

პროექტი:

**ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადის პროექტი**

მფლობელი:

კონტრაქტორი:



დამპროექტებელი/ქვეკონტრაქტორი:

კონტრაქტის ნომერი:

**GE308**

დოკუმენტის დასახელება:

**ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადის პროექტი  
ფაზა I - პროექტირების ეტაპი**

ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადის პროექტსა და მის შემოგარენზე

ENKA დოკუმენტის  
No.

**GE308-200-DW-REP-GEO-00002**

რევ. No.  
01

აღნიშნული დოკუმენტი შეიცავს კონფიდენციალურ ინფორმაციას და/ან ენკას და მისი შვილობილი კომპანიების საკუთრებას რომელიც არუნდა იქნეს გამოყენებული, გაცემული ან გადაკეთებული ნებისმიერ ფორმით სხვა ენკას არაწევრი მხარის მიერ ენკადან წერილობით გაცემული ნებართვის გარეშე.

ყველა პირობა დაცულია

© 2018 ENKA ინშაათ ვესანაი ა.შ.

დოკუმენტის კონტროლი შეუძლებელია ამობეჭდვის შემდეგ, გამოყენებამდე გთხოვთ შეამოწმოთ უახლესი ვერსია EDMS-ზე.

| რევ. No | რევ. თარიღი | გადასინჯვის აღწერილობა | მომზადა     | შეამოწმა  | დამტკიცა     |
|---------|-------------|------------------------|-------------|-----------|--------------|
| 00      | 01/07/2018  | თავდაპირველი წარდგენა  | ე. ოზგულერი | მ. აკინჩი | ნ. დემირორსი |

|    |            |                   |              |         |                 |
|----|------------|-------------------|--------------|---------|-----------------|
| 01 | 01/10/2018 | ზოგადი გადასინჯვა | ო. იაღინკაია | ბ. გუბი | ნ.<br>დემირორსი |
|    |            |                   |              |         |                 |

**სარჩევი**

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1.       | შესავალი .....   | 6  |
| 2.1.     | კვლევის მიზანი .....   | 6  |
| 2.2.     | მეთოდოლოგია .....  | 7  |
| 2.3.     | გამოსაკვლევ არეალი .....                                     | 8  |
| 2.       | გეოლოგია .....   | 9  |
| 2.1.     | შესავალი .....   | 9  |
| 2.2.     | სტრატოგრაფიული გეოლოგია .....                                | 9  |
| 2.2.1.   | შუა იურაზიული პორფირიტული სერია .....                        | 9  |
| 2.2.1.1. | შუა იურაზიული .....  | 10 |
| 2.2.1.2. | კარსტული პლატფორმის კირქვები .....                           | 18 |
| 3.       | ზედაპირული წყლების ჰიდროლოგია და წყლის ბიუჯეტი .....         | 20 |
| 3.1.     | შესავალი .....   | 20 |
| 3.2.     | წყალშემკვრების მახასიათებლები და ფიზიოგრაფიული ნიშნები ..... | 20 |
| 3.2.1.   | ციფრული დახრილობის მოდელი (DEM) .....                        | 20 |
| 3.2.2.   | ბუნებრივი დრენაჟის ქსელი .....                               | 23 |
| 3.3.     | წყლის წერტილები .....  | 24 |
| 3.3.1.   | წყარო .....  | 26 |
| 3.3.2.   | წყაროს წყალი და შადრევნები .....                             | 48 |
| 3.3.3.   | წყლის ჭები .....   | 57 |
| 3.3.4.   | ჩანჩქერები .....   | 60 |

|  |    |
|--|----|
| ა: ფორიანობა და შეღწევადობა .....                | 81 |
| ბ: პირველადი ფორიანობა და მეორადი ფორიანობა..... | 82 |
| ბ-1: პირველადი ფორიანობა (მასალის თვისება).....  | 82 |
| ბ-2: მეორადი ფორიანობა (მასის თვისება).....      | 82 |
| გ: ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები .....             | 82 |
| გ-1: წყალშემცველი ფენა.....                      | 82 |
| გ-2: წყალგამძლე ფენა .....                       | 82 |
| გ-3: წყალგამძლე ქანი.....                        | 82 |
| გ-4: წყალშეუღწევადი და წყალგამძლე ფენა.....      | 83 |
| ა: ჰომოკლინური ანტიკლინი.....                    | 88 |
| ბ: ოროგენული კარსტი .....                        | 88 |
| კომპრესიული ტექტონიკა.....                       | 89 |
| ა: ჭაბურღილი BH-LNK-03 .....                     | 90 |
| ბ: ჭაბურღილი BH-LNK-04 .....                     | 90 |
| ნახაზები:.....                                   | 93 |

**გამოსახულების ჩამონათვალი**

ფოტო 1: საპროექტო არეალის მდებარეობა (არ არის მასშტაბი).....9

გამოსახულება 2: გეოლოგიური მონაკვეთი შუა იურაზიული ქვიანი ქანებისა საპროექტო არეალში ..... 11

ფოტო 3: სვეტოვანი მონაკვეთი ცარცული პლათფორმის, კარბონატების და მესამეული ფორმირებების საპროექტო არეალთან ახლოს ..... 19

ცხრილი 4: ტერიტორიის GIS მოდელი .....20

ცხრილი 5: ციფრული დახრილობის მოდელი და ჰიფსომეტრიული დონეები.....22

ფოტო 6: ნამახვანის ავზის დრენაჟის ქსელი.....24

**ცხრილების ნუსხა**

ცხრილი 1: თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევები.....7

ცხრილი 2: ტერიტორიის სიმაღლის (100 m ინტერვალი) გადანაწილება.....23

ცხრილი 3. წყლის წერტილების მახასიათებლების ცხრილი.....25

**ფოტოების ჩამონათვალი**

ფოტო 1: ნარჩენები საშუალო და თხელი საფარის წვრილმარცვლოვანი ტუფის ქვიშა-ქვის, იშვიათად დანალექის კლდოვანი ქანით რომელიც გვხვდება არსებულ გზაზე, სოფელი ნამახვანის ქვედა მხარეს, ანტიკლინის ჩრდ. ნაწილში..... 12

ფოტო 2: ტიპური ექსპოზიცია მასიური სქლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვის ბრეჩქიასთან ერთად სოფელი საკირეს შესასვლელში, ანტიკლინის ღერძის ქვედა დინებაზე; სამხრეთით, სქელი ქვედა ფენა შედგება სამხრეთის კირქვის ანტიკლინისაგ ..... 13

ფოტო 3: ახლო ხედი სქელი მასიური ტუფის ქვიშა-ქვის ბრეჩქიასთან ერთად; პორფირიული ლავა ქვის მასებში ჩანს მარჯვენა მხარეს..... 13

ფოტო 4: საშ. ფენის ტუფის ქვიშა-ქვის ფენები რომლებიც უერთდებიან მასიურ-სქელ ტუფის ქვიშა-ქვის ფენებს ნამახვანის ანტიკლინის სამხრეთ ნაწილში, პირველი შენაკადის მარჯვენა ნაპირზე კარგად ჩანს, სოფ. საკირეს ქვედა მხარეს ..... 14

ფოტო 5: ზოგადი ხედი ადგილობრივი ანტიკლინის შუაგულის: ძირითად კვლევებში, ეს საკითხი აღებულია როგორც ანტიკლინის ღერძი რომელიც შეადგენს დაახლოებით 600m, თავდაპირველი ანტიკლინის ზედა ნაკადი, სოფელი ნამახვანის ქვედა ნაწილი..... 14

ფოტო 6: ზოგადი ხედი შუალედურად და თხლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვის საფარისა გვხვდება მარჯვენა სანაპიროზე კაშხლის ობიექტის ქვედა დინებაზე: ჩანს კარგად განვითარებული ქვედა ფენები შუა ნაწილში..... 15



ფოტო 7: ტიპური ნაშალი მჭიდროდ არის შეკავშირებული ტუფის ქვიშა-ქვასთან თხელი შიდა ფენებით; უნდა აღინიშნოს, რომ ძირის ფენა ირიბად მიუყვება ანტიკლინის ღერძს; ფონზე ჩანს კიდული ხიდი, ზედა ნაკადი ელექტროსადგურისა..... 16

ფოტო 8: ზოგადი ხედი პორფირიტებისა მარჯვენა ნაპირზე, რომლებიც შედის ჭაბურღილის საძირკველში; იხ. მასიური სტრუქტურა ქვის მასისა ატმოსფერული გავლენის ჩვენებით ..... 16

ფოტო 9: ზოგადი ხედი ფენისა (J2b13) რომელიც ჩადის ქვედა დინებაზე კიდული ხიდის, ზედა მხარეს ახლად დაპროექტებული ელ. სადგურის ობიექტის. ქვეშაგები ფენები ღრმად ჩადის ანტიკლინის ღერძის პარალელურად და არ შედის ზოგად განლაგებაში..... 17

ფოტო 10: ტიპური კირქვა ..... 26

ფოტო 11: უბე ზედა დახრილობაზე, ზემო ნამახვანში ..... 27

ფოტო 12: ვიწრო მასშტაბის მეწყერული ზონა უბის მარცხენა მხარეს..... 27

ფოტო 13: ტიპური კირქვა ..... 28

ფოტო 14: მკაფიოდ დაფენილი კირქვის საფარი მდინარე რიონის მარცხენა სანაპიროზე ..... 29

ფოტო 15: ზედაპირული ნაკადების შედეგად განვითარებული მეწყერი ..... 29

ფოტო 16: მცირე მეწყერული ზონა მდინარე რიონის მარცხენა სანაპიროზე ..... 30

ფოტო 17: ადგილობრივი ნაპრალის ზონა კაშხლის ღერძთან ახლოს..... 31

ფოტო 18: დაკვირვებები უბეზე კაშხლის ღერძთან ახლოს რომლის კვება ხდება ადგილობრივი ნაპრალოვანი ზონიდან..... 31

ფოტო 19: წყარო რომელიც კვეთს სოფელს..... 31

ფოტო 20: მონაკვეთი სოფელი ტვიშის გზიდან გახლავთ ზედაპირული ვულკანურ სედიმენტური ქანი..... 32

ფოტო 21: არსებული გზიდან გადაღებული ფოტო აღნიშნავს მონაკვეთს ანტიკლინისა და ციკლინის სერიიდან..... 32

ფოტო 22: უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის ბოლოს ..... 33

ფოტო 23: LP-1 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 34

ფოტო 24: LP-2 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 34

ფოტო 25: LP-3 ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 35

ფოტო 26: LP-4 უბე ქვემო ნამახვანის ტერიტორიის რეზერვუარის მარჯვენა ნაპირზე ..... 35

ფოტო 27: LP-5 უბე ქვემო რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 36

ფოტო 28: LP-6 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა მხარეს..... 37

ფოტო 29: LP-7 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 37

ფოტო 30: LP-8 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 38

ფოტო 31: LP-9 ქვემო ნამახვანი რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე..... 39

ფოტო 32: LP-10 ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე..... 39



ფოტო 33: LP-11 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 40

ფოტო 34: LP-12 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე ..... 40

ფოტო 35: LP-13 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირი..... 41

ფოტო 36: LP-14 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე ..... 42

ფოტო 37: LP-15 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე..... 42

ფოტო 38: LP-16 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე..... 43

ფოტო 39: LP-17 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე..... 44

ფოტო 40: LP-18 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე..... 44

ფოტო 41: LP-19 სოფელი ორხევის გადამკვეთი უბე..... 45

ფოტო 42: LP-20 პანორამული ხედი ზემო ნამახვანის კაშხლის ქვედა ნაპირზე..... 46

ფოტო 43: LP-22, ფოტო გადაღებული ზემო ნამახვანის კაშხლის ქვედა ნაპირიდან..... 46

ფოტო 44: LP-23 უბე რომელიც კვეთს კირქვიან ქედს და ჩადის მდ. რიონისკენ..... 47

ფოტო 45: LP-26 გამომშრალი უბე სოფ. ორხევის სამხრეთ ნაწილში ..... 48

ფოტო 46: პატარა შადრევანი სოფ. ტვიშიში ..... 49

ფოტო 47: წყალი რომელიც გამოედინება სოფლის სახლის სარდაფში ..... 50

**ფოტო 48: წყალშემკრების ტერიტორია შექმნილი სოფლის მაცხოვრებლების მიერ..... 50**

ფოტო 49: წყარო მოქცეული ბეტონის ჭაში..... 51

ფოტო 50: წყარო რომელიც მდებარეობს ყურძნის ბაღში..... 51

ფოტო 51: ჭარბი წყალი წყალშემკრების ტერიტორიაზე..... 52

ფოტო 52: საგაზაფხულო წყალშემკრები სოფ. ტვიშიში ..... 52

ფოტო 53: მეორე შადრევანი ეზოში ..... 53

ფოტო 54: მეორე შადრევანი ეზოში ..... 54

ფოტო 55: ორი შადრევანი ზემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარცხენა ნაპირზე..... 55

ფოტო 56: აღმოჩენილია ორი შადრევანი სოფ. ორხევის ზედა ნაწილში..... 55

ფოტო 57: ახლო ხედით გადაღებული შადრევანის ფოტო კირქვის ქედთან ახლოს ..... 55

ფოტო 58: შადრევანი რომელიც მდებარეობს მოუკირწყლავ გზასთან ახლოს, სოფ. ორხევეში ..... 57

Photo 59: Water-Well in garden at elevation 427.00 m. .... 58

Photo 60: Water-Well in garden at elevation 434.00 m. .... 58

Photo 61: Dip / Dip strike measurements are taken from limestone..... 59

Photo 62: UP-4 Waterfall 3.4. კლიმატური და ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემები ..... 60

## 1. შესავალი

დონე 1-ის ფარგლებში, „ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში“ მომზადდა ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის (“HPP”) კასკადის პირველად პროექტზე (ზემო ნამახვანი და ქვემო ნამახვანი, ქუთაისი, საქართველო) რომელიც დაპროექტებული ენერჯის გამომუშავების მიზნით მდინარე რიონის ხეობაში.

### 2.1. კვლევის მიზანი

მოცემული ანგარიში ახდენს ჰიდროდინამიკური სტრუქტურისა და ჰიდროგეოლოგიური მდგომარეობის შეფასებას ზემო ნამახვანსა (UNK) და ქვემო ნამახვანის (LNK) საპროექტო არეალში, ძირითადად კაშხლის ობიექტებსა და რეზერვუარის ტერიტორიაზე.

შემდეგი ელემენტები უზრუნველყოფს ანგარიშის შინაარსის გაცნობას;

- წყლის რესურსების დახასიათება ობიექტის ემპირიული კვლევის მეთოდით 48 წერტილზე რომელიც მოიცავს: არხებს, წყაროებს, შადრევნებსა და ჭებს.
- გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ნახაზების მომზადება (გეგმა და მონაკვეთი) ობიექტის ემპირიული კვლევის მიზნით ჭაბურღილებისა და ადგილზე შესრულებული ტესტების აღება დონე 1-ის ფარგლებში (პირველადი), საპროექტო ფაზა და მანამდე შესრულებული კვლევები
- საპროექტო არეალში გეოლოგიური ფორმირებების კლდოვანი ქანის მასების დახასიათება “ადგილობრივი” მასალის გათვალისწინებით და მასების მახასიათებლების რეგიონალური „კონცეპტუალური გეოტექნიკური მოდელის“ კონტექსტში
- კაშხლის ობიექტის და რეზერვუარის ტერიტორიის გამტარიანობა, ზემო ნამახვანის კარსტიფიკაციასთან მიმართებაში. მოცემულ კონტექსტში საკითხის უფრო ღრმა კვლევის მიხ. გეოტექტონიკური მახასიათებლები და გეოლოგიური წარმონაქმნების თანმიმდევრობა არ იძლევა სტანდარტული კარსტიფიკაციის ლატერალური განვითარების დაშვებას საპროექტო არეალში.
- მშენებლობა გამარტივებული კონცეპტუალური ჰიდროგეოლოგიური სამუშაო მოდელისა პროექტზე, კერძოდ აშენება LNK-HRT, სადაც უხეში რელიეფის პირობებით არარის შესაძლებელი ბურღვა ჭაბურღილისა კერნის ამოღების მეთოდით
- მშენებლობა ციფრული დახრილობის მოდელის (DEM) ჰიფსომეტრიული დონეებით რადგან ადგილზე აღინიშნა რიგი მეტეოროლოგიური (ტემპერატურა და წვიმები) კორექტირებები
- ჰიდროლოგიური მოდელი - წყლის ბიუჯეტის შემოწმება ორ მთავარ ფენომენზე - კონცეპტუალურ და ნუმერიკულ მოდელებზე დაფუძნებით



## 2.2. მეთოდოლოგია

მოცემული თავი მოიცავს კვლევის მეთოდოლოგიას. უფრო დეტალურად, ხაზს უსვამს კვლევის მეთოდს, მის მიზანს, მონაცემების შეგროვების მეთოდს, მონაცემების გაანალიზების ტიპს და საპროექტო კვლევების შეზღუდვებს.

კვლევის დროს დასახული მიზნების მისაღწევად, შესრულდა ხარისხობრივი და რაოდენობრივი კვლევები (ცხრილი 1).

ცხრილი 1: თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევები

| თვისობრივი კვლევები  | რაოდენობრივი კვლევები  |
|--|--|
| გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ემპირიული კვლევები                     | წყლის დონის აზომვა ჭებზე   |
| ადგილობრივებისგან აღებული ინფორმაცია, წყლის ნაკადის შეცვლა სეზონურად | არხზე ნაკადის გაზომვა, ასევე ჭებზე, წყაროსა და შადრევნებზე                               |
| ადგილობრივებისგან აღებული ინფორმაცია, წყლის დონის შეცვლა სეზონურად   | მახვილი კუთხის გაზომვა   |
| კარსტული ფორმირების არსებობის კვლევა ემპირიული დაკვირვების მეთოდით   | სრული სპექტრი ადგილობრივი ჩანაწერების წყლის რესურსებთან დაკავშირებით                     |
| დოკუმენტის ანალიზი წინა კვლევებიდან                                  | მონაცემები და კომპიუტერული მოდელირება გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ნახაზების მომზადებით |
| ლიტერატურის გადასინჯვა   | ჰიდროლოგიური კვლევა და წყლის ციკლის განსაზღვრა   |

მოცემული პროექტით მთავარი აქცენტი კეთდება გეოლოგიური ფორმირებების მახასიათებლებზე საპროექტო არეალში, გამტარიანობისა და კარსტიფიკაციის კუთხით. ალტერნატიული მეთოდოლოგია გამოიყენება მსგავს კვლევებზე როგორებიცაა წყლის ქიმიური შემოწმება, იზოტოპური ჰიდროლოგია ან ქიმ. ნაერთის შემდგომი ტესტი რომლებიც არ იქნა საჭიროდ ჩათვლილი მოცემული კვლევის ფარგლებში. აღნიშნული ალტერნატივები იქნება განხილული შემდგომ მონაკვეთში, კერძოდ ახსნილი იქნება თუ რატომ არ ჩავთვალეთ საჭიროდ მათი გათვალისწინება.

ზემო ნამახვანი (UNK) და ქვემო ნამახვანის (LNK) საპროექტო არეალი მდინარე რიონის ხეობაში გამოიყენებულია მონაცემების შესაგროვებლად ინჟინერი-ჰიდროლოგების მიერ - ორგუნ იალჩინკაია (თემელსუ) და ინჟინერ გეოლოგი - ბარან გუჩი (თემელსუ). ვიზიტი შედგა 17-21 სექტემბერს. მონაცემები შეგროვდა რიონის ხეობაში და მის მახლობლად, რასაც ითვალისწინებდა დეტალური





ფოტო 1: საპროექტო არეალის მდებარეობა (არ არის მასშტაბი)

## 2. გეოლოგია

### 2.1. შესავალი

სხვადასხვა სახის კვლევა შესრულდა მხარეების მიერ. მოკლე ინფორმაცია იქნა მოპოვებული ყველაზე ბოლოს შესრულებულ კვლევაზე შესრულებული თემელსუს მიერ და მოცემული ანგარიშით: GE308-200-DW-REP-GEO-00003.

საპროექტო არეალი და მისი შემოგარენი შედგება ძირითადად (a) შუა იურაზიული თაღოვანი რკალისგან მიღებული “პორფირიული სერიიდან” და (b) ცარცული პლატფორმის კირქვის ფორმირებებისგან. მეტი ინფორმაცია გეოლოგიურ ფორმირებებზე მოცემული იქნება შემდგომ მონაკვეთებში

### 2.2. სტრატოგრაფიული გეოლოგია

#### 2.2.1. შუა იურაზიული პორფირიული სერია

შუა იურაზიული პერიოდი, ბაიოსური ქვიანი ქანების ფორმაცია მდებარეობს შესართავთან მდ. რიონის ველის, გუმათისა და ტვიშის სოფლებს შორის, 20 კმ სიგრძეზე. წინა კვლევები აღნიშნული

გეოლოგიური ფორმაციებისა დასახელებულია როგორც "პორფირიული წარმოშობის". ასევე მოხსენიებულია როგორც "ვულკანო-სედიმენტური ფორმირება" რიგ შემთხვევაში. ბაოსიური იყოფა სამ ქვედა ფენად, როგორც არის შეჯამებული ქვემოთ, შუა ნაწილიდან ზედა ნაწილისკენ, ასევე ნაჩვენებია მარტივ სვეტოვან ცხილში (ცხრილი 2).

### 2.2.1.1. შუა იურაზიული

შუა იურაზიული დეპოზიტები იქნა წარმოდგენილი ბაოსიურ და ბათონიურ პერიოდებში. ბაოსიურ ნარჩენზე ვულკანური წარმოშობის ტუფები ფართოდ ვრცელდება, ასევე გამოსაკვლევ არეალში. ტუფის ბრექჩია, ტუფისა და ლავას ბრექჩიის ლითოლოგია, აღნიშნული თანმიმდევრობა შესაძლოა იყოს 2000 მეტრ სიმაღლის- სისქე მინიმუმ 500 მეტრი. კვლევების შედეგად, დამტკიცდა რომ საშუალო სისქე არის დაახლოებით 1400-1500 მეტრი. ზედა ნაწილი ბატონიანური ფაზისა აღნიშნულია ტუფით, არგილიტითა და ქვიშა-ქვით; ქვემო ნაწილები მოცემულია ვულკანურ ტერესტრიალური ნარჩენებით.

#### A: ქვემო ბაოსიური ფენა (J2b1/2b'1)

მხოლოდ ზედა ნაწილი ქვემო ბაოსიური ფენისა გვხვდება საპროექტო არეალში, რომელიც შედგება საძირკველის ქანებისგან. აღნიშნული არ ტოვებს ნარჩენს არსებული ქანის გასწვრივ და გადამკვეთ შენაკადებზე. ასევე ობიექტზე ვიზიტის განმავლობაში - 14-23 ნოემბერი, გეოლოგიური ინჟინრების მონაწილეობით - Stucky-დან და Temelsu-დან, დაბლობი სადაც ანტიკლინის შუაგულია ნაჩვენები - 1:50 000 მასშტაბის საბჭოთა პერიოდის გეოლოგიურ რუქაზე, არარის ნაკვალევი ძველი ქვის მასებისა.

ასევე "ანტიკლინის ღერძის" მდებარეობასთან დაკავშირებით გვსურს მკითხველის ყურადღება გავამახვილოთ მნიშვნელოვან გეოლოგიურ ფაქტზე იმის შესახებ, რომ მთავარ საპროექტო კვლევებში, ნამახვანის ანტიკლინის ღერძი დაახლ. აღებულია - 400m ზედა ნაკადი სოფ. ნამახვანის. თავდაპირველი ანტიკლინის ღერძია - 1:50 000, მეორეს მხრივ, ის არის სოფ. ნამახვანის ქვედა დინებაზე, დაახლ. -600m დაშორებით მთავარი საპროექტო წერტილიდან. ამგვარად პორფირიტის შუა ფენა (J2b1/2b'1) მთავარ დიზაინში მოცემულია როგორც ქვედა ფენა (J2b3<sup>3</sup>2) ანტიკლინის ღერძის თავდაპირველი მდებარეობით. შესაბამისად, საძირკველის ქანი პროექტზე ძირითადად შედგება ყავისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრექჩიას, ტუფის ქვიშა-ქვისაგან, ზოგჯერ აუვიტ-ლაზრადაოროტის პორფირიტებისგან.

#### B: ზედა ბაოსიური ფენა

##### B-1: ქვედა ფენა (J2b2)

ობიექტზე შესრულებული დეტალური კვლევების განმავლობაში, რომელიც შესრულდა გუმათი-ალპანას გზის გასწვრივ, ზედა ბაოსიური ხანის გეოლოგიური ფორმირებები იქნა დაყოფილი კატეგორიებად, კერძოდ ორ ფენად საინჟინრო გეოლოგიური თვალსაზრისით - J2b2 და J2b3. ზემოთ მოცემულია ფორმირებების მოკლე აღწერა.

| PERIOD          | FORMATION              | LITHOLOGY | DESCRIPTION   |  |
|-----------------|------------------------|-----------|---|--|
| QUATERNARY      |                        |           | Alluvium  |  |
|                 |                        |           | Terrace deposits  |  |
|                 |                        |           | Colluvium   |  |
| MIDDLE JURASSIC | UPPER BAJOCIAN (J2b3)  |           | Colored tuffs, sandstone-claystone alternation  |  |
|                 | MIDDLE BAJOCIAN (J2b2) | J2b2-6    |   | Massive, Augite-labrador porphyrites   |
|                 |                        | J2b2-5    |   | Medium to thinly bedded, Tuffaceous sandstone occasionally with breccia                    |
|                 |                        | J2b2-4    |   | Thick to medium bedded, Tuffaceous sandstone with breccia                                  |
|                 |                        | J2b2-3    |   | Medium to thinly bedded, Fine grained tuffaceous siltstone occasionally with micro breccia |
|                 |                        | J2b2-2    |   | Massive, Tuffaceous sandstone with breccia   |
|                 |                        | J2b2-1    |   | Medium to thinly bedded, Fine grained tuffaceous sandstone occasionally with shale         |
|                 | LOWER BAJOCIAN (J2b1)  |           | Tuff, argillites, micro breccias, tuffaceous sandstone, occasionally with augite-labrador porphyrites |  |

გამოსახულება 2: გეოლოგიური მონაკვეთი შუა იურაზიული ქვიანი ქანების საპროექტო არეალში

**B-1-1: ქვედა ფენა (J2b'2)**

მოცემული ფენა მოიცავს ზედა ბაიოსური ქანის ფენებს, გვამლევს ტიპიურ ექსპოზიციას ქვედა ნაკადზე არსებული კარგად განვითარებული საშუალო-თხელი საფარის მასების რომლებიც ძირითადად შედგება წვრილმარცვლოვანი ტუფის ქვიშა-ქვისაგან იშვიათად დანალექი კლდოვანი ფენით (ფოტო-1). მოცემული ფოტო გადაღებულია ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ნაწილიდან.



ფოტო 1: ნარჩენები საშუალო და თხელი საფარის წვრილმარცვლოვანი ტუფის ქვიშა-ქვის, იშვიათად დანალექის კლდოვანი ქანით რომელიც გვხვდება არსებულ გზაზე, სოფელი ნამახვანის ქვედა მხარეს, ანტიკლინის ჩრდ. ნაწილში.

გამოვლინებები ხილვადია არსებულ გზაზე, მწვანე და ყავისფერი ფერებით, ზომიერად გამომშრალი. როგორც ჩანს ფოტოზე-1, ქვედა ფენის ზედაპირზეც კი მჭიდროდ არის დაფენილი და ქვის მასა სქლად წარმოდგენილი ქვეშსაგები ფენიდან გადადის მასიურ სტრუქტურაზე. აღნიშნულ ადგილზე არსებობს კავშირი მდინარე რიონთან დასავლეთის მიმართულებით, სადაც კლდოვანი ქანი აღწერს მისი გამოშრობის მანიშნებელ მდგომარეობას კარგად განვითარებული ქვედა ფენებით.

**B-1-2: ქვედა ფენა (J2b<sup>2</sup>)**

ქვედა მიმართულებით ჩასვლისას, არსებულ ქანზე, საკმაოდ ტიპური ექსპოზიცია ჩანს მასიური და სქლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვისა ბრექჩიასთან ერთდ, რომელიც იპყრობს მნახველის ყურადღებას სოფ. საკირეს შესასვლელში. მოჭრილ ქანებზე ჩანს რომ შესრულებულია კონვენციური მეთოდით, ფერდობის სიმაღლე აღწევს 25-25m რომელიც დგას სტაბილურად ბერმის გარეშე (ფოტო-2).

ქვის მასა ჩადის ქვედა დინებაზე, გადაკვეთს სოფელს ჰორიზონტ. დაშორებით დაახლ. 650-700m. სამხრეთ ნაწილში ქვეშსაგები ფენის სისქე დაახლ. - 30<sup>0</sup>. ზედა ფენა კი არის მასიური ნაწილი ქვისა რომელიც აღწევს ზედა დახრილობამდე. როგორც ჩანს ფოტოზე-2, ქვის მასა მოიცავს საშუალო სისქის ქვედა ფენას, სავარაუდოდ ქვედა ფენები გახსნილია აფეთქების გავლენით და სიღრმეში ჩასვლისას ჩანს რომ მთლიანი მასა შედგება მასიური სქლად დაფენილი საფარისგან



**ფოტო 2:** ტიპური ექსპოზიცია მასიური სქლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვის ბრექჩიასთან ერთად სოფელი საკირეს შესასვლელში, ანტიკლინის ღერძის ქვედა დინებაზე; სამხრეთით, სქელი ქვედა ფენა შედგება სამხრეთის კირქვის ანტიკლინისაგ

სოფელი საკირეს ქვედა ნაწილში, მარჯვენა ნაპირზე პირველი შენაკადის საშუალოდ დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვის ფენების მხარეს ჩანს ალტერნატიული მოკლე დისტანციები მასიური კლდოვანი ქანით. იქიდან, აღნიშნული ქვის მასები მიემართებიან ქვის კარიერისკენ რომელიც მდებარეობს მარცხენა ნაპირზე მეორე შენაკადის. ქვის კარიერი ამჟამად მუშაობს. მასიური და სქელი ტუფის ქვიშა-ქვა მოიცავს ლაბრადორიტის პორფირიტის ბლოკებს.



**ფოტო 3:** ახლო ხედი სქელი მასიური ტუფის ქვიშა-ქვის ბრექჩიასთან ერთად; პორფირიული ლავა ქვის მასებში ჩანს მარჯვენა მხარეს

კარიერის ქვედა დინების მხარეს, გვირაბის მარშრუტი ან ხილვადია და/ან აღებულია სიმეტრიულად ჩრდილოეთ ნაწილისკენ ანტიკლინისა, მარცხენა ნაპირზე. უხეში რელიეფის პირობები და ხშირი ტყე არ იძლეოდა საშუალებას თვისობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების

შეგროვების ქვედა ფენებზე - ( $J2b^32$ ) და ( $J2b^42$ ). ამგვარად ორი ქვედა ფენა აღწერილი იქნება ინფორმაციის საფუძველზე მიღებული ჩრდილოეთ ანტიკლინიდან რომელიც მოემართება კაშხლის ობიექტიდან ქვედა დინებაზე.



ფოტო 4: საშ. ფენის ტუფის ქვიშა-ქვის ფენები რომლებიც უერთდებიან მასიურ-სქელ ტუფის ქვიშა-ქვის ფენებს ნამახვანის ანტიკლინის სამხრეთ ნაწილში, პირველი შენაკადის მარჯვენა ნაპირზე კარგად ჩანს, სოფ. საკირეს ქვედა მხარეს

#### **B-1-3: ქვედა ფენა ( $J2b^32$ )**

ეს ნაწილი ძირითადად შედგება საშუალოდ-თხლად დაფენილი ღია ყავისფერი ტუფის ქვიშა-ქვისაგან, იშვიათად მიკრობრექჩიასთან ერთდ. ტიპური ექსპოზიცია ჩანს ადგილობრივ ანტიკლინზე, ქვედა დინებაზე ქვემო ნამახვანის კაშხლის ობიექტის, მარცხენა სანაპიროზე (ფოტო-5). ქვის ტიპების მიხედვით რომლებიც ქმნიან ფორმირებებს, შედარებით სუსტი ქვის მასის კერნის ამოღების მეთოდით კვლევის შემდეგ გვექმნება წარმოდგენა რომ ქვედა ფენა კარგად არის დახურული კომპრესიული ტექტონიკის გავლენის შედეგად რომელთაც შეუძლიათ მიაღწიონ მასიურ სტრუქტურამდე, გვირაბის დონეზე.

ფოტო 5: ზოგადი ხედი ადგილობრივი ანტიკლინის შუაგულის: ძირითად კვლევებში, ეს საკითხი აღებულია როგორც ანტიკლინის ღერძი რომელიც შეადგენს დაახლოებით 600m, თავდაპირველი ანტიკლინის ზედა ნაკადი, სოფელი ნამახვანის ქვედა ნაწილი

#### **B-1-4: ქვედა ფენა ( $J2b^42$ )**

ქვედა ფენა შედგება საშუალო თხელი და იშვიათად სქლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვისაგან, მუქი და ღია მწვანე ქვედა ფენა იწყება შუალედური ფენებით კაშხლის ობიექტის ქვედა დინებაზე; საშუალოდ დაშორებული ქვედა ფენები აღწევს ფერდობებამდე, მეტნაკლებად ანტიკლინის ღერძის პარალელურად.

#### **B-1-5: ქვედა ფენა ( $J2b^52$ )**

კაშხლის გეგმაზე, ქვედა დინებაზე შუალედური ფენა იწყება ( $J2b^52$ ) თხელი ვეგეტაციური საფარის გადაკვეთით. ეს ნაწილი ძირითადად შედგება პრედომინანტური, შუალედური, იშვიათად თხელი ტუფის ქვიშა-ქვისაგან, სადაც ასევე ურევია ბრექჩია. მიუხედავად ამისა ნაშალი გვიქმნის



წარმოდგენას რომ შედარებით სუსტი ქვა გადარეცხილია ზედაპირული წყლების შედეგად და ჩანს მდინარის ძირში.



**ფოტო 6:** ზოგადი ხედი შუალედურად და თხლად დაფენილი ტუფის ქვიშა-ქვის საფარისა გვხვდება მარჯვენა სანაპიროზე კაშხლის ობიექტის ქვედა დინებაზე. ჩანს კარგად განვითარებული ქვედა ფენები შუა ნაწილში.

იგივე ქვის ტიპი არის ანტიკლინის სამხრეთ ნაწილში და მოიცავს გვირაბის ქვებს სათანადო დაშორებებით. საველე კვლევების განმავლობაში, საუკეთესო ნიმუში ნაშალისა ჩანს მდინარის დონეზე, ხიდის ზედა ნაწილში (ფოტო-7). როცა ნაშალი ახლო ხედით მოწმდება, ნათლად ჩანს რომ ქვა რეაგირებს ჩაქუჩის დარტყმაზე. ქვის მასა მოიცავს თხელ შიდა ფენას რომელიც არის უძრავობის პერიოდის, თაღოვანი ვულკანიზმის სადაც წვრილმარცვლოვანი მასალა მიღებულია ტუფის დეპოზიტებისგან. მდინარის ნაპირიდან ზედა დინების მიმართულებით, განგრძლივი და მასიური სტრუქტურის ტუფის ქვიშა-ქვა გვხვდება შემდეგი დაშორებებით - 150-220m კედლის მსგავსად. ყველა აღნიშნულიდან გამომდინარე ვასკვნიტ რომ ქვედა ფენა სტრუქტურულად არის ძირის ფენა რომელიც იცვლება დაშორებების მიხედვით.



ფოტო 7: ტიპური ნაშალი მჭიდროდ არის შეკავშირებული ტუფის ქვიშა-ქვასთან თხელი შიდა ფენებით; უნდა აღინიშნოს, რომ ძირის ფენა ირიბად მიუყვება ანტიკლინის ღერძს; ფონზე ჩანს კიდული ხიდი, ზედა ნაკადი ელექტროსადგურისა

**B-1-6: ქვედა ფენა (J2b<sup>2</sup>)**

მოცემული ქვედა ფენა შედგენილია აუგიტის-ლაბრადორიტის პორფირიტისგან რომელიც სიღრმისეულად არის ქანში. ასევე ჩანს ადრე ფორმირებული ვულკანურ-სედიმენტური ქვები იურაზიული რკალის ვულკანიზმისა. ამგვარად ის კონტაქტშია ქვის მასებთან ზედა დინებაზე და ქვედა ნაკადზე



ფოტო 8: ზოგადი ხედი პორფირიტების მარჯვენა ნაპირზე, რომლებიც შედის ჭაბურღილის საძირკველში; იხ. მასიური სტრუქტურა ქვის მასის ატმოსფერული გავლენის ჩვენებით

ნათელია რომ პლუტონიკური კლდე არის „მასიურ“ სტრუქტურაში, მათი ფორმირების მეთოდის გამო. გეოლოგიური ხანის მიხედვით მასიური სტრუქტურა იყო ტექტონიკური ძალების გავლენის ქვეშ ძირითადად. მასიური სტრუქტურა პორფირიტებისა ჩანს ნაშალზე რომელიც მდებარეობს კაშხლის ობიექტის ზედა დინებასთან. კლდის მასაზე ჩანს რომ დიზაინი ბეტონის ბლოკების და ხარისხი სხვადასხვანაირია.

ნაშალზე ნაჩვენებია ფოტოზე-8, უწყვეტობა ჩანს ფრაქციების სახით რომლებიც დარჩენილია წინა სამშენებლო აფეთქების ქმედებების შედეგად. მსგავსი სიტუაცია არის ასევე საკვლევ ობიექტებზე გახსნილი კონვენციული აფეთქების შედეგად, არის დეზორიენტირებული წარმოდგენა „ადგილობრივ“ მასალასთან დაკავშირებით და კლდის ქანის მასის მახასიათებლებზე.

### B-2: ქვედა ფენა (J2b3)

ფაქტიურად, J2b3 ქვედა ფენა რომელიც მოიცავდა მხოლოდ -(J2b'3) ფენას, წარმოდგენილი იყო მთავარი საპროექტო ფაზის გვირაბის ღერძის გასწვრივ. შემდეგ შესასვლელი პორტალი, გვირაბის ზოგი ნაწილი და პორტალის გამოსასვლელი რჩებოდა აღნიშნულ ფორმირებაში რომელიც ძირითადად შედგებოდა ფერადი ტუფის და ქვიშაქვის-თიხნარის ალტერნატივისგან. საპროექტო კრიტერიუმის მიხედვით ინჟინრების მოუწიათ გადატანა შესასვლელის პორტალისა კაშხლის ობიექტზე და იმავენაირად ელ. სადგურის ობიექტი ზედა ნაკადზე ბეტონის ხიდის მახლობლად. ამჟამად პროექტით არის J2b3 ქანი გვირაბის მიღმა. ყველა შემთხვევაში უნდა იქნეს განხილული ქვედა ფენა რათა სრული სურათი გვექონდეს იურაზიულ/ბაოსიურ სერიაზე.



ფოტო 9: ზოგადი ხედი ფენისა (J2b13) რომელიც ჩადის ქვედა დინებაზე კიდული ხიდის, ზედა მხარეს ახლად დაპროექტებული ელ. სადგურის ობიექტის. ქვეშაგები ფენები ღრმად ჩადის ანტიკლინის ღერძის პარალელურად და არ შედის ზოგად განლაგებაში.

ფოტო-9-ზე, ქვის მასა შედგება ქვიშა-ქვის-თიხნარისგან, ძირითადად წვრილმარცვლოვანი, მყიფე ფენები რომლებიც უჩვეულოა ოკეანურ და ქვევით მოძრავი ზონისთვის, დაკავშირებულია სედიმენტაციურ ქვის ფორმირებებთან. ამგვარად ჩანს რომ თაღოვანი-რკალი აღწევს კონტინენტურამდე და იკვებება მდინარის მასალით.

### 2.2.1.2. კარსტული პლატფორმის კირქვები

საპროექტო არეალი და მისი მიმდებარე ზონა შედგენილია კარსტული ხანის ფორმირებებისგან რომლებიც გამოხატულია სხვადასხვა ტიპის კირქვებით წარმოდგენილი „პასიურ კონტინენტურ საზრვარზე“. ასევე, ავზის ტიპიდან გამომდინარე, კირქვის მახასიათებლები იცვლება მინერალური შემცველობისა და ლითოლოგიური თვალსაზრისით. თანმიმდევრობა აღნიშნული კირქვების ტიპებისა ყველაზე ადრეული ასაკიდან ყველაზე თანამედროვეთი დამთავრებული ჩანს რიონის ხეობაში, იწყება კაშხლის ობიექტიდან და ჩადის ზედა დინებაზე - რეზერვუარის ტერიტორია. მოკლე აღწერა კირქვის ტიპების, მოცემულია აღნიშნული თანმიმდევრობით.

წინა კვლევებში, აღნიშნული კირქვის ტიპები დალაგებულია ქრონოლოგიურად ორ კატეგორიაში: ვალანგიურ-ჰაუტერიანული (K1-v-h) და ბარემიანული (K1-b)

#### A: ვალანგიურ ჰაუტერიანული (K1-v-h)

ქვის მასა შედგება კირქვის ფენებისგან, კვარცის ქვიშა-ქვის და თხელი თიხნარის ფენისგან. კვარცის ქვიშა-ქვის არსებობა იმას ადასტურებს რომ გარემოს კვება ხდებოდა კონტინენტური სედიმენტებით როგორცაა კვარცი, მიღებული კრისტალის ქვის, გრანიტისგან. ობიექტზე, ჩანს რომ ქვეშაგები მასალა განვითარებულია ზედა მიმართულებითაც მარჯვენა და მარცხენა ნაპირებზე კაშხლის ობიექტის.

#### B: K1-b) კირქვა

კირქვის ფორმირება (K1-b) შესამჩნევია ობიექტზე კარგად განვითარებული სქელი და მასიური ფენებით რომლებიც არის ზედა ნაკადზე (ფოტო-9). კედელი ჩანს არსებული გზის გასწვრივ, მარჯვენა მხარეს. მასიური ფენების ორიენტაცია შეესაბამება (K1-v-h) კირქვის ქვედა საფარის ფენას. აღნიშნული კირქვის ორი ფენის კონტაქტი იწყება „ჩრდილო ნაპირიდან“ სადაც ორი სეზონური წყაროს დაცლა ხდება. ქვის მასა ნაწილობრივ გახლავთ კარსტული.

#### C: კირქვები (K1-a)

რეზერვუარის ტერიტორიაზე, რიონის ხეობაში შესასვლელში არის კირქვის ფენები თხელი და საშუალო ქვის ქვედა ფენით რომლებიც შენაკადების ვიწრო ხეობაში ჩადის და უერთდება მდინარე რიონს მარჯვენა მხარეს. აღნიშნული ქვის მასა გამოხატავს ტიპიურ მახასიათებლებს (K1-a) კირქვისა. ქვედა ფენის მიმართულება შეესაბამება (K1-b) კირქვების მიმართულებას.

#### D: K1-al-c კირქვა

K1-al-c კირქვა, გადადის მერგელში, კვეთს ვიწრო სარტყელს რომელიც არის K1-a კირქვის ფენაზე რიონის ხეობის ზედა მხარეს. ის მოიცავს კირქვას და მერგელს შესაბამისი ქვიშაქვის ფენასთან ერთად.

#### E: K2-t-sn კირქვა

აღნიშნული კირქვა ფარავს რიონის ხეობის ზედა ნაპირის დიდ ნაწილს

#### F: K2-m-d კირქვა

კარსტული ფორმირების ყველაზე ბოლო პერიოდის ფორმირება აღწერილია როგორც დამახასიათებელი ამ ობიექტისთვის ქერქოვანი და ზომიერი ფენებით და ჩანს ზედა ნაწილზე. ადგილობრივად აღნიშნულია სუსტი კარსტული სტრუქტურა

| PERIOD     | EPOCH     | AGE                                     | FORMATION                       | LITHOLOGY        | DESCRIPTION   |                      |
|------------|-----------|---|---------------------------------|------------------|---|----------------------|
| QUATERNARY |           |   | dQ<br>COL                       |                  | Alluvium  |                      |
| TERTIARY   | MIOCENE   |   | P1 - P2                         |                  | Clay  |                      |
|            |           |   |                                 | Clayey-Sandstone |   |                      |
|            |           |   |                                 | Sandstone        |   |                      |
|            | OLIGOCENE |   |                                 |                  | Clay  |                      |
|            |           |   |                                 |                  | Sandstone   |                      |
|            | EOCENE    |   |                                 |                  | Limestone   |                      |
|            |           |   | Marl                            |                  |   |                      |
| PALEOCENE  |           |   | Limestone with Marl Interlayers |                  |   |                      |
|            |           |   | Limestone                       |                  |   |                      |
| CRETACEOUS | UPPER     | MAASTRICHTIAN<br>CAMPANIAN<br>SANTONIAN | K2-t-sn                         |                  | Lithographic Limestone                                    |                      |
|            |           | CONIACIAN<br>TURONIAN                   |                                 |                  | Laminated Limestone with Marl Interlayers                 |                      |
|            |           | CENOMANIAN                              |                                 |                  | Glauconite Marls  |                      |
|            | LOWER     | ALBIAN                                  |                                 | K1-al-c          |   | Glauconite Sandstone |
|            |           |   |                                 |                  |   | Limestone            |
|            |           |   |                                 |                  |   | Marl                 |
|            |           | APTIAN                                  |                                 | K1-a             |   | Foliated Clay        |
|            |           |   |                                 |                  |   | Laminated Limestone  |
|            |           |   |                                 |                  |   | Marly Limestone      |
|            | NEOCOMIAN | BARREMIAN                               | K1-b                            |                  | Marl  |                      |
|            |           | HAUTERIVIAN<br>VALANGINIAN              | K1-v-h                          |                  | Limestone with Interlayers of Sandstone and Foliated Clay |                      |
|            |           |   |                                 |                  | Laminated Limestone                                       |                      |
|            |           |   | Fine Grained Conglomerates      |                  |   |                      |
|            |           |   | Sandstone                       |                  |   |                      |

ფოტო 3: სვეტოვანი მონაკვეთი ცარცული პლათფორმის, კარბონატების და მესამეული ფორმირებების საპროექტო არეალთან ახლოს

### 3. ზედაპირული წყლების ჰიდროლოგია და წყლის ბიუჯეტი

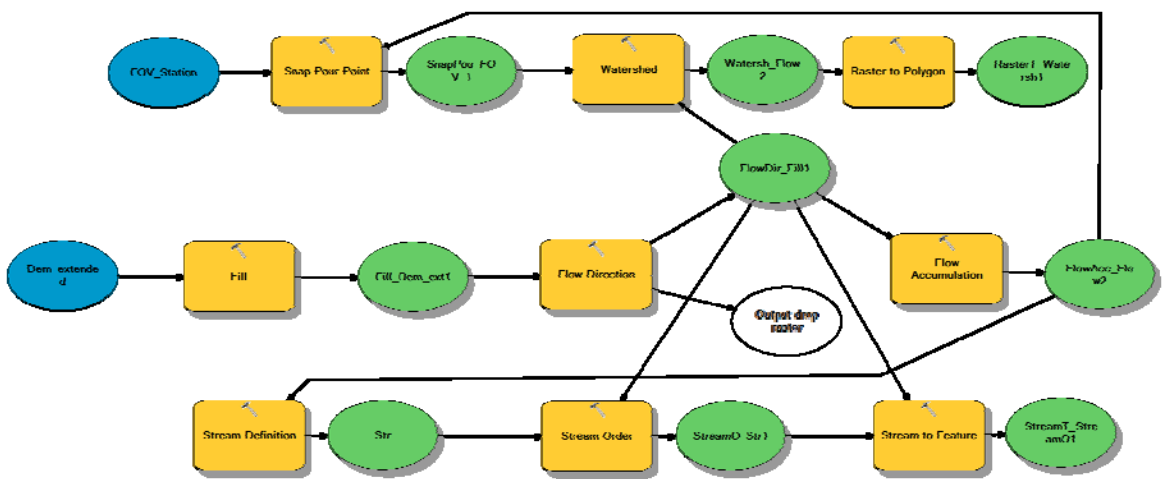
#### 3.1. შესავალი

საპროექტო არეალის ჰიდროლოგიური კვლევა და წყლის ციკლის კომპონენტების დადგენა გახლავთ გასათვალისწინებელი საკითხი ამგვარი კვლევების დროს. მიზნის მიღწევა შესაძლებელია ორი გზით, საკითხებისთვის კვალიფიკაციის მინიჭებით და რაოდენობრივი მახასიათებლების დადგენის მეშვეობით. პროექტის ფარგლებში ზოგადი კვალიფიკაციის მინიჭების მეთოდი შეფასდა. თუმცა ამ თავში აღწერილია კვანტიფიკაციის მეთოდი გამტარიანობის თვალსაზრისით და წყალშემკრები.

მდინარე რიონი საქართველოში გახლავთ ერთ-ერთი ყველაზე მასშტაბური, რომლის ძირითადი წყარო გახლავთ დაახლოებით 3,785 მ მთავარი კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობზე და მიედინება დასავლეთ საქართველოსკენ - 330 კმ, აღწევს შავ ზღვასთან დაახლ. - 330 კმ, ფოთის ჩრდ. ნაწილთან. მდინარის წყარო არის ყინულისა&თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილი ნარევი, ასევე წვიმისა და გრუნტის წყლები. თუმცა თოვლისა და წვიმის წყლები არის მდინარის მთავარი მკვებავი წყარო. ზედა და ქვედა ნამახვანის კაშხლის ობიექტები მდებარეობს მდინარეზე. რიონის აგზზე გავლენას ახდენს ატმოსფერული ნალექები და ქარის მიმართულება, ასევე კლიმატური მდგომარეობა შავი ზღვაზე[3].

#### 3.2. წყალშემკრების მახასიათებლები და ფიზიოგრაფიული ნიშნები

ციფრული დახრილობის მოდელის მისაღებად, ჰიფსომეტრისა და დრენაჟის ქსელის ტერიტორიაზე, GIS მოდელზე აისახა ყველა საფეხური, არქმევის გამოყენებით (ცხრილი 4).

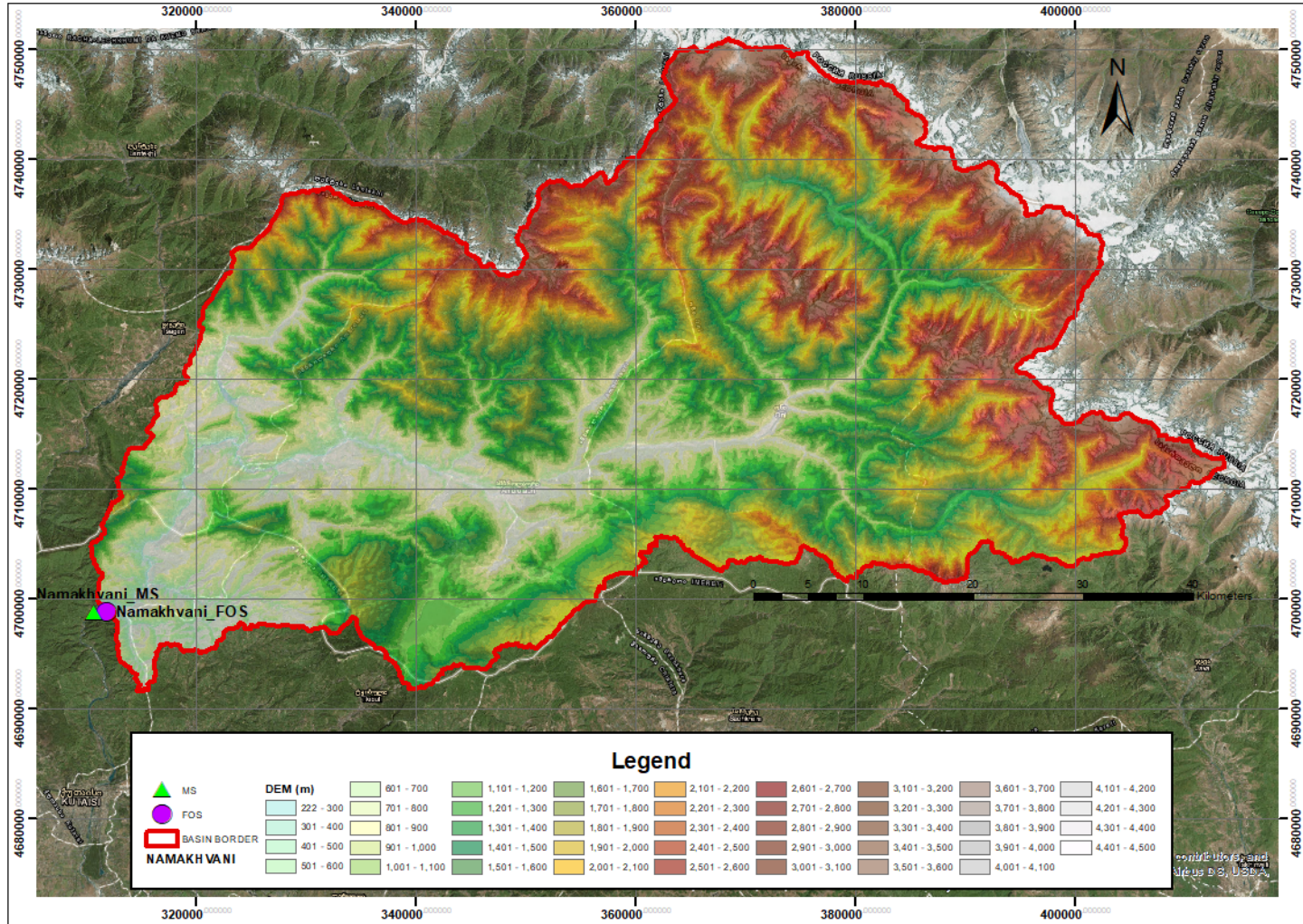


ცხრილი 4: ტერიტორიის GIS მოდელი

##### 3.2.1. ციფრული დახრილობის მოდელი (DEM)

ტერიტორიის ციფრული დახრილობის მოდელი ჩამოყალიბდა - Aster იმიჯის გამოყენებით შემდეგი ზომებით - 10x10 - 30 m რეზ. [6] აღნიშნული პროგრამის საშუალებით ჩამოყალიბდა მოზაიკა და მოერგო ნამახვანის წყალშემკრების საზღვრების ზომას (ცხრილი 5).

ტერიტორიის ჰიდროლოგიური მოდელი რომელიც შესრულდა აღნიშნული არეალის საჭიროებიდან გამომდინარე, საჭიროებს ჰიფსომეტრიული დონეების განსაზღვრას იქიდან გამომდინარე, რომ აღინიშნა მეტეოროლოგიური კორექტირებები (ტემპერატურა და წვიმა). მიზეზი აღნიშნულისა არის ის რომ მეტეოროლოგიური სადგური მდებარეობს 224 m სიმაღლეზე სადაც წყალშემკრები შესაძლოა იქნეს აწეული 4500m-მდე. ასევე სადგურიდან მიღებული მონაცემები ვერ აღწერს მთლიან წყალშემკრების ტერიტორიას. მონაცემების მისაღებად, DEM -ზე ხელახალი მონაცემების აღება შესრულდა 43 ინტერვალით და მიენიჭა 100m სიმაღლე. შემდგომი ტერიტორიის ფართობი შესაბამისი სიმაღლით გამოითვლება ყოველ 100 m სიმაღლეზე (ცხრილი 2).



ცხრილი 5: ციფრული დახრილობის მოდელი და ჰიდრომეტრიული დონეები



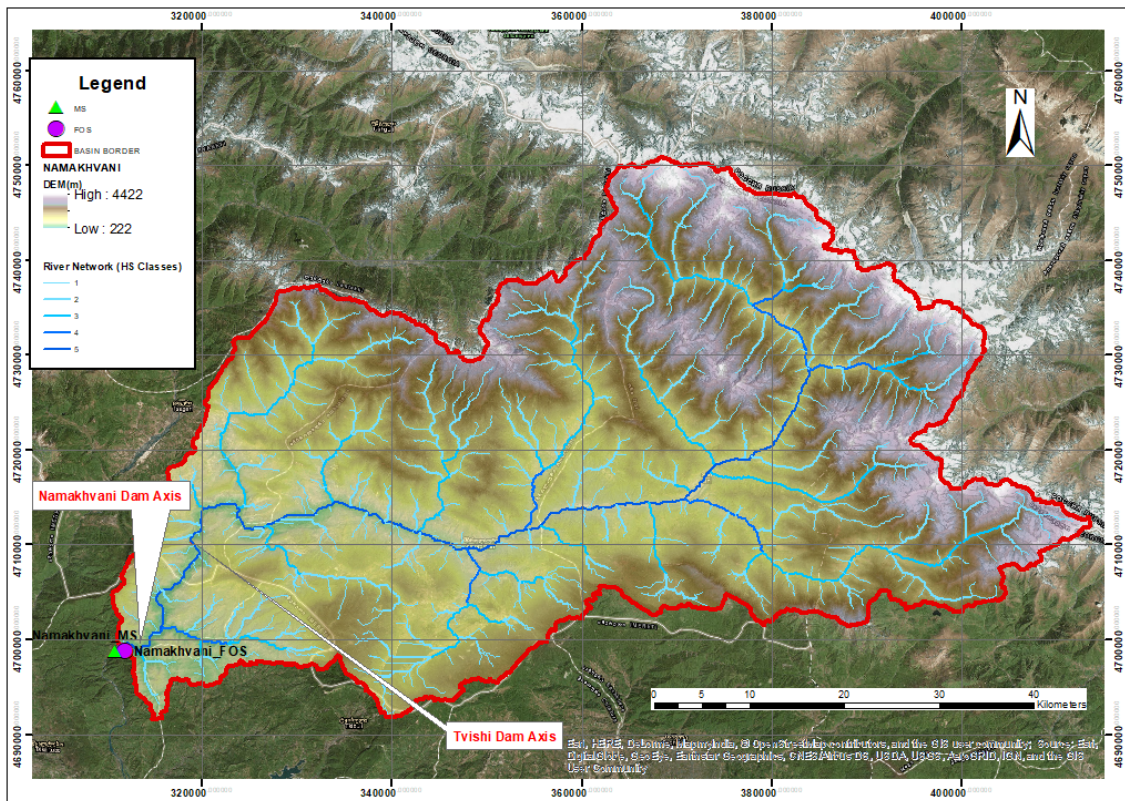
ცხრილი 2: ტერიტორიის სიმაღლის (100 m ინტერვალი) გადანაწილება

| ქვედა დახრ. (m) | ზედა დახრ. (m) | ტერიტ.  | ქვედა დახრ. (m) | ზედა დახრ. (m) | ტერიტ. |
|-----------------|----------------|---------|-----------------|----------------|--------|
| 200             | 300            | 3.617   |                 |                |        |
| 300             | 400            | 15.222  | 2400            | 2500           | 92.749 |
| 400             | 500            | 45.700  | 2500            | 2600           | 85.715 |
| 500             | 600            | 85.827  | 2600            | 2700           | 79.403 |
| 600             | 700            | 100.313 | 2700            | 2800           | 69.343 |
| 700             | 800            | 114.439 | 2800            | 2900           | 57.560 |
| 800             | 900            | 137.181 | 2900            | 3000           | 46.538 |
| 900             | 1000           | 153.775 | 3000            | 3100           | 36.298 |
| 1000            | 1100           | 164.653 | 3100            | 3200           | 28.715 |
| 1100            | 1200           | 210.232 | 3200            | 3300           | 23.121 |
| 1200            | 1300           | 184.733 | 3300            | 3400           | 18.239 |
| 1300            | 1400           | 172.261 | 3400            | 3500           | 13.128 |
| 1400            | 1500           | 172.075 | 3500            | 3600           | 9.338  |
| 1500            | 1600           | 175.663 | 3600            | 3700           | 6.560  |
| 1600            | 1700           | 181.389 | 3700            | 3800           | 5.139  |
| 1700            | 1800           | 180.006 | 3800            | 3900           | 3.822  |
| 1800            | 1900           | 157.092 | 3900            | 4000           | 2.184  |
| 1900            | 2000           | 142.769 | 4000            | 4100           | 1.151  |
| 2000            | 2100           | 124.745 | 4100            | 4200           | 0.712  |
| 2100            | 2200           | 114.342 | 4200            | 4300           | 0.356  |
| 2200            | 2300           | 106.212 | 4300            | 4400           | 0.150  |
| 2300            | 2400           | 98.696  | 4400            | 4500           | 0.009  |

### 3.2.2. ბუნებრივი დრენაჟის ქსელი

მდინარე რიონის ავზი მოიცავს დასავლეთ საქართველოს, მისი დიდი ნაწილი მდებარეობს კავკასიონის მთის სამხრეთ ფერდობზე. მდინარე ცხენისწყალი (დაახლ. 1500 km<sup>2</sup>) ჩაედინება ასევე მდინარე რიონში ნაწილობრივ, როცა შაორის აუზის (დაახლ. 124 km<sup>2</sup>) ნაკადი მცირდება. პროფილი მოცემულ წყალშემკრებებზე იცვლება 220 - 4500 m a.s.l., უფრო დაბალი დონე აღინიშნება ტ4 მდინარე რიონის ნაპირთან ახლოს და სამხრეთით, სოფ. ჟონეთთან ახლოს. ჩრდილოეთ ნაწილში მთავარი კავკასიონის ნაწილში, სადაც იმატებს მდინარე რიონის დონე, პროფილიც შესაბამისად იმატებს დაახლ. 4500 m a.s.l.-მდე [3].

მდინარის ქსელი ჩამოყალიბდა - Aster 30m DEM-ის გამოყენებით ფოტო ცხრილი 4-ზე აღნიშნული საფეხურების გავლით. ნაკადის დეფინიციისა და კალკულაციისთვის, იყო გამოყენებული ჰორტონ-შტრალერის მდინარის კლასიფიკაცია, იმ მდინარეებზე რომელთა წყალგამყოფი არის 2კმ<sup>2</sup>-ზე დიდი. მდინარის ჯამური სიგრძეა - 1857.21 კმ - 3425 კმ<sup>2</sup> ნამახვანის ავზი (ფოტო 6).



ფოტო 6: ნამახვანის აგზის დრენაჟის ქსელი

### 3.3. წყლის წერტილები

მოცემული თავი მოიცავს წყლის მთავარი წყაროს მახასიათებლებს ემპირიული კვლევის მეთოდით 48 დაკვირვების წერტილზე რომელშიც შედის: მდინარეები, ჭები და წყაროები (ცხრილი 3). დეტალური ინფორმაცია წარმოდგენილი იქნება შემდგომ თავში

**ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში**

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო

დონე I საპროექტო ფაზა

**ცხრილი 3. წყლის წერტილების მახასიათებლების ცხრილი**

| Date       | Point No | X_wgs  | Y_wgs   | X_ED50 | Y_ED50  | Elevation | Flow (l/s) | Formation              |
|------------|----------|--------|---------|--------|---------|-----------|------------|------------------------|
| 18.09.2018 | UP-1     | 317826 | 4710900 | 317832 | 317832  | 681       | -          | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-2     | 317261 | 470595  | 317265 | 4710771 | 764       | 0,10       | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-3     | 315665 | 470702  | 315670 | 4710878 | 1125      | -          | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-4     | 318991 | 4711280 | 318996 | 4711454 | 364       | 4,00       | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-5     | 319632 | 4711401 | 319640 | 4711577 | 354       | -          | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-6     | 319761 | 4711689 | 319767 | 4711868 | 373       | -          | Limestone              |
| 18.09.2018 | UP-7     | 318870 | 4710468 | 318883 | 4710644 | 510       | 0,00       | Limestone              |
| 19.09.2018 | TK-1     | 319039 | 4709510 | 319045 | 4709686 | 394       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-2     | 318981 | 4709588 | 318987 | 4709765 | 401       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-3     | 318480 | 4709495 | 318483 | 4709670 | 453       | 2,00       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-4     | 318253 | 4709295 | 318258 | 4709471 | 479       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-5     | 318233 | 4708971 | 318237 | 4709147 | 509       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-6     | 317642 | 4709472 | 317648 | 4709649 | 615       | 20,00      | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-7     | 317616 | 4709238 | 317621 | 4709414 | 618       | 5,00       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-8     | 318488 | 4709209 | 318495 | 4709272 | 496       | -          | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | TK-9     | 318865 | 4709055 | 318871 | 4709232 | 444       | 0,20       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-10    | 318887 | 4709078 | 318892 | 4709254 | 445       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-11    | 319057 | 4709136 | 391063 | 4709331 | 427       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | TK-12    | 319124 | 4709112 | 319129 | 4709288 | 434       | 0,10       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | UP-8     | 319767 | 4712524 | 319771 | 4712701 | 424       | 0,80       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | UP-9     | 319775 | 4713534 | 319781 | 4713710 | 372       | -          | Limestone              |
| 19.09.2018 | LP-0     | 319121 | 4709853 | 319126 | 4710028 | 360       | 7,00       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | LP-1     | 318804 | 4708328 | 318810 | 4708504 | 378       | 2,00       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | LP-2     | 318393 | 4708023 | 318399 | 4708199 | 406       | 1,50       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | LP-3     | 318058 | 4707616 | 318063 | 4707792 | 402       | 5,00       | Diluvium               |
| 19.09.2018 | LP-4     | 317764 | 4706939 | 317768 | 4707115 | 315       | 10,00      | Diluvium               |
| 19.09.2018 | LP-5     | 317042 | 4705848 | 317049 | 4706023 | 298       | 3,00       | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-6     | 315494 | 4705317 | 315499 | 4705493 | 343       | 7,00       | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-7     | 315318 | 4705224 | 315323 | 4705400 | 337       | 5,00       | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-8     | 314874 | 4704926 | 314879 | 4705102 | 336       | 12,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-9     | 314881 | 4704404 | 314886 | 4704580 | 304       | 20,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-10    | 315229 | 4703727 | 315235 | 4703903 | 282       | 12,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-11    | 315320 | 4703621 | 315325 | 4703797 | 277       | 10,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-12    | 315381 | 4703591 | 315387 | 4703762 | 272       | 5,00       | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-13    | 315798 | 4702803 | 315803 | 4702979 | 274       | 0,60       | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-14    | 315007 | 4700801 | 315011 | 4700977 | 266       | 50,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-15    | 314499 | 4700660 | 314505 | 4700837 | 268       | 10,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-16    | 314284 | 4699355 | 314288 | 4699530 | 259       | 15,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-17    | 311809 | 4699646 | 311815 | 4699822 | 249       | 20,00      | Volcano Sedimentary    |
| 19.09.2018 | LP-18    | 310877 | 4698940 | 310882 | 4699117 | 235       | 50,00      | Volcano Sedimentary    |
| 20.09.2018 | LP-19    | 319986 | 4708549 | 319992 | 4708726 | 384       | 12,00      | Dil. / Vol. Sed.       |
| 20.09.2018 | LP-20    | 319322 | 4707267 | 319328 | 4707464 | 695       | -          | Dil. / Vol. Sed. /lim. |
| 20.09.2018 | LP-21    | 319635 | 4706795 | 319639 | 4706971 | 688       | 0,50       | Clay                   |
| 20.09.2018 | LP-22    | 319596 | 4706839 | 319602 | 4707015 | 695       | -          | Dil. / Vol. Sed. /lim. |
| 20.09.2018 | LP-23    | 319696 | 4707390 | 319702 | 4707566 | 777       | -          | Dil. / Vol. Sed. /lim. |
| 20.09.2018 | LP-24    | 320026 | 4707516 | 320032 | 4707693 | 715       | 0,80       | Diluvium               |
| 20.09.2018 | LP-25    | 315895 | 4702193 | 315901 | 4702370 | 299       | 0,10       | Diluvium               |
| 20.09.2018 | LP-26    | 315873 | 4701862 | 315878 | 4702038 | 290       | 0,00       | Dil. / Vol. Sed. /lim. |

### 3.3.1. წყარო

წერტილი ნომ.: UP-2

კოორდინატები (ED50): X: 317832, Y: 4710771 Z: 764

გეოლოგიური ფორმირება: კირქვა, ვარდნა: 65/55KB, 180/68B, 90/39GB (ფოტო)



ფოტო 10: ტიპური კირქვა

წყლის ნაკადი: 0,1 l/s (სექტემბერი)

დაკვირვებები: აღმოჩენილ იქნა უბე ძალიან დაბალი წყლის ნაკადით კარსტული ჩვენების ძიების დროს ზედა დახრილობაზე, ზემო ნამახვანში (ფოტო11). უბე განმარტებულია როგორც ზედაპირული ნაკადი ჩამოსული ზედა დინებიდან. დაკვირვებები დასრულდა კარსტული ჩვენების პოვნის გარეშე.



ფოტო 11: უბე ზედა დახრილობაზე, ზემო ნამახვანში

უბის მარცხენა მხარეს ჩამოყალიბდა ვიწრო მასშტაბის მეწყერული ზონა დილუვიუმით (ფოტო12). დეფექტის მხარეს დაქანებული ხეები და ბზარები გახლავთ ფაქტის აღმნიშვნელი.



ფოტო 12: ვიწრო მასშტაბის მეწყერული ზონა უბის მარცხენა მხარეს

*წერტილი ნომ.*

**: UP-5**

კოორდინატები: (ED50): X: 319640, Y: 4711577 Z: 354

გეოლოგიური ფორმირება: კირქვა, ვარდნა: 65/20KB (ფოტო)



ფოტო 13: ტიპური კირქვა

დაკვირვების მონაცემები: UP-5 იქნა შესწავლილი კირქვის კვლევის მიზნით მდინარე რიონზე. წერტილი მდებარეობს დაახლოებით 1,3 კმ ზემო ნამახვანის კაშხლის ღერძის ზედა დინებაზე. კირქვის გარდა ის მოიცავს მერგელის კირქვას და მერგელის ფენები აღნიშნავს მკაფიოდ დაფენილ სტრუქტურას(ფოტო14).



ფოტო 14: მკაფიოდ დაფენილი კირქვის საფარი მდინარე რიონის მარცხენა სანაპიროზე

**წერტილი ნომ: UP-6 (მეწყერი)**

კოორდინატები (ED50): X: 319767, Y: 4711868 Z: 373

გეოლოგიური ფორმირება: კირქვა

დაკვირვების მონაცემები: მასიური კირქვა იქნა აღმოჩენილი მდინარე რიონის მარცხენა და მარჯვენა სანაპიროზე კარსტული ჩვენების გარეშე (ფოტო15).



ფოტო 15: ზედაპირული ნაკადების შედეგად განვითარებული მეწყერი

მდინარე რიონის მარცხენა სანაპიროზე კირქვის ფორმირების გარდა აღმოჩენილ იქნა ორი მეწყერული ზონა. მეწყერული ფორმირება აღნიშნავს ზედაპირულ ნაკადებს (ფოტო 15).



ფოტო 16: მცირე მეწყერული ზონა მდინარე რიონის მარცხენა სანაპიროზე

**წერტილი ნომ.: UP-7**

კოორდინატები (ED50): X: 318883, Y: 4710644 Z: 510

გეოლოგიური ფორმირება: კირქვა

წყლის ნაკადი: 0, 0 l/s (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: უბე იქნა აღმოჩენილი მდინარე რიონის მარჯვენა სანაპიროზე კაშხლის ღერძის სიახლოვეს. უბის კვება ხდება ადგილობრივი ზონიდან წამოსული წყლით (ფოტო 17). რადგან ზემო ნამახვანზე კირქვა შეუღწევადია, წყლის წყარო ჩამოდის ნაპრალიდან, და არარის ღრმა ცირკულაცია.





**ფოტო 17: ადგილობრივი ნაპრაღის ზონა კაშხლის ღერძთან ახლოს**

უბის დახასიათება გახლავთ შემდეგნაირი, ის არის ზედაპირული ნაკადი და მისი კვება ხდება ზედა დახრილობიდან (ფოტო 18).

ქვაბულის არსებობა (ქვაბული-1, ქვაბული-2 და ქვაბული-3) დადასტურებულია წერტილზე UP-7. დეტალური ინფორმაცია არის ანგარიშში ნომ. 340-GEO-R-SP-002-A. ქვაბულები განვითარდა მარჯვენა ნაპირის შიგნით მცირე შესასვლელით. ამ კუთხით ქვაბულებში კირქვაზე ზედაპირული კვლევის შესრულება იყო რთული. ზედა დინებიდან ჩამომავალი წყლის მიერ მოხდა ფორმირება აღნიშნული ქვაბულის ადგილობრივი ზონის ნაპრაღების დახმარებით.

**ფოტო 18: დაკვირვებები უბეზე კაშხლის ღერძთან ახლოს რომლის კვებაც ხდება ადგილობრივი ნაპრაღიდან ზონიდან**

**წერტილი ნომ.: TK-7**

კოორდინატები (ED50): X: 317621, Y: 47094142 Z: 618

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 5 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 19: წყარო რომელიც კვეთს სოფელს**

დაკვირვებების მონაცემები: წყარო იქნა აღმოჩენილი სოფ. ტვიშისკენ უკან მიმავალ გზაზე, წყალშემკრების ტერიტორიაზე. წყლის წყარო არარის იგივე, ანუ ტვიშის წყალშემკრები

**წერტილი ნომ.: TK-8 (ნაშალი)**

კოორდინატები (ED50): X: 318495, Y: 4709272 Z: 496

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური



ფოტო 20: მონაკვეთი სოფელი ტვიშის გზიდან გახლავთ ზედაპირული ვულკანურ სედიმენტური ქანი

დაკვირვებების მონაცემები: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება იქნა აღმოჩენილი ზედა დახრილობაზე სოფ. ტვიშში.

**წერტილი ნომ: UP-9 (ანტიკლინარული - ციკლინი)**

კოორდინატები (ED50): X: 319781, Y: 4713710 Z: 372

გეოლოგიური ფორმირება: კირქვა



ფოტო 21: არსებული გზიდან გადაღებული ფოტო აღნიშნავს მონაკვეთს ანტიკლინისა და ციკლინის სერიიდან

---

**ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში**

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო  
დონე I საპროექტო ფაზა

---

დაკვირვების მონაცემები: ანტკლინი და ციკლინი გახლავთ პროდუქტი კომპრესიული ტექტონიკის. კომპრესიის ქვეშ არსებული ფენები იწვევენ შემცირებას ძირითადი და მეორეული ფორმების.

**წერტილი ნომ.: LP-0**

კოორდინატები (ED50): X: 319126, Y: 4710028 Z: 360

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 7 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 22: უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის ბოლოს

**წერტილი ნომ.: LP-1**

კოორდინატები (ED50): X: 318810, Y: 4708504 Z: 378

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 2 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 23: LP-1 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-2**

კოორდინატები (ED50): X: 318399, Y: 4708199 Z: 406

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 1,5 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 24: LP-2 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-3**

კოორდინატები (ED50): X: 318063, Y: 4707792 Z: 402

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 5 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 25: LP-3 ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-4**

კოორდინატები (ED50): X: 317768, Y: 4707115 Z: 315

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 10 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 26: LP-4 უბე ქვემო ნამახვანის ტერიტორიის რეზერვუარის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-5**

კოორდინატები (ED50): X: 317049, Y: 4706023 Z: 298

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 3 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 27:** LP-5 უბე ქვემო რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-6**

კოორდინატები (ED50): X: 315499, Y: 4705493 Z: 343

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 7.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 28: LP-6 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა მხარეს

**წერტილი ნომ.: LP-7**

კოორდინატები (ED50): X: 315323, Y: 4705400 Z: 337

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ-სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 5.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 29: LP-7 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-8**

კოორდინატები (ED50): X: 314879, Y: 4705102 Z: 336

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 12.0 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 30:** LP-8 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-9**

კოორდინატები (ED50): X: 314886, Y: 4704580 Z: 304

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 20.0 l/s (სექტემბერი)





ფოტო 31: LP-9 ქვემო ნამახვანი რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

*წერტილი ნომ.: LP-10*

კოორდინატები (ED50): X: 315235, Y: 4703903 Z: 282

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 12.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 32: LP-10 ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

*წერტილი ნომ.: LP-11*

კოორდინატები (ED50): X: 315325, Y: 4703797 Z: 277

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება  
წყლის ნაკადი: 10.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 33: LP-11 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-12**

კოორდინატები (ED50): X: 315387, Y: 4703762 Z: 272

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ-სედიმენტური ფორმირება  
წყლის ნაკადი: 5.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 34: LP-12 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირზე

**წერტილი ნომ.: LP-13**

კოორდინატები (ED50): X: 315803, Y: 4702979 Z: 274

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 0.6 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 35:** LP-13 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარჯვენა ნაპირი

**წერტილი ნომ.: LP-14**

კოორდინატები (ED50): X: 315011, Y: 4700977 Z: 266

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ-სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 50.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 36: LP-14 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე

**წერტილი ნომ.: LP-15**

კოორდინატები (ED50): X: 314505, Y: 4700837 Z: 268

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 10.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 37: LP-15 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე

**წერტილი ნომ.: LP-16**

კოორდინატები (ED50): X: 314288, Y: 4699530 Z: 259

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 15.0 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 38:** LP-16 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე

**წერტილი ნომ.: LP-17**

კოორდინატები (ED50): X: 311815, Y: 4699822 Z: 249

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 20.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 39: LP-17 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე

**წერტილი ნომ.: LP-18**

კოორდინატები (ED50): X: 310882, Y: 4699117 Z: 235

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 50.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 40: LP-18 უბე ქვემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიაზე

**წერტილი ნომ.: LP-19**

კოორდინატები (ED50): X: 319992, Y: 4708726 Z: 384

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი / ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 12.0 l/s (სექტემბერი)



**ფოტო 41: LP-19 სოფელი ორხევის გადამკვეთი უბე.**

დაკვირვების მონაცემები: ეს გახლავთ მთავარი წყარო რომელიც კვეთს სოფ. ორხევს. ასევე აღმოჩენილია რამდენიმე წყარო შემოგარენში

**წერტილი ნომ.: LP-20 (პანორამული)**

კოორდინატები (ED50): X: 319328, Y: 4707464 Z: 695

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი / კირქვა / ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება



ფოტო 42: LP-20 პანორამული ხედი ზემო ნამახვანის კაშხლის ქვედა ნაპირზე

*წერტილი ნომ.: LP-22 (პანორამული)*

კოორდინატები (ED50): X: 319602, Y: 4707015 Z: 695

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი / კირქვა / ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება



ფოტო 43: LP-22, ფოტო გადაღებული ზემო ნამახვანის კაშხლის ქვედა ნაპირიდან

დაკვირვების მონაცემები: დილუვიუმი, სოფ. ტვიშა და ორხევში კირქვის ქედების ქვემოთ არის და ძირითადად შედგენილია კირქვის ხრემის, რიყის ქვის და დიდი ზომის ლოდებისგან თიხის მატრიცაში.

*წერტილი ნომ.: LP-23 (პანორამული)*



---

**ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში**

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო  
დონე I საპროექტო ფაზა

---

კოორდინატები (ED50): X: 319702, Y: 4707566 Z: 777

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი / კირქვა / ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება



**ფოტო 44:** LP-23 უბე რომელიც კვეთს კირქვიან ქედს და ჩადის მდ. რიონისკენ

**წერტილი ნომ.: LP-26**

კოორდინატები (ED50): X: 315878, Y: 4702038Z: 290

გეოლოგიური ფორმირება: ვულკანურ სედიმენტური ფორმირება

წყლის ნაკადი: 0.0 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 45: LP-26 გამომწვარი უბე სოფ. ორხევის სამხრეთ ნაწილში

### 3.3.2. წყაროს წყალი და შადრევნები

*წერტილი ნომ.: TK-1*

კოორდინატები (ED50): X: 319045, Y: 4709686 Z: 394

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0,1 ლ/წმ-ზე ნაკლები (სექტემბერი) (ფოტო 46)

დაკვირვების მონაცემები: კვლევები შესრულდა დილუვიუმის მასალაზე და მის მახლობლად რათა აღმოგვეჩინა წყლის წყაროები. წყლის რესურსების უმეტესობა აღმოჩნდა ადგილობრივების ბაღში; გიდის დახმარებით. მათგან მიღებული ინფორმაციის მიხედვით წყაროდან წყალი ძირითადად აპრილში მოედინება. აღნიშნული ინფორმაცი ვრცელდება ყველა შადრევანზე მდებარე სოფ. ტვიში და მის მახლობლად.



ფოტო 46: პატარა შადრევანი სოფ. ტვიშიში

**წერტილი ნომ.: TK-2**

კოორდინატები (ED50): X: 319045, Y: 4709686 Z: 401

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0,1 ლ/წმ-ზე ნაკლები (სექტემბერი) (ფოტო 47)

დაკვირვების მონაცემები: შადრევანი იქნა აღმოჩენილი ერთი სოფლის სახლთან. აქვს დაბალი ნაკადი შემოდგომაზე, ხოლო ნაკადის ინტენსიურობა იზრდება გაზაფხულზე.



ფოტო 47: წყალი რომელიც გამოედინება სოფლის სახლის სარდაფში

წერტილი ნომ.: TK-3

კოორდინატები (ED50): X: 318483, Y: 4709670 Z: 453

გეოლოგიური ფორმაცია: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: დაახლოებით 2,0 ლ/წმ (სექტემბერი) (ფოტო 48)

დაკვირვების მონაცემები: დაუმუშავებელი წყლის წყალშემკრების ტერიტორია შექმნილი სოფლის მაცხოვრებლების მიერ



ფოტო 48: წყალშემკრების ტერიტორია შექმნილი სოფლის მაცხოვრებლების მიერ

წერტილი ნომ.: TK-4

კოორდინატები (ED50): X: 318258, Y: 4709471 Z: 479

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0, 1 ლ/წმ-ზე დაბალი (სექტემბერი) (ფოტო 49)

დაკვირვების მონაცემები: ობიექტზე ვიზიტის პერიოდში წყალი აღინიშნებოდა წყალშემკრებში.



ფოტო 49: წყარო მოქცეული ბეტონის ჭაში

**წერტილი ნომ.: TK-5**

კოორდინატები (ED50): X: 318237, Y: 4709147 Z: 509

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0, 1 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 50: წყარო რომელიც მდებარეობს ყურძნის ბაღში.

**წერტილი ნომ.: TK-6**

**ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში**

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო  
დონე I საპროექტო ფაზა

კოორდინატები (ED50): X: 317648, Y: 4709649 Z: 615

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 20 ლ/წმ-ზე ნაკლები (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: ტვიშის წყალშემკრების ტერიტორია ამარაგებს წყლით მთელს სოფელს



ფოტო 51: ჭარბი წყალი წყალშემკრების ტერიტორიაზე



ფოტო 52: საგაზაფხულო წყალშემკრები სოფ. ტვიშში

წერტილი ნომ.: TK-9

**ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში**

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო  
დონე I საპროექტო ფაზა

კოორდინატები (ED50): X: 318871, Y: 4709232 Z: 444

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0.2 ლ/წმ (სექტემბერი)



**ფოტო 53:** მეორე შადრევანი ეზოში

**წერტილი ნომ.: TK-10**

კოორდინატები (ED50): X: 318892, Y: 4709254 Z: 445

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0.1 l/s (სექტემბერი)



ფოტო 54: მეორე შადრევანი ეზოში

**წერტილი ნომ.: UP-8**

კოორდინატები (ED50): X: 319771, Y: 4712701 Z: 424

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0,8 ლ/წმ (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: წყალი გამოედინება დილუვიუმიდან





ფოტო 55: ორი შადრევანი ზემო ნამახვანის რეზერვუარის ტერიტორიის მარცხენა ნაპირზე

წერტილი ნომ.: LP-21

კოორდინატები (ED50): X: 319639, Y: 4706971 Z: 688

გეოლოგიური ფორმირება: თიხა

წყლის ნაკადი: 0,5 ლ/წმ (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: წყალი გამოედინება დილუვიუმიდან



ფოტო 56: აღმოჩენილია ორი შადრევანი სოფ. ორხევის ზედა ნაწილში



**წერტილი ნომ.: LP-24**

კოორდინატები (ED50): X: 320032, Y: 4707693 Z: 715

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0,8 ლ/წმ (სექტემბერი)



ფოტო 24: სხვა შადრევანი სოფ. ორბეში

**წერტილი ნომ.: LP-25**

კოორდინატები (ED50): X: 315901, Y: 4702370 Z: 299

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0,1 ლ/წმ (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: წყალი რომელიც გამოედინება დილუვიუმიდან



ფოტო 58: შადრევანი რომელიც მდებარეობს მოუკირწყლავ გზასთან ახლოს, სოფ. ორხევიში

### 3.3.3. წყლის ჭები

**წერტილი ნომ.: TK-11**

კოორდინატები (ED50): X: 391063, Y: 4709331 Z: 427

გეოლოგიური ფორმირება: დილუვიუმი

წყლის ნაკადი: 0.1 ლ/წმ (სექტემბერი)

დაკვირვების მონაცემები: წყლის დონე აღწევს 5 მეტრს ზედაპირიდან. ჭის მესაკუთრის ინფორმაციაზე დაყრდნობით, წყლის დონე იცვლება სეზონების მიხედვით. მაგალითად გაზაფხულზე წყლის დონე იზრდება ზედაპირიდან 3მ-მდე, ხოლო სიღრმე გახლავთ 9 მეტრი.



Photo 59: ჭა ეზოში, 427.00 m.

წერტილი: TK-12

კოორდინატები (ED50): X: 319129, Y: 4709288 Z: 434

გეოლოგიური ფორმულირება: დილივიუმი

წყლის დინება: 0.1 ლ/წ (სექტემბერი)

დაკვირვება: წყლის დონე იყო ზედაპირიდან 10მ. გაზაფხულზე წყლის დონე იწევს 4 მ-მდე ზედაპირიდან. ჯამური სიღრმე 12 მ..



Photo 60: Water-Well in garden at elevation 434.00 m.

3.3.4. ჩანჩქერი

**Point no: UP-4**

კოორდინატები (ED50): X: 318996, Y: 4711454 Z: 364

გეოლოგიური ფორმულირება: კირქვა, dip - dip strike: 60/14GD



**ფოტო 61: Dip / Dip strike ნიმუშები აღებულია კირქვისგან**

წყლის დინება: 4 ლ/წ (სექტემბერი)

დაკვირვებები: წყალსაცავის მარჯვენა სანაპიროზე, არის ჩანჩქერი წყლის დაბალი დინებით (სურათი 62). UP-4 ჩანჩქერი განისაზღვრება, როგორც ზედაპირის ნაკადი და მისი წყარო მოდის ზედა სიმაღლეებიდან. დაკვირვებები დასრულდა კარსტებზე მტკიცებულებების აღმოჩენის გარეშე.

**3.4. კლიმატური და ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემები**

რეგიონს არ გააჩნია სათანადო, განსაკუთრებით კი ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში უწყვეტი გაზომვების განსახორციელებელი სადამკვირვებლო პუნქტები / სადგურები. ამ ტიპის მოდელებში არ მოთხოვება საათობრივი / ქვესათობრივი / ყოველდღიური მონაცემების მოპოვება, რადგან წყლის საერთო მოცულობის კონსერვაცია უფრო უცარი ნაღვეების გაჩენისას არის მნიშვნელოვანი, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს წყალდიდობები. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, წყლის ბალანსის მოდელის ძირითადი დანიშნულება საერთო (დაფიქსირებული ან მოდელირებული) მოცულობის შენარჩუნებაა და არა მაქსიმალური ჩამონადენის მოცულობების შესაბამება.

ზემოთ მითითებული მიზეზის გამო, ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურებიდან აუცილებელია ყოველთვიური დაკვირვებების განხორციელება მნიშვნელოვანი ჰიდროლოგიური მოდელის გამოსავლენად. მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, აუზში ან მის უშუალო სიახლოვეში ნაღვეების და ტემპერატურის ყოველთვიური გაზომვა საკმარისად არ ხორციელდება. ნაღვეების და ტემპერატურის უწყვეტი მნიშვნელობების მოსაპოვებლად გამოყენებული იქნა სამტრედიის მეტეოროლოგიური სადგური ამერიკის ოკეანური და ატმოსფერული ნაციონალური, სამთავრობო კვლევითი ცენტრის (NOAA) მონაცემთა ბაზიდან აღებული ყოველთვიური გაზომვების დასამუშავებლად [7]. ეს სადგური მონაცემებს იძიებს ზღვის დონიდან 26 მეტრის სიმაღლეზე, რაც უზრუნველყოფს ნაღვეების 57-წლიან უწყვეტ მონაცემებს 1936 წლიდან 1992 წლის ბოლომდე პერიოდისთვის. ხსენებული გაზომვები ადაპტირებული იქნა ნამახვანის მეტეოროლოგიურ სადგურისთვის საშუალო თვიური ტემპერატურის და ნაღვეების სიდიდეების კორელაციის მიზნით, რომლებიც აღებული იქნა WorldClim-ის მონაცემთა კრებულიდან [8]. აღნიშნული მონაცემთა კრებული, რომელიც მოიცავს 1970 წლიდან 2000 წლამდე პერიოდს, წარმოგვიდგენს მონაცემთა კრებულს ბადისებრი ფორმით (მაქს, მინ, საშ. ტემპერატურა, ნაღვეები, მზის რადიაცია, ქარის სიჩქარე და ორთქლის წნევა), დაწყებული დაბალი გარჩევადობიდან - 340კმ<sup>2</sup>-დან დამთავრებული მაღალი გარჩევადობით - 1კმ<sup>2</sup>. დაკვირვებადი ყოველთვიური ჩამონადენის და აორთქლების მონაცემები აღებული იქნა წინარე ჰიდროლოგიური კვლევებიდან.

**3.4.1. ნაღვეები**

WorldClim-დან აღებული საშუალო თვიური ნაღვეების სიდიდეები მოცემულია ცხრილ 4-ში. ნაღვეების წლიური მნიშვნელობა ნამახვანისთვის ძალიან ახლოსაა წინა კვლევასთან. წინა ჰიდროლოგიურ ანგარიშში [3] საკვლევ ტერიტორიაზე ჩამოსული ნაღვეების (წლიური საშუალო მნიშვნელობა 1954-1968 წლებისთვის) წლიური ჯამური სიდიდე 1695 მმ-ია.

**ცხრილი 4: ნაღვეების საშუალო ყოველთვიური რაოდენობები (მმ)**

| თვეები (1970-2000) | სამტრედია PPT (მმ) | ნამახვანი PPT (მმ) |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| იანვარი            | 152                | 153                |
| თებერვალი          | 137                | 133                |
| მარტი              | 110                | 116                |
| აპრილი             | 97                 | 120                |
| მაისი              | 81                 | 102                |
| ივნისი             | 134                | 138                |
| ივლისი             | 111                | 123                |
| აგვისტო            | 118                | 126                |
| სექტემბერი         | 133                | 123                |
| ოქტომბერი          | 154                | 151                |
| ნოემბერი           | 158                | 156                |

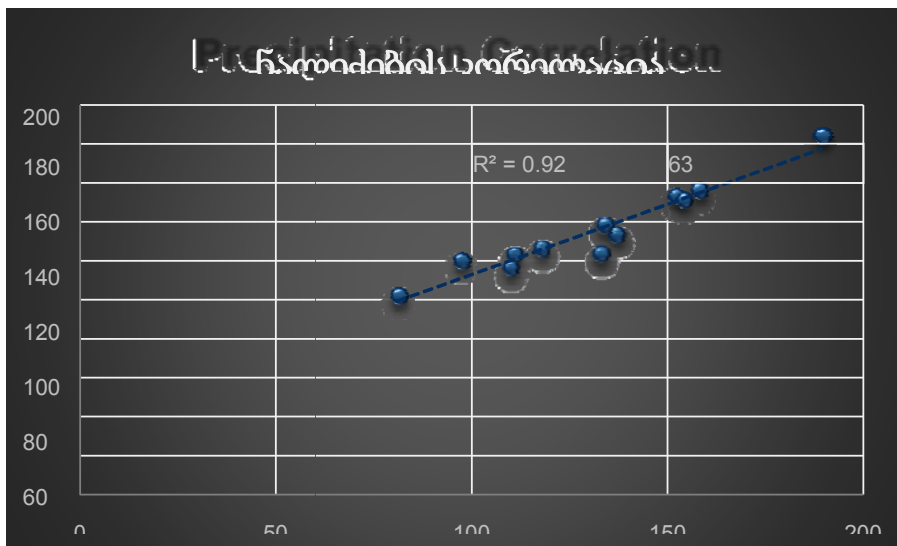
### ჰიდროგეოლოგიური ანგარიში

ნამახვანის ჰესების კასკადის პროექტი | ქუთაისი, საქართველო

დონე I საპროექტო ფაზა

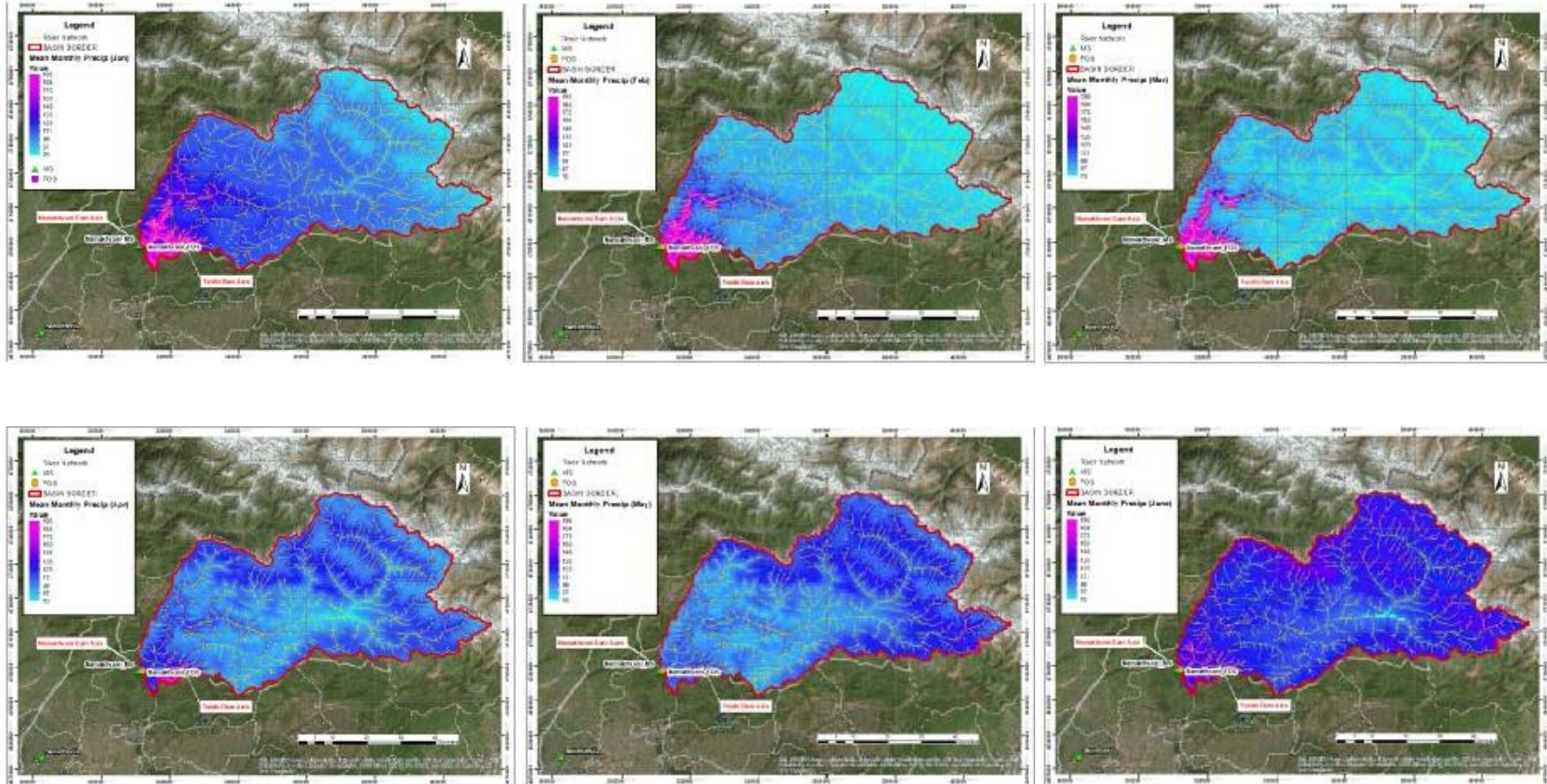
|                         |      |      |
|-------------------------|------|------|
| დეკემბერი               | 189  | 184  |
| წლიური (საშუალო მნიშვ.) | 1574 | 1625 |

ცხრილი 7-დან ჩანს, რომ აშკარა უშუალო კავშირი სამტრედიისა და ნამახვანის სადგურებს შორის ნალექების თვალსაზრისით. აღნიშნული კავშირი გამოყენებული იქნა ნამახვანის ნალექების ყოველთვიური მონაცემების კრებულის შესაქმნელად, NOAA სამტრედიის ყოველთვიური ნალექების რაოდენობების გამოყენებით, 1960-1992 წლების პერიოდისთვის.



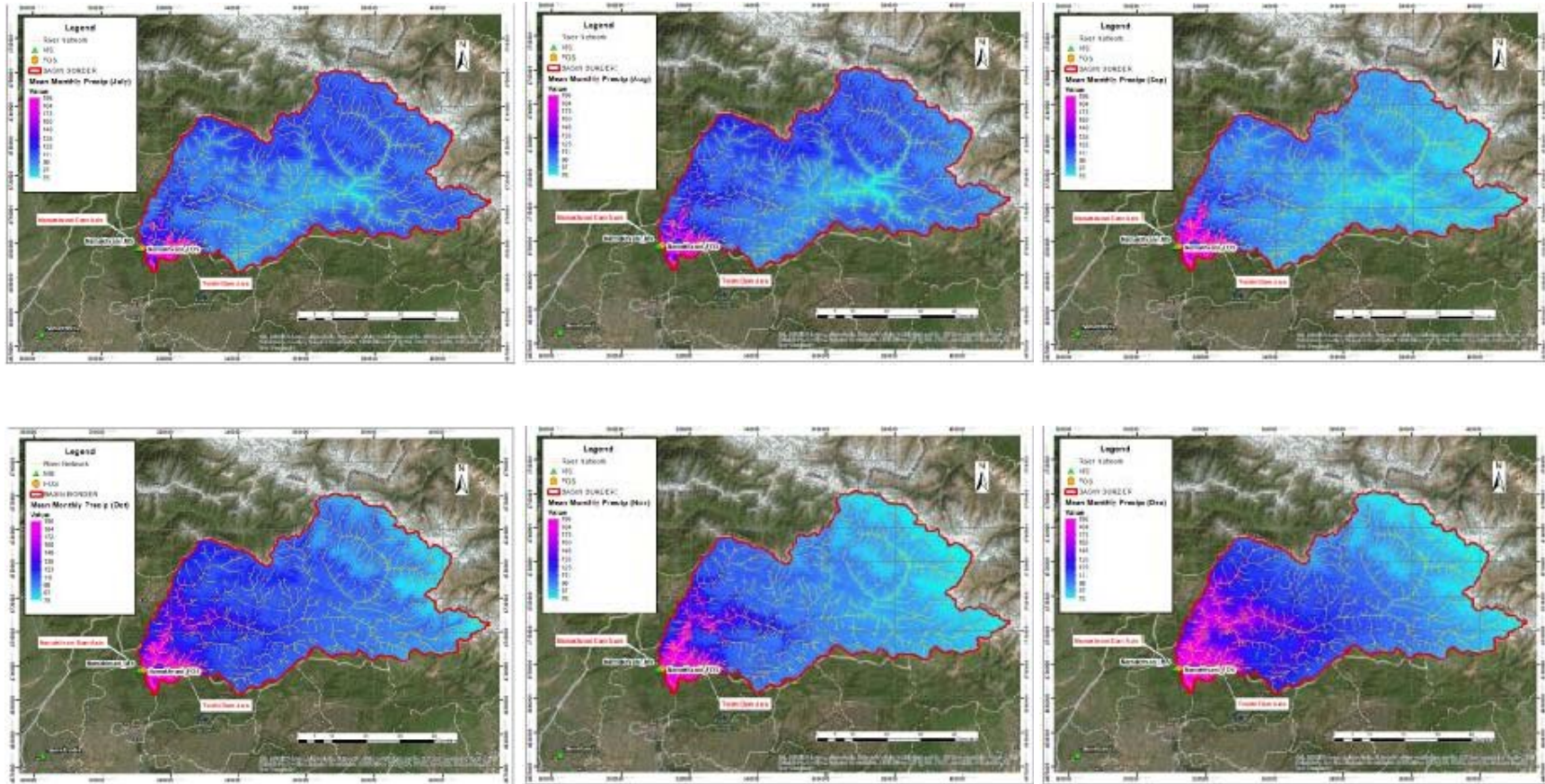
სურათი 7: ნალექების კორელაცია სამტრედიის და ნამახვანის სადგურებს შორის

შემდეგი სურათი დეტალურად ასახავს ნალექების საშუალო ყოველთვიურ განაწილებას. ჩანს, რომ წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიაზე ნალექების მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა დეკემბერში, ხოლო მინიმალური - მაისში (სურათი 8 და სურათი 9).



სურათი 8: ნალექის (მმ) განაწილება აუზში (იანვარი - ივნისი)





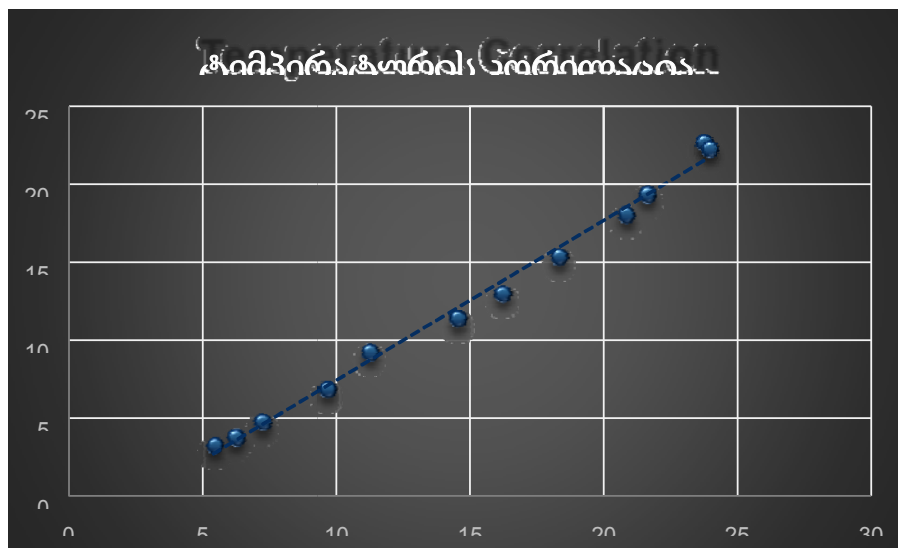
სურათი 9: ნალექის (მმ) განაწილება აუზში (ივლისი - აგვისტო)

### 3.4.2. ტემპერატურა

ტემპერატურის მონაცემთა კრებული შეიქმნა ნალექების მონაცემების მსგავსად (ცხრილი 5). გამოყენებული იქნა იგივე მეტეოროლოგიური სადგურები და ანალოგიური მიდგომები. მოხდა სადგურების ყოველთვიური საშუალო მნიშვნელობების კორელაცია. ტემპერატურის მონაცემებისთვის, ამ ორ სადგურს შორის ასევე არსებობს ძლიერი ხაზოვანი კავშირი. შესაბამისად, განხორციელდა მონაცემთა ტრანსპოზიცია ამ სადგურებს შორის (სურათი 10).

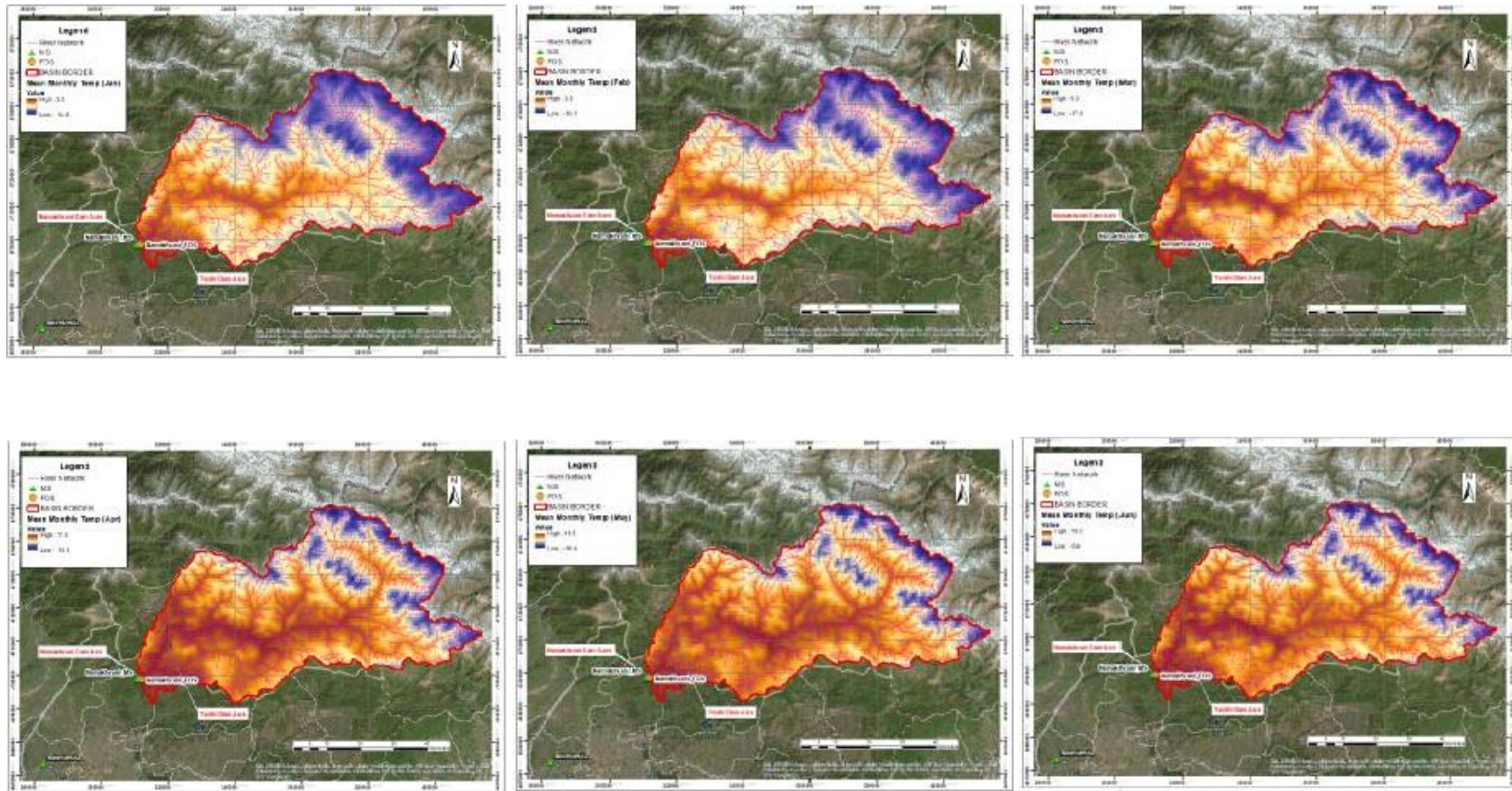
ცხრილი 5: ტემპერატურის საშუალო ყოველთვიური მნიშვნელობები (°C)

| თვეები (1970-2000)         | სამტრედია (°C) | ნამახვანი (°C) |
|----------------------------|----------------|----------------|
| იანვარი                    | 5.4            | 3.2            |
| თებერვალი                  | 6.2            | 3.7            |
| მარტი                      | 9.6            | 6.8            |
| აპრილი                     | 14.5           | 11.3           |
| მაისი                      | 18.3           | 15.3           |
| ივნისი                     | 21.6           | 19.3           |
| ივლისი                     | 23.7           | 22.6           |
| აგვისტო                    | 23.9           | 22.2           |
| სექტემბერი                 | 20.8           | 18             |
| ოქტომბერი                  | 16.2           | 12.9           |
| ნოემბერი                   | 11.2           | 9.2            |
| დეკემბერი                  | 7.2            | 4.7            |
| წლიური საშუალო მნიშვნელობა | 14.9           | 12.4           |

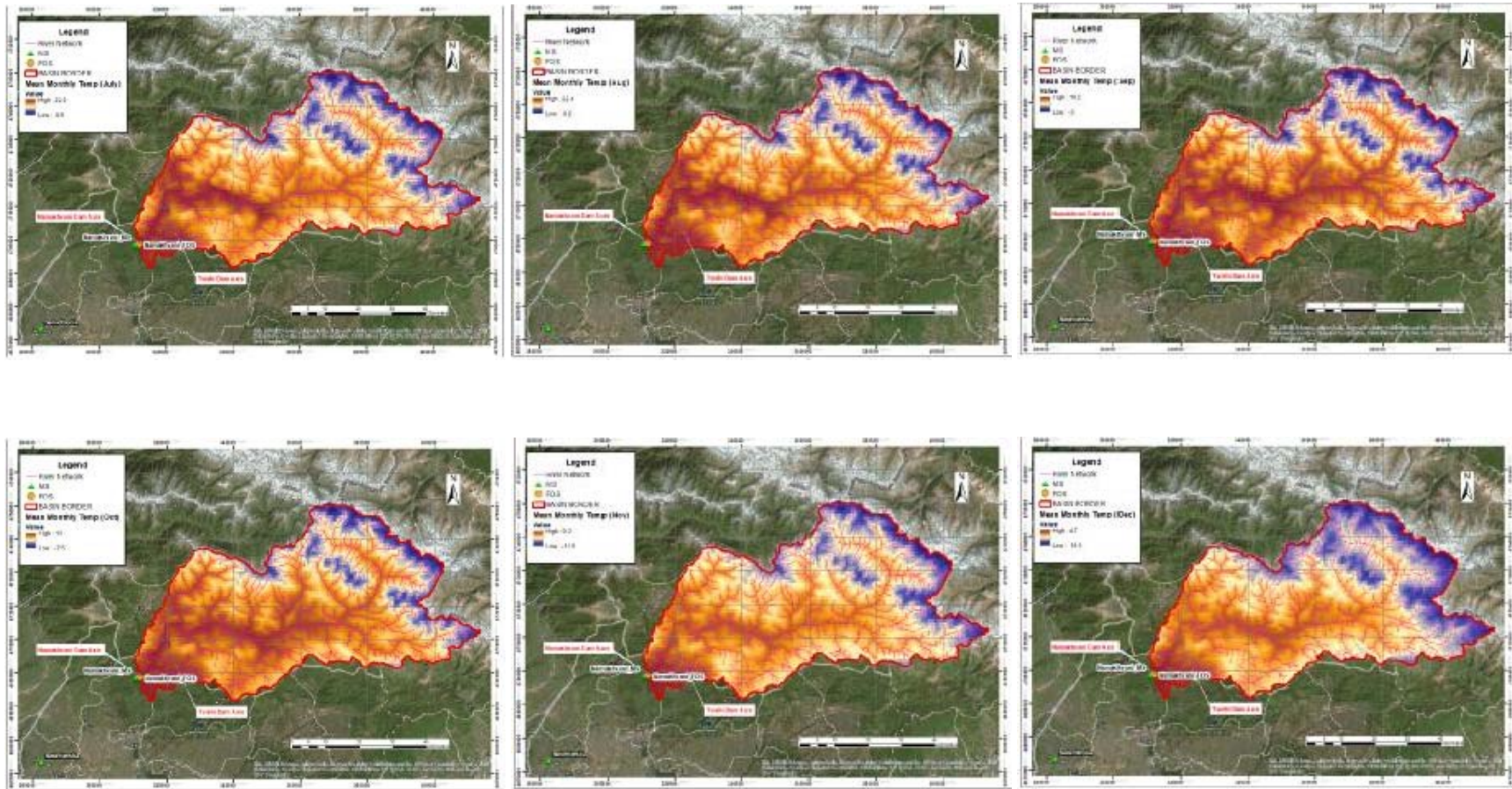


სურათი 10: ტემპერატურის კორელაცია სამტრედიის და ნამახვანის სადგურებს შორის

შემდეგი სურათი დეტალურად ასახავს ტემპერატურის საშუალო ყოველთვიურ განაწილებას. ჩანს, რომ წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიაზე ტემპერატურის მაქსიმალური საშუალო მნიშვნელობები ფიქსირდება ივლისში და აგვისტოში, ხოლო მინიმალური - იანვარში და თებერვალში (სურათი 11 და სურათი 12).



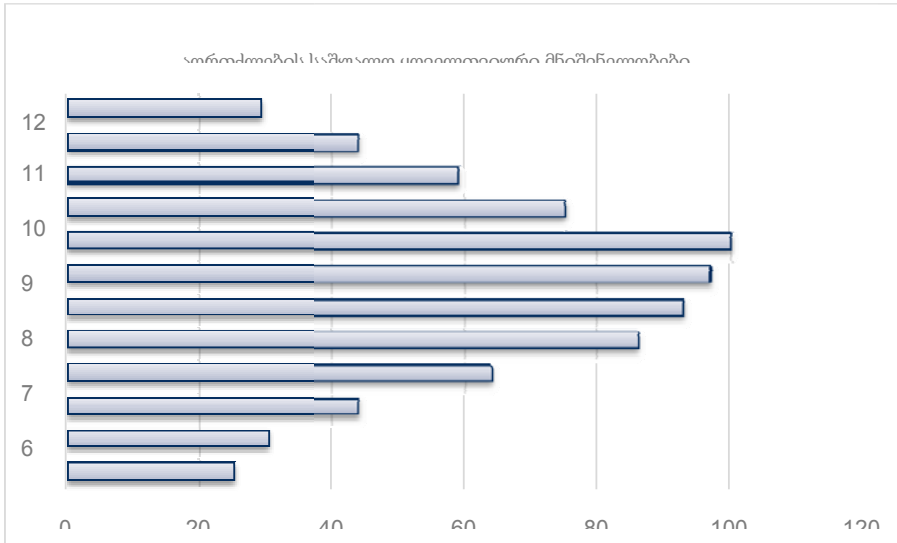
სურათი 11: ტემპერატურის (°C) განაწილება აუზში (ივნისი - ივლისი)



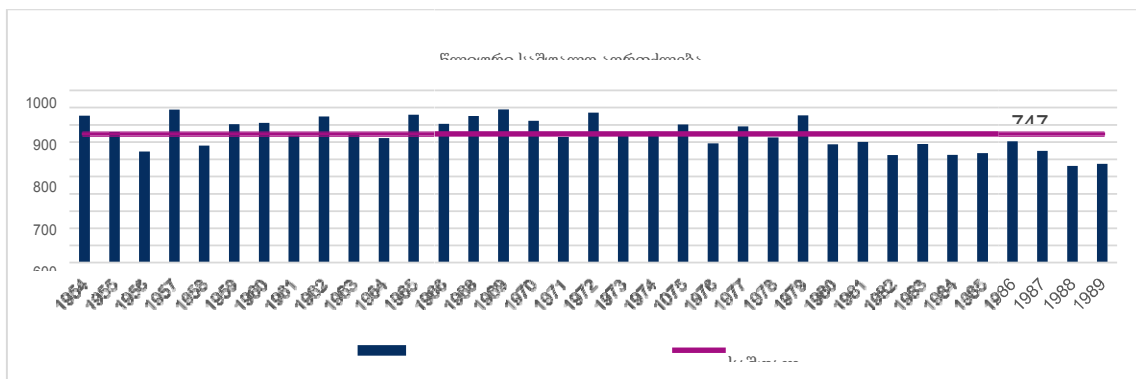
სურათი 12: ტემპერატურის (°C) განაწილება აუზში (ივლისი - დეკემბერი)

3.4.3. აორთქლება

აორთქლების მონაცემები პირდაპირ იქნა აღებული ჰიდროლოგიური კვლევის წინა ანგარიშებიდან. საკვლევ არეალში საშუალო ტემპერატურაა 13.8°C. ნამხვანის სადგურის მიერ 1954–1989 წლებში განხორციელებული აორთქლების გაზომვების მიხედვით, აორთქლების საშუალო მნიშვნელობა 746 მმ-ია. აორთქლების მნიშვნელობები მერყეობს 562-დან 888 მმ-მდე [3] (სურათი 14).



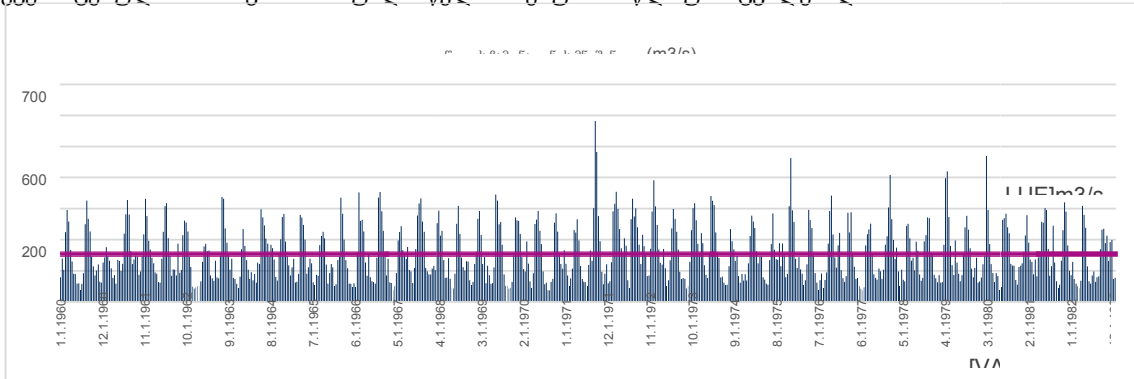
სურათი 13: აორთქლების საშუალო ყოველთვიური მნიშვნელობები (მმ)



სურათი 14: აორთქლების წლიური კუმულაციური მნიშვნელობები (მმ)

3.4.4. წყლის ჩამონადენი

ჩამონადენის მონაცემები ანალოგიურად პირდაპირ იქნა აღებული ჰიდროლოგიური კვლევის [3] წინა ანგარიშებიდან. ნამახვანის სადგურის კორექტირებული მიმდინარე მონაცემები მოცემულია სურათ 15-ზე. მოცემული სურათის თანახმად,  $Q_{avg}$  გამონაგარიშებულია, როგორც 154 მ<sup>3</sup>/წმ. სურათ 15-ზე ასევე მოცემულია ნამახვანის საშუალო წყლის რესურსის წლიური ცვალებადობა.



სურათი 15: ნამახვანის ჩამონადენის კორექტირებული მნიშვნელობები (1938-2013)

3.5. ჰიდროლოგიური მოდელი - წყლის ხარჯვა

ტერმინ „მოდელს“ მრავალნაირი განმარტება აქვს. მარტივი და ფართოდ გამოყენებული განმარტებით, მოდელი წარმოადგენს რეალური რთული სისტემის გამოხატულებას და განსაზღვრავს სისტემას, როგორც რიცხვობრივ, ფიზიკურ და კონცეპტუალურ შემთხვევებს. მოდელის გამარტივებას თან სდევს გარკვეული ვარაუდები. მნიშვნელოვანია, რომ მოდელი სათანადოდ წარმოადგენდეს რეალურ სისტემას.



სურათი 16: რეალური სისტემა და ჰიდროლოგიური მოდელირების კონცეფციები

წინამდებარე ანგარიშის ფარგლებში, მოდელის ცნება განხილული იქნა ორი ისეთი ძირითადი მოვლენის ჭრილში, როგორიცაა კონცეპტუალური და რიცხვობრივი მოდელირება. სახელდობრ, რიცხვობრივი მოდელირების კვლევა განხორციელდა მოცემული თავის ფარგლებში, ჰიდროლოგიური თვალსაზრისით.

ჰიდროლოგიური მოდელირების დანიშნულება შესაძლოა იმგვარად აღიწეროს, როგორც ეს ქვემოთაა მოყვანილი.

- კვლევა: წყალშეკრების, სისტემის ჰიდროლოგიური / ჰიდროგეოლოგიური მდგომარეობის ფუნქციონირების გაგება

- სცენარის ანალიზი და გადაწყვეტილების მიღება: წყლის რესურსების მდგრადი მართვის მხარდაჭერა
- პროგნოზი და სიფრთხილის ზომები: წყლის იმგვარი სტიქიების პრევენცია და გამაფრთხილებელი ზომების მიღება, როგორცაა წყალდიდობა, გვალვა...

მოცემულ თავში, წყალშეკრების არეალის ჰიდროლოგიური ქცევა განხილულია ნალექი - შევსების / აორთქლების თანაფარდობის, ხმელეთზედა ნაკადების, ნაკადების შერწყმის, ძირითადი ნაკადების განცალკევების, მათი პროპორციების და ა.შ. განსაზღვრის თვალსაზრისით.

არსებობს ჰიდროლოგიური მოდელირების მიდგომის სამი ძირითადი ტიპი.

- წერტილოვანი მოდელები
- ნახევრად განაწილებული მოდელები
- სრულად განაწილებული მოდელები

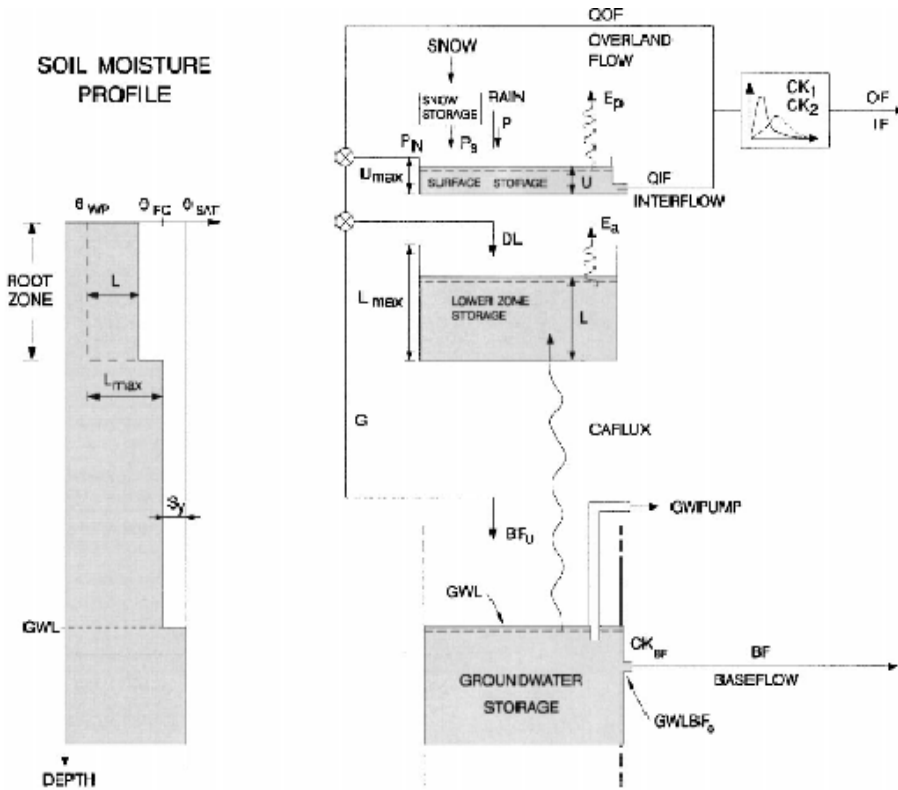
ყველა ჩამოთვლილ მოდელს მუშაობის იდენტური პრინციპები აქვს ძირითად ეტაპზე. ყველა მათგანი ცდილობს წყალშეკრების ფაქტიური სიტუაციის მოდელირებულ სიტუაციასთან მიახლოებას. თუმცა, მიახლოების ტექნიკის მეთოდები შესაძლოა განსხვავდებოდეს კვლევის მოთხოვნებიდან გამომდინარე. მოცემულ კვლევაში, ნახევრად განაწილებული კონცენტრირებული მოდელი „Mike NAM RR“ წარმოადგენს ხელსაყრელ ვარიანტს საკვლევი არეალის ჰიდროლოგიური პირობების გამოსავლენად, წყალშეკრებასთან დაკავშირებული ხელმისაწვდომი მონაცემების გათვალისწინებით.

### 3.5.1. MIKE11-NAM - ჩამონადენის მოდელის სამუშაო პრონციპები

„MIKE NAM“ (ნედბორ ავსტრომინგისის მოდელი) თავდაპირველად შემუშავდა დანიის ტექნიკურ უნივერსიტეტთან არსებული ჰიდროდინამიკის და ჰიდრაულიკური ინჟინერიის ინსტიტუტში (ნილსენი და ჰანსენი, 1973), როგორც ატმოსფერული ნალექის - ჩამონადენის მოდელი. აღნიშნული მოდელი წარმოადგენს ნახევრად განაწილებულ ტიპს. ის აგრეთვე მიმართავს დეტერმინირებულ, კონცენტრირებულ და უწყვეტ მიდგომას.

მოდელის მუშა სისტემა შედგება ოთხი ძირითადი, უწყვეტი და ურთიერთდაკავშირებული რეზერვების შემდეგი დონეებისგან:

- i. თოვლის რეზერვი,
- ii. ზედაპირული რეზერვი,
- iii. ფესვების ზონის (ქვედა) რეზერვი და
- iv. მიწისქვეშა წყლების რეზერვის არეალები (სურათი 17).



სურათი 17: „NAM Model“-ის სტრუქტურა (პ. მადსენი, 2000) [9]

„NAM Model“-ის კალიბრაცია შედგება ცხრა ძირითადი პარამეტრისგან, რომლებიც წარმოადგენენ რეზერვის ზემოთ აღნიშნულ სხვადასხვა ზონებს. თუმცა, პარამეტრების რაოდენობა არ შემოიფარგლება ცხრით და კვლევის დანიშნულებიდან გამომდინარე, კალიბრაციის პროცესში შესაძლებელი დამატებითი პარამეტრების ჩართვა. განსაზღვრება და სიხშირის გამოყენებული მნიშვნელობები (ზღვრები) მოცემულია ცხრილ 6-ში.

ცხრილი 6: “NAM model“-ის პარამეტრის განსაზღვრებები (პ. მადსენი, 2000) [9]

| პარამეტრები    | განსაზღვრებები   | გამოყენებული სიხშირის მნიშვნელობის ინტერვალები |
|----------------|--|--|
| $U_{max}$ (mm) | წყლის მაქსიმალური შემცველობა ზედაპირულ რეზერვში. ეს რეზერვი არ შეიძლება აღქმული იქნას, როგორც ნალექების ხარჯზე დაგროვების რეზერვში, ზედაპირის ჩალრმავეების რეზერვებში და ნიადაგის ზედა რამდენიმე სანტიმეტრიან ფენაში შემავალი წყლის ოდენობა. | 5-35   |
| $L_{max}$ (mm) | წყლის მაქსიმალური შემცველობა ქვედა ზონის რეზერვში. $L_{max}$ შესაძლებელია განმარტებული იქნას, როგორც ვეგეტატიური ტრანსპირაციისთვის ხელმისაწვდომი ნიადაგის წყლის მაქსიმალური შემცველობა ფესვების ზონაში                                       | 50-350   |
| $C_{QOF}$ (-)  | ხმელეთზედა ნაკადების ჩემონადენის კოეფიციენტი. განსაზღვრავს ჭარბი ატმოსფერული ნალექების განაწილებას ხმელეთზედა ნაკადებში და ინფილტრაციას  | 0-1  |



|                       |   |          |
|-----------------------|---|----------|
| TOF (-)               | ხმელეთზედა ნაკადების ზღვრული მნიშვნელობა. ხმელეთზედა ნაკადები ფორმირდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვედა ზონის რეზერვის ფარდობითი ტენიანობა მეტია TOF-ზე   | 0-0.9    |
| TIF (-)               | შერწყმული ნაკადების ზღვრული მნიშვნელობა. შერწყმული ნაკადები ფორმირდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვედა ზონის რეზერვის ფარდობითი ტენიანობა მეტია TIF-ზე   | 0-0.9    |
| TG (-)                | შეესების ზღვრული მნიშვნელობა. მიწისქვეშა წყლების რეზერვის შევსება ხორციელდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვედა ზონის რეზერვის ფარდობითი ტენიანობა მეტია TG-ზე   | 0-0.9    |
| CK <sub>IF</sub> (h)  | დროის მუდმივა შერწყმული ნაკადებისთვის ზედაპირული რეზერვიდან. წარმოადგენს შერწყმული ნაკადების მარშრუტიზაციის დომინანტ პარამეტრს, რადგან CK <sub>IF</sub> >CK <sub>1,2</sub>  | 500-1000 |
| CK <sub>1,2</sub> (h) | დროის მუდმივა ხმელეთზედა ნაკადების და შერწყმული ნაკადების მარშრუტიზაციისთვის. ხმელეთზედა ნაკადების და შერწყმული ნაკადების მარშრუტიზაცია ხორციელდება იგივე დროის მუდმივას CK <sub>1,2</sub> მქონე სერიების ორი ხაზოვანი რეზერვუარის გავლით | 3-72     |
| CK <sub>BF</sub> (h)  | ძირითადი ნაკადის დროის მუდმივა. მიწისქვეშა წყლების რეზერვუარიდან ძირითადი ნაკადი ფორმირდება იგივე დროის მუდმივას CK <sub>BF</sub> მქონე ხაზოვანი რეზერვუარის მოდელის გამოყენებით  | 500-5000 |

მოცემულ კვლევაში კალიბრაციის გაანგარიშებებისთვის გამოიყენება ორი დამატებითი პარამეტრი, C<sub>qlow</sub> და C<sub>klow</sub> (სურათი 18). აღნიშნული პარამეტრები ეხება ქვედა ძირითად ნაკადებს (ქვედა რეზერვუარის შევსება) და დროის მუდმივას მათი მარშრუტიზაციისთვის, რათა მიწისქვეშა წყლების რეზერვუარის არეალში განვითარებული მოვლენები სრულად განისაზღვროს.

NAMAK

Overall Parameters

|   |      |                                   |
|---|------|-----------------------------------|
| Root zone threshold value for GW recharge | TG   | <input type="text" value="0.99"/> |
| Time constant for routing baseflow        | CKBF | <input type="text" value="3707"/> |

Extended Component

|   |        |   |
|---|--------|---|
| <input type="checkbox"/> Change ratio of GW-area to catchment area                    | Carea  | <input type="text" value="1"/>                    |
| <input type="checkbox"/> Change specific yield of groundwater reservoir               | Sy     | <input type="text" value="0.1"/>                  |
| <input type="checkbox"/> Threshold groundwater depth for baseflow                     | GWLBF0 | <input type="text" value="10"/>                   |
| <input type="checkbox"/> Seasonal variation of maximum depth                          |        | <input type="button" value="Edit Seasonal ..."/>  |
| <input type="checkbox"/> Capillary flux, depth for unit flux                          | GWLBF1 | <input type="text" value="0"/>                    |
| <input type="checkbox"/> Abstraction <input type="checkbox"/> Specified in timeseries |        | <input type="button" value="Edit Abstraction.."/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Lower baseflow, recharge to lower reservoir       | Cqlow  | <input type="text" value="100"/>                  |
| Time constant for routing lower baseflow  | Cklow  | <input type="text" value="24913"/>                |

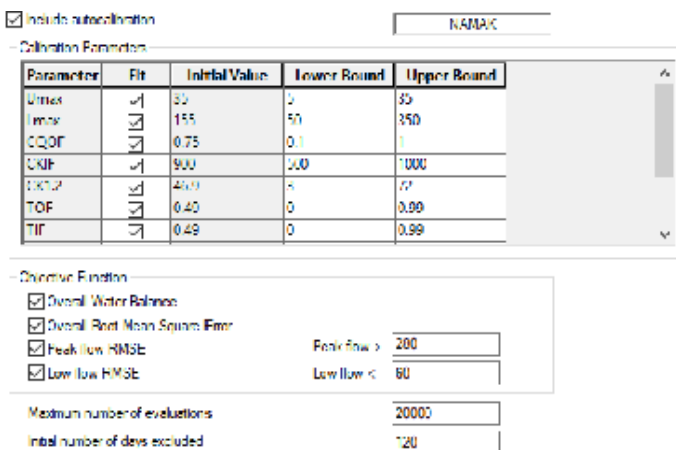
სურათი 18: მიწისქვეშა წყლების დამატებითი კომპონენტები

თოვლის დნობა და რეზერვაცია კიდევ ერთ მოვლენას წარმოადგენს მოდელის კალიბრაციისთვის. „NAM“ მოდელში წარმოდგენილია თოვლის დნობის ტაბი, მათ შორის, დღის კოეფიციენტის მუდმივი გრადუსი და საბაზო ტემპერატურა (თოვლის/ვეგემის გარდაქმნა). გარდა ამისა, ტემპერატურის და ნალექების კორექციისთვის აუცილებელია ფართობი-სიმაღლის დამოკიდებულების ჰიფსომეტრია (სურათი 19).



სურათი 19: თოვლის დნობის პარამეტრები

მოდელი ახდენს კალიბრაციის 4 სხვადასხვა მიზნის რიცხვობრივი მაჩვენებლების ეფექტურობის ოპტიმიზაციას: (1) წყლის საერთო ბალანსი, (2) ჰიდროგრაფის საერთო ფორმა, (3) მაქსიმალური ნაკადები და (4) მცირე ნაკადები. პრაქტიკულ აპლიკაციებში, კონკრეტული განხილვადი მოდელის აპლიკაციის მიზნების მიხედვით, მომხმარებელს შეუძლია შეარჩიოს ოთხი მიზნის ფუნქციის ნებისმიერი კომბინაცია (ჰ. მადსენი, 2000) [9]. ნამახვანის წყალშეკრების მოდელში, ავტომატური კალიბრაცია გამოყენებული იქნა ერთდროულად ოთხი მიზნის ფუნქციისთვის (სურათი 20). შემდეგ კი ხორციელდება მანუალური კალიბრაცია ზუსტი რეგულირებისთვის და განსაზღვრის კოეფიციენტის ზრდისთვის, რომელიც გვიჩვენებს დაკვირვებადი და მოდელირებული მნიშვნელობების მსგავსებებს.

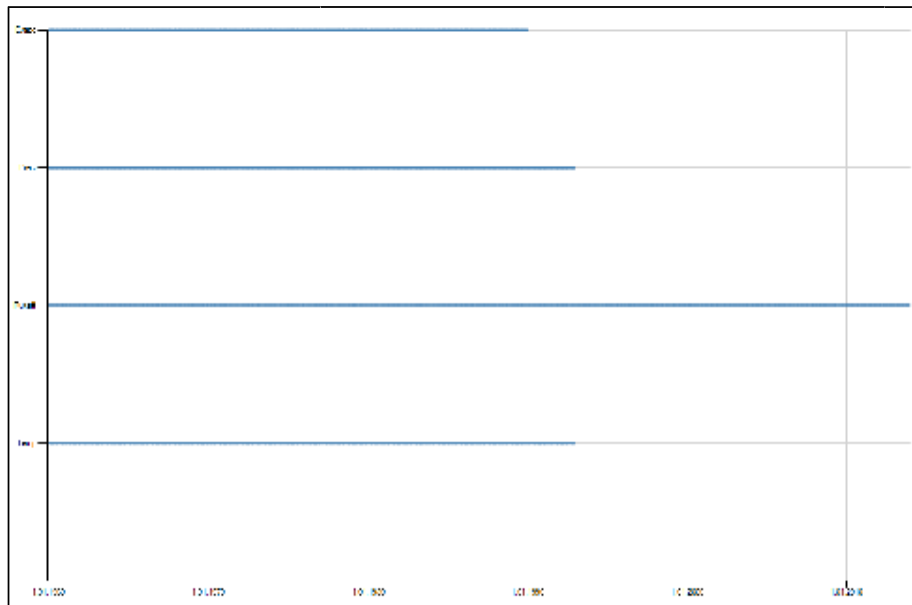


სურათი 20: მოდელის მიზნის ფუნქციები

ჰ. მადსენის (2000) სტატიის შესწავლა შესაძლებელია „MIKE NAM“-ის მოდელისა და ავტოკალიბრაციის მეშვეობით მიღებული დამატებითი ინფორმაციის, გათვლებისა და ფორმულების სანახავად.

3.5.2. მოდელის კალიბრაცია

ზუსტი კალიბრაციისთვის მოდელი ძირითადად საჭიროებს ნალექების, ტემპერატურის, აორთქლების და ჩამოდინების მნიშვნელობებს. კალიბრაციის ნაწილში მოდელის ჰიდრომეტეოროლოგიური საჭიროებების უზრუნველყოფა ხორციელდება 3.4. თავში აღნიშნულ წინარე ჰიდროლოგიურ ანგარიშში მოცემული ტემპერატურისა და ნალექების მნიშვნელობებით და აორთქლებისა და ჩამონადენების მნიშვნელობებით. ისინი გარდაიქმნება დროის რიგებად და განისაზღვრავს დროის ორმხრივ პერიოდს მოდელირებული პერიოდის დასადგენად (ცხრილი 7).

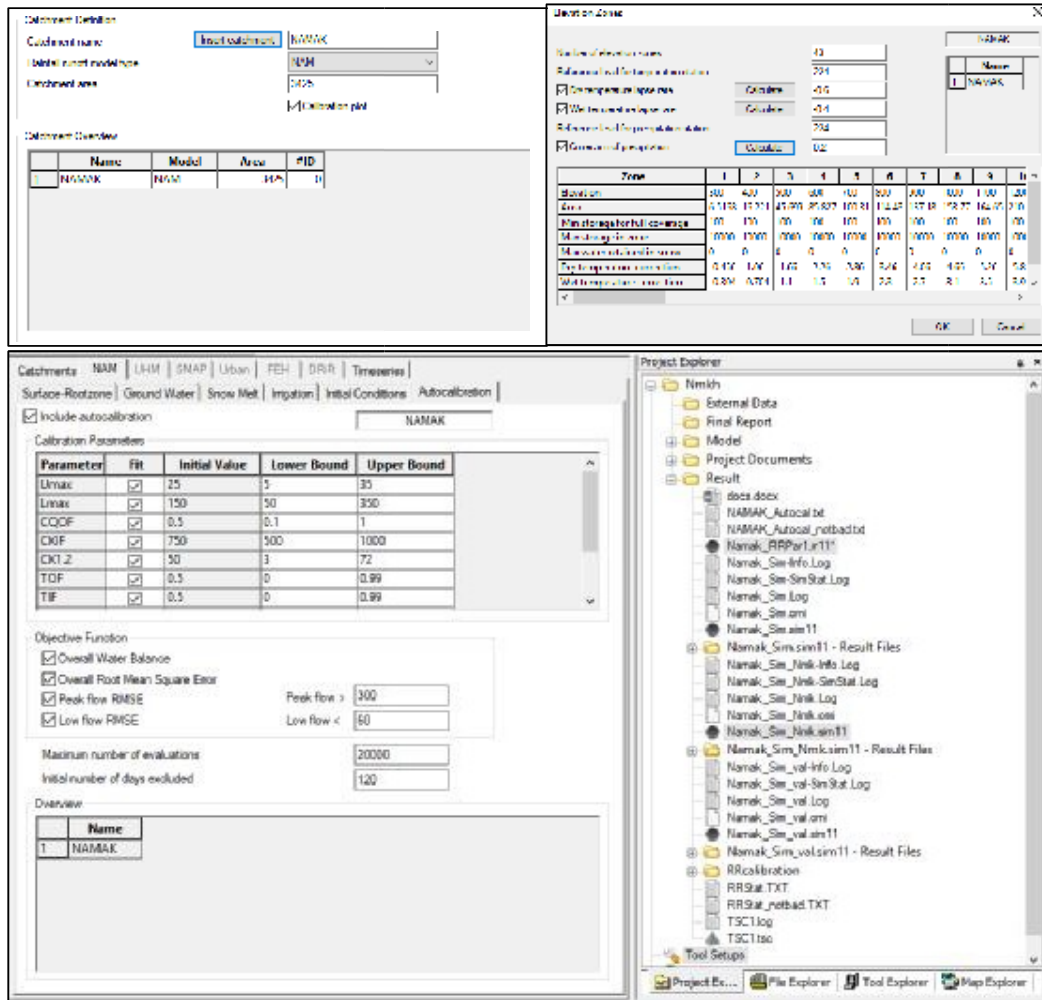


სურათი 21: მონაცემთა ტიპები და მათი გაზომვის პერიოდები

ცხრილი 7: მონაცემთა ტიპები და მათი გაზომვის პერიოდები

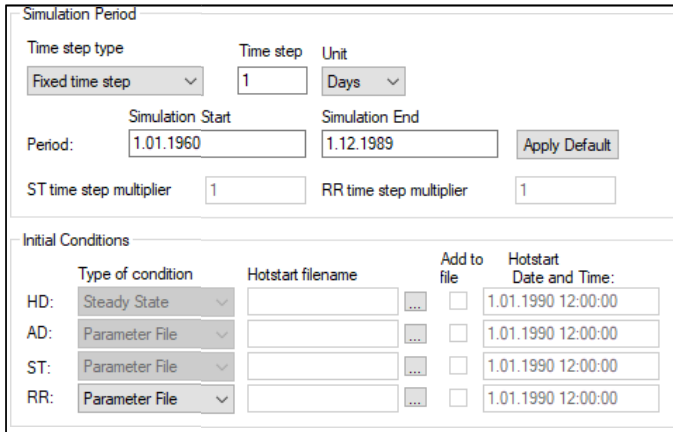
| მონაცემთა ტიპი             | დაწყების თარიღი | დასრულების თარიღი |
|----------------------------|-----------------|-------------------|
| ნალექები                   | 1.1.1960        | 1.12.1992         |
| ტემპერატურა                | 1.1.1960        | 1.12.1992         |
| აორთქლება                  | 1.1.1954        | 1.12.1989         |
| ჩამონადენი                 | 1.1.1938        | 1.12.2013         |
| მოდელის სიმულაციის პერიოდი | 1.1.1960        | 1.12.1989         |

წყალშეკრების ჰიფსომეტრია წარმოდგენილი იქნა 3.2.1. თავში მითითებულ თოვლის დნობის მოდელში. წყალშეკრების ფართობი (3425 კმ 2) დაყოფილი იყო 100 მ სიმაღლის ინტერვალებად და დათვლილი იქნა საერთო ფართობი, რომელიც შესული იყო თითოეული 100 მ სიმაღლის ინტერვალში.



სურათი 22: პარამეტრები, ჰიფსომეტრია და მონაცემთა კორექტირება

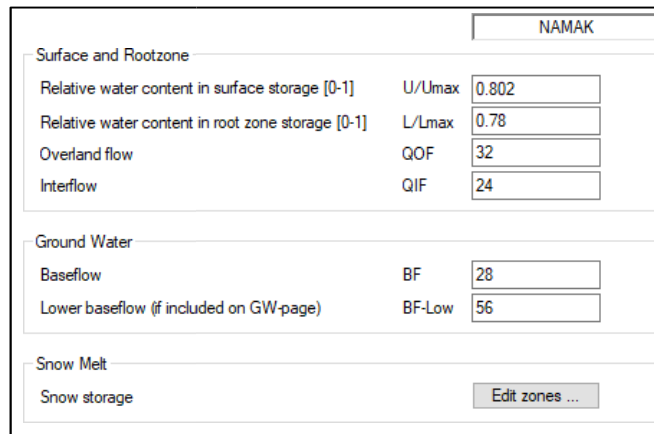
მოდელის შექმნის შემდეგ, დაკალიბრების პერიოდად განისაზღვრა 1.01.1960-1.12.1989 პერიოდის დღეები (სურათი 23). აღნიშნულის მიზეზად ის ფაქტი გვევლინება, რომ ყველაზე გრძელი პერიოდის განმავლობაში კალიბრაცია უფრო წარმომადგენლობითი შეიძლება იყოს წყალშეკრებისთვის მთლიანი მოცულობის შენარჩუნების თვალსაზრისით.



The screenshot shows two sections of a software interface. The top section, 'Simulation Period', includes fields for 'Time step type' (Fixed time step), 'Time step' (1), 'Unit' (Days), 'Simulation Start' (1.01.1960), 'Simulation End' (1.12.1989), and 'Apply Default' button. The bottom section, 'Initial Conditions', is a table with columns for 'Type of condition', 'Hotstart filename', 'Add to file', and 'Hotstart Date and Time'. It lists conditions for HD, AD, ST, and RR, all set to 'Parameter File' and '1.01.1990 12:00:00'.

სურათი 23: მოდელის სიმულაციის პერიოდი

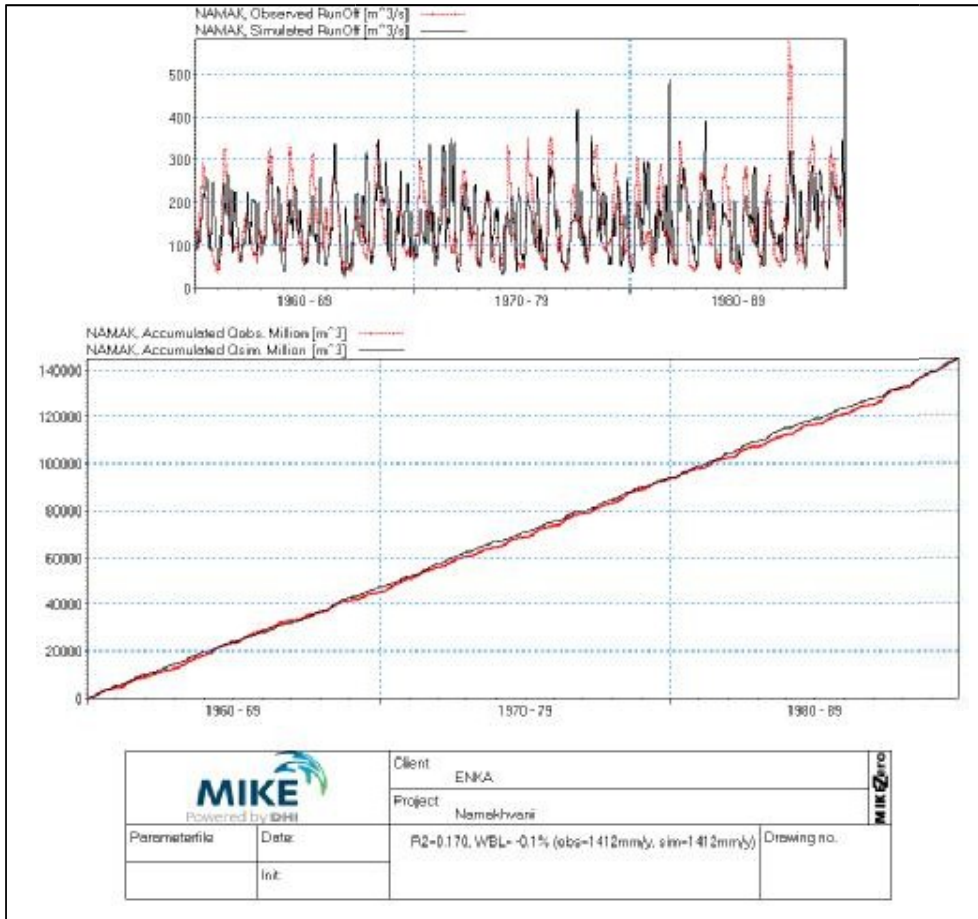
მოდელში საწყისი პირობები შეყვანილი იქნა პირველი საცდელი გაშვების დასრულების შემდეგ, წყალშევრების ძირითადი ქცევის შესაბამისად. რამდენიმე კალიბრაციის შემდეგ, საწყისი პირობები შეიცვალა და ახლდებოდა მანამ, სანამ კალიბრაციამ გარკვეული ფორმა არ მიიღო (სურათი 24).



The screenshot shows a parameter settings dialog box for 'NAMAK'. It is divided into three sections: 'Surface and Rootzone', 'Ground Water', and 'Snow Melt'. The 'Surface and Rootzone' section includes parameters for 'Relative water content in surface storage [0-1]' (U/Umax: 0.802), 'Relative water content in root zone storage [0-1]' (L/Lmax: 0.78), 'Overland flow' (QOF: 32), and 'Interflow' (QIF: 24). The 'Ground Water' section includes 'Baseflow' (BF: 28) and 'Lower baseflow (if included on GW-page)' (BF-Low: 56). The 'Snow Melt' section has a 'Snow storage' field and an 'Edit zones ...' button.

სურათი 24: საწყისი პირობები

მოდელის კალიბრაცია დასრულდა სხვადასხვა სცენარებისთვის რამდენიმე სიმულაციის განხორციელების შემდეგ. პირველ რიგში განხორციელდა ავტოკალიბრაცია, ხოლო შემდეგ მანუალური კალიბრაცია სისტემის ზუსტი რეგულირებისთვის. აღნიშნული სამუშაოს ფარგლებში მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს წყლის მოცულობის შენარჩუნება. თუმცა, ჰიდროგრაფის ზოგადი მიმართულება (ე.წ. მაქსიმალური მნიშვნელობები) ასევე შეძლებისდაგვარად იქნა მხედველობაში მიღებული. ამ სიტუაციების გათვალისწინებით, მოდელის კალიბრაცია განხორციელდა რამდენიმე ცდის შემდეგ. დეტერმინაციის კოეფიციენტი და წყლის ბალანსის საერთო დანაკარგი განისაზღვრა როგორც 0.170 და -0.1%, შესაბამისად (obs=1412 მმ/წელი ან sim=1412 მმ/წელი) (სურათი 25).



სურათი 25: მოდელის კალიბრაციის გრაფიკები

### 3.5.3. წყლის ხარჯვის კომპონენტები

მოდელის მიერ გამოთვლილი შედეგების მიხედვით Qsim-ს და Qobs-ს საშუალოდ მსგავსი მნიშვნელობები აქვს. შევსების საშუალო მნიშვნელობა გამოითვალა, როგორც 213/38 მმ/წელი, ხოლო საშუალო აორთქლება - 154.05 მმ/წელი, მაშინ, როდესაც ჩამონადენის მნიშვნელობამ 1511.68 მმ/წელ-ს მიაღწია. შევსება ნეტო შემოდინების დაახლოებით 13 პროცენტს შეადგენს (ცხრილი 8).

ხმელეთზედა ნაკადები (OF), ნაკადების შერწყმა (IF) და ძირითადი ნაკადები (BF) სიმულირებულია შემდეგი მონაცემების მიხედვით: 864.59 მმ/წელი, 318.64 მმ/წელი და 225.33 მმ/წელი. ხმელეთზედა ნაკადებზე ყველა კომპონენტს შორის უმეტესი წილი მოდის (დაახლოებით 61%), მაშინ, როდესაც ძირითად ნაკადებზე უმცირესი 16%-ანი წილი მოდის (ცხრილი 8). ხმელეთზედა ნაკადების და შერწყმული ნაკადების ერთობლიობა (128.42 მ³/წ) გვიჩვენებს წინა ჰიდროლოგიური ანგარიშის [3] გამოთვლების (127 მ³/წ) მსგავს შედეგებს.

ცხრილი 8: მოდელის მუშაობის შედეგები

| პერიოდი                  |           | Q-obs (მმ) | Q-sim (მმ) | შეცემა (მმ) | აორთქლებ<br>ა (მმ) | ატმოსფერული<br>ნალექები (მმ) | OF (მმ) | IF (მმ) | BF (მმ) |
|--------------------------|-----------|------------|------------|-------------|--------------------|------------------------------|---------|---------|---------|
| 1.01.1960                | 1.01.1961 | 1286.1     | 1531.5     | 162.5       | 165.7              | 1566.9                       | 828.6   | 260.3   | 442.6   |
| 1.01.1961                | 1.01.1962 | 1411.4     | 1458.5     | 208.5       | 160.3              | 1489.6                       | 837.9   | 324.1   | 296.5   |
| 1.01.1962                | 1.01.1963 | 1035.6     | 1282.7     | 175.6       | 177.2              | 1352.2                       | 703.8   | 331.2   | 247.7   |
| 1.01.1963                | 1.01.1964 | 1658.4     | 1490.6     | 228.6       | 150.8              | 1654.3                       | 926.2   | 329.7   | 234.7   |
| 1.01.1964                | 1.01.1965 | 1507.9     | 1281.9     | 185.7       | 148                | 1250.4                       | 747.3   | 311.4   | 223.2   |
| 1.01.1965                | 1.01.1966 | 1465.2     | 1147.6     | 153.8       | 158.8              | 1202                         | 619.1   | 327.8   | 200.7   |
| 1.01.1966                | 1.01.1967 | 1284.4     | 1251.4     | 188.6       | 181.8              | 1433.7                       | 756.9   | 301.7   | 192.7   |
| 1.01.1967                | 1.01.1968 | 1049.5     | 1413.7     | 225.7       | 149.3              | 1816.2                       | 907.8   | 319.9   | 186     |
| 1.01.1968                | 1.01.1969 | 1492       | 1697.2     | 282.7       | 143.2              | 1534.5                       | 1140.8  | 328.8   | 227.6   |
| 1.01.1969                | 1.01.1970 | 1024.5     | 1279.7     | 185.3       | 159.2              | 1413.3                       | 743.4   | 312.7   | 223.6   |
| 1.01.1970                | 1.01.1971 | 1661.1     | 1300.8     | 189.2       | 165.3              | 1397.4                       | 764     | 328.7   | 208     |
| 1.01.1971                | 1.01.1972 | 1415       | 1660.8     | 276.9       | 147.5              | 2021.4                       | 1114.5  | 328.4   | 217.9   |
| 1.01.1972                | 1.01.1973 | 1339.2     | 1418.4     | 218         | 149.6              | 1426.6                       | 877.4   | 308     | 233     |
| 1.01.1973                | 1.01.1974 | 1191.1     | 1254.1     | 177.3       | 140.8              | 1254.1                       | 713.7   | 320.6   | 219.8   |
| 1.01.1974                | 1.01.1975 | 1242.3     | 1198.4     | 177.3       | 162                | 1290.3                       | 712.5   | 289.1   | 196.8   |
| 1.01.1975                | 1.01.1976 | 1447.8     | 1334.6     | 199.7       | 149                | 1600.4                       | 803.6   | 331.3   | 199.8   |
| 1.01.1976                | 1.01.1977 | 1505.7     | 1338.9     | 201.1       | 132.1              | 1170                         | 810.9   | 321.2   | 206.7   |
| 1.01.1977                | 1.01.1978 | 1300.3     | 1359       | 208.2       | 164.9              | 1577.5                       | 838     | 323.4   | 197.6   |
| 1.01.1978                | 1.01.1979 | 1658.4     | 1563.2     | 252.3       | 152.5              | 1734                         | 1015.6  | 330.6   | 217     |
| 1.01.1979                | 1.01.1980 | 1373.3     | 1213.5     | 169.7       | 166                | 1303.6                       | 682.7   | 325.5   | 205.3   |
| 1.01.1980                | 1.01.1981 | 1266.4     | 1482.4     | 239.8       | 162.2              | 1536.3                       | 963.5   | 316.3   | 202.6   |
| 1.01.1981                | 1.01.1982 | 1308.7     | 1529.3     | 244.4       | 162.9              | 1755.4                       | 980.6   | 331     | 217.7   |
| 1.01.1982                | 1.01.1983 | 1397.6     | 1512.1     | 234.1       | 142.6              | 1682.7                       | 947.1   | 327.5   | 237.5   |
| 1.01.1983                | 1.01.1984 | 1495.4     | 1649.2     | 270.5       | 148.8              | 1590.1                       | 1088.8  | 319     | 241.3   |
| 1.01.1984                | 1.01.1985 | 1280.9     | 1112.5     | 144         | 162.6              | 1184.5                       | 579.7   | 307     | 225.8   |
| 1.01.1985                | 1.01.1986 | 1308       | 1364.5     | 207.9       | 142.1              | 1528.3                       | 834.7   | 325.9   | 203.9   |
| 1.01.1986                | 1.01.1987 | 1189.4     | 1176.7     | 163.6       | 158.1              | 1416.4                       | 651.8   | 327.7   | 197.2   |
| 1.01.1987                | 1.01.1988 | 1990.8     | 1498.3     | 239         | 140.1              | 1625.3                       | 967.4   | 331.3   | 199.6   |
| 1.01.1988                | 1.01.1989 | 1897.4     | 1719.2     | 290.1       | 141.6              | 1958.2                       | 1170.7  | 325.2   | 223.4   |
| 1.01.1989                | 1.12.1989 | 1746.4     | 1736.2     | 301.2       | 136.6              | 1584.8                       | 1208.5  | 293.9   | 233.8   |
| <b>სულ (მმ)</b>          |           | 42230.2    | 42256.9    | 6401.3      | 4621.5             | 45350.3                      | 25937.7 | 9559.2  | 6760    |
| <b>საშუალო (მმ/წელი)</b> |           | 1407.67    | 1408.56    | 213.38      | 154.05             | 1511.68                      | 864.59  | 318.64  | 225.33  |
| <b>შემოდინების %</b>     |           |            | 86.84      | 13.16       |                    |                              | 61.38   | 22.62   | 16.00   |

3.5.4. მგრძობელობის ანალიზი

თანხმობის კრიტერიუმის მგრძობელობა პარამეტრების მნიშვნელობების ცვლილებების მიმართ დამხმარე ინსტრუმენტს წარმოადგენს პარამეტრის მნიშვნელოვნების და სიმულაციის შედეგების განხილვისას (რ.დ. დაუდი და სხვა, 1972) [10].

მგრძობელობის ანალიზი განხორციელდა ერთის გარდა ყველა პარამეტრის საუკეთესო მნიშვნელობების შენარჩუნების გზით. შეფასებას დაქვემდებარებული პარამეტრი განცალკევდა და მიენიჭა ზღვრული მნიშვნელობები R<sup>2</sup>-ის და WB-ის ყველაზე ეფექტური გამრუდების მისაღწევად.

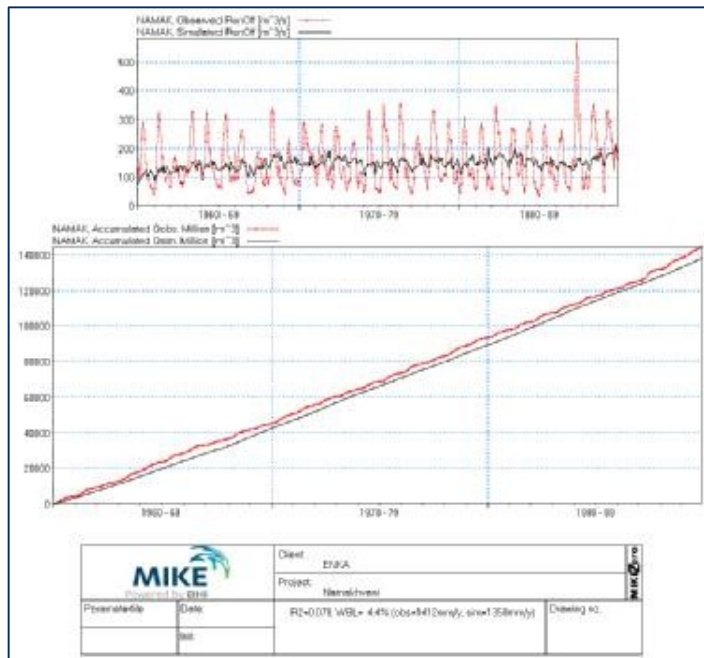
განმეორებითი სიმულაცია განხორციელდა სპირალური მოდელის შედეგებზე დასაკვირვებლად.

მგრძობელობის ანალიზის შედეგების მიხედვით, R<sup>2</sup>-ს და WB-ს ყველაზე გამრუდებული მნიშვნელობები ჰქონდა C<sub>dof</sub>-ს (ხმელეთზედა ნაკადის ჩამოდინების კოეფიციენტი) და შემდეგ C<sub>klow</sub>-ს (ქვედა ძირითადი ნაკადი, ქვედა რეზერვუარის შევსება) და C<sub>qlow</sub>-ს (დროის მუდმივა ძირითადი ნაკადის მარშრუტიზაციისთვის) მნიშვნელობებისთვის, შესაბამისად. სხვა კოეფიციენტები, აღნიშნული კოეფიციენტების გარდა, მეტნაკლებად ინარჩუნებენ R<sup>2</sup>-ის და WB-ის იგივე მნიშვნელობებს (ცხრილი 9).

ცხრილი 9: მგრძობელობის ანალიზის შედეგები

| Parameter         | U <sub>max</sub> | L <sub>max</sub> | C <sub>dof</sub> | TOF   | TIF   | TG    | CK <sub>f</sub> | CK <sub>1,2</sub> | CK <sub>f</sub> | C <sub>qlow</sub> | C <sub>slow</sub> |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| U <sub>max</sub>  | 5                | 35               | 35               | 35    | 35    | 35    | 35              | 35                | 35              | 35                | 35                |
| L <sub>max</sub>  | 321              | 50               | 321              | 321   | 321   | 321   | 321             | 321               | 321             | 321               | 321               |
| C <sub>dof</sub>  | 0.801            | 0.801            | 0.1              | 0.801 | 0.801 | 0.801 | 0.801           | 0.801             | 0.801           | 0.801             | 0.801             |
| TOF               | 925.4            | 925.4            | 925.4            | 500   | 925.4 | 925.4 | 925.4           | 925.4             | 925.4           | 925.4             | 925.4             |
| TIF               | 72               | 72               | 72               | 72    | 3     | 72    | 72              | 72                | 72              | 72                | 72                |
| TG                | 0.142            | 0.142            | 0.142            | 0.142 | 0.142 | 0.99  | 0.142           | 0.142             | 0.142           | 0.142             | 0.142             |
| CK <sub>f</sub>   | 0.827            | 0.827            | 0.827            | 0.827 | 0.827 | 0.827 | 0.1             | 0.827             | 0.827           | 0.827             | 0.827             |
| CK <sub>1,2</sub> | 0.99             | 0.99             | 0.99             | 0.99  | 0.99  | 0.99  | 0.99            | 0.1               | 0.99            | 0.99              | 0.99              |
| CK <sub>f</sub>   | 2690             | 2690             | 2690             | 2690  | 2690  | 2690  | 2690            | 2690              | 2690            | 2690              | 2690              |
| C <sub>qlow</sub> | 100              | 100              | 100              | 100   | 100   | 100   | 100             | 100               | 100             | 0                 | 100               |
| C <sub>slow</sub> | 16625            | 16625            | 16625            | 16625 | 16625 | 16625 | 16625           | 16625             | 16625           | 16625             | 1000              |
| Distorted         | R <sup>2</sup>   | 0.167            | 0.17             | 0.078 | 0.167 | 0.103 | 0.169           | 0.17              | 0.169           | 0.116             | 0.083             |
|                   | WBL (%)          | 0.2              | -0.2             | 4.4   | -0.3  | -0.1  | -0.1            | -0.1              | -0.1            | -0.2              | 0.6               |
| Actual            | R <sup>2</sup>   | 0.17             |                  |       |       |       |                 |                   |                 |                   |                   |
|                   | WBL (%)          | -0.1             |                  |       |       |       |                 |                   |                 |                   |                   |

ცხრილი 9-ს განხილვისას, ნათლად ჩანს, რომ C<sub>dof</sub> კოეფიციენტი გადამწყვეტ როლს ასრულებს მოდელისთვის. ამასთან, ამ კოეფიციენტის გავლენა კალიბრაციის მონაკვეთებზე აჩვენებს შეუთავსებელ შედეგებს (სურათი 26).



სურათი 26: მოდელის კალიბრაციის გრაფიკები გამრუდებული C<sub>dof</sub> კოეფიციენტით (მინიჭებულია 0.1 ნაცვლად 0.801-სა)



## 3.5.5. შედეგების შეფასება

„MIKE NAM“ გამოყენებული იქნა, როგორც 30 წლის მოდელი ნამახვანის წყალშემკრების ჰიდროლოგიური სისტემის სიმულაციისთვის. მონაცემთა მოგროვების ნაწილში ბევრმა სირთულემ იჩინა თავი მათი მოპოვებისა და შექმნის მხრივ. წყალშემკრების ტერიტორიაზე და მის უშუალო სიახლოვეში არ იყო რეპრეზენტატიული მეტეოროლოგიური სადგურები. კალიბრაციის შედეგები შეიძლება ყოფილიყო ზუსტად აქტუალიზებული, განსაკუთრებით ჰიდროგრაფის ფორმის თვალსაზრისით (მაქსიმალური მნიშვნელობები). თუ გადავხედავთ კალიბრაციის გრაფიკს, შევამჩნევთ, რომ ზოგიერთ ნაწილში, სიმულირებული მნიშვნელობები უფრო დაბალია, ვიდრე დაკვირვებადი მნიშვნელობები ექსტრემალური ჩამოდინების პერიოდებში (მაქსიმალური). აღნიშნული შესაძლებელია დაფიქსირებულიყო ნალექების მნიშვნელობების სამტრედიის მეტეოროლოგიური სადგურიდან გადაცემისას. სამტრედიის სადგური განსხვავებული რეჟიმით მუშაობს და შესაბამისად, შეუძლებელი იყო ადგილი ჰქონოდა ისეთ ექსტრემალურ მოვლენებს, როგორც ჰქონდა ნამახვანის აუზში. მიუხედავად აღნიშნულისა, ეს ექსტრემალური მოვლენები მთლიანად უკავშირდება სხვადასხვა ვითარებებს, მაგალითად, როგორცაა წყალდიდობა; შესაბამისად, დასაშვებია, რომ ყურადღება არ მიექცეს მცირე შეუსაბამობებს წყლის ბალანსის დაცვის პირობებში თუ დაკვირვებადი მაქსიმალური მნიშვნელობების ფორმა მეტნაკლებად შესაბამისია სიმულაციის მთლიან პერიოდში.

ნიშანდობლივია შევსებისა და ძირითადი ნაკადის შედეგები. მათი თანაფარდობა მთლიან რაოდენობასთან გამოთვლილია, როგორც 13% და 16%. არსებობს რამდენიმე კვლევა, რომლებშიც შესწავლილია კარსტის რეგიონი, შევსების ოდენობის განსაზღვრის მიზნით. ა. ალ-ჩარიდეჰმა (2011) შეისწავალა სირიაში მდებარე მთის კარსტული წყლის შემცველი ფენის მიწისქვეშა წყლებით შევსება. მან აღმოაჩინა, რომ შევსების სიჩქარე მერყეობს 192-დან 826 მმ / წლამდე, რაც შეესაბამება წლიური ატმოსფერული ნალექის მთლიანი წილის 43%-ს და 67%-ს. ა. ალ-ჩარიდეჰმა აღნიშნული დაადგინა ყოველთვიურად მიწისქვეშა წყლებისა და ნალექების ნიმუშების და δ18O, δ2H-ის იზოტოპური შემადგენლობების ადებით, ასევე ქლორიდის შემადგენლობის ანალიზით, რათა განესაზღვრა მიწისქვეშა წყლების წარმოშობა და შევსების სიჩქარე [11]. კარსტის რეგიონის სხვა კვლევებში: ჰოეცელმა (1995) აღმოაჩინა, რომ გრძელვადიანი შევსების საშუალო ატმოსფერული ნალექის თანაფარდობა დაახლოებით 47%-ს შეადგენს წაღჰუმას წყლის შემცველი ფენისთვის, საუდის არაბეთისთვის [12]; ანალოგიურად, დე ვრესის და სიმერსის (2002) გამოთვლით, შევსების პროცენტაჟი გრძელვადიანი შევსების საშუალო ატმოსფერული ნალექისთვის შეადგენს 47%-ს საუდის არაბეთისთვის [13]. დე ვრესმა და სიმერსმა (2002) ასევე აღმოაჩინეს, რომ პორტუგალიის ალგარვეში შევსების ოდენობა 24%-55%-ია 550 ნმ/წელი ატმოსფერული ნალექის პირობებში [13].

ნამახვანის წყალშემკრებში შევსების სავარაუდო კოეფიციენტი შესაძლებელია უფრო მაღალი ყოფილიყო, ვიდრე აუზის გარშემო ზოგიერთი კარსტული თავისებურებების გამო გამოთვლილი კოეფიციენტი, რადგან ზოგიერთი კარსტის რეგიონის შევსების ოდენობა უფრო მაღალი მნიშვნელობით ხასიათდება და ძირითადად განთავსებულია ზემოთ აღნიშნულ 40%-ან და 50%-ან ინტერვალში. მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, ჰიდროლოგიური მოდელირების შედეგების მიხედვით, შევსება და ძირითადი ნაკადი დაბალი პროცენტული მაჩვენებლით ხასიათდება. ამ სიტუაციის გამომწვევ მიზეზს შესაძლებელია წარმოადგენდეს წყალშემკრების მკვეთრი რელიეფი ან მიწისქვეშა წყლების მაღალი დონე და მათი ჩადინება მდინარეთა სისტემაში ან ადგილობრივ კასტრულ თავისებურებებს შორის კავშირის არარსებობა და იგივე, ოღონდ მეტი მოცულობით.

ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადის პროექტი ქუთაისი, მეორეს მხრივ, მგრძნობელობის ანალიზში, ყველაზე მგრძნობიარე პარამეტრს წარმოადგენს  $C_{dof}$  კოეფიციენტი (ხმელეთზედა ნაკადის ატმოსფერული ნალექის კოეფიციენტი). 3 პარამეტრი ( $L_{max}$ ,  $U_{max}$ ,  $C_{dof}$ ) ყველაზე მნიშვნელოვანია წყლის ბალანსისთვის, ხოლო დანარჩენი პარამეტრები ეხება უმნიშვნელო კორექტირებებს და მარშრუტიზაციას.  $C_{dof}$  განსაზღვრავს ხმელეთზედა ნაკადისა და ინფილტრაციის რაოდენობას. თუ ეს პარამეტრი უახლოვდება "0" მნიშვნელობას, ეს მიუთითებს დაბალ ხმელეთზედა ნაკადსა და მაღალ ინფილტრაციაზე ბრტყელ აუზში და მაღალი შეღწევადობის ნიადაგებში/ქანებში, მაშინ, როდესაც "1" -თან მიახლოებით ვლინდება დიდი მოცულობის ხმელეთზედა ნაკადი და მცირე ინფილტრაცია მკვეთრ აუზსა და შეუღწევად ნიადაგში/ქანებში.

#### 4. ჰიდროგეოლოგია

##### 4.1. ჰიდროგეოლოგიური ნაწილები

საკვლევი არეალის ლითოლოგიური ნაწილები წარმოდგენილია შემდეგ 3 ძირითად ჯუფად:

- 1) შეღწევადი
  - ა) არაკონსოლიდირებული ნაწილები (ნიადაგი)
  - ბ) ლითიფიცირებული ნაწილები (ქანი)

2) ნახევრად შეღწევადი ნაწილები

3) შეუღწევადი ნაწილები

დამატებითი ინფორმაცია მოცემულია შემდეგ თავებში.

გარდა ტერიტორიების ემპირიული დაკვირვებებისა, განსაზღვრებები ასევე ეფუძნება შემდეგ კრიტერიუმებს:

- ა) ფორიანობა და შეღწევადობა
- ბ) პირველადი ფორიანობა და მეორადი ფორიანობა
- გ) ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები

##### ა: ფორიანობა და შეღწევადობა

ფორიანობა და შეღწევადობა დედამიწის მასალების მნიშვნელოვანი ფიზიკური თვისებებია და დიდწილად პასუხისმგებელია მიწისქვეშა წყლების რაოდენობაზე, არსებობასა და გადაადგილებაზე. მიწა წყლით იჟღინთება იმ მიზეზით, რომ ნიადაგს, ნალექს ან ქანს აქვს ღია ადგილები ან ფორები. ფორიანობა წარმოადგენს ფორების ფართობების (სივარცხლეები =  $V$ ) პროცენტს განსახილველი მასალის მთლიან მოცულობაში ( $Vt$ ). ფორიანობა ყველაზე ხშირად შედგება ნიადაგის, ნალექების და დანალექი ქანების ნაწილაკებს შორის დაშორებისგან, მაგრამ სხვა სახის ფორიანობა გულისხმობს ბზარებს, ნახეთქებს და სიღრუეებს ვულკანურ ქანებში.

ფორიანობა განსხვავებულია ქანების სხვადასხვა ტიპებში და დამოკიდებულია ქანის შემადგენლობაში შემავალი მასალის ზომაზე, ფორმასა და განლაგებაზე. ეფუზიური და მეტამორფული ქანების უმეტესობას, ისევე როგორც ქიმიური დაშლისგან თავისუფალი კორქვის და დოლოსტონების მრავალ ელემენტს, აქვს ძალიან დაბალი ფორიანობა, რადგან ისინი შედგება მჭიდროდ შერწყმული კრისტალებისგან.

ამის საპირისპიროდ, კარგად განაწილებული, კარგად მომრგვალებული მარცვლეულისგან შემდგარ დეტრიტულ დანალექ ქანებს შეიძლება ჰქონდეს ძალიან მაღალი ფორიანობა, რადგან ნებისმიერი ორი მარცვლი ერთმანეთს ეხება მხოლოდ ერთ წერტილში და ტოვებს შედარებით დიდ ღია სივრცეებს მარცვლებს შორის. მეორეს მხრივ, ცუდად განაწილებული დანალექ ქანებს, ჩვეულებრივ, აქვთ დაბალი ფორიანობა, რადგან წვრილი მარცვლეული ავსებს სივრცეს უფრო მსხვილ მარცვლებს შორის, რაც კიდევ უფრო ამცირებს ფორიანობას. გარდა ამისა, მარცვლეულებს შორის არსებული ცემენტის რაოდენობას და ტიპს ასევე შეუძლია შეამციროს ფორიანობა.

მიუხედავად იმისა, რომ ფორიანობა განსაზღვრავს მიწისქვეშა წყლების რაოდენობას, რომლის შეკავებაც ქანს შეუძლია, აღნიშნული არ იძლევა გარანტიას, რომ შესაძლებელია წყლის ექსტრაგირება. მასალის მიერ სითხის გატარების შესაძლებლობას ეწოდება "შეღწევადობა". ეს პარამეტრი დამოკიდებულია არა მხოლოდ ფორიანობაზე, არამედ ფორების ან ნახეთქების ზომაზე და მათ ურთიერთკავშირზე. მაგალითად, ლამისა და თიხის შრეები, როგორც წესი, უფრო ფორიანია, ვიდრე

ქვიშა ან ხრეში, მაგრამ მათ აქვთ დაბალი შეღწევადობა, რადგან თიხის ნაწილაკებს შორის ფორები ძალიან მცირეა და ნაწილაკებსა და წყალს შორის მოლეკულური მიზიდვა დიდია. ამის საპირისპიროდ, ფორები ქვიშაქვისა და კონგლომერატის მარცვლებს შორის გაცილებით დიდია და წყლის მოლეკულური მიზიდულობა შესაბამისად დაბალია.

**ბ: პირველადი ფორიანობა და მეორადი ფორიანობა**

**ბ-1: პირველადი ფორიანობა (მასალის თვისება)**

პირველადი ფორიანობა განისაზღვრება, როგორც "ფორული სივრცეები დეპოზიტურ მატრიცაში არსებულ დეტრიტულ მარცვლებს შორის". ამ ტიპის ფორიანობას ასევე უწოდებენ პირველად მარცვალშორის ფორიანობას. თუმცა, საინჟინრო გეოლოგიაში, პირველადი ფორიანობა მიიჩნევა "მასალის თვისებად", რომელიც დამახასიათებელია ქანოვანი მასალისთვის და რაც გულისხმობს "ხელუხლებელ ქანს", თავისუფალს ნებისმიერ სახის და ზომის წყვეტისგან.

**ბ-2: მეორადი ფორიანობა (მასის თვისება)**

კირქვის, დოლომიტისა და თაბაშირის მსგავსი ხსნადი ქანების გამოკლებით, მეორადი ფორიანობა კავშირშია ქანის მასაში განვითარებული წყვეტების მიმართ: (ა) თავდაპირველი დაღეკვის დროს, როგორცაა საფუძვლის და შეერთების შრეები და (ბ) კომპრესული და ექსტენსიური ტექტონიკური მოძრაობების გამო, როგორცაა სხვადასხვა ტიპის სიღრუეები და არასწორი გეომეტრიის ნახეთქები. ამიერიდან, საინჟინრო გეოლოგიაში, ფორიანობის ეს ტიპი განიხილება, როგორც „მასის თვისება“.

**გ: ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები**

მიწისქვეშა წყლების განაწილება და გადაადგილება სამოქალაქო საინჟინრო სტრუქტურის საფუძველში რეგულირდება გეოლოგიური ფენების მახასიათებლებით. ხელუხლებელი ქანის (პირველადი ფორიანობის) და ქანის მასის (მეორადი ფორიანობის) შეღწევადობიდან გამომდინარე, გრუნტის ტიპი კატეგორიზდება შემდეგნაირად:

**გ-1: წყალშემცველი ფენა**

წყალშემცველი ფენა წარმოადგენს მიწისქვეშა რეზერვუარს, რომელიც შედგება გეოლოგიური ნაწილებისგან, რომლებიც გაჯერებულია წყლით და საკმარისად შეღწევადია რათა განახორციელოს წყლის მიწოდება სათანადო რაოდენობით ჭებისა და წყაროებისთვის. ქვიშის და ხრეშის შრეები, ქვიშაქვა, კირქვა და ფრაგმენტირებული, კრისტალური ქანები წარმოადგენენ გეოლოგიური ნაწილების მაგალითებს, რომლებიც ქმნიან წყალშემცველ ფენებს. წყლის ოდენობა, რომლის შეკავებაც შეუძლია მასალას, დამოკიდებულია ამ უკანასკნელის ფორიანობაზე. ამ ღიობების ურთიერთკავშირის ზომა და ხარისხი (შეღწევადობა) განსაზღვრავს მასალების უნარს გადასცეს სითხე.

**გ-2: წყალგამძლე ფენა**

წყალგამძლე ფენა წარმოადგენს ნაწილობრივ შეღწევად გეოლოგიური ფორმაციას. მას გადააქვს წყალი ისეთი ნელი ტემპით, რომ მიწოდება არასაკმარისია. ჭის მეშვეობით ამოტუმბვა შეუძლებელია. მაგალითად, ქვიშაქვის ლინზები თიხის ფორმაციაში წარმოქმნის წყალგამძლე ფენას.

**გ-3: წყალგამძლე ქანი**

წყალგამძლე ქანი შემადგენლობაში შედის ქანი ან ნალექი, რომლებიც მოქმედებს როგორც ბარიერი მიწისქვეშა წყლების გადინებისთვის. წყალგამძლე ქანს ჩვეულებრივ კარგი დაგროვების უნარი აქვს, მაგრამ ხასიათდება გადაცემის დაბალი შესაძლებლობით. გრუნტის ტიპის შემადგენლობაში შედის წყალშეუღწევადი ფენა (მაგ., წვრილმარცვლოვანი ტალახის ქანები, კრისტალური გაუერთიანებელი ქანები), რომელსაც არ შეუძლია წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობით გადაცემა.

**გ-4: წყალშეუღწევადი და წყალგამძლე ფენა**

წყალშეუღწევადი და წყალგამძლე ფენა არის გეოლოგიური წარმონაქმნი, რომელსაც არ აქვს ურთიერთდაკავშირებული ფორები. ეს ფენა არც ფოროვანია და არც შეღწევადი. ამრიგად, მას არ შეუძლია არც წყლის შენახვა და არც მისი გადაცემა. წყალშეუღწევადი და წყალგამძლე ფენის მაგალითებია ისეთი ქანები, როგორცაა ბაზალტი, გრანიტი და ა.შ. ბზარების გარეშე.

**4.2. შეღწევადი ნაწილები**

ნაწილები წყალშემცველი ფენის მახასიათებლებით:

**ა) არაკონსოლიდირებული ნაწილები (ნიადაგი)**

მეოთხედი ნიადაგები ძირითადად წარმოდგენილია დილუვიუმის / პროლუვიუმის და ალუვიუმის (Q<sub>al</sub>) სახით. დილუვიუმი / პროლუვიუმი ძირითადად შედგება კირქვისგან წარმოქმნილი ხრემისგან, რიყის ქვისგან და კენჭებისგან, რათა მოხდეს მასალის ზომის ბლოკირება თიხის მატრიცაში. ძირითადად ალუვიუმი შედგება მდინარის ზედა დინებებიდან ტრანსპორტირებული სხვადასხვა წარმოშობის ხრემისგან, რიყის ქვისგან, რათა მოხდეს ნაწილაკების ზომის ბლოკირება.

ალუვიური ნალექები ხასიათდება მაღალი გამტარიანობით (50-100 მ/დღეში) და ძლიერ გაჯერებულია. ამ ნალექებიდან წარმოშობილ წყალს აქვს დაბალის მინერალური (200-300 მგ/ლ) შემცველობა და მდინარის წყლის იდენტურია თავისი ქიმიური და მინერალური შემადგენლობით.

მდინარიანი დაბლობის ზედა ტერასების მაფორმირებელი მასალები ასევე წყალმატარებელია, მაგრამ ნაკლებად გაჯერებული. დილუვიური და პროლივიური ნალექები ხასიათდება უკიდურესად ცვალებადი ტექსტურით: არსებობს ნალექები, რომლებიც თიხისა და თიხნარი ნიადაგის იდენტურია თავიანთი შეღწევადობით და სხვა ტიპის ნალექები, რომლებიც მაღალი შეღწევადობის ფხვიერი მასალის იდენტურია. აღნიშნულისა და დანალექი ფენების უმეტესი ნაწილის შედარებითი სითხელის გამო, დილუვიური და პროლივიური ნალექების გაჯერების დონე უმეტესად დამოკიდებულია სეზონურ ფაქტორებზე. სწორედ ამიტომ ამ ნალექებში წარმოშობილი წყაროები მშრალ სეზონზე შრება. წყაროები, რომლებიც არასდროს შრება, გვხვდება მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც ეს ნალექები ჭარბობს და ქმნიან სქელ ფენებს. ასეთი პირობებს ადგილი აქვს სოფლების ქორენიშის, ტვიშის, ორხვისა და დერჩის ტერიტორიებზე. ამ ფორმირებებში მრავალი წყაროა წარმოშობილი, მაგრამ მათი გამონადენი არ აღემატება ერთ მეათედ ლიტრს წამში მათი თიხის ბუნების გამო. არსებობს წყაროები, რომელთაც უფრო მაღალი გამონადენი აქვთ და რომლებიც წარმოიქმნება დილუვიალურ ნალექებში, მაგრამ სავარაუდოდ ისინი ზედაპირზე გამოდიან კირქვიდან და მიეკუთვნებიან სხვა კატეგორიას. მხარეში შვიდი წყაროა, რომლებიც წარმოიქმნება დილუვიური ნალექებიდან.

**ა) მონოლითური ნაწილები (ქანი)**

ცარცული / ბარემიული (K1-b) კირქვა ნაწილობრივ ვითარდება როგორც ოროგენული კარსტიფიკაცია დარღვეული კონტაქტის საშუალებით. რეზერვუარი, რომელიც სეზონურად კვებავს კარსტულ ბილიკებს, განლაგებულია მარჯვენა ზღვრის ზედა ნაწილში, სადაც მოიპოვება სქელი დილუვიალური ნალექების შრეები. მასიური ფენების ორიენტაცია შესაბამისობაშია (K1-v-h) კირქვის საფუძვლის სიბრტყესთან. კირქვის ამ ორი ფორმაციის კონტაქტი არის ჩრდილოეთით განთავსებული "ჩადინების ნაპრალი", სადაც ორი სეზონური წყარო ჩაედინება. პირველადი ფორიანობის და მეორადი ფორიანობის თვალსაზრისით (K1-b) კირქვა ნახევრად შეღწევადია (წყალგამძლე ფენა). ტექტონიკური აქტიურობით წარმოქმნილ პროექტირების ძირითად ეტაპზე დაფიქსირებული კარსტული ღრუები წარმოადგენს წყალშემცველ ფენებს.

#### 4.3. ნახევრად შეღწევადი ნაწილები

ზოგადად, კირქვები ცნობილია, როგორც შეღწევადი მასალა. ამ შეხედულების საწინააღმდეგოდ, ცარცული პერიოდის კირქვები (K1-c, K2t-sn, K2-md, K1-vh, K1-a) ზემო ნამახვანის კაშხლის და მისი წყალსაცავის ტერიტორიაზე განისაზღვრება, როგორც ნახევრად შეღწევადი (წყალგამძლე ფენა), რეგიონალური ტექტონიკების ანტიკლინების და სინკლინების გამო, რაც ტექტონიკური შეკუმშვის პროდუქტია. ფენების შეკუმშვა ხდება წნეხის ქვეშ, რაც იწვევს პირველადი და მეორადი ფორიანობის შემცირებას.

#### 4.4. შეუღწევადი ნაწილები

იურული პერიოდის ვულკანურ-დანალექი ქანის წარმონაქმნები ქვემო ნამახვანის კაშხლის ტერიტორიაზე და მის წყალსაცავში განისაზღვრება როგორც წყალშეუღწევადი და წალგამძლე ფენა. ვულკანურ-დანალექი კლდის წარმონაქმნების შეღწევადობის მახასიათებლებზე გავლენას ახდენს კუნძულ – თაღოვანი ვულკანიზმი და კომპრესიული ტექტონიკა. აქტიური ვულკანების მაღალი სითბური ნაკადის გავლენის შედეგად ხელუხლებელი ქანის ცემენტაციის ფონზე, ნაწილაკები იკუმშებიან, რითაც მცირდება პირველადი ფორიანობა. წყალსაცავის ზონაში განვითარებული ანტიკლინები და სინკლინები შედგება კლდის მონაცვლეობადი ფენებისგან, სადაც შედარებით შეღწევადი მასალები გარშემორტყმულია პრაქტიკულად შეუღწევად მასალებით.

#### 4.5. კარსტული ჰიდროლოგია

საკვლევ ტერიტორიაზე არსებული ნახშირორჟანგის შემცველი ქანები, განსაკუთრებით ბარემიული კირქვები, ხასიათდება ინტენსიური ტექტონიკური მოძრაობებით, რომლებსაც უპირატესად რამდენიმე მილიმეტრიანი ბზარები და ნაპრალები აქვთ; ნაპრალები ვარირებს 1.5-დან 2 სმ-მდე ინტერვალში და ამ ნაწილებში დაფიქსირდა კარსტული სტრუქტურები. კარსტიფიკაცია უფრო ხშირია საზღვრებისა და ნახეთქების ზონების, ნაპრალების, ბზარების და განშრევების სიბრტყეების გასწვრივ. მიწისქვეშა წყლები აღმოჩენილია კარსტული წყალშემკრებში, ორ სხვადასხვა ცირკულაციულ სისტემაში, ადგილობრივად და ფართოდ (კონდუქტორი და დიფუზია). ადგილობრივი ცირკულაციის სისტემა შესამჩნევია კარსტის ლაგუნებში, გამოქვაბულებში, სიფონებში და მიწისქვეშა სისტემებში და გამოსადეგია მიწებში გადინებისთვის. გეოლოგიური შესწავლები ჩატარდა საკვლევ ტერიტორიაზე.

**ცხრილი 10: გამოქვაბულების ადგილმდებარეობები საკვლევ ტერიტორიაზე**

| გამოქვაბული No | აღმოსავლეთისკენ (m) | ჩრდილოეთისკენ (m) | ამაღლება (m.asl) | მანძილი კაშხლიდან Axis (m) |
|----------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------------------|
| 1              | 318715              | 4710562           | ≅ 350            | ≅ 320                      |
| 2              | 318808              | 4710841           | ≅ 337            | ≅ 580                      |
| 3              | 318838              | 4710833           | ≅ 325            | ≅ 600                      |

მეორეს მხრივ, ფართოდ გავრცელებული ცირკულარული სისტემა წარმოადგენს დიფუზიურ ნაკადს და შეესაბამება დარსის კანონს. გარდა ამისა, ნახშირორჟანგიან ქანებზე კარსტული წარმონაქმნები (უვალა, დოლენი, პოლიე, გამოქვაბული, კარსტის წყარო და ა.შ.) წარმოადგენს კონდუქტომეტრული დინების მაჩვენებელს (White 1988).

დაფიქსირდა, რომ ორივე ზემოხსენებული ცირკულარული სისტემა რეალიზებულია განსაკუთრებით ზემო ნამახვანის მიმდებარე ტერიტორიაზე, საკვლევ ველზე. გარდა ამისა, სეზონური დაბალი ნაკადის წყაროები აღმოჩენილი იქნა საველე დაკვირვებების დროს.

კარსტული პროცესები შეიძლება დაფიქსირდეს ცარცული კირქვის გადინებისას, სოფელ ტვიშის ზემოთ, რიონის ხეობაში. რეგიონალური ანალიზის შედეგების თანახმად, ამ ქანებში წარმოიშვა კარსტული პროცესები ზემო თერთიარში და მოიცვა საკმაოდ ფართო არეალი, რომლებიც ქმნიან ბზარებით და სხვა სახის ზედაპირული მიკროფორმებით დაკავშირებულ მრავალრიცხოვან თხრილებს.

კარსტის გაფართოება გაგრძელდა შუა და ზემო მეოთხედში, რადგან ხეობის ფორმირების პროცესი გააქტიურდა და დაჩქარდა. კარსტი წარმოიშვა ვიწრო ჰორიზონტალურ ზონებში და თანდათანობით გავრცელდა მთის ფერდობებზე. ღრუები ჩამოყალიბდა ციცაბო ტექტონიკური ნაპრალების გასწვრივ და უფრო იშვიათად, რბილად ჩატეხილი ნაპრალების გასწვრივ, რომლებიც ასრულებდნენ დამაკავშირებელი არხების როლს.

ეს გარემოება ძალზე მნიშვნელოვანია იმისთვის, რომ გაანგარიშებული იქნას წყალსაცავიდან ცარცულ წარმონაქმნებში, მიმდებარე ხეობებში გაჟონვით გამოწვეული დანაკარგები. გაჟონვა თითქმის გამორიცხება თუ წყალსაცავის სიღრმე არ აღემატება ხეობის სიღრმეს.

არათანაბარი განვითარება და განაწილება წარმოადგენს სხვა სპეციფიკურ კარსტულ თვისებებს ცარცულ წარმონაქმნებში, როგორც რეგიონული მასშტაბით, ისე საკვლევ ტერიტორიაზე. სწორედ ამიტომ სხვადასხვა ფენის კარსტულ სისტემებს თითქმის არ აქვთ ჰიდრაულიკური კავშირი.

კარსტი ფართოდ არის გავრცელებული ბარემიული კირქვის და მასტრიხტურ-დანიური მარცვლოვანი და ცარცული კირქვების მასივში. იგი ნაკლებად არის განვითარებული ტურონიან-სენონიანის სტრატოფიცირებული გრანიტის კირქვაში და ძალიან სუსტად არის განვითარებული ნეოკომიის ლამინირებულ კირქვებში, ქვიშიან კირქვებში და მერგელურ კირქვებში ქვიშაქვის ზოლებით. ამ ფენებში, კარსტი მხოლოდ ზედაპირული მიკროფორმების ქვეშ არის გამოვლენილი ე.წ. "სუფთა" კირქვის ურთიერთგადაფენილ კარსტ-გამძლე ფენებში (იხილეთ მეტი დეტალები კაშხლის აღმწერ თავში). არავითარი კარსტი არ გვხვდება ლამინირებულ აპტიურ მრეგელურ კირქვაში და მონაცვლე ალბიურ-სენომანური თიხის, მერგელის და გლაუკონიტის ქვიშის ფენებში.

აპტიური, ალბიურ-სენომანური და ნეოკომიური შრეები არ დაქვემდებარებიან კარსტის გავლენას საკვლევ არეალში. ტურონიან-სენონიანის კირქვასა და ბარემიული და მასტრიხტურ-დანიური ქვაქვიშაში, კარსტი სუსტად ვითარდება იშვიათად ციცაბო ნაპრალის კიდეების გასწვრივ.

კანიონის ფერდობებზე ბარემიული ექსპოზიციები, განსაკუთრებით კი ზედა ნაწილებში, დაფარულია 0.25.5 მ დიამეტრისა და არათანაბარი სიგრძისა და ზედაპირის მქონე კარსტული ღრუებით.

კარსტის პროცესებმა სერიოზული გავლენა მოახდინა მასტრიხტურ-დანაიურ ცარცოვან კირქვაზე, რომელიც ფიქსირდება ხეობის ამ მონაკვეთში, მარცხენა ციცაბო ფერდობზე.

მიუხედავად იმისა, რომ განსახილველი რეზერვუარის ფერდობებში შემავალი ქანები უმეტესად ექვემდებარებიან კარსტის გავლენას, არანაირი გაჟონვა არ მოხდება მიმდებარე ყურეებისკენ / ნაკადულებისკენ, რადგან რიონის ხეობის მახლობლად არ არის ნაკადები. ამასთან, კარსტს ბარემიულ და ზედა ცარცოვან ქანებში არ ექნებოდა ჰიდრავლიკური ურთიერთობა მიმდებარე ყურეებთან და ნაკადებთან მათი არსებობის შემთხვევაშიც კი.

კაშხლის საძირკველში მისი გვერდის გავლით არ უნდა იყოს მოსალოდნელი კარსტული ფილტრაცია, რადგან საძირკველი აგებულია ნეოკომის არაკარსტულ ქანებზე. განისაზღვრა კარსტული გაჟონვის დანაკარგები ნ.ნ. პავლოვსკის და ვ.პ. ნედრიგის განტოლებები ჩვეულებრივი დახეთქილი ქანებისთვის. გაანგარიშება დაეფუძნა ფილტრაციის მაქსიმალურ კოეფიციენტს და შედეგი იყო 0.3მ<sup>3</sup>/წმ, რაც გავლენას არ ახდენს ენერჯის გამომუშავებაზე. ამრიგად, დაკვირვებადი ტერიტორიის გეოტექნიკური პირობები ხელსაყრელია ტვიშის ჰესის წყალსაცავის მშენებლობისა და ექსპლუატაციისთვის.

#### 4.6. მიწისქვეშა წყლების ზოგადი განლაგება და გადაადგილება

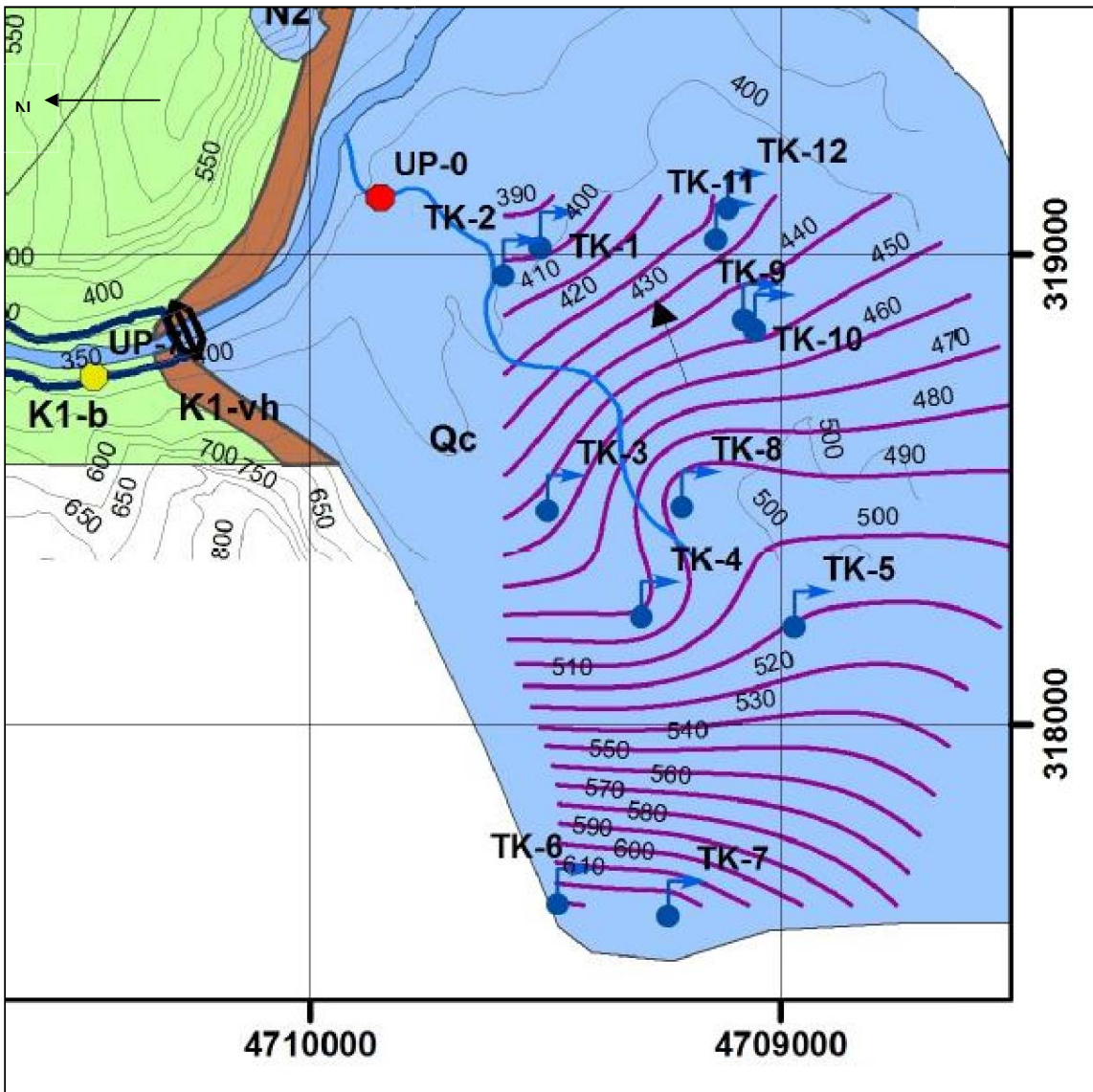
ა

საველე დაკვირვებების ჩატარების მიზანი აუზში მიწისქვეშა წყლების ზოგადი ადგილმდებარეობის დადგენა და მიწისქვეშა წყლების ნაკადის ზოგადი მიდგომების უზრუნველყოფა იყო.

მიწისქვეშა წყლების ჰიდრავლიკური გრადიენტი ნალექებით დაფარულ დაბლობში ძალიან დაბალია. მეორეს მხრივ, იმ რეგიონებში, სადაც ციცაბო რელიეფი დომინირებს, იზრდება ჰიდრავლიკური გრადიენტი. აღმოჩნდა, რომ ჰიდრავლიკური გრადიენტი მდინარის კალაპოტში საკმაოდ დაბალია და გამოითვლება, როგორც 0.004-0.006 ჩრდილო – დასავლეთის მიმართულებით.

გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემის (GIS) მიერ მომზადდა მიწისქვეშა წყლის მრიცხველები, ტვიშის მიმდებარე ტერიტორიის კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემებით. მონაცემთა სტრუქტურა შეიქმნა ტოპო – რასტრული მეთოდით. ტვიშის არეალის ჰიდრავლიკური გრადიენტი გამოითვალა 0.15 – დან 0.20 – მდე მდინარე რიონის მიმართულებით (აღმოსავლეთით).





სურათი 27: სოფელ ტვიშის ჰიდრაულიკური გრადიენტის რუკა.

4.7. კონცეფციური ჰიდროგეოლოგიური მოდელი

4.7.1. ზემო ნამახვანის კონცეფციური ჰიდროგეოლოგიური მოდელი

კაშხლის ადგილთან დაკავშირებით მთავარ შემფოთებას ნაწილობრივ იქვევს კარსტული (K1-b) კირქვა, რომელმაც შეიძლება წყლის გაჟონვა გამოიწვიოს წყალსაცავის ავსებისთანავე. ზემო ნამახვანის კაშხლის ადგილზე წყალგამძლეობის საკითხი არ იჩენს თავს, ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით, ჯერ კიდევ არსებობს გარკვეული ბუნდოვანი წერტილები.

ზემო ნამახვანის ბეტონის გრავიტაციული კაშხალი; კომპაქტური პროექტი თავისი ელექტროსადგურით, სამონტაჟე ბლოკებით, წყალდასაშვებით და ქვედა გასასვლელით დაფუნდებულია ქვემო ნამახვანის (K1- h) „პრაქტიკულად წყალგაუმტარ“ კირქვაზე. კირქვა (K1-vh) განაგრძობს კაშხლის ღერძის U/S-ს და წარმოადგენს წყალსაცავის ფართობის დაახლოებით პირველ

200 მ-იან მონაკვეთს ზღვის დონიდან 357.0 მ სიმაღლეზე. საბოლოოდ, კირქვა (K1-vh) კონტაქტში შედის მასიურ და ნაწილობრივ კარსტულ, ბარემიულ კირქვასთან (K1-b) ჩადინების ნაპრალით. # 1 და # 4 კარსტული მღვიმეები იცლება ამ ჩადინების ნაპრალის გასწვრივ პერიოდულად, წვიმიან სეზონებში. სავლელ დაკვირვებით დადგინდა, რომ კონტაქტთან ჩადინების ნაპრალის ორიენტაცია მეტ-ნაკლებად პარალელურია კირქვის საფუძვლის სიბრტყეების (K1-vh) (315/40), რომლებიც დახრილია U/S-ის მიმართ აშკარა 25<sup>0</sup> -ანი კუთხით.

U/S-ის მიმართულებით, რიონის ხეობის შესასვლელთან, ნაწილობრივ კარსტული კირქვაც ასევე დაფარულია აპტიური კირქვით (K1-a), რომელიც შედგება მერგელური კირქვის და მერგელის თხელი და საშუალო საფუძვლებისგან და გააჩნია პრაქტიკულად წყალგაუმტარი ჰიდროგეოლოგიური თვისებები. სამი ცარცული კირქვის სტრატოგრაფიული თანმიმდევრობა იმგვარია, რომ ნაწილობრივ კარსტული (K1-b) კირქვა მოყოლილია პრაქტიკულად შეუღწევად (K1-vh) და (K1-a) კირქვის მასებს შორის. მიუხედავად იმისა, რომ (K1-b) კირქვა მგრძობიარეა კარსტიფიკაციის პროცესის მიმართ, მისმა პოზიციამ ორ შეუღწევად კირქვულ მასას შორის, შეზღუდა პროცესის განვითარება ჩადინების ნაპრალის ზონაში.

ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური შეფასებების თანახმად, UNK და LNK- ის კაშხლების ორივე ადგილი და მათი წყალსაცავის არეალი იძლევა წყლის დანაკარგს გონივრულ ფარგლებში, რომელიც შესაძლებელია იმართოს გასუფთავების მეთოდით.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, კარსტიფიკაციის პროცესის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წინაპირობაა ისეთი სუსტი ზონები, როგორცაა საფუძვლები, შეერთებები, არარეგულარული ნაპრალები და ადგილობრივი ნახეთქები. დეპონირების მემკვიდრეობითი საფუძვლების გარდა, ყველა ეს შეუსაბამობა დაკავშირებულია ტექტონიკურ აქტიურობასთან. საფუძვლის სიბრტყეები, მაღალი და ძალიან მაღალი გამძლეობის დაშორებებით, როდესაც ექვემდებარებიან გამწვლავ ან შემკუმშავ ზემოქმედებას, საბოლოოდ იკეცებიან და, შესაბამისად, იცვლიან გადაადგილებას, როგორც ეს მოკლედ არის ახსნილი ქვემოთ.

**ა: ჰომოკლინური ანტიკლინი**

ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში, პროექტის ტერიტორია მდებარეობს გომის მასივში, რომელიც ჩამოყალიბდა კონტინენტური ქერქული ამაღლების შედეგად, რაც გამოწვეული იყო ქვემოთ მოძრავი ფილის დაშლით. შედეგად მოხდა ჩრდილოეთ-გრადიენტული ჰომოკლინური დაკეცვის ფორმირება, რომელიც წარმოადგენდა „დახრილი ნახეთქის ბლოკს“. ამჟამად ეს ჰომოკლინური სტრუქტურა ვლინდება საფუძვლის სიბრტყეებში, რომელთაც აქვთ საშუალო 320/30 და 310/40 ორიენტაცია, მარჯვენა ზღვართან და მარცხენა ზღვართან, შესაბამისად. აღნიშნული საფუძვლის სიბრტყეები განსაკუთრებით მკაფიოდ განსხვავდებიან პრაქტიკულად შეუღწევად (K1-vh) კირქვაში. მჭიდროდ დაფენილი მასიური (K1-b) კირქვა სათანადოდ ფარავს (K1-vh) კირქვას ჩადინების ნაპრალთან ერთად, U/S ხეობის მიმართულებით.

**ბ: ოროგენული კარსტი**

ჩადინების ნაპრალის კონტაქტი (K1-vh) კირქვასა და ზედ განთავსებულ (K1-b) კირქვას შორის ჩამოყალიბდა ჯერ კიდევ მიმდინარე კომპრესიული ტექტონიკის გამო. ჩადინების ნაპრალის ფორმირების პროცესში, რომელიც მონაცვლე სტრესებმა გამოიწვია, კონსოლიდირებული საფუძვლების სიბრტყეები ვერ უზრუნველყოფენ საზიარო სათანადო მდგრადობას დეფორმაციული ძალების მიმართ. შედეგად ჩამოყალიბდა საფუძვლების სიბრტყეების შეერთებები, რომლებმაც მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს კარსტიფიკაციის პროცესში, რომელიც ამჟამად ვერტიკალურად მუშაობს ზემოდან ქვემოდან.

როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, მარჯვენა ზღვართან, როგორც არსებული გზის ზემოთ, ასევე ქვემოთ დაფიქსირებული ჩამდინარე წყაროები, წარმოადგენენ ამ ვერტიკალურად განვითარებული კარსტიფიკაციის პროდუქტს. სქელი დილუვიური დანალექები, ზემოთ მდებარე ხეობაში, სადაც

სოფელ ლახეპაა განლაგებული, წარმოადგენს სეზონური წყაროების რეზერვუარს.

4.7.2. ქვედა ნამახვანის კაშხლის ტერიტორია და მისი კონცეფციური ჰიდროგეოლოგიური მოდელი

ვულკანურ-დანალექი კლდის წარმონაქმნების შეღწევადობის მახასიათებლებზე გავლენას ახდენს კუნძულ – თაღოვანი ვულკანიზმი და კომპრესიული ტექტონიკა, როგორც ეს მოცემულია ქვემოთ.

**სითბური და წნევის ეფექტები**

საპროექტო არეალის ვულკანურ-დანალექი ქანებისთვის მასალის მიწოდების გარდა, კუნძულ-თაღოვანი ვულკანიზმი ასევე ეფექტურია როგორც ქანების მატერიალური, აგრეთვე მასური თვისებებისთვის შემდეგი თვალსაზრისით:

- აქტიური ვულკანების მაღალი სითბური ნაკადის გავლენის შედეგად ხელუხლებელი ქანის ცემენტაციის ფონზე, ნაწილაკები იკუმშებიან, რითაც მცირდება პირველადი ფორიანობა.
- ანალოგიურად, საფუძვლის სიბრტყეების და შეერთებების ცემენტაცია აღმოიფხრა და დაიხურა, რითაც განცალკევდა მიწისქვეშა წყლების გეზები.

**კომპრესიული ტექტონიკა**

კომპრესიული ტექტონიკის შესანიშნავი პროდუქტი, ნამახვანის ანტიკლინი, ძალზედ ეფექტურია მიწისქვეშა წყლების მდგომარეობისთვის. აღნიშნულის დამადასტურებელი და საწინააღმდეგო მოსაზრებები მოცემულია შემდეგი ფორმით:

- კომპოზიციურმა ტექტონიკამ, რომელიც გეოლოგიურ დროში ქანის ფენებზე მუშაობს, საბოლოოდ წარმოქმნა ანტიკლინები და სინკლინები რეზერვუარში, თავიანთი დრეკადი ქანების მასებით. აქ ანტიკლინის და სინკლინის მომგებიანი ასპექტები იმაში მდგომარეობს, რომ ყველა ქანის წარმონაქმნი თანდათან იკუმშება კომპრესიის ზემოქმედების ქვეშ, რაც იწვევს პირველადი და მეორადი ფორიანობის შემცირებას.
- კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტი წყალსაცავის ზონაში განვითარებული ანტიკლინების და სინკლინების შესახებ იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი შედგება კლდის მონაცვლეობადი ფენებისგან, სადაც შედარებით შეღწევადი მასალები გარშემორტყმულია პრაქტიკულად შეუღწევად მასალებით.
- რათქმაუნდა, ფორმირებულია რამდენიმე მაღალი ხარისხით დახეთქილი ზონა, სადაც ქანის მასის საბოლოო საზიარო სიმტკიცე იზრდება კომპრესიული ტექტონიკის პირობებში. მაგრამ ეს ზონები სისტემის შიგნით იზოლირებულია რეზერვუარის მთლიანი შეღწევადობით.
- შეუღწევადობის მახასიათებლების მქობე ვრცელი დილუვიალური / პროლევიალური ნიადაგის საფარი, ჩანს კონკრეტულად რეზერვუარის არეალის ზედა ნაწილში.
- დაბოლოს, მიმდებარე ხეობებში წყლის ჩაშვების შესაძლებლობა არ არსებობს ხელსაყრელი მორფოლოგიის გამო, სადაც მდინარე რიონის მკვებავი მრავალი შენაკადია წარმოქმნილი ორივე სანაპიროზე.

კონცეპტუალური გეოტექნიკური მოდელის ფარგლებში პირდაპირი შეფასება და ემპირიული გამოცდილება იძლევა ვარაუდის შესაძლებლობას, რომ ქვემო ნამახვანის კაშხლის ადგილის საფუძველი წყალგამძლეა, (ა) დანალექების გარემოს და (ბ) სტრუქტურული გეოლოგიის მიზეზებიდან გამომდინარე. ეს კონცეპტუალური

მიდგომა დადასტურებულია კაშხლის ადგილზე შესრულებული „პაკერის ჰიდრაულიკური გამოცდის“ შედეგების საშუალებით.

#### 4.7.2.1 დანალექების გარემო და სტრუქტურული გეოლოგია

კაშხალის უბანი მდებარეობს ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ნაწილზე, სადაც კლდოვანი მასების დახრილი ფენები ზედა მხარისკენ მიემართება თითქმის კაშხალის ღერძის პარალელურად. მიუხედავად იმისა, რომ ჯერ კიდევ არსებულმა N-S მიმართულების მქონე სტრესმა, რომელიც მოქმედებს კლდოვან მასებზე, გამოიწვია რამდენიმე ადგილობრივი გადაადგილების ზონის შექმნა, პროექტის მიდამოში დომინირებს რეგიონული კომპრესიული ტექტონიკის ხელსაყრელი გავლენა წყალშეუღწევადობაზე.

როგორც წინა თავებში აღვნიშნეთ, იურული ქანები, რომლებიც წარმოადგენს კაშხალის საძირკველს, კუნძულ – თაღოვანი ვულკანიზმის პროდუქტებია, რომლებიც სასარგებლოდ მოქმედებენ წყალშეუღწევადობაზე შემდეგი თვალსაზრისით:

- მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი წარმონაქმნი ცემენტირებულია, ისინი ყოველთვის ენაცვლებიან პრაქტიკულად შეუღწევად ფორმირებებს მოკლე მანძილებზე. უფრო მეტიც, ამ ფორმირებების დროს და მათ შემდეგაც განხორციელდა სითბური და წნევით ზემოქმედება, რამაც განაპირობა რეკონსოლიდაცია.
- ოკეანურ-ოკეანური ფილის საზღვრებში, უწყვეტმა კონვერჰეტულმა მოქმედებებმა გამოიწვია შესუსტება და ადგილობრივი დაკეცვა, რამაც შეზღუდა ქანების მასალის თვისებები და შეამცირა პირველადი ფორიანობა.

#### 4.7.2.2 „პაკერის ტესტების“ გეოტექნიკური შეფასება

კაშხალის ტერიტორიაზე „პაკერის ტესტები“ განხორციელდა BH-LNK-03-სა და BH-LNK-04-ში. ამ ტესტების შედეგების გეოტექნიკური შეფასებები მოცემულია ქვემოთ.

##### **A: ჭაბურღილი BH-LNK-03**

ამ ჭაბურღილში, წნევის მატების გარკვეული პრობლემები, როგორც ჩანს, წარმოიქმნება 10-45მ ინტერვალებს შორის. სიტუაციის ჩვენეული ინტერპრეტაციის მიხედვით, ვლინდება ორი კარგი მიზეზი ამ შედეგისთვის:

(ა)ტექტონიკა: ცნობილია, რომ რეგიონალური კომპრესიის ტექტონიკა დაახლოებით N-S მიმართულებისაა, რომელიც კაშხლის ადგილის მიმართ თითქმის პერპენდიკულური ღერძია, რაც იწვევს ადგილობრივ გადაადგილებას ღერძის პარალელურად.

(ბ)“პაკერის ტესტების“ ჩატარება უნდა დაიწყოს საძირკვლის ქანის წყლით გაჯერების შემდეგ, და გაგრძელდეს მანამ, სანამ ხაზოვანი წლის მიღწევა იწვევს დონის კარგვას.

##### **B: ჭაბურღილი BH-LNK-04**

პირველ 45 მეტრში ოთხი ინტერვალის გამოკლება, როგორც ჩანს გამოწვეულია BH-LNK-03-ს მგავსი და იგივე გადაადგილების ზონით.

#### 4.8. ჰიდროგეოქიმიური კვლევა T

წყლის შემადგენლობის ქიმიური შეფასებები იმგვარად ჩატარდა, რომ შესაძლებელია საკვლევ ზონაში ზედაპირისა და მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური და ქიმიური თვისებების განისაზღვრა. ამ მიზნით,

ადგილზე გაზომვები, რომლებიც განხორციელდა შემოწმებული წყლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესაბამისად, ჩატარდა გამოქვაბულში, გეოლოგიური კვლევების ფარგლებში (ცხრილი 11).

**ცხრილი 11: გამოქვაბულში - ადგილზე განხორციელებული გაზომვები (პორტატული ზონდი)**

| გამოქვაბული No | T(°C) | pH   | EC(ppm) |
|----------------|-------|------|---------|
| 1              | 8,4   | 8,96 | 340     |
| 2              | 9,7   | 8,6  | 250     |
| 3              | 9,1   | 8,16 | 260     |

ტემპერატურის მნიშვნელობების გათვალისწინებისას, ჩანს, რომ წყლის მიმოქცევის პერიოდი არც თუ ისე გრძელია. ის ადასტურებს ზედაპირულ მიმოქცევას, რომელიც გვიჩვენებს დაბალ კარსტურ მოქმედებას.

ქვემო ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლების ადგილებიდან აღებული წყლის ნიმუშების ქიმიური ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილში 12

წყლის შემადგენლობის ქიმიური ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით, განხორციელდა შემდეგი შეფასებები:

- 1) ზოგადად წყლის ნიმუშების ქიმიური ანალიზების პასუხები ერთმანეთთან ძალიან ახლოს იყო.
- 2) იონის გაცვლის შედეგები ერთმანეთთან ახლოსაა, რაც მიუთითებს წყლის ერთსა და იმავე წარმოშობაზე.
- 3) მაგნიუმის დაბალი მნიშვნელობა მიუთითებს, რომ დოლომიტიზაცია შედარებით ნაკლებად შეიმჩნევა გარემოში
- 4) კარბონატისა და ბიკარბონატის მნიშვნელობი მიუთითებს კონტაქტზე კირქვასთან (ზედაპირული ნაკადი).
- 5) ) ნატრიუმის, კალიუმის და ქლორიდის ღირებულებები მიუთითებს თიხასთან კონტაქტზე.
- 6) ქლორიდის მნიშვნელობის მიხედვით დადგენილია მტკნარი წყალი, რომელიც მიუთითებს მძიმე ზედაპირულ დინებასა და მიმოქცევაზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ზემო და ქვემო ნამახვანის კაშხლების ადგილებზე აღებული წყლის ნიმუშები ერთიდაიგივე წარმოშობისაა. წყლის მაღალი პროცენტი მოდის ზედაპირული ნაკადებიდან და დილუვიუმის წყალშემცველი ფენებიდან.

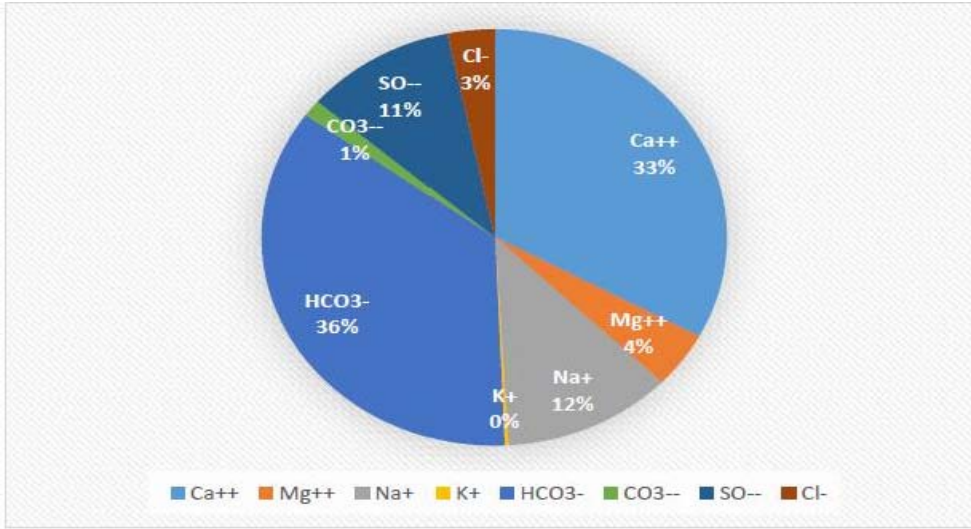
**ცხრილი 12: ქვემო ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლის ტერიტორიიდან აღებული წყლის შემადგენლობის ქიმიური ანალიზის შედეგები (სამეცნიერო კვლევითი ფირმა „გამა“)**

| *<br>1 | პარამეტრები               | ნაწილები                 | ქვემო ნამახვანი | ზემო ნამახვანი |
|--------|---------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|
| 1      | pH                        | -                        | 7.9             | 7.8            |
| 2      | ლექტროგამტარობა           | mS/m (25 <sup>0</sup> C) | 32.63           | 31.98          |
| 3      | მთლიანი ნალექი            | mg/l                     | 24              |                |
| 4      | ბიკარბონატი               | mg/l                     | 165.9           | 168.4          |
| 5      | მთლიანი ტუტთანობა(CaCO3)  | mg/l                     | 144             | 138            |
| 6      | ქლორიდი                   | mg/l                     | 9.2             | 9.2            |
| 7      | ამონიუმი                  | mg/l                     | <0.5            | <0.5           |
| 8      | ნიტრიტი                   | mg/l                     | <0.5            | <0.5           |
| 9      | ნიტრატი                   | mg/l                     | 1.5             | 1.06           |
| 10     | სულფატი                   | mg/l                     | 38              | 35             |
| 11     | პერმანგანატის მნიშვნელობა | mg oxygen/l              | 0.48            | 0.88           |
| 12     | ნატრიუმი                  | mg/l                     | 7.59            | 7.15           |
| 13     | კალიუმი                   | mg/l                     | 0.83            | 0.83           |
| 14     | კალციუმი                  | mg/l                     | 50              | 46             |
| 15     | მანგანუმი                 | mg/l                     | 10.8            | 12             |
| 16     | სულ სიმტკიცე              | mg/l                     | 3.39            | 3.29           |

ანალიზის შედეგების შედარება meq / l- ში მოცემულია ცხრილ 12-ში, ნამახვანის წყლის ნიმუშის განაწილება წრიულ დიაგრამაზე მოცემულია ცხრილ 13-ში, ხოლო სამკუთხედის დიაგრამა ნაჩვენებია სურათ 28-ზე.

**ცხრილი 13: ქვემო ნამახვანის და ზემო ნამახვანის წყლის ნიმუშის ძირითადი ანიონის და კატიონის მნიშვნელობები (meq/l მნიშვნელობები)**

| იონები                        | ქვემო ნამახვანი | ზემო ნამახვანი |
|-------------------------------|-----------------|----------------|
| Ca <sup>++</sup>              | 2.5             | 2.3            |
| Mg <sup>++</sup>              | 0.33            | 0.31           |
| Na <sup>+</sup>               | 0.9             | 1              |
| K <sup>+</sup>                | 0.02            | 0.02           |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 2.71            | 2.76           |
| CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.1             | 0.1            |
| SO <sup>-</sup>               | 0.79            | 0.72           |
| Cl <sup>-</sup>               | 0.25            | 0.25           |



სურათი 28: ნამახვანის წყლის ნიმუშის ანიონ კატიონის განაწილება მოცემულ წრიულ დიაგრამაზე

## 5. შედეგები და რეკომენდაციები

ნამახვანის ნალექების წლიური სიდიდე 1695 მმ-ის. წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორია ნალექების მაქსიმუმს აღწევს დეკემბერში, ხოლო ნალექების მინიმალური რაოდენობა მაისზე მოდის. საკვლევ არეალში საშუალო ტემპერატურაა 13.8°C. ვლინდება, რომ წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიაზე საშუალო ტემპერატურული უმაღლესი მნიშვნელობები მიიღწევა ივლისსა და აგვისტოში, ხოლო უდაბლესი - იანვარსა და თებერვალში.  $Q_{avg}$ -ის გამოთვლილი მნიშვნელობაა 154 მ<sup>3</sup>/წმ.

ხმელეთზედა ნაკადები (OF), ნაკადების შერწყმა (IF) და ძირითადი ნაკადები (BF) სიმულირებულია შემდეგი მონაცემების მიხედვით: 864.59 მმ/წელი, 318.64 მმ/წელი და 225.33 მმ/წელი. ხმელეთზედა ნაკადებზე ყველა კომპონენტს შორის უმეტესი წილი მოდის (დაახლოებით 61%), მაშინ, როდესაც ძირითად ნაკადებზე უმცირესი 16%-ანი წილი მოდის. ხმელეთზედა ნაკადების და შერწყმული ნაკადების ერთობლიობა (128.42 მ<sup>3</sup>/წ) გვიჩვენებს წინა ჰიდროლოგიური ანგარიშის გამოთვლების (127 მ<sup>3</sup>/წ) მსგავს შედეგებს.

შევსება ნეტო შემოდინების დაახლოებით 13 პროცენტს შეადგენს. ჰიდროლოგიური მოდელირების შედეგების მიხედვით, შევსება და ძირითადი ნაკადი დაბალი პროცენტული მაჩვენებლით ხასიათდება. ამ სიტუაციის გამომწვევი მიზეზს შესაძლებელია წარმოადგენდეს წყალშემკრების მკვეთრი რელიეფი ან მიწისქვეშა წყლების მაღალი დონე და მათი ჩადინება მდინარეთა სისტემაში ან ადგილობრივ კასტრულ თავისებურებებს შორის კავშირის არარსებობა.

პროექტის არეალის მგრძობელობა ძირითადად დაკავშირებულია ჭარბ ნაკადსა და ჩამონადენთან.  $C_{diff}$  კოეფიციენტი (ხმელეთზედა ნაკადის ჩამოდინების კოეფიციენტი) 0.801-ია, მაშინ, როდესაც "1" -თან მიახლოებით ვლინდება დიდი მოცულობის ხმელეთზედა ნაკადი და მცირე ინფლიტრაცია მკვეთრ აუზსა და შეუღწევად ნიადაგში/ქანებში.

ზემო ნამახვანის კაშხლის ადგილის მთავარი საზრუნავია ნაწილობრივ კარსტული (K1-b) კირქვა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს წყლის გაჟონვა რეზერვუარის ავსებისთანავე.

ზემო ნამახვანის ბეტონის გრავიტაციული კაშხალი; კომპაქტური პროექტი თავისი ელექტროსადგურით, სამონტაჟე ბლოკებით, წყალდასაშვებით და ქვედა გასასვლელით დაფუძნებულია ქვემო ნამახვანის (K1- h) „პრაქტიკულად წყალგაუმტარ“ კირქვაზე. კირქვა (K1-vh) განაგრძობს კაშხლის ღერძის U/S-ს და წარმოადგენს წყალსაცავის ფართობის დაახლოებით პირველ 200 მ-იან მონაკვეთს ზღვის დონიდან 357.0 მ სიმაღლეზე. საბოლოოდ, კირქვა (K1-vh) კონტაქტში შედის მასიურ და ნაწილობრივ კარსტულ, ბარემიულ კირქვასთან (K1-b) ჩადინების ნაპრალობით. # 1 და # 4 კარსტული მღვიმეები იცლება ამ ჩადინების ნაპრალობის გასწვრივ პერიოდულად, წვიმიან სეზონებში. სავსე დაკვირვებით დადგინდა, რომ კონტაქტთან ჩადინების ნაპრალობის ორიენტაცია მეტ-ნაკლებად პარალელურია კირქვის საფუძვლის სიბრტყეების (K1-vh).

U/S-ის მიმართულებით, რიონის ხეობის შესასვლელთან, ნაწილობრივ კარსტული კირქვაც ასევე დაფარულია აპტიური კირქვით (K1-a), რომელიც შედგება მერგელური კირქვის და მერგელის თხელი და საშუალო საფუძვლებისგან და გააჩნია პრაქტიკულად წყალგაუმტარი ჰიდროგეოლოგიური თვისებები. სამი ცარცული კირქვის სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობა იმგვარია, რომ ნაწილობრივ კარსტული (K1-b) კირქვა მოყოლილია პრაქტიკულად შეუღწევად (K1-vh) და (K1-a) კირქვის მასებს შორის.

მიუხედავად იმისა, რომ (K1-b) კირქვა მგრძობიარეა კარსტიფიკაციის პროცესის მიმართ, მისმა პოზიციამ ორ შეუღწევად კირქვულ მასას შორის, შეზღუდა პროცესის განვითარება ჩადინების ნაპრალობის ზონაში.

ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური შეფასებების თანახმად, UNK და LNK- ის კაშხლების ორივე ადგილი და მათი წყალსაცავის არეალი იძლევა გონივრულ წყლის დანაკარგს, რომელიც შესაძლებელია იმართოს გასუფთავების მეთოდით.

მიზანშეწონილი იქნებოდა კომპაქტური საინჟინრო შევსების, საინჟინრო შევსება გეოსინთეზური მასალებით საინჟინრო შევსების გამოყენება, გამაგრების და ბეტონის შევსების მეთოდებად, მეორეს მხრივ, ცემენტნაზავის ტრადიციული მეთოდების გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს სირთულეები კარსტული ღრუებში და მის სადრენაჟე ქსელში.



## 6. გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევები ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადისთვის, ანგარიში #3.
- [2] მ. აკინსი, 2018, ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის კასკადის პროექტის I დონის, პროექტირების ეტაპის ანგარიში Ge308-200-Dw-Rep-Geo-00003, ტემელსუ, ანკარა.
- [3] SP Studio pletrangell-ის კონსულტანტი ინჟინრები, 2015 წ., ფაზა 2 ა - ძირითადი საპროექტო ჰიდროლოგიური ანგარიში.
- [4] SP Studio pletrangell-ის კონსულტანტი ინჟინრები, 2016 წ., ფაზა 2 ა - ძირითადი საპროექტო კარსტული მახასიათებლების ანგარიში.
- [5] NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems და U.S./Japan ASTER Science Team (2009). ASTER-ის გლობალური ციფრული რელიეფის მოდელი [მონაცემთა კრებული]. NASA EOSDIS-ის მიწის პროცესები DAAC. doi: 10.5067/ASTER/ASTGTM.002
- [6] NOAA, გარემოს შესახებ ინფორმაციის, მეტეოროლოგიური მონაცემთა კრებულის ეროვნული ცენტრები, <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/cart>
- [7] WorldClim-ის ვერსია 2. მონაცემები გლობალური კლიმეტის შესახებ, <http://worldclim.org/version2>
- [8] ჰ. მადსენი, 2000, კონცეპტუალური ატმოსფერული ნალექის-ჩამონადენის მოდელის ავტომატური კალიბრაცია რამდენიმე მიზნის გამოყენებით.
- [9] დაუდი, რ. დევიდი, ვ. რობერტი და ბერგმანი, მ. ჯეიმსი, 1972, ატმოსფერული ნალექის-ჩამონადენის სიმულაციის მოდელი წყალდიდობის მაქსიმუმის გამოთვლისთვის მცირე დრენაჟის აუზებში.
- [10] ა. ალ-ჩარიდეჰი, Environ Earth Sci (2012) 65: 1169. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1365-5>
- [11] ჰ. ჰოეცლი 1995. მიწისქვეშა წყლების შევსება მშრალი კარსტული ტერიტორიაზე (საუდის არაბეთი). IAHS-ის პუბლიკაცია.
- [12] დე ვრესი და სიმერსი (2002) მიწისქვეშა წყლების შევსება: პროცესებისა და გამოწვევების მიმოხილვა. ჰიდროლოგიური ჟურნალი.

**ნახაზები:**

- 1) GE308-200-DW-DWG-GEO-00001 - ზემო ნამახვანის პროექტის გეოლოგიური გეგმა და დაკვირვების წერტილების ადგილმდებარეობა.
- 2) GE308-200-DW-DWG-GEO-00002 - ქვემო ნამახვანის პროექტის გეოლოგიური გეგმა და დაკვირვების წერტილების ადგილმდებარეობა.
- 3) GE308-200-DW-DWG-GEO-00003 - ზემო ნამახვანის პროექტის ჰიდროგეოლოგიური გეგმა და დაკვირვების წერტილების ადგილმდებარეობა.
- 4) GE308-200-DW-DWG-GEO-00004 - ზემო ნამახვანის პროექტის ჰიდროგეოლოგიური გეგმა და დაკვირვების წერტილების ადგილმდებარეობა.