

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-weight: bold;"> სს ენმარ კონსტრაქშენის საქართველოს ფილიალი </div>					
კონსტრუქტორი/ქვემენარდე: <div style="text-align: center;">  </div>					
კონტრაქტის ნომერი: <div style="text-align: center; font-size: 1.1em; font-weight: bold;">GE308</div>					
დოკუმენტის დასახელება: <div style="text-align: center; font-weight: bold;"> საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში - გზის გადატანის სამუშაოები უბანი – 1 მონაკვეთი: კმ 21+700 – კმ 25+380 </div>					
დოკუმენტის#:		<div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.1em;">GE308-203-DW-REP-GEO-00008</div>			რედ. # <div style="text-align: center; font-weight: bold;">00</div>
<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 İnşaatveSanayi 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	გამოცემულია გამოყენებისთვის	Mustafa Akıncı	Bülent Uygur	Nejat Demirörs

სარჩევი

სურათების ჩამონათვალი	3
კვლევის მიზანი:	4
1. მეთოდოლოგია: კონცეპტუალური მენტალური მოდელები.....	5
1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელირების არსი	5
1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი.....	6
1.2.1 კუნძულთარკალური ვულკანიმი.....	7
1.2.2 პროექტის ტერიტორიის სტრუქტურული ევოლუცია.....	9
2. ზოგადი გეოლოგია	11
2.1 შუა იურული პორფირიტული სერიები.....	11
2.2 მეოთხეული წარმონაქმნები	13
3. საინჟინრო გეოლოგია	14
3.1 ქანების მასივების მახასიათებლები.....	14
3.1.1 ქანების მასალათა თვისებები	14
3.1.2 ქანის მასური თვისებები	15
3.2 გრუნტის წყლების მდგომარეობა.....	16
3.2.1 ჰიდროლოგიური ტერმინები	16
3.3 ადგილზე არსებულ ქანთა მასივების საინჟინრო მახასიათებლები	17
3.4 ქანების მასივების კლასიფიკაციის ემპირიული სისტემები	17
3.4.1 ზოგადი მოსაზრებები.....	17
3.4.2 კორელაცია GSI, RMR და Q -მნიშვნელობათა შორის	21
3.4.3 ქანების ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების ემპირიული პროექტირება	22
3.5 ემპირიულად გათხრილი ფერდობის ნახაზი	24
3.5.1 უბნის კვლევა.....	24
3.5.2 მოთხრილი კლდის ფერდობის პროექტი	26
3.5.3 გათხრილი კლდის ფერდობის ანალიზი	28
3.5.4 ფერდობის დაცვის პროექტი (საჭიროების შემთხვევაში, გეოლოგიური პირობების შესაბამისად)	35
3.5.5 დაშლამდე აფეთქების ტექნიკა	35
3.6 თხრილის ფორმირების პირობები	36
4. დასკვნები და რეკომენდაციები	37
4.1 დასკვნები.....	37
4.2 რეკომენდაციები	38
5. გამოყენებული ლიტერატურა.....	39
6. ზანართები.....	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; ამოღებულია საცნობარო დოკუმენტიდან [5].	10
სურათი 3: პროექტის ტერიტორიის შუა იურული პერიოდის ქანების სვეტისებრი გეოლოგიური კვეთი	13
სურათი 4: გენერალიზირებულია RMR კლასიფიკაციის პარამეტრებიდან. შენიშვნა: RMR89-ის შესწორებული ვერსიაში გრუნტის წყლები არის 15 (მშრალი), ხოლო ნაპრალის ორიენტაციის კორექტირება 0 (ძალიან ხელსაყრელი)	19
სურათი 5: GSI გრაფიკის საბოლოო ვერსია, რომელიც დოკუმენტურად ასახულია “რღვევის პირობების კლასიფიკაციის ინსტრუქციაში”. გრაფიკზე დატანილია გადასატანი გზის არეალში არსებული კლდის მასები; შემდგომში GSI-ს შესაბამისი ინტერვალის შეესაბამება კონკრეტულ კლდის მასას გათხრილი კლდის ფერდობის ნახაზის შედგენისას.	22
სურათი 6: ემპირიული ფერდობის დიაგრამა Q-ფერდობის გამოყენებით.	23
სურათი 7: ქანებისა და ნაპრალოვანი ქანების მასივების დეფორმაციის პრინციპების მიახლოებული განტოლებები კლდის ფერდობების რუკებისთვის (ე. ჰოეკ და ე.ტ. ბრაუნ, 1980).	24
სურათი 8: მოთხრილი კლდის ფერდობის დახრილობის მიხედვით კლდის ხარისხის შედარება კლდის სახეობასთან	25
სურათი 9: კლდის მდგომარეობა არსებული გზის მონაკვეთზე: კმ 22+750-კმ 22+840, რომელიც ვრცელდება გადასატანი გზის მიმართულებით. კლდის ტიპი - საშუალო და სქელშრეებრივი ტუფოგენური ქვიშაქვა კლდის ფერდობისკენ მიმართული.	25
სურათი 10: გათხრილი კლდის ფერდობისა და მიწაყრილების ზღვრული ინტერვალები	27
სურათი 11: კმ 22+800 მარცხენა ფერდობის პლანარული ჩამოშლის ანალიზი	30
სურათი 12: კმ 23+690: მარცხენა ფერდობის პლანარული ჩამოშლის ანალიზი	31
სურათი 13: კმ 22+800: მარცხენა ფერდობის ამოყირავების ჩამოშლის ანალიზი.	32
სურათი 14: კმ 23+690: მარცხენა ფერდობის ამოყირავებული ქანების ჩამოშლის ანალიზი	33
სურათი 15: GSI გრაფიკზე დატანილი გადასატანი გზის გათხრილ კლდის ფერდობში შემავალი კლდის მასივის განზოგადებული ხარისხი.	34
სურათი 16: კოლუვიური ფრაგმენტებისგან გაწმენდილი ტუფოგენური ქვიშაქვების ტიპური მოშიშვლებები.	36

კვლევის მიზანი:

ქვემო ნამახვანის ჰესის პროექტის რეზერვუარის ტერიტორიის საზღვრებში მოქცეული „გზის გადატანის სამუშაოებთან“ დაკავშირებით განსახორციელებელი საექსკავაციო სამუშაოების საინჟინროპროექტი, რომელიც ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის („ჰესი“) კასკადის პროექტის (ზედანამახვანი 100 მგვტ. და ქვემო ნამახვანი 333 მგვტ. ქუთაისი, საქართველო) წინასწარი საპროექტო გათვლების (1-ელიდონე) 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 მეორე უბნის კილომეტრაჟი შეადგენს: კმ21+700-კმ 25+380. საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიშის შინაარსი ძირითადად ეხება: (ა) გადასატანი გზის ქანის ექსკავაციის პროექტს და (ბ) და ნაპირების გრუნტის აღწერას.

ეს კონკრეტული საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში ეხება შემდეგ მონაკვეთს: კმ21+700-კმ25+380 და ძირითადად ფოკუსირებულია გადასატანი გზის შემდეგ გეოტექნიკურ ასპექტებზე:

- 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, რომლებიც ღირებულ ინფორმაციას გვაწვდის საპროექტო ტერიტორიის ქანების ტიპებსა და გეოლოგიურ სტრუქტურაზე.
- მიუხედავად იმისა რომ არასწორი ნიადაგი და სქელი მცენარეული საფარი ხელს უშლიდა გრუნტის სიღრმისეულ შესწავლას კერნის ბურღვის მეშვეობით, ფართოდ გამოიყენება ქვედა ნამახვანის ჰესის საპროექტო უბნის კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები.
- გეოტექნიკური მონაცემების საუკეთესო ნიმუშებზე დაკვირვება შესაძლებელია არსებული ქუთაისი-ალპანას გზებთან გამდინარე და შემდეგ რიონის ხეობაში

ჩამდინარე შენაკადებში. აღნიშნულ 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 პროლუვიური წარმოშობის ნალექების მიახლოებითი სისქე.

- ზემოხსენებული დოკუმენტების სტრუქტურულ-გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე, მდინარე რიონის ხეობის გასწვრივ გამოსავალი საგულდაგულოდ იქნა შესწავლილი ნამახვანის ანტიკლინის და შემდგომ ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით შრეებრიობის ზედაპირების ორიენტაციებისთვის.
- საბოლოოდ, საერთაშორისოდ აღიარებული „ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციის“ საფუძველზე, შემუშავდა ექსკავაციის შედეგად ფორმირებული ფერდობების „ემპირიული პროექტი“.

1. მეთოდოლოგია: კონცეპტუალური მენტალური მოდელები

1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელირების არსი

„დროისა 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 ვიზუალიზაციისთვის. 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 ეხება ვიზუალურ გამოსახულებას, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ და ტექნიკურ ინტუიციას.

გ: მექანიკური ასპექტები

კლდოვან ნიადაგზე 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-მშენებლობლების უმეტესობა სვეტური ბურღვის საფუძველზე აგებს მუშაობის მოდელს. თუმცა, ჩვენი მიდგომა, "მოდელირების" განმარტების გათვალისწინებით, გავრცელებული ტენდენციებისგან განსხვავებით, მდგომარეობს იმაში, რომ ჭაბურღილიდან აღებული 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 ვკვევავთ.

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 პირდაპირ 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. ამ მიზნის მიღწევის ერთ-ერთი საშუალებაა „ტექტონიკური ფილების თეორიის“ გამოყენება, რომელიც სისტემის შესაბამისი ნაწილების ინტეგრაციის საშუალებას გვაძლევს. თავად ტექტონიკური ფილების თეორია, მაღალი დონის აბსტრაქტული აზროვნების“ გზით ჩამოყალიბდა. ამ თეორიის გამოყენება აუცილებლად მოითხოვს "ვიზუალურ გამოსახვას, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ ინტუიციას".

როგორც 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. გვიან პროტეროზულ - ადრე კენოზურ პერიოდში, რეგიონი ტეთისის ოკეანეს და მისი ევრაზიისა და აფრიკა-არაბეთის საზღვრებს მიეკუთვნებოდა. აქ განვითარებული იყო „კუნძულთარკალების, შიდა რკალური რიფტების, კუნძულთარკალსუკანა აუზების “სისტემა, რაც რეგიონის ევოლუციის კოლიზიამდელი ეტაპის მახასიათებლებია [4]. ტექტონიკური ფილების თეორიის თვალსაზრისით, პროექტის ტერიტორია მდებარეობს ტრანსკავკასიურ მასივში, რომელიც პალეოზოლური-ადრეული კაინოზოური ერის „კუნძულოვანი რკალის“ ოროგენეზისია. დიდი კავკასიონი, მეორე მხრივ, წარმოადგენს ნაოჭა-შეცოცებითი სტრუქტურის მქონე კონტინენტთაშორის მთათა სისტემას, რომელიც კოლიზიამდელი, რკალსუკანა აუზიდან“ წარმოიშვა, აფრიკა-არაბეთის და ევრაზიის ლითოსფერული ფილების შეჯახების შედეგად. გვირაბის მშენებლობის ამ კონკრეტულ პროექტთან მიმართებით, გეოტექტონიკური ევოლუციის ორი ასპექტია საყურადღებო, როგორც ქვემოთ არის განხილული.

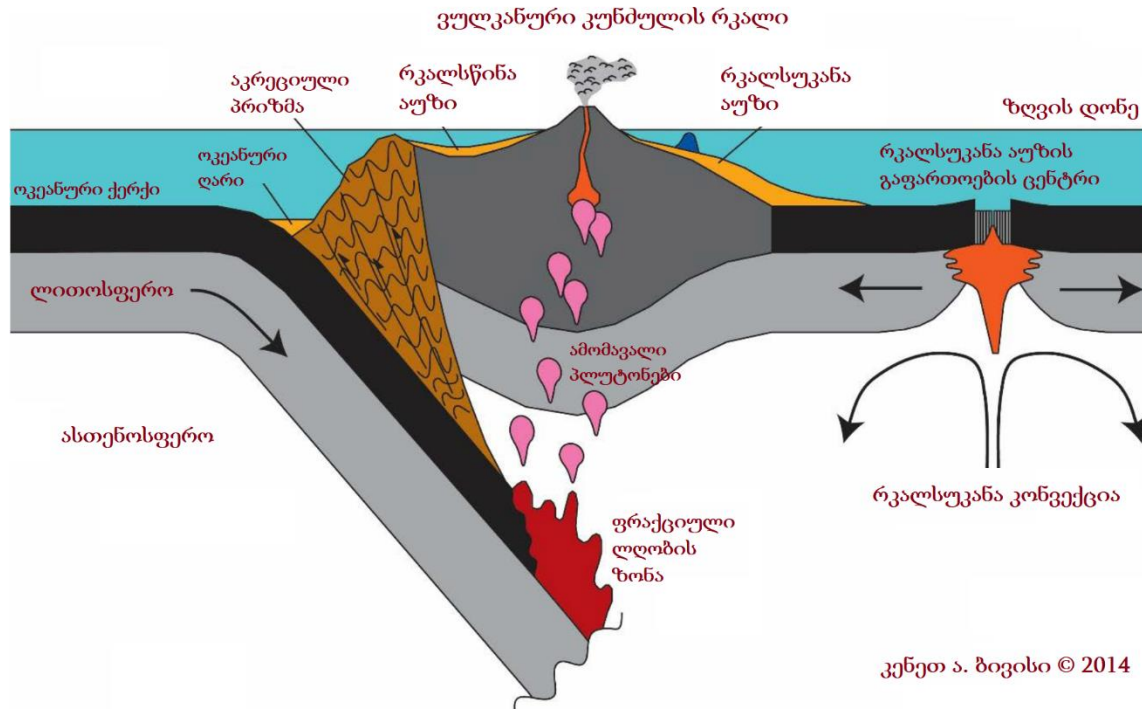
1.2.1 კუნძულთარკალური ვულკანიზმი

კუნძულთარკალები წარმოიქმნება ორი ოკეანური ფილის შეჯახებისას (ერთი ოკეანური ფილა მეორე ოკეანური ფილის ქვეშ ექცევა), და შეცოცებული ფილის ზემოთ ვულკანური კუნძულების ჯაჭვს ქმნის. ქვემოთ მოქცეული ფილა - ოკეანური ფილის განაპირა ნაწილი ქერქსა და ზედა მანტიაში ჩაძირვისას, ოკეანის ფსკერის გაფართოებით გამოწვეული წნეხის ზემოქმედებით, ლღობას იწყებს. ეს გეოდინამიკური პროცესი, ჩვენ კონკრეტულ

შემთხვევაში, წარმოიქმნა პალეოტეთისის ოკეანის რიფტულ ზონაში, როცა სამხრეთით მდებარე ოკეანური ფილის კიდე ჩრდილოეთის მიმართულებით დაიწყო დაწევა, ჩრდილოეთით მდებარე ოკეანური ფილისკ ვემ მოქცევის შედეგად. კუნძულთარკალები, რომელთა ფორმირება ფილების კონვერგენტული აქტივობის შედეგად მოხდა, ამჟამადც 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 ქანის ფორმირების ეპიზოდები მოცემულია ქვემოთ:

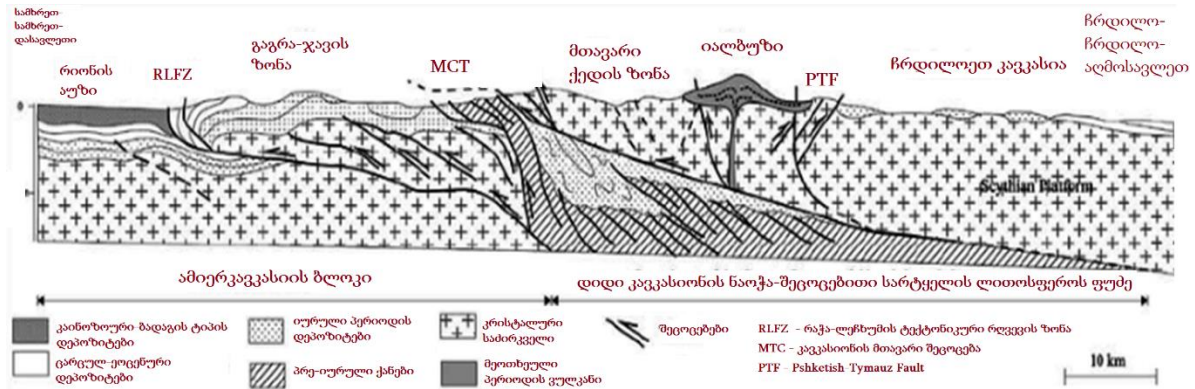
- პორფირიტული სერიის ვულკანური ქანები კუნძულთარკალური ვულკანიზმის საწყისი პროდუქტია, რომელიც მოიცავს პიროკლასტურ ქანებს, ლავის ხშირი ამოფრქვევით.
- ვულკანიზმის არააქტიური პერიოდებისას, ეროზიული რეაგენტები აქტიურდება, რაც ადრე ფორმირებული ვულკანური მასებიდან სხვადასხვა ზომის ნაწილების მოწყვეტას განაპირობებს. შედეგად, დანალექი ქანების ნალექგროვება იზრდება.
- კუნძულთარკალურ არეში, ეს ორი პროცესი ურთიერთმონაცვლეობით მიმდინარეობს, რაც ვულკანური დადანალექი 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 ევოლუცია

დიდ და მცირე კავკასიონს შორის მდებარე რიონის აუზი, მიმდინარე ტექტონიკური ინვერსიის შესანიშნავი მაგალითია. რეგიონალური თვალსაზრისით, სტრუქტურულმა ინვერსიამ ტექტონიკური კუმშვის დროს კრისტალური ფუნდამენტის სამხრეთისკენ დამბრა, 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; ამოღებულია საცნობარო დოკუმენტიდან [5].

გვირგვინის გაყვანასთან მიმართებით, სამხრეთით მიმართული რეგიონალური ტექტონიკური მოძრაობის მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ასპექტები შეიძლება შემდეგი სახით შევაჯამოთ:

- მთელი რიონის ხევის გასწვრივ განლაგებული კუნძულთარკალური წარმოშობის შუა იურული პერიოდის პორფირიტული წყებებზე ნაოჭების გამოკვეთილი განვითარება, რაც ანტიკლინებითა და სინკლინებით არის გამოხატული.
- ასაგები გზის მონაკვეთი ნამახვანის ცნობილი ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთის ფრთაზე გადის.

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 შემოვლითი გზის მთავარ ქანს წარმოადგენს, დამუშავებულია საცნობარო დოკუმენტში [1&2]. აქედან გამომდინარე, მკითხველის კომფორტისთვის, ქვემოთ ნახაზი 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, მათ მოკლე აღწერილობით გამარტივებული ცხრილის სახით არის წარმოდგენილი (ნახაზი 3).

ა: ქვედა ბაიოსური წყება (J2b1)

პროექტის ტერიტორიაზე ქვედა ბაიოსური წყების მხოლოდ უკიდურესად ზედა შრე გამოდის ზედაპირზე და ანტიკლინისა და სინკლინის სტრუქტურის მქონე საგებ ქანს წარმოქმნის. ქანის ტიპური გამოსავალი შეიძლება ვნახოთ ლეხიდარის შენაკადსა და სოფელ ბენტოქოულას შორის არსებულ ზონაში, ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე. ზედაპირული საველე კვლევა აჩვენებს, რომ თავდაპირვლად ეს წყება ძალიან ტიპური „ფლიშის“ ფორმაციის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრექჩიის, ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ზოგ შემთხვევაში, ავგიტისა და ლაზრადორიტის პორფირიტებით. განსაკუთრებით კარგად განვითარებული შრეებრიობის ზედაპირები გამორჩეული საშუალო ორიენტაციის მაჩვენებლებით - 225/40¹ ხასიათდება.

¹ Designates dip direction and dip amount respectively

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.

ბ-1: J2b2-5 ქვეწყება

ამ ქვეწყების ტიპიური ნაჩენები კარგად შეინიშნება LNK-ს კასკადის ქვედა და ზედა ბიუფის უმაღლო სიახლოვეს. უბნების კვლევების შესაბამისად, რომლებიც განხორციელდა შენაკადებში, სადაც ჩამოშლილია გამომშრალი ფენები, შეინიშნება ტუფოგენური ქვიშაქვებიანი წარმონაქმნები, ზოგჯერ ფიქალების ჩანართებით. რიყის ქვიდან კაჭარამდე ზომის მომრგვალებული ფრაგმენტები შეინიშნება ზოგიერთ შენაკადში, რაც გვაფიქრებს შემალღებული ადგილების ზედა ნაწილში ვულკანური ბომბების შემცველობის ბრექჩიის გავრცელებაზე.

ბ-6: J2b2-6 ქვეწყება

ეს წარმონაქმნი წარმოადგენს ქვედა ნამახვანის (LNK) კაშხლის ადგილს, რომელიც მდებარეობს ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ფრთაში. ტიპიური ნაჩენები შეინიშნება, როგორც ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის მონაკვეთზე, ასევე რუსულ პერიოდში განხორციელებულ გეოლოგიურ-საძიებო სამუშაოებში. ამ ნაჩენებში გამოვლენილია კლდის მატერიალური და მასობრივი თვისებების საუკეთესო ნიმუშები. შესაბამისად, ფენა ძირითადად შედგება ანდეზიტის პორფირიტებისგან, რომლებიც მონიშნულია თხელი შლიფის ანალიზის შედეგად და ზოგადად მასიური სტრუქტურის მქონეა. ანდეზიტის პორფირიტებს ზოგჯერ თან ახლავს ბრექციის ფენა, რაც ვულკანური მოქმედებების ზეგავლენის შედეგია. J2b2-6 ქვეწყების ზემოქმედების კიდევ ერთი უბანი მდებარეობს რიონის კასკადის ზემო წელში, ლეხიდარის შენაკადის ჩრდილოეთ ნაწილში, რომელიც წარმოადგენს მდინარე რიონის ორივე ნაპირს.

2.2 მეოთხეული წარმონაქმნები

პროექტის ახალგაზრდა წარმონაქმნები ძირითადად წარმოდგენილია კოლუვიური და ალუვიური ნალექებით. აღნიშნული კოლუვიური ნალექები, რომლებიც გამოდის გადასატანი გზის სავალი ნაწილის გარკვეული ადგილების ზედაპირზე, მნიშვნელოვანია შემდეგ მიზეზთა გამო: (ა) ისინი შესაძლოა შეადგენდნენ მნიშვნელოვან საფარს გვირაბის ზემოთ, რაც შეამცირებს ქანების სისქეს და (ბ) ისინი შესაძლოა იქცნენ წყალშემცველ ფენად, რომლებიც წყალს მიაწვდიან გვირაბს.

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)	J2b2-6		მასიური, ავგიტ- ლაბრადორიტის პორფირიტები
		J2b2-5		საშუალოდ ან წვრილად დაშრეხებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ბრექჩით
		J2b2-4		სქლად ან საშუალოდ დაშრეხებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-3		საშუალოდ ან წვრილად დაშრეხებული, წვრიმარცვლოვანი ტუფოგენური ალევროლიტი, ადგილებში მიკრობრექჩით
		J2b2-2		მასიური, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-1		საშუალოდ და წვრილად დაშრეხებული, წვრიმარცვლოვანი 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 სვეტისებრი გეოლოგიური კვეთი

3. საინჟინრო გეოლოგია

ქანების მასივების საინჟინრო გეოლოგიური ქცევა ძირითადად განისაზღვრება (ა) ქანების მასივების დახასიათებით და (ბ) გრუნტის წყლებით. ეს ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული ქვემოთ, ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციისთვის საჭირო სტრუქტურული საფუძვლის შექმნის მიზნით.

3.1 ქანების მასივების 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 ქანების მასალათა თვისებები

გეოტექნიკურ ინჟინერიაში, “დაურღვეველი ქანი” აღნიშნავს შტუფს ან ქანის სვეტს, რომელსაც რაიმე სახის რღვევა არ ელენიშნება. 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 ერთდერძა 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 ქანის მასური თვისებები

მასობრივი თვისების საერთო სპექტრში, არაერთგვაროვნებას დომინანტური წილი უჭირავს და წარმოადგენს კლდის მასების გეომეტრიული თვისებების უმთავრეს ნაწილებს. ამ თვისებებს შორის რაოდენობრივ აღწერას უფრო მეტი უპირატესობა ენიჭება, ვიდრე რაოდენობრივის.

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 შრეობიობის ზედაპირებისა და ნაპრალების. თუმცა, ასევე არ არის გამორიცხული სხვა რღვევები, როგორიცაა ნაპრალი და ნაწევის სიბრტყე.

- ნაპრაღის ანალიზი: ინტერვალი, ორიენტაცია, განშრევება.
- ნაპრაღის სიმჭიდროვე.

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

3.2 გრუნტის წყლების მდგომარეობა

3.2.1 ჰიდროლოგიური ტერმინები

გვირაბის 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 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 შრეებრიობის სიბრტყითა და ნაპრალებით და დამთავრებული უთანაბრო ნაპრალებით, რომელებიც საბოლოოდ დიდი ზომის სტრუქტურებს მოიცავს, როგორებიცაა ნაოჭები და ნაწევები. ამ წინაპირობების საფუძველზე, ზემოთ ჩამოთვლილი ჰიდროლოგიური ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული.

Aquifer/წყალგამტარი: ფორივანი და გამტარი ფენა, რომელსაც შეუძლია წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობის გატარება (მაგ. კვიშა / ხრემის მოტეხილი ქანები).

Aquiclude/გაუმტარი: გაუმტარი ფენა, რომელსაც არ შეუძლია წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობის გატარება (მაგ., წვრილმარცვლოვანი თიხოვანი ქანები, კრისტალური დანაწევრებული ქანები).

Aquitard/წყალშემკავებელი: ფენა, რომელიც აკავებს წყალს, მაგრამ ხელს არ უშლის მიმდებარე წყალშემცველი უბნებიდან ან უბნებისკენ წყლის გადინებას.

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

3.3 ადგილზე არსებულ ქანთა მასივების საინჟინრო მახასიათებლები

გასაყვანი გზის მარშრუტის 21+700კმ - 25+380კმ მონაკვეთის გეოტექნიკური მდგომარეობა, რომლებიც ტექტონკის, ქანების მასათა მახასიათებლებისა და გრუნტის წყლების მდგომარეობის თვალსაზრისიდან გამომდინარე განისაზღვრა, შემდეგია:

- გასაყვანი გზის მარშრუტი განლაგებულია ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთაზე, რომელიც ძირითადად შედგება ტუფური ქვიშაქვის საშუალო და სქელი ფენისგან, ზოგ შემთხვევაში გვხვდება მასიური ბრექჩიით გადაფარული ანდეზიტური პორფირიტი.
- საშუალო და სქელი ტუფური ქვიშაქვის ფენების ტიპური გამოსავალი გამოკვეთილი შრეებრიობის სიბრტყეებით გვხვდება დინების წინააღმდეგ ქვედა ნამახვანის კაშხლის ტერიტორიაზე და ფორმაციის ყველა მახასიათებელს გვიჩვენებს.
- საოცარი ჩანჩქერი, უშუალოდ LNK-დინების საწინააღმდეგოდ მიედინება ანდეზიტის პროფირიტების უზარმაზარ მასივზე, რომელიც მნიშვნელოვან ფართობს ფარავს.
- მიუხედავად იმისა, რომ შეუძლებელი იყო სვეტისებრი ბურღვა ტრასის გასწვრივ მიდგომისა და გარემოზე ზემოქმედების შეზღუდვის გამო LNK-ს კაშხალთან არსებულ გზაზე გათხრილი ჭაბურღილებიდან მივიღეთ ძალიან მაღალხარისხიანი კერნი, რომელიც ამყარებს ანდეზიტის პროფირიტების მასიურ სტრუქტურას.
- ქუთაისი-ალპანას არსებულ გზაზე შემჩნეული ზოგიერთი შენაკადები შიშველ ქანებზე მიედინება. აქ მხოლოდ მცირე ზომის კოლუვიური ნალექების უბნებია წარმოდგენილი, რომლებიც წარმოიშვა მაღლობიდან ჩამონატანი ბრექჩიიდან. ეს გვაფიქრებინებს, რომ გზის გაყოლებაზე არსებულ ზედა მაღლობებზე მხოლოდ მცირე რაოდენობის ბრექჩიაა წარმოდგენილი.

3.4 ქანების მასივების კლასიფიკაციის ემპირიული 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 მასივის დახასიათების ძირითადი პირობებია 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. აქედან გამომდინარე, გარდაუვალი გახდა შეგვეშვა ყურადღება ქანთა მასივების ქცევის გარკვეული ემპირიული მეთოდი, გვირახისა და ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების ემპირიული პროექტირების მიზნით.

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 ინდექსი (NGI), Q-სისტემა, ბარტონი და სხვები (1974)“, მკითხველის კომფორტისთვის, მხოლოდ კლასიფიკაციის პარამეტრები იქნება განხილული.

- i. ქანის ხარისხის მაჩვენებელი (RQD %)
- ii. წყვეტილობებს შორის ინტერვალი
- iii. წყვეტილობების მდგომარეობა
- iv. გრუნტის წყლის პირობები
- v. წყვეტილობების ორიენტაციის რეიტინგის კორექტირება

აღსანიშნავია, რომ თავდაპირველი კლასიფიკაციის პარამეტრები სამუშაოების პრაქტიკული მიმდინარეობისას სწორდება, განსაკუთრებით GSI კლასიფიკაციაზე გადაყვანის უზრუნველსაყოფად. თავდაპირველი კლასიფიკაციის პარამეტრები წარმოდგენილია მე-4 ნახაზში ცხრილის სახით. ცხრილის ნაცრისფრად მონიშნულ ნაწილში სათაურით „გრუნტის წყალი და წყვეტილობების ორიენტაციის რეიტინგის კორექტირება“ წარმოდგენილი პარამეტრები 1989 წელს იქნა განახლებული და GSI

კლასიფიკაციასთან შესაბამისია. გასწორებისგშედეგად, აქტუალურიგახდა“RMR₈₉“. ეს საკითხი შემდგომ იქნება დეტალურად განხილული.

გეომექანიკური კლასიფიკაციის სისტემა (შინაევსკის მიხედვით, 1989)

პარამეტრი			მნიშვნელობათა დიაპაზონი						
1	დაურღვეველი ქანის სიმტკიცე	სიმტკიცის ინდექსი წერტილოვანი დატვირთვისას	>10 Mpa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	აქ უზღოვბისა დაბალი ერთდერძიანი კომპრესიული ძალით ტესტირება		
		ერთდერძიანი 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	კერძის 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)		მაღიან უბეში ზედაპირები	ოღნავ უბეში ზედაპირები	ოღნავ უბეში ზედაპირები	სხლუტის სარკვეები	რბილი შემცველი ქანი >5მმ		
			არა უწყვეტი	განცალკევება <1მმ	განცალკევება <1მმ	ან	სტელი		
			განმრეცების გარეშე	ოღნავ გამოფიტული შერწყველი ქანი	მალზე გამოფიტული შერწყველი ქანი	შემცველი ქანი < 5მმ სისქის	ან		
	გამოუყოფიერი შემცველი ქანი			ან	დაშორება 1-5 მმ	დაშორება > 5 მმ			
რეიტინგი			30	25	20	10	0		
5	გრუნტის წყალი	10მ გვირაბის სიგრძე (L/m)	None	<10	0.1-25	25-125	>125		
		(საერთო წყალი) / (მართიადი 0)	0	<0.1	0.2-0.5	0.2-0.5	>0.5		
	საერთო მდგომარეობა	სრულად მშრალი	ნიჭილი	სველი	მყოფი	გამდინარი			
რეიტინგი			15	10	7	4	0		

ბ. წვეტილობების ორიენტაციის რეიტინგის კორექტირება (იხ ე)

გვერდობისა და დახრილობის ორიენტაციები		მაღიან ხელსაყრელი	ხელსაყრელი	საშუალო	არახელსაყრელი	მაღიან 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	მაღიან კარგი ქანი	კარგი ქანი	საშუალო ქანი	ცუდი ქანი	მაღიან ცუდი ქანი

დ. ქანების მასივების მნიშვნელობა

კლასის ნომერი	I	II	III	iv	v
აწვეს საშუალო დრი	20 წელი. 15 მ მანძ.	1 წელი 100 მანძ.	1 კვირა. 50 მანძ.	10 ხო. 2.5მ მანძ.	30 წელი 10 მანძ.
ქანების მასივის შეჟიდულობა (kP a)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
ქანების მასივის ხახუნის კოეფიციენტი (deg)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

ე. მითითებები წვეტილობის მდგომარეობის კლასიფიკაციისთვის

წვეტილობის სიგრძე (მდგრადობა)	<1მ	1-3 მ	3-10მ	10-20 მ	>20მ
რეიტინგი	6	4	2	1	0
დაცილება (პერტურა)	None	<0.1მმ	0.1-1.0 მმ	1-5მმ	>5მმ
რეიტინგი	6	5	4	1	0
უსწორმასწორობა	მაღიან უსწორმასწორო	უსწორმასწორო	ოღნავ უსწორმასწორო	გლუვი	პრილა
რეიტინგი	6	5	3	1	0
შეცხება (შემცველი ქანი)	None	მკვრივი შემცხებული <5მმ	მკვრივი შემცხებული >5მმ	რბილი შემცხებული <5მმ	რბილი შემცხებული >5მმ
რეიტინგი	6	4	2	2	0
გამოფიტვა	გამოუყოფიერი	ოღნავ გამოფიტული	საშუალოდ გამოფიტული	მლოერ გამოფიტული	დაშლილი
რეიტინგი	6	5	3	1	0

ვ. წვეტილობის გვერდობისა და დახრილობის ორიენტაციის ეფექტი გვირაბების გაყვანაში

გვირაბის ღერძის პერპენდიკულარული დარტყმა		გვირაბის ღერძის პარალელური დარტყმა	
დახრა Dip 45-90	დახრა Dip 20-25	Dip 45-90	Dip 20-45
მაღიან ხელსაყრელი	ხელსაყრელი	მაღიან ხელსაყრელი	საშუალო
საწინააღმდეგო დახრა Dip 45-90	საწინააღმდეგო დახრა Dip 20-25	Dip 0-20 დარტყმის მიუხედავად	
საშუალო	არახელსაყრელი	საშუალო	

სურათი 4: გენერალიზირებულია RMR კლასიფიკაციის პარამეტრებიდან. შენიშვნა: RMR₈₉-ის შესწორებული ვერსიაში გრუნტის წყლები არის 15 (მშრალი), ხოლო ნაპრალის ორიენტაციის კორექტირება 0 (მაღიან ხელსაყრელი)

ბ: ნორვეგიული გეოტექნიკური ინსტიტუტის (NGI) ინდექსი, Q-სისტემა, ბარტონი და სხვ, (1974)

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

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

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.

გ: ოუკის და სხვ. მიერ დამკვიდრებული 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 კორელაცია GSI, RMR და Q-მნიშვნელობათა შორის

ჰოეკისა და ბრაუნის თანახმად, (1997) კონკრეტული მთის ქანების მასივებისათვის ($GSI > 25$, $RMR > 23$), GSI-ის მნიშვნელობა შეიძლება გამოითვალოს RMR-დან, როგორც:

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

ამ კორელაციაში RMR_{89} არის ძირითადი RMR მნიშვნელობა (ბიენიავსკის 1989 წლის ვერსია) (1989), რომელშიც მიწისქვეშა წყლების შეფასებისთვის დადგენილია მნიშვნელობა 15 (მშრალი) და ერთობლივი ორიენტაციისთვის მოხდენილია კორექტირება და დადგენილია მნიშვნელობა 0 (ძალიან ხელსაყრელი).

დაბალი ხარისხის ქანების მასივებისთვის, GSI შეიძლება შეფასდეს Q-მნიშვნელებით (ბარტონი და სხვ., 1974) შემდეგი თანაფარდობის გამოყენებით:

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

Q' = გვირაბის ხარისხის შეცვლილ ინდექსს

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

თუმცა ძალიან დაბალი ხარისხის ქანების მასივებისთვის ($RMR < 25$), GSI-ს კორელაციის გამოყენება სანდო არ არის, ვინაიდან რეკომენდებული არ არის RMR კლასიფიკაციის გამოყენება GSI მნიშვნელობის შესაფასებლად მსგავსი ქანების მასივებისთვის (ჰოუკი და ბრაუნი, 1997).

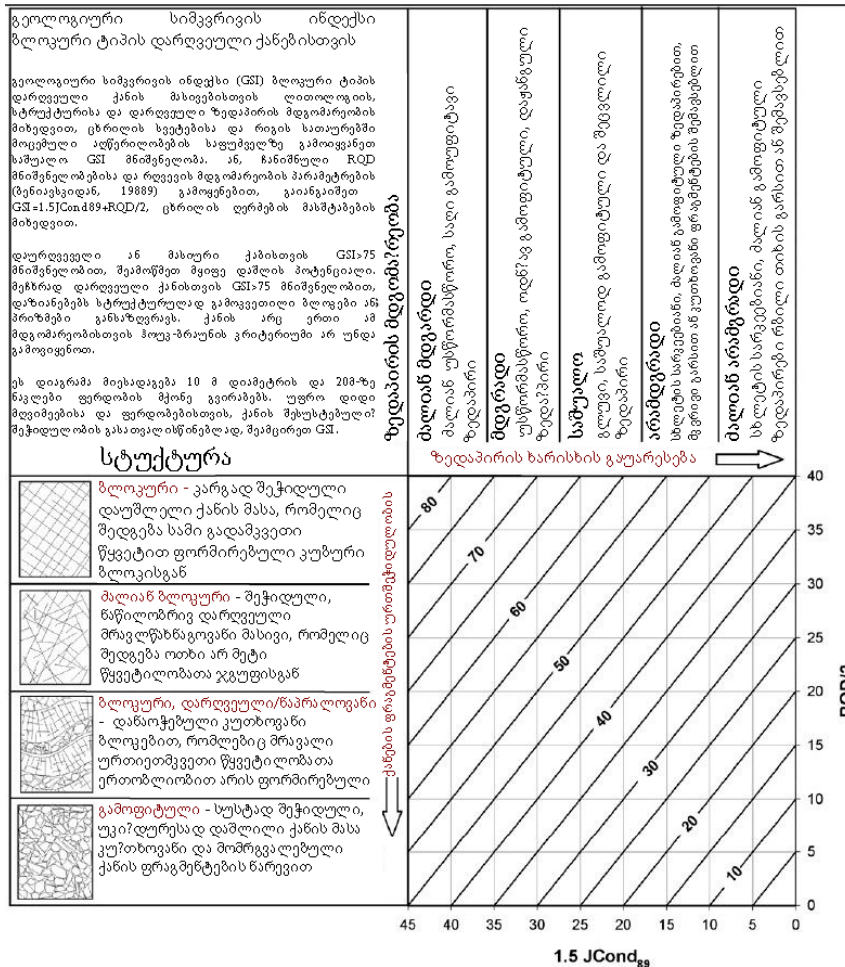
როგორც ჰოუკი და ბრაუნი გვთავაზობენ [4], RMR და GSI კლასიფიკაციებს შორის შემდეგი ურთიერთკავშირი უნდა გამოვიყენოთ ერთიდან მეორეზე გადაყვანისას.

1990-ის შემდგომი:

$$(ა) GSI = RMR_{89} - 5$$

(ბ) $RMR_{89} = 9 \ln(Q') + 44$ [გრუნტის წყლის რეიტინგი აღებულია (15) ხოლო უთანაბრობათა ორიენტაცია შემცირებულია (0)], სადაც;

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



რღვევის მდგომარეობის კლასიფიკაციის ცხრილი

რღვევის სიგრძის (მეტრების)	1-დან 3მ	3-დან 10მ	10-დან 20მ	20მ-ზე მეტი
კოეფიციენტი	6	4	2	1
გაოჭების (პერტურა) კოეფიციენტი	None	<0.1 მმ	0.1 - 1.0 მმ	1-5მმ
ხორცის (პერტურა) კოეფიციენტი	6	5	4	1
ხორცის (პერტურა) კოეფიციენტი	მალიან ხორცულიანი	ხორცულიანი	ოდნავ ხორცულიანი	გლუვი
მეჭების (პარფის თიხა) კოეფიციენტი	None	მჭიდროდ შეჭიდებული <5მმ	მჭიდროდ შეჭიდებული >5მმ	რბილი შეჭიდებული >5მმ
გამოფიტების კოეფიციენტი	6	4	2	1
გამოფიტების კოეფიციენტი	გამოფიტული	ოდნავ გამოფიტული	საშუალოდ გამოფიტული	მალიან გამოფიტული
გამოფიტების კოეფიციენტი	6	5	3	1

სურათი 5: GSI გრაფიკის საბოლოო ვერსია, რომელიც დოკუმენტურად ასახულია “რღვევის პირობების კლასიფიკაციის ინსტრუქციაში”. გრაფიკზე დატანილია გადასატანი გზის არეალში არსებული კლდის მასები; შემდგომში GSI-ს შესაბამისი ინტერვალი შეესაბამება კონკრეტულ კლდის მასას გათხრილი კლდის ფერდობის ნახაზის შედეგისას

3.4.3 ქანების ექსკავაციის შედეგად წარმოქმნილი ფერდობების ემპირიული პროექტირება

ა: ურღვევი კლდის ქანებისა და ნაპრალოვანი კლდის მასების დეფორმაციის პრინციპები

ე. ჰოუკისა და ე.ტ ბრაუნის მიერ შეიმუშავებულ იქნა დაურღვეველი და ნაპრალოვანი ქანების მასივების დეფორმაციის პრინციპების ცხრილი, რომელიც უნდა გამოყენებულიყო "მთის ქანების რღვევის ემპირიულ კრიტერიუმად", როგორც მიწისქვეშა, ისე ღია გათხრებისას (სურათი -7). მომდევნო წლებში ეს სქემა გამოიყენება პრინციპებისა და

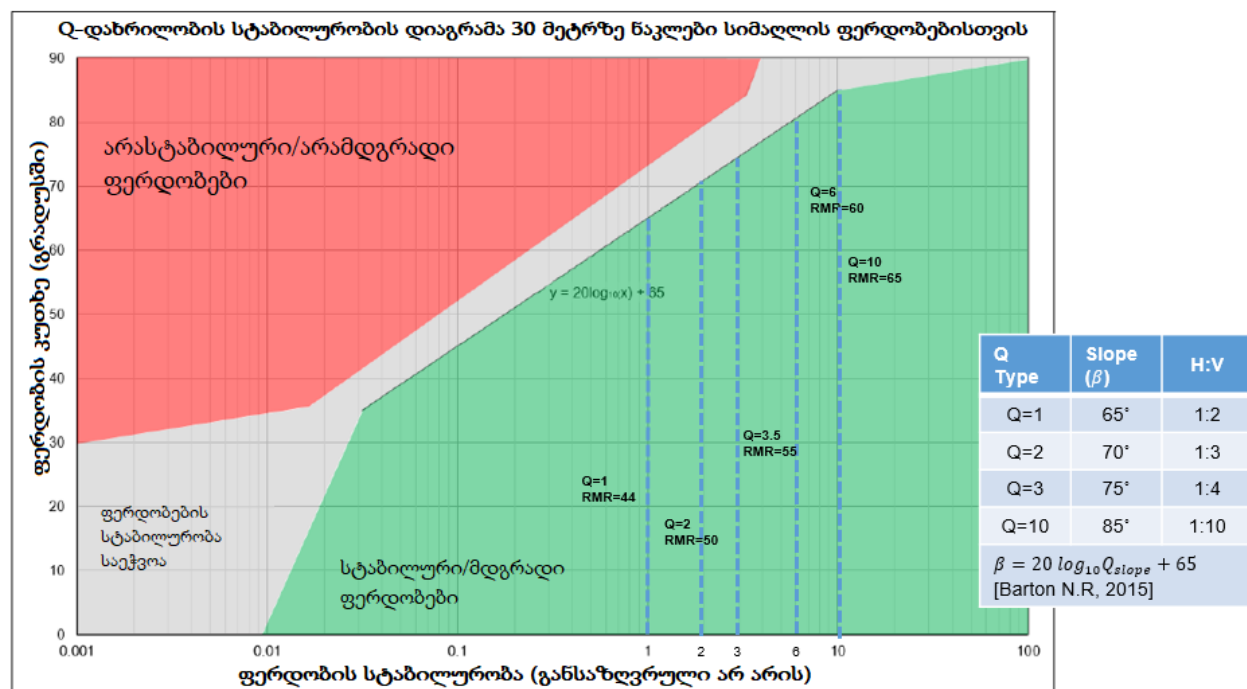
დეფორმაციების გარდასაქმნელად ღია კლდის ჭრის ემპირიული ნახაზის შექმნის მიზნით (სურათი -7).

ბ: ფერდობის ემპირიული პროექტირება Q-დახრილობის გამოყენებით

როგორც სურათ -8-ში ჩანს, სქემა "ქანის ხარისხი ქანის სახეობის წინააღმდეგ" ეფუძნება მთის ქანების ემპირიული კლასიფიკაციის ორ სისტემას; კერძოდ RMR89 (CSIR) და NGI (Q) გათხრილი ფერდობების მინიშნებით. სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, ავსტრალიაში, ცენტრალურ ამერიკასა და ევროპაში ჩატარებული კვლევების შედეგად შეგროვებული მონაცემებზე დაყრდნობით, Q-ფერდობსა და მრავალწლოვან სტაბილურ ფერდობებს შორის მარტივი ურთიერთდამოკიდებულება იქნა გამოვლენილი. Q-ფერდობის დახრის კუთხე სტაბილური უნდა იყოს და არ საჭიროებდეს დამატებით ტექნიკურ მხარდაჭერას. მაგალითისთვის, 40-450, 60-650 და 80-850, და შესაბამისი, დაახლოებით 0.1, 1.0 10-ის ტოლი Q მნიშვნელობებით. ფაქტობრივად, როგორც RMR89, ისე Q-დახრილობა ერთიდაიმავე დახრის კოეფიციენტებს გვაძლევს; ამგვარად, სიმარტივისთვის, ამ კონკრეტულ პროექტში RMR89 კლასიფიკაცია არის გამოყენებული. მე-7 გრაფაში გამოყენებული ცალკეული Q მნიშვნელობები შეიძლება Q-ინტერვალებში იქნეს გადაყვანილი, $Q' = e^{(RMR-44)/9}$ ფორმულის დახმარებით.

ემპირიული ფერდობის ნახაზი მაგარი და რბილი ქანებისთვის Q-დახრილობის

ნიკ ბარტონი და ასოციაციები, 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	ლითიფიცებული თიხიანი ქანები არეილიტი, ალევროლიტი (თიხაფიქალი და ასპიდური ფიქალი (ხორმალური და კლივებით)	ქვიშიანი ქანები მკვრივი კრისტალუბით და სუსტად განვითარებული კრისტალური კლივებით ქვიშაქვა და კვარციტები	წვრიშარცვლოვანი პოლიმინერალური ვულკანური კრისტალური ქანები ანდეზიტი, დიორიტი, აბაზი და რიოლიტი	მსხვილმარცვლოვანი პოლიმინერალური ვულკანური და მეტამორფული კრისტალური ქანები ამფიბოლიტი, გაბრო, გნეისი, გრანიტი, ნორიტი, კვარცული დიორიტი
ძაღრღვევლი ქანების ნიმუშები ლაბორატორიის ზომის ქანის ნიმუშები, სტრუქტურული დეფექტების გარეშე CSIR რეიტინგი +100 NGI რეიტინგი 500	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{7\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.816(\sigma_n + 0.140)^{0.688}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{10\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.918(\sigma_n + 0.99)^{0.677}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{15\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 1.044(\sigma_n + 0.67)^{0.692}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{17\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 0.086(\sigma_n + 0.059)^{0.696}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{25\sigma_{2n} + 1.0}$ $\tau_n = 1.220(\sigma_n + 0.040)^{0.705}$
ძალიან მაღალი ხარისხის ქანის მასივი მჭიდროდ შეჭიდული, დაუმოღელი ქანი, 1-3 მეტრით დამორბეული გამოფიტვით 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 სალი და ოდნავ გამოფიტული ქანი, მცირედით დაშლილი, 1-დან 3 მეტრამდე დამორბეული ნაპრალებით. CSIR რეიტინგი 65, NGI რეიტინგი 10	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.7\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.369(\sigma_n + 0.006)^{0.669}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.0\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.427(\sigma_n + 0.004)^{0.683}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.5\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.501(\sigma_n + 0.003)^{0.699}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{1.7\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.525(\sigma_n + 0.002)^{0.698}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{2.5\sigma_{2n} + 0.004}$ $\tau_n = 0.603(\sigma_n + 0.002)^{0.707}$
საშუალო ხარისხის ქანის მასივი რამდენიმე წევმა ოდნავ გამოფიტული დაუმოღელი ქანი, დამოღელი, 0.3-დან 1 მეტრამდე დამორბეული ნაპრალებით. CSIR რეიტინგი 44, NGI რეიტინგი 1.0	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.14\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.198(\sigma_n + 0.0007)^{0.662}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.20\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.234(\sigma_n + 0.0005)^{0.675}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.30\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.280(\sigma_n + 0.0003)^{0.688}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.34\sigma_{2n} + 0.0001}$ $\tau_n = 0.295(\sigma_n + 0.0003)^{0.691}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.350 + 0.0001}$ $\tau_n = 0.346(\sigma_n + 0.0002)^{0.700}$
დაბალი ხარისხის ქანის მასივი დიდი რაოდენობით გამოფიტული ნაპრალები 30-88 დან 50088-მდე დამორბეებით, ამოვსებული ქანებით / სუფთა ფუჭი ქანი CSIR რეიტინგი 23, NGI რეიტინგი 0.1	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.04\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.115(\sigma_n + 0.0002)^{0.646}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.05\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.129(\sigma_n + 0.0002)^{0.655}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.08\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.162(\sigma_n + 0.0001)^{0.672}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.09\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.172(\sigma_n + 0.0001)^{0.676}$	$\sigma_{1n} = \sigma_{2n} + \sqrt{0.13\sigma_{2n} + 0.00001}$ $\tau_n = 0.203(\sigma_n + 0.0001)^{0.686}$
ძალიან დაბალი ხარისხის ქანის მასივი დიდი რაოდენობით მაღალი ხარისხით გამოფიტული ნაპრალები 5088-ზე მცირე დამორბეებით, ამოვსებული ქანებით / ფუჭი ქანი მიწარეცვებით 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 ქანების მასივების დეფორმაციის პრინციპების მიახლოებულ განტოლებები კლდის ფერდობების რუკებისთვის (ე. ჰოვკ და ე.ტ. ბრაუნ, 1980).

3.5 ემპირიულად გათხრილი ფერდობის ნახაზი

3.5.1 უბნის კვლევა

A: ზედაპირული კვლევები

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

ქანის თვისება			კარბონატული ქანები კარგად განვითარებული კრისტალური კლივებით			ლითოფიციებული თიხიანი ქანები			ქვიშიანი ქანები მკვერივი კრისტალუბით და სუსტად განვითარებული კრისტალური კლივებით			წვრილმარცვლოვანი პოლიმიგრალური ვულკანური კრისტალური ქანები			მსხვილმარცვლოვანი პოლიმიგრალური 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			ამფიბოლიტი, გაბრო, გნეისი, გრანიტი, ნორიტი, კვარცული დიორიტი				
			ფერდობის სიმაღლე																
			50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150		
დაურღვეველი ქანების ნიმუშები ლაპორატორიის ზომის ქანის ნიმუშები, სტრუქტურული დეფექტების გარეშე CSIR რეიტინგი +100 NGI რეიტინგი 500	წლის ზესეზეფება	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	1:05	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	
		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	1:05	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	
		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	
			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	
		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	1:02	
			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	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	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	3:04	2:03	3:04	3:04

სურათი 8: მოთხრილი კლდის ფერდობის დახრილობის მიხედვით კლდის ხარისხის შედარება კლდის სახეობასთან



სურათი 9: კლდის მდგომარეობა არსებული გზის მონაკვეთზე: კმ 22+750-კმ 22+840, რომელიც ვრცელდება გადასატანი გზის მიმართულებით. კლდის ტიპი - საშუალო და სქელშრეებრივი ტუფოგენური ქვიშაქვა კლდის ფერდობისკენ მიმართული.

3.5.2 მოთხრილი კლდის ფერდობის პროექტი

ა: ქანის მდგომარეობა

ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის გასწვრივ ჩატარებული საველე კვლევებით მტკიცდება, რომ გადასატანი გზის მონაკვეთში გათხრილი ქანის ფერდობებზე, შესაძლოა შეგვხვდეს შემდეგი კლდოვანი წარმონაქმნები:

(i) კმ 21+700-კმ 23+500 და კმ 23+900-კმ 25+380

არსებული ქანის ნაჩენებზე დაკვირვებებით მიღებული გეოტექნიკური მონაცემები, როგორც კლდოვანი მასის ხარისხთან, ისე კლდის ფერდობების არსებულ მდგრადობასთან მიმართებაში, ზოგადად ქანის მასივებთან მიმართებაში, დატანილია GSI-ს დიაგრამაზე, რომელიც მოცემულია სურათში-9. შესაბამისად, გათხრილი კლდის ფერდობი განსაზღვრულია სურათში -7.

კლდის ტიპი (J2b2-5): საშუალო და სქელშრეებიანი ტუფის ქვიშაქვა მიკრობრექიის პერიოდული ჩანართებით

დალექილი შრეების ორიენტაცია: მდებარეობს ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, მიემართება ზევით, ორიენტაციით $040/45^2$ დაახლოვებით ტრასის მიმართულებით; ხელსაყრელია სტაბილურობისთვის.

GSI=60-75→RMR=65-80: (კარგი ხარისხის კლდე)

გათხრილი კლდის დახრილობის გაანგარიშებული თანაფარდობა→1:3-1:4 (H: V)

(ii) კმ 23+500-კმ 23+900

კლდის სახეობა (J2b2-6): ანდეზიტ პორფირიტების მასივი ბრექიის ჩანართებით

მიუხედავად იმისა, რომ კლდის მასა მოშიშვლებულ ადგილებზე, თითქოს და „მასიურია“, ადრე გაკეთებულ ბურღებზე განხორციელებული დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ ფენებში ხშირად გვხვდება ბრექიის ჩანართები “ვულკანური ბომბებით” ტუფოგენურ

² აღნიშნავს ვარდნის მიმართულებასა და სიმაღლეს.

მატრიცაში, რომლებიც წარმოიქმნა ვულკანის ამოფრქვევის შედეგად კუნძულოვანი თალის ფილის საზღვარზე.

ნაპრალების ორიენტაცია: მდებარეობს ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში; ამრიგად, ძირითად ნაპრალებს გააჩნიათ სხვადასხვა ორიენტაცია, დაახლოვებით გზის სავალი ნაწილის მიმართულებით; ხელსაყრელია სტაბილურობისათვის.

GSI=60-75→RMR=65-80. (კარგი ხარისხის ქანი)

გათხრილი კლდის დახრილობის გაანგარიშებული თანაფარდობა →1:3-1:4 (H: V)

აღსანიშნავია, რომ გათხრილი კლდის ფერდობების პროექტირების პროცესში ფართოდ გამოიყენება ემპირიული გამოცდილება, განსაკუთრებით კლდოვანი ფერდობის მნიშვნელოვანი ასპექტების გათვალისწინებით: (ა) კლდის მასივების ფორმირების რეჟიმი, (ბ) სტრუქტურული გეოლოგია რღვევების ორიენტაციასთან მიმართებაში, განსაკუთრებით, დალექილი ქანების მიმართ და (გ) აფეთქების შედეგად გათხრილი არსებული კლდის ფერდობების სტაბილურობა, რაც უფრო ცუდია ვიდრე „წინასწარი დანაწევრების ტექნიკის მეშვეობით“, რაც უნდა გამოიყენებოდეს ამ კონკრეტულ პროექტში.

გათხრილი კლდის ფერდობი				
ინტერვალი კმ		ჩამოჭრილი ფერდობი (3/გ)	მარცხენა ფერდობი	მარჯვენა ფერდობი
			მაქსიმალური სიმაღლე (მ)	
21+700	22+120	1/3	24,91	-
22+120	22+250	¼	17,82	-
22+250	22+550	1/3	17,04	-
22+550	22+650	¼	18,36	6,42
22+650	22+750	1/3	16,5	-
22+750	22+910	1/3-1/4	44,49	6,31
22+910	23+545	1/3	33,03	-
23+545	23+625	¼	30,78	-
23+625	25+550	1/3	34,41	11,74

მიწაყრის ინტერვალები			
ინტერვალი კმ		მარცხენა ფერდობი მაქს. სიმაღლე (მ)	მარჯვენა ფერდობი მაქს. სიმაღლე (მ)
24+630	24+680	9,96	23,13
24+790	24+850	8,60	25,21
25+290	25+400	1,51	31,27

სურათი 10: გათხრილი კლდის ფერდობისა და მიწაყრის ზღვრული ინტერვალები

3.5.3 გათხრილი კლდის ფერდობის ანალიზი

კლდის გათხრების დროს აღმოჩენილ ფერდობებში, ჩამოშლები ხშირად ვითარდება შეუსაბამობებთან ერთად (მაგ.; ნალექების შრეები და ფენები) შემდეგი ფორმებით:

- სიბრტყის დარღვევა
- დაშლა
- ნაპრაღის ჩამოშლა

პროექტის არეალი მდებარეობს ჩრდილოეთ-სამხრეთის (N-S) მიმართულების შეკუმშვის ტექტონიკის ფარგლებში, რამაც გამოიწვია ანტიკლინებისა და სინკლინების სახით წარმოდგენილი ნაოჭების ფორმირება. ყველა განხილული ქანის სვეტური ამოღება რჩება ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ნაწილში, სადაც ქანების დაღეჟვის სიბრტყე და ნაპრაღები ჩამოდის თთქმის სავალი გზის პარალელურად. ეს სტრუქტურული თვისებები გულისხმობს, რომ “პლანარულ რღვევას, ცვენას და ჩამოშლას” გააჩნია ლოკალური ხასიათი უმნიშვნელო არასტაბილურობის ნიშნებით, რომელთა მოგვარებაც შესაძლებელია სტაბილიზაციის ზომების მეშვეობით.

ხორციელდება კინემატიკური ანალიზი პლანარული და ჩამოშლითი ქანებისთვის ცალცალკე. ვინაიდან მთავარ რღვევებს ადგილი აქვს ქანების დაღეჟვის სიბრტყეში შერჩეული განივი კვეთის მიზნით, არ არსებობს კლინის ნგრევის ალბათობა გარდა ადგილობრივი უმნიშვნელო ნგრევებისა.

არსებობს ორი კრიტიკული გათხრილი ფერდობი, რომელთა განხილვაც მოხდა 44 მეტრის და 34 მეტრის ინტერვალზე შესაბამისად. პრაქტიკაში გამოკვლევებმა დაადასტურა რომ პლანარული ჩამოშლები ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ციცაბო დაბლობის დახრის კუთხის მიმართულება არის განლაგებული გარკვეული კუთხით იმ კლდის მიმართ, რომელიც განლაგებულია დახრის მიმართულებით. ტიპურად 20- დან 30 გრადუსამდე საზომი ერთეული გამოიყენება ემპირიულ გამოთვლებზე დაყრდნობით (გუდმანი 1980, ჰუდსონდაჰარისონი 1997).

შესაყვანი მონაცემები:

განსაკუთრებული ინტერესის არეში წყვეტების ორიენტაცია:

ქანების დაღეჭვის ორიენტაცია			
კმ	მაქსიმალური სიმაღლე	ვარდნის რაოდენობა	ვარდნის მიმართულება
22+800	44	25	50
23+690	34	30	45

ამოთხრილი ფერდობის ორიენტაცია:

გათხრილი ქანების ორიენტაცია			
კმ	მაქსიმალური სიმაღლე	ქანების რაოდენობა	ქანების მიმართულება
22+800	44	75	70
23+690	34	70	76

ხახუნის კუთხე (φ):

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

შეჭიდულობა (c):

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

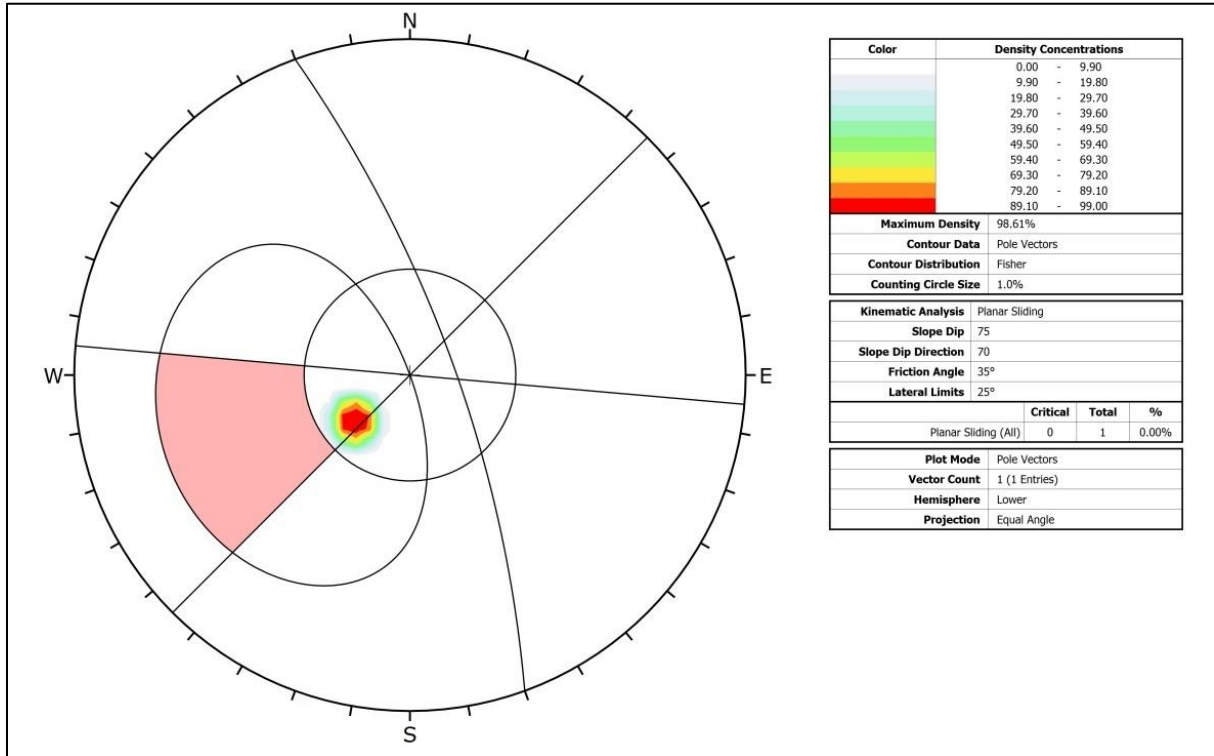
პლანარული ჩამოშლის ანალიზი

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

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

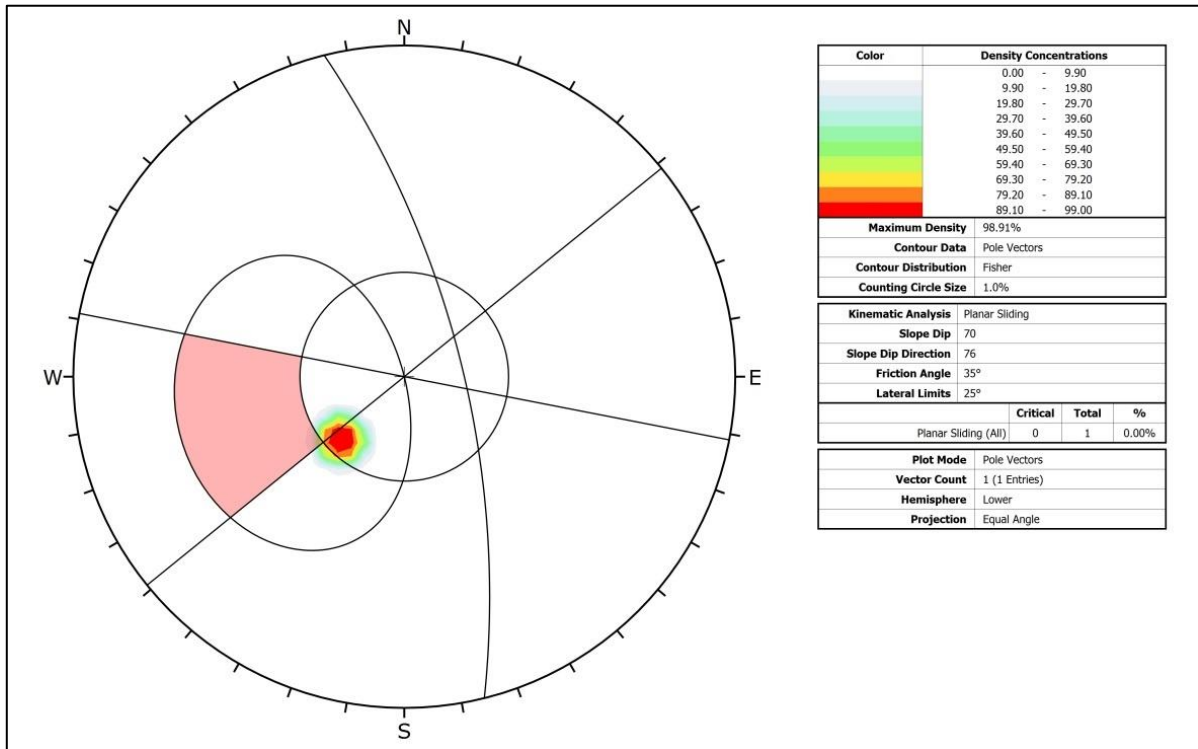
(ψ_f = კლდის კუთხე; ψ_p = შეუსაბამობის დახრის კუთხე ; Φ = ხახუნის კუთხე; α_p = შეუსაბამობის დახრის მიმართულება; α_f = კლდის დახრის მიმართულება)

ამ კონდიციების გათვალისწინების შედეგად არ ვიღებთ პლანარულ ჩამოშლას, მოცემულ ციკაბო მდაბლობის მიმართულებასა და განსაზღვრული ფერდობის კოეფიციენტთან ერთად ორივე გათხრების დროს აღმოჩენილ კრიტიკულად მნიშვნელოვან კლდის ფერდობზე.



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
მაქსიმალური სიმკვრივე		98.61%	
კონტურის მონაცემი		პოლუსური ვექტორები	
კონტურის განაწილება		ფიშერი	
დამთვლელი წრეწირის ზომა		1.0%	
კინემატიკური ანალიზი		სიბრტყითი ჩამოშლა	
ფერდობის გადახრა		75	
ფერდობის გადახრის მიმართულება		70	
ხახუნის კუთხე		35 ⁰	
განივი საზღვრები		25 ⁰	
	კრიტიკული	სულ	%
სიბრტყითი ჩამოცოცება (ყველა)	0	1	0.00%
დიაგრამის მეთოდი		პოლუსური ვექტორები	
ვექტორების რაოდენობა		1 (1 მნიშვნელობა)	
ნახევარსფერო		ქვედა	
პროექცია		ტოლი კუთხეები	

სურათი 11: კმ 22+800 მარცხენა ფერდობის პლანარული ჩამოშლის ანალიზი

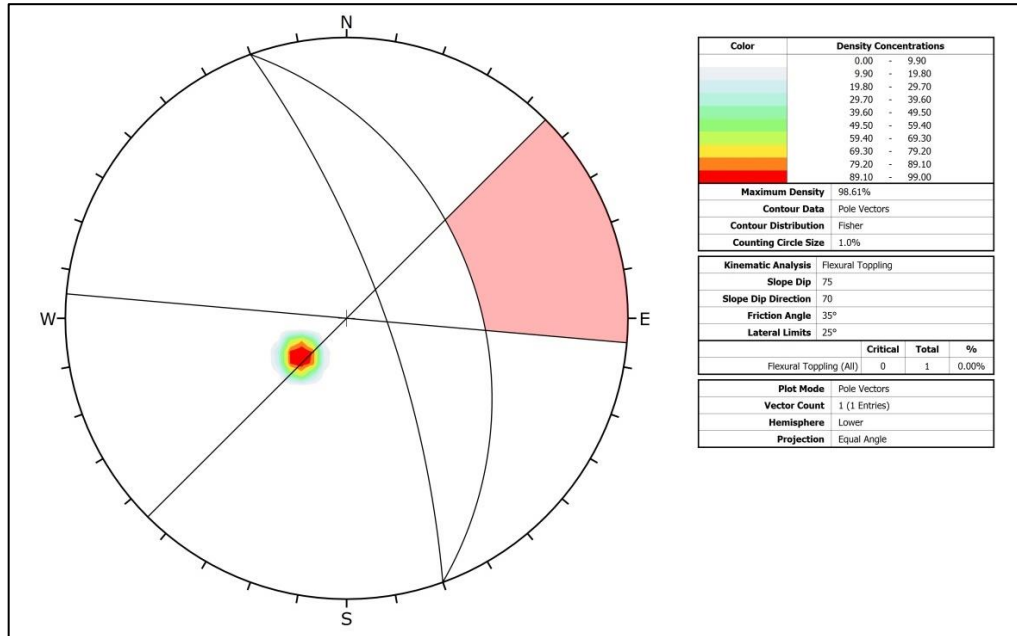


ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია		
	0.00	-	9.90
	9.90	-	19.80
	19.80	-	29.70
	29.70	-	39.60
	39.60	-	49.50
	49.50	-	59.40
	59.40	-	69.30
	69.30	-	79.20
	79.20	-	89.10
	89.10	-	99.00
მაქსიმალური სიმკვრივე		98.91%	
კონტურის მონაცემი		პოლუსური ვექტორები	
კონტურის განაწილება		ფიშერი	
დამთვლელი წრეწირის ზომა		1.0%	
კინემატიკური ანალიზი		სიბრტყითი ჩამოშლა	
ფერდობის გადახრა		75	
ფერდობის გადახრის მიმართულება		76	
ხახუნის კუთხე		35 ⁰	
განივი საზღვრები		25 ⁰	
	კრიტიკული	სულ	%
სიბრტყითი ჩამოცოცება (ყველა)	0	1	0.00%
დიაგრამის მეთოდი		პოლუსური ვექტორები	
ვექტორების რაოდენობა		1 (1 მნიშვნელობა)	
ნახევარსფერო		ქვედა	
პროექცია		ტოლი კუთხეები	

სურათი 12: კმ 23+690: მარცხენა ფერდობის პლანარული ჩამოშლის ანალიზი

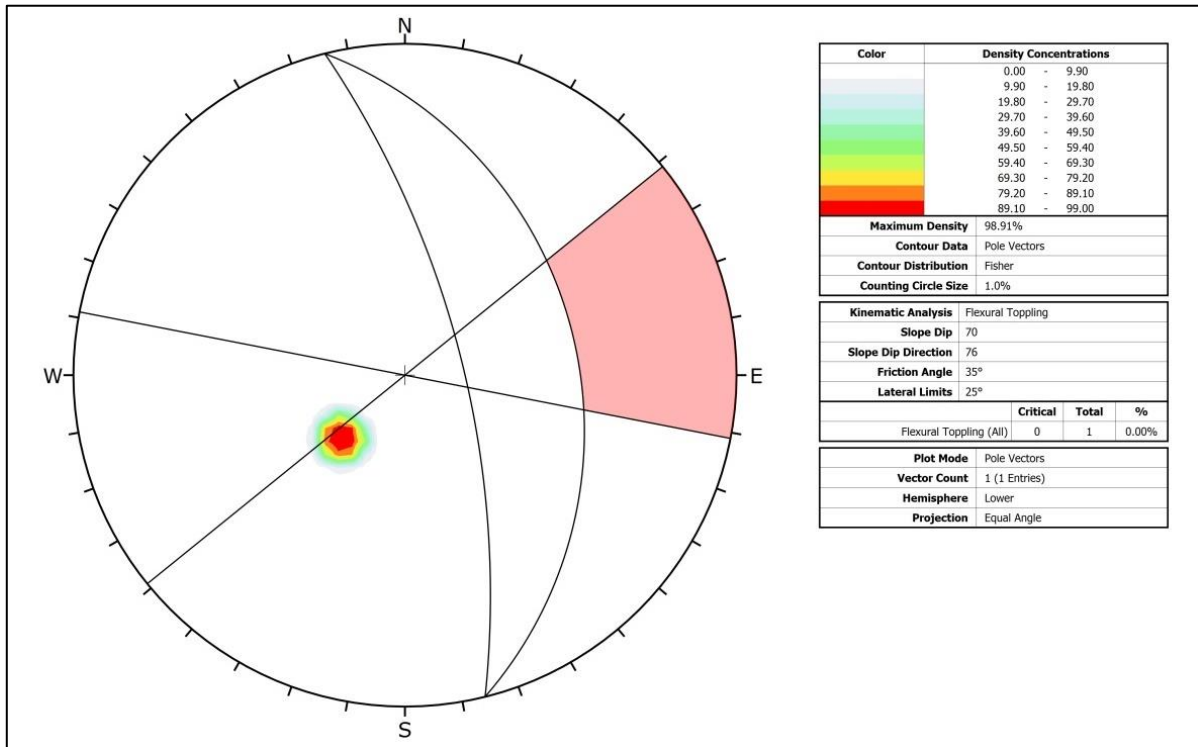
ჩამოშლების ანალიზი

ჩამოშლების კინემატიკური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ნაკლებია ალბათობა იმისა, რომ მოხდეს ჩამოშლა იმ კრიტიკულად მნიშვნელოვან გათხრების დროს აღმოჩენილ კლდის ფერდობებზე, განსაზღვრული კლდის ფერდობის კოეფიციენტის და დაბლობის მიმართულების გათვალისწინებით.



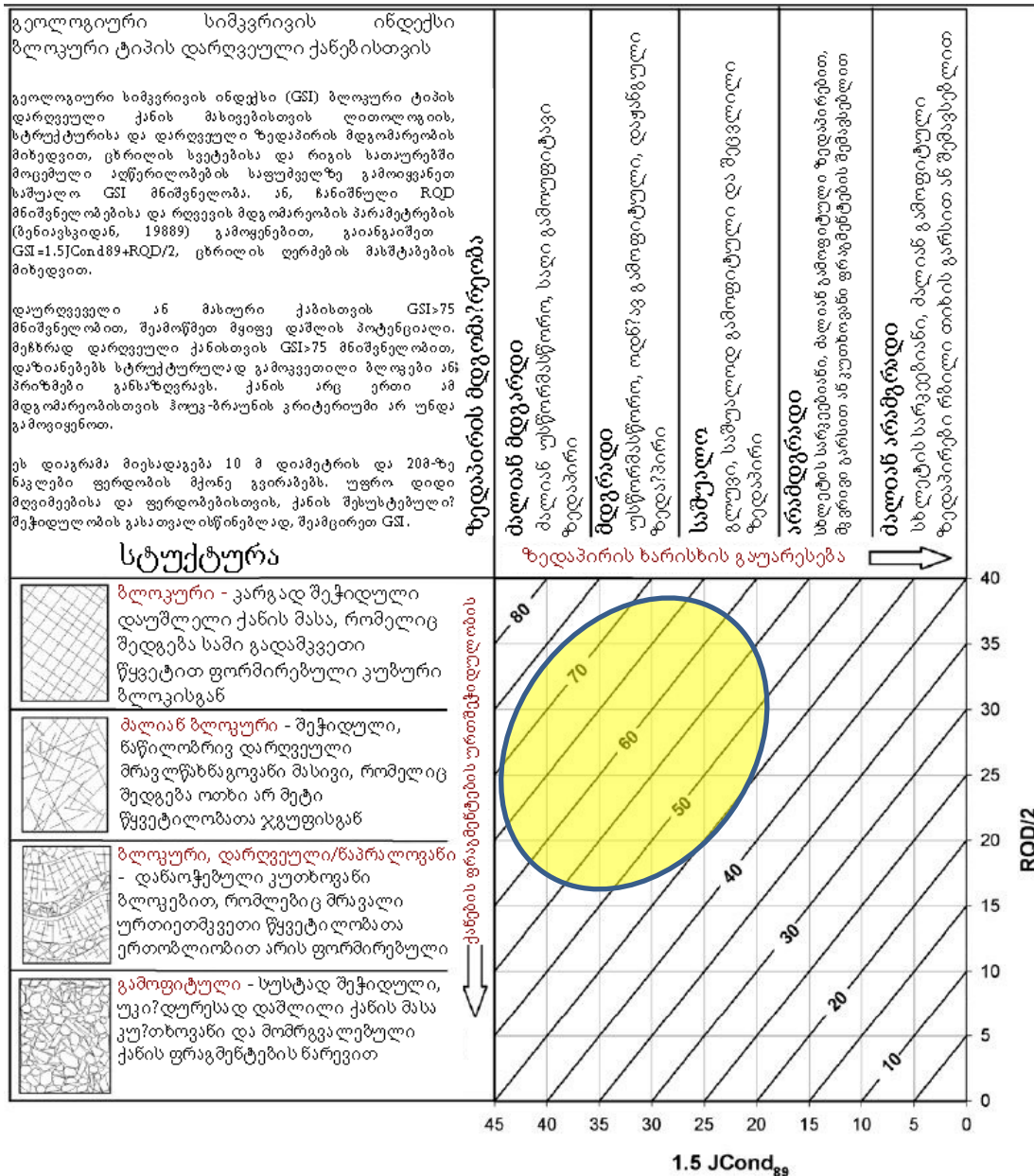
ფერი	სიმკვრივის კონცენტრაცია			
	0.00	-	9.90	
	9.90	-	19.80	
	19.80	-	29.70	
	29.70	-	39.60	
	39.60	-	49.50	
	49.50	-	59.40	
	59.40	-	69.30	
	69.30	-	79.20	
	79.20	-	89.10	
	89.10	-	99.00	
მაქსიმალური სიმკვრივე		98.61%		
კონტურის მონაცემი		პოლუსური ვექტორები		
კონტურის განაწილება		ფიშერი		
დამთვლელი წრეწირის ზომა		1.0%		
კინემატიკური ანალიზი		ფლექსულური ჩამოშლა		
ფერდობის გადახრა		75		
ფერდობის გადახრის მიმართულება		70		
ხაზუნის კუთხე		35 ⁰		
განივი საზღვრები		25 ⁰		
		კრიტიკული	სულ	%
ფლექსულური ჩამოშლა (ყველა)		0	1	0.00%
დიაგრამის მეთოდი		პოლუსური ვექტორები		
ვექტორების რაოდენობა		1 (1 მნიშვნელობა)		
ნახევარსფერო		ქვედა		
პროექცია		ტოლი კუთხეები		

სურათი 13: კმ 22+800: მარცხენა ფერდობის ამოყირავების ჩამოშლის 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
მაქსიმალური სიმკვრივე		98.91%	
კონტურის მონაცემი		პოლუსური ვექტორები	
კონტურის განაწილება		ფიშერი	
დამთვლელი წრეწირის ზომა		1.0%	
კინემატიკური ანალიზი		ფლექსულური ჩამოშლა	
ფერდობის გადახრა		75	
ფერდობის გადახრის მიმართულება		76	
ხახუნის კუთხე		35°	
განივი საზღვრები		25°	
		კრიტიკული	სულ
ფლექსულური ჩამოშლა (ყველა)		0	1
		%	
		0.00%	
დიაგრამის მეთოდი		პოლუსური ვექტორები	
ვექტორების რაოდენობა		1 (1 მნიშვნელობა)	
ნახევარსფერო		ქვედა	
პროექცია		ტოლი კუთხეები	

სურათი 14: კმ 23+690: მარცხენა ფერდობის ამოყირავებული ქანების ჩამოშლის ანალიზი



რღვევის მდგომარეობის კლასიფიკაციის ცხრილი

რღვევის სიგრძის (მედეგობის) კოეფიციენტი	<1მ	1-დან 3მ	3-დან 10მ	10-დან 20მ	20მ-ზე მეტი
გაყოფის (პერტურა) კოეფიციენტი	None	<0.1 მმ	0.1 - 1.0 მმ	1-5მმ	5მმ-ზე მეტი
ხორციანობის კოეფიციენტი	მალიან ხორციანია	ხორციანია	ოდნავ ხორციანია	გლუვი	სლიპიანა
შეცეპის (მარღვის თიხა) კოეფიციენტი	None	მყარი შემავსებელი <5მმ	მყარი შემავსებელი >5მმ	რბილი შემავსებელი <5მმ	რბილი შემავსებელი >5მმ
გამოფიტვის კოეფიციენტი	გამოფიტული	ოდნავ გამოფიტული	საშუალოდ გამოფიტული	მალიან გამოფიტული	დაშლილი

სურათი 15: GSI გრაფიკზე დატანილი გადასატანი გზის გათხრილ კლდის ფერდობში შემავალი კლდის მასივის განზოგადებული ხარისხი

3.5.4 ფერდობის დაცვის პროექტი (საჭიროების შემთხვევაში, გეოლოგიური პირობების შესაბამისად)

როგორც მიწისქვეშა, ასევე ღია გათხრების დროს ძალიან წარმატებით გამოიყენება ტორკრეტირების, ანკერჩანჭიკისა და ფოლადის ბადის ან ფოლადის ბოჭკოს კომბინაცია. ღია გათხრების დროს ყველაზე ეფექტურად გამოიყენება შემდეგი კომბინაცია:

- ანკერჩანჭიკები (დაჭიმული ან დაჭიმვის გარეშე) განსაზღვრული ინტერვალით ($s=2.0\text{მ}$) და სიგრძით ($L=4.0\text{მ}$), რომლებიც იცვლება გეოლოგიური პირობების მოთხოვნის შესაბამისად
- როკრეტის ორი ფენა ($7.5\text{სმ}+5.0\text{სმ}$) სისქის, არმირებული ფოლადის ბადით/ან ფოლადის ბოჭკოთი, რომლებიც იცვლება გეოლოგიური პირობების მოთხოვნის შესაბამისად

შეგახსენებთ, რომ ყველაზე ეფექტური გამოყენება მოითხოვს ფერდობებზე ატმოსფერული პირობების თავიდან აცილებას. ამ თვალსაზრისით, ტორკრეტირებისა და ფოლადის ბადო ან / ფოლადის ბოჭკოს გამოყენება უნდა მოიცავდეს: (ა) კლდის ყველა დარტყმის სიბრტყესა და საფეხურს, და (ბ) უნდა ფართოვდებოდეს გათხრების ყველა მაღალ წერტილში დამაგრებული საფეხურის უკან. ქვემოთ მოცემულია ძალიან მაღალი გათხრების დროს მსგავსი ნიშნულების ზოგიერთი მაგალითის გამოყენების ტიპური ფოტო.

3.5.5 დაშლამდე აფეთქების ტექნიკა

კლდის ზედაპირი მოითხოვს რომ კლდის ნაჭრების უმეტესობას, რომლებიც არის მიღებული მხედველობაში დაჭირდება „აფეთქება“. საერთაშორისოდ აღიარებული ფაქტია რომ „დაშლამდე“ აფეთქების ტექნიკა არის შეუცვლელი კლდის ფერდობებში ხვრელების ამოსაჭრელად რათა შენარჩუნებულ იქნას:

- მინიმალური რღვევები კლდის მასებში
- კლდის ნაწილის სიგლუვე გარეგნული იერსახის შენარჩუნებით
- დამხმარე საშუალებების ნაკლები მოთხოვნილება

აღსანიშნავია, რომ კლდის მასის დეფორმაციის მოდული (E_m) განსხვავდება 1:2.5 კოეფიციენტისგან როდესაც კლდის მასა არის ამოთხრილი კონტროლირებადი ($D=0.1$) და სუსტი სიძლიერის ($D=0.8$) აფეთქებებით. შესაბამისად კლდის ფერდობის სიძლიერის პარამეტრები (c და ϕ) არსებითად განსხვავდება გამოყენებული აფეთქების ტექნიკიდან გამომდინარე.

3.6 თხრილის ფორმირების პირობები

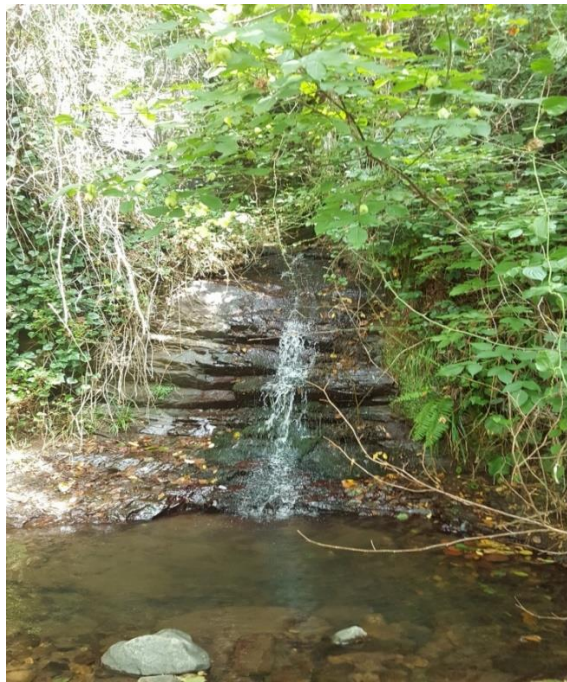
გზის ამ მონაკვეთში, ძირითადად დაპროექტებულია ოთხი თხრილი 20 მეტრის სიმაღლის ($h \geq 20\text{მ}$); ქვემოთ მოცემულია მათი ფორმირების პირობები.

კმ 24+630-კმ 24+680

ზემოდან ჩამომდინარე შენაკადებში, რომელიც გზის სავალ ნაწილს აღწევენ, შეიმჩნევა ქანის კრისტალური ფუნდამენტი; მარშრუტის ზევით ნაწილში შესაძლოა იყოს 1-2 მეტრი სისქის ბრექჩიის ფენებიდან წარმოქმნილი კოლოვიური ნალექები.

კმ 24+790-კმ 24+850

შენაკადში, როგორც ეს მე-15 ფოტოზე ჩანს გარკვევით მოჩანს მოშიშვლებული ქანები; მარშრუტის ზევით ნაწილში შესაძლოა იყოს 1-2 მეტრი სისქის ბრექჩიის ფენებიდან წარმოქმნილი კოლოვიური ნალექები.



სურათი 16: კოლუვიური ფრაგმენტებისგან გაწმენდილი ტუფოგენური ქვიშაქვების ტიპური მოშიშვლებები

კმ 25+290-კმ 25+400

მსგავსი ხედები აღინიშნება შენაკადების ზემო მიდამოში შიშველ კლდეზე ჩალაგებული ლოდებითა და კაჭარით არსებულ გზის დონეზე, რაც მიგვითითებს მიგვითითებს 1-2 მ სიღრმეზე კოლუვიური ნალექების არსებობაზე სავალი გზის დონეზე.

4. დასკვნები და რეკომენდაციები

4.1 დასკვნები

რუსეთის პერიოდში შრომატევადი ძალისხმევით მომზადებული გეოლოგიური რუკების გათვალისწინებით და პროექტის ამ ეტაპზე ჩამოყალიბებული კონცეპტუალური გეოტექნიკური მოდელის გათვალისწინებით, გამოითქვა შემდეგი დასკვნები, შემდეგ საკითხებთან მიმართებაში: (ა)ამოთხრილი კლდის ფერდობის ფორმასთან და (ბ) თხრილის საძირკველის კონდიციასთან სიმაღლით ($h \geq 20\text{მ}$):

- პროექტის არეალი მოიცავს დედამიწის ერთ-ერთ ყველაზე ტექტონურ ზონას, სადაც კვლავ მიმდინარეობს (N-S) ჩრდილოეთ-სამხრეთის მიმართულების შეკუმშვა.
- პროექტის არეალში (N-S) ჩრდილოეთ-სამხრეთის შეკუმშვის ტექტონიკა ვლინდება ნამახვანის ანტიკლინით. საავტომობილო გზის ეს მონაკვეთი მდებარეობს აღნიშნული ანტიკლინის ჩრდილოეთ კიდეზე.
- პროექტის ტერიტორია შედგება იურიული პერიოდის ვილკანური ნალექების ქანებისგან, რომლებიც წარმოქმნილია კუნძულ-თაღოვანი ვულკანიზმის შედეგად და რომლებიც დაკავშირებულია ოკეანურ-ოკეანური ფილების საზღვრებთან.
- ამ ინტერვალში გათხრილი კლდის ფერდობების უმეტესი ნაწილი შედგება ტუფის ქვიშაქვისგან, ხოლო უმცირესობა - ანდეზიტის პორფირიტისგან. ორივე კლდის ტიპს გააჩნია ხელსაყრელი მასის მახასიათებლები ფერდობების პროექტირების თბალსაზრისით.
- კლდის ფერდობების ემპირიული დიზაინი ემყარება RMR89 და Q- კლასიფიკაციის სისტემას, ხოლო GSI სისტემა გამოიყენება კლდის წარმონაქმნების მთლიანი ვიზუალური გამოსახულების დასადგენად.
- ამოთხრილი კლდის ფერდობის კოეფიციენტის ცხრილი რომელიც გამოიყენება დიზაინის შექმნის დროს ეფუძნება „კლდის ჩამოშლი კრიტერიუმებს (ე. ჰოლცი და ე.ტ ბრაუნი, 1980).
- კინემატიკური ანალიზი ხორციელდება თითოეული კონკრეტული გათხრილი კლდის ფერდობისთვის დამოუკიდებლად.
- ამოთხრილი ფერდობის პროექტირების წარმატებისთვის საჭიროა "წინასწარი დანაწევრების კლდის ფერდობის დიზაინი მოითხოვს „გაყოფის წინა აფეთქების

ტექნიკას“; სხვა შემთხვევაში კლდის მასა შეიძლება მნიშვნელოვნად დაზიანდეს და საჭირო გახდეს დამატებითი ზომების მიღება.

- იმ ფაქტის გათვალისწინებით რომ კლდის მასები შეიძლება შეიცავდეს ჰეტეროგენუს კომპრესიული ტექტონიკების ეფექტებიდან გამომდინარე, კლდის ფერდობის ზოგიერთ ნაწილს შეიძლება დაჭირდეს დამატებითი ზომები ბეტონის ფილების სახით, რომლებიც გამაგრებული იქნება ფოლადის ნაჭრებით ან/და steel fiber კლდის ნაწილებით.
- მიუხედავად იმისა რომ თხრილის მიწის ფუნდამენტი მიჩნეულია რომ არის კლდე და სავარაუდოთ დაფარულია კოლოვიური ნალექის თხელი ფენით, ეს შემთხვევა გადახედილი იქნება მშენებლობის და საჭირო შემოწმებითი სამუშაოების ჩატარების შესაბამისად.

4.2 რეკომენდაციები

პროექტის განხორციელების ეტაპზე რეკომენდებულია შემდეგი გეოტექნიკური მოწოდებების დაცვა:

- პრაქტიკულად გზის იმ მონაკვეთმა რომელიც დაფარულია თხრილების თხელი ფენით და უახლოვდება მაღალი კლდის ფერდობებს, შეიძლება მოგვეცეს თავდაპირველი შთაბეჭდილება კლდის ხარისხზე ფერდობების კოეფიციენტებთან დაკავშირებით. გათხრების ეს ეტაპი რეკომენდირებულია მოყვეს სამუშაოებს ისევე როგორც შესაბამისი მშენებარე მაღალი ფერდობის შემოწმებითი სამუშაოები.
- თხრილების ფუნდამენტი იქნება შემოწმებული გეოლოგიური კონდიციების შესაბამისად, რომელიც წარმოებს მშენებლობის პროცესში.
- უნდა დასრულდეს ყოველი გათხრილი კლდის ზედაპირის გეოლოგიური რუკის შედგენა შემდეგი კლდის საფეხურის აფეთებამდე, რათა დაუყოვნებლივ იქნეს განხილული დამხმარე ზომების აუცილებლობა და განხორციელდეს შესაბამისი ქმედებები.

5. გამოყენებული ლიტერატურა

აღნიშნული მასალები ფართოდ იქნა გამოყენებული მოცემული ანგარიშის მომზადების დროს:

[1] რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკა, ნახ. No: N4001-3-13, დათარიღებული 1957წ. (მასშტაბი 1:2500).

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

[3] კავკასიის გეოლოგია: მიმოხილვა, შოთა ადამია, გურამ ზაქარიაძე, თამარ ჩხოვტა, ნინო სადრაძე, ნინო წერეთელი, ალექსანდრე ჭაბუკიანი და ალექსანდრე გვენცაძე, აპრილი 2011.

[4] სტრუქტურული გეოლოგიის ჟურნალი, ინვერსიული ტექტონიკის აქტიური შემოწმება, მდინარე რიონის აუზზე მ. ნადია და სხვები, გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2017.

[5] პროექტი: ნამახვანის ჰესების კასკადის მიზანშეწონილობის შესწავლა; ანგარიში No: 3; პროექტის დასახელება: გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევები; სათაური: საბოლოო ანგარიში, E.C Hydroprojekt International Limited - ე.ს. ჰიდროპროექტ ინტერნეშნლ ლიმიტედ (თარიღი არ არის).

[6] ფაზა 2 ა-საბაზისო პროექტი გეოლოგიური ანგარიში, ივლისი 2015, SP Studio Pietrangeli Consulting Engineers - სპ სტუდიო პიეტრანგელი ქონსალტინგ ენჯინიერინგ.

[7] GeoEngineering Ltd. - შპს „ჯეოენჯინიერინგი“ საინჟინრო კვლევები, , პროექტირება, მშენებლობა, გეოტექნიკური კვლევები საქართველოში ნამახვანის ჰესისთვის, ტექნიკური ანგარიში, თბილისი, საქართველო, 2014.

[8] ბრიტანული სტანდარტი, BS 5930: 1999.

[9] კლდის მასების საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბის გამაგრების პროექტისთვის (RMQ), ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჟ. ლუნდე, 1974.

[10] კლდოვანი მასის რეიტინგი (RMR), სისტემა (გეომექანიკური კლასიფიკაცია) საინჟინრო პრაქტიკაში, ბიენავსკი. ზ.ტ., 1989.

[11] გეოლოგიური მდგრადობის ინდექსი გაერთიანებული ლოდნარი მასებისთვის (GSI), (ჰოეკ, ე., კარტერ, ტ.გ., დიდერიხს, მ.ს., 2013).

[12] [2] კლდოვანი მასის კლასიფიკაციის სისტემა, სიედ მუნთაზი აბბას, (TU ბერგაკედმიის გეოტექნიკური ინსტიტუტი და გეოლოგიაში საუკეთესო გამოცდილების ეროვნული ცენტრი, პეშავარის უნივერსიტეტი, 01 ნოემბერი 2017),

[13] შვედური აფეთქების ტექნიკა, რუნე გუსტაფსონი, გოტენბურგი, შვედეთი, სექტემბერი 1973

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

[15] ჰადსონ, ჯ.ა. და ჰარისონ, ჯ.პ. 1997. კლდის ქანების საინჟინრო მექანიკა – პრონციპები შესავალი, პერგამონ პრეს.

6. შანართები

- დანართი – 1: გზის გადატანის გეგმა გეოლოგიური კვლევის ჩათვლით
- დანართი – 2: ტიპური გათხრილი ფერდობის საყრდენი
- დანართი – 3: კრიტიკული განივი კვეთა