

პროექტი:

ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი

მფლობელი:



გენერალური კონტრაქტორი:

სს ენმარ კონსტრაქშენის
საქართველოს ფილიალი

კონსტრუქტორი/ქვემენარდე:



კონტრაქტის ნომერი:

GE308

დოკუმენტის დასახელება:

გეოტექნიკური სამუშაო სტატია
ნამახვანი-ალპანა სშემოვლით საგზაო გვირაბზე T-1
(კმ 25+578 – კმ 25+710)

დოკუმენტის
ნომერი:

GE308-203-DW-REP-GEO-00003

რედ. No.
00

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.

© 2019 ENKA İnşaat ve Sanayi A.Ş.

დოკუმენტი დაბეჭდვის შემდეგ შემოწმებას არ ექვემდებარება. გათხოვთ, გამოეყენებამდე, ბოლო ვერსია იხილოთ ელექტრონული დოკუმენტების მართვის სისტემაში.

რედ. N	რედაქტირების თარიღი	რედაქცია	მომზადებულია	შემოწმებულია	დამტკიცებულია
00	19/06/2019	გამოცემულია გამოყენებისთვის	Mustafa Akıncı	Bülent Uygur	Nejat Demirörs

სარჩევი

1. ძეოთოლოგია: კონცეპტუალური აზრობრივი მოდელები	6
1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური აზრობრივი მოდელებების არსებობა	6
1.2 გეოდინამიკური ევოლუციის მოდელები.....	7
1.2.1 ზუნბულთარკალური ვულკანიზმი.....	8
1.2.2 შროექტის არეალის სტრუქტურული ევოლუცია.....	9
2. ზოგადი გეოლოგია	11
2.1 შუა იურული პორფირული სერია	11
2.2 მეოთხეული ფორმირებები.....	13
2.3 სტრუქტურული გეოლოგია	13
3. საინჟინრო გეოლოგია	15
3.1 ქანების მასივის დახასიათება.....	15
3.1.1 ჭანების მატერიალური თვისებები	15
3.1.2 ჭანების მასივის თვისებები	16
3.2 მიწისქვეშა წყლის პირობები	17
3.2.1 ლიდროლოგიური მოწყობისტერმინები.....	17
3.3 ქანების მასის კლასიფიკაციის სისტემები	18
3.3.1. ზოგადი მსჯელობა	18
3.3.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიავსკი 1989).....	19
3.3.3. Q-კლასიფიკაციის სისტემა (RMQ) – (ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდი 1974)	19
3.3.4. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013).....	20
3.3.5. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013).....	21
3.3.6. NATM კლასიფიკაცია და პროცედურა დაპროექტებისას	21
3.4 გვირაბის საყრდენების ტიპების ემპირიული პროექტი.....	24
3.4.1 ყემავალი მონაცემების მიწოდება	24
3.4.2 ლვირაბის საყრდენების ემპირიული ტიპის ზოგადი მოსაზრებები.....	25
3.4.3 ჭანის კლასიფიკაცია და შეთავაზებული ემპირიული საყრდენების ტიპები.....	26
3.4.4 ტმპირიულად დაპროექტებული გვირაბის საყრდენების ელემენტები	32
4. ბასკვნები.....	34
5. ლამოყენებული ლიტერატურა.....	36

დანართები:

დანართი - 1: T-1 გვირაბის გეოლოგიური გეგმა და პროფილი

დანართი - 2: გვირაბის ტიპური ტიპები აღჭურვილისათანადო საყრდენი ელემენტებით

დანართი - 3: RocLab-ის პროდუქტი

სურათების ჩამონათვალი

სურათი 1: ტექტონიკური ფირფიტის საზღვრების სქემატური განყოფილება, რომელიც მონაწილეობს კუნძულ-რკალის ფორმირებაში; ყურადღება მიაქცეით უკანა რკალის აუზს და განაწილების ცენტრს, სადაც თავდაპირველად დიდი კავკასიონის ვულკანურ-ნალექოვანი კლდეები იქნა წარმოშობილი.....	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.....	14
სურათი 4: აღებულია 12 დოკუმენტიდან.....	23
სურათი 5: შუა იურული პერიოდის ქანების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია	31
სურათი 6: ექვივალენტური ზომა და ქანის ხარისხი და შესაბამის საყრდენის ელემენტები	32

ზღვრის მიზანი:

ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის („ჰესი“) კასკადის პროექტის (ზემო ნამახვანი 100 მვტ და ქვემო ნამახვანი 333 მვტ ქუთაისში, საქართველო) წინასწარი პროექტირების ეტაპის (1-ლი დონე) კონტექსტში ქვემო ნამახვანის ჰესისპროექტის წყალსაცავის არეალში „შემოვლითი გზის“ ტექნიკური პროექტირება წარდგენილი იქნა შემკვეთის მიერ დამტკიცებისთვის. პროექტის შესწავლის შემდეგ შემკვეთმა მოსთხოვა მენარდის ინჟინერს (CE), განეხილა „გვირაბის ალტერნატივები“შემოვლითი გზის გასწვრივ გათვლილი სამადაროე ორმოებისთვის, რათა თავიდან აეცილებინათ სეზონური არახელსაყრელი გავლენა საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებაზე. უირველი „ალტერნატიული“ პროექტი მოიცავს სამ გვირაბს, 10.48 მ საექსკავაციო სიგანით, ქვემო ნამახვანის ჰესისპროექტის მარჯვენა სანაპიროზე წყალსაცავის წყლის მაქსიმალური დონის (311.50 მ ზღ. დ) ზემოთ. ეს გეოტექნიკური მოხსენება კავშირშია T-1 გვირაბთან, რომელიც განისაზღვრება პიკეტაჟით:

- გვირაბი-1: კმ 25+588 – კმ 25+710 (T-1)

ეს სპეციფიკური საინჟინრო გეოლოგიური მოხსენება მეტწილად კონცენტრირებულია T-1 შემოვლითი საგზაო გვირაბის შემდეგ გეოტექნიკურ ასპექტებზე:

- ოხეში ტოპოგრაფიისა და სქელი მცენარეული საფარის გამოგვირაბის ყველა მარშრუტში გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვება დიდ სირთულესთან არის დაკავშირებული. ამ მიმართებაში რიონის კასკადის გეოლოგიურმა რუკებმა რუსული პერიოდიდან, 1957წ [1]და საქართველოს გეოლოგიის ინსტიტუტიდან, 2008 წ [2]ძალიან მნიშვნელოვანი მონაცემები მოგვანოდა საპროექტო არეალის ქანების ტიპებთან და სტრუქტურულ გეოლოგიასთან დაკავშირებით.
- უვირაბის ზოგადი გეოლოგიური პირობების აღწერა, რაც მეტწილად ეფუძნება საცნობარო დოკუმენტებს [1&2], რეგიონული „კონცეპტუალური გეოტექტონიკური მოდელის“ განხილვით, რომელიც შემოვლითი გზის პროექტის ადრეულ ეტაპზე დაპროექტდა.
- უეოტექნიკური მონაცემების შეგროვება ტერიტორიის ზედაპირული გამოკვლევით უფრო აქტიურად ხდება ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის გასწვრივ რიონის ხეობის გაყოლებაზე. ამ მიმართებაში რიონის კასკადი, განსაკუთრებით მარჯვენა სანაპიროზე გაშიშვლებული ქანები, სადაც ქუთაისი-ალპანას არსებული გზა გადის და მისი დამატებითი შენაკადები გამოიყენება ლაბორატორიად. უეოტექნიკური

კვლევის ეს ნაწილი მოიცავდა ვიზუალური გამოსახულების, ინტუიციისა და ემპირიული გამოცდილების გამოყენებას დაკვირვებული მონაცემების დაგეგმარებისთვის გვირაბის პროექციაზე.

- შენაკადებში გაშიშვლებული ქანები აშკარად აჩვენებს, რომ სამირკვლის ქანების პროლუვიური საფარი შედარებით თხელია და ქანების მასივი მცირედენად გამოფიტული, სადაც მდინარი წყლის მიერ ხდება გადარეცხვა.

1. **შეთოდოლოგია: კონცეპტუალური აზრობრივი მოდელები**

1.1 **გეოლოგია და კონცეპტუალური აზრობრივი მოდელების არსებობა**

ძირითადი ასპექტები, რომლებიც გეოლოგიას განასხვავებს მეცნიერების სხვა დარგებისგან, არის „დროისა და სივრცის“ კონცეფცია. ყესაბამისად, „გეოლოგიური“ დროის მასშტაბურობის შეფასება, რომელიც მილიონობით წლებით გამოიხატება, განსხვავებით „ანთროპოლოგიური (ადამიანური) დროისგან“, აუცილებელია დედამიწის ევოლუციასთან დაკავშირებული გეოდინამიკური პროცესების გაცნობიერებისთვის. წნალოგიურად, „სივრცე“, რომელიც მიკროსკოპულიდან კოსმოსურ მასშტაბებამდე იცვლება, იგივენაირად მნიშვნელოვანია „კონტინენტური და ოკეანური ფილების“ მოძრაობისა და პროექტის არეალის ამჟამინდელი რეგიონულიდან ადგილობრივ მდებარეობამდე ვიზუალიზაციისთვის ამ აქტიურ ფილებთან მიმართებაში. ეს ყველაფერი იმაზე მიუთითებს, რომ საკითხის წარმატებული გადაწყვეტები ნებისმიერ შემთხვევაში დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების ზუსტ განსაზღვრებაზე, მათ შორის (i) პროექტის არეალის გეოტექტონიკური კავშირი; (ii) საინჟინრო გეოლოგია და (iii) ჰიდროგეოლოგიური პირობები. წმ რთულ შრომატევად სამუშაოში ჩვენ შევეცდებით ჩვენს ხელთ არსებულ ამოცანას მყარი საფუძველი მივცეთ ქვემოთ აღწერილი უკუკავშირის მარყუქების გამოყენებით.

ა: თეორიული ასპექტები

ეს ასპექტები უკავშირდება ფილების ტექტონიკის თეორიის, საინჟინრო გეოლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის ძირითად ცნებებს.

ბ: ემპირიული ასპექტები

გამოცდილება მნიშვნელოვან კავშირშია ვიზუალურ გამოსახულებასთან, ემპირიულ გამოცდილებასთან და როგორც მეცნიერულ, ისე ტექნიკურ ინტუიციასთან.

გ: მექანიკური ასპექტები

ქვიან მიწასთან მიმართებაში „მექანიკური ასპექტები“ პირობითად გულისხმობს მიწისქვეშა გამოკვლევას, განსაკუთრებით სვეტოვანი ბურღვით. ამ კონტექსტში ჩვენი პირადი გამოცდილება აჩვენებს, რომ როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე გეოლოგ-ინჟინრებისა და ინჟინერ-კონსტრუქტორების უმეტესობა თავიანთ სამუშაო

მოდელს უმეტესწილად სვეტოვანი ბურღვის საფუძველზე ქმნიან. თუმცა ჩვენი მიდგომა, „მოდელირების“ განსაზღვრების ფონზე, არის მიწისქვეშა სვეტოვანი გაფართოების მონაცემების გამოყენება, განსხვავებით ზოგადი ტენდენციისგან, რათა შევამოწმოთ ჩვენი კონცეპტუალური გეოტექტონიკური, საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მოდელები.

ცხადია, ჩვენ მტკიცედ ვემხრობით სვეტოვან ბურღვას, რადგან რელიეფი და ტოპოგრაფიული პირობები აადვილებს ამგვარი კვლევის ჩატარებას. თუმცა ეს არ ნიშნავს, რომ ჭაბურღილის მონაცემების არარსებობა მაღალი ფენებისა და წვდომის პირობების გამო, აუცილებლად არახელსაყრელ მდგომარეობას ქმნის პროექტის გეგმაში. ეს მეტწილად იმის გამოა, რომ კერნებს ჩვენ მივიჩნევთ გეოტექტონიკური, საინჟინრო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების „გამარტივებულ შედეგს“, ამგვარად ინჟინრებმა უპირველესად უნდა ვიცოდეთ, რას ვამარტივებთ.

1.2 გეოდინამიკური ევოლუციის მოდელი

წილების ტექტონიკის თეორიის თვალსაზრისით, დედამიწა არის აქტიური პლანეტა მუდმივად ცვალებადი დივერგენტული (კონსტრუქციული), კონვერგენტული (დესტრუქციული) და გარდამქმნელი (ნეიტრალური) ფილების საზღვრებით. ოს ტექტონიკური პროცესები, რომლებიც სისტემატურად მიმდინარეობს დედამიწის ქერქში, ძალიან კომპლექსურია და პირდაპირ ექსპერიმენტირება ვერ მოხდება. ჩჩება ერთი გზა დედამიწის კომპლექსურობის გასაგებად - მისი წარმოდგენა „სისტემად“. ოქ სისტემა განისაზღვრება, როგორც „ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილების კომბინაცია, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ორგანიზებული ფორმით“. ოუმცა სისტემას ესაჩიროება „სასაზღვრო ზედაპირი“, რომელიც ხელშემწყობი იქნება მისი მოქმედების გაგებაში,რათა მყარი საფუძველი მივცეთ. ოს სასაზღვრო ზედაპირი არის „გეოდინამიკური მოდელი“ და წარმოადგენს სისტემის პროცესებს, რომლებიც გამოიყენება „ფენომენის“ აღსაწერად და ასახსნელად ირიბი მტკიცებულებების საფუძველზე. ომის მისაღწევად ერთი გზა არის „ფილების ტექტონიკის თეორიის“ გამოყენება, რაც სისტემის სათანადო ნაწილების გაერთიანების საშუალებას გვაძლევს. წილების ტექტონიკის თეორიის განვითარება მოხდა ამომწურავი „მაღალი დონის აბსტრაქტული აზროვნების“ გამოყენებით. ომგვარად, თეორიის გამოყენება გარდაუვლად მოითხოვს „ვიზუალურ გამოსახულებას, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ ინტუიციას.“

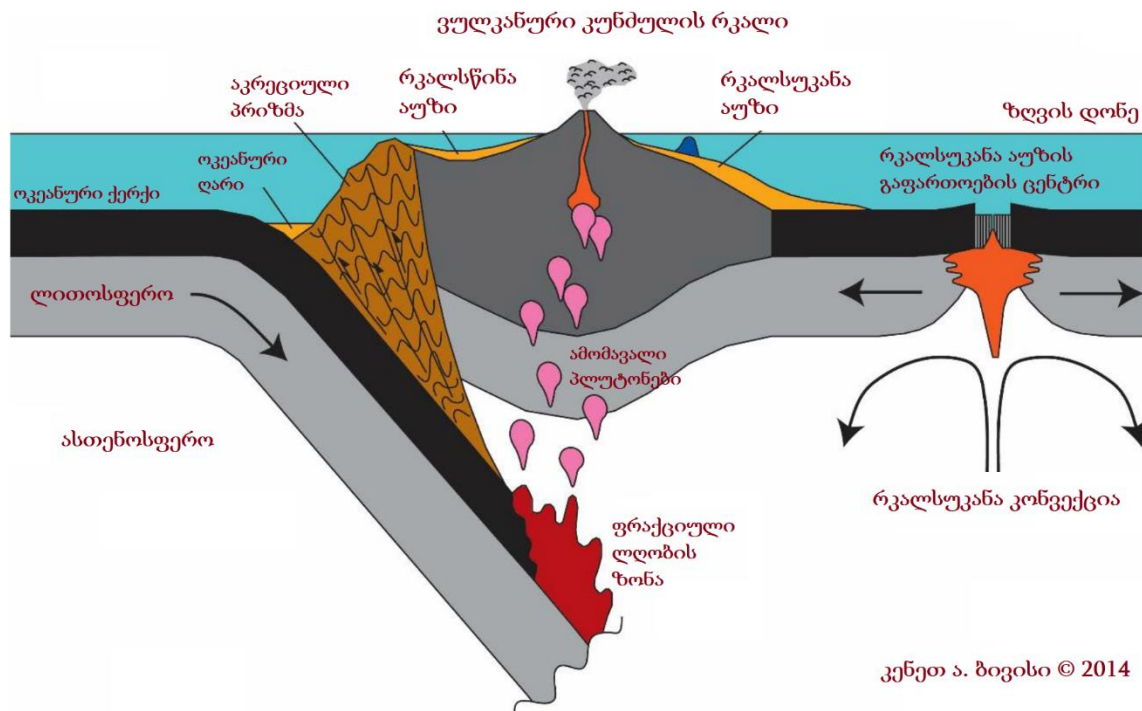
ქვემოთხსენიებული თუ მსოფლიო მნიშვნელობით, კავკასიის სტრუქტურა და გეოლოგიური ისტორია მეტწილად განისაზღვრება მისი მდებარეობით ჯერ კიდევ გაერთიანების პროცესში მყოფი ევრაზიისა და აფრიკა-არაბული ლითოსფეროს ფილებს შორის, კონტინენტური შეჯახების ვრცელ ზონაში. უცვლელი პროტეროზოული-ადრეული კაინოზოური ეპოქის დროს რეგიონი ეკუთვნოდა ტეთისის ოკეანეს და მის ევრაზიულ და აფრიკა-არაბულ საზღვრებს, სადაც არსებობდა „კუნძულთა რკალების, შიდაარქაული რიფტების, უკანარკალური აუზების“ სისტემა, რაც რეგიონის ევოლუციის შეჯახებამდელი ეტაპის მახასიათებლებია [4]. ფილების ტექტონიკის თეორიის გადმოსახედიდან, პროექტის არეალი მდებარეობს ამიერკავკასიის მასივში, რომელიც პალეოზოური-ადრეული კაინოზოური ეპოქის „კუნძულთა რკალის“ ოროგენია. შუორე მხრივ, დიდი კავკასიონი წარმოადგენს საკონტინენტაშორისონაოჭა-შეცოცებით მთათა სისტემას, რომელიც წარმოიშვა შეჯახებამდელი „უკანარკალური აუზისგან“ აფრიკა-არაბული და ევრაზიული ლითოსფეროს ფილების შერწყმის საპასუხოდ. ზმ კონკრეტული გვირაბის პროექტის გადმოსახედიდან გეოტექტონიკური ევოლუციის ორი ასპექტი მნიშვნელოვნად ითვლება, როგორც განხილულია ქვემოთ.

1.2.1 ზუნძულთარკალური ვულკანიზმი

კუნძულთა რკალები ყალიბდება, როცა ორი ოკეანური ფილა ერთიანდება(ოკეანური ფილების სუბდუქცია) და იქმნება ვულკანური კუნძულების წყება გადამფარავი ფილის ზემოთ. სუბდუქციური ფილა -ოკეანური ფილის წინა მხარე- იწყებს დნობას, რადგან შეკუმშვის შედეგად იძულებით ღრმად ეშვება ქერქსა და ზემო მანტიაში, ვრცელდება ოკეანის ფსკერზე და უკან კვალს ტოვებს. ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში ამ გეოდინამიკურ პროცესს ადგილი ჰქონდაპალეოტეთისის ოკეანის რიფტულ ზონაში, ხოლო ოკეანის ფილის სამხრეთმა მხარემ ჩრდილოეთის მიმართულებით დაიწყო სუბდუქცია ჩრდილოეთ ოკეანის ფილის ქვემოთ. კუნძულთა რკალები, რომლებიც ჩამოყალიბდნენ ამ ფილების შერწყმის პროცესის შედეგად, ამჟამად წარმოდგენილია დასავლეთიდან აღმოსავლეთამდე -აღმოსავლური პონტიდები თურქეთში, ამიერკავკასია საქართველოში და ირანული ბლოკი აღმოსავლეთით.

ამ სუბდუქციის პროცესის საბოლოო შედეგი არის ქვემო ნამახვანის ჰესის კაშხლის ტერიტორიისშუა იურული პერიოდის პორფირული სერიისა (ვულკანურ-სედიმენტური ქანების) და მიმდებარე სტრუქტურების ჩამოყალიბება. ამ ტექტონიკური პროცესის ქანების ჩამოყალიბების ეპიზოდები გამოკვეთილია ქვემოთ:

- პორფირული სერიის ვულკანური ქანები კუნძულთა რკალების ვულკანიზმის საწყისი შედეგია, რაც მოიცავს პიროკლასტურ ქანებს ლავის ხშირი დინებით.
- ვულკანიზმის პასიურ პერიოდებში მძლავრობს ეროზიული ფაქტორები, რომლებიც მანამდე ჩამოყალიბებული ვულკანური მასებიდან აცალკევებენ სხვადასხვა ზომის ნაწილებს, საბოლოოდ კი ხელს უწყობენ სედიმენტური ქანების დაგროვებას.
- კუნძულთა რკალების ტერიტორიაზეც ორი პროცესი რიგრიგობით მიმდინარეობს და საბოლოოდ მიიღება ვულკანური და სედიმენტური ქანების თანმიმდევრული დანალექი.



სურათი 1: ტექტონიკური ფორფიტის საზღვრების სქემატური განყოფილება, რომელიც მონაწილეობს კუნძულ-რკალის ფორმირებაში; ყურადღება მიაქცეით უკანა რკალის აუზს და განაწილების ცენტრს, სადაც თავდაპირველად დიდი კავკასიონის ვულკანურ-ნალექოვანი კლდეები იქნა წარმოშობილი.

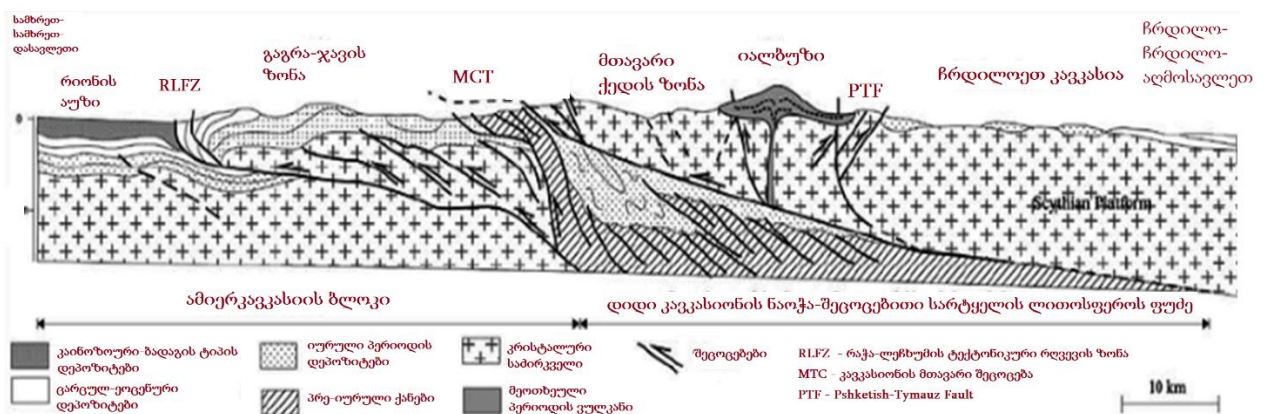
1.2.2 პროექტის არეალის სტრუქტურული ევოლუცია

რიონის აუზი, რომელიც მდებარეობს დიდ და მცირე კავკასიონს შორის, მიმდინარე ინვერსიული ტექტონიკის შესანიშნავი მაგალითია. რეგიონული კუთხით, სტრუქტურულმა ინვერსიამ ხელი შეუწყო კრისტალური ფუნდამენტის აუზის მაკონტროლებელ სამხრეთ-ვერგენტულ მოძრაობას კუმშვითი ტექტონიკის პერიოდში. შედეგად ინდივიდუალურმა ნასხლეტებმა სიღრმეში შეინარჩუნეს გაფართოება და ზედა მხარეში ანტიკლინურ ზრდასთან დაკავშირებული შეკუმშვა აჩვენეს. რეგიონულ დონეზე

ეს საწინააღმდეგო მოძრაობები წარმოდგენილია მთავარი კავკასიური შეცოცებით (MCT) და რაჭა-ლეხტანის ნასხლეტების ზონით (RLFZ). პროექტის არეალი მდებარეობს ჯავაგაგრის ზონაში, ლიტერატურაში ცნობილი, როგორც „გონის მასივი“, სადაც სამხრეთ-ვერგენტული ცარცული კირქვის მასებიფარავს კუნძულთა რკალებისგან წარმოშობილ შუა იურულ პორფირულწყებებს.

ამ სამხრეთ-ვერგენტული რეგიონული ტექტონიკური მოძრაობის მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ასპექტები გვირაბის გათხრის თვალსაზრისით შეიძლება შეჯამდეს შემდეგნაირად:

- განსაკუთრებით ნაოჭების განვითარება ანტიკლინებისა და სინკლინების ფარგლებში კუნძულთა რკალებისგან წარმოშობილ შუა იურულ პორფირულ სერიაში რიონის მთელი ხეობის გასწვრივ.
- ადგილობრივი ნასხლეტების წარმოქმნა ცარცული პერიოდის კირქვის მასებთან განსაკუთრებით ახლოს ტვიშისა და დერჩის სოფლების მეზობლად.



დადი კავკასიონის ცენტრალური ნაწილის ჭრილი აჩვენებს სამხრეთ-ვერგენტულ მთელ სარტყელს და სარტყელის მთავარ შეცოცხებას ტრანსკავკასიაზე (დატალოვი, 1987). (ჭრილის მდებარეობა ნაჩვენებია სურათზე 2.)

სურათი 2: რეგიონული ტექტონიკის გამარტივებული ვერსია, რომელიც აჩვენებს მთავარ სტრუქტურებს, ჩართულს დიდი კავკასიონის და რიონის აუზის ფორმირებაში; მცირე კავკასიონი მდებარეობს რიონის აუზიდან სამხრეთ-სამხრეთ-დასავლეთისკენ; ამოღებულია მითითებული დოკუმენტიდან [3].

2. ზოგადი გეოლოგია

ნამახვანის კასკადის ზოგადი გეოლოგიური პირობების შემსწავლელი კვლევები სათავეს იღებს 1938 წლიდან და დოკუმენტირებულად გრძელდება 1976 წლამდე საბჭოთა პერიოდში. ამ კვლევების მიხედვით, ნამახვანის კასკადი ძირითადად შედგება: (ა) შუა იურული პორფირულისერიისგან (ბ) ცარცული კირქვებისგან.

ამ დოკუმენტებში პორფირულისერიის ფორმირების ზოგადი გეოლოგიური მახასიათებლები დეტალურად ახსნილია საცნობარო დოკუმენტში [1&2]. შესაბამისად, მკითხველისთვის მოსახერხებლად, აქ მხოლოდ მე-3 ნახაზის ქვეწყებების შესავალი ინფორმაცია იქნება გამოკვეთილი.

2.1 შუა იურული პორფირული სერია

შუა იურული პერიოდის, ბაიოსური ასაკის დროს ფორმირებული ქანები მდებარეობს რიონის ხეობის განფენილობის გასწვრივგუმათისა და ტვიშის სოფლებს შორის, დაახლოებით 20 კმ სიგრძეზე. წინა კვლევებშიეს გეოლოგიური ფორმირებები წარმოდგენილია, როგორც „პორფირული სერია“. ზოგ შემთხვევაში ისინი ასევე მოიხსენიება, როგორც „ვულკანურ-სედიმენტური ფორმირებები“. თავად ბაიოსური პერიოდი შედგება სამი ქვედანაყოფისგან: ქვემო ბაიოსური (J2b1), შუა ბაიოსური (J2b2) და ზემო ბაიოსური (J2b3). ამ ქვედანაყოფების მდებარეობა თავიანთ მოკლე აღწერებთან ერთად ნაჩვენებია გამარტივებულ სვეტურ ნაწილში (ნახაზი 3).

ა: ქვემო ბაიოსური წყება (J2b1)

ქვემო ბაიოსური წყების მხოლოდ ყველაზე ზემო ნაწილი ხვდება პროექტის არეალში, ფუნდამენტის ქანებს ქმნის ანტიკლინური და სინკლინური სტრუქტურებით. ეს ნაწილი ზედაპირზე არ ხვდება რიონის კასკადის ქვემოწელში, მაგალითად, ქვემო ნამახვანის ჰესის პროექტის წყალგამტარი გვირაბის (HRT) გასწვრივ. ტიპიური გაშიშვლებები შემჩნეულია ლეხიდარის შენაკადსა და ბენტკოულას სოფელს შორის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთის ზედაპირზე. ველის ზედაპირული გამოკვლევები აჩვენებს, რომ პირველ ნახვაზე ეს წყება ტოვებს „ფლიშის“ ძალიან ტიპიური ფორმირების შთაბეჭდილებას. ის ძირითადად შედგება მსუბუქი რუხი ტუფისგან, არილიტისგან, მიკრობრეკჩიისგან, ტუფური ქვიშაქვისგან, ზოგჯერ ავგიტ-ლაბრადორიტის პორფირებისგან. განსაკუთრებით კარგად

განვითარებული ქანის ფენები გამოირჩევიან მათთვის დამახასიათებელი 225/40¹ საშუალო ორიენტაციით. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ წყება-J2b1 ქმნის ნამახვანის ანტიკლინის მთავარ შიდა ნაწილს, რაც სტრუქტურულად გადამწყვეტ როლს თამაშობს HRT-ისგეოტექნიკურ შეფასებებში.

ბ: შუა ბაიოსური წყება (J2b2)

შუა ბაიოსური წყებასთან (J2b2) დაკავშირებული ფორმირებები დამატებით იყოფა 6 ქვეწყებად, რომლებიც მეტწილად შერეულია „კუნძულთა რკალების“ ვულკანიზმის ტიპისა და ბუნებრივი მახასიათებლების გამოყველა ეს ქვეწყება ჩნდება HRT-ის მარშრუტის გასწვრივ და მიმდევრობით დაიკვირვებაგაჭრილ კლდეებში ქუთაისი-ალპანას არსებულ გზაზე, რომელიც HRT-ს ჩრდილო-დასავლეთიდან უერთდება. შესაბამისად, მენარდის ინჟინერისთვის (CE) კარგად ნაცნობია ქანების მასივის საინჟინრო თვისებები. ამ ექვს ქვეწყებას შორის მხოლოდ ორი, კერძოდ J2b2-5 და J2b2-6, დაიკვირვება გვირაბის პროექტების ქანების ფორმირების მონაწილეობაში; ამიერიდან ამ დოკუმენტში მხოლოდ წყებები იქნება აღწერილი.

ბ1: J2b2-5 ქვეწყება

ამ ქვეწყების ტიპური გაშიშვლებები ნათლად შემჩნეულია უშუალოდ ქვემო ნამახვანის (LNK) კაშხლის ტერიტორიის ქვედა და ზედა დინებასთან. შენაკადებთან ჩატარებული ტერიტორიის კვლევების მიხედვით, სადაც გამოფიტული შრეების გადარეცხვა მოხდა, შემჩნეულია, რომ ფორმირება შედგება ტუფური ქვიშაქვისგან, ზოგჯერ კი შრეებს შორის თიხოვანი ფიქალი ჩნდება.

ბ2: J2b2-6 ქვეწყება

ეს ფორმირება ქმნის ქვემო ლამახვანის (LNK) კაშხლის ტერიტორიას, რომელიც მდებარეობს ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ფრთაზე. ტიპური გაშიშვლებები შეიმჩნევა როგორც ქუთაისი-ალპანას არსებულ გზაზე, ისე კვლევით შტოლნებში, რომლებიც რუსულ პერიოდში გაიხსნა. ამ გაშიშვლებებში ვლინდება ქანის როგორც მატერიალური, ისე მასის თვისებების საუკეთესო ნიმუშები. ამგვარად, ფორმირება ძირითადად შედგება ანდეზიტ-პორფირიტებისგან, როგორც აღნიშნულია შლიფის ანალიზის შედეგად და ზოგადად მასიურ სტრუქტურას წარმოადგენს. ანდეზიტ-პორფირიტებს ზოგჯერ თან ახლავს ბრეკჩიების ფენა, რაც ვულკანური ზემოქმედების

¹აღნიშნავს შესაბამისად დაქანების მიმართულებასა და რაოდენობას

შედეგია. J2b2-6 ქვეწყების გაშიშვლებების კიდევ ერთი ადგილმდებარეობა არის რიონის კასკადის ზემოწელი, ლეხიდარის შენაკადის ჩრდილოეთ ნაწილამდე, რაც მდინარე რიონის ორივე სანაპიროს მოიცავს.

2.2 მეოთხეული ფორმირებები

პროექტის ახალგაზრდა ფორმირებები ძირითადად წარმოდგენილია პროლუვიურ-დილუვიური, კოლუვიურ-ალუვიური დანალექებით. ამ დანალექებს შორის დილუვიურ-პროლუვიურიდანალექები, რომლებიც ჩნდება გვირაბის გასწვრივ ცენტრალურ ნაწილში, დიდი მნიშვნელობის მატარებელია შემდეგი მიზეზის გამო: (ა) მათ შეუძლიათ, უზრუნველყონ არსებითი საფარი გვირაბის ზემოთ, რაც შეამცირებს ქანების გადამტვირთავ სისქეს და (ბ) ისინი მოქმედებენ, როგორც წყლიანი პორიზონტი და გვირაბს წყალს აწოდებენ.

2.3 სტრუქტურული გეოლოგია

როგორც ადრე იყო აღნიშნული, პროექტის არეალი სუბდუქციასთან დაკავშირებული ჯერ კიდევ მიმდინარე ტექტონიკური აქტივობების მკუმშავი ძაბვის ქვეშაა, რასაც ემატება სამხრეთ-ვერგენტულული რეგიონული მოძრაობები დიდ კავკასიონში სტრუქტურული ინვერსიის გამო, რამაც გამოიწვია უკუშეცოცების ჩამოყალიბება. დაკვირვებით ვლინდება, რომ ყველა ეს ტექტონიკური აქტივობა რიონის კასკადის გასწვრივ ნაოჭებისა და ადგილობრივი ნასხლეტების განვითარების შედეგია. ამ სტრუქტურებს შორის „ანტიკლინებითა და სინკლინებით“ წარმოდგენილი „ნაოჭები“ გადამწყვეტ როლს თამაშობენ განსახილველი გვირაბის მარშრუტების ფიზიკურ პირობებსა და სტაბილურობაზე. ეს საკითხი დაწვრილებით იქნება განხილული მოხსენებაში საჭირო დროს.

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 დამრეცხული, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ბრექჩით
		J2b2-4	სქლად ან საშუალოდ დამრეცხული, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-3	საშუალოდ ან წვრილად დამრეცხული, წვრილმარცვლოვანი ტუფოგენური ალევროლიტი, ადგილებში მიკრობრექჩით
		J2b2-2	მასიური, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-1	საშუალოდ და წვრილად დამრეცხული, 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 მასივის საინჟინრო გეოლოგიური თვისებები ძირითადად განისაზღვრება (ა) ქანების მასივის მახასიათებლებით და (ბ) მიწისქვეშა წყლით. ეს ტერმინები მოკლედ არის ახსნილი ქვემოთ, რათა ჩამოყალიბდეს ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის ინფრასტრუქტურა.

3.1 ქანების მასივის დახასიათება

საინჟინრო გეოლოგიის მიერ „შემოვლითი საგზაო გვირაბების“ შესწავლა ეფუძნება „ქანების მასივის დახასიათების“ კონცეფციას, რომელიც განისაზღვრება, როგორც „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვებისა და ანალიზის პროცესი, რაც იძლევა ინდექსებსა და აღწერით ტერმინებს ქანების მასივის გეომეტრიული და მექანიკური თვისებებისთვის“.

ქანების მასივი არის მატრიცა, რომელიც შედგება ქანური მასალისა და ქანების წყვეტებისგან. ქანური მასალის თვისებები გაზომვადი და/ან აღწერადია ლითოლოგიური თვისებებით, რომლებიც შეიძლება შეფასდეს შტუფში ან დაიტესტოს ლაბორატორიაში. ამის შემდეგ ქანების მასის თვისებები განისაზღვრება დაუზიანებელი ქანური მასალებისა და ქანში განვითარებული წყვეტების თვისებებით. შესაბამისად, ქანებში არსებული ბზარებისა და სხვა წყვეტების არსებობაა ის ფაქტორი, რომელიც მთავარ როლს თამაშობს ქანების მასის თვისებებისა და მახასიათებლების განსაზღვრაში. ამ კონტექსტში ბზარების რიგების რაოდენობა, ორიენტაცია, შუალედები, ღარი, ზედაპირის უსწორმასწორობა და გამოფიტვისა და გარდაქმნის მდგომარეობა ქანების მასივის პარამეტრების მთავარი მახასიათებლებია. ეს თვისებები ქვემოთ აღწერილია მოკლედ, რათა ჩამოყალიბდეს ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის ინფრასტრუქტურა.

3.1.1 ქანების მატერიალური თვისებები

„გეოტექნიკურ ინჟინერიაში“ „დაუზიანებელი ქანი“ გულისხმობს შტუფსან კერნს, რომელიც მთლიანად თავისუფალია „წყვეტებისგან“. შესაბამისად, გეოტექნიკური ინჟინერიის თვალაზრით, პრიორიტეტი ეძლევა შემდეგ ხარისხობრივ და რაოდენობრივ თვისებებს:

ა: ხარისხობრივი თვისებები

ეს თვისებები ძირითადად წარმოდგენილია ქანის ტიპით, პირველადი ფორიანობითა და გამოფიტვით. თუმცა მათ შორის GSI ქანების კლასიფიკაციის სისტემაში განსაკუთრებულ

ყურადღებას იმსახურებს ქანის ტიპი და გამოფიტვა. ამ კონტექსტში ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ დაუზიანებელი ქანის გამოფიტვის მდგომარეობა განისაზღვრება წყვეტის ზედაპირის პირობებით; ამიტომ GSI სქემების გამოყენებისას ხარისხობრივი თვისება თავსებადი უნდა იყოს ქანური მასალის ქვემოთ ნახსენებ ერთდერმა კუმშვის სიმტკიცის რაოდენობრივ თვისებასთან.

ბ: რაოდენობრივი თვისებები

ქანის მასალის ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრები არის კუმშვის სიმტკიცე და დეფორმაციის მოდული (Ed). მაგრამ, როგორც ზემოთ არის ახსნილი, დაუზიანებელი ქანის კუმშვის სიმტკიცე განისაზღვრება წყვეტის ზედაპირის პირობებით; ამგვარად ის პირდაპირ კავშირშია ქვის მასის თვისებებთან.

3.1.2 ჭანების მასივის თვისებები

მასის თვისებების სრულ სპექტრში წყვეტებს დომინანტი წილი უკავიათ და ქანის მასების გეომეტრიული თვისებების ძირითად ნაწილს ქმნიან. ამ თვისებებს შორის რაოდენობრივ აღწერებს უპირატესობა ეძლევათ ხარისხობრივთან შედარებით, როგორც წარმოდგენილია ქვემოთ.

ა: ხარისხობრივი თვისებები

ამ სფეროში შეიძლება „გვერდითი ქანის“ აღწერის, ბზარის ანალიზის ნაწილისა და „შემთხვევითი ბზარების“ გათვალისწინება.

ბ: რაოდენობრივი თვისებები

ყველა ეს თვისება უკავშირდება „წყვეტებსა“ და სტრუქტურებს, რომლებიც გამოყოფილია ქვემოთ:

- ქანის ფენებისა და ბზარების გადაჭიმვა და დაქანება, მაგრამ არ გამოირიცხება სხვა წყვეტები, როგორიცაა ნასხლეტები და ძვრის სიბრტყე.
- ბზარების ანალიზი: შუალედები, ორიენტაცია, დაშორება.
- ბზარის სიმჭიდროვე.

ქანის მასალისა და ქანის მასის თვისებების აღწერაში „BS5930:1999, ISRM: 2014 და ქანების კლასიფიკაციის ერთიანი სისტემა: 1984 (წამოიყენება გაბატონებული გეოლოგიური პირობების მიხედვით.)

3.2 მიწისქვეშა წყლის პირობები

3.2.1 ჰიდროლოგიური მოწყობის ტერმინები

ქანების ფორმირებების მიწისქვეშა პირობები, რომლებიც გვირაბის მოწყობას განსაზღვრავენ, განხილული იქნება ჰიდროლოგიური მოწყობის ტერმინების „წყლიანი ჰორიზონტი, აკვიტარდი, აკვიკლუდი და აკვიფუჟი“ ფარგლებში. იმავდროულად, პირველადი და მეორეული გამტარობის ცნება თითოეული ქანის ფორმირებისთვის ნახსენები იქნება იქ, სადაც საჭიროება მოითხოვს. მაგრამ წინასწარ საჭიროა მეხსიერების გამოცოცხლება „ფორებისა და გამტარობის“ ცნებებისთვის, რომლებიც მიწისქვეშა მოძრაობისთვის გადამწყვეტია.

სითხეების გადატანისთვის ქანის მასის ტევადობა არის „გამტარობა“. ეს პარამეტრი დამოკიდებულია არამარტო ფორიანობაზე, არამედ ფორებისა და ნახეთქების ზომაზე და მათ ურთიერთკავშირზე. ამ გაგებით, საკითხის მთავარი არსი არის „ფორების ურთიერთკავშირი“, რომელიც მოიცავს დაუზიანებელი ქანის ფორებს და ქანების მასივის წყვეტებს, ქანის ფენებიდან ბზარებამდე და უსწორმასწორო ნახეთქებამდე, რაც საბოლოოდ ფარავს მსხვილმასშტაბიან სტრუქტურებს, როგორიცაა ნაოჭები და ნახსლეტები. ამ წინაპირობების საფუძველზე მოკლედ აღიწერება შემო მოცემული ჰიდროლოგიური მოწყობის ტერმინები.

Aquifer/აკვიფერი: (აკვიფერი): ფორივანი და შეღწევდი ფენა, რომელსაც შეუძლია წყლის არსებითი მოცულობის გატარება (მაგ. ქვიშის/ხრემის დახეთქილი ქანები).

Aquiclude/აკვიკლუდი: წყალშეუღწევი ფენა, რომელსაც არ შეუძლია წყლის არსებითი მოცულობის გატარება (მაგ. ჰერილშრიანი თიხივანი ქანები, კრისტალური დაუბზარავი ქანები).

Aquitard/აკვიტარდი: ფენა, რომელიც აფერხებს, მაგრამ არ აღმოფხვრის წყლის დინებას მომიჯნავე აკვიფერიდან და აკვიფერისკენ.

წანსახილველი საგზაო გვირაბების მიწისქვეშა პირობების განმარტება დაეფუძნება ამ ჰიდროგეოლოგიურ მოწყობებს.

3.3 ქანების მასის კლასიფიკაციის სისტემები

3.3.1. ზოგადი მსჯელობა

ქანების მასის კომპლექსურობა (ა) მათი ფორმირების ტიპის (ბ) შემდგომი ტექტონიკური აქტივობების; (გ) არსებული წყვეტების და (დ) მიწისქვეშა პირობების გამო „ქანების მასივის დახასიათებისადმი“ განსხვავებული მიდგომები იქმნება. ჯოგორც წინა თავებში იყო აღნიშნული, ქანების მასივის დახასიათების საკვანძო ტერმინები არის ქანების მასივების „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი“ ასპექტები. ყველა ამ მოხსენებადან ნათლად ჩანს, რომ ქანების მასივი არ არის „შერეული აგებულების ლაბორატორიული პროდუქტი“ მისი ხშირად ცვალებადი საინჟინრო თვისებების გამო, რომლებიც ძირითადად იმართება ზემოთხსენებული გეოტექნიკური ასპექტების მიერ. ზმ გაგებით, გარდაუვალი იყო გარკვეული საშუალების შექმნა ქანების მასივის ემპირიული საინჟინრო მახასიათებლების წარმოსადგენად მიწისქვეშა გათხრებისას ნაპოვნი საინჟინრო სტრუქტურებისთვის.

დიდი ხანია, საერთაშორისო დონეზე მიწისქვეშა გათხრების ემპირიულ საყრდენ გეგმაში გამოიყენება ქანების ძირითადად ორი რაოდენობრივი კლასიფიკაცია, კერძოდ: ბზარიანი ქანების მასივის გეომექანიკური კლასიფიკაცია (RMR-Bieniawski, 1989) და ქანების მასივის საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბის საყრდენი გეგმისთვის (RMQ)-N. Barton, R. Lien, and J. Lunde).

გვირაბის გათხრის ახალ ავსტრიულ მეთოდში (NATM) „ხარისხობრივი ასპექტები“ და ისეთი გავლენის მომხდენი ფაქტორების შეფასება, როგორიცაა პირველადი ძაბვები და კინემატიკა, უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, ვიდრე „რაოდენობრივი ასპექტები“, შესაბამისად მშენებლობისას საჭიროებს „საზომი ხელსაწყოების უწყვეტ გამოყენებას“. ამ გაგებით NATM არ არის „ემპირიული საყრდენი გეგმის კლასიფიკაცია“, არამედ გვირაბის გათხრის „დააპროექტე, როგორც მართავ“ მეთოდი [12].

შეორე მხრივ, GSI კლასიფიკაციაში ქანების მასივის „წყვეტების სტრუქტურა და პირობები“ იძლევა გრაფიკულ გამოსახულებებს, რაც მოითხოვს ვიზუალურ გამოსახულებებს ქანების მასივის რიცხვობრივი კლასიფიკაციების საფუძველზე. შაგრამ GSI კლასიფიკაციის გადაწყვეტი გეოტექნიკური ასპექტი არის ის, რომ ის არასდროს ყოფილა გამიზნული, როგორც RMR და Q სისტემების ჩამნაცვლებელი, რადგან მას არ გააჩნია ქანების მასივის გაძლიერების ან საყრდენი გეგმის შესაძლებლობა. GSI გამოიყენება ჰოეკ-ბრაუნის მეთოდში მიწისქვეშა ან ზედაპირული გათხრების რიცხვობრივი ანალიზისთვის საჭირო

პარამეტრების შეფასებისთვის ქანებში. უამოყენებადი ხდებაკლასიფიკაციის საბოლოო ვერსია [13].

ყველა გვირაბის ემპირიულ საყრდენ გეგმაში გამოყენებული უნდა იყოს RMR და Q კლასიფიკაციები, ხოლო GSI-ის გამოყენება ხდება ქანების მასის ძალის პარამეტრების მოპოვებისას, როცა საჭიროა. ზმგვარად, RMR და Q მოკლედ იქნება აღწერილი და RMR&Q-GSI კავშირი დაწვრილებით განიხილება. შუორე მხრივ, NATM მეთოდი გამოყენებული უნდა იყოს ინტენსიურად, როცა „დაპროექტების პერიოდის პროცედურა“ დეტალურად არის აღწერილი.

3.3.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიავსკი 1989)

RMR კლასიფიკაცია, უმთავრესად, სამთო შტოლნებისთვის არის შემუშავებული. ზქედან გამომდინარე, რეკომენდაციები მოიცავს მიწისქვეშა ექსკავაციებს, რომელთა სიგანეა 10 მ. ჰოეკ-ბრაუნის მეთოდად ამ კლასიფიკაციით კლდის სიმტკიცის პარამეტრები დგინდებოდა c (შეჭიდულობის) და ϕ (ხახუნის შიდა კუთხის) თვალსაზრისით, რაც ქვემოთ მოცემულ ფარდობებშია ნაჩვენები:

$$c = 5 \text{ RMR (kPa)}; \phi = 0.5 \text{ RMR} + 5 (^{\circ})$$

შეფორმაციის მოდულის E_d -სთვის შემდეგი მაგალითი კორელაციაშია როკლაბის გამომავალ მონაცემებთან:

$$E_d = 10^{(RMR-10)/40} \text{ (სერაფიმი და პერეირა, 1983; RMR < 60)}$$

RMR კლასიფიკაცია ქანების მედეგობის დროსაც გვაძლევს, რაც ემპირიულად საშუალებას გვაძლევს ავწონოთ საყრდენების დასაყენებელი დროის მაქსიმალური ინტერვალი. შაგრამ დროთა განმავლობაში, მრეწველობისა და სოციალური მოთხოვნების ზრდასთან ერთად, RMR კლასიფიკაცია დიდი სიგანის მიწისქვეშა გათხრების მოთხოვნებს ვეღარ პასუხობდა.

3.3.3. Q-კლასიფიკაციის სისტემა (RMQ) – (ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდი 1974)

Q-კლასიფიკაციის სისტემის ყველაზე კარგი მხარე იმაშია, რომ ის სასარგებლოა განიერი მიწისქვეშა გათხრებისთვის. Q კლასიფიკაცია ზომების ფართო სპექტრისთვის გვაძლევს რეკომენდაციებს, მაგრამ ის სუსტია საყრდენების გარეშე ექსკავაციის დროის განსაზღვრაში.

სოკ-ბრაუნის მეთოდამდე Q-კლასიფიკაცია გვთავაზობდა კლდის სიმტკიცის პარამეტრებსაც c (შეჭიდულობის) და ϕ (ხახუნის შიდა კუთხის) თვალსაზრისით, რაც ქვემოთ მოცემულ ფარდობებშია ნაჩვენები:

$$c = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{UCS}{100} \right) \times \left(\frac{1}{SRF} \right)$$
$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{J_r}{J_a} \times J_w \right)$$

3.3.4. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)

1980-იან წლებში ჰოეკმა და ბრაუნმა RMR კლასიფიკაციით ისარგებლეს კლდის სიმტკიცის პარამეტრების მისაღებად. ამ პროცესში მათ ნახეს, რომ RMR კლასიფიკაცია კლდის ყველა ტიპს არ მოიცავს, მაგ., ლამინირებული ან დანაწევრებული კლდეები. ამიტომ, მათ შეიმუშავეს „ერთიანი ქანის მასივის გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI)“. ეს ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემა ეფუძნება „წყვეტების ზედაპირის პირობებსა და სტრუქტურას“. ამჟამად გამოიყენება ამ კლასიფიკაციის ვერსია (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013). GSI კლასიფიკაცია ქანის მასივის სტრუქტურის ვიზუალურ შთაბეჭდილებას ემყარება და სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში ქანის მასივის სიმტკიცის კლების შეფასების სისტემას გვამღებს.

ეს კლასიფიკაცია გაუმჯობესდა შეშფოთების ფაქტორის (D) (აფეთქების პრევენციული ზომები) შემოღებით. კლდის სიმტკიცის ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემების წარმომავლობა აჩვენებს, რომ აფეთქების მნიშვნელობა მხოლოდ ბოლო ხანებში აღიარეს. ამგვარად, უნდა შევეხოთ ქანების რღვევის ზეგავლენას ქანის მასივის დეფორმაციის მოდულზე. პირველ რიგში, აფეთქების ენერგია ძალიან დამანგრეველია, თუ მას არ გავაკონტროლებთ „ფრთხილი აფეთქებით“, რომელსაც გვირაბების გაკვალვაში „გლუვ აფეთქებას“ უწოდებენ. დროის დამაყოვნებელი დეტონატორების და აალების სწორი მიმდევრობის გარეშე (როგორც ჩვეულებრივი აფეთქებისას) კლდის მასაზე დამანგრეველი ზემოქმედება იმდენად ძლიერია, რომ I-ტიპის საყრდენების კლასი შეიძლება III-ტიპამდე ან უფრო დაბალ დონემდე ჩამოქვეითდეს.

გარდა აფეთქების უარყოფითი ეფექტების გათვალისწინებისა, GSI კლასიფიკაცი RMR და Q კლასიფიკაციებთან შედარებით შემდეგ საკითხებშია უპირატესი:

- ის ეფუძნება პროგრესულად განვითარებულ RMR და Q კლასიფიკაციებს, რაც მას ამ ორზე მაღლა აყენებს,
- ეს კლასიფიკაციის სისტემა შესულია როკლაბ პროგრამაში, რომელიც კლდის სიმტკიცის პარამეტრებზე მოდებული დატვირთვების ეფექტის ვიზუალურად დანახვის საშუალებას გვაძლევს.

3.3.5. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)

ჰოეკის და ბრაუნის (1977) თანახმად, გამძლე ქანების მასივებისთვის ($GSI > 25$, $RMR > 23$) GSI-ს მნიშვნელობა ქანის სისქის მახასიათებლის (RMR) მნიშვნელობიდან შეიძლება მივიღოთ:

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

ამ კორელაციაში RMR_{89} ძირითადი ქსი მნიშვნელობაა (ბიენიავსკი, 1989. გრუნტის წყლების კოეფიციენტი 15 და ერთიანი ორიენტაციის ნაკრების 0 (სასურველია)). დაბალხარისხიანი ქანებისთვის (ქსი < 25) GSI-ს შორის კორელაცია აღარ არის საიმედო. ამიტომ, ქსი კლასიფიკაცია არ გამოიყენება ასეთ ქანების GSI მნიშვნელობის შესაფასებლად (ჰოეკი და ბრაუნი, 1997) [13].

დაბალხარისხიანი ქანისთვის GSI შეიძლება Q მნიშვნელობებით შევაფასოთ (ბარტონი და სხვ., 1974), შემდეგი ფარდობით:

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

$Q' =$ გვირაბის გაყვანის ხარისხის მოდიფიცირებული ინდექსი

$$Q' = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \quad [14].$$

3.3.6. NATM კლასიფიკაცია და პროცედურა დაპროექტებისას

ძირითადი პროცედური რეჟიმზე სარეფერენციო დოკუმენტიდანაა აღებული [12]. ის მოიცავს გეოტექნიკური პროექტისთვის საჭირო 5 ზოგად ნაბიჯს და მოცემულია ქვემოთ.

ნაბიჯი 1 - ქანების მასივის ტიპების განსაზღვრა

პირველი ნაბიჯი იწყება ძირითადი გეოლოგიური არქიტექტურის აღწერით და გრუნტის თითოეული ტიპის შესაბამისი საკვანძო პარამეტრების გეოტექნიკური განსაზღვრით გრძელდება. საკვანძო პარამეტრები და განაწილებები განისაზღვრება „არსებული ინფორმაციიდან და/ან პროექტირებითა და გეოლოგიური განხილვით შეფასდება“.

მნიშვნელობები მუდამ განახლებად ინფორმაციის შესაბამისად. ქანების ტიპი მათი საკვანძო პარამეტრების შესაბამისად განისაზღვრება. ქანის ტიპების რაოდენობა დამოკიდებულია საპროექტო გეოლოგიურ პირობებზე და პროექტირების სტადიაზე. ფიზიკური და ჰიდრავლიკური პარამეტრები თითოეული ქანის ტიპისთვის დგინდება [12].

ნაბიჯი 2 - ქანების ქცევის ტიპის (ქც) განსაზღვრა

მეორე ნაბიჯი ქანების პოტენციური ქცევის ტიპის შეფასებას მოიცავს. ამისათვის განიხილება თითოეული ქანის ტიპი და ადგილობრივი გავლენის ფაქტორები, მათ შორის, ექსკავაციის მიმართებაში წყვეტების ორიენტაცია, გრუნტის წყლების პირობები, დაჭიმულობა და ა.შ. (ფედერი, 1978; ჰოეკი, 1999). ამ პროცესის შედეგია საპროექტო ქცევის ტიპების დადგენა. ქანის ქცევა მთელი განივი კვეთისთვის ფასდება; არ განიხილება მოდიფიკაციები, მათ შორის, ექსკავაციის მეთოდი, მიმდევრობა და საყრდენი ან სხვა დამატებითი ზომები. 11 ზოგადი კატეგორია მოცემულია 1-ელ ცხრილში. ერთ-ერთ ზოგად კატეგორიაში ერთზე მეტი ქცევის ტიპის დადგენა ქვეტიპების შემოღებას გულისხმობს [12].

ნაბიჯი 3 - ექსკავაციისა და საყრდენის განსაზღვრა

საპროექტო ქცევის ტიპების საფუძველზე ფასდება ექსკავაციისა და საყრდენების ზომები და განისაზღვრება შესაბამისი მეთოდები. სისტემის ქცევა (სც) არის ქანის ქცევისა და ექსკავაციისა და საყრდენების სქემის ურთიერთქმედების შედეგი. სისტემის შეფასებული ქცევა დადგენილ მოთხოვნებს უნდა შევადაროთ. თუ სისტემის ქცევა მოთხოვნებს არ შეესაბამება, ექსკავაციისა და საყრდენების სქემა უნდა ვცვალოთ, სანამ შესაბამისობას არ მივაღწევთ [12].

ნაბიჯი 4 - გეოტექნიკური მოხსენება - საბაზისო სამშენებლო გეგმა

1 – 3 ნაბიჯებიდან გამომდინარე ორიენტაცია იყოფა „ჰომოგენურ“ ნაწილებად, რომლებში ექსკავაციისა და საყრდენების ერთნაირი მოთხოვნები ვრცელდება. საბაზისო სამშენებლო გეგმა უთითებს თითოეული რეგიონის ექსკავაციისა და საყრდენების მეთოდს და ადგილზე შესაძლო ცვლილებების ზღვრებსა და კრიტერიუმებს აჩვენებს. გეგმა გეოტექნიკურ პროექტს აჯამებს. ის უნდა შეიცავდეს ინფორმაციას გეოლოგიურ პირობებზე, შესაბამის გეოტექნიკურ თვისებებზე, შეზღუდვებზე (მაგ., გარშემო დასახლებები, აფეთქებით გამოწვეული ვიბრაციები და სხვ.), ასევე, გაფრთხილების კრიტერიუმებსა და მაკორექტირებელ ზომებს.

ნაბიჯი 5 - ექსკავაციის კლასების განსაზღვრა

პროექტირების პროცესის ბოლო ნაბიჯზე იქმნება ღირებულებისა და დროის შეფასება, სატენდერო მიზნებისთვის. ექსკავაციის კლასება განისაზღვრება ექსკავაციისა და საყრდენების ზომების შეფასების საფუძველზე.

მოცემულ მოხსენებაში NATM-ს ძლიერი მხარეები გამოიყენება მე-4 ცხრილში მოცემული „ქანების ქცევი ტიპის“ შესწავლით (1-ლი ცრხილი ამოღებულია სარეფერენციო დოკუმენტიდან 12) და გვირაბის ორიენტაციით.

ცხრ. 1 ქანის ქცევის ტიპების ზოგადი კატეგორიები

ქცევი ტიპი
1 - სტაბილური
2 - წყვეტით კონტროლირებადი ბლოკების ჩამოშლა
3 - მცირე ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა
4 - ღრმა ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა
5 - ქანის გახეთქვა
6 - ღუნვით ჩამოშლა
7 - გრძივი ჩამოშლა
8 - გასუფთავება
9 - გასწორება
10 - შეშუპება
11 - ხშირად ცვალებადი ქცევა

სურათი 4: აღებულია 12 დოკუმენტიდან

3.4 გვირაბის საყრდენების ტიპების ემპირიული პროექტი

3.4.1 ყმავეალი მონაცემების მიწოდება

კონცეპტუალური მოდელების შექმნის ძალისხმევა და სამუშაო, გეოდინამიკური ევოლუციიდან საინჟინრო გეოლოგიამდე და ჰიდროლოგიამდე, მიზანმიმართულია T-1-ის ყოველი კონკრეტული ინტერვალის ემპირიული საყრდენის ტიპების გათვლაზე, ქანების კლასიფიკაციის ემპირიული სისტემის მეშვეობით. ამ მხრივ, გამოიყენება ოთხივე ემპირიული ქანების კლასიფიკაციის ძლიერი მხარეების კომბინაცია - Q, RMR, GSI, და NATM - და შესაბამისად, ყმავეალი მონაცემების მისაწოდებლად შემდეგი გეოტექნიკური პროცედურები გამოიყენება:

- „საყრდენის ემპირიული ტიპების“ ინტერვალები „ქსი და Q კლასიფიკაციის სისტემების“ კომბინაციას ეფუძნება, რადგან ქსი-თ სარგებლობა ადვილია იქ, სადაც Q კლასიფიკაცია „ემპირიულ საყრდენების რეკომენდაციებს“ გვაძლევს გვირაბის სიგანის ფართო სპექტრისთვის.
- ქსი გრაფიკის საბოლოო ვერსიით განისაზღვრება თითოეული საყრდენის ტიპის საშუალო ინტერვალი (სურ. 5).
- NATM ქანის ტიპის და ქანის ქცევის ტიპებისთვის გამოიყენება, რათა სამშენებლო სტადიაზე სტაბილურობის პირობები შევაფასოთ.
- ქსი-ის გრაფიკის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი და ხშირად უყურადღებოდ დარჩენილი ასპექტია ის, რომ ეს გრაფიკი „ქანის ხელუხლებელ ძალასაც“ მოიცავს, „წყვეტის რაოდენობრივი აღწერის მეთოდებით“, სადაც ამინდის ზეგავლენით გამოწვეული წყვეტები „ქანის მასალაზე“ ამინდის ზეგავლენასთან მიმართებაშია. ქსი გრაფიკში ეს ასპექტი განსაზღვრულია ქანის მასალის „ზედაპირულ პირობებში“, რომლებსაც ვიყენებდით ქანის მასალის „ადგილზე არსებული სიმტკიცისთვის“. ამასთან ერთად, ქანის მასალის (დაუზიანებელი ქანი) ერთდერძა კომპრესიული სიმტკიცე ადგილზე ცალკე განისაზღვრება ქანის კლასიფიკაციის ერთიანი სისტემით არსებული ქანის მსგავს გაშიშვლებულ ქანებზე და შემდეგ ემპირიული გამოცდილების საფუძველზე ეს მნიშვნელობა გვირაბის დონეზე პროეცირდება.
- Q, GSI და RMR კლასიფიკაციებს შორის გარდაქმნა შემდეგი ფორმულებით გამოისახება:

$$(ა) RMR_{89} = GSI + 5$$

$$(ბ) RMR_{89} = 9 \ln (Q') + 44 \text{ რაც გარდაქმნით გვაძლევს}$$

$$(გ) Q' = e^{(RMR-44)/9}$$

- გეოტექნიკური სამუშაოების ემპირიული საყრდენის ტიპების ინტერვალების განსაზღვრა ყველა შეფასება ეფუძნება დებულებას, რომ ღია და მიწისქვეშა ექსკავაციები ჩატარდება „წინასწარი გახლეჩისა და გლუვი აფეთქების“ ტექნიკით, შესაბამისად. მაშასადამე, როგორც პროგრამაში გამოიყენება შეშფოთების ფაქტორი $D=0.2$.

3.4.2 უვირაბის საყრდენების ემპირიული ტიპის ზოგადი მოსაზრებები

NATM, RMR, GSI და Q საფუძველზე შესრულებულ გვირაბის საყრდენების ტიპის ემპირიულ პროექტში შემდეგი მიმდევრობა იქნება დაცული, რაც სავარაუდოდ HRT-ს ყველა კონკრეტულ ინტერვალში შეგვხვდება:

- ქანების ტიპი (RMR)[NATM]
- ქანების ქცევის ტიპი ქც [NATM]
- საყრდენების ტიპების პარამეტრების განსაზღვრა (RMR, GSI, Q)
- როგორც მხოლოდ GSI მნიშვნელობების და შესაბამისი ქანებისა და მასალების პარამეტრების გაშვება

ავლნიშნავთ, რომ გვირაბის მარშრუტის გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვების პროცესი შემდეგ ნაბიჯებს მოიცავს:

- პირველ რიგში, T-1-ის გეოტექნიკური სამუშაოების ყველა ასპექტი ეფუძნება საპროექტო ადგილის კონცეპტუალური გეოტექტონიკურ სამუშაო მოდელს, რომელიც გლობალურ და რეგიონალურ გეოდინამიკასთან მიმართებაში შეიქმნა.
- თითოეული ქანის ხარისხის მონაცემები ეფუძნება ზედაპირულ დაკვირვებებს, რომლებიც არსებულ ქანის ჩანაჭრებზე შესრულდა, მარჯვენა სანაპიროზე, რადგან პირობების საკმაოდ რთული იყო - გარდა ტყის მასივებისა გვხვდებოდა, ასევე, გაშიშვლებული ქანების წინააღმდეგობა.

- ქანების საუკეთესო გაშიშვლებული ნაწილები, რომლებიც სავარაუდოდ გვირაბის მარშრუტს შეადგენენ ჩანს შენაკადებიდან, რომლებიც გვირაბის მარშრუტის შემოგარენიდან მოდის და მიედინებიან ქუთაისი-ალპანას გზისკენ.
- როგორც გრძივ გეოლოგიურ პროფილში ჩანს, ზოგიერთ ინტერვალ ორმაგი ტიპის საყრდენი მიეჩინა (ა) სახმრეთ-ჩრდილოეთის მიმდინარე კონპრესიული ტექტონიკური ძვრებისა და (ბ) გვირაბის კონკრეტული ინტერვალის ნამეტანი სისქის გამო.

ყველა გეოტექნიკური შეფასება გაკეთებულია იმის საფუძველზე, რომ (ა) უნდა გამოვიყენოთ გლუვი აფეთქების ტექნიკა პერიფერიულ ხვრელებში, სადაც (ბ) ვიზრაციის სიჩქარე ასაფეთქებელ ხვრელებში მიმდევრულად მოთავსებული დროის დამაყოვნებელი დეტონატორებით გაკონტროლდება.

3.4.3 ჭანის კლასიფიკაცია და შეთავაზებული ემპირიული საყრდენების ტიპები

გვირაბების დაპროექტებაში, გეოტექნიკური მოსაზრებებით, პროექტის უმნიშვნელოვანეს ნაწილებად პორტალები მიიჩნევა, რადგან ორივე პორტალური სექცია გვირაბის ყველაზე სუსტი ნაწილია ღრმა გამოფიტვის გამო. ამგვარად, გვირაბის პორტალური სექცია განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს, როგორც „პორტალის ღია ჩამონაჭერის პირის“ მომზადებაში, ისე მიწისქვეშა ნაწილში.

ა) პორტალის ჩამონაჭერის მომზადება

„გვირაბის პორტალის ჩამონაჭერის“ გეოტექნიკური პროექტი და განხორციელება, უსაფრთხოების მიზნიდან გამომდინარე, ემპირიული გამოცდილების საგანია, პროექტის ეკონომიკურ ზღვრებში. პორტალის გვიმის დახრა, ზოგადად, მიღებულია 1:5 (H.V), რამდენადაც ქანის იძლევა შესაძლებლობას. დაბალხარისხიან ქანებში გვიმის დახრა უნდა იყოს, მინიმუმ, 1:3 (H.V), სამშენებლო საჭიროებიდან გამომდინარე. წინააღმდეგ შემთხვევაში, შეიძლება ალტერნატიული გზების ძიება, მათ შორის, ბეტონის სტრუქტურები, რაც მოკლე გვირაბებისთვის რთულია. ნებისმიერ შემთხვევაში, გვირაბის პორტალის გვიმში საჭიროა შემდეგი საყრდენი ელემენტების გამოყენება:

- თხელი დუღაბი, $\phi=26$, დაუძაბავი სისტემატური ჭანჭიკური დამაგრება $L=6.0$ და $s=1.5\text{მ} \times 1.5\text{მ}$
- ტორკრეტ-ბეტონის ორი ფენა (7.5სმ+5.0სმ) ფოლადის ბადით ან ფოლადის ბოჭკოთი გამაგრებული 54მ.

- საჭიროების შემთხვევაში, ბეტონის კონსტრუქციის აგებაჲ კი შეიძლება
- ღია ექსკავაციის საჭიროებიდან გამომდინარე გამოიყენება ფრთხილი აფეთქების ტექნიკა

ბ) მიწისქვეშა ექსკავაციის ემპირიული საყრდენის პროექტი

ბ1) პორტალის სექციები

ზემოხსენებული გეოტექნიკური და ტოპოგრაფიული მიზეზების გამოხატვა შემდეგი სახით:

$$RMR_p = 9 \ln (Q' \div 2) + 44$$

გვირაბების პორტალური ნაწილების ფორმულის საფუძველზე:

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

ამ მხრივ, პორტალის თავზე არსებული ქანების გაჭიმულობა გვირაბის სიმაღლეს, მინიმუმ, სამჯერ ან მეტჯერ უნდა აღემატებოდეს, ქანის მდგომარეობიდან გამომდინარე. T-1 გვირაბის (დაახლ. 140 მ) საყრდენების ემპირიული პროექტის სტადიებზე პორტალის თავზე ქანების სიმაღლე გვირაბის სიმაღლეს სამჯერ აღემატება და შესაბამისად განისაზღვრება „საყრდენის ტიპის სიგრძეები“.

ქანების კლასიფიკაციის სისტემებში მხოლოდ Q კლასიფიკაცია ითვალისწინებს გეოტექნიკურ დეფექტებსა და უსაფრთხოების ზომებს, ზემოთ მოცემული ფორმულით. ამგვარად, ქანების კლასიფიკაციის საფუძველია მოდიფიცირებული

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

. შესაბამისად, პორტალებს მიეკუთვნება შემდეგი პარამეტრები:

$$RQD = 30 \sim 50 (\%) \text{ (ქვედა და ზედა ზღვრები)}$$

$$2 \times J_n = 2 \times 9 = 18$$

$$J_r = 1.0$$

$$J_a = 3.0 \sim 2.0 \text{ (ქვედა და ზედა ზღვრები)}$$

როდესაც ეს მნიშვნელობები ჩაისმება მოდიფიცირებულ

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

, ში, შედეგად მიიღება: $Q' = -0.56 - 1.38$. მე-6 სურათში ეს Q მნიშვნელობები რჩება „ძალიან ცუდი ქანის“ ზედა ზღვრის ზედა რიგში და „დაბალხარისხიანი“ ქანის ქვედა ზღვარში. მოდიფიცირებული Q მნიშვნელობების $RMR = 9 \ln(Q') + 44$, ში ჩასმის შედეგად ვიღებთ $RMR_{89}=34-46$. მოცემული RMR_{89} ბენიავსკის მნიშვნელობები დაახლოებით პასუხობს ქვემოთ მოცემულ საყრდენის ტიპებს, რომლებიც განზოგადებულია ნამახვანის კასკადის ჰესების გვირაბების პროექტებისთვის.

ტიპი-V: $30 \leq GSI < 40 \rightarrow 35 \leq RMR_{89} < 45$ ($0.37 \leq Q < 1.12$) [ზედა შტოლნი+ბეგი]

A: ქანების ტიპები

- საშუალო-თხელი ტუფური ქვიშაქვის ფენა ფიქალის ჩანართებით (J2b2-5); შესაძლოა შეგვხვდეს ანდეზიტური პორფირიტი (J2b2-6) ერთმანეთისგან დაშორებული მაერთებელი სიბრტყეებით
- ზომიერად გამოფიტული; ზომიერად მყარი (25-50მპა)

B: ქანების ქცევის ტიპები

- დაბალი შემზღუდველი წნევის ზემოქმედებით ძვრული ჩამოშლა
- მცირე წნევის შედეგად ჩამოშლა
- მდგრადობის დაკარგვით გამოწვეული ჩამოშლა
- გაშრევა

C: გრუნტის წყლის პირობები

- მაერთებელ სიბრტყეებში ძლიერი შემოღინება და გამორეცხვა
- წყლის ძლიერი წნევა
- საჭიროების მუდმივ დრენაჟს

D: შემაჯალი მონაცემები (როკლაბისთვის)

- საშუალოდ $30 \leq GSI < 40$ გამოიყენება

ერთლერძა კუმშვისადმი სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობა ($Ucs=25-50$ MPa)

ბ2) გვირაბის სექციები

გვირაბის სექციების საყრდენების ემპირიული პროექტი, ჩვეულებრივ, იწყება პორტალის საყრდენის კლასის სექციიდან (ტიპი - V) გადმოსვლით, შემდეგ მოჰყვება რუკაზე დატანილი მანძილი, რომელიც ამ კონკრეტულ პროექტში 30 მეტრია (ტიპი - IV). შემდეგ,

მიეცემა საყრდენების შემდეგი ტიპი, წინასწარ სტრუქტურირებული განზოგადებული წილით. ანუ, კონკრეტული ადგილისათვის სპეციფიური ინფორმაციის გარდა დანარჩენი ნაწილი უბრალოდ კოპირებისა და ჩასმის საკითხია.

ტიპი-IV: $40 \leq GSI < 50 \rightarrow 45 \leq RMR_{89} < 55 \rightarrow (1.12 \leq Q < 3.40)$ [სრული სანგრევი სიბრტყე და/ან ზედა შტოლნი+ბეგი]

A: ქანების ტიპები

- საშუალო-თხელი ტუფური ქვიშაქვის ფენა ფიქალის ჩანართებით (J2b2-5); შესაძლოა შეგვხვდეს ანდეზიტური პორფირიტი (J2b2-6) ერთმანეთისგან დაშორებული მაერთებელი სიბრტყეებით
- ზომიერად გამოფიტული; ზომიერად მყარი (25-50მპა)

B: ქანების ქცევის ტიპები

- დაბალი შემზღუდველი წნევის ზემოქმედებით ძვრული ჩამოშლა
- მცირე წნევის შედეგად ჩამოშლა

C: გრუნტის წყლების პირობები

- წყლის ძლიერი გაჟონვა მაერთებელი სიბრტყეებიდან
- წყლის ზომიერი წნევა
- საჭიროებს ადგილობრივ დრენაჟს

D: შემაჯავლი მონაცემები (როკლაბისთვის)

- საშუალოდ $40 \leq GSI < 50$
- ერთდერძა კუმშვისადმი სიმტკიცის ზედა ზღვრის მნიშვნელობა ($U_{cs}=25-50$ MPa)

ტიპი-III: $50 \leq GSI < 60 \rightarrow 55 \leq RMR_{89} < 65 (3.40 \leq Q < 10.30)$ [სრული სანგრევი სიბრტყე]

A: ქანების ტიპები

- საშუალო-თხელი ტუფური ქვიშაქვის ფენა ფიქალის ჩანართებით (J2b2-5); შესაძლოა შეგვხვდეს ანდეზიტური პორფირიტი (J2b2-6) ერთმანეთისგან დაშორებული მაერთებელი სიბრტყეებით
- ზომიერად გამოფიტული; მტკიცე (50-100მპა)

B: ქანების ქცევის ტიპი (ყველა ტიპის ქანის)

- ადგილობრივი დანაწევრებისა და ძვრების პირობებში წყვეტადობით გამოწვეული ბლოკური ჩამოშლა

C: გრუნტის წყლის პირობები

- მაერთებელი სიბრტყეებიდან წყლის გამოჟონვა
- წყლის წნევა
- შესაძლოა დასჭირდეს ადგილობრივი დრენაჟი

D: შემაჯავლი მონაცემები (როკლაბისთვის)

- საშუალო $50 \leq GSI < 60$
- ერთღერძა კუმშვისადმი სიმტკიცე ($U_{cs}=50-100$ MPa), ქვედა ზღვრის მნიშვნელობის ოდნავ ზემოთ (60 MPa)

<p>ბლოკური გაერთიანებული ქანების გეოლოგიური გამაგრება</p> <p>ამ ცხრილში, ქანის სტრუქტურისა და ზედაპირის აღწერიდან, შესაბამისი სვეტი/რიგი აირჩიეთ. კონტურებიდან GSI-ს საშუალო მნიშვნელობა შეაფასეთ, დიდი სიზუსტე აუცილებელი არ არის. 36-42 დიაპაზონი უფრო რეალურია, ვიდრე მტკიცება, რ?ომ GSI = 38. ასევე? ე, მნიშვნელოვანია გვესმოდეს, რ?ომ ჰოიკ-ბრაუნის კრიტერიუმში მხოლოდ იმ ქანების მასებს უნდა მი?ესადაგოს, სადაც ცალკეული ბლოკების ან ნაწილების ზომა მცირეა?, ვიდრე ექსკავაციის ზომა. როდესაც ცალკეული ბლოკის ზომა ექსკავაციის ზომაზე დაახლ. ერთი მეოთხედით მეტია, ჩამოშლა სტრუქტურულად კონტროლირებადი იქნება და ჰოიკ-ბრაუნის კრიტერიუმში არ გამოიყენება.</p> <p>სტრუქტურა</p> <p>დაუზიანებელი ან მასიური დაუზიანებელი ქანის ნიმუში ან მასიური ადგილზე არსებული ქანი, რამოდენიმე შორიმორ განლაგებული წყვეტით</p> <p>ბლოკური - კარგად შეჭიდული დაშლული ქანის მასა, რომელიც შედგება სამი გადამკვეთი წყვეტით ფორმირებული კუბური ბლოკებისგან</p> <p>ძალიან ბლოკური - შეჭიდული, ნაწილობრივ დარღვეული მრავალწახნაგოვანი მასივი, რომელიც შედგება ოთხი ან მეტი წყვეტილობათა ჯგუფისგან</p> <p>ბლოკური, დარღვეული/ნაპრალოვანი - დანაოჭებული კუთხოვანი ბლოკებით, რომლებიც მრავალი ურთიერთმკვეთი წყვეტილობათა ერთობლიობით არის ფორმირებული</p> <p>გამოფიტული - სუსტად შეჭიდული, უკიდურესად დაშლილი ქანის მასა კუთხოვანი და მომრგვალებული ქანის ფრაგმენტების ნარევით</p> <p>ჩამოშლილი/ლამინირებული - ჩაკეილი და ტექტონურად ჩამოჭრილი. მცირე ბლოკურობა ფიქალურობის გამო, რომელიც სხვა წყვეტებზე ჭარბობს</p>	<p>ზედაპირის მდგომარეობა</p> <p>ძალიან მდგომარე ძალიან უსწორმასწორო, საღი გამოფიტული ზედაპირი</p> <p>მდგრადი უსწორმასწორო, ოდნავ გამოფიტული, დაჟანგული ზედაპირი</p> <p>საშუალო გლუვი, საშუალოდ გამოფიტული და შედარებით ზედაპირი</p> <p>არამდგრადი სხლეტის სარკვეზიანი, ძალიან გამოფიტული ზედაპირებით, მცირე გარსით ან კუთხოვანი ფრაგმენტების შემცველი</p> <p>ძალიან არამდგრადი სხლეტის სარკვეზიანი, ძალიან გამოფიტული ზედაპირები რბილი თიხის გარსით ან შემცველი</p>
<p>ქანების ურთიერთდებამის ფრაგმენტების</p> <p>დაუზიანებელი ან მასიური ბლოკური - კარგად შეჭიდული დაშლული ქანის მასა, რომელიც შედგება სამი გადამკვეთი წყვეტით ფორმირებული კუბური ბლოკებისგან</p> <p>ძალიან ბლოკური - შეჭიდული, ნაწილობრივ დარღვეული მრავალწახნაგოვანი მასივი, რომელიც შედგება ოთხი ან მეტი წყვეტილობათა ჯგუფისგან</p> <p>ბლოკური, დარღვეული/ნაპრალოვანი - დანაოჭებული კუთხოვანი ბლოკებით, რომლებიც მრავალი ურთიერთმკვეთი წყვეტილობათა ერთობლიობით არის ფორმირებული</p> <p>გამოფიტული - სუსტად შეჭიდული, უკიდურესად დაშლილი ქანის მასა კუთხოვანი და მომრგვალებული ქანის ფრაგმენტების ნარევით</p> <p>ჩამოშლილი/ლამინირებული - ჩაკეილი და ტექტონურად ჩამოჭრილი. მცირე ბლოკურობა ფიქალურობის გამო, რომელიც სხვა წყვეტებზე ჭარბობს</p>	<p>ზედაპირის ხარისხის გაურესება</p>  <p>N/A N/A</p> <p>N/A N/A</p> <p>10</p>

ლეგენდა

ტიპი I: პორფირიტი და მასიური ტუფური ქვიშაქვა

ტიპი II: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია და მასიური ტუფური ქვიშაქვა

ტიპი III: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ქვიშაქვა + ბრეშია, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი IV: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ქვისქვა + ბრეშია, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი V: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი VI: არ გამოიყენება გაერთიანებული ქანის მასებისთვის (ახასიათებს შემუშავებულ და მოძრავ მიწას/გრუნტს)

სურათი 5: შუა იურული პერიოდის ქანების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია

3.4.4 უმპირიულად დაპროექტებული გვირაბის საყრდენების ელემენტები

ქვემოთ წარმოდგენილია საყრდენების ტიპების ელემენტები, რომლებიც T-1 გვირაბის გასწვრივ შეგვხვდება, გვირაბის პროექტის არსებითი კომპონენტები, როგორც ტექნიკური ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით. ამ საყრდენი ელემენტების დეტალები ნაჩვენებია APP-2-ში, როკლაბის შედეგები კი APP-3-ში.

ტიპი-III: $50 \leq GSI < 60 \rightarrow (55 \leq RMR < 65) \rightarrow (FULL-FACE DRIVE)$

სახურავი: (სადრენაჟო ხვრელები: $\varnothing=60\text{მ}$ #3 L=2@3 მოთხოვნის შესაბამისად)

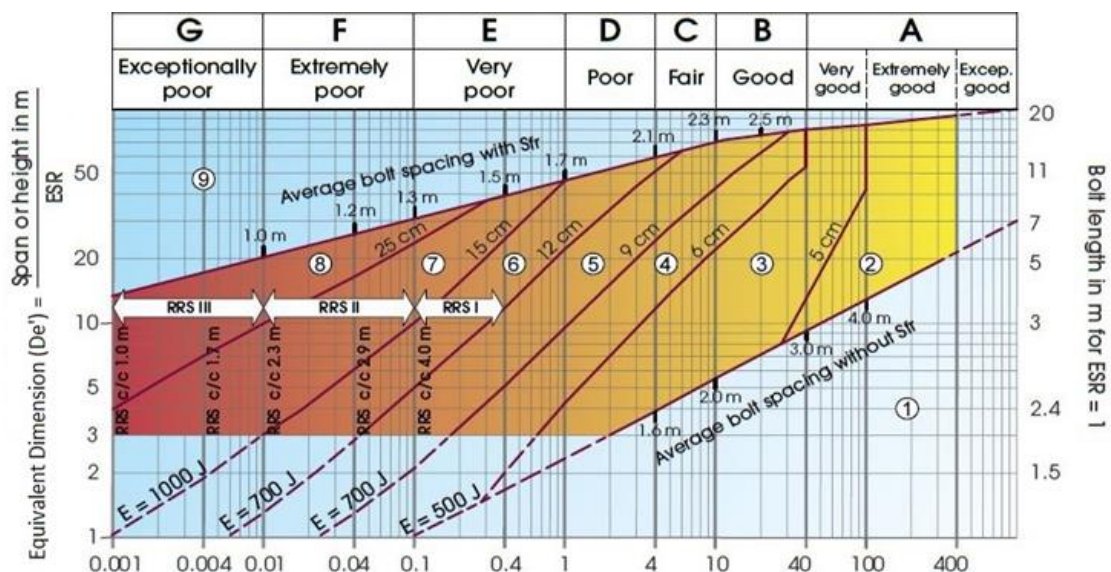
ტორკრეტ-ბეტონის ორი ფენა (5.0სმ+5.0სმ) ფოლადის ცხურით (1xQ131) ან ფოლადის ბოჭკოთი

- $s=1.5 \times 1.5\text{მ}$, $L=4.0\text{მ}$, $\varnothing=26$, თხელი დულაბი, დაუძაბავი სისტემური ჭანჭიკური დამაგრებით.

კედელი:

- ტორკრეტ ბეტონის ორი ფენა (5.0+2.5სმ) ფოლადის ცხურით (1xQ131) ან ფოლადის ბოჭკოთი
- $s=2.0 \times 2.0\text{მ}$, $L=4.0\text{მ}$, $\varnothing=26$, თხელი დულაბით, დაუძაბავი სისტემური ჭანჭიკური დამაგრება.

ქანის ხარისხი და ქანის საყრდენი



$$\text{ქანის ხარისხი } Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

სურათი 6: ექვივალენტური ზომა და ქანის ხარისხი და შესაბამის საყრდენის ელემენტები

ტიპი-IV: $40 \leq GSI < 50 \rightarrow 45 \leq RMR_{89} < 55 \rightarrow$ (FULL-FACE DRIVE + TOP HEADING + BENCH)

სახურავი+კედელი: (სადრენაჟო ხვრელები სახურავში: $\varnothing=60\text{მ}$ #3 L=2@3 მოთხოვნის შესაბამისად)

- ტორკრეტ-ბეტონის სამი ფენა (7.5+7.5+5.0სმ) ორი ფენა ფოლადის ცხური (2xQ189)
- s=1.0x1.5m (a),(a=მომატებული სიგრძე) L=4.0მ, $\varnothing=26$, თხევადი დურაბი, დაუძაბამი სისტემატური ჭანჭიკური დამაგრება
- s=1.5მ, INP100 ფოლადის არკანცხური კოჭით P115-30-36 (მოთხოვნის შესაბამისად)
- ტორკრეტ-ბეტონის შებურნება ინვერსია 50 მეტრის უკან

ტიპი-V: $30 \leq GSI < 40 \rightarrow 35 \leq RMR_{89} < 45 \rightarrow$ (TOP HEADING + BENCH)

სახურავი+კედელი: (სადრენაჟო ხვრელები სახურავში: $\varnothing=60\text{მ}$ #3 L=2@3 or #5 L=5@3 მოთხოვნის შესაბამისად)

- ტორკრეტ-ბეტონის სამი ფენა (10.0+10.0+5.0სმ) ორი ფენა ფოლადის ცხურით (2xQ189) ან ფოლადის ბოჭკოთი
- s=1.0x1.5მ (a) (a=მომატებული სიგრძე) L=6.0მ); $\varnothing=26$, თხელი დაუძაბავი სისტემატური ჭანჭიკური დამაგრებით.
- s=1.5მ, INP=100 ფოლადის არკა ან ცხური კოჭი P115-30-36.
- სრულად მოთხევადდუღებული IBO ჭანჭიკები $\varnothing=32\text{მ}$ ანხიმინჯები სახურავში (c/c 30სმ)
- კადრი ინვერსია 50 მეტრის უკან პირისპირ

4. შასკვნები

რთული ტერიტორიული პირობებისა და ხშირი მცენარეული საფარის გამო გვირაბების მარშრუტის გასწვრივ გეოტექნიკური მონაცემების პირდაპირი შეგროვება გამძლეებულია. ამიტომ, საჭირო გეოტექნიკური მონაცემების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოპოვებულია არაპირდაპირი გზით, ზედაპირული გეოტექნიკური ძიების შემდეგი მეთოდებით:

- სარეფერენციო დოკუმენტებში [1 და 2] მოცემული რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკების 1:50 000 და 1:25 000 მასშტაბი საპროექტო ადგილის ზოგადი გეოლოგიისა და ტექტონიკის გაგებაში („კონცეპტუალური გეოტექტონიკური სამუშაო მოდელის“ შუქზე) ძალიან დაგვეხმარა.
- ქუთაისი-ალპანას გზა, რიონის ხეობის შემდეგ, მარჯვენა სანაპიროზე, დაპროექტებული გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვების ლაბორატორიად გამოიყენება. ამ კუთხით, მნიშვნელოვან გეოტექნიკურ მონაცემებს გვაწვდის გეოლოგიური პირობები, რომლებიც გვირაბის მარშრუტამდე მისულ შენაკადებზე დავაკვირდით ზედა სიმაღლეებზე, რამაც მნიშვნელოვანი გეოტექნიკური მონაცემები. გეოტექნიკური კვლევის ეს ნაწილი მოიცავდა: ვიზუალურ გამოსახულებებს, ინტუიცია და ემპირიულ გამოცდილებას, რის მეშვეობითაც მოპოვებული მონაცემების გვირაბის ამაღლებაზე პროექცირება მოვახდინეთ.
- T-1 გვირაბის მარშრუტი ნამახვანის ანტიკლინალის ჩრდილოეთ ფრთაზე მდებარეობს, სადაც დაშრევებული სიბრტყეების საშუალო ორიენტაცია 060/50 იზომება. განსაკუთრებით, გვირაბის პორტალური ზედაპირების სტაბილურობის წერტილიდან დაშრევების სიბრტყეების ასეთ ორიენტაციამ შესაძლოა გამოიწვიოს: (ა) შესასვლელ პორტალზე ადგილობრივი ტოპლინგი და (ბ) ადგილობრივი სიბრტყეების ჩამოშლა, თუ გამაგრების ზომები დაავიანებს.
- წინასწარი გახლეჩისა და გლუვი აფეთქების ტექნიკა გამოიყენება ღია ამოთხრაში და მიწისქვეშა ექსკავაციებში, შესაბამისად.
- მთელი ეს ემპირიული მონაცემები გულისხმობს, რომ T-1 გვირაბის მშენებლობა, ზოგადად, შესაძლებელია. თუმცა, აღსანიშნავია, რომ არსებობს პორტალური სექციების შემდგომ მდებარე ადგილობრივი ძვრის ზონების ინციდენტების

შესაძლებლობა, რამაც შეიძლება „ტიპი V“ გამაგრების ზომების განხორციელება
მოითხოვოს.

5. წამოყენებული ლიტერატურა

ქვემოთ მოცემული წყაროები ფართოდ გამოიყენებოდა პროექტის ადგილის კონცეპტუალური გეოტექნიკური სამუშაო მოდელის აგებასა და გვირაბის საყრდენების ტიპების (შესაბამისი საყრდენი ელემენტებით) ემპირიულ დაპროექტებაში.

[1] იონის კასკადის გეოლოგიური რუკა, ნახაზის ნომერი: N4001-3-13 თარიღი 1957 (მასშტაბი 1:2500).

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

[3] სტრუქტურული გეოლოგიის ჟურნალი, აქტიური ინვერსიული ტექნიკა, რიონის აუზში მარტივი ძვრული ჩაკეცვები და უკუძვრები, საქართველო, მ. ნადია და სხვ., გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახ. უნივერსიტეტი, 2017.

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

[5] პროექტი: ნამახვანის ჰესის კასკადის განხორციელების კვლევა, მოხსენება №3; მოხსენება სათაური: გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევები; სათაური: საბოლოო მოხსენება, ე.ც. ჰიდროპროექტ ინტერნეიშენელ ლიმიტედ (უთარილო).

[6] ფაზა 2-A მთავარი პროექტის გეოლოგიური მოხსენება, 2015 წლის ივლისი, სპ სტუდიო პიეტრანჯელი კონსალტინგ ინჟინერს.

[7] შპს ჯეოინჟინირინგი, საინჟინრო კვლევა, პროექტი, მსენებლობა, გეოტექნიკური კვლევა ნამახვანის ჰესზე, საქართველო. ტექნიკური მოხსენება თბილისი, საქართველო, 2014.

[8] ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი, I-დონის პროექტი, გეოლოგიური მოხსენება, GE308-200-DW-REP-GEO-00003, ENKA/Temelsu 01/07/2018.

[9] ბრიტანული სტანდარტი, BS 5930: 1999.

[10] გვირაბის გამაგრების პროექტის ქანების მასების საინჟინრო კლასიფიკაცია, (RMQ), ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდდ, 1974.

[11] ქანების მასების რეიტინგი (RMR), სისტემა (გეომექანიკური კლასიფიკაცია) საინჟინრო პრაქტიკაში, ზ.ტ. ბიენიავსკი, 1989.

[12] როგორც სამთო ქანებში გვირაბების დაპროექტებისა და მშენებლობის ახალი მიდწევები

[13] ა. გორიკი¹, ვ. შუბერტი², გ. რიდმულერი² ¹⁾ 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT Ges.m.b.H.
goricki@3-g.at ²⁾ გრაცის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი schubert@tugraz.at

[14] შეერთებული ბლოკური მთის ქანების გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI) (ე.
ჰოეკი, ტ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდერიში, 2013).

[15] მთის ქანების კლასიფიკაციის სისტემა, საიდ მუნთაზირ აბასი, პეშავარის
უნივერსიტეტი; 2017 წლის იანვარი.

[16] როკლაბი 1.0, 2007, Rocscience Inc.