვეველი ქანი” აღნიშნავს შტუფს ან ქანის სვეტს, რომელსაც რაიმე სახის რღვევა არ აღენიშნება. აქედან გამომდინარე, გეოტექნიკური ინჟინერიის კუთხით, შემდეგ ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მახასიათებლებს ენიჭება პრიორიტეტი:



#### **ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები**

ეს თვისებები ძირითადად მოიცავს ქანის ტიპს, პირველად ფორიანობასა და გამოფიტვის ხარისხს. თუმცა, ამათ შორის, ქანის ტიპი და გამოფიტვის ხარისხი განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს GSI ქანების კლასიფიკაციის სისტემაში. ამ კონტექსტში, ხაზი უნდა გაესვას, რომ დაუზიანებელი ქანის გამოფიტვის ხარისხი განისაზღვრება დარღვეული ზედაპირების მდგომარეობით; აქედან გამომდინარე, GSI-ს ცხრილების გამოყენებისას, ეს ხარისხობრივი მახასიათებელი შესაბამისობაში უნდა მოდიოდეს ქვემოთ ნახსენებ რაოდენობრივ მაჩვენებელთან - ქანის მასალის სიმტკიცის ზღვართან ერთდროულად კუმშვაზე.

#### **ბ: რაოდენობრივი მახასიათებლები**

ქანის მასალის პარამეტრებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე და დეფორმაციის მოდულები (Ed). თუმცა, როგორც ზემოთ არის ახსნილი, დაუზიანებელი ქანის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე განისაზღვრება დარღვეული ზედაპირების მდგომარეობით; აქედან გამომდინარე, ეს პირდაპირ არის დაკავშირებული ქანის მასურ თვისებებთან.

##### **3.1.2 ჭანის მასური თვისებები**

მასური თვისებების საერთო სპექტრში, არაერთგვაროვნებებს უპირატესი წილი უჭირავს და ქანის მასივების გეომეტრიული თვისებების მთავარ ნაწილს წარმოადგენს. ამ თვისებათა შორის, რაოდენობრივი მახასიათებლები ხარისხობრივთან შედარებით პრიორიტეტულია, როგორც ქვემოთ არის წარმოდგენილი.

#### **ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები**

ამ სფეროს შეიძლება მივაკუთვნოთ „შემცველი ქანის“ აღწერილობა, როგორც ნაპრალის ანალიზის ნაწილი და „შემთხვევითი ნაპრალები“.

#### **ბ: რაოდენობრივი თვისებები**

ყველა ეს თვისება დაკავშირებულია „რღვევებთან“ და სტრუქტურებთან, რომლებიც ქვემოთ არის დახასიათებული:



- გავრცობა და დახრილობა, განსაკუთრებით შრეებიობის ზედაპირებისა და ნაპრალების. თუმცა, ასევე არ არის გამორიცხული სხვა რღვევები, როგორიცაა ნაპრალი და ნაწევის სიბრტყე.
- ნაპრალის ანალიზი: ინტერვალი, ორიენტაცია, განშრევა.
- ნაპრალის სიმჭიდროვე.

გაბატონებული გეოლოგიური პირობების შესაბამისად, ქანის მასალისა და ქანის მასური თვისებების აღწერისას გამოყენებულია “BS5930:1999, ISRM: 2014 და ქანების კლასიფიკაციის უნიფიცირებული სისტემა: 1984”.

### 3.2 გრუნტის წყლების პირობები

#### 3.2.1 ჰიდროგეოლოგიური ტერმინები

გვირახის ტრასის შემადგენელი ქანების ფორმაციების გრუნტის წყლების მდგომარეობა განხილული იქნება შემდეგი ჰიდროგეოლოგიური ტერმინების გამოყენებით: „აკვიფერი, აკვიტარდი, აკვიკლუდი და აკვიფუჯი“. ამ ეტაპზე კი, საჭიროებისამებრ, ქანების ფორმაციებთან მიმართებაში გამოვიყენებთ პირველადი და მეორადი შეღწევადობის ცნებებს. თუმცა, თავდაპირველად, საჭიროა, გავიხსენოთ ისეთი ცნებები, როგორებიცაა „ფორები და შეღწევადობა“, რომლებიც გადამწყვეტ როლს თამაშობს გრუნტის წყლების მოძრაობაში.

„შეღწევადობა“ ეწოდება ქანების მასივის მიერ წყლის გატარების უნარს. ეს პარამეტრი დამოკიდებულია არა მარტო ფორიანობაზე, არამედ ფორების ზომებზე ან რღვევებზე და მათ ურთიერთკავშირზე. ამ თვალსაზრისით, საკითხის არსი მდგომარეობს „ფორების ურთიერთკავშირში“, რომელიც მოიცავს დაურღვეველი ქანის ფორებს და ქანის მასივის რღვევებს, დაწყებული შრეებიობის სიბრტყითა და ნაპრალებით და დამთავრებული უთანაბრო ნაპრალებით, რომლებიც საბოლოოდ დიდი ზომის სტრუქტურებს მოიცავს, როგორებიცაა ნაოჭები და ნაწევები. ამ წინაპირობების საფუძველზე, ზემოთ ჩამოთვლილი ჰიდროლოგიური ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული.

**Aquifer/აკვიფერი:** ფორიანი და გამტარი ფენა, რომლიც წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობას ატარებს (მაგ. ქვიშა / ხრეშოვანი დარღვეული ქანები).

**Aquiclude/აკვიკლუდი:** გაუმტარი ფენა, რომელსაც არ შეუძლია მნიშვნელოვანი რაოდენობით წყლის გატარება (მაგ., ჰერმარცვლოვანი ალევროლიტურ-თიხიანი ქანები, კრისტალური დაურღვეველი ქანები).

**Aquitard/აკვიტარდი:** ფენა, რომელიც აკავებს, მაგრამ ხელს არ უშლის წყლის გასვლას მომიჯნავე აკვიფერიდან ან აკვიფერში.

ჩვენ მიერ განსახილველი საგზაო გვირაბების გრუნტის წყლების მდგომარეობა ამ ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების მიხედვით უნდა განისაზღვროს

### 3.3 კლდოვანი მასების ადგილობრივი წარმოშობის ინჟინრული მახასიათებლები

გადასატანი გზის გეოტექნიკური პირობები, რომლებიც განლაგებულია მონაკვეთებს KM 26 + 820-KM 29 + 470 შორის, განმარტებულია სტრუქტურული გეოლოგიის, ქანის მასის მახასიათებლებისა და მიწისქვეშა წყლების პირობების გათვალისწინებით, რომლებმაც შემდეგი შედეგები აჩვენეს:

- საველე სადამკვირვებლო მონაცემები და საცნობარო დოკუმენტებიდან მოპოვებული გეოლოგიური მონაცემები [1 და 2] ამტკიცებს, რომ ამ განყოფილებაში გადასატანი გზა შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვის, ანდეზიტის პორფირიტისა და მსხვილმარცვლოვანი ბრეჩიისგან.
- სტრუქტურული გეოლოგიის თვალსაზრისით, გადასატანი გზის მარშრუტი მდებარეობს სინკლინზე, რომელიც მოსდევს ნამახვანის ანტიკლინს, რიონის ხეობაში დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით.
- გადასატანი გზის მარშრუტთან დაკავშირებული საუკეთესო გეოტექნიკური მონაცემები მოიპოვება ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის გაყოლებით გამდინარე და რიონის ხეობაში ჩამდინარე შენაკადებში. ამ შენაკადებზე დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ ანდეზიტური პორფირიტიდან წარმოქმნილი კოლუვიური ნალექების სისქე საკმაოდ უმნიშვნელოა.
- ყველა შენაკადი, რომელიც არსებულ გზას კვეთს, გვამღებს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ გამდინარე წყალი წარმოიშობა უმაღლესი ზეგანების დილუვიური, პროლუვიური და კოლუვიური ნალექებისგან.

### 3.4 ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემები

#### 3.4.1 ზოგადი მოსაზრებები

ქანების მასივების კომპლექსურობა, რაც განპირობებულია: (ა) მათი ფორმირების რეჟიმით (ბ) შემდგომი ტექტონიკური აქტივობებით; გ) შესაბამისი წყვეტილობებით და (დ) გრუნტის წყლების მდგომარეობით, განაპირობებს "ქანების მასივების მახასიათებლებისადმი" განსხვავებული მიდგომების არსებობას. როგორც ზემოთ აღინიშნა, ქანების მასივების

აღწერისთვის ძირითადად გამოიყენება "თვისობრივი და რაოდენობრივი" ასპექტები. ყველა ეს წინაპირობა ცხადყოფს, რომ ქანების მასივი არ არის „ლაბორატორიულად შექმნილი შერეული პროდუქტი“ მისი ცვალებადი საინჟინრო თვისებებიდან გამომდინარე, რომელსაც ძირითადად განსაზღვრავს ზემოთ მოყვანილი გეოტექნიკური ასპექტები. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აუცილებელი გახდა, შეგვემუშავებინა გარკვეული მეთოდები, რომლებიც გვირაბის გამაგრებისა და ფერდობის ემპირიული პროექტებისთვის ქანთა მასივების ემპირიულ საინჟინრო ქცევას აღწერდა.

რამდენადაც სხვადასხვა ტიპის კლასიფიკაციების/მახასიათებლების სისტემები სხვადასხვა პარამეტრებზე ამახვილებს ყურადღებას, ხშირად რეკომენდირებულია, ქანთა კლასიფიკაციისას, სულ მცირე, ორი მეთოდი მაინც გამოვიყენოთ (ჰოუკი, 2000). ეს პირობა ასევე ვალიდურია ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების ემპირიულ მონაცემებზე დაყრდნობით პროექტირების შემთხვევაში. ამრიგად, მოცემულ ანგარიშში, ჩვენი გეოტექნიკური კვლევები ორ კლასიფიკაციაზე დაყრდნობით განხორციელდება. კერძოდ: ბინიავსკის ქანების მასივის რეიტინგი (RMR89) და გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI), ჰოუკი და სხვები. (1995). რაც შეეხება „ნორვეგიული გეოტექნიკური ინსტიტუტის ინდექსს (NGI), Q-სისტემა, ბარტონი და სხვები (1974)“, მკითხველის კომფორტისთვის, მხოლოდ კლასიფიკაციის პარამეტრები იქნება განხილული.

(i) ქანის ხარისხის მაჩვენებელი (RQD%)

(ii) წყვეტილობებს შორის დაშორებები

(iii) წყვეტილობების მდგომარეობა

(iv) გრუნტის წყლის პირობები

(v) რეიტინგის კორექტირება წყვეტილობების ორიენტაციისთვის

აღსანიშნავია, რომ თავდაპირველი კლასიფიკაციის პარამეტრები სამუშაოების პრაქტიკული მიმდინარეობისას სწორდება, განსაკუთრებით GSI კლასიფიკაციაზე გადაყვანის უზრუნველსაყოფად. თავდაპირველი კლასიფიკაციის პარამეტრები წარმოდგენილია მე-4 სქემაში ცხრილის სახით. ცხრილის ნაცრისფრად მონიშნულ ნაწილში სათაურით „გრუნტის წყალი და რეიტინგის კორექტირება წყვეტილობების ორიენტაციისთვის“ წარმოდგენილი პარამეტრები 1989 წელს იქნა განახლებული GSI კლასიფიკაციასთან შესაბამისობაში მოსაყვანად. ჩასწორების შედეგად, გაჩნდა “RMR89 “. ეს საკითხი შემდგომ იქნება დეტალურად განხილული.

გეომექანიკური კლასიფიკაციის სისტემა (ზინიასკის მიხედვით, 1989)

ა. კლასიფიკაციის პარამეტრები და მათი რეიტინგები									
პარამეტრი			მნიშვნელობათა დიაპაზონი						
1	დაურღვეველი ქანის სიმტკიცე	სიმტკიცის ინდექსი წერტილოვანი დატვირთვისას	>10 Mpa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	აქ უზღოვებია დაბალი ერთეობიანი კომპრესიული ძალით ტესტირება		
		ერთეობიანი კომპრესიული ძალა	> 250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1Mpa
	რეიტინგი		15	12	7	4	2	1	0
2	კერნის ხარისხი RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	რეიტინგი		20	17	13	8	3		
3	მანძილი უთანაბრობებს შორის		>20	0.6-20	200-600მმ	60-200მმ	<60mm		
	რეიტინგი		20	15	10	8	5		
4	უთანაბრობების მდგომარეობა (იხილე ე)		ძალიან უხეში ზედაპირები	ოდნავ უხეში ზედაპირები	ოდნავ უხეში ზედაპირები	სხლეტის სარკვეები	რბილი შემცველი ქანი >5მმ		
			არა უწყვეტი	განცალკევება <1მმ	განცალკევება <1მმ	ან	სქელი		
			განშრეების გარეშე გამოუფრთხილები შემცველი ქანი	ოდნავ გამოფრთხილები შემცველი ქანი	ძალზე გამოფრთხილები შემცველი ქანი	შემცველი ქანი < 5მმ სისქის	ან		
	რეიტინგი		30	25	20	10	0		
5	გრუნტის წყალი	10მ გვირგზის სიგრძე (l/m)	None	<10	0.1-0.2	25-125	>125		
		(საერთო წყალი) / (ძირითადი l)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		საერთო მდგომარეობა	სრულად მშრალი	ნოტიო	სველი	მკონავე	გამდინარი		
	რეიტინგი		15	10	7	4	0		
ბ. წვეტილობების ორიენტაციის რეიტინგის კორექტირება (იხ გ)									
გაგრძელებისა და დახრილობის ორიენტაციები			ძალიან ხელსაყრელი	ხელსაყრელი	საშუალო	არახელსაყრელი	ძალიან ხელსაყრელი		
რეიტინგები	გვირაბები და შახტები		0	-2	-5	-10	-12		
	ფუნდამენტები		0	-2	-7	-15	-25		
	ფერდობები		0	-5	-25	-50			
გ. ქანების მასივის კლასები საერთო რეიტინგებიდან გამომდინარე									
რეიტინგი			100<---81	80<---61	60<---41	40<---21	<21		
კლასის ნომერი			I	II	III	iv	v		
აღწერა			ძალიან კარგი ქანი	კარგი ქანი	საშუალო ქანი	ცუდი ქანი	ძალიან ცუდი ქანი		
დ. ქანების მასივების მნიშვნელობა									
კლასის ნომერი			I	II	III	iv	v		
აწველის საშუალო დრო			20 წელი. 15 მ მანძ.	1 წელი 10მ მანძ.	1 კვირა. 5მ მანძ.	10 სთ. 2.5მ მანძ.	30 წელი 1მ მანძ.		
ქანების მასივის შეკიდულობა (kP a)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
ქანების მასივის ხახუნის კუთხე (deg)			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
ე. მითითებული წვეტილობის მდგომარეობის კლასიფიკაციისთვის									
წვეტილობის სიგრძე (მდგრადობა)			<10	1-3 მ	3-10მ	10-20 მ	>20მ		
რეიტინგი			6	4	2	1	0		
დადილობა (აბერატურა)			None	<0.1მმ	0.1-1.0 მმ	1-5მმ	>5მმ		
რეიტინგი			6	5	4	1	0		
უსწორმასწორობა			ძალიან უსწორმასწორო	უსწორმასწორო	ოდნავ უსწორმასწორო	გლუვი	პრილა		
რეიტინგი			6	5	3	1	0		
შეცემა (შემცველი ქანი)			None	მკვრივი შემავსებელი <5მმ	მკვრივი შემავსებელი >5მმ	რბილი შემავსებელი <5მმ	რბილი შემავსებელი >5მმ		
რეიტინგი			6	4	2	2	0		
გამოფრთხევა			გამოუფრთხივე	ოდნავ გამოფრთხილები	საშუალოდ გამოფრთხილები	ძლიერ გამოფრთხილები	დამოლილი		
რეიტინგი			6	5	3	1	0		
ვ. წვეტილობის გაგრძელებისა და დახრილობის ორიენტაციის ეფექტი გვირაბების გაყვანაში									
გვირაბის ღრძის პერპენდიკულარული დარტყმა					გვირაბის ღრძის პარალელური დარტყმა				
დახრა Dip 45-90			დახრა Dip 20-25			Dip 45-90		Dip 20-45	
ძალიან ხელსაყრელი			ხელსაყრელი			ძალიან ხელსაყრელი		საშუალო	
საწინააღმდეგო დახრა Dip 45-90			საწინააღმდეგო დახრა Dip 20-25			Dip 0-20 დარტყმის მიუხედავად			
საშუალო			არახელსაყრელი			საშუალო			

**სურათი 4:** განზოგადებულია RMR კლასიფიკაციის პარამეტრებიდან. შენიშვნა: RMR89 შესწორებული ვერსია მიღებულია გრუნტის წყლების რეიტინგით 15 (მშრალი), და ნაპრალის ორიენტაციის კორექტირებით 0 (ძალიან ხელსაყრელი)

**ა ნორვეგიის გეოტექნიკური ინსტიტუტის ინდექსი (NGI), Q-სისტემა, ბარტონი და სხვ. (1974)**

ფაქტობრივად, Q კლასიფიკაცია თავდაპირველად შემუშავებულ იქნა „მასივების საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბების პროექტირებისთვის“ ფარგლებში. სოუკმა და ბრაუნმა ეს კლასიფიკაცია მიუსადაგეს ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების პროექტირებას, სიმტკიცის ძირითადი კავშირების მიახლოებით განტოლებებზე დაყრდნობით. ჟანების მასივების კლასიფიკაციის ძირითადი პარამეტრები ქვემოთ რის მოყვანილი.

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \times \left( \frac{J_r}{J_a} \right) \times \left( \frac{J_w}{SRF} \right), \text{ სადა:}$$

$RQD$  = ქანის ხარისხის მაჩვენებელი (%)

$J_n$  = ნაპრალების ჯგუფის რაოდენობა

$J_r$  = ნაპრალების უსწორობათა რაოდენობა

$J_a$  = ნაპრალების ცვლის რაოდენობა

$J_w$  = ნაპრალების შემცირების რაოდენობა

$SRF$  = სიმტკიცის შემცირების რაოდენობა

სიმარტივისა და პრაქტიკულობისთვის, Q კლასიფიკაციის დეტალები არ იქნება განხილული; ამის სანაცვლოდ, Q მნიშვნელობები გამოთვლილი იქნება RMR89 და GSI კლასიფიკაციებიდან.

**ბ: ჰოუკის და სხვ. მიერ შემუშავებული გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI), (1995).**

1980 წლებში, ჰოუკი და ბრაუნი „ქანის სიმტკიცის პარამეტრების“ მისაღებად RMR კლასიფიკაციას იყენებდნენ. თუმცა, პროცესში აღმოაჩინეს, რომ RMR89 არ მოიცავდა ქანების ყველა ტიპს, 1980 წლებში, ჰოუკი და ბრაუნი „ქანის სიმტკიცის პარამეტრების“ მისაღებად RMR კლასიფიკაციას იყენებდნენ. თუმცა, პროცესში აღმოაჩინეს, რომ RMR89 არ მოიცავდა ქანების ყველა ტიპს, მაგალითად, შრეებრივ ან გახლეჩილ ქანებს და, შესაბამისად, ნაპრალოვანი ქანების მასივებისთვის საკუთარი გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI) შეიმუშავეს. ემპირიული კლასიფიკაციის ეს სისტემა ქანთა მასივების ისეთ ხარისხობრივ მახასიათებლებს ეფუძნება, როგორცაა „სტრუქტურა“ და „უთანაბრობათა ზედაპირების მდგომარეობა“; ამგვარად, ის ქანების მასივის სტრუქტურის ვიზუალურ მხარეს ასახავს და უზრუნველყოფს სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში ქანების მასივის

სიმტკიცის შემცირების შეფასების სისტემას. გამოყენებულია კლასიფიკაციის საბოლოო ვერსია (Hoek, E., Carter, T.G., Diedderichs, M.S., 2013).

### 3.4.2 ზორელაცია GSI, RMR და Q მნიშვნელობათა შორის

ჰოაკისა და ბრაუნის თანახმად, (1997 წ.) ისეთი კლდოვანი მასებისთვის რომლებიც უძლებენ დატვირთვას ( $GSI > 25$ ,  $RMR > 23$ ), GSI- ის ღირებულება შეიძლება შეფასებულ იქნას კლდოვანი მასის რეიტინგის RMR მნიშვნელობიდან, როგორც:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

ამ კორელაციაში  $RMR_{89}$  არის ძირითადი RMR მნიშვნელობა (Bieniawski- ს 1989 წლის ვერსია) (1989), სადაც მიწისქვეშა წყლების რეიტინგი შეადგენს 15 -ს (მშრალი) და შემაერთებლის ორიენტაციისთვის განსაზღვრულია 0 მნიშვნელობა (ძალიან ხელსაყრელი).

უხარისხო კლდეების მასებისთვის, GSI შეიძლება შეფასდეს Q მნიშვნელებიდან (Barton et al., 1974) შემდეგი რელევანციის გამოყენებით:

$$GSI = 9 \ln (Q') + 44 \text{ (სინგი და გეოლი, 1999) სადაც}$$

$Q'$  = გვირაბის გაყვანის ხარისხის მოდიფიცირებული ინდექსი

$$Q' = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \times \left( \frac{J_r}{J_a} \right)$$

კლდის მასის ძალიან დაბალი ხარისხისთვის ( $RMR < 25$ ), GSI- ს შორის კორელაცია აღარ არის საიმედო, აქედან გამომდინარე, RMR კლასიფიკაცია არ უნდა იქნას გამოყენებული ასეთი კლდოვანი მასების GSI მნიშვნელობების შესაფასებლად (Hoek and Brown, 1997).

როგორც ჰოუკი და ბრაუნი გვთავაზობენ [4], RMR და GSI კლასიფიკაციებს შორის შემდეგი ურთიერთკავშირი უნდა გამოვიყენოთ ერთიდან მეორეზე გადაყვანისას.

1990-ის შემდგომი:

(ა)  $GSI = RMR_{89} - 5$

(ბ)  $RMR_{89} = 9 \ln (Q') + 44$  [მიწისქვეშა წყლების შეფასებად აღებული იქნა (15), ხოლო შეუსაბამოების ორიენტაციად (0)], სადაც;

$$Q' = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \times \left( \frac{J_r}{J_a} \right)$$



### 3.4.3 გათხრილი კლდის ფერდობების ემპირიული დიზაინი

ამჟამად RMR და Q კლასიფიკაციის სისტემები ქანების ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების ემპირიული პროექტირებისთვის გამოიყენება. თუმცა, ამ კლასიფიკაციათა შორის, RMR<sup>89</sup> კლასიფიკაცია დაურღვეველი ქანების მასივების სიმტკიცის ძირითადი კავშირების საფუძველზე განვითარდა, და, აქედან გამომდინარე, უფრო ფართოდ გამოიყენება.

#### ა: მთავარი დამაბულობების ურთიერთკავშირი დაურღვეველი ქანისა და დარღვეული ქანის მასივებისთვის

ე. ჰოუკმა და ე.ტ. ბრაუნმა შეიმუშავეს სიმტკიცის განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრების ცხრილი დაურღვეველი ქანისთვის და დარღვეული ქანების მასივებისთვის, რომელიც გამიზნულია „ქანების რღვევის ემპირიულ კრიტერიუმებში“ გამოყენებისთვის როგორც მიწისქვეშა, ისე ღია გათხრების დროს (სქემა 6). მომდევნო წლებში ეს ცხრილი გამოიყენება ქანების მიწისზედა ჭრის ემპირიული პროექტირებისას, ძირითადი და ნაწევური ძაბვების განსაზღვრის მიზნით.

#### ბ: RMR-ის გავითარება ფერდის ქანობებთან მიმართებით

როგორც სქემა 7-შია მოცემული, ფერდობის ცხრილის ძირითადი კომპონენტებია ქანის ხარისხი და ქანის ტიპი. მიუხედავად იმისა, რომ ხარისხის მაჩვენებელი მხოლოდ ერთ CSIR (RMR) საფუძველზეა შეფასებული, პრაქტიკაში ხარისხობრივ-რაოდენობრივი ინტერვალები ძალიან მნიშვნელოვანია და შემდეგნაირად გამოიყენება: (სქემა 6)

ძალიან მაღალი ხარისხის ქანი:	$80 \leq \text{RMR}$
მაღალი ხარისხის ქანი:	$60 \leq \text{RMR} < 80$
საშუალო ხარისხის ქანი:	$40 \leq \text{RMR} < 60$
ცუდი ხარისხის ქანი:	$20 \leq \text{RMR} < 40$
ძალიან ცუდი ხარისხის ქანი:	$\text{RMR} < 20$

აღსანიშნავია, რომ ქანების მასივების თვისობრივი ასპექტები ვიზუალურ გამოსახავს მოითხოვს, რაც საუკეთესოდ არის გათვალისწინებული GSI ცხრილში. (სქემა 5)

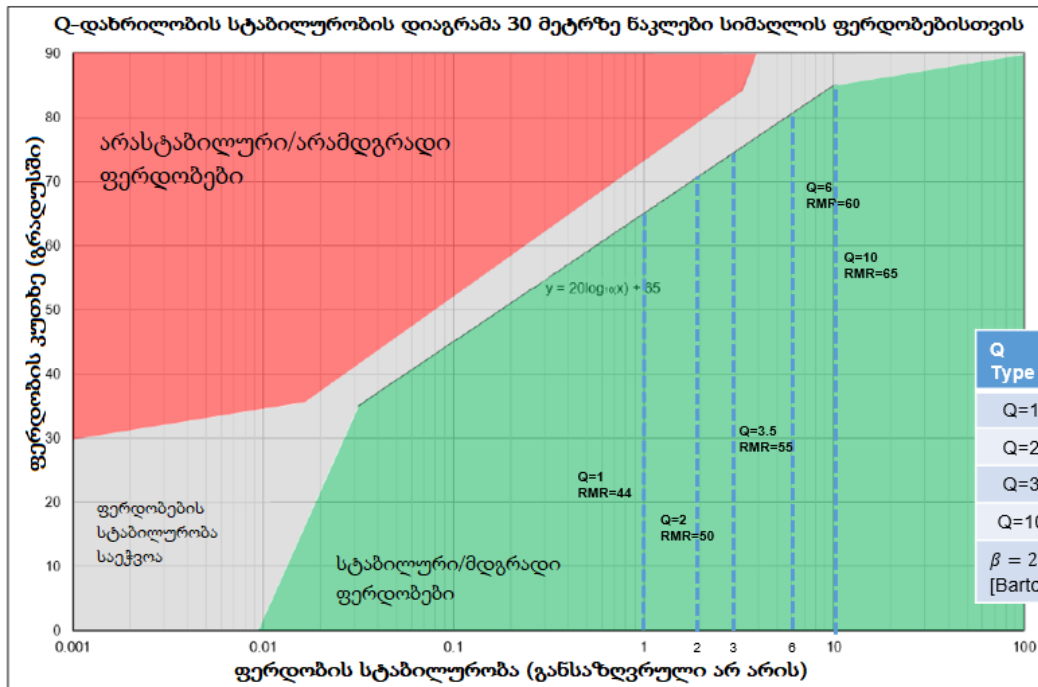
ქანის თვისება			კარბონატული ქანები კარგად განვითარებული კრისტალური კლივებით			ლითიფიცირებული თიხიანი ქანები			ქვიშიანი ქანები მკვერივი კრისტალუბით და სუსტად განვითარებული კრისტალური კლივებით			წვრილმარცვლოვანი პოლიმინერალური ვულკანური კრისტალური ქანები			მსხვილმარცვლოვანი პოლიმინერალური ვულკანური და მეტამორფული კრისტალური ქანები					
			დოლომიტი, კირქვა და მარმარილო			არგილიტი, ალვეროლიტი (თიხაფიქალი და ასპიდური ფიქალი (ნორმალური და კლივებით)			ქვიშაქვა და კვარციტები			ანდეზიტი,დოლოერიტი,დი აბაზი და რიოლითი			ამფიბილიტი, გაბრო, გნეისი, გრანიტი, ნორიტი, კვარცული დიორიტი					
			ფერდობის სიმაღლე																	
			50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150			
დაურღვეული ქანების ნიმუშები ლაპორატორიის ზომის ქანის ნიმუშები, სტრუქტურული დევმატების გარეშე CSIR რეიტინგი +100 NGI რეიტინგი 500	წლის ზეცხუტეება	არა	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05		
			კი	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05	1:05		
		არა	1:05	1:05	1:05	1:05	1:04	1:04	1:05	1:04	1:04	1:05	1:05	1:04	1:05	1:05	1:04	1:04		
			კი	1:05	1:04	1:04	1:05	1:04	1:03	1:04	1:04	1:03	1:05	1:05	1:04	1:05	1:05	1:04	1:04	
		არა	1:05	1:04	1:04	1:04	1:03	1:03	1:04	1:03	1:03	1:05	1:04	1:04	1:05	1:05	1:04	1:04		
			კი	1:04	1:04	1:03	1:04	1:03	1:02	1:04	1:03	1:03	1:04	1:04	1:03	1:04	1:04	1:04	1:04	
		არა	1:04	1:03	1:03	1:03	1:02	1:02	1:04	1:03	1:02	1:04	1:03	1:03	1:04	1:03	1:04	1:03	1:03	
			კი	1:04	1:03	1:02	1:02	1:02	2:03	1:03	1:02	1:02	1:03	1:03	1:03	1:03	1:03	1:03	1:03	
		არა	1:03	1:03	1:02	1:02	2:03	3:04	1:03	1:02	1:02	1:03	1:03	1:02	1:03	1:02	1:03	1:03	1:02	
			კი	1:03	1:02	1:02	2:03	3:04	1:01	1:02	2:03	2:03	1:02	1:02	2:03	1:02	1:02	1:02	2:03	
		არა	1:02	2:03	2:03	2:03	3:04	1:01	2:03	2:03	3:04	2:03	2:03	3:04	2:03	2:03	3:04	1:02	2:03	2:03
			კი	2:03	3:04	1:01	3:04	1:01	1:01	2:03	3:04	1:01	2:03	3:04	3:04	2:03	3:04	2:03	3:04	3:04

სურათი 5: კლდის ფერდობის ქანის ხარისხისა და ქანის ტიპის ურთიერთკავშირი

## გემპირიული ფერდობის დიზაინი Q-Slope გამოყენებით

სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, ავსტრალიაში, ცენტრალურ ამერიკასა და ევროპაში ჩატარებული კვლევების შედეგად მოპოვებული მონაცემებზე დაყრდნობით, Q-დახრილობასა და მრავალწლოვან სტაბილურ ფერდობებს შორის მარტივი ურთიერთდამოკიდებულება იქნა გამოვლენილი. Q-დახრილობა ისეა პროექტირებული, რომ გვთავაზობს სტაბილურ ფერდობთა კუთხეებს, რომლებიც დამატებით ტექნიკურ მხარდაჭერას არ საჭიროებს. მაგალითისთვის, 40-450, 60-650 და 80-850, შესაბამისი, დაახლოებით 0.1, 1.0 10-ის ტოლი Q-დახრილობის მნიშვნელობებით. ფაქტობრივად, როგორც RMR89, ისე Q-დახრილობა ერთიდაიმავე ფერდის ქანობების გვაძლევს; ამგვარად, სიმარტივისთვის, ამ კონკრეტულ პროექტში RMR89 კლასიფიკაცია არის გამოყენებული. მე-6 სექციაში გამოყენებული ცალკეული Q მნიშვნელობები შეიძლება Q-ინტერვალებში  $Q' = e^{(RMR-44)/9}$  ფორმულის დახმარებით გადავიყვანოთ.

**ემპირიული ფერდობის ნახაზი მაგარი და რბილი ქანებისთვის Q-დახრილობის  
ნივ ბარტონი და ასოცირებული, ოსლო, ნორვეგია**



**სურათი 6:** ემპირიული ფერდობის დიაგრამა Q-ფერდობის გამოყენებით

ცხრილი 12 - ქანებისა და ნაპრალოვანი ქანური მასივების სიმტკიცის განმსაზღვრელი მიახლოებითი განტოლებები და მორის მრუდი	კარბონატული ქანები კარგად განვითარებული კრისტალური კლივებით დოლომიტი, კირქვა და მარმარილო	ლითიფიცირებული თიხიანი ქანები არგილიტი, ალფეროლიტი (თიხაფიქალი და ასპიდური ფიქალი (ნორმალური და კლივებით))	ქვიზიანი ქანები მკვერივი კრისტალურობით და სუსტად განვითარებული კრისტალური კლივებით ქვიშაქვა და კვარციტები	წვრიმარცვლოვანი პოლიმინერალური ფულკანური კრისტალური ქანები ანდეზიტი, დიორიტი, აბაზი და რიოლიტი	მსხვილმარცვლოვანი პოლიმინერალური ფულკანური და მეტამორფული კრისტალური ქანები ამფიბოლიტი, გაბრო, გნეისი, გრანიტი, ნორიტი, კვარცული დიორიტი
ძალადგეგვლი ქანების ნიმუშები ლაბორატორიის ზომის ქანის ნიმუშები, სტრუქტურული დამოუკიდებელი გარემო CSIR რეიტინგი +100, NGI რეიტინგი 500	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{7\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.816(\sigma_n + 0.140)^{0.688}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{10\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.918(\sigma_n + 0.99)^{0.677}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{15\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 1.044(\sigma_n + 0.67)^{0.692}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{17\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.086(\sigma_n + 0.059)^{0.696}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{25\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 1.220(\sigma_n + 0.040)^{0.705}$
მაღალან მაღალი ხარისხის ქანის მასივი მჭიდროდ შეკუმშული, დაუმუშავი ქანი, 1-3 მეტრით დამორებული გამოვლითი ნაპრალებით. CSIR რეიტინგი 85, NGI რეიტინგი 100	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{3.5\sigma_{2n} + 0.1}$ $\tau_n = 0.651(\sigma_n + 0.028)^{0.679}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{5\sigma_{2n} + 0.1}$ $\tau_n = 0.739(\sigma_n + 0.020)^{0.692}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{7.5\sigma_{2n} + 0.1}$ $\tau_n = 0.848(\sigma_n + 0.013)^{0.702}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{8.5\sigma_{2n} + 0.1}$ $\tau_n = 0.883(\sigma_n + 0.012)^{0.705}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{12.5\sigma_{2n} + 0.1}$ $\tau_n = 0.998(\sigma_n + 0.008)^{0.712}$
მაღალი ხარისხის ქანის მასივი სილი და ოდნავ გამოვლითი ქანი, მცირედით დამოვლილი, 1-დან 3 მეტრამდე დამორებული ნაპრალებით. CSIR რეიტინგი 65, NGI რეიტინგი 10	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.7\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.369(\sigma_n + 0.006)^{0.669}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.0\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.427(\sigma_n + 0.004)^{0.683}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.5\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.501(\sigma_n + 0.003)^{0.695}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.7\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.525(\sigma_n + 0.002)^{0.698}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{2.5\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.603(\sigma_n + 0.002)^{0.707}$
საშუალო ხარისხის ქანის მასივი რამდენიმე წყნად ოდნავ გამოვლითი დაუმუშავი ქანი, დამოვლილი, 0.3-დან 1 მეტრამდე დამორებული ნაპრალებით. CSIR რეიტინგი 44, NGI რეიტინგი 1.0	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.14\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.198(\sigma_n + 0.0007)^{0.682}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.20\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.234(\sigma_n + 0.0005)^{0.675}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.30\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.280(\sigma_n + 0.0003)^{0.688}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.34\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.295(\sigma_n + 0.0003)^{0.691}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.350 + 0.0001}$ $\tau_n = 0.346(\sigma_n + 0.0002)^{0.700}$
დაბალი ხარისხის ქანის მასივი დიდი რაოდენობით გამოვლითი ნაპრალები 30-მმ დან 500მმ-მდე დამორებებით, ამოვსებული ქანებით / სუფთა ფუჭი ქანი CSIR რეიტინგი 23, NGI რეიტინგი 0.1	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.04\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.115(\sigma_n + 0.0002)^{0.645}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.05\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.129(\sigma_n + 0.0002)^{0.695}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.08\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.162(\sigma_n + 0.0001)^{0.672}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.09\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.172(\sigma_n + 0.0001)^{0.676}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.13\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.203(\sigma_n + 0.0001)^{0.686}$
მაღალან დაბალი ხარისხის ქანის მასივი დიდი რაოდენობით მაღალი ხარისხით გამოვლითი ნაპრალები 50მმ-ზე მცირე დამორებებით, ამოვსებული ქანებით / ფუჭი ქანი მინარევეებით CSIR რეიტინგი 3, NGI რეიტინგი 0.1	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.007\sigma_{2n} + 0}$ $\tau_n = 0.042(\sigma_n)^{0.534}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.010\sigma_{2n} + 0}$ $\tau_n = 0.050(\sigma_n)^{0.539}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.015\sigma_{2n} + 0}$ $\tau_n = 0.061(\sigma_n)^{0.546}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.017\sigma_{2n} + 0}$ $\tau_n = 0.065(\sigma_n)^{0.548}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.025\sigma_{2n} + 0}$ $\tau_n = 0.078(\sigma_n)^{0.556}$

**სურათი 7:** ქანებისა და ნაპრალოვანი ქანის მასივების სიმტკიცის განმსაზღვრელი მიახლოებითი განტოლებები კლდოვანი ფერდობის დაპროექტებაში (ჰოუკი და ბრაუნი, 1980)



### 3.5 ემპირიულად გათხრილი ფერდობის ნახაზი

#### 3.5.1 საიტის კვლევა

##### ა. შიწის ზედაპირის კვლევები

ქოგორც ზემოთ აღინიშნა, რთული რელიეფი და უხვი მცენარეული საფარი არ იძლევა ასაგები გზის მთელი მონაკვეთის გაყოლებაზე, ნაბიჯ-ნაბიჯ, კვლევების ჩატარების შესაძლებლობას. წმ მხრივ, არსებული ქუთაისი-ალპანას გზის კლდოვანი ფერდობები ქანების მდგომარეობასთან დაკავშირებულ ძალზე მნიშვნელოვან გეოტექნიკურ მონაცემებს გვთავაზობს. წარდა ამისა, არსებულ გზაზე ზედა მაღლობიდან მომდინარე შენაკადები, რომლებიც არსებულ გზას კვეთს. ქშირ შემთხვევაში შიშველ ქანებზე მიედინება.

##### ბ. შიწის ქვეშა კვლევები

უხეში რელიეფის პირობები და ხშირი მცენარეული საფარი ხელს უშლის მიწის ქვეშა კვლევის ჩატარებას სვეტოვანი ბურღვის სახით. ჭაბურღილის მიდამოში გამავალ შენაკადზე ჩატარებული დაკვირვებები გვამლევს ზედა სიმაღლეებზე არსებული გეოლოგიურ პირობების სურათს (სურათი -8).



**Figure 8:** ანდესზიური პორფირიტის მასიური ექსპოზიცია შენაკადში, რომელიც მიდის YSK-3 ჭაბურღილამდე; დაფიქსირდა, რომ კლდოვანი მასები კოლოვიუმს 3-4 მეტრაზე ფარავს ლოდებითა და რიყის ქვის ფრაგმენტებით, რომლებიც, სავარაუდოდ, უფრო თხელია ზედა დინებაში.

### 3.5.2 წმოდხრილი კლდის ფერდობის პროექტი

ქუთაისი-ალპანას გზაზე წარმოებულ საველე დაკვირვებებზე დაყრდნობით, რომლებიც, საერთო სურათის შესაქმნელად, დანართებში [1&2] წარმოდგენილ გეოლოგიურ რუკებთან შეჯერებით განხორციელდა, მოხდა იმ ქანთა ფორმაციების ინტერპრეტაცია, რომლებიც სავარაუდოდ შეგვხდება პროექტის მიმდინარეობისას. შესაბამისად, გადასატანი გზის გასწვრივ გაჭრილი კლდის ფერდობის ქანობები შეფასებულ იქნა შემდეგი ასპექტების გათვალისწინებით: (ა) ქანის ხარისხი GSI და RMR კლასიფიკაციების სისტემების მიხედვით და (ბ) განსაკუთრებით შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაცია სტრუქტურული გეოლოგიის ჭრილში. ქვემოთ მოკლედ არის აღწერილი შედარებით მაღალი კლდოვანი ფერდობების ეს გეოტექნიკური ინტერპრეტაცია.

#### (i) კმ 26 + 820-კმ 28 + 630

ქანის ტიპი (J2b2-5) & (J2b2-6): საშუალოდ დაშრეებული ტუფური ქვიშაქვა, შერეული ადგილებში მსხვიმარცვლოვანი ბრექჩიით გადაფარული ანტეზიტის პორფირიტთან.

შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაცია: ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთაზე განლაგებული, დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით 40/45<sup>2</sup> ორიენტაციით გადახრილი, დაახლოებით გზის პროფილის მიმართულებით; ხელსაყრელია სტაბილურობისთვის.

GSI=50-60→; RMR=55-65: (საშუალო ან კარგი ხარისხის ქანი)

გაჭრილი კლდის ფერდობის ქანობი → 1: 2-1: 3 (H.V)

#### (ii) კმ 28 + 630-კმ 29 + 470

ქანის ტიპი (J2b1): ძირითადად შედგენილია ღია ნაცრისფერი ტუფისგან, არგილიტისგან, მიკრობრექჩიისგან, ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ადგილებში ავგიტ-ლაბრადორიტის პორფირიტებით.

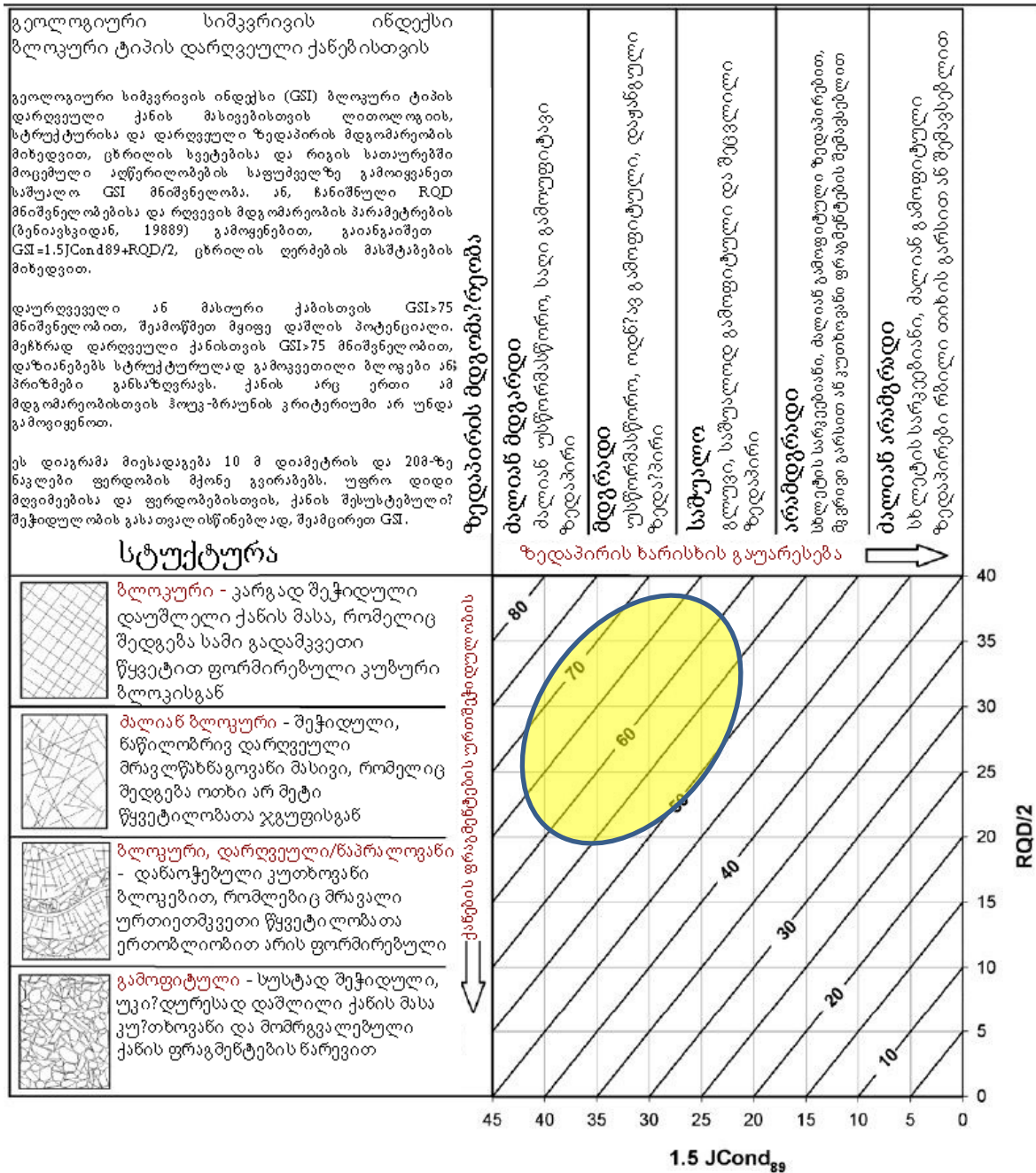
შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაცია: ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთაზე განლაგებული, დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით 205/40<sup>3</sup> ორიენტაციით გადახრილი, დაახლოებით გზის პროფილის მიმართულებით; ხელსაყრელია სტაბილურობისთვის.

GSI=60-70→; RMR=65-75: (კარგი ხარისხის ქანი)

გაჭრილი კლდის ფერდობის ქანობი 1:3-1:4 (H: V)

<sup>2</sup> აღნიშნავს დაქანების მიმართულებასა და დაქანების სიდიდეს.

<sup>3</sup> აღნიშნავს დაქანების მიმართულებასა და დაქანების სიდიდეს.



რღვევის მდგომარეობის კლასიფიკაციის ცხრილი

რღვევის სიგრძის (მეტრების) კოეფიციენტი	<18 6	1-დან 3მ 4	3-დან 10მ 2	10-დან 20მ 1	20მ-ზე მეტი 0
გაფოვის (პერტურა) კოეფიციენტი	None 6	<0.1 მმ 5	0.1 - 1.0 მმ 4	1-5მმ 1	5მმ-ზე მეტი 0
ხორცოვანი კოეფიციენტი	ძალიან ხორცოვანი 6	ხორცოვანი 5	ოდნავ ხორცოვანი 3	გლუვი 1	სლიპინა 0
შეფხვების (მარდვის თიხა) კოეფიციენტი	None 6	მცირე შემავსებელი <5მმ 4	მცირე შემავსებელი >5მმ 2	რბილი შემავსებელი <5მმ 2	რბილი შემავსებელი >5მმ 0
გამოფიტვის კოეფიციენტი	გამოფიტუებული 6	ოდნავ გამოფიტული 5	საშუალოდ გამოფიტული 3	ძალიან გამოფიტული 1	დაშლილი 0

**სურათი 9:** ფორმაციების განზოგადოებული მთის მასივის ხარისხი, რაც GSI გრაფიკზე ნაჩვენებია გადატანილი გზის ამოთხრილ მთის ფერდობს შეადგენს



ამოთხრილი ფერდობი				
ინტერვალი კმ		ჩამოჭრილი ფერდობი (H/V)	მარცხ. ფერდობი	მარჯვენა ფერდობი
დაწყება	დასრულება		მაქს. სიმაღლე (მ)	
26+805	26+855	1/3	31,57	9,77
26+855	27+465	1/2	22,86	6,33
27+465	27+680	1/3	28,03	10,7
27+680	28+080	1/2	33,11	5,68
28+080	28+920	1/3	31,96	14,54
28+920	29+035	1/4-1/3	44,76	5,7
29+035	29+130	ხიდი - 1		
29+130	29+171	1/4-1/3	17,33	20,15
29+171	29+310	გვირაბი - 3		
29+310	29+392	1/4-1/3	32,98	9,03
29+392	29+470	1/2	34,97	4,85

ნაპირების ინტერვალები			
ინტერვალი კმ		მარცხენა ნაპირი MaxH (m)	მარჯვენა ნაპირი MaxH (m)
28+020	28+090	13,56	28,15
27+580	27+740	6,39	29,24

სურათი 10: გასაჭრელი კლდის ფერდობისა და ყრილების კრიტიკული ინტერვალები

### 3.5.3 სათხრილი კლდის ფერდობის ანალიზი

კლდის გათხრის შედეგად წარმოქმნილ ფერდობებში, წყვეტილობების გასწვრივ (მაგ: შრეებრიობის ზედაპირები და ნაპრალები) შემდეგი სახის რღვევები შეიძლება წარმოიშვას:

- სიბრტყითი რღვევა
- ჩამოშლა
- სოლისებრი რღვევა

პროექტის ტერიტორია მდებარეობს დაახლოებით N-S მიმართული კომპრესიულ ტექტონიკურ ზონაში, რამაც ანტიკლინებითა და სინკლინებით გამოხატული ნაოჭა სერიების ფორმირება გამოიწვია. პროექტით გათვალისწინებული ყველა მაღალი კლდეების ჭრილი ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ფრთაზე რჩება, სადაც შრეებრიობის ზედაპირები ან ძირითად ნაპრალთა რიგები გზის პროფილის თითქმის

პარალელურად არის გადახრილი. სტრუქტურის ეს თავისებურება გვამღევს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ „სიბრტყითი რღვევები, ჩამოშლები და სოლისებრი რღვევები“ შეიძლება მხოლოდ მცირე ადგილობრივი არასტაბილურობების სახით წარმოიშვას, რისი მოგვარებაც გამაგრებებით იქნება შესაძლებელი.

სიბრტყითი რღვევისა და ჩამოშლისთვის კინემატიკური ანალიზი ცალ-ცალკე განხორციელდა. რამდენადაც შერჩეულ განივი კვეთებში წყვეტები ძირითადად შრეებრივობის ზედაპირების სახით გვხდება, სოლისებრი რღვევის ჩამოყალიბების ალბათობა არ არსებობს, თუ არ ჩავთვლით უმნიშვნელო მცირე ადგილობრივ რღვევებს.

განხორციელდა ორი, 45მ და 35მ ინტერვალებზე განლაგებული კლდის ფერდობის ანალიზი. კინემატიკური ანალიზისთვის, ხახუნის  $30^\circ$ -იანი კუთხის სიდიდე იქნა შერჩეული. პრაქტიკული დაკვირვებებით, სიბრტყითი რღვევები წარმოიქმნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ფერდობის გადახრის მიმართულებასა და ფერდობის პირის გადახრის მიმართულებას შორის კუთხე კონკრეტულ დიაპაზონშია მოქცეული. როგორც წესი, ემპირიულ გამოცდილებაზე დაყრდნობით., გამოიყენება 20-30 გრადუსს შორის მნიშვნელობები (გუდმანი 1980, ჰადსონი და ჰარისონი 1997).

#### საწყისი მონაცემები:

შრეებრივობის ზედაპირების ორიენტაცია:

ნალექის ფენების ორიენტაცია:			
კმ	მაქსიმალური სიმაღლე	დახრილობის ზომა	დახრილობის მიმართულება
28+960	45	27	175
29+400	35	23	177

ამოჭრილი ფერდობის ორიენტაცია:

გათხრილი ფერდობის ორიენტაცია:			
კმ	მაქსიმალური სიმაღლე	ფერდობის ზომა	ფერდობის მიმართულება
28+960	45	70	83
29+400	35	60	70

ხახუნის კუთხე ( $\varphi$ ):

$$\varphi = 0.5 \times RMR + 5; (\varphi = 35^\circ)$$

შეჭიდულობა ( $c$ ):

$$c = 5 \times RMR \text{ (kPa)}; (c = 300 \text{ kPa})$$

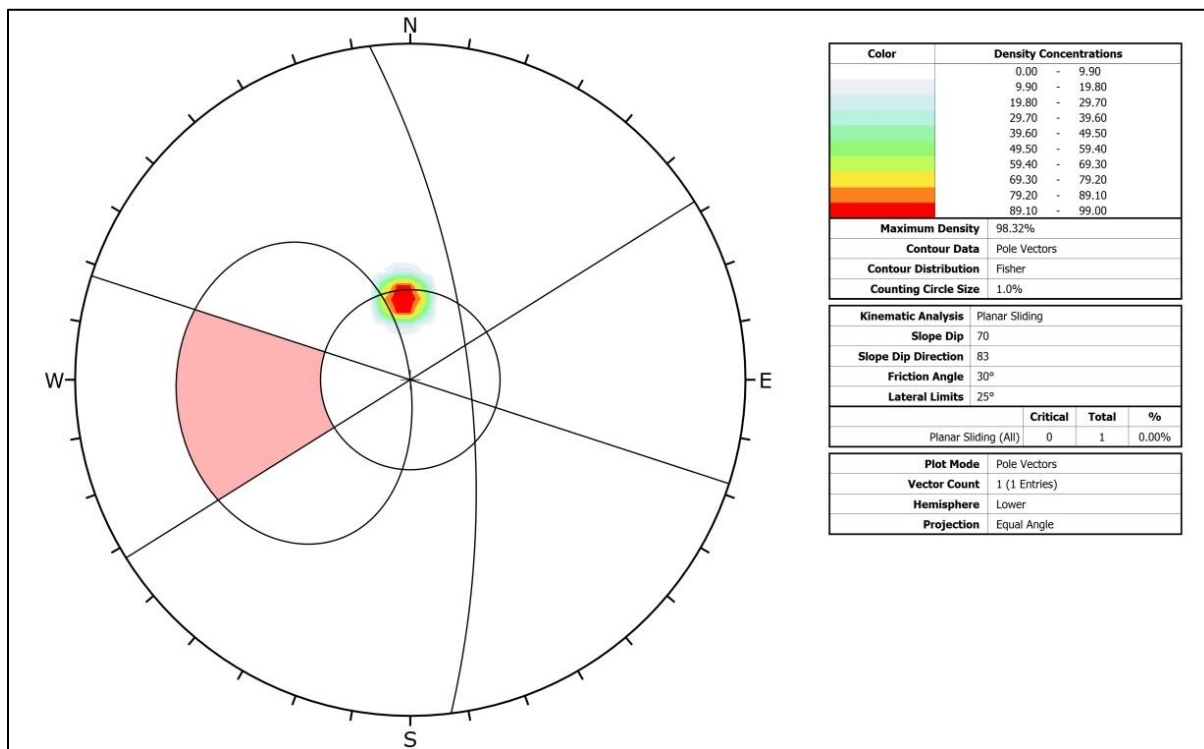
### სიბრტყითი რღვევის ანალიზი

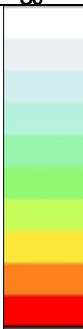
$$1) \Psi_f > \psi_p > \Phi \quad (\text{Eq. 1})$$

$$2) \alpha_p = \alpha_f \pm 25^\circ \quad (\text{Eq. 2})$$

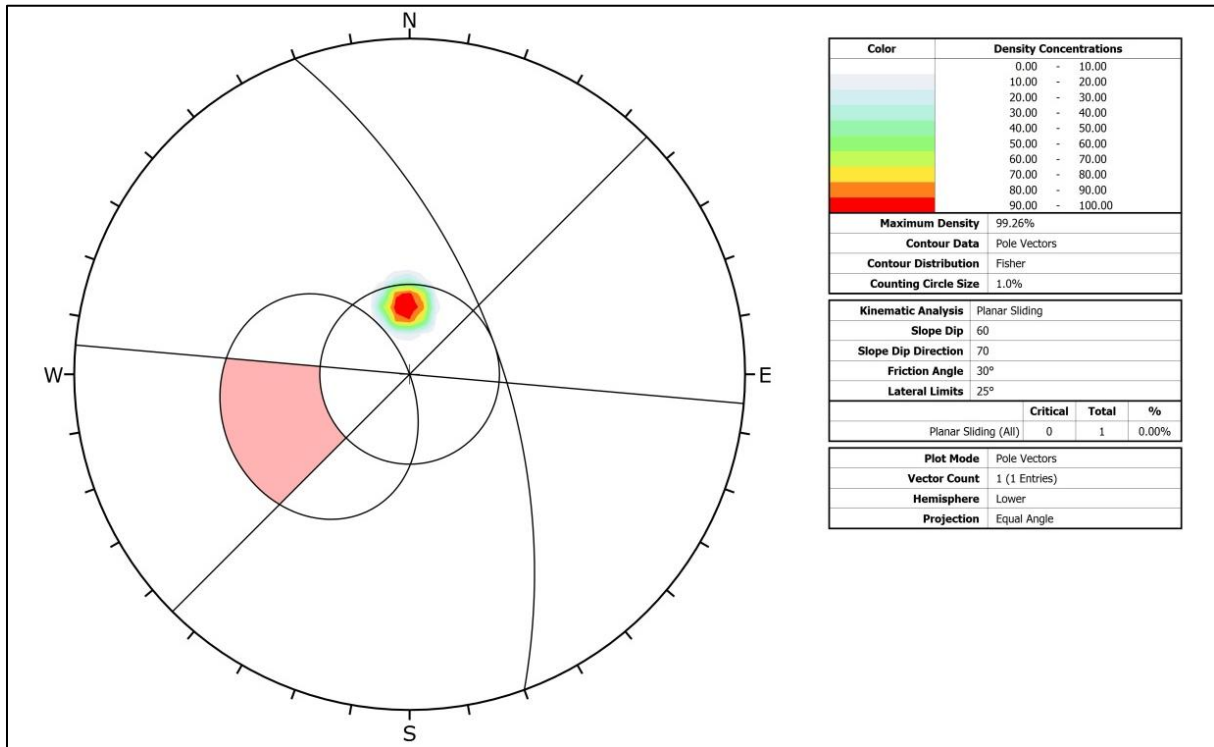
$\Psi_f$  = ფერდობის კუთხე;  $\psi_p$  = შეუსაბამობის დახრილობის კუთხე;  $\Phi$  = ხახუნის კუთხე;  $\alpha_p$  = შეუსაბამობის დახრილობის მიმართულება;  $\alpha_f$  = ფერდობის დახრილობის მიმართულება

ამ პირობების გათვალისწინებით, ფერდზე მოცემული შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაციისა და გამოკვეთილი ფერდის ქანობების პირობებში, არც ერთ კრიტიკულ კლდის ფერდზე სიბრტყითი რღვევა არ არის მოსალოდნელი.



ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია			
	0.00	-	9.90	
	9.90	-	19.80	
	19.80	-	29.70	
	29.70	-	39.60	
	39.60	-	49.50	
	49.50	-	59.40	
	59.40	-	69.30	
	69.30	-	79.20	
	79.20	-	89.10	
	89.10	-	99.00	
მაქს. სიმკვრივე		98.32%		
კონტურის მონაცემები		პოლარული ვექტორები		
კონტურის განაწილება		ფიშერი		
თვლის წრის ზომა		1.0%		
კინემატიკური ანალიზი		პლანარული სრიალი		
ფერდობის ვარდნა		70		
ფერდობის ვარდნის მიმართულება		83		
ხახუნის კუთხე		30°		
ლატერალური ზღვრები		25°		
		კრიტიკული	სრული	%
პლანარული სრიალი (სულ)		0	1	0.00%
გრადიენტის რეჟიმი		პოლარული ვექტორები		
ვექტორის რაოდ.		1 (1 შესვლა)		
ნახევარსფერო		ქვედა		
პროექცია		თანაბარი კუთხე		

**სურათი 11:** კმ 28+960: მარცხენა ფერდობის სიბრტყითი რღვევის ანალიზი

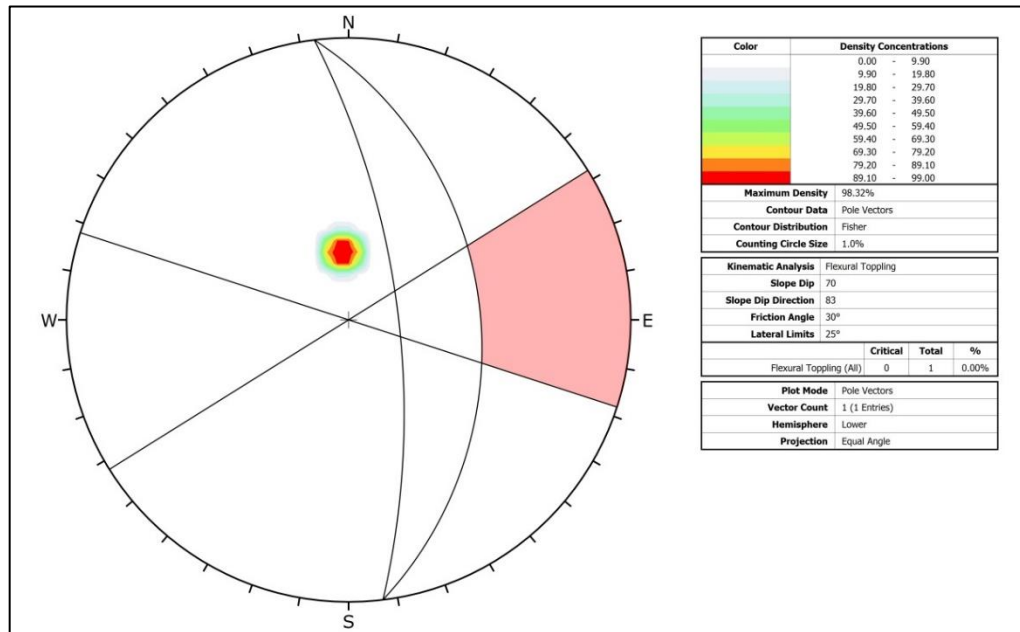



ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია		
	0.00	-	10.00
	10.00	-	20.00
	20.00	-	30.00
	30.00	-	40.00
	40.00	-	50.00
	50.00	-	60.00
	60.00	-	70.00
	70.00	-	80.00
	80.00	-	90.00
	90.00	-	100.00
მაქს. სიმკვრივე		99.26%	
კონტურის მონაცემები		პოლარული ვექტორები	
კონტურის განაწილება		ფიშერი	
თვლის წრის ზომა		1.0%	
კინემატიკური ანალიზი		პლანარული სრიალი	
ფერდობის ვარდნა		60	
ფერდობის ვარდნის მიმართულება		70	
ხახუნის კუთხე		30°	
ლატერალური ზღვრები		25°	
		კრიტიკული	სრული
პლანარული სრიალი (სულ)		0	1
		%	
		0.00%	
გრაფიკის რეჟიმი		პოლარული ვექტორები	
ვექტორის რაოდ.		1 (1 შესვლა)	
ნახევარსფერო		ქვედა	
პროექცია		თანაბარი კუთხე	

სურათი 12: კმ 29+400 მარცხენა ფერდობის სიბრტყითი რღვევის ანალიზი

## ჩამოშლითი რღვევის ანალიზი

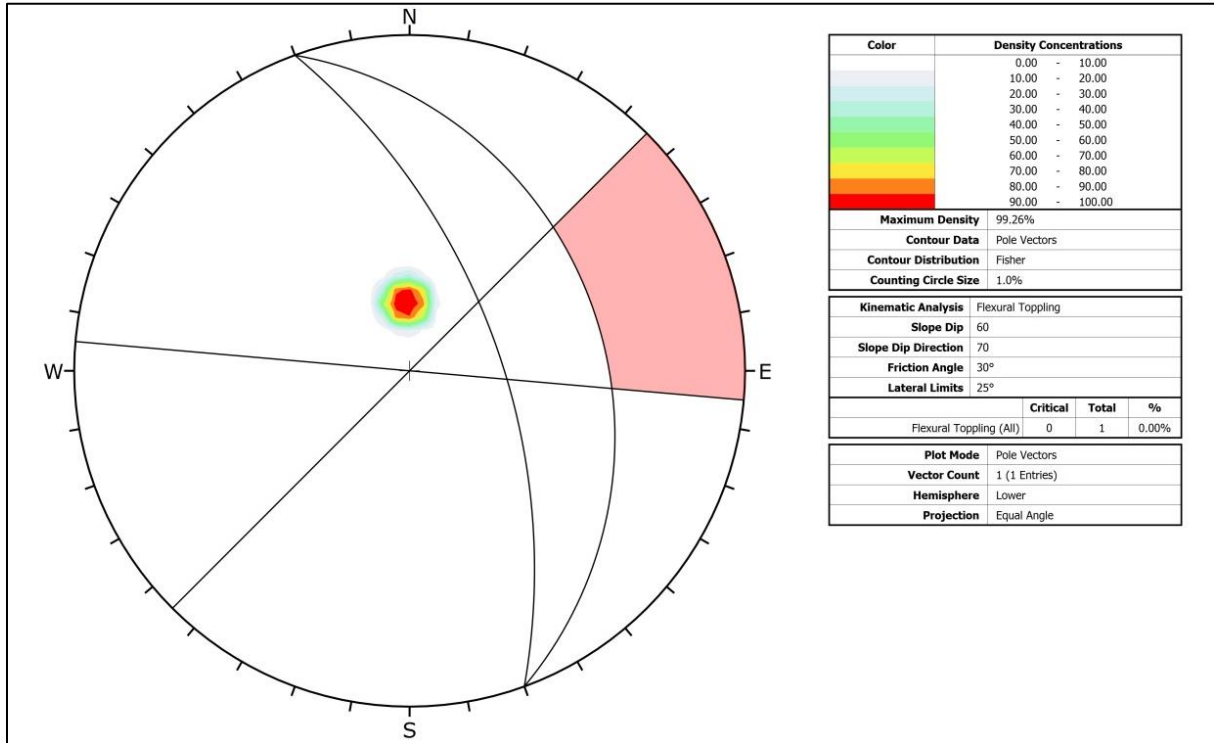
ჩამოშლითი რღვევის კინემატიკურმა ანალიზმა გამოავლინა, რომ არც ერთ კრიტიკულ ფერდობზე, რომლებიც გამოკვეთილი ფერდის ქანობითა და განშრეგების ორიენტაციით ხასიათდებიან, ჩამოშლითი ტიპის რღვევა მოსალოდნელი არ არის.



ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია			
	0.00	-	9.90	
	9.90	-	19.80	
	19.80	-	29.70	
	29.70	-	39.60	
	39.60	-	49.50	
	49.50	-	59.40	
	59.40	-	69.30	
	69.30	-	79.20	
	79.20	-	89.10	
	89.10	-	99.00	
მაქს. სიმკვრივე		33.17%		
კონტურის მონაცემები		პოლარული ვექტორები		
კონტურის განაწილება		ფიშერი		
თვლის წრის ზომა		1.0%		
კინემატიკური ანალიზი		ფლექსურული ჩამოშლა		
ფერდობის ვარდნა		70		
ფერდობის ვარდნის მიმართულება		180		
ხახუნის კუთხე		35°		
ლატერალური ზღვრები		25°		
		კრიტიკული	სრული	%
პლანარული სრიალი (სულ)		0	1	0.00%
გრადიენტის რეჟიმი		პოლარული ვექტორები		
ვექტორის რაოდ.		3 (3 შესვლა)		
ნახევარსფერო		ქვედა		
პროექცია		თანაბარი კუთხე		

სურათი 13: კმ 28+970: მარცხენა ფერდობის ჩამოშლითი რღვევის ანალიზი





ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია			
	0.00 - 9.90			
	9.90 - 19.80			
	19.80 - 29.70			
	29.70 - 39.60			
	39.60 - 49.50			
	49.50 - 59.40			
	59.40 - 69.30			
	69.30 - 79.20			
	79.20 - 89.10			
	89.10 - 99.00			
მაქს. სიმკვრივე 99.26%				
კონტურის მონაცემები პოლარული ვექტორები				
კონტურის განაწილება ფიშერი				
თვლის წრის ზომა 1.0%				
კინემატიკური ანალიზი ფლექსურული ჩამოშლა				
ფერდობის ვარდნა 60				
ფერდობის ვარდნის მიმართულება 70				
ხახუნის კუთხე 30°				
ლატერალური ზღვრები 25°				
	კრიტიკული	სრული	%	
პლანარული სრიალი (სულ)		0	1	0.00%
გრაფიკის რეჟიმი		პოლარული ვექტორები		
ვექტორის რაოდ.		1 (1 შესვლა)		
ნახევარსფერო		ქვედა		
პროექცია		თანაბარი კუთხე		

სურათი 14: კმ 29+400: მარცხენა ფერდობის ჩამოშლითი რღვევის ანალიზი

### 3.5.4 ფერდობთა დაცვის პროექტი (საჭიროების შემთხვევაში, გეოლოგიური პირობების შესაბამისად)

როგოც მიწისქვეშა, ის ღია გათხრებისას, ტორკეტეტონის, შტანგების და ფოლადის ბადის ან ფოლადის ბოჭკოს კომბინაციები დიდი წმატებით გამოიყენება. ღია გათხრებისას, ნახსენები კომბინაციის შემდეგი სახით გამოიყენება ყველაზე ეფექტური:

- შტანგები (გამაგრებული ან გამაგრების გარეშე) ( $s=1.5\text{მ}$ ) სპეციფიური დაშორებებითა და ( $L=4.0\text{მ}$ ) სიგრძის, ექვემდებარება გადახედვას გეოლოგიური პირობების მიხედვით.
- ტორკეტეტონის ორი ფენა ( $7.5\text{სმ}+5.0\text{სმ}$ ) სისქის, არმირებული ფოლადის ბადით/ან ფოლადის ბოჭკოთი, ექვემდებარება გადახედვას გეოლოგიური პირობების მიხედვით.

უნდა აღინიშნოს, რომ მაქსიმალურად ეფექტური გამოყენებისთვის, გათვალისწინებული უნდა იყოს ფერდობებზე ატმოსფერული პირობების ზეგავლენა. ამ თვალსაზრისით ტორკეტეტონის და ფოლადის ბადის ან ბოჭკოს გამოყენება უნდა მოხდეს: (ა) კლდის ყველა ზედაპირზე, ასევე ტერასებსა და (ბ) უნდა გასცდეს მოწინავე შტოლნს, რომელიც თხრილის თავში აიგება. ქვემოთ მოცემულია დაცვის ამგვარი საშუალებების ამსახველი მაღიან მაღალი გათხრების სამაგალითო ფოტოები.

### 3.5.5 კონტურული ბურღვის დამუშავების ტექნიკა

ქანების მდგომარეობა ცხადყოფს, რომ პროექტის ფარგლებში კლდეების გაჭრის უდიდესი ნაწილი „აფეთქებას“ საჭიროებს. საერთაშორისოდ აღიარებული ფაქტია, რომ „კონტურული“ აფეთქების მეთოდი კლდის ფერდობების გაჭრისას შეუცვლელია იმისთვის, რომ უზურნვეყოფილ იქნას:

- მინიმალური რღვევები კლდის მასივში
- ქანების ზედაპირის სიგლუვე გრუნტის ზედმეტად მოცილების გარეშე
- გამაგრებების ნაკლები მოთხოვნილება

უნდა აღინიშნოს, რომ ერთიდაიმავე ქანის მასივზე, ქანური მასა ( $E_m$ ) განსხვავებული იქნება თანაფარდობით  $1:2.5$  იმის მიხედვით, გამოვიყენებთ კონტროლირებად აფეთქების მეთოდს ( $D=0.1$ ) თუ მაღიან დაბალი ხარისხის აფეთქებას ( $D=0.8$ ). ამის მსგავსად, ქანის

მასივის სიმკვრივის პარამეტრებიც ( $c$  და  $\phi$ ) მნიშვნელოვანი ხარისხით განსხვავდება გამოყენებული აფეთქების მეთოდის შესაბამისად.

### 3.6. სტრუქტურების საძირკვლების მდგომარეობები

#### 3.6.1 სასაპირობი

გადასატანი გზის ამ მონაკვეთში, ძირითადად, დაპროექტებულია ოთხი ნაყარი სიმაღლეებით  $\geq 20$  მ; ქვემოთ მოცემულია მათი ფუნდამენტების პირობები. აღსანიშნავია, რომ ეს გარემოებითი ინტერპრეტაციები ექვემდებარება გადასინჯვას მშენებლობის დროს ადგილზე არსებული პირობების შესაბამისად.

#### კმ 27+580-კმ 27+740

ქუთაისი-ალპანის არსებული გზის პატარა ნაკადულზე მდებარე ნაყარი ნაკლებადგამოხატულია, რაც გვამღებს საფუძველს ვივარაუდოთ რომ მისი კალაპოტი ეროზიის მიმართ მდგრადია.

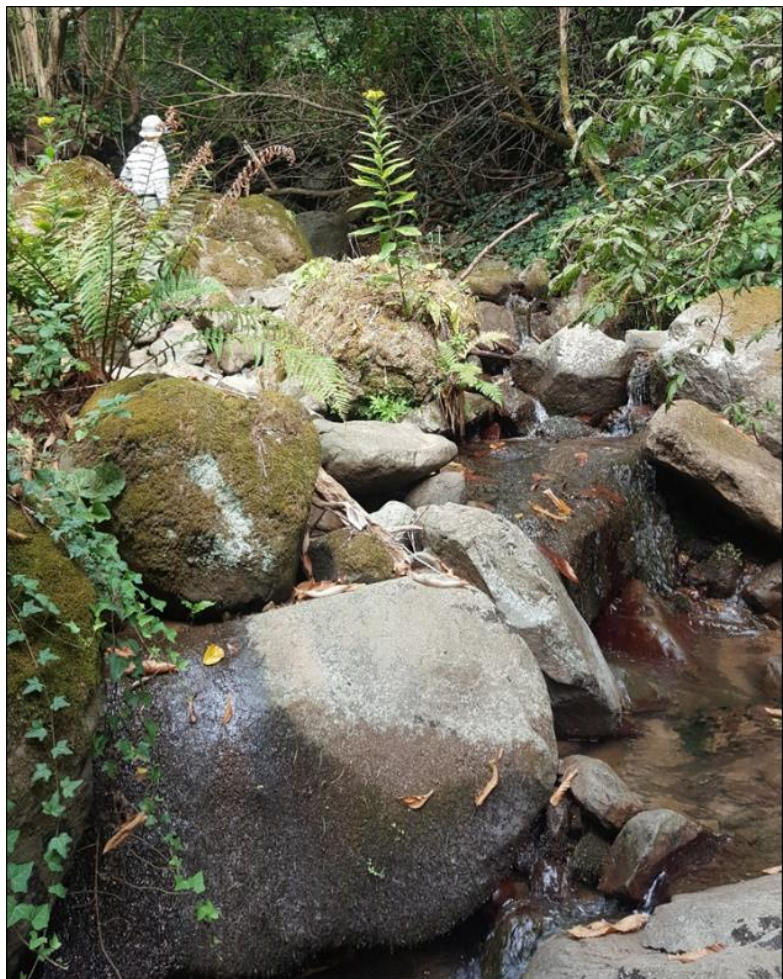
ფაქტობრივი მონაცემები მიგვანიშნებს, სასაპირო ზონის ძირში კოლუვიური ნალექები სავარაუდო სისქით 2-3 მ, შეიძლება ფარავდეს ძირითად ქანს.

#### კმ 28+020-კმ 28+090

როგორც მე-15 სურათზეა ნაჩვენები, შენაკადი, იმ ადგილზე, სადაც საყრდენია მდებარეობს, აღწევს არსებულ კლდემდე და აქ ჩამოაქვს დიდი ტვირთი, რომელიც ვულკანური წარმოშობის მსხილმარცვლოვანი

ბრექჩიისგან წარმოქმნილი

რიყის ქვებისა და ლოდის ზომის ქანების



**სურათი 15:** სურათის მარჯვენა ნაწილში გამოსახული საგები ქანი და ბრექჩიიდან წარმოქმნილი კაჭრის ზომის ფრაგმენტები ენაცვლება ანდეზიტურ პორფირიტს

ფრაგმენტებისგან შედგება. ეს მონაცემები მიუთითებს, რომ ნაყარის დონეზე ან უფრო მაღლა 2-3 მეტრის კოლუვიური ნალექები შეიძლება არსებობდეს.

### 3.6.2 ხიდები

კმ29+042 ხიდი, როგორც ხიდის მშენებელი ინჟინრები ასახელებენ, დაპროექტებულია კმ29+035 - კმ29+130 მონაკვეთებს შორის. ქვემოთ მოცემულია ხიდის ფუნდამენტის გრუნტის პირობების მოკლე მიმოხილვა.

#### ა: 29+042 ხიდი: კმ 29+035 - კმ 29+130

რთული მისადგომობის პირობების გამო, ადგილზე შეუძლებელია ჭაბურღილის გაბურღვა. ხიდის ფუნდამენტის ყველა გეოტექნიკური ასპექტი ინტერპრეტირებულია იმ შენაკადიდან მიღებული მასალების მონაცემების შესაბამისად, რომელიც სამშენებლო ტერიტორიამდე ჩადის, საცნობარო დოკუმენტებში [1 და 2] მოცემული ტერიტორიის სტრუქტურული გეოლოგიისა და გეოლოგიურ რუკაზე დაყრდნობით. შესაბამისად, გეოლოგიური პირობებიდან ირკვევა, რომ ხიდის ფუნდამენტი შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, რომელიც ზოგ ადგილებში ანდეზიტის პორფირით ნაცვლდება. სავსე დაკვირვებები ასევე გვამცნობს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ ანდეზიტის პორფირის ფენა შეიძლება გადაფარული იყოს მსხვილმარცვლოვანი ბრექჩიით. ამასთან დაკავშირებით, ხიდის მონაკვეთის გეოლოგიური ჭრილის ინტერპრეტაცია შეიძლება შემდეგნაირად:

- ხიდის ადგილი მდებარეობს ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთაზე სადაც ტუფოგენური ქვიშაქვის კარგად განვითარებული შრეებრიობის ზედაპირები სამხრეთ-დასავლეთით იხრებიან 225/25 მიახლოებითი ორიენტაციით.
- ფუნდამენტის ქანის უმეტესი ნაწილი შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვისგან ანდეზიტის პორფირიტში.
- სავარაუდოდ, კლდოვან გრუნტს ფარავს 2-3 მ-ზე მეტი სისქის კოლუვიური / პოლუვიური ნალექები, რომლებიც შედგება მსხვილმარცვლოვანი ბრექჩიისგან წარმოშობილი კაჭრის და რიყის ქვის ზომის ფრაგმენტებისაგან.

საბოლოო დასკვნა: ფუნდამენტის პირობები უნდა განისაზღვროს მშენებლობის მიმდინარეობისას, როდესაც ადგილზე წვდომა იქნება შესაძლებელი.



## 4. დასკვნები და რეკომენდაციები

### 4.1 დასკვნები

რუსული პერიოდის განმავლობაში მნიშვნელოვანი ძალისხმევის შედეგად მომზადებული გეოლოგიური რუკების გათვალისწინებით, ასევე პროექტის მოცემულ ეტაპზე შემუშავებული კონცეპტუალური გეოტექტონიკური მოდელის საფუძველზე (ა) გათხრების შედეგად წარმოქმნილი ფერდობებსა და (ბ) 20მ-ის ტოლი ან უფრო მაღალი ნაყარებისა და კმ 29+042 მონაკვეთის ხიდის ფუნდამენტის პირობებთან დაკავშირებით შემდეგი დასკვნები იქნა გამოტანილი:

- პროექტის ტერიტორია მდებარეობს დედამიწის ერთ-ერთ ყველაზე აქტიურ ტექტონიკურ ზონაში, სადაც N-S მიმართულების შეკუმშვა ჯერ კიდევ მიმდინარეობს.
- პროექტის ტერიტორიაზე, N-S შეკუმშვა გამოიხატება ანტიკლინებისა და სინკლინების რიგებით. ამგვარად, ტერიტორია იმყოფება როგორც კომპრესიული, ისე მჭიმავი დამაბულობების ზემოქმედების ქვეშ, რაც, დიდი ალბათობით, ზოგ ადგილებში სუსტი ზონების გამომწვევი იქნება.
- პროექტის ტერიტორია შედგება იურული პერიოდის ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებისგან, რომელიც ოკეანესა და ოკეანური ფილებს შორის საზღვართან დაკავშირებული კუნძულთარკალური ვულკანიზმის წარმოშობისაა.
- ამ ინტერვალში გასათხრელი ქანების ფერდების უდიდესი ნაწილი შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ხოლო მცირე ნაწილი - ანდეზიტის პორფირიტებისგან. ანტიკლინის და სინკლინის უარყოფითი ეფექტების ალბათობის გამოკლებით, ორივე ქანის ტიპი გვთავაზობს ხელსაყრელ მასურ მახასიათებლებს ფერდობის დაპროექტებისათვის.
- კლდეების ფერდობთა ემპირიული პროექტი ეფუძნება RMR<sub>89</sub> and Q-კლასიფიკაციების სისტემებს, ხოლო GSI სისტემა გამოყენებულია ქანების ფორმაციების ზოგადი ვიზუალური გამოსახვისთვის.
- პროექტირებისას გამოყენებულ იქნა „ქანების რღვევის კრიტერიუმზე“ (ე.ჰოუკი & ე.ტ. ბრაუნი, 1980) დაფუძნებული თხრილის ფერდის ქანობების ცხრილი.
- თვითოეული თხრილის ფერდობებისთვის განხორციელებულ იქნა კინემატიკური ანალიზი.

- თხრილის ფერდობის პროექტირების წარმატებისთვის გამოყენებული უნდა იქნეს „კონტურული აფეთქების მეთოდი“; წინააღმდეგ შემთხვევაში ქანის მასივი შეიძლება მნიშვნელოვანწილად დაზიანდეს და გამყარების სერიოზული ღონისძიებები დასჭირდეს.
- იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ ქანის მასივი კომპრესიული ტექტონიკის გამო არაერთგვაროვანია, კლდის ფერდობების ზოგიერთი მონაკვეთს შეიძლება დასჭირდეს გამაგრებები, ფოლადის ბადით და/ან ფოლადის ბოჭკოთი არმირებული ტორკეტბეტონისა და შტანგების გამოყენებით.
- მიუხედავად იმისა, რომ განისაზღვრა, რომ ნაყარების ფუნდამენტის გრუნტი წარმოადგენს ქანს, რომელიც სავარაუდოდ გადაფარულია კოლუვიური ნალექების თხელი ფენით, ეს საკითხი უნდა შემოწმდეს მშენებლობის მიმდინარეობისას და საჭიროების შემთხვევაში შესაბამისი ცვლილებები იქნეს შეტანილი.

#### 4.2 რეკომენდაციები

პროექტის მშენებლობის ეტაპზე, რეკომენდირებულია ყურადღების გამახვილება შემდეგ გეოტექნიკურ საკითხებზე:

- მაღალი კლდის ფერდობებთან სიახლოვეს, პრაქტიკულად საგზაო ნაწილზე არაღრმა გათხრები მოგვეცემს ფერდის ქანობების კუთხით ქანის ხარისხის შესახებ თავდაპირველ სურათს. რეკომენდირებულია გათხრების ამ ეტაპს მოყვეს ასაგები მაღალი ფერდობის მონაცემების შესაბამისი გადასინჯვა.
- ყრილების ფუნდამენტები მშენებლობის წარმოების პროცესში უნდა გადაისინჯოს გაბატონებული გეოლოგიური პირობების შესაბამისად.
- კონტურული აფეთქების მეთოდის გამოყენება აუცილებელია გაჭრილი კლდის ფერდობების სტაბილურობის უზრუნველსაყოფად.

თითოეული გაჭრილი კლდის პირის გეოლოგიურ რუკაზე მონიშვნა აუცილებლად უნდა დასრულდეს შემდგომი საფეხურის დამუშავების დაწყებამდე, რათა მოხდეს გასამაგრებელი სამუშაოების ჩატარების აუცილებლობის მყისიერი შეფასება და შესაბამისი ზომების მიღება.

## 5. შიითიებები

ანგარიშის მომზადების პროცესში, დიდწილად შემდეგ მასალა იქნა გამოყენებული:

[1] რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკა ნახ. N4001-3-13 თარიღი 1957 (მასშტაბი 1:2500).

[2] ნამახვანის ჰესების კასკადის გეოლოგიური რუკა, მასშტაბი: 50 000, ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტი, დ. ზაქარაია, ი. შველიძე, 2008.

[3] კავკასიონის გეოლოგია: მიმოხილვა, შოთა ადამია, გურამ ზაქარაძე, თამარ ჩხოტუა, ნინო სადრაძე, ნინო წერეთელი, ალექსანდრე ჭაბუკიანი და ალექსანდრე გვენეტაძე, აპრილი 2011.

[4] სტრუქტურული გეოლოგიის ჟურნალი, აქტიური ტექტონიკური ინვერსია, სუფთა სხლეტის დანაოჭება და ზურგის შეცოცება რიონის აუზში, საქართველო, მ. ნოდია და სხვ., გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2017.

[5] პროექტი: ნამახვანის ჰესების კასკადის გეოლოგიური ანალიზი; ანგარიში No: 3; ანგარიშის სათაური: გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევები; სათაური: საბოლოო ანგარიში, E.C Hydroprojekt International Limited (თარიღის გარეშე).

[6] ფაზა 2A – პროექტის მთავარი გეოლოგიური ანგარიში, ივლისი, 2015, SP Studio Pietrangeli Consulting Engineers.

[7] შპს გეოინჟინერია. საქართველოს ნამახვანის ჰესის საინჟინრო კვლევა, პროექტირება, მშენებლობა, გეოტექნიკური ანალიზი; ტექნიკური ანგარიში, თბილისი, საქართველო 2014.

[8] ბრიტანული სტანდარტი, BS 5930: 1999.

[9] ქანის მასების საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბის გამაგრების პროექტირებისთვის, ნ. ბარტონი, რ.ლინი, ჯ.ლუნდე, 1974.

[10] ქანის მასივის რეიტინგის (RMR) სისტემა (გეომექანიკური კლასიფიკაცია) საინჟინრო პრაქტიკაში, ბინიავსკი. ზ.ტ., 1989.

[11] დარღვეული ბლოკური ქანის მასივის გეოლოგიური სიმკვრივის ინდექსი (GSI), (ჰოუკი, ე., კარტერი, ტ.ჯ., დიდერიქსი, მ.ს., 2013)

[12] [2] ქანის მასივის კლასიფიკაციის სისტემები, საიდ მუნთაზირ აბასი, (TU Bergakademia გეოტექნიკური ინსტიტუტი და პაშავარის უნივერსიტეტის გეოლოგიის განვითარების ეროვნული ცენტრი, 01 ნოემბერი 2017).

[13] აფეთქების შვედური მეთოდი, რენე გუსტაფსონი, გოტენბერგი, შვედეთი, სექტემბერი, 1973.

[14] გუდმანი რ.ე. 1980. ქანების მექანიკის შესავალი (თავი 8), ტორონტო: ჯონ უილი, გვ.254-287.

[15] ჰადსონი ჯ.ა. და ჰარისონი ჯ.პ. 1997. ქანების საინჟინრო მექანიკა - საფუძვლების შესავალი, პერგამონ პრესი.

## 6. შანართები

დანართი - 1: გვირაბის T-3 ანგარიში და დანართები

დანართი - 2: გასაადგილებელი გზის გეგმა გეოლოგიის ჩათვლით

დანართი - 3: ტიპური გათხრების ფერდობის მხარდაჭერა

დანართი - 4: კრიტიკული კვეთის მონაკვეთი

დანართი - 5: კმ29 + 042 ხიდის პროფილი