

დანართი N9.

ნენსკრა ჰესი, საქართველო

დეტალური პროექტი



ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მულტიპლი ნაგებობები  
ტექნიკური ანგარიში

ავტორი	პროექტი	ფაზა	ტერიტორია	WBS	WBE	დოკ- ტიპი	პროგრამა	განახლება
L	6768	D	SA	GE	GE	TR	004	000

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

000	2018 წლის 2 ოქტომბერი	TM	Bal
ვერსია	თარიღი	ავტორი	დამტკიცებული

**Lombardi Engineering Ltd.**

Via R. Simen 19, P.O.Box 1535, CH-6648 Minusio  
Telephone +41(0)91 735 31 00, Fax +41 (0)91 743 97 37  
www.lombardi.ch, info@lombardi.ch

სარჩევი

1. შესავალი.....	5
1.1. სამუშაოების დახასიათება.....	5
1.2. მიდგომა.....	5
1.3. ანგარიშის სტრუქტურა.....	5
1.4. გამოყენებული ლიტერატურა.....	6
1.4.1. საპროექტო დოკუმენტაცია.....	6
1.4.2. პუბლიკაციები, პროგრამული უზრუნველყოფა და მონაცემები.....	6
2. მეთოდოლოგია.....	8
2.1. საპროექტო ტერიტორიაზე მოსალოდნელი ბუნებრივი საფრთხეები.....	8
2.2. რისკის შეფასება.....	9
2.3. საფრთხეების ხარისხი.....	10
2.4. დაცვის მიზნები.....	11
2.5. დაცვითი ღონისძიებების გატარების შემდგომი მდგომარეობა.....	13
2.6. საფრთხის მახასიათებლების შეფასება.....	13
2.6.1. გეომორფოლოგიური ანალიზი.....	14
2.6.2. ბუნებრივი საფრთხეების მოდელირება.....	14
2.6.3. მიწისძვრების შედეგები.....	15
2.7. პრაგმატული მიდგომა.....	16
3. ნაკრას კაშხალი და გამყვანი გვირაბი.....	17
3.1. გეომორფოლოგია.....	17
3.2. ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება.....	19
3.2.1. ღვარცოფული ნაკადი.....	19
3.2.2. ქვათაცვენა.....	20
3.2.3. ზვავი.....	21
3.3. გამყვანი გვირაბის გამოსასვლელი პორტალი.....	22
3.4. დასკვნები.....	22
4. ნენსკრას კაშხალი და წყალსაცავის ტერიტორია.....	25
4.1. მუდმივი ნაგებობები.....	25
4.2. გეომორფოლოგია.....	25
4.3. კლდეზვავის ნალექები კაშხლის უბანზე.....	31
4.4. ღვარცოფული ნაკადის/ზვავის არხები ნენსკრას კაშხლის ტერიტორიაზე.....	34
4.4.1. ღვარცოფული ნაკადი წყალსაგდებზე (STR-DS-L4).....	35
4.4.2. ღვარცოფული ნაკადი კაშხლის ქვედა ბიეფის ბურჯთან (STR-DS-L3).....	36

4.4.3.	სელური ნაკადები წყალსაგდების გამოსასვლელ პორტალზე და ფსკერულ წყალგამშვებზე (STR-DS-L2).....	37
4.4.4.	ღარცოფული ნაკადი შენაკადის დერივაციის მონაკვეთში (STR-DS-R1) .....	38
4.4.5.	ღვარცოფული არხი კაშხლის თხემზე (STR-DS-R2) .....	39
4.4.6.	ზვავები კაშხლის განთავსების არეალში.....	40
4.5.	წყალსაგდების, მიმყვანი გვირაბის და ფსკერული წყალგამშვების შესასვლელი პორტალები.....	41
4.6.	კოლუვიური/ალუვიური გამოსავლის კონუსები წყალსაცავზე.....	41
4.6.1.	სელური ნაკადების და ზვავებისგან გამოწვეული იმპულსური ტალღები.....	42
4.6.2.	ალუვიური გამოსავლის კონუსების სტაბილურობა .....	44
4.7.	მცინვარული ტბის გარღვევითი წყალდიდობები (GLOF).....	45
4.8.	ნენსკრას წყალსაცავის ზედა ბიეფი.....	45
4.9.	დასკვნები .....	48
5.	გამთანაბრებელი რეზერვუარი და სადაწნეო მილსადენი.....	49
6.	ჰესის შენობა.....	50
6.1.	გეომორფოლოგია .....	50
6.2.	ღვარცოფული ნაკადი არხზე STR-PH-L1.....	54
6.3.	ქვათაცვენა ტექნოგენური ფერდობიდან.....	54
6.4.	რეზიუმე.....	55
7.	შეჯამება.....	55
8.	დასკვნები და რეკომენდაციები.....	56
დანართი A.....		57
დანართი B .....		69
დანართი C.....		83

**დანართები**

- დანართი A წყალდიდობის, სელური ნაკადების, ზვავებისა და ქვათაცვენის მოდელირების მიდგომები
- დანართი B გრუნტის გადაადგილების შეფასება სატელიტური რადიოლოკაციის ინტერფერომეტრიის საშუალებით
- დანართი C შედეგების შეჯამება

**ნახაზები**

- L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004 ნაკრას კაშხალი - მუდმივი ნაგებობები - ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება - ბუნებრივი საფრთხეების რუკა
- L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005 კაშხლის ტერიტორია - მუდმივი ნაგებობები - ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება - ბუნებრივი საფრთხეების რუკა
- L-6768-D-SA-GE-GE-DW-006 ჰესის შენობა - მუდმივი ნაგებობები - ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება - ბუნებრივი საფრთხეების რუკა

## 1. შესავალი

### 1.1. სამუშაოების დახასიათება

წინამდებარე ანგარიშში მოცემულია ნენსკრა ჰესის მუდმივი ნაგებობების უბანზე ჩატარებული ბუნებრივი კატასტროფების შეფასება. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა გრავიტაციული ფერდობის პროცესების გამო მოსალოდნელი რისკების (ღვარცოფული ნაკადი, ქვათაცვენა, ზვავი) გამოვლენა, კლასიფიკაცია, და აღნიშნული რისკების მისაღებ დონემდე დაყვანის მიზნით პროექტში შესაბამისი ცვლილებების შეტანა.

### 1.2. მიდგომა

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ანგარიშში აღწერილია ნენსკრა ჰესის მუდმივ ნაგებობებთან არსებული ბუნებრივი საფრთხეების რისკები. ანალიზი შემდეგი მიდგომით ჩატარდა:

- ანალიზმა მოიცვა ისეთი პროცესები, როგორც არის წყალდიდობა (მდინარე და ნაკადები), ღვარცოფული ნაკადი, ქვათაცვენა და ზვავი;
- კამერალური კვლევის დროს შემუშავდა საფრთხეების და რისკების შეფასების ჩარჩო;
- მონაცემები არსებული მდგომარეობის შესახებ 2016 და 2017 წლების სავალე კვლევების დროს შეფასდა;
- დამატებითი გეომორფოლოგიური ანალიზი მაღალი გაფართობის აეროფოტოგრაფიების და რელიეფის ციფრული მოდელების გამოყენებით ჩატარდა (რეგისტრირებულია 2017 აგვისტოს);
- შესაძლო საფრთხეების იდენტიფიცირების მიზნით შესწავლილ იქნა მუდმივი ნაგებობების განთავსების ტერიტორიები. კერძოდ, ანალიზი გულისხმობდა გეომორფოლოგიურ ანალიზს, ჩატარებული სავალე კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების შეფასებას, და ბუნებრივი კატასტროფების მოდელების ან ტექნიკურ ლიტერატურაზე დამყარებულ სხვაგვარ შეფასებას, სადაც ეს შესაძლებელი იყო;
- გამოვლინდა ყველა სახიფათო სიტუაციასთან დაკავშირებული პოტენციური პრობლემა, განხილულ იქნა შესაძლო ღონისძიებები;
- იმის გათვალისწინებით, რომ წინამდებარე ანგარიშში მოცემულია ანალიზი და შედეგები, ნახაზებზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004, 005 და 006 წარმოდგენილია ის მონაკვეთები, სადაც ბუნებრივი საფრთხეების რისკების და ამასთან დაკავშირებული უსაფრთხოების პრობლემების წარმოქმნაა მოსალოდნელი. დანართში C ჩამოთვლილია დამცავი ღონისძიებების შემუშავებისთვის საჭირო ძირითადი პარამეტრები;
- შესაბამის ანგარიშში [2] დეტალურად არის წარმოდგენილი ის დაცვითი ღონისძიებები, რომლებიც რისკებს მისაღებ დონემდე ამცირებენ.

### 1.3. ანგარიშის სტრუქტურა

ანგარიში სტრუქტურა შემდეგნაირია:

- **თავი 1** შეიცავს ანალიზის მიზნებს და მიდგომებს, ანგარიშის სტრუქტურას და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალს;
- **თავში 2** ბუნებრივი საფრთხეების ანალიზისას გამოყენებული მეთოდოლოგიაა წარმოდგენილი და განხილული;
- **თავებში 3-9** აღწერილია მუდმივი ნაგებობების ტერიტორიაზე ჩატარებული ბუნებრივი რისკების ანალიზი;
- **თავი 10** აღნიშნულ ანალიზს აჯამებს;
- **თავში 11** წარმოდგენილია ანალიზის დასკვნები და შესაბამისი რეკომენდაციები.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

**დანართი A** შეიცავს დეტალურ მოდელირების იმ მიდგომების შესახებ, რომლებიც ბუნებრივი საფრთხეების, კერძოდ წყალდიდობის, ღვარცოფული ნაკადის, ქვათაცვენის და ზვავის მახასიათებლების შეფასებისას იყო გამოყენებული.

**დანართში B** მოცემულია ანგარიში ნენსკრას წყალსაცავის უბანზე ფერდობის სტაბილურობის დასადგენად ჩატარებული რადიოლოკაციური ინტერფერომეტრიული ანალიზის შესახებ.

**დანართში C** დამცავი ღონისძიებების პროექტირებაში გამოყენებული ძირითადი პარამეტრებია ჩამოთვლილი.

ნახაზებზე **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004**, **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005** და **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-006** ასახულია ნაკრას კაშხლის, ნენსკრას კაშხლისა და ჰესის შენობის უბნებზე სტიქიური მოვლენების არსებული მდგომარეობა.

#### **1.4. გამოყენებული ლიტერატურა**

##### **1.4.1. საპროექტო დოკუმენტაცია**

- [1] Nenskra HPP, Georgia, Basic Design. Reservoir slope hazards analysis report, Technical report L-6768-B-GL-DA-GE-TR-003. May 15, 2016, Lombardi Ltd.
- [2] Nenskra HPP, Georgia, Detailed Design. Technical report L-6768-D-SA-GE-GE-TR-005. Lombardi Ltd.
- [3] Nenskra HPP, Georgia, Basic Design. Natural hazards risk assessment. Technical report L-6768-B-GL-GE-GE-TR-005. February 28, 2017, Lombardi Ltd.
- [4] Nenskra HPP, Georgia, Detailed Design. Natural hazards risk assessment - Potential slope instability on reservoir. Technical report L-6768-D-GL-GE-GE-TR-009. June 7, 2018. Lombardi Ltd.
- [5] Nenskra HPP, Georgia, Detailed Design. Natural hazards risk assessment. Camps and installation areas. Technical report. L-6768-D-SA-GE-GE-TR-001. August 2018, Lombardi Ltd.

##### **1.4.2. პუბლიკაციები, პროგრამული უზრუნველყოფა და მონაცემები**

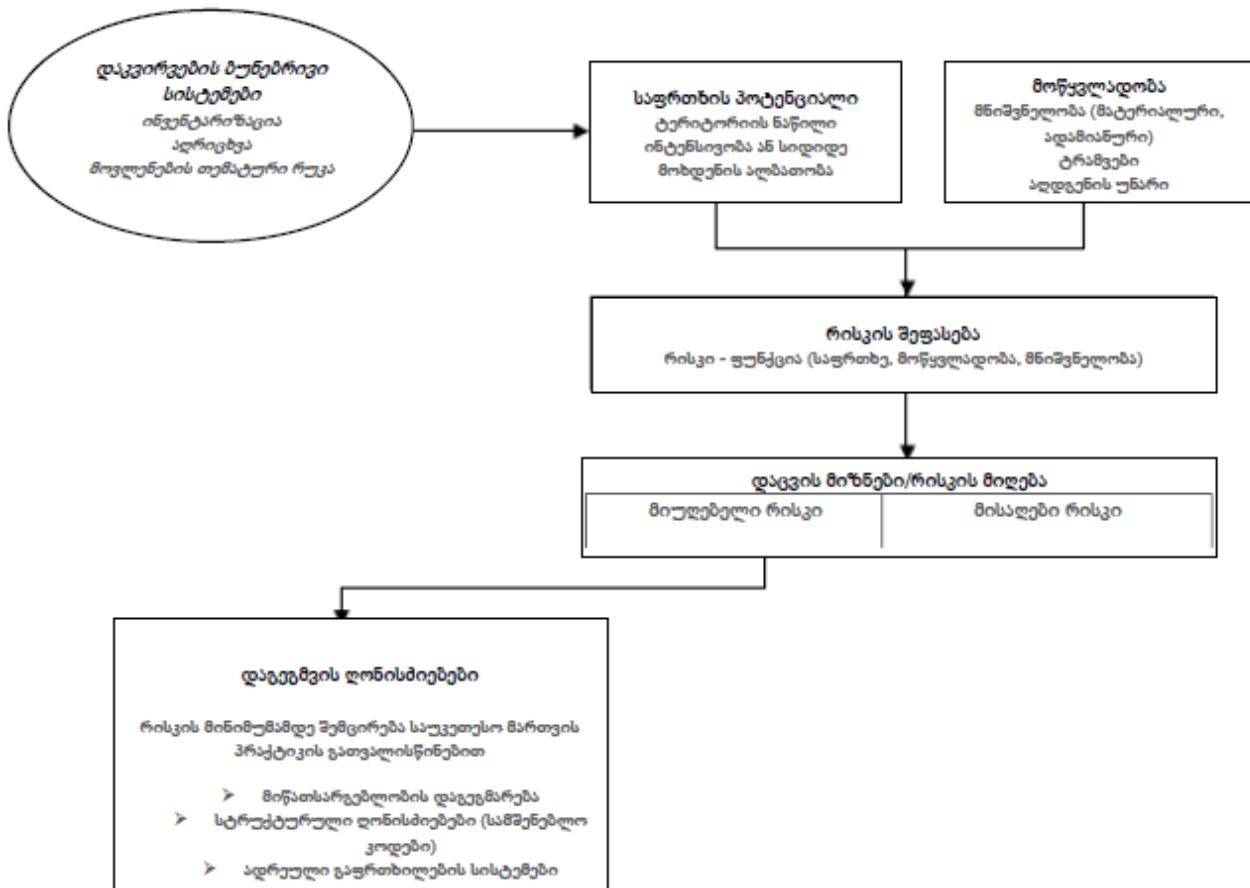
- [6] Comprehensive risk assessment for natural hazards. 1999, World Meteorological Organization.
- [7] Vademecum - Hazard maps and related instruments the swiss system and its application abroad capitalisation of experience. Swiss Agency for Development and Cooperation, SDC, 2005.
- [8] Risk analysis for gravitational natural hazards - Part I, Method, Part II, Case studies and data. (In German: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Methode, Fallbeispiele und Daten). 2009. Swiss Federal Office for the Environment. [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch).
- [9] Strategy Natural hazards Switzerland - Protection goals. (In German: Strategie Naturgefahren Schweiz - Projekt B 2.2, Schutzziele, Schlussbericht 1. Phase, 11. Februar 2008). [www.planat.ch](http://www.planat.ch).
- [10] Geographic Information System Software QGIS. Version 2.18.16/3.0.3. [www.qgis.org](http://www.qgis.org).
- [11] Object protection against gravitational natural hazards. (German: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren). 2005, Kantonale Gebäudeversicherungen.
- [12] Object protection against meteorological natural hazards (German: Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren). 2007, Kantonale Gebäudeversicherungen.
- [13] FOE (2009): Landslide generated impulse waves in reservoirs. Basics and computation. Swiss Federal Office of Energy, FOE, Dam Safety Section. Available online: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch).
- [14] Salm B., Burkard A., Gubler H.U. (1990): Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee und Lawinenforschung Nr. 47, 1990.

- [15] Dorren L.K.A. (2015): Rockyfor3D (v5.2) revealed - Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper ([www.ecorisq.org](http://www.ecorisq.org)): 32 pp.
- [16] FOEN (2016): Protection against mass movement hazards. Guideline for the integrated hazard management of landslides, rockfall and hillslope debris flows. Federal Office for the Environment, Bern. The environment in practice No. 1608, 97 p.
- [17] GeoHECRAS. [www.civilgeo.com](http://www.civilgeo.com).
- [18] Mergili M., Benedikt M., Pudasaini S.P. (2017): r.avaflow - The open source GIS simulation model for granular avalanches and debris flows. [www.avaflow.org](http://www.avaflow.org).
- [19] Christen M., Kowalski J., Bartelt P. (2010): RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology 63 (1), p. 1-14.
- [20] Pudasaini S. (2012): A general two-phase debris flow model. J. Geophys. Res., Vol. 117.
- [21] Feistl T., Bebi P., Dreier L., Hanewinkel M., Bartelt P. (2014): Quantification of basal friction for technical and silvicultural glide-snow avalanche mitigation measures. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 2921-2931.
- [22] Masuya H., Amanuma K., Nishikawa Y., (2009): Basic rockfall simulation with consideration of vegetation and application to protection measure. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1835-1843.
- [23] Melton M.A. (1965): The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. Journal of Geology 73: 1-38.
- [24] Jaboyedoff M. Labiouse V. (2011): Technical note: Preliminary estimation of rockfall runout zones. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, p. 819-828.
- [25] McDougall S. (2017): 2014 Canadian Geotechnical Colloquium: Landslide runout analysis - current practice and challenges. Can. Geotech. J. 54, p. 605-620.
- [26] McKinnon M. (2010): Landslide runout. Statistical analysis of physical characteristics and Model parameters. M.Sc. Thesis, University of British Columbia (Vancouver).
- [27] Rickenmann D. (1999): Empirical relationships for debris flows. Natural hazards, 19, p. 47-77, 1999.

## 2. მეთოდოლოგია

რისკის შეფასების გამოყენებული მეთოდოლოგია სქემატური სახით მოცემულია **ნახაზზე 1**, შეფასების ცალკეული ეტაპები ეფუძნება ე.წ. ბუნებრივი საფრთხეების რისკის შეფასების შვეიცარიულ სისტემას [6][7][8].

**ნახაზი 1:** რისკის შეფასების და მართვის სტრუქტურა [6].



### 2.1. საპროექტო ტერიტორიაზე მოსალოდნელი ბუნებრივი საფრთხეები

ანგარიშში განხილულია შემდეგი სახის ბუნებრივი საფრთხეები და საფრთხის შემცველი სიტუაციები:

- **ზვავი** არის ფერდობზე წამოსული თოვლის სწრაფი ნაკადი. ზვავს ჩვეულებრივ მოყვება ხოლმე ნაშალი მასალა და ხეები.
- **ღვარცოფული ნაკადი.** ღვარცოფული ნაკადის დროს ხდება მასის სწრაფი გადაადგილება, რომლის შემადგენლობაშიც შედის ფხვიერი მიწა, კლდის ნაშალი, ორგანული მასალა და წყალი, რომელიც სწრაფად გადაადგილდება ქვედა მიმართულებით. ზოგადად, ღვარცოფულ ნაკადებს იწვევს ინტენსიური ნალექებით ან თოვლის სწრაფი დნობით წარმოქმნილი ზედაპირული წყლის ნაკადი, რომელიც ახდენს ციცაბო ფერდობებზე არსებული ფხვიერი ნიადაგის და კლდოვანი მასალის ეროზიას და მობილიზებას. სელური ნაკადები ჩვეულებრივ ვითარდება ციცაბო ფერდობზე წარმოქმნილი განსხვავებული ტიპის მეწყერებიდან, რომლის წყლით გაჯერებულობა არის მაღალი და



შედგება დიდი რაოდენობით ლამის და ქვიშის მარცვლების ზომის მასალისგან. სელური ნაკადების წყაროს ხშირად წარმოადგენს ციცაბო ხეხვი; ღვარცოფულ ნაკადებზე ჩვეულებრივ მიუთითებს ხეხვის სათავეებთან არსებული ღვარცოფული გამოტანის კონუსები.

- **ქვათაცვენა** არის განცალკევებული ქვების ან ქვის წყებების ბუნებრივი, თავისუფალი ვარდნით მოძრაობა ქვედა მიმართულებით. ქანების ელემენტების განცალკევებას ჩვეულებრივ ადგილი აქვს წყვეტილი ქანების მასის გასწვრივ, როგორც არის ნაპრალები, რღვევები და დანაწევრებული ზედაპირები ან ნიადაგში და გრუნტზე წარმოქმნილი ქანების ელემენტების მობილიზაცია. ქვათაცვენა შემოიფარგლება ციცაბო კლდეებით. მის ფორმირებას ხელს უწყობს მექანიკური გამოფიტვა და შუალედური წყლების არსებობა. პროცესი შესაძლოა გააქტიურდეს წლის ნებისმიერ დროს, მაგრამ უფრო ხშირად ეს ხდება ყინვის დროს და ცივ სეზონზე ყინული დნობის დროს.
- **მეწყერები**. მიუხედავად იმისა, რომ ტერმინი „მეწყერი“ მოიცავს მრავალი ტიპის მასის გადაადგილებას, მისი შედარებით ვიწრო მნიშვნელობა გულისხმობს მასის ისეთ გადაადგილებას, რომლის დროსაც ხდება შედარებით სუსტი ზედაპირის განცალკევება უფრო სტაბილური ქანების ან ნიადაგის ფენისგან. მეწყერების კლასიფიცირება ხდება მათი ხასიათის (წინსვლით მოძრავი, ბრუნვითი, შერეული), მასალის (ქანები ან ნიადაგი) და სიმძლავრის (ზედაპირული, ღრმა) მიხედვით.
- **კლდის ზვავი** არის დანაწევრებული კლდის ძალიან სწრაფი, ნაკადის მსგავსი მოძრაობა დიდი ზომის კლდიდან ან ქვათაცვენა. ის ჩვეულებრივ ხდება ციცაბო ფერდობებზე (45-90°). გამომწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს ვიზრაცია, ფერდობის ძირის გამოცლა, სხვადასხვა სახის გამოფიტვა, ბზარები, ექსკავაცია ან ფერდობის ეროზია.
- **მცინვარული ტბის გარღვევითი წყალდიდობა (GLOF)** არის წყალდიდობის სახეობა, როდესაც ხდება მცინვარული ტბის გადმოსვლა ბუნებრივი კაშხლიდან.
- **ღვარცოფული ნაკადი**. წყალდიდობების, ზვავების და ინტენსიური ნალექების დროს შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს მოტივტივე ნატანის ტრანსპორტირებას და საფრთხე შეუქმნას საპროექტო კონსტრუქციების - ფარების ან წყალმიმღების გამართულ ფუნქციონირებას.
- **ინტენსიური ნალექები** იწვევს წყალდიდობებს და ხელს უწყობს სხვადასხვა სახის საფრთხეების, მათ შორის სელური ნაკადების, ზედაპირული მეწყერების და ქვათაცვენის განვითარებას.
- **მიწისძვრა** არის მიწის ზედაპირის შეგრძნებადი რხევა, რომელიც დედამიწის ქერქში ენერჯის უცაბედი განტვირთვის შედეგად წარმოიქმნება, რაც თავის მხრივ ქმნის სეისმურ ტალღებს. ტერიტორიის სეისმური აქტიურობა ფასდება გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მომხდარი მიწისძვრების სიხშირის, ტიპისა და სიმძლავრის მიხედვით.

## 2.2. რისკის შეფასება

ბუნებრივ საფრთხეებთან დაკავშირებული რისკების შეფასება მოიცავს ისეთ პროცედურას, რომელიც განიხილავს და პასუხობს ისეთ საკვანძო კითხვებს როგორც არის:

- **რა შეიძლება მოხდეს?** საწყის ეტაპზე უნდა შეფასდეს ბუნებრივი საფრთხე. შეფასება ეფუძნება ადგილზე წარმოქმნილ სიტუაციის შესწავლას და თუ შესაძლებელია, ისტორიულ მონაცემებს ან წარსულში მომხდარი მოვლენების ანალიზს. გარდა ამისა, ბუნებრივი საფრთხის მახასიათებლების და მასშტაბის შეფასების მიზნით გამოიყენება ვარაუდებზე დაფუძნებული მოდელი. სამუშაოს ამ ეტაპზე ხდება იმ ადგილების გამოვლენა, სადაც მოსალოდნელია ბუნებრივი საფრთხეები და სიხშირისა და ინტენსივობის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი მახასიათებლების დაზუსტება.

- რა არის დაშვებული? აღნიშნული შეკითხვა გულისხმობს უსაფრთხოების ღონის განსაზღვრას ბუნებრივი საფრთხის შემთხვევაში; მაგალითად: ტერიტორიაზე წყალდიდობის რა სიღრმეა დაშვებული 100 წლიანი განმეორებადობის პერიოდისთვის, ან 30 წლიანი განმეორებადობის პერიოდისთვის ქვათაცვენის დარტყმის რა ენერჯიაა დაშვებული.
- რა უნდა გაკეთდეს? ბოლო ეტაპზე უნდა მოხდეს შესაბამისი ღონისძიებების ფორმულირება, რათა თავიდან ავიცილოთ ბუნებრივი საფრთხის მძლავრი შედეგები და იგი დასაშვებ ფარგლებში მოვაქციოთ. ასეთი ღონისძიება შესაძლოა იყოს მაგალითად დაგეგმარება - სამშენებლო ან სამუშაო არეალის გადატანა; დაცვითი ღონისძიება - ქვათაცვენისაგან დამცავი ღობეების ან ზვავისგან დამცავი კედლის მოწყობა, ასევე შენობის კედლის სტრუქტურული გამაგრება ისე რომ გაუძლოს ზვავისგან გამოწვეულ ზემოქმედებებს.

მოცემულ ანგარიშში ყურადღება გამახვილებულია საფრთხის შეფასებისა და დაცვის ამოცანების პირველ 2 შეკითხვაზე. რაც შეეხება მესამე საკითხს, იგი განიხილება მოსალოდნელი საპროექტო ღონისძიებების და ამ ღონისძიებების საკვანძო საპროექტო პარამეტრების გათვალისწინებით. დამცავი ღონისძიებების განხორციელების ადგილმდებარეობა და მათი პროექტირება განიხილება კონკრეტულ ანგარიშში [2].

ანალიზი ჩატარდა შემდეგი პროცედურების შესაბამისად:

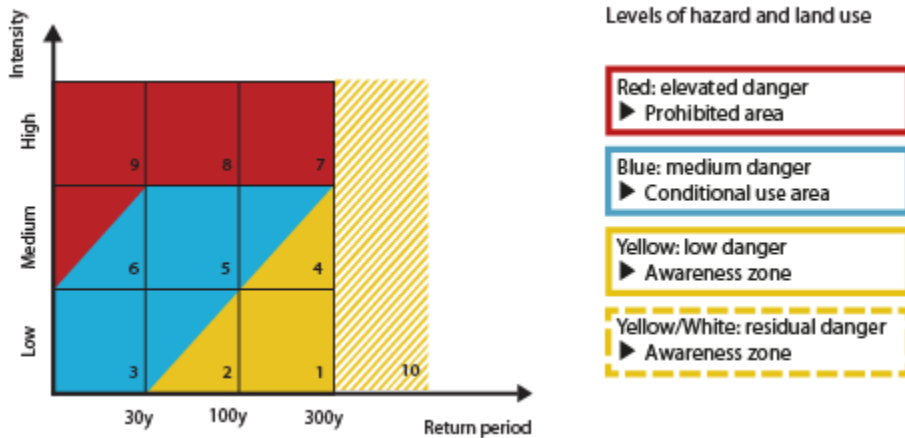
- უბანზე გასვლის დროს განხორციელდა ზოგად სიტუაციაზე დაკვირვება და საფრთხის შეფასების მიზნით შეგროვდა შესაბამისი მონაცემები, კერძოდ: გეომორფოლოგიის, მცენარეული საფარის, წარსულში მომხდარი შემთხვევების (წყალდიდობა, ქვათაცვენა, სელური ნაკადები და ზვავები) შესახებ არსებული ინფორმაციის ანალიზი. მიღებული ძირითადი შედეგები ნაჩვენებია გეომორფოლოგიურ რუკაზე და მოცემულია საფრთხეების განმეორებადობის და ინტენსივობის დასადგენად საჭირო საბაზისო ინფორმაცია.
- ველზე მოპოვებულ მტკიცებულებებსა და ვარაუდების მოდელზე დაფუძნებული საინჟინრო გადაწყვეტილება გამოყენებულ იქნა შესაბამისი ტერიტორიების განსაზღვრისთვის, 3 ძირითადი საფრთხის სცენარის მიხედვით (T=30, 100, 300 წლიანი) [7].
- დაგეგმილ დაცვით ამოცანებთან შედარებით [9] მოსალოდნელი საფრთხეების ინტენსივობა მიუთითებს დაცვითი ღონისძიებების დეფიციტზე და საჭირო ღონისძიებების ფორმულირების აუცილებლობაზე.

არასრული მონაცემები აღნიშნული ანალიზის დამახასიათებელი მდგომარეობაა. ადგილობრივ მოსახლეობასთან დაპირისპირების გამო, არ არის რეკომენდირებული ბუნებრივ საფრთხეებთან დაკავშირებით მოსახლობისგან ინფორმაციის მოპოვება, უფრო მეტიც, ეს შესაძლოა კონტრპროდუქტიულიც კი იყოს. ხელსაყრელი მდგომარეობის დროს ადგილობრივ მოსახლეობასთან შედგა რამდენიმე პირდაპირი, არაფორმალური დისკუსია.

### 2.3. საფრთხეების ხარისხი

სახიფათო სიტუაციის ხარისხი დაკავშირებულია ბუნებრივი საფრთხის 2 ფუნდამენტურ ასპექტთან, კერძოდ: რამდენად ხშირად ხდება (მაგ: განმეორებადობის პერიოდი T ან სიხშირე) და რამდენად მძლავრია ის (მაგ: ინტენსივობა).

**ნახაზი 2:** ბუნებრივი საფრთხის დონეები და მათის მნიშვნელობა მიწათსარგებლობისთვის შვეიცარიაში გამოყენებული მეთოდის მიხედვით [7].



განმეორებადობის პერიოდი 3 ნაწილად არის გაყოფილი: 0-30 წლიანი (ხშირი), 30-100 წლიანი (საშუალო), 100-300 წლიანი (იშვიათი). მოვლენები, რომლებიც 300 წელიწადზე უფრო იშვიათად ხდება მიეკუთვნება ექსტრემალურ მოვლენას და ჩვეულებრივ განიხილება როგორც ნარჩენი რისკი (ნახაზზე 2 ყვითლად და თეთრად მონიშნული ადგილი). იმ ადგილებზე, სადაც გათვალისწინებულია დამცავი ღონისძიებები, მინიმალური ნარჩენი რისკია მოსალოდნელი.

ინტენსივობა იყოფა სამ დონედ: დაბალი, საშუალო და მაღალი (ცხრილი 1). ორივე ასპექტის - განმეორებადობის პერიოდის და ინტენსივობის გაერთიანებით მივიღებთ საფრთხის ხარისხობრივი შეფასების სქემას (ნახაზი 2 მიხედვით).

**ცხრილი 1:** ინტენსივობის კატეგორიები ბუნებრივი საფრთხის რისკის შეფასების [7] შვეიცარიული სისტემის მიხედვით

ინტენსივობის დონე	ღვარცოფული ნაკადი	ზვავი	ქვათაცვენა	მეწყერი
მაღალი	$d > 1$ მ და $v > 1$ მ/წმ	$p > 30$ კპა	$e > 300$ კკ	$d > 1$ მ/მოვლენა ან 0.1 მ/დღ
საშუალო	$h < 1$ მ ან $v < 1$ მ/წმ	$3 < p < 30$ კპა	$30 < e < 300$ კკ	d - დმ/წ
დაბალი	სელური ნაკადებისთვის არა-დაბალი ინტენსივობის დონე	$1 < p < 3$ კპა, მხოლოდ მშრალი თოვლის ზვავი	$e < 30$ კკ	$d < 2$ სმ/წ
h: ნაკადის სიღრმე, v: ნაკადის სიჩქარე, e: ენერგია, d: გადაადგილება, p: წნევა				

#### 2.4. დაცვის მიზნები

ბუნებრივი საფრთხეების რისკის შეფასების საბოლოო მიზანს წარმოადგენს მოსახლეობის და შესაბამისი ობიექტების (შენობები და ინფრასტრუქტურა) დაცვა, რისკისადმი პრაგმატული მიდგომის გზით, მაგ: დაცვითი ღონისძიებების ხარჯსა და სარგებელს შორის სწორი ბალანსის დაცვა. პრიორიტეტული უნდა იყოს უსაფრთხოების სასურველი დონე, რაც უსაფრთხოების იმ დონეს განსაზღვრავს, რომლის განხორციელებაც აუცილებელია პროექტის მიზნებიდან გამომდინარე.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

**ცხრილი 2:** შვეიცარიაში მიღებული და მოცემულ ანალიზში წარმოდგენილი დაცვის მიზნების მიმოხილვა თითოეული სცენარისთვის (ხშირი, საშუალო, იშვიათი) [8].

ობიექტის კატეგორიები, მნიშვნელობები და ინფრასტრუქტურა		განმეორებადობის პერიოდი		
		ხშირი (30 წელი)	საშუალო (100 წელი)	იშვიათი (300 წელი)
		დაცვის მიზნები (დაშვების ინტენსივობები)		
შვეიცარია	1. დაუსახლებელი შენობები, საზოგადოებრივი გზები, რეგიონული მნიშვნელობის ინფრასტრუქტურა	საშუალო	საშუალო	მაღალი
	2 დროებით ან მუდმივად დასახლებული ცალკეული შენობები, რეგიონული გზები, ადგილობრივი მნიშვნელობის ინფრასტრუქტურა	დაბალი	დაბალი	საშუალო
	3 დახურული დასახლებები, ინდუსტრიული ტერიტორიები, დასასვენებელი/სპორტული მოედნები	არა	არა	დაბალი
	4 განსაკუთრებული მოწყვლადობის სპეციალური ობიექტები	ინდივიდუალური შეფასება		
დაგეგმილი ნენსკრა ჰესის სქემა				
ბანაკები და სამონტაჟო უბნები		არა	დაბალი	საშუალო
მუდმივი კონსტრუქციები, არა-კრიტიკული		დაბალი	დაბალი	საშუალო
მუდმივი კონსტრუქციები, კრიტიკული (ნენსკრას კაშხალი, წყალსაგდები, სიღრმული წყალსაგდები		არა	დაბალი	დაბალი

**ცხრილში 2** წარმოდგენილია შვეიცარიაში მიღებული და მოცემულ ანალიზში წარმოდგენილი დაცვის მიზნები. ისინი ეფუძნება შემდეგ მიდგომებს.

მუდმივი ნაგებობების შემთხვევაში თუ  $n=100$  წელს მოხდენის ალბათობა იქნება  $P=1-(1-Py)^n$ , ბუნებრივი საფრთხეების შემთხვევაში შესაბამისი წლიური მოხდენის ალბათობა იქნება  $Py=T-1$ .

მოვლენის 30 წლიანი განმეორებადობის დროს -  $T=30$  მოხდენის ალბათობა იქნება  $P=97\%$ , 100 წლიანი განმეორებადობის შემთხვევაში  $T=100$  -  $P=63\%$ , ხოლო 300 წლიანი განმეორებადობის შემთხვევაში მოხდენის ალბათობა იქნება  $P=28\%$ .  $T=30$  შემთხვევაში მუდმივი ნაგებობების ექსპლუატაციის მანძილზე (100 წელი) საფრთხის მოხდენის ალბათობა გარდაუვალია.  $T=100$  შემთხვევაში კი ამის ალბათობა  $2/3$  -ია, ხოლო  $T=300$  შემთხვევაში -  $1/4$ .

**ცხრილში 2** მოცემული დაცვის მიზნების კატეგორიების კომბინაცია (2. დროებით და მუდმივად დასახლებული ცალკეული შენობები“ და 3. „დახურული დასახლებები“) გამოიყენება მოცემული ანალიზის ფარგლებში; მუდმივი ნაგებობების - ნენსკრას კაშხლის და მნიშვნელოვანი დამხმარე ნაგებობების - წყალსაგდების, ფსკერული წყალგამშვების, და ასევე ძალური კვანძის უსაფრთხოება წარმოადგენს კრიტიკულ საკითხს.

**ცხრილი 3:** შემოთავაზებული დაცვის მიზნები განხილული საფრთხეებისთვის (კონსტრუქციის  $n=100$  წლიანი მუდმივობის გათვალისწინებით, მოვლენის მოხდენის ალბათობა  $P$  განმეორებადობის პერიოდში  $T$ ) კრიტიკული და არა-კრიტიკული მუდმივი ნაგებობებისთვის.

ნენსკრა ჰესი - საფრთხის შემცველი პროცესები მუდმივი ნაგებობების შემთხვევაში	საფრთხის დაშვებული ინტენსივობის განმეორებადობის პერიოდი $T$ და მოხდენის ალბათობა $P$					
	ხშირი (0-30 წ)		საშუალო (30-100 წ)		იშვიათი (100-300 წ)	
	$P=97\%$		$P=63\%$		$P=28\%$	
	არა-კრიტ.	კრიტ.	არა-კრიტ.	კრიტ.	არა-კრიტ.	კრიტ.
ქვათაცვენა. ზემოქმედების ენერჯია [კჯ]	< 30	არა	< 30		< 300	< 30
ღვარცოფული ნაკადი (ნაკადის სიღრმე [მ])	არა	არა	არა		<1	არა
ზვავი. ნაკადის წნევა [კპა]	<3	არა	<3		<30	<3

მოცემული ანალიზისთვის ეს ნიშნავს შემდეგს:

- მე-3 ცხრილში მოცემული ბუნებრივი საფრთხის ინტენსივობები არის დასაშვები.
- მუდმივი ნაგებობებისთვის არსებობს დაცვის მიზნების 2 კატეგორია. კრიტიკული ნაგებობებს (ნენსკრას კაშხალი, წყალსაგდები, ფსკერული წყალგამშვები და ძალური კვანძი) აქვთ უსაფრთხოების მაღალი სტანდარტებით. არა-კრიტიკულ ნაგებობებს აქვთ შედარებით დაბალი უსაფრთხოების სტანდარტები.
- ისეთი მოვლენების შემთხვევაში, რომელთა ინტენსივობა იმაზე მაღალია ვიდრე ანგარიშშია განხილული, საჭიროა ღონისძიებების შემუშავება. ეს შეიძლება იყოს მიწის გამოყენებასთან დაკავშირებული გეგმარებითი ღონისძიებები (მაგ: ნაგებობების გადატანა საფრთხის თავიდან ასაცილებლად) ან დამცავი/სამშენებლო ღონისძიებები (მაგ: შენობის დამცავი ღობე ან კედელი, შენობების გამაგრება).

**2.5. დაცვითი ღონისძიებების გატარების შემდგომი მდგომარეობა**

დაცვითი ღონისძიებები ხელს უწყობს საფრთხის შემცირებას. დაცვითი ღონისძიებების გატარების შემდგომ საფრთხის დონე უნდა განვიხილოთ არა როგორც „არარსებული“, არამედ როგორც „ნარჩენი“. ყველა დაცვითი ღონისძიება უნდა აღირიცხოს და შენარჩუნდეს.

**2.6. საფრთხის მახასიათებლების შეფასება**

ადგილობრივი გარემოებებისთვის და არსებული სიტუაციის გათვალისწინებით, საფრთხის ძირითადი მახასიათებლები, განმეორებადობის პერიოდი  $T$  და ინტენსივობა  $I$  შეფასდა როგორც:

- არსებული საფრთხის მდგომარეობა შეფასდა ველზე (გეომორფოლოგია, წარსულში მომხდარი მოვლენების ნიშნები და მისგან დარჩენილი დანალექები, მცენარეული საფარის მდგომარეობა/მახასიათებლები და სხვ.).
- განმეორებადობის პერიოდის განსაზღვრა შესაძლებელია ისტორიულად დაფიქსირებული ან ველზე მოპოვებული ინფორმაციის გათვალისწინებით (სახიფათო მოვლენის ასაკი და მცენარეულობის მახასიათებლები). ბუნებრივი საფრთხის შეფასებებში გათვალისწინებულია ოთხი პერიოდი: ხშირი (0-30 წელი), საშუალო (30-100 წელი), იშვიათი (100-300 წელი), და ძალიან იშვიათი (> 300 წელი, უკიდურესი შემთხვევა).
- გარკვეული საფრთხის ინტენსივობის სცენარი და მისი სავარაუდო გავრცელება შესაძლოა განვსაზღვროთ სავსე დაკვირვებების შედეგად (წარსულში მომხდარი მოვლენები, გეომორფოლოგია, მცენარეული საფარი), ექსპერტების დასკვნებით და მოდელირების

საშუალებით (იხილეთ ქვემოთ) ან წარსულში მომხდარი მოვლენების სტატისტიკური ანალიზით.

- მახასიათებლების და წარსულში მომხდარი მოვლენების გაანალიზების შესაძლებლობა სტატისტიკურად ან ინვენტარიზაციის გზით ბუნებრივია მოითხოვს შესაბამისი დოკუმენტაციის და მონაცემების არსებობას. მოცემულ შემთხვევაში ხელმისაწვდომია ინფორმაცია მხოლოდ ნალექების და მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის შესახებ. ყველა სხვა საფრთხის შემთხვევაში მხოლოდ ვარაუდების გაკეთება შეგვიძლია სავსე დაკვირვებების, ექსპერტების დასკვნების, ადგილობრივ მოსახლეობასთან გასაუბრების და კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით.
- საფრთხის მოდელირებისათვის აუცილებელია სახიფათო მოვლენების მასშტაბების და მახასიათებლების ცოდნა, რომელიც ძირითადად სავსე დაკვირვებებით (გეომორფოლოგია, წარსული მოვლენები) და ლიტერატურული მონაცემებიდან მოიპოვება, ასევე წარსულში მომხდარი შემთხვევების სისტემატიური ჩანაწერების ნაკლებობის გამო, მნიშვნელოვანია ექსპერტის შეფასებაც.

### 2.6.1. გეომორფოლოგიური ანალიზი

გეომორფოლოგიური ანალიზი ჩატარდა სატელიტზე გეოინფორმაციული სისტემების (GIS) [10] და აეროგადაღების გამოყენებით, ასევე 2017 წლის შემოდგომით საჰაერო ლაზერული სკანირებით მიღებულ რელიეფის ციფრულ მოდელზე დაყრდნობით.

გეომორფოლოგიურმა კვლევამ მოიცვა ხმელეთის მახასიათებლების მორფოლოგიური ანალიზი; ხსენებული კვლევა ასევე გულისხმობს სავსე მონაცემების შევსებას ისეთი სახიფათო პროცესების შეფასების მიზნით როგორებიც არის მეწყერები, სელური ნაკადები, კლდე ზვავები, ქვათაცვენები და თოვლის ზვავები.

ორივე ორთოფოტო და ლაზერული სკანირებით მიღებულ რუკებს გააჩნიათ ზუსტი კოორდინატები -  $< 0.15$  მ (ჰორიზონტალური) და  $< 0.1$  (სიმაღლე). ორთოფოტოს გარჩევადობა არის  $< 0.1$ , ხოლო რელიეფის ციფრული გარჩევადობა არის 0.5 მ.

### 2.6.2. ბუნებრივი საფრთხეების მოდელირება

ბუნებრივი საფრთხეების მოდელირების მიზნით გამოყენებული იქნა სხვადასხვა მიდგომები (დანართი A).

- **წყალმოვარდნა.** მცირე მდინარეების ჩამონადენის სიმძლავრე შეფასდა ერთგვაროვანი ნაკადის სიღრმის საანგარიშო ფორმულით, მენინგ-სტრიკლერის კოეფიციენტის გამოყენებით.
- **სელური ნაკადები და ზვავები.** მარცვლოვანი შემადგენლობის ნაკადის, როგორც არის სელური ნაკადები და თოვლის ზვავები, მოდელირება მოხდა Voellmy-Salm-ის მოდელის მეშვეობით, რომელიც r. avaflo-ს სიმულაციურ პროგრამაში განხორციელდა [18]. გამოყენებული იქნა სავსე და გეომორფოლოგიური ანალიზების საფუძველზე გამოანგარიშებული მოცულობები. ნაკადის სიღრმის, სიჩქარის და წნევის პარამეტრების გამოყენება მოხდა კრიტიკულ ადგილებში საფრთხის დონის შესაფასებლად და სათანადო დამცავი ღონისძიებების განსაზღვრისთვის.
- **ქვათაცვენა.** ქვათაცვენის მოდელირება განხორციელდა „RockyFor3D“ [15] მოდელის გამოყენებით, რომელიც ციფრულ რელიეფზე ახდენს სამგანზომილებიანი ტრაექტორიების მოდელირებას. ქვათაცვენის ელემენტების მოცულობა განისაზღვრა სავსე მონაცემებზე დაყრდნობით მიღებული სავარაუდო სცენარების ( $T=30, 100, 300$  წელი) მიხედვით. მოდელი ასევე ითვალისწინებს დამცავ ღონისძიებებს (კედლები და

ბადეების მოწყობა) და ტყეების გავლენას. ენერჯის, სიჩქარეების და სიმაღლეების მოდელირებული პარამეტრები გამოიყენება კრიტიკულ ადგილებში საფრთხის დონის შესაფასებლად და სათანადო დამცავი ღონისძიებების განსაზღვრისთვის.

ზოგადად, მდინარეთა წყალდიდობა შეფასების ნაწილს არ წარმოადგენს. თუმცა, ადრე განსაზღვრული ჩამონადენის მოცულობის მიხედვით, ნახაზებზე **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004** და **006** მოცემულია 25 წლიანი და 100 წლიანი განმეორებადობის წყალდიდობებით დატვირთილი ტერიტორიები. მუდმივ ნაგებობებზე წყალდიდობით გამოწვეული მოსალოდნელი ჰიდრაულიკური ზემოქმედებები განისაზღვრება პროექტირების ფარგლებში და არ წარმოადგენს მოცემული სამუშაოს ნაწილს.

### 2.6.3. მიწისძვრების შედეგები

გარკვეული სიმძლავრის მიწისძვრას შესაბამისი პირობების შემთხვევაში შეუძლია ქვათაცვენის, სელური ნაკადების, თოვლის და კლდე ზვავების პროვოცირება, ან გათხელება. სეისმურობის რაოდენობრივი განსაზღვრა რთულ ამოცანას წარმოადგენს. მიწისძვრის სიმძლავრე, რომელიც მთელ რიგ საფრთხეებს წარმოქმნის, დამოკიდებულია გარკვეულ საბაზისო პირობებზე:

- თოვლის ზვავები და სელური ნაკადები მოითხოვს სათანადო კლიმატურ პირობებს, როგორც არის კრიტიკული შემადგენლობის თოვლის საფარი ან ინტენსიური ნალექები და წლის შესაბამისი პერიოდი.
- თეორიულად, ქვათაცვენას შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს წლის ნებისმიერ დროს, მაგრამ ჩვეულებრივ ეს ხდება წლის ბოლოს ან დასაწყისში ყინვა-გალღობის ციკლის და ინტენსიური წვიმების დროს.
- გრუნტის გათხელება დამახასიათებელია საკმარისი სიღრმის და სპეციფიკური მარცვლოვანი შემადგენლობის ნიადაგებისთვის, როგორებიცაა წვრილმარცვლოვანი ქვიშა და ლამი.

მიწისძვრის საფრთხე განისაზღვრა სეისმურ კვლევაში. ნენსკრას კაშხლის უბნისთვის ექსპლუატაციისას საანგარიშო მიწისძვრისთვის (OBE) ჰორიზონტალური პიკური აჩქარება უდრის  $pga=0.22g$  ( $T= 475$  წელი ან  $50$  წელიწადში  $10\%$  გადაჭარბების ალბათობა), ხოლო მაქსიმალური დასაშვები მიწისძვრის შემთხვევაში (MCE) პიკური აჩქარება არის  $0.65g$  ( $T= 10'000$  წელი). ისტორიას თუ გადავხედავთ, მსგავსი მიწისძვრები დაფიქსირდა პოლინომში (იტალია) 2012 წლის 25 ოქტომბერს (OBE) და ლანდერიში (აშშ) 1992 წლის 28 ივნისს (MCE).

**ქვათაცვენა, სელური ნაკადები და თოვლის ზვავები.** სეისმური მოქმედების გავლენა ხსენებული საფრთხეების გააქტიურებაზე საკმაოდ მნიშვნელოვანია. საპროექტო ტერიტორიაზე მოსალოდნელი საფრთხეების შესახებ არასაკმარისი საბაზისო მონაცემების გამო შეზღუდულია მათი ალბათობის განსაზღვრა (მაგ: შეზღუდული ინფორმაცია წარსულში მომხდარი მოვლენების სიხშირესა და მასშტაბის შესახებ). შესაბამისად, ქვათაცვენის, სელური ნაკადების და თოვლის ზვავების წარმოქმნაში სეისმურობის წვლილი ხარისხობრივად განისაზღვრა მაღალი რისკის შემცველი საფრთხეებისთვის, რომელთა ალბათობა გაიზარდა საველე და გეომორფოლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით.

**გრუნტის გათხელება.** გრუნტის გათხელების შესაფასებლად უნდა გავითვალისწინოთ როგორც გეოლოგიური პირობები, ასევე საექსპლუატაციო პერიოდი და მშენებლობის ტიპი. ჩვეულებრივ გრუნტის გათხელება ხდება შემდეგი პირობებში: (i) ფხვიერი და ნაკლებ შეკავშირებული ნიადაგის ფენები შესაძლოა სეისმური ზემოქმედების შედეგად დაიტკეპნოს, (ii) ნიადაგი არის მსხვილმარცვლოვანი ლამიანი ან წვრილმარცვლოვანი ქვიშის შემადგენლობის ( $0.01-1$  მმ), (iii) ნიადაგი არის წყალ-გაჯერებული და (iv) საკმარისი სეისმური მოქმედების დროს.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

გრუნტის გათხელების მოსალოდნელი შედეგები შესაძლოა იყოს ადგილობრივი ხასიათის, შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობების მცირე დაწევა ან უფრო კრიტიკული გვერდითი გავრცელება, რამაც განსაკუთრებით მაღალი ფერდობების სიახლოვეს შესაძლოა გამოიწვიოს სახიფათო სიტუაციები.

## **2.7. პრაგმატული მიდგომა**

რისკის ანალიზის და მართვის პროცესი ეფუძნება ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მიდგომებს. მონაცემების ხელმისაწვდომობისა და სიზუსტის თვალსაზრისით, თითოეულ მათგანზე გავლენას ახდენს შერჩეულ შეფასების მეთოდთან დაკავშირებული სხვადასხვა უზუსტობები, რომლების შეიძლება ეხებოდეს როგორც უხეში გათვლებს, ასევე კომპიუტერულ მოდელირებას.

ანალიზის ძირითადი ამოცანაა აღნიშნული უზუსტობების გავლენის შეფასება ზოგად პროცესზე, მათი განხილვა, მიღება და ინტეგრირება და მთლიანი შეფასების მიზნით პრაგმატული მიდგომის შერჩევა.



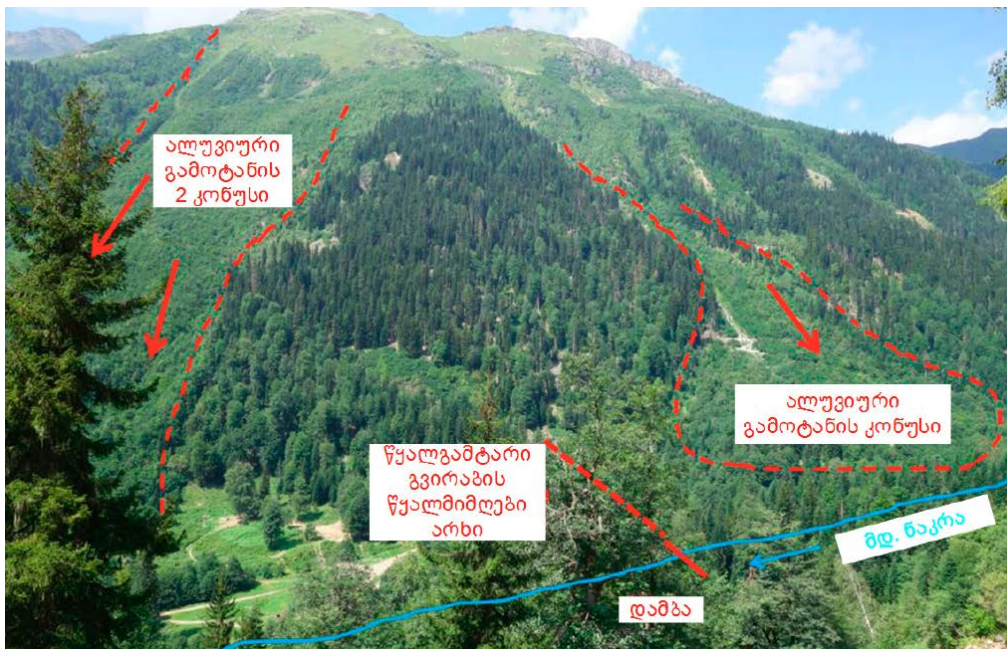
### 3. ნაკრას კაშხალი და გამყვანი გვირაბი

მუდმივი ნაგებობები (ნაკრას კაშხალი, თევზსავალი, მიმყვანი არხი და გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალი) მოცემულია ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004. ისინი 2016 წლის საბოლოო ძირითადი პროექტის საპროექტო ფაზას წარმოადგენენ.

#### 3.1. გეომორფოლოგია

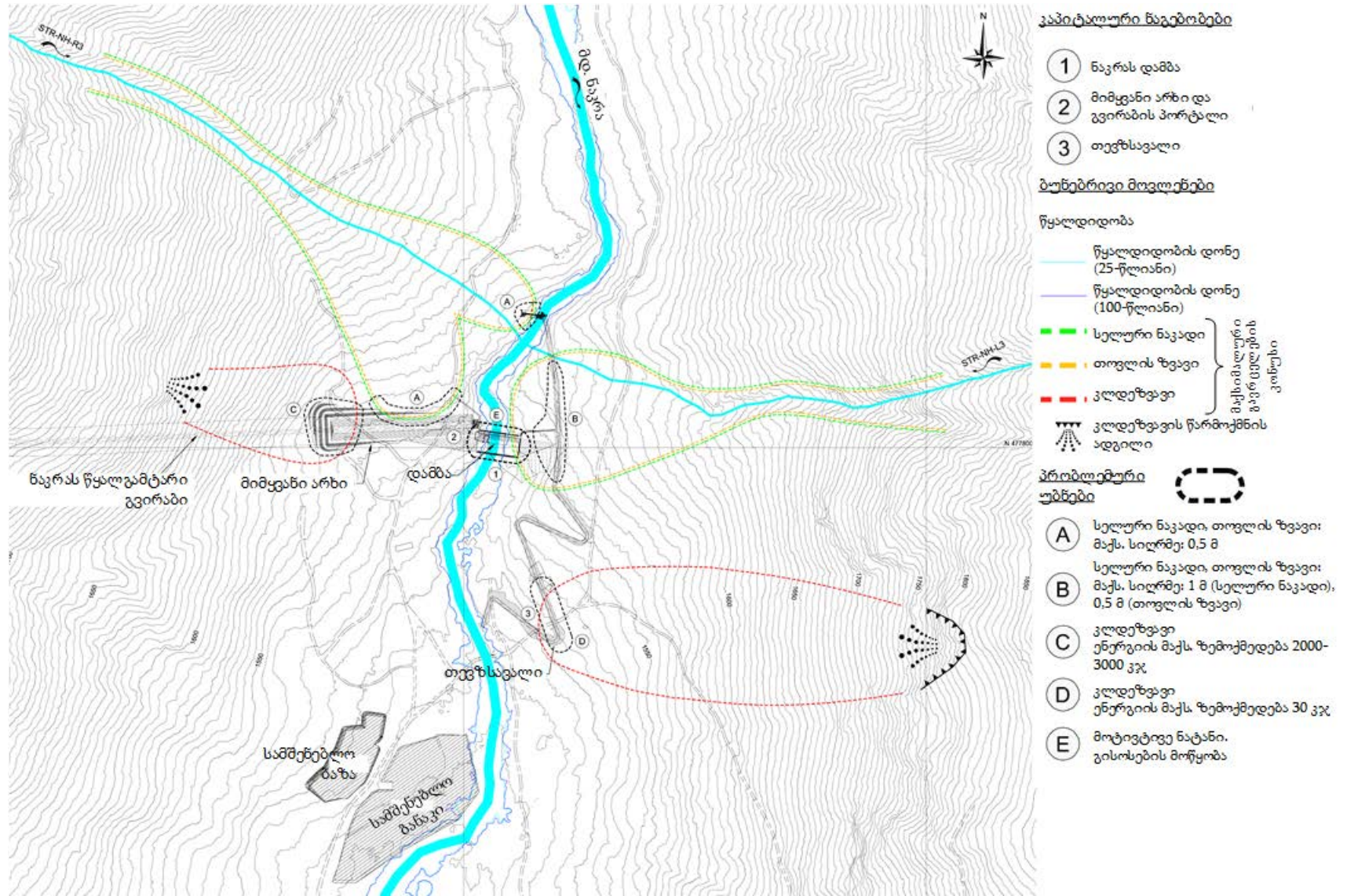
გეოლოგიური პირობები მოცემულია ნახაზზე L-D-GL-TT-GE-DW-003, ხოლო ფოტოზე 3.1.1. წარმოდგენილია ნაკრას კაშხლის და გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალის ტერიტორიის მორფოლოგიური პირობები. ტერიტორია განლაგებულია ხეობის ციცაბო ფერდობის ძირში, და ხეებით არის დაფარული. საპროექტო არეალს ორივე მხრიდან ალუვიური გამოსავლის კონუსი ესაზღვრება, რაც ზვავების და ღვარცოფული ნაკადის ჩამოსვლით გამოწვეულ გეომორფოლოგიურ აქტივობაზე მიუთითებს.

**ფოტო 3.1.1.** ნაკრას კაშხლის და გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალის ადგილმდებარეობა. ხედი მარცხენა ფერდობიდან დასავლეთის მიმართულებით

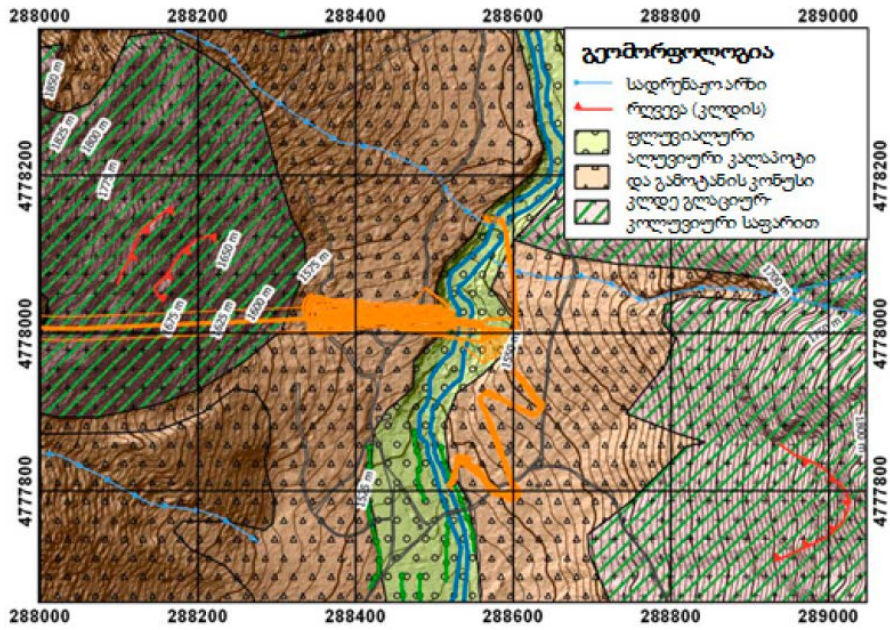


გამყვანი გვირაბის პორტალის ამჟამინდელი ადგილმდებარეობაა ტყით დაფარული ტერიტორიის ცენტრალური ნაწილი, რაც ალუვიური გამოსავლის კონუსის პროცესებს საპროექტო უზანს მაქსიმალურად ამორებს. თუმცა, აღნიშნული ტერიტორია ქვათაცვენისაგან არ არის დაცული, რადგან ციცაბო ფერდობზე გაშიშვლებული ქანები ფიქსირდება. ნაკრას კაშხლისთვის დამატებით საფრთხეს მოტივტივე ნატანი წარმოადგენს, რომელიც მდ. ნაკრას მოჰყვება. აღნიშნული გარემოება წყალმიღების პროექტირებისას აუცილებლად არის გასათვალისწინებელი.

ნახაზი L-D-GL-TT-GE-DW-003: ნაკრას წყალმიღების ადგილის გეოლოგიური რისკების რუკა



**ნახაზი:** ნაკრას კაშხლის უბნის გეომორფოლოგია. მუდმივი ნაგებობები (ნაკრას კაშხალი, გამყვანი გვირაბი, მიმყვანი არხი და თევზსავალი) ნარინჯისფრად არის მოცემული.



### 3.2. ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება

#### 3.2.1. ღვარცოფული ნაკადი

კაშხლის განთავსების ადგილთან ალუვიური გამოსავლის ორი კონუსი ფიქსირდება. ისინი კაშხლის მიმართულებით არიან განლაგებულნი და შესაბამისად, აუზში ნატანის დაგროვებაა მოსალოდნელი. შემოთავაზებული ღონისძიებები და გადაწყვეტები ზვავის მიმართაც გამოიყენება (პარაგრაფი 3.3.3).

##### 3.2.1.1. მარჯვენა ფერდობის ღვარცოფული ხევი და გამოზიდვის კონუსი (STR-NH-R3)

მარჯვენა ფერდობზე განლაგებული ღვარცოფული გამოზიდვის კონუსის მნიშვნელოვანი არის  $Me=1.2$  (აუზის ზედა დინება 485,000 მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში 850 მ, დახრილობა 21°), რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ ნაშალის წარმოქმნაა მოსალოდნელი. ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r. avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (დანართი A.2). ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივეა 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 300 მ/წმ<sup>2</sup>. მოდელირების შედეგები შემდეგზე მიუთითებენ (დანართი C):

- ხშირი მოვლენა (T = 30 წ, 1250 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებს უახლოვდება მაგრამ ნაკადის სიღრმე შეზღუდულია (დაახლოებით 0.25 მ), მაქსიმალური სიჩქარე კი 1 მ/წმ-ს აღწევს;
- საშუალო სიხშირის მოვლენები (T = 100 წ, 2500 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებამდე აღწევს მაქსიმალური სიღრმით 0.25-0.5 მ, და მაქსიმალური სიჩქარით 1.5 მ/წმ;
- იშვიათი მოვლენები (T = 300 წ, 5000 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებამდე აღწევს მაქსიმალური სიღრმით 0.5 მ, და მაქსიმალური სიჩქარით 1.5 მ/წმ.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

მოდელირების შედეგებით ირკვევა, რომ ისეთი პროცესები, როგორც არის ღვარცოფული ნაკადი, არა მხოლოდ მდ. ნაკრას მიმართულებით გავრცელდება, არამედ ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსმა პროცესების განვითარებას კაშხლის და გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალის მიმართულებითაც შეიძლება შეუწყოს ხელი. დაცვის მიზნები პირველი ორი სცენარისთვის ირღვევა (**ცხრილი 3**). დაცვის მიზნები ტანში მოსაწყობი დამცავი კედლისთვის მოდელირებისას გამოყენებული პარამეტრები. პირველი ორი სცენარისთვის ირღვევა (**ცხრილი 3**). დამცავი კედლების მოწყობით გამყვანი გვირაბი და კაშხალი ღვარცოფული ნაკადისგან დაცული იქნება. ნახაზზე **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004** ასახულია სიტუაცია, ხოლო **დანართში C** ჩამოთვლილია ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსის ქვედა

### **3.2.1.2. მარცხენა ფერდობის ღვარცოფული ხევი და გამოზიდვის კონუსი (STR-NH-L3)**

მარცხენა ფერდობზე განლაგებული ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსის მნიშვნელოვანი არის  $Me=1.3$  (აუზის ზედა დინება 365,000 მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში 800 მ, დახრილობა 20°), რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ ნაშალის წარმოქმნაა მოსალოდნელი. ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r. avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (**დანართი A.2**). ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივეა 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 300 მ/წმ<sup>2</sup>. მოდელირების შედეგები შემდეგზე მიუთითებენ (**დანართი C**):

- ხშირი მოვლენა ( $T = 30$  წ, 1250 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებს უახლოვდება მაგრამ ნაკადის სიღრმე შეზღუდულია (დაახლოებით 0.25 მ), მაქსიმალური სიჩქარე კი 1 მ/წმ-ს აღწევს;
- საშუალო სიხშირის მოვლენები ( $T = 100$  წ, 2500 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებამდე აღწევს მაქსიმალური სიღრმით 0.25-0.5 მ, და მაქსიმალური სიჩქარით 1-2 მ/წმ;
- იშვიათი მოვლენები ( $T = 300$  წ, 5000 მ<sup>3</sup>): ნაკადი მუდმივ ნაგებობებამდე აღწევს მაქსიმალური სიღრმით 0.5 მ, და მაქსიმალური სიჩქარით 2 მ/წმ.

მოდელირების შედეგებით ირკვევა, რომ ისეთი პროცესები, როგორც არის ღვარცოფული ნაკადი, არა მხოლოდ მდ. ნაკრას მიმართულებით გავრცელდება, არამედ ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსმა პროცესების განვითარებას კაშხლის და თევზსავალის მიმართულებითაც შეიძლება შეუწყოს ხელი. დამცავი კედლების მოწყობით თევზსავალი და კაშხალი ღვარცოფული ნაკადისგან დაცული გარდა ამისა, კედელი თევზსავალის მონაკვეთზე არსებული შეზღუდული მოცულობის ქვათაცვენისგანაც დაიცავს ნაგებობებს (**პარაგრაფი 3.3.2.2**).

ნახაზზე **L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004** ასახულია ნაკადის მაქსიმალური გაფართოება, ხოლო **დანართში C** ჩამოთვლილია ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსის ქვედა ტანში მოსაწყობი დამცავი კედლისთვის მოდელირებისას გამოყენებული პარამეტრები.

### **3.2.2. ქვათაცვენა**

ქვათაცვენისკენ მიდრეკილი ტერიტორიები ცალ-ცალკე პარაგრაფებშია განხილული.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

### 3.2.2.1. ქვათაცვენა გამყვანი გვირაბის შესასვლელ პორტალთან

გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალის სიახლოვეს მდებარეობს რიყნარი, სადაც დიდი ზომის კაჭარსაც ვხვდებით. ქვათაცვენის ელემენტები სავარაუდოდ წარმოიშვება 10 მ სიმაღლის გამიშვლებულ კლდეზე, რომელიც 1700 მ ზ.დ. მდებარეობს. აღნიშნული დიდი ზომის კაჭარის მიერ ფერდობის ძირზე ზემოქმედების ენერჯის შეფასება შემდეგნაირად ხდება:

- საველე კვლევები ცხადყოფენ, რომ არსებობს 3 სცენარის განვითარების ალბათობა, შემდეგი მოცულობებით:  $T30=0.2 \times 0.2 \times 0.4 \text{ მ}^3=0.016 \text{ მ}^3$ ,  $T100=0.5 \times 0.5 \times 0.4 \text{ მ}^3=0.1 \text{ მ}^3$ , და  $T300=1 \times 1.25 \times 1.5 \text{ მ}^3=1.875 \text{ მ}^3$ . ქანების 2,650 კგ/მ<sup>3</sup> სიმკვრივის პირობებში ვიღებთ სამ სცენარს - 42.4, 265 და 4,969 კგ;
- ქვათაცვენის მოდელირება მოხდა პროგრამით RockyFor3D (დანართი C), და ზემოთ მოყვანილი სამი სცენარისთვის შემდეგი სახის მაჩვენებლებს იძლევა (ენერჯია, სიმაღლე და სიჩქარე): 15 kJ, 2 მ, 30 მ/წმ (T30), 100 kJ, 2.5 მ, 30 მ/წმ (T100), და 2,200 kJ, 4 მ, 35 მ/წმ (T300).

გამყვანი გვირაბის შესასვლელი პორტალი კრიტიკულ ნაგებობად არ მოიაზრება. შესაბამისად, დაცვის მიზნები ირღვევა სცენარებისთვის T100 და T300. გვირაბის შესასვლელის დაცვა შესაბამისი ზომებით მოხდება, მაგალითად ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ღობე (გამძლეობით 2,000-3,000 kJ), ან დამცავი კედლის მოწყობით. დღეს არსებული პროექტის თანახმად, გვირაბის პორტალსა და ფერდობს შორის იქნება დაახლოებით 20 მ-იანი სივრცე, რაც კედლის მოსაწყობად საკმარისია.

ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004 ასახულია ქვათაცვენის მაქსიმალური გაფართოება, ხოლო დანართში C ჩამოთვლილია ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსის ქვედა ტანში მოსაწყობი დამცავი კედლისთვის ან ღობისთვის მოდელირებისას გამოყენებული პარამეტრები.

### 3.2.2.2. ქვათაცვენა თევზსავალის ზედა ბიეფში

მარცხენა ფერდობზე (1775 მ ზ.დ.) არსებული გამიშვლებული ქანებიდან ქვათაცვენის წარმოქმნილი ელემენტები თევზსავალის ზედა ბიეფში გვხვდება. ყველაზე დიდი მოცულობა  $0.75 \times 0.5 \times 0.3 \text{ მ}^3=0.1125 \text{ მ}^3$  ან 298 კგ-ს შეადგენს (სიმკვრივით 2650 კგ/მ<sup>3</sup>). უფრო მცირე მოცულობის წარმონაქმნები ობიექტებს ვერ აღწევენ.

ქვათაცვენის მოდელირება მოხდა პროგრამით RockyFor3D (დანართი C). შედეგებმა აჩვენა, რომ თევზსავალთან საშუალო და იშვიათი სიხშირის მოვლენების ენერჯია დაახლოებით 30 kJ-ა. წინასწარ განსაზღვრული დაცვის მიზნები არ ირღვევა (**ცხრილი 3**). თუმცა, იმ შემთხვევაში, თუკი თევზსავალზე გამოჩნდება რაიმე სუსტი მონაკვეთი, მისი დაცვა მოხდება ხის მიმდებარე კედლით, რომელიც 30 kJ დატვირთვას გაუძლებს. ამასთან, ზვავის და ღვარცოფული ნაკადისთვის გათვალისწინებული კედელი (**პარაგრაფი 3.3.1.2**) ასევე დაიცავს თევზსავალს.

### 3.2.3. ზვავი

ნაკრას კაშხლის ტერიტორიაზე ზვავური პროცესების წარმოქმნა განიხილა იმავე წყაროდან, რაც ღვარცოფული ნაკადის შემთხვევაში (**პარაგრაფი 3.3.1**), კერძოდ მარჯვენა და მარცხენა ფერდობებზე განლაგებული ღვარცოფული ხევის და გამოზიდვის კონუსიდან. აღნიშნულის მიზეზი კი იმაში დარწმუნების მცდელობა გახდა, რომ ღვარცოფული ნაკადისთვის გათვალისწინებული დამცავი ღონისძიებები ზვავის შემთხვევაშიც გამოდგება.

მარჯვენა ფერდობზე განლაგებული ღვარცოფული ხევის და გამოზიდვის კონსესუსისთვის (STR-NH-R3) მოდელირებული სცენარებია 5 000, 10 000, და 20 000 მ<sup>3</sup> (T30, T100, T300), ხოლო

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

მარცხენა ფერდობისთვის 2500, 5 000 და 10 000 მ<sup>3</sup> (STR-NH-L3), რადგან ის შედარებით პატარაა. ნაკადის პარამეტრებია: სიმკვრივე 300 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=17^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=13^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 450 და 500 მ/წმ<sup>2</sup>-ს შორის მერყეობს.

შედეგები მოცემულია **დანართში C**. ორივე ზვავური წარმონაქმნი ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსზე ვრცელდება და საპროექტო ნაგებობებამდე აღწევს. მოდელირებული ნაკადის სიღრმეები და სიჩქარეები მარჯვენა ფერდობისთვის და იშვიათი მოვლენისთვის 0.5 მ და 3 მ/წმ-ა, ხოლო მარცხენა ფერდობისთვის და იშვიათი მოვლენისთვის 0.25 მ და 1-2 მ/წმ-ს შეადგენს. შესაბამისად, სელურ ნაკადთან შედარებით ზვავის ზემოქმედებები გაცილებით მცირეა; ამდენად, ღვარცოფული ნაკადისთვის გათვალისწინებული ღონისძიებები ზვავური მოვლენებისთვის საკმარისია. იმის გათვალისწინებით, რომ ნაკრას კაშხალი არაკრიტიკული ნაგებობაა, დაცვის მიზნების დარღვევა არცერთი სცენარის შემთხვევაში არ ხდება.

### 3.3. გამყვანი გვირაბის გამოსასვლელი პორტალი

გამყვანი გვირაბის გამოსასვლელი პორტალი ნენსკრას ხეობაში, კერძოდ წყალსაცავთან არის განლაგებული. მისი განთავსების ტერიტორია ხშირი ტყით არის დაფარული, სადაც გაშიშვლებული ქანები, და ნიადაგის მცირე საფარი გვხვდება (**ფოტო 5**). დეტალური გეომორფოლოგიური და გეოლოგიური პირობები ასახულია ნახაზზე L-6768-D-GL-TT-GE-DW-005 „გამყვანი გვირაბის გამოსასვლელი - გეოლოგიური რუკა“.

პორტალის განთავსების არეალში ბუნებრივი საფრთხეების რისკები არ ფიქსირდება.

სურათი 5:



### 3.4. დასკვნები

ბუნებრივი საფრთხეები და ნაკრას კაშხლის მუდმივ ნაგებობებთან ასოცირებული პრობლემები მოცემულია ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004, და **დანართში C**. შეჯამება კი შემდეგნაირად შეიძლება:

- ღვარცოფული ნაკადი და ზვავი: ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსი წარმოდგენილია ორივე ფერდობზე (STR-NH-R3 და STR-NH-L3). ამ წყაროებიდან ნატანი შეიძლება კაშხლის მუდმივ ნაგებობებთან და წყალმიმღებთან ჩამოვიდეს (სიტუაციები A

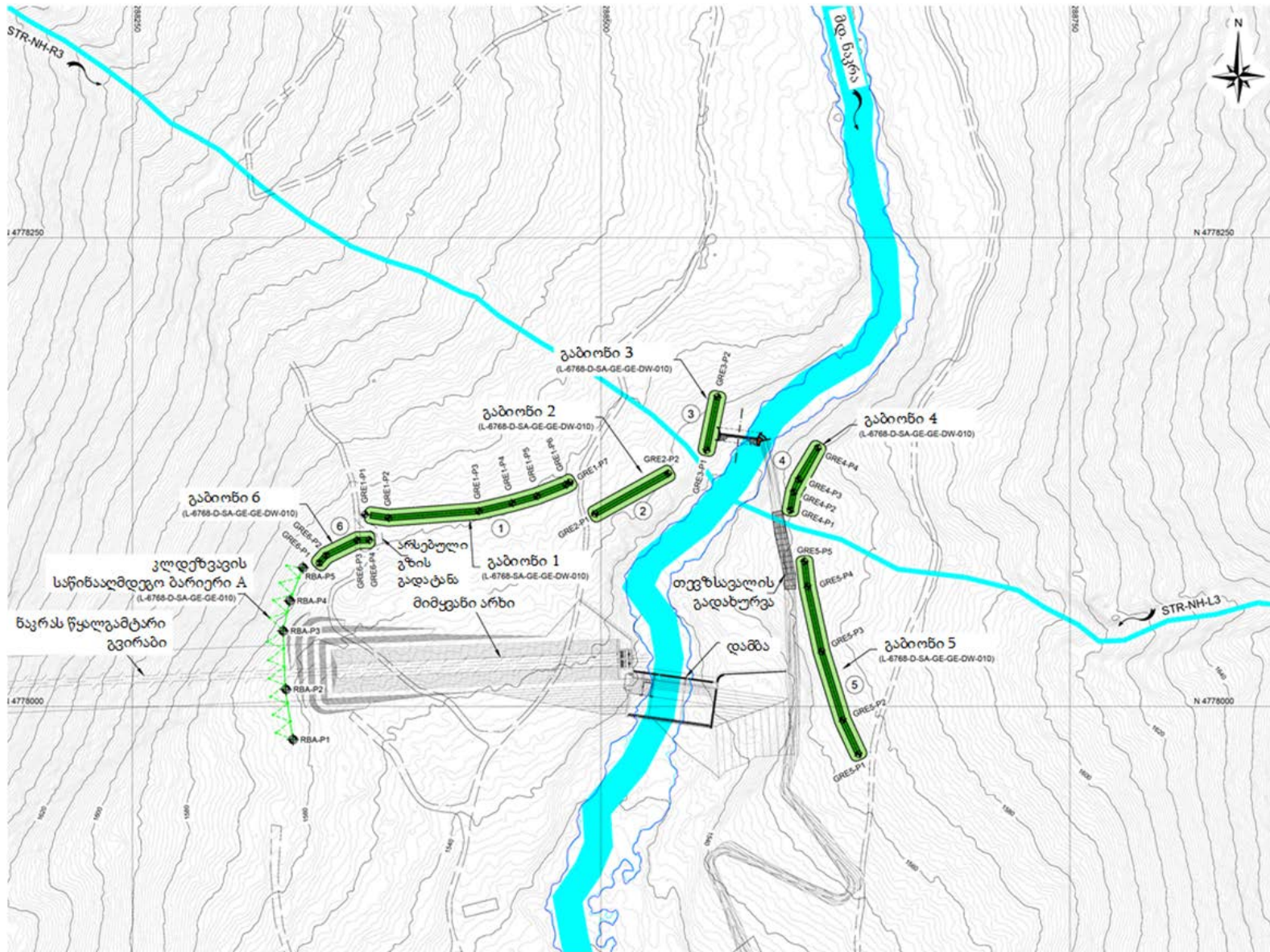
## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

### ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

და B). პოტენციურ გამოსავალს ღვარცოფული ხევის გამოზიდვის კონუსის ძირში საყრდენი კედლის მოწყობა წარმოადგენს;

- ქვათაცვენა: საპროექტო ტერიტორიაზე ქვათაცვენის ორი წყაროა წარმოდგენილი, მათ შორის ერთი გამყვანი გვირაბის პორტალთან (სიტუაცია C), სადაც ზემოქმედების მაღალი ენერგია წარმოიქმნება (2,000-3,000 kJ). ამ მონაკვეთზე ღობის ან კედლის მოწყობაა რეკომენდირებული. მეორე შემთხვევაში, ქვათაცვენამ შეიძლება თევზსავალსაც მიაღწიოს, თუმცა ამ შემთხვევაში ენერგია გაცილებით ნაკლები იქნება, კერძოდ 30 kJ. თევზსავალი ზემოთ აღნიშნული კედლის მეშვეობით არის დაცული. წინააღმდეგ შემთხვევაში, თუკი თევზსავალის რომელიმე ნაწილი შედარებით დაუცველი იქნება, სხვა ღონისძიებების გატარებითაც შეიძლება (მაგალითად მორის გამოყენებით);
- წყალმიმღებში მოტივტივე ნატანის და ხის ნაფოტების მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად, კაშხალზე ბადის მოწყობაა შესაძლებელი (სიტუაცია E);
- გამყვანი გვირაბის გამოსასვლელი პორტალი ნენსკრას წყალსაცავზეა განთავსებული. მოცემულ მონაკვეთზე ბუნებრივი საფრთხეების რისკი არ ფიქსირდება.

ნახაზი L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004: ნაკრას დამბის ტერიტორია. დამცავი ნაგებობების სქემა. მ 1:1250





## 4. ნენსკრას კაშხალი და წყალსაცავის ტერიტორია

### 4.1. მუდმივი ნაგებობები

მოცემულ ტერიტორიაზე დაგეგმილი მუდმივი ნაგებობები: ნენსკრას კაშხალი და დამხმარე ნაგებობები, წყალსაგდები, ფსკერული წყალგამშვები, წყალსაცემი ჭა. ეს ნაგებობები მოცემულია ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005.

### 4.2. გეომორფოლოგია

კაშხლის ტერიტორიის უფრო დეტალური სურათი მოცემულია ნახაზებზე L-6768-D-GL-DA-GE-DW-001 “ნენსკრას კაშხალი და კოფერდამი - გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური რუკა” და L-6768-D-GL-GE-GE-DW-006 “სადერივაციო გვირაბი და წყალსაგდები - გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური რუკა, დეტალური პროექტირების წინადადება”.

მთავარი რისკის შემცველი ელემენტები მოცემულია გეომორფოლოგიურ მიმოხილვაში ნახაზზე 6 (დანომრილია A-დან E-მდე) და უფრო დეტალურად განხილულია ქვემოთ.

**ნალექები კაშხლის უბანზე.** დანალექები მოწმობს დიდი ზომის პოსტ-მყინვარული ქანების ჩამოშლას კაშხლის განთავსების უბნის უშუალოდ ქვედა ბიეფში. ფერდობის ჩამოშლის მსგავსი მოვლენის განმეორების რისკი შეფასდა გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიურად და სატელიტური რადიოლოკაციის ინტერფერომეტრის საშუალებით

**ფერდობის პოტენციური არამდგრადობა კაშხლიდან 2.5 კმ-ში ზედა ბიეფში.** საწყისი სკრინინგის დროს დადგინდა ფერდობის სავარაუდო არამდგრადობა კაშხლის ახლანდელი უბნიდან ზედა ბიეფში 2.5 კმ-ში. ეს საფრთხე არ არის შემდგომ განხილული მოცემულ ანგარიშში, თუმცა ის საფუძვლიანი ანალიზის საგანი იყო, რაც დოკუმენტირებულია შესაბამის ანგარიშში. [4].

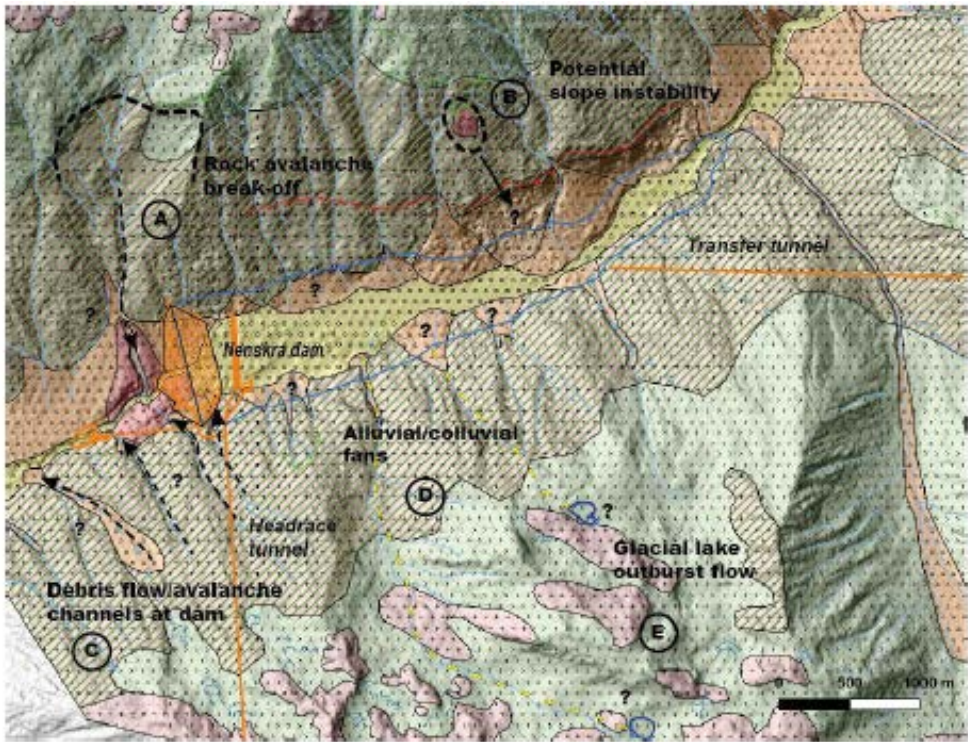
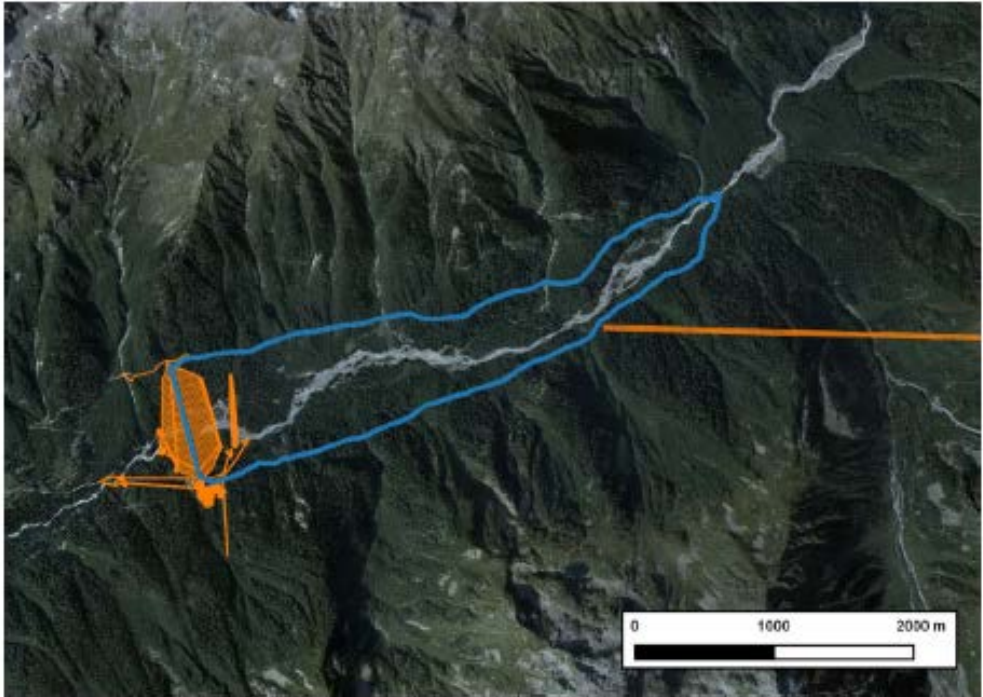
**ღვარცოფული ნაკადის/ზვავის არხები კაშხლის ტერიტორიაზე.** კაშხალი და მასთან დაკავშირებული დამხმარე ნაგებობები (ფსკერული წყალგამშვები, წყალსაგდები, წყალსაცემი ჭა და შენაკადის დერივაცია) იკვეთება რამდენიმე ღვარცოფული და სადრენაჟე არხით. შეფასდა აღნიშნულ არხებში ღვარცოფული ნაკადის და ზვავის საფრთხეები და რისკები და მათი თანმდევი ზემოქმედება კაშხალზე და დამხმარე ნაგებობებზე.

**ალუვიური/კოლუვიური კონუსები წყალსაცავის უბანზე.** რამდენიმე ღვარცოფული არხი და კონუსი მიმართულია წყალსაცავის ტერიტორიისკენ, კაშხლის ზედა ბიეფში. შეფასდა სელურ ნაკადთან და ზვავებთან დაკავშირებული რისკები, რომლებიც შესაძლოა ტრანსპორტირებულ იქნას აღნიშნული კოლუვიურ-ალუვიური კონუსებით და არხებით, ასევე შეფასდა აღნიშნული კონუსების ადგილობრივი არამდგრადობის შედეგები წყალსაცავის ოპერირების დროს (წყლის დონის მკვეთრი დაწევა).

**მყინვარული ტბების ნაპირებიდან გადმოსვლით გამოწვეული წყალდიდობა.** მხოლოდ რამდენიმე მყინვარული ტბა არის წარმოდგენილი ხეობის ზედა ტოპოგრაფიულ ნაწილში. კაშხალთან და დამხმარე ნაგებობებთან დაკავშირებით განხორციელდა მყინვარული ტბების ნაპირებიდან გადმოსვლით გამოწვეული წყალდიდობის რისკების განხილვა.

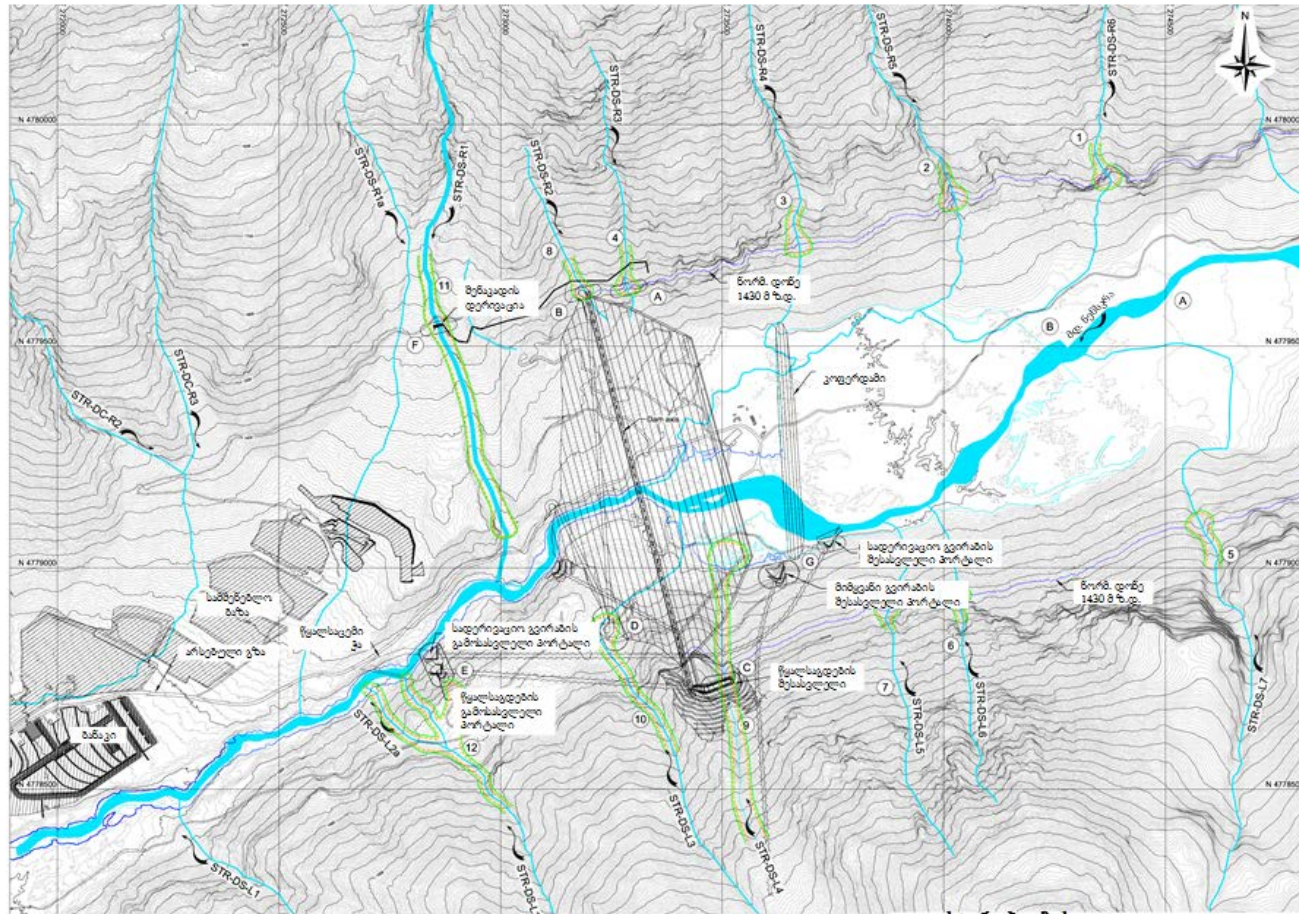
ზედა ბიეფის ტერიტორია. წყალსაცავის ზედა ბიეფის ტერიტორიის შესაფასებლად ჩატარდა წინასწარი კვლევა, სკრინინგი.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



**ნახაზი 6:** ნენსკრას წყალსაცავის ტერიტორიის გამოსახულება და გეომორფოლოგიური რუკა, მნიშვნელოვანი საფრთხეების მითითებით: (A) კლდეზვავის ნალექები კაშხლის განთავსების უბანზე; (B) ფერდობის პოტენციური არამდგრადობა. კაშხლიდან 2,5 კმ-ში ზედა ბიეფში; (C) ღვარცოფული ნაკადის/ზვავის არხები კაშხალზე და დამხმარე ნაგებობებზე; (D) ღვარცოფული ნაკადი და ზვავი ალუვიური/კოლოვიური კონუსების გასწვრივ და მათი მდგრადობა; (E) მყინვარული ტბის ნაპირებიდან გადმოსვლა/. ხეობის გეომორფოლოგიური სტრუქტურა (ქვემოთ): გაშიშვლებული დედა ქანები მყინვარულ/კოლუვიური დანალექებით ფერდობის ზედა ნაწილში, უფრო დახრილ შუა ფერდობში დედა ქანები სხვადასხვანაირად არის დაფარული, კოლუვიურ-ალუვიური კონუსები და ჯაჭვები ფერდობების ძირში, და მდინარეული ნალექები ხეობის ფსკერზე.

ნახაზი L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005:



**მულდები ნაგებობები და რისკების შეფასების ზონები**

- 1 - 7 ქვათაცვენა (კლდეზეფი) შეიძლება გამოიწვიოს ტალღის წარმოქმნა და წყალდიდობა
- 8 შენაკადის დერივაცია და კაშხლის თხემი (მარჯვენა ნაპირი)
- 9 - 10 Spillway and dam downstream face (left bank)
- 11 წყალსაგდები და ქვედა ბიეფი (მარცხენა ნაპირი)
- 12 სადერივაციო გვირაბის და წყალსაგდების გამოსასვლელი პორტალი

**ბუნებრივი მოვლენები**

- წყალდიდობის გავრცელების არეალი
- 25-წლიანი განმეორებადობის
- 100-წლიანი განმეორებადობის
- წყალმოვარდნა
- ქვათაცვენა: არა
- სელური ნაკადი } გავრცელების კონუსის საანგარიშო მაქსიმუმში
- თოვლის ზეფი }

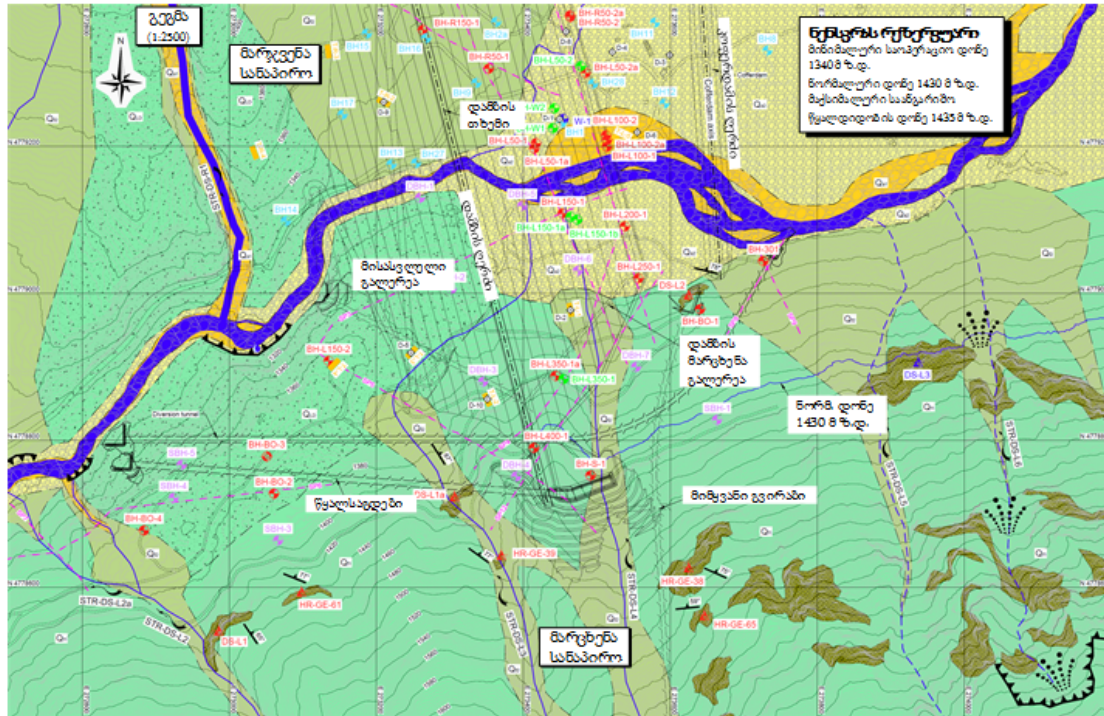
**უსაფრთხოების რისკები**

- A იმპულსური ტალღა: დამცავი დამბის მოწყობა
- B ზემოქმედება კაშხალზე: დამცავი დამბის მოწყობა
- C, D, F სელური ნაკადი, თოვლის ზეფი: სელური ნაკადის მას. სიღრმე 0,75 მ (C), 2 მ (D), 1,5 მ (F) თოვლის ზეფის მას. სიღრმე 0,25 მ (C), 2 მ (D), 1,5 მ (F) დამცავი დამბის მოწყობა
- E სელური ნაკადი, თოვლის ზეფი: სელური ნაკადის მას. სიღრმე 0,25 მ თოვლის ზეფის მას. სიღრმე 0,3 მ დეცელაციის მოწყობა
- G მცურავი ნატეხიანი მასალა: გისოსების მოწყობა



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნახაზი L-6768-D-GL-GE-GE-DW-006: სადერივაციო გვირაბის და წყალსაგდების გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური პირობები



**ლეგენდა**

- გრუნტის წყლების დონე
- მდინარე და ნაპადული (მუდმივი)
- ნაპადული (პერიოდული)
- ფლაბე
- წყარო
- დამრევენა (მ)
- ფოქლებრიობა (S)
- ჩამონახალი ფერდობი
- კაპრიანი ველი
- ზზა

**პირველადი პროექტის ჰაბურლილები (2012 წ.)**

- BH1 (L=36.2 m, rock= - m)
- BH2 (L=23.4 m, rock= - m)
- BH2a (L=87.6 m, rock= - m)
- BH7 (L=30 m, rock= - m)
- BH8 (L=30 m, rock= - m)
- BH9 (L=30 m, rock= - m)
- BH10 (L=30 m, rock= - m)
- BH11 (L=30 m, rock= - m)
- BH12 (L=30 m, rock= - m)
- BH13 (L=87.6 m, rock= - m)
- BH14 (L=30 m, rock= - m)
- BH15 (L=27 m, rock= - m)
- BH16 (L=30 m, rock= - m)
- BH17 (L=30 m, rock= - m)
- BH18 (L=24.5 m, rock= - m)
- BH27 (L=50 m, rock= - m)
- BH28 (L=30 m, rock= - m)

**დეტალური პროექტის ჰაბურლილები (2014 წ.)**

- DBH-1 (L=40 m, rock= - m)
- DBH-2 (L=80 m, rock= - m)
- DBH-3 (L=72 m, rock= 46 m)
- DBH-4 (L=27 m, rock= - m)
- DBH-5 (L=200 m, rock= 127 m)
- DBH-6 (L=200 m, rock= 48 m)
- DBH-7 (L=225 m, rock= 26 m)
- SBH-1 (L=200 m, rock= 20 m)
- SBH-3 (L=50 m, rock= 20.5 m)
- SBH-4 (L=80 m, rock= - m)
- SBH-5 (L=70 m, rock= - m)
- PBH-1 (L=40 m, rock= 7.4 m)
- PBH-2 (L=40 m, rock= 10.1 m)
- PBH-3 (L=40 m, rock= 7.4 m)
- PBH-4 (L=40 m, rock= 17 m)
- TBH-3 (L=68.5 m, rock= 24 m)
- TBH-4 (L=50 m, rock= 3.4 m)
- NTBH-1 (L=20 m, rock= - m)
- NTBH-2 (L=40 m, rock= 19 m)
- NWBH-1 (L=20 m, rock= - m)
- NWBH-3 (L=30 m, rock= - m)

Rock: Depth of soil-rock contact  
 NWB: Nakra weir  
 NTBH: Intake transfer tunnel  
 BH, DBH, SBH: Nenskra dam site  
 TBH: Headrace tunnel, penstock  
 PBH: Powerhouse

დამტებითი კვლევები - ჰაბურლილები								
ჰაბურლი	აღმ (მ)	რღმ (მ)	ნიშნული მზღმ	სიღრმე მ	სიმაღლე მ	დარღობა/ მიზნები [%]	აღვლემდებრობა	სტატუსი
<b>გვირაბი</b>								
BH-BO-1	273640.4	4778978.4	1346.7	42	3.0	0 / -	გვირაბის წყალშიღმები პორტალი	დასრულღმულია 10.04.2016
BH-BO-2	273060.7	4778727.4	1380.6	97	40.0	0 / -	ჰაბურლის ზარღმში გვირაბის სიღრმეზღმ	დასრულღმულია 05.12.2015
BH-L400-1	273414.4	4778789.7	1432.4	78	56.3	0 / -	ჰაბურლის ზარღმში გვირაბის სიღრმეზღმ	დასრულღმულია 04.08.2016
BH-S-1	273491.4	4778752.1	1440.2	51	18.2	0 / -	(S) წყალსაგდების წყალღმ წღმში პორტალი	დასრულღმულია 23.12.2015
BH-301	273726.4	4779043.7	1324.0	45	24.3	0 / -	DT-ს წყალღმღმები პორტალი	დასრულღმულია 18.10.2016
BH-BO-4	272883.9	4778677.4	1368.1	100	83	0 / -	DT-საღმე რღმე აღმე გვირაბი	დასრულღმულია 16.10.2017
BH-BO-3	273051.0	4778778.0	1310.0	120	110.0	0 / -	DT-საღმე და S-საღმე ნაღმსაღმედი პორტალი	დასრულღმულია

კოორღმნატღმები: WGS 84 - UTM 38 N

ჩატარღმული კვლევები		
2015-2017 წწ. დამტებითი კვლევები	ჰაბურლის აღღმე	
ჰაბურლის აღღმე (მღმრღმული)	BH-R50-1 (125m P) (C) (A)	ჰაბურლის დასაღმღმე
ჰაბურლის დაღმე (მღმრღმული)		კერღმედიკულღმული ნაღმღმე
ჰაბურლის აღღმე (მღმრღმული)		პროღმედი იღმე ნიღმღმე
აღღმღმე სიღმე რღმე ტღმის ჩატარღმე		კვღმის ღღმღმე
ჰაბურლის სიღმე რღმე კღმის აღმე		
საღმე რღმე		
მიღმღმე ამღმე რღმე (მღმრღმული)		
სიღმე რღმე		
<b>2014 წ. დეტალური პროღმე</b>		
ჰაბურლის აღღმე		
<b>2012 წ. პირღმედი პროღმე</b>		
ჰაბურლი - ჩაღმედი პღმე რღმე სარღმე		
ჰაბურლის სიღმე რღმე კღმის აღმე		

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

გეოლოგია და გეომორფოლოგია						
მეოთხეული	$Q_{al}$	თანამედროვე ალუვიური ნალექები	ალევირებული გრაველიტები ნატენებით, მირითა დად მომრგვალეული			
	$Q_{a1}$	ალუვიური ნალექები	ალევირებული გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად მომრგვალეული			
	$Q_{s1}$	მეწყურული ქანები	გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{l2}$	განოტანის კონუსის ალუვიური ნალექები	გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{f1}$	გლაციურ-კოლუვიური ნალექები	გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{g2}$	ფლუვიურ-გლაციური ნალექები	ქვიშები, გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{g1}$	გლაციური ნალექები	ალევირებული ქვიშები, გრაველიტები ნატენებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
ხედიმენტები	იურული	შუა	$J_{aV}$	ჭვეშურის წყება	ფიქლი, მერველი, მერველოვანი ფიქლი (კალოფური და ქვედა ოქსფორდული)	
			$J_{stb}$	ზედა ტალახანის წყება	ქვიშაქვა, ქვიშიან-თიხიანი ფიქალი (მათური სართული)	ინტრუზივი/ვულკანიტი $\beta_{js}$   დიაბაზური პორფირიტი
			$J_{tb}$	ქვედა ტალახანის წყება	ქვიშიან-თიხოვანი ფიქალი, არცოხული ქვიშაქვა (მათური სართული)	$q_{js}$   გრანოდიორიტი $\delta_2$   დიორიტი
			$J_{hd}$	ზედა ხოჯალის წყება	ტუფი, ტუფო-ბრეჭია, ავეიტანი ლაზარდორ-პორფირიტი (მათური სართული)	$\gamma_2$   გრანიტი $Psil_2$   პიროქსენიტი და გაბრო
			$J_{hd}$	შუა ხოჯალის წყება	ავეიტანი ლაზარდორ ტუფო-ბრეჭია და პორფირიტი, დიამაზი (მათური სართული)	
			$J_{hd}$	ქვედა ხოჯალის წყება	ტუფი, ტუფო-ბრეჭია ქვიშაქვა, სანილიტი, ავეიტანი ლაზარდორ-პორფირიტი (მათური სართული)	
		ქვედა	$J_{sa}$	ზედა სორის წყება	ქვიშაქვა, თიხოვანი ფიქალი, (ალენური სართული)	
			$J_{s}$	ქვედა სორის წყება	თიხოვანი ფიქალი, ქვიშაქვა (ტოპოგრაფიული სართული)	
			$J_{ms}$	ზედა მუაშის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, ქვიშაქვა	
			$J_{ms}$	ქვედა მუაშის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, კვარცხანი ქვიშაქვა	
			$J_{mr}$	ზედა მორდოლულის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, ქვიშაქვა, ფურცლოვანი განწყვერების დიაბაზი	
			$J_{mr}$	ქვედა მორდოლულის წყება	კონგლომერატი, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, ქვიშაქვა, თიხოვანი ფიქალი	
			$J_{mr}$	ქვედა მორდოლულის წყება	თიხოვანი ფიქალი, ფიქალი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ტურნული და ტრიასული პერიოდი)	
მორთადი ქანები	საფარი ქანები	პერმულ-ტრიასული	$C_2^1-Tch$	ცხენისწყლის წყება	ფიქალი, ფიქალი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ტურნული)	ინტრუზივი $\gamma_1 C_2^1-C_2$   პორფირიტი ნიკროლინიანი გრანიტები $\gamma D_3-C_1^1$   პლაგიოგრაფიტი (ზ. დეკორი და ქვედა კარბონული) $\gamma D_3-C_1^1$   კვარცხანი დიორიტი
		ნაბორიანი	$C_{kz}$	ყაზახტობის წყება	ფიქალი, ფიქალი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები და მარმარილოვანი კირქვა	
		დეკანური	$D_{21}kr$	შუა და ქვედა კირარის წყება	ფიქალი, ფიქალი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, კონგლომერატის ლიწები და მარმარილოვანი კირქვა	
		სილურიული	$S_2-D_{12}lh$	ლუხრინის წყება	ფიქალი, ფიქალი, ქვიშაქვა, კვარც-პლაგიოკლასის პორფირიტები, ალბიტოფირი, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ზედა სილურიული, ქვედა და შუა დეკანური)	
		ორდოვიკის	$O-Sdl$	დოლრინის წყება	ფიქალი, კვარციტი, ამფიბოლიტი, მიგმატიტი (ორდოვიკული და სილურიული პერიოდი)	
		კამბრიული	$Enk$	ნაკრას კომპლექსი	ფიქალი, ამფიბოლიტი, მიგმატიტი, გრანიტოიდი	

### 4.3. კლდეზვავის ნალექები კაშხლის უბანზე

კაშხალი მდებარეობს ნაწილობრივ პოსტ-მყინვარულ დანალექებზე. დანალექები ხეობის ფსკერზე, რომელიც მოწყდა ზედა ფერდობს კაშხლის მარჯვენა ბურჯის ზემოთ, და დალექილია უშუალოდ კაშხლის განთავსების ადგილას ქვედა ბიეფში, მიემართება საწინააღმდეგო მხარეს, ხეობის მარცხენა ფერდობისკენ. **ნახაზზე 7** მოცემულია მოწყვეტის და დალექვის ზონები.



**ნახაზი 7:** კლდეზვავის დანალექები კაშხლის განთავსების უბანზე. ზედა: ხედი მარცხენა ფერდობიდან კლდეზვავის მოწყვეტის სავარაუდო ზონის მიმართულებით. აღნიშნული მასალის მოცულობა სავარაუდოდ მნიშვნელოვნად ნაკლებია 50 მილიონ კუბურ მეტრზე. ქვედა: კლდეზვავის მაქსიმალური გავრცელება და მოდინების ზონა საპირისპირო ფერდობზე. სრული ალუვიური კონუსის მოცულობა დაახლ. 50 მილიონი კუბური მეტრია, რომლისგანაც ყველა სავარაუდოდ არ არის გამოწვეული კლდეზვავით.

კლდეზვავის დანალექების ჰიპოთეზა შეფასდა მსგავსი კლდეზვავის დინამიკის მოდელირების საშუალებით პროგრამა r. avaflow-ს (დანართი A.2) გამოყენებით. უხეშად ნავარაუდები მოცულობა არის 20-106 მ<sup>3</sup>, რაც აღებულია ციფრული რელიეფის მოდელიდან; ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივეა 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნი (სიმქისე)  $\delta=15^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის

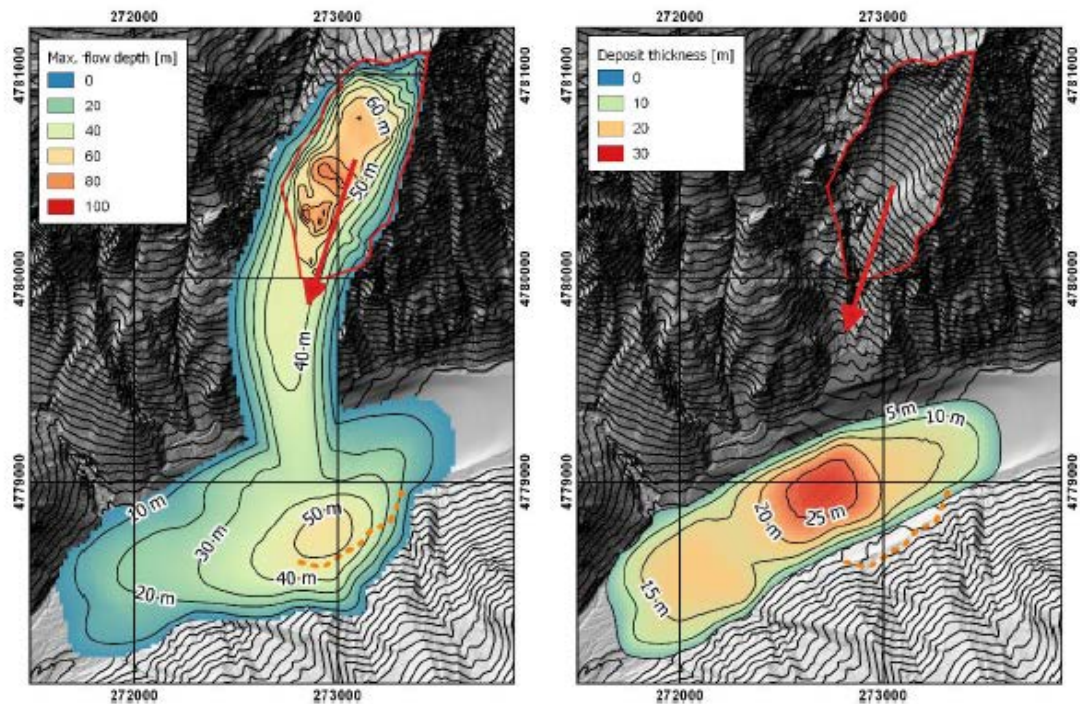
## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

### ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

კუთხე  $\phi=35^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი  $10,000 \text{ მ/წმ}^2$ . ციფრული რელიეფის მიერ ხეობის ფსკერზე მოხდა მთლიანი ალუვიური კონუსის დაახლ.  $50\cdot 106 \text{ მ}^3$  -ს მოცილება, რათა აღდგენილიყო ადრე არსებული ტოპოგრაფიური პირობები. ალუვიური კონუსის მოცულობასა და მოწყვეტილი კლდის მასას შორის სხვაობამ უჩვენა, რომ ალუვიური კონუსის მოცულობაში კლდეზვავით გამოწვეული მასის წვლილი მხოლოდ ნაწილობრივია.

მოდელირების შედეგად გაირკვა, რომ კლდეზვავი, რომელიც დიდი სიჩქარით, დაახლოებით  $80 \text{ მ/წმ}$ -ში (რაც ტიპურია დიდი ზომის კლდეზვავებისთვის) მიემართება ქვევით ფერდობზე, კვეთს ხეობის ფსკერს და უახლოვდება მეორე ფერდობს, სადაც დღესდღეობით შესაბამისი დანალექების ხილვა არის შესაძლებელი, და ამის შემდგომ იღეკება მაქსიმალურ ნიშნულზე - დაახლოებით  $30 \text{ მ}$ -ზე ხეობის ფსკერზე,  $250 \text{ მ}$ -ში ქვედა ბიეფში (**ნახაზი 8**).

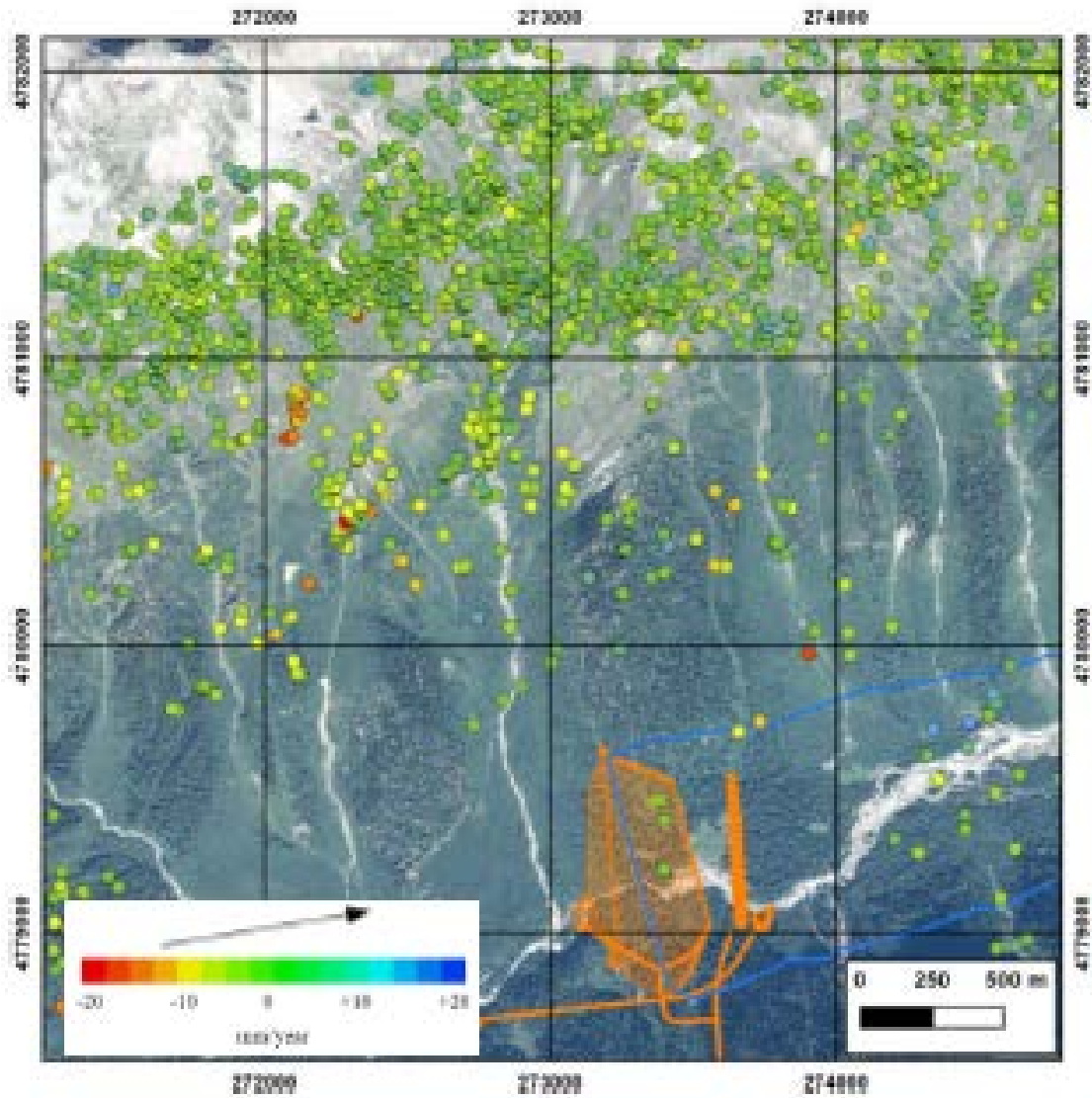
ამდენად, მოდელირების შედეგები ადასტურებს იმ ფაქტს, რომ დანალექები ხეობის ფსკერზე, რომელიც გამოყოფილია მარჯვენა ფერდობიდან კაშხლის მარჯვენა ბურჯის ზემოთ, და დალექილია უშუალოდ კაშხლის არსებული განთავსების ადგილას ქვედა ბიეფში, მიემართება საწინააღმდეგო მხარეს, ხეობის მარცხენა ფერდობისკენ. ასევე ნაგარაუდევია, რომ მემულის დაბლობის ნაწილი ეფუძნება სწორედ ამ კლდეზვავის დანალექებს.



**ნახაზი 8:** კაშხლის უბანზე კლდეზვავის მოწყვეტის და დალექვის მოდელირება: ნაკადის მაქსიმალური სიღრმე (მარცხნივ) და საბოლოო დანალექი (მარჯვნივ).



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

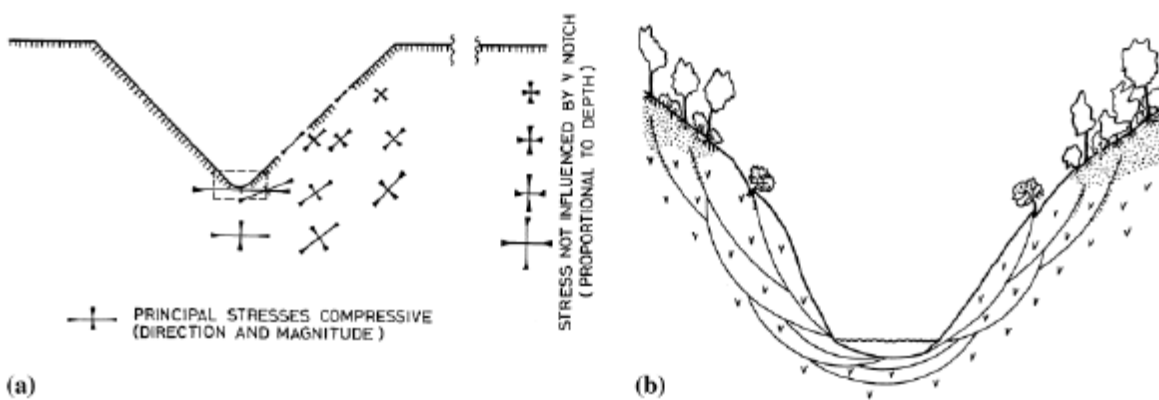


**ნახაზი 9:** კლდეზვავის ჩამოშლის უბანი არ ასახავს სისტემატური მოძრაობის ნიშნებს. სურათზე ნაჩვენებია გადაადგილების საშუალო დიაპაზონი სატელიტიდან პირდაპირი ხილვადობის მიმართულებით. (2007-2010 წწ).

ფერდობის ჩამოქცევის შესაძლებლობები დაბალია შესაძლო წყაროების შემოწმების შესაბამისად, რომელიც განხორციელდა სატელიტური გადაღებით და ვერტმფრენის მეშვეობით სატელიტური რადიოლოკაციური ინტერფერომეტრის გამოყენებით, რომელიც განხორციელდა წყალსაცავის ტერიტორიაზე სავარაუდო მოძრაობებთან დაკავშირებით (**დანართი B**).

შეფასების შედეგად ტერიტორიაზე არ გამოვლენილა რაიმე სახის სისტემატური მოძრაობა, რაც შეიძლებოდა ყოფილიყო ქანების შემდგომში სავარაუდო ჩამოშლის ნიშანი (**ნახაზი 9**). გარდა ამისა, სავარაუდო მცირე-მასშტაბიანი ჩამოშლა არ შეიძლება საფრთხეს წარმოადგენდეს კაშხლის ტანისთვის, რადგან მათი ტრაექტორია იმეორებს ამჟამინდელი ღვარცოფული ხევი ტრაექტორიას, რომელიც მდებარეობს კაშხლის ახლანდელი განთავსების ტერიტორიიდან ქვედა ბიეფში.

ფერდობის თავდაპირველი ჩამოშლა სავარაუდოდ განპირობებული იყო არამდგრად მდგომარეობაში მყოფი, ფერდობის პარალელური ე.წ. ჰორიზონტალური და აშრეების ბზარებით, რომელიც ფიქსირდება იმ უბანზე, სადაც მეწყრის მოწყვეტა მოხდა. **ნახაზზე 10** ნაჩვენებია აღნიშნული ბზარები და განმარტებულია თუ როგორ შეიძლება აშრეებამ წარმოშვას ისეთი ლითოლოგიები, როგორიცაა გრანიტები, ხეობის პირობებში.



**ნახაზი 10:** მდგრადი, ფერდობის პარალელურად მდებარე ბზარები გრანიტში კლდეზავის მოწყვეტის უბანზე კაშხლის ტერიტორიაზე (ზედა). განმარტება თუ როგორ შეიძლება აშრევებამ წარმოშვას და დააქვეითოს ისეთი ლითოლოგიები, როგორიცაა გრანიტები, ხეობის პირობებში. (ქვედა).

#### 4.4. ღვარცოფული ნაკადის/ზვავის არხები ნენსკრას კაშხლის ტერიტორიაზე

კაშხლის ტერიტორიაზე ფიქსირდება შემდეგი ალუვიური კალაპოტები და კონუსები, რომლებიც შეფასდა ღვარცოფული ნაკადისა და თოვლზვავის საფრთხეებთან მიმართებაში.

- მარცხენა ფერდობზე ფიქსირდება სამი ალუვიურ/ღვარცოფული კალაპოტი (**ნახაზი 11**), მათ შორის წყალსაგდების ტერიტორიაზე (STR-DS-L4), ასევე კაშხლის ქვედა ბიეფის საყრდენის (STR-DS-L3), წყალსაგდების გამყვანი პორტალების, ფსკერული წყალგამშვების და წყალსაცემი ჭის ტერიტორიებზე (STR-DS-L2).
- მარჯვენა ფერდობზე ორი რისკის-შემცველი ვითარებაა: სავარაუდო ფერდობის ჩამოშლის პროცესის STR-DS-1-ის ალუვიური კონუსის გასწვრივ, რამაც შესაძლოა საფრთხე შეუქმნას ნაკადულის დერივაციას; და მომცრო ღვარცოფული კალაპოტის STR-DS-R2 გასწვრივ სავარაუდო პროცესების განვითარება, რომელიც მიმართულია კაშხლის თხემისკენ.

აღნიშნული სიტუაცია მოცემულია ნახაზებზე (**ნახაზი 6-C** და **ნახაზი 11**) და შეფასებულია ინდივიდუალურად, ხოლო განხილვა მოცემულია ქვემოთ.



**ნახაზი 11:** სამი ტოპოგრაფიული არხი მარცხენა ფერდობზე (STR-DS-L2, L3 და L4) რომელიც მიმართულია კაშხლისა და დამხმარე ნაგებობებისკენ. არხები STR-DS-L5 e L6 განხილულია ცალკე ქვეთავში 4.6.

#### 4.4.1. ღვარცოფული ნაკადი წყალსაგდებზე (STR-DS-L4)

წყალსაგდების წყალმიმღები მდებარეობს უფრო მომცრო ალუვიურ არხში. ხეობის ფსკერზე შესაბამისი ალუვიური კონუსი შედარებით პატარაა. მელტონის მნიშვნელია  $Me=1.3$  (ზედა ბიეფის აუზი - 75,000 მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში 350 მ, დახრილობა - 20°), რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ ნაშალის წარმოქმნაა მოსალოდნელი. ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს (ნახაზი 12).



**ნახაზი 12:** ხედი ხეობის ფსკერიდან წყალსაგდების წყალმიმღების მიმართულებით, რომელიც მდებარეობს STR-DS-L4 არხის ზედა ნაწილში.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r.avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (დანართი A.2). წყალშემკვრების მცირე ზომის გამო, შერჩეულ იქნა ღვარცოფული ნაკადის შედარებით მცირე მოცულობა - 250 მ<sup>3</sup> - T30 პერიოდისთვის, 500 მ<sup>3</sup> - T100 და 1,000 მ<sup>3</sup> - T300; ნაკადის სიმკვრივე - 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი - 300 მ/წმ<sup>2</sup>. მოდელირების შედეგები მოცემულია **დანართში C**. ყველა სცენარის მიხედვით, წყალსაგდების ტერიტორიაზე გამავალი ნაკადის სიღრმე და სიჩქარე დაახლოებით 0.75 მ და 5 მ/წმ-ია.

წყალსაგდების წყალმიმღები კრიტიკულ ნაგებობად ითვლება და უსაფრთხოების ზომები ყველა სცენარის შემთხვევაში დარღვეულია (**ცხრილი 3**). ამდენად, აუცილებელია ნაგებობის დაცვა ფერდობზე მიმდინარე პროცესებისგან (ასევე მცირე ზომის ზვავებისგან). გარდა ამისა, ღვარცოფული არხი წარმოადგენს კაშხლის სავარაუდო გადავსების საფრთხეს, ღვარცოფული ნაკადით გამოწვეული იმპულსური ტალღების გამო (**ქვეთავი 4.6.1**), ასევე დგება წყალსაგდების წყალმიმღების მოტივტივე ნატანით გაჭედვის საფრთხე.

შესაბამისი დაცვის ზომები არის ერთი ან მეტი დამცავი დამბის (ან მსგავსი დამცავი ნაგებობის) მოწყობა წყალსაგდების წყალმიმღების ზედა ბიეფში. ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005 ხარისხობრივად არის ნაჩვენები ნაკადის მაქსიმალური გავრცელება, ხოლო **დანართში C** ჩამოთვლილია მთავარი მოდელირებული პარამეტრები დამცავი ნაგებობის პროექტირებისათვის.

#### 4.4.2. ღვარცოფული ნაკადი კაშხლის ქვედა ბიეფის ბურჯთან (STR-DS-L3)

ღვარცოფული ხევი მიმართულია ნენსკრას კაშხლის ქვედა ბიეფის ბურჯისაკენ. შესაბამისი ალუვიური კონუსი შედარებით პატარაა და განლაგებულია კლდეზვავის დანალექებზე (**ქვეთავი 4.3**) სადაც ის ქმნის დაჭაობებულ დაბლობს სწორ ფართობზე. კონკრეტული ტოპოგრაფიური პირობების გამო, ალუვიური კონუსის მელტონის მნიშვნელის გაანგარიშება ვერ მოხერხდა (აუზის ფართობი 550,000 მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში - 900 მ). ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს (**ნახაზი 13**).



**ნახაზი 13:** ალუვიური კონუსი ნენსკრას კაშხლის ქვედა ბიეფის ბურჯთან ახლოს, არხის STR-DS-L3 ძირში.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r.avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (**დანართი A.2**). სავარაუდო მოცულობა - 1250 მ<sup>3</sup> - T30 პერიოდისთვის, 2,500 მ<sup>3</sup> - T100 და 5,000 მ<sup>3</sup> - T300; ნაკადის სიმკვრივე - 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივეა 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 300 მ/წმ<sup>2</sup>.

მოდელირების შედეგები მიუთითებენ (**დანართი C**) იმაზე, რომ სელური ნაკადები თავს იყრიან ტოპოგრაფიული დაწვევის უბანზე, რომელიც წარმოქმნილია კლდეზვავის დანალექების გამო, და

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

შემდეგ ჩამონადენი მიემართება ხეობის ფსკერისკენ მისასვლელი ბილიკის გასწვრივ; ეს ბილიკი მიემართება მდ. ნენსკრასაკენ. მოდელირება ითვალისწინებს მხოლოდ არსებულ ტოპოგრაფიულ პირობებს და არ ასახავს არც მიწის სამუშაოების პერიოდს და არც სამშენებლო ფაზას. შესაბამისად, ნაკადები ვრცელდება კაშხლის მომავალი განთავსების ტერიტორიის მიმართულებით ნაკადის სიღრმისა და სიჩქარის შემდეგი მონაცემებით: 0.75 მ და 2 მ/წმ (T30), 1.25 მ - 2-3 მ/წმ(T100) და 1.5 მ - 2-3 მ/წმ(T300).

კაშხლის აგებისთვის საჭირო მოსაშორებელი მასალის მოცულობის სიდიდის გათვალისწინებით, მიწის სამუშაოების პროექტირებისას გასათვალისწინებელია არხების ან დევიატორების განლაგება იმგვარად, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ფერდობზე მიმდინარე სავარაუდო პროცესების ხეობის ფსკერისკენ გავრცელება ყოველგვარი დაზიანების გამოწვევის გარეშე.

საკითხის გადასაჭრელად მისაღები ვარიანტია დამცავი დამბის განლაგება უშუალოდ მისასვლელი გზის გადაკვეთის ზემოთ. მიუხედავად იმისა, რომ წინამდებარე ანალიზის საგანს არ წარმოადგენს მისასვლელი გზის უსაფრთხოება, უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი დამცავი დამბის თუ მსგავსი დამცავი ნაგებობის არსებობა გაზრდის უსაფრთხოებას მისასვლელი გზის გასწვრივ. ტექნიკური თვალსაზრისით უსაფრთხოების ზომები დარღვეულია ყველა სცენარის შემთხვევაში, რომელიც არ ითვალისწინებს სელური ნაკადების დანალექებს, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს ხელისშემშლელ ფაქტორს კაშხლისთვის, როგორც კრიტიკული ნაგებობისთვის. **დანართში C** მოცემულია მოდელირებული პარამეტრების ჩამონათვალი, რომლებიც აუცილებელია დამცავი ნაგებობების პროექტირებისათვის.

#### 4.4.3. სელური ნაკადები წყალსაგდების გამოსასვლელ პორტალზე და ფსკერულ წყალგამშვებზე (STR-DS-L2)

კაშხლის ბურჯთან არსებული ღვარცოფული ხევი მსგავსად, უფრო ქვემოთ არის კიდევ ერთი ღვარცოფული ხევი, რომელიც განლაგებულია კლდეზავის დანალექებზე (ქვეთავი 4.3). მელტონის მნიშვნელია  $Me=1.3$  (ზედა ბიეფის აუზი - 75,000 მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში - 350 მ, ხოლო დახრილობა - 20°), რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ ნაშალის წარმოქმნაა მოსალოდნელი. ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს (ნახაზი 14).



**ნახაზი 14:** წყალსაგდების გამოსასვლელი პორტალის და ფსკერული წყალგამშვების ზემოთ არსებული ალუვიური კონუსი (STR-DS-L2).

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r.avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (დანართი A.2). სავარაუდო მოცულობა - 1250 მ<sup>3</sup> - T30 პერიოდისთვის, 2,500 მ<sup>3</sup> - T100 და 5,000 მ<sup>3</sup> - T300; ნაკადის შერჩეული პარამეტრებია: სიმკვრივე- 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნის 300 მ/წმ<sup>2</sup>.

მოდელირების შედეგები (დანართი C) კაშხლის ქვედა ბიეფის ბურჯთან არსებული ვითარების (ქვეთავი 4.4.1) მსგავს ვითარებაზე მიუთითებენ. ღვარცოფული ნაკადი გროვდება ფერდობის ძირში, უფრო ბრტყელ უბანზე და შემდგომ ჩამოედინება ალუვიური არხების გასწვრივ, რომლებიც წარმოდგენილია მდ. ნენსკრასკენ მიმავალ ბოლო ციცაბო ფერდობზე, სადაც განლაგებულია წყალსაცემი ჭები და წყალსაგდებისა და ფსკერული წყალგამშვების გამოსასვლელი პორტალები. თუმცა, აღსანიშნავია, რომ მხოლოდ დიდი სცენარის მიხედვით თუ არის შესაძლებელი, რომ ნაკადმა წყალსაცემი ჭებისა და პორტალების კრიტიკულ წერტილებს მიაღწიონ. არსებულ ტოპოგრაფიულ პირობებში, დაშვებულია მაქსიმალური ნაკადის სიღრმისა და სიჩქარის შემდეგი მიახლოებითი მაჩვენებლები: 0.25 მ - 0.5 მ/წმ (T30, ზემოქმედებას ექვემდებარება მხოლოდ წყალსაცემი ჭის კიდე), 0.5 მ - 1 მ/წმ (T100, ზემოქმედებას ექვემდებარება მხოლოდ წყალსაცემი ჭის კიდე) და 1 მ - 1 მ/წმ (T300, ზემოქმედებას ექვემდებარება მხოლოდ წყალსაცემი ჭა).

წყალსაგდებისა და ფსკერული წყალგამშვების პორტალების და წყალსაცემი ჭის კრიტიკული ნაგებობების გათვალისწინებით, უსაფრთხოების ზომები (ცხრილი 3) დარღვეულია ყველა სცენარის შემთხვევაში, რადგან წყალსაცემ ჭამდე აღწევს ღვარცოფული ნაკადის დანალექები. ფერდობზე მიმდინარე პროცესებისგან (ასევე მცირე ზვავებისგან) ნაგებობის დაცვა შესაძლებელია დევიატორის (deviator wall) განთავსებით ალუვიური კონუსის ზემოთ.

ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005 ხარისხობრივად არის წარმოდგენილი ნაკადის გავრცელება, ხოლო დანართში C ჩამოთვლილია მოდელირებული ძირითადი პარამეტრები ასეთი დამცავი ნაგებობის პროექტირებისთვის. ალტერნატიულად, ასევე შეიძლება ობიექტის დაცვის ზომების შეტანა წყალსაცემი ჭის პროექტირებაში, მაგ: ფერდობის ძირში, საკმარისი სიმაღლის მქონე გარე კედლის განთავსება.

#### 4.4.4. ღვარცოფული ნაკადი შენაკადის დერივაციის მონაკვეთში (STR-DS-R1)

შენაკადის დერივაციის (creek diversion) მონაკვეთი მდებარეობს მდინარის დაუშრობელ მონაკვეთში - STR-DS-R1, რომელიც მიედინება დაახლოებით 10-20 მ სიგანის მძვინვარე ნაკადის შრეში; ეს შრე შედგება ნატეხოვანი ნატანისგან, რომლის ფრაქციაც ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს. ქვედა ნაწილში ის ვითარდება რამდენიმე ასეული მეტრის სიგანის ალუვიურ კონუსში. ალუვიური კონუსის მელტონის მნიშვნელია  $Me=0.9$  (ზედა ბიეფის აუზი - 2.8 მლნ. კვ. მ., ინტერვალი დონეებში - 1580 მ და დახრილობა -  $16^\circ$ ), რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ ნაშალის წარმოქმნაა მოსალოდნელი. ძირითადი ქანების ლითოლოგია არის ნაკრას ფორმაციის, შესაბამისად ნატანი ძირითადად გრანიტული გნეისის ელემენტებისგან შედგება, რომელთა ფრაქცია ქვიშასა და კაჭარს შორის მერყეობს (ნახაზი 14).



**ნახაზი 15:** შენაკადის დერივაციის წყალმიმღები მდებარეობს ამ ტერიტორიაზე STR-DS-R1 მონაკვეთში.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r.avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (**დანართი A.2**). ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივეა 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=18^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$ , ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 300 მ/წმ<sup>2</sup>. მოდელირების შედეგების (დანართი C) მიხედვით, ყველა სცენარის შემთხვევაში ნაკადი რჩება მთავარ კალაპოტში და მხოლოდ ზოგჯერ აღწევს მდ. ნენსკრამდე ხეობის ფსკერზე, დაახლოებით 100 მ-ში სადერივაციო გვირაბის მისასვლელი გალერეის პორტალიდან.

შენაკადის დერივაციის წყალმიმღების ირგვლივ ღვარცოფული ხევი მოდელირების შედეგებმა გამოავლინა ნაკადის შემდეგი სიღრმე და სიჩქარე: 1 მ/2-3 მ/წმ (T30), 1.5 მ/2-3 მ/წმ (T100) ადა 2 მ/3-4 მ/წმ (T300).

შენაკადის დერივაციის წყალმიმღები არ არის მიჩნეული კრიტიკულ ობიექტად, უსაფრთხოების ზომები (ცხრილი 3) დარღვეულია ხშირი და საშუალო სცენარისთვის. ობიექტის დაცვა ფერდობზე მიმდინარე პროცესებისგან (და მცირე ზვავებისგან) შესაძლებელია რამდენიმე დამცავი დამბის განთავსებით მძვინვარე ნაკადის შრეში. გარდა ამისა, მდგრადი პროექტის შერჩევა უნდა მოხდეს ტიროლის წყალმიმღებისთვის, რადგან მოცემულ შრეში ფერდობზე მიმდინარე პროცესების სიხშირე არის მოსალოდნელი.

ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005 ხარისხობრივად არის ნაჩვენები ნაკადის გავრცელება, ხოლო დანართში C ჩამოთვლილია ძირითადი მოდელირებული პარამეტრები დამცავი ნაგებობების პროექტირებისათვის.

#### 4.4.5. ღვარცოფული არხი კაშხლის თხემზე (STR-DS-R2)

მარცხენა ფერდობზე ღვარცოფული არხი შეზღუდული ზომებით მიმართულია პირდაპირ კაშხლის თხემისკენ (**ნახაზი 16**). არხის მიახლოებითი სიგანეა 10 მ, სიმაღლე 250 მ. იმ ადგილამდე ზედა მხარეს, სადაც ის იყოფა ორ დამოუკიდებელ არხად დამატებით კიდევ 100 მ-ზე. არხის დახრილობაა - 33°. საველე კვლევებით გამოვლინდა შემდეგი საფრთხის შემცველი ვითარება: არხში ფიქსირდება 1 კუბურ მეტრამდე მოცულობის ქანების მასები. დანართში A.3.1 მოცემული მიდგომის მიხედვით, ქვათაცვენის ზემოქმედების ენერჯია შეიძლება გაანგარიშდეს როგორც 500 კჯ. გარდა ამისა, შესაძლებელია შეზღუდული მოცულობის (500-750 კუბურ მეტრამდე) თოვლზვავისა და კლდეზვავის გაანგარიშება, მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად არ არის აქტიური პროცესების კვალი.

## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

### ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

რადგან ნენსკრას კაშხალი მიჩნეულია კრიტიკულ ნაგებობად, აუცილებელია მისი მთლიანი დაცვა, ხოლო ფერდობზე მიმდინარე პროცესებიდან მომავალი აღნიშნული საფრთხეები უნდა აღმოიფხვრას. ერთ-ერთი დაცვის საშუალება არის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ბარიერის (ღობის) განთავსება, რომელსაც შეეძლება ენერჯის საკმარის დონემდე ჩახშობა/შთანთქმა. მისი განთავსება შესაძლებელია კაშხლის თხემის ზემოთ. ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005 ხარისხობრივად არის მოცემული საფრთხის მაქსიმალური გავრცელება, ხოლო დანართში C ჩამოთვლილია ძირითადი მოდელირებული პარამეტრები აღნიშნული დამცავი ნაგებობის პროექტირებისთვის.



**ნახაზი 16:** ღვარცოფული არხი STR-DS-R2 მიმართულია პირდაპირ ნენსკრას კაშხლის თხემისკენ

#### 4.4.6. ზვავები კაშხლის განთავსების არეალში

კაშხლის განთავსების არეალში მდებარე მოზრდილ არხებთან დაკავშირებით მოსალოდნელია თოვლის ზვავების საფრთხე. სელური ნაკადებისგან დასაცავად დაგეგმილი ღონისძიებების ეფექტურობის და თოვლის ზვავების შემთხვევაში მათი გამოყენების მიზანშეწონილობის დასადასტურებლად, საჭიროა განხორციელდეს ასეთი პროცესების მოდელირება.

მარცხენა ფერდობზე მდებარე STR-DS-L2, STR-DS-L3 არხების (კაშხლის საყრდენის, ფსკერული წყალგამშვების და წყალსაგდების გამოსასვლელი პორტალების და წყალსაცემი ჭის განთავსების არეალი) და მარჯვენა ფერდობზე არსებული STR-DS-R1 არხის (მცირე შენაკადის დერივაცია) შემთხვევაში 5,000, 10,000 და 20,000 მ<sup>3</sup> მოცულობებისთვის განისაზღვრა T30, T100 და T300 სცენარები და განხორციელდა მათი მოდელირება, სავარაუდო სიმკვრივე არის 300 კგ/მ<sup>3</sup>, საწყისი ხახუნის კუთხე (ზედაპირის სიმქისე)  $\delta=17^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=13$  და ტურბულენტური ხახუნის - 600 მ/წმ<sup>2</sup>.

მოდელირებამ გვიჩვენა, რომ ნაკადის მეტი მოცულობის გამო, თოვლის ზვავი მოიცავს მეტ ტერიტორიას ვიდრე სელური ნაკადები. თოვლის ზვავების საფრთხის ხარისხი დაკავშირებულია ჰიდრავლიკურ წნევასთან, რომელიც თოვლის შემცირებული სიმკვრივის გამო (თოვლის შემთხვევაში 300 კგ/მ<sup>3</sup> სელური ნაკადები - 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>) შედარებით დაბალია. დაცვის მიზნები ზოგადად არ არის დარღვეული მუდმივი ნაგებობებისთვის, თუმცა ეს არ ეხება



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

მისასვლელ გზებს (გზები არ შედის მოცემულ ანალიზში). დანართში C მოცემულია შესაბამისი დამცავი ღონისძიებების პროექტირებისთვის მოდელირებული ძირითადი პარამეტრები.

#### **4.5. წყალსაგდების, მიმყვანი გვირაბის და ფსკერული წყალგამშვების შესასვლელი პორტალები**

ნახაზზე 17 მოცემულია შესასვლელი და გამოსასვლელი პორტალების განთავსების არეალები. ორივე მათგანი მდებარეობს ალუვიური/ღვარცოფული კონუსების კალაპოტში (STR-DS-L4, L5, L6), სადაც მოსალოდნელია ღვარცოფული ნაკადის და ზვავის გააქტიურება.

პორტალებთან მოსალოდნელია მოტივტივე ნატანის (ინტენსიური ნალექების, ზვავების შედეგად) და ღვარცოფული ნაკადის შედეგად წარმოქმნილი მასალის ჩახერგვა. კონსტრუქციების პროექტირებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს მოსალოდნელი საფრთხეები.



ნახაზი 17: მიმყვანი გვირაბის და ფსკერული წყალგამშვების შესასვლელი პორტალები (სურათიდან ოდნავ გარეთ) მდებარეობს ფერდობის ძირში

#### **4.6. კოლუვიური/ალუვიური გამოსავლის კონუსები წყალსაცავზე**

რამდენიმე გვერდითი ალუვიურ/კოლუვიური კონუსი და არხი აღწევს წყალსაცავამდე. ნახაზი გვიჩვენებს არხებსა და კონუსებს, რომლებიც უფრო დეტალურად იქნა განხილული მათი კაშხალთან სიახლოვის გამო (STR-DS-R3 to R6 - მარჯვენა ფერდობზე და STR-DS-L4 - L7 - მარცხენა ფერდობზე). ეს კოლუვიურ/ალუვიური კონუსები წარმოადგენს საფრთხეს სამი მიმართულებით (ნახაზი 6-D, ნახაზი 18): (i) ფერდობის არასტაბილურობას შეუძლია გავლენა მოახდინოს წყალსაცავზე და გამოიწვიოს იმპულსური ტალღები, რამაც შესაძლოა კაშხლამდე მიაღწიოს; (ii) წყალსაცავის სწრაფი დაცლის დროს მოსალოდნელია ალუვიური გამოსავლის კონუსების არასტაბილურობა; (iii) მოსალოდნელია მოტივტივე ნატანის ჩახერგვა წყალმიმღებ კონსტრუქციაში.



**ნახაზი 18:** ზედა მხარე: რისკის 2 სახის მდგომარეობა - წყალსაცავის დაცლის დროს გამოწვეული არასტაბილურობა და იმპულსური ტალღების წარმოქმნა, რაც ზემოქმედებას მოახდენს წყალსაცავზე. ქვედა მხარე: ტიპიური ნიადაგის სტრუქტურისგან შემდგარი ალუვიურ/კოლუვიური გამოსავლის კონუსი, რომელიც შედგება მსხვილმარცვლოვანი მასალისგან (ქვები, ბელტები) ქვიშა-ხრემოვან მატრიცაში.

#### 4.6.1. სელური ნაკადების და ზვავებისგან გამოწვეული იმპულსური ტალღები

სელურმა ნაკადებმა/ზვავებმა და თოვლის ზვავებმა შესაძლოა გაიარონ აღნიშნული არხების (კალაპოტების) გასწვრივ და გავლენა იქონიონ წყალსაცავზე, ან გამოიწვიონ იმპულსური ტალღები, რომლებიც გადაედინება კაშხალზე.

[13] მეთოდოლოგიის მიხედვით (დანართი A.5) შეფასდა არხები მარჯვენა ფერდობზე (STR-DS-R3 - R6) და მარცხენა ფერდობზე STR-DS-L4 - L7; სავარაუდო მოცულობა არის 1,000 მ<sup>3</sup>-ის (5 მ სიმაღლე და 10 მ სიგანე), ზემოქმედება მოსალოდნელია 10 მ/წ ხარჯზე, სიმკვრივე - 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ფორიანობა 20% და დახრის კუთხე 30°. ზემოქმედების ქვეშ მოქცეული არეალი ხასიათდება არახელსაყრელი გეომეტრიით, აქვს მაღალი და ვიწრო წინხედი, განმეორებადობის პერიოდი ჰიდროელექტროსადგურის მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე არი 50-100 წელი. წყლის

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

სიღრმეები ცვალებადია და ზემოქმედების არეალში მერყეობს 103-113 მ შორის, ხოლო კაშხალთან არის 115 მ. კაშხლის ფერდის დახრილობა არის 32° და მანძილი წყლის სარკის ზედაპირსა და კაშხლის თხემს შორის არის 5 მ (სრული შევსების დონე არის ზღვის დონიდან 1430 მ)

არხი STR-DS-L7 სხვა არხებთან შედარებით დიდია და შესაბამისად გაანგარიშებული იმპულსური ტალღაც მეტი მოცულობისაა (10 მ სიმაღლე და 10 მ სიგანე, სრული მოცულობა 5,000 მ<sup>3</sup>).

იმპულსური ტალღების გამოთვლა განხორციელდა 8 ზემოქმედების არეალის (დანომრილია 1-დან 8-მდე) და კაშხლის გასწვრივ ერთმანეთისგან თანაბრად დაშორებული 5 წერტილის გათვალისწინებით (H-დან L-მდე). შესაბამისი მანძილები და გავრცელების კუთხეები ნაჩვენებია ნახაზზე 19.



**ნახაზი 19:** მოხდა 1-დან 8 ლოკაციამდე წარმოქმნილი იმპულსური ტალღების ადმასვლის ანალიზი, რომელიც წარმოიქმნება კაშხალთან H-დან L წერტილამდე.

შემთხვევა	უმაღლესი მოდინება კაშხალთან წერტილზე
მარჯვენა ნაპირი	1 (STR-DS-R6) K (0.8 მ)
	2 (STR-DS-R5) I, J (2.3 მ)
	3 (STR-DS-R4) J (2.7 მ)
	4 (STR-DS-R3) H (2.5 მ), I (3.2 მ), J (4.3 მ), K (6.8 მ), L (1.5 მ)
მარცხენა ნაპირი	5 (STR-DS-L7) K, L (1.1 მ) 1,000 მ <sup>3</sup> ; K (2.4 მ), L (2.2 მ) 5,000 მ <sup>3</sup>
	6 (STR-DS-L6) J, K, L (2 მ)
	7 (STR-DS-L5) J (2.8 მ)
	8 (STR-DS-L4) H (6.8 მ), I (5.7 მ), J (3.9 მ)

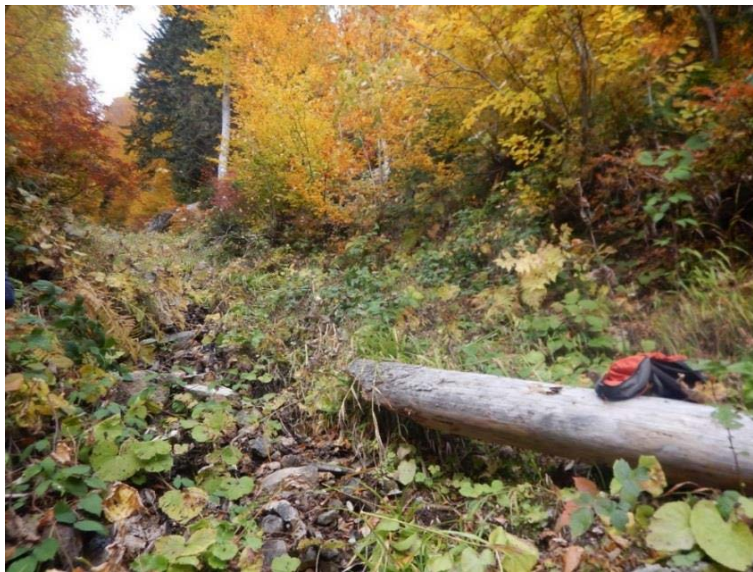
**ცხრილი 4:** იმპულსური ტალღების შეჯამების შეფასება. წერტილების ადგილმდებარეობა იხილეთ ნახაზზე 19.

შედეგები ნაჩვენებია ცხრილში 4. ყველა განხილული შემთხვევა, STR-DS-R3 (მარჯვენა სანაპირო) და STR-DS-L4 (მარცხენა სანაპირო, წყალსაგდების შესასვლელი) ერთმანეთისგან დაშორებულია

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

კრიტიკული მანძილით და არსებობს წყალდიდობის ტალღის წარმოქმნის პოტენციალი, რომელიც შესაძლოა გადაევიდეს კაშხალს; არსებული ჰიპოთეზის მიხედვით, უბეში გამოთვლით არხი მდებარეობს კაშხლის თხემის ზედა ბიეფში, 100 მ-ში. ორივე შემთხვევა აღწერილია ქვემოთ:

- STR-DS-R3. არხი მოცემულია ნახაზზე 20 და აქვს იგივე მახასიათებლები რაც STR-DS-R2 (ქვე-თავი 4.4.5). საველე დაკვირვებების დროს, ნიადაგის ან ქანების არასტაბილურობის ნიშნები არ დაფიქსირებულა. მოცულობები, რომელთა მობილიზება შესაძლოა მოხდეს 50-100 წელიწადში, არის 500 მ<sup>3</sup>-ზე ნაკლები, თუმცა იმპულსური ტალღის შეფასებაში ნავარაუდევია 1,000 მ<sup>3</sup>-ზე ნაკლები მოცულობა. რეკომენდირებულია საყრდენი კონსტრუქციის მოწყობა (დამცავი დამბა ან ღვარცოფ საწინააღმდეგო ზღუდარი), რომელიც შეაკავებს 500 მ<sup>3</sup> მოცულობის მასას და ქვათაცვენის შედეგად წარმოქმნილ ელემენტებს.
- STR-DS-L4. ეს ალუვიური და კოლუვიური არხი მიმართულია წყალსაგდების შესასვლელისკენ და საჭიროებს განსაკუთრებულ ყურადღებას, ვინაიდან ის საფრთხეს წარმოადგენს კაშხლისა და წყალსაგდებისთვის. ეს საკითხი მოცემულია ქვეთავში 4.4.1 და დაგეგმილია 2 დამცავი დამბის და შესაბამისი საყრდენი კონსტრუქციების მოწყობა, რომელიც შეაკავებს მოსალოდნელ ღვარცოფს და ზვავისგან გამოწვეულ საფრთხეებს. წყალმიმღები კონსტრუქცია ისე უნდა დაპროექტდეს, რომ თავიდან ავიცილოთ მისი ჩახერგვა ღვარცოფის შედეგად წარმოქმნილი მასალით.



**ნახაზი 20:** ღვარცოფული არხი - STR-DS-R3 მდებარეობს კაშხლის თხემის ზემოთ 100 მ-ში.

**4.6.2. ალუვიური გამოსავლის კონუსების სტაბილურობა**

ალუვიური/კოლუვიური კონუსების არასტაბილურობა შესაძლოა გამოიწვიოს დამირვამ და წყალსაცავის დაცლამ. მეწყერის ის მოცულობა, რომლის დესტაბილიზაციასაც შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს წყალსაცავის დაცლის დროს, ვერ გამოიწვევს მძლავრი იმპულსური ტალღის წარმოქმნას და შესაბამისად, მისი კაშხალზე გადადინებაც არ არის მოსალოდნელი. ეს კი ძირითადად გამოწვეულია იმ ფაქტით, რომ დაცლის დროს წყალსაცავის დონე მცირდება და მოსალოდნელი იმპულსური ტალღები ვერ გადაედინება კაშხლიდან.

აღმ. ტბის მოცულობა	მანძილი წყალსაცავამდე	მანძილი კაშხლიდან ზემოქმედების უბანთან
50,000 მ <sup>3</sup>	3.5 კმ	1.2 კმ
40,000 მ <sup>3</sup>	1.5 კმ	1.8 კმ

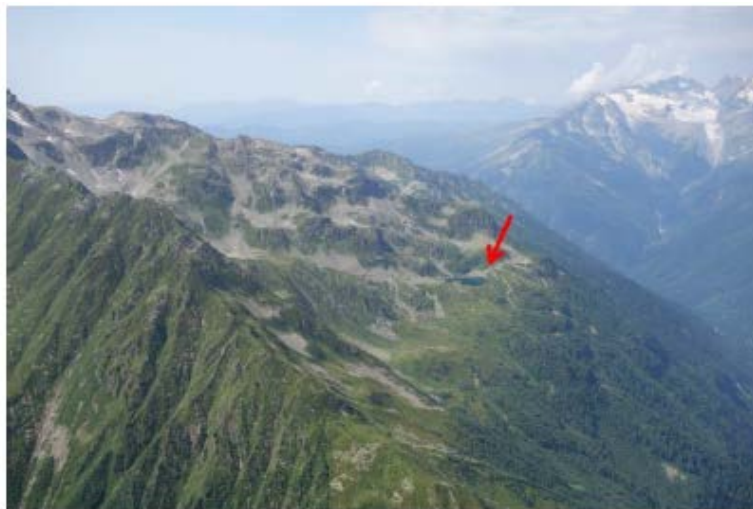
**ცხრილი 5:** ზედა მარცხენა ფერდობზე არსებული 2 მყინვარული წარმოშობის ტბის მახასიათებლები

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

#### 4.7. მყინვარული ტბის გარღვევითი წყალდიდობები (GLOF)

ნენსკრას ხეობის მარცხენა ფერდობის თავზე მდებარეობს რამდენიმე მყინვარული ტბა (ნახაზი 21), მათი მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 5. ეს ტბები არ შემოისაზღვრება ყინულოვანი მასებით, ამდენად იმისათვის რომ მოხდეს წყალდიდობა, საჭიროა მასში არსებული მორენული და კლდოვანი მასების არასტაბილურობა ან მიმდებარე კლდის და გრუნტის მასებმა გავლენა უნდა მოახდინონ ამ წყლის ობიექტებზე. ვიზუალური დაკვირვებების მიხედვით (სატელიტიდან და საჰაერო გადაღების და ვერტმფრენიდან დათვალიერების შედეგად), აღნიშნული სცენარი მოსალოდნელი არ არის. გარდა ამისა, მიუხედავად იმისა, რომ დაკვირვება ხდება ვრცელ ტერიტორიაზე (შეფასებული მოცულობები არის 40,000 და 50,000 მ<sup>3</sup>), მანძილი წყალსაცავის მიმართულებით არის ძალიან გრძელი (1.5 და 3.5 კმ) და წყალსაცავში წყალი უნდა შევიდეს კაშხლის უბნიდან 1.2 -1.8 კმ მანძილზე.

გეომორფოლოგიური პირობების გათვალისწინებით, ტბები არ ავლენენ წყალდიდობისთვის დამახასიათებელ თვისებებს. არსებობს შეზღუდული რისკი იმისა, რომ ტრანსპორტირებული ნატანი და წვრილმარცვლოვანი მასალა აღმოჩნდეს წყალსაცავების ნაგებობაში, ფსკერულ წყალგამშვებში ან მიმყვან გვირაბში.



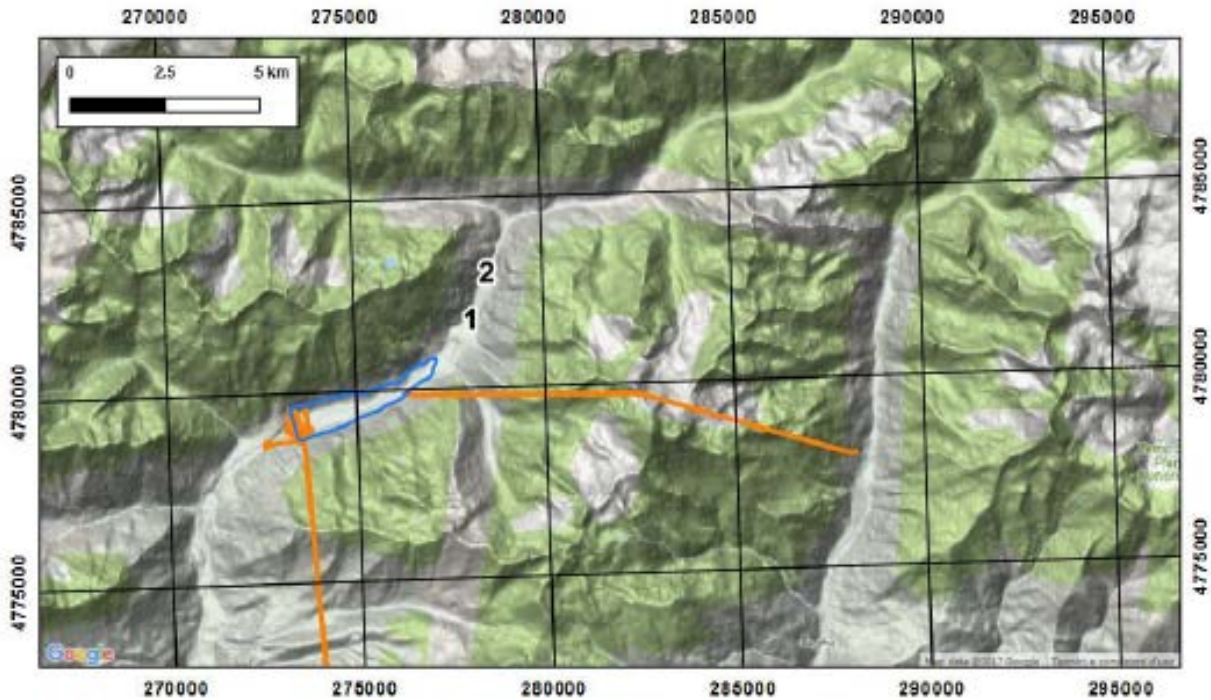
ნახაზი 21: ნენსკრას ხეობის ზედა მარცხენა ფერდობზე მდებარე მყინვარული ტბა

#### 4.8. ნენსკრას წყალსაცავის ზედა ბიეფი

ნენსკრა ჰესის, განსაკუთრებით წყალსაცავის, კაშხლის და ახლომდებარე ნაგებობების (ნახაზი 22) ექსპლუატაციის პროცესში მოსალოდნელი რისკების გამოსავლენად განხორციელდა წყალსაცავის ზემოთ არსებული ტერიტორიის განხილვა და ანალიზი

## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



**ნახაზი 22:** წყალსაცავის ზემოთ არსებული ტერიტორიის ტოპოგრაფია. ნაჩვენებია წყალსაცავის (ცისფრად) და საპროექტო ნაგებობების არეალი (ნარინჯისფრად). მითითებული უბნები 1 და 2 განხილულია ტექსტში.

წყალსაცავის ზემოთ, ნენსკრას ხეობა სწორხაზოვნად გრძელდება 4 კმ მანძილზე ჩრდილოეთ ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით, შემდეგ ხეობა იყოფა 2 მცირე ხეობად ზღვის დონიდან 1650 მ ნიშნულზე. ორი ხეობა არის აღმოსავლეთ-დასავლეთის და სამხრეთ დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულების და მთავრდება 10 კმ და 14 კმ მანძილის შემდეგ.

წყალსაცავის ბოლოს ზედა ბიევის გეომორფოლოგია, საფრთხეები და რისკები შეგვიძლია შემდეგნაირად დავახასიათოთ:

- მოზრდილი ალუვიური გამოსავლის კონუსი მარცხენა ფერდობიდან იჭრება წყალსაცავის ზემოთ არსებულ ტერიტორიაზე დაახლოებით 800 მ მანძილზე და მიემართება უფრო დიდი ზომის გვერდითა ხეობისკენ. მორფოლოგიისა და არსებული მცენარეული საფარის გათვალისწინებით გამოსავლის კონუსი არ არის აქტიურ მდგომარეობაში (**ნახაზი 22, ნახაზი 23**).
- მეორე ალუვიური გამოსავლის კონუსი მარცხენა ფერდობიდან შემოდის წყალსაცავის ზედა ნაწილში 2.2 კმ მანძილზე (**ნახაზი 22-2, ნახაზი 24**). ადგილობრივ მოსახლეობაზე დაყრდნობით, ზედა ფერდობის არასტაბილურობა გააქტიურდა თოვლის დნობის დროს 1986/1987 წლის ზამთარში მომხდარი ზვავის შემდეგ. ფერდობის ზედაპირის არასტაბილურობა აქტიურია, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს სელური ნაკადები.

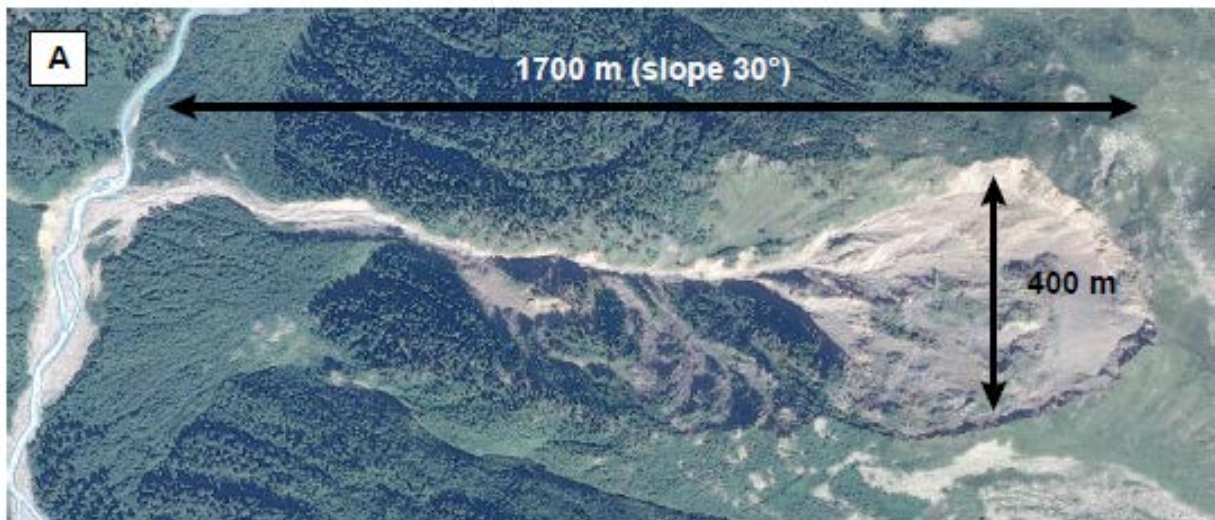
შესართავის ადგილას ჩანს, რომ გამოსავლის კონუსთან კალაპოტის სიგანე არის დაახლოებით 10 მ და სიღრმე - რამდენიმე მეტრი, აღნიშნული კალაპოტის გავლით შესაძლოა მოხდეს ნატანის შემოტანა გამოსავლის კონუსის ტერიტორიაზე. ალუვიური გამოსავლის კონუსის მიმდებარედ მდინარე ნენსკრას სწორი კალაპოტის სიგანე არის 10-20 მ.

მიუხედავად იმისა, რომ ნენსკრა ჰესისთვის მოსალოდნელი რისკები დაბალია, რეკომენდირებულია, რომ შენაკადის უბანზე განხორციელდეს რეგულარული დაკვირვებები, განსაკუთრებით ზაფხულის დასაწყისში, თოვლის დნობის შემდეგ.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



ნახაზი 23: შედარებით დიდი ზომის, მაგრამ არააქტიური ალუვიური გამოსავლის კონუსი წყალსაცავის ბოლოს ზედა ბიეფში 800 მ-ში





**ნახაზი 24:** წყალსაცავის ბოლოს ზედა ბიეფში 2.2 კმ-ში მდებარე არეალი. ზოგადი მიმოხილვა (A) და დეტალური ინფორმაცია მდ. ნენსკრასთან შერთვის არეალის (B) შესახებ

#### 4.9. დასკვნები

ბუნებრივი საფრთხეები და ნენსკრას კაშხალსა და დამხმარე ნაგებობებთან ასოცირებული პრობლემები მოცემულია ნახაზზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-005, და დანართში C. შეჯამება კი შემდეგნაირად შეიძლება:

- ღვარცოფული ნაკადი და თოვლის ზვავი: ალუვიური გამოსავლის კონუსი წარმოდგენილია ორივე ფერდობზე, რაც წინააღმდეგობას ქმნის კაშხალსა და მის დამხმარე ნაგებობებისთვის. რეკომენდირებულია აღნიშნული ნაგებობების დაცვა შესაბამისი დამცავი ღონისძიებების გატარებით;
- ნენსკრას წყალსაცავში დაფიქსირებული სელური ნაკადების არხებიდან 2 კრიტიკული მნიშვნელობისაა და შესაძლოა გამოიწვიოს იმპულსური ტალღები და წყალი გადავიდეს კაშხლიდან. აღნიშნული რისკის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა სათანადო საყრდენი კონსტრუქციის აგება. რისკი იმისა, რომ წყალსაცავის სწრაფი დაცლის შემთხვევაში ალუვიური გამოსავლის კონუსი გახდეს არა-სტაბილური არის დაბალი;
- ერთი ღვარცოფული ნაკადისგან წარმოქმნილი არხი ფიქსირდება კაშხლის მარჯვენა საყრდენთან და თხემთან. ნაგებობა დაცული უნდა იყოს მოსალოდნელი პროცესებისგან.
- წყალსაცავების შესასვლელი პორტალები, ფსკერული წყალგამშვები და მიმყვანი გვირაბის დაპროექტება უნდა მოხდეს ისე რომ თავიდან ავიცილოთ ნატანის და მოტივტივე ხის მასალის ჩახერგვა, რომელიც სელური ნაკადების და თოვლის ზვავების შედეგად წარმოიქმნება;



## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

### ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

- კაშხლის უბანზე, სადაც ადგილი აქვს პოსტ-მყინვარულ კლდეზვავის, არ არის მოსალოდნელი ფერდობის არა სტაბილურობასთან დაკავშირებული დამატებითი რისკები;
- ფერდობის არასტაბილურობასთან დაკავშირებული რისკები, რაც კაშხლის ზემოთ 2.5 კმ-ში ფიქსირდება განიხილება კონკრეტულ ანგარიშში [4].

## 5. გამთანაბრებელი რეზერვუარი და სადაწნეო მილსადენი

გამთანაბრებელი რეზერვუარი მდებარეობს მორფოლოგიური შვერილის წვერთან ახლოს. სადაწნეო მილსადენი ასევე მდებარეობს ხშირი ტყით დაფარულ ზონაში, მორფოლოგიურ შვერილთან. აქ არ იკვეთება ნაკადები. ძირითადი ქანები სავარაუდოდ უმეტესად მშრალია. ისინი შედგება ზედა სორის წარმონაქმნის კლდოვანი ქანებისგან, ქვიშაქვის და თიხოვანი ფიქალის ლითოლოგიური შემადგენლობით, სადაც დომინანტურია ქვიშაქვა.

ძირითადი ქანები გაშიშვლების ქვედა ფენას წარმოადგენს (ზოგადად, ძირითადი ქანები გაშიშვლებულია ან დაფარულია 1 მეტრამდე გრუნტით. ტოპოგრაფიულ არხებში გრუნტის საფარმა შესაძლოა მიაღწიოს 2-3 მეტრს) სადაწნეო მილსადენის გასწვრივ. მხოლოდ ფერდობის ბოლო ნაწილში, ჰესის შენობის მიმართულებით, გრუნტის საფარმა (დელუვიური ფერდობი) შესაძლოა 5-10 მეტრს მიაღწიოს.

გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური და ტოპოგრაფიული მდგომარეობის ანალიზი აჩვენებს შემდეგს

- ფერდობის საერთო მდგრადობა ხელსაყრელია ზოგადად ფერდობის საწინააღმდეგოდ ორიენტირებული აშრეების გამო. ამდენად, მეწყრის ზოგადი საფრთხე შეიძლება გამოირიცხოს. ზოგ შემთხვევაში შესაძლოა გამოვლინდეს მეტად მდგრადი გარღვევები, კონკრეტულად იმ ზონებში, სადაც სადაწნეო მილსადენი გადის მორფოლოგიურ შვერილში და საჭიროებს ყურადღების მიქცევას. ადგილობრივი მეწყრული პროცესები და სოლისებური არა მდგრადობები შესაძლოა პრობლემად იქცეს და საჭიროა მასზე რეაგირება მშენებლობის დროს;
- ცალკეულ ქვათაცვენის შემთხვევებზე სათანადო რეაგირება მოხდება მშენებლობის დროს;
- სხვა საფრთხეები ნაკლებ მნიშვნელოვანი და ნაკლებ სავარაუდოა ტოპოგრაფიული სიტუაციის, კლიმატის და მცენარეული საფარის გათვალისწინებით.



**ნახაზი 25:** მდგრადი გარღვევები არის წარმოდგენილი მორფოლოგიური შვერილის უბანზე, სადაც სადაწნეო მილსადენი გადის ფერდობის გასწვრივ.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

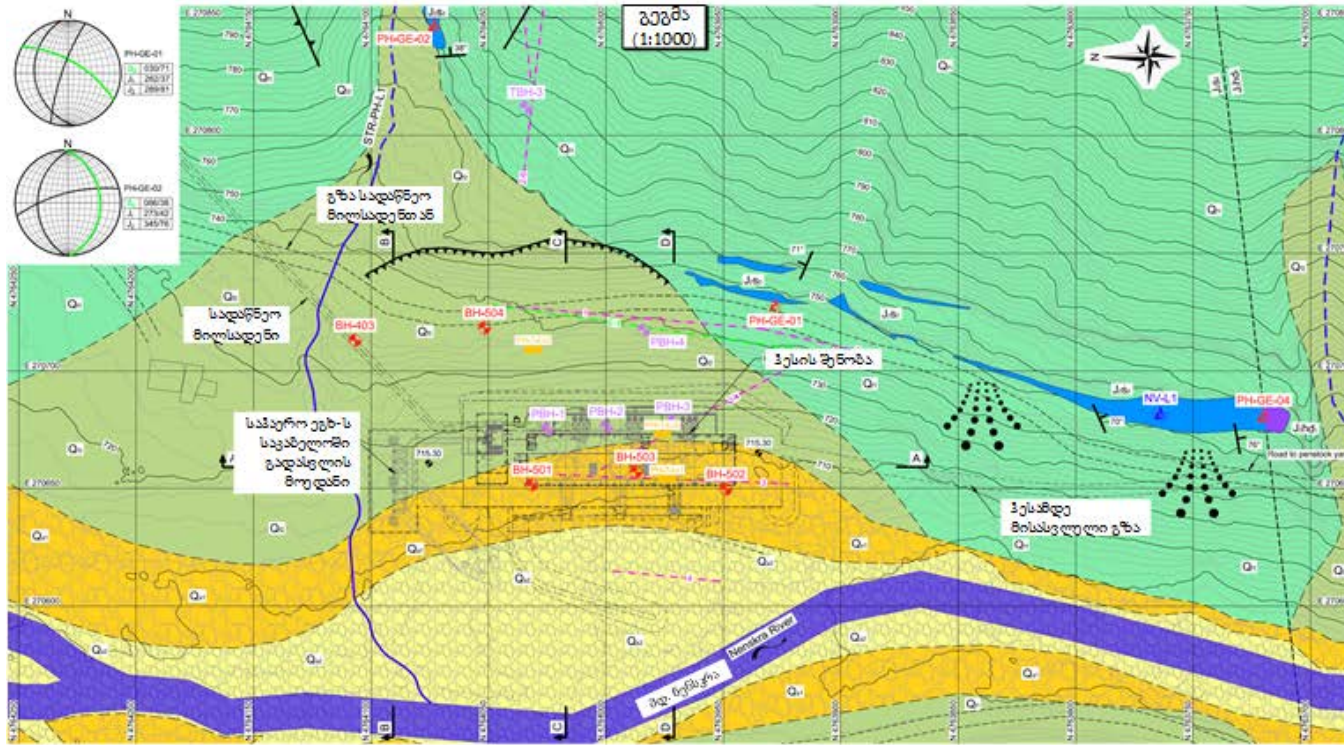
## 6. ჰესის შენობა

### 6.1. გეომორფოლოგია

ჰესის შენობის ტერიტორიის უფრო დეტალური გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური გამოსახულება მოცემულია ნახაზზე L-6768-D-GL-PH-GE-DW-001 “ჰესის შენობა - გეოლოგიური რუკა და გეოლოგიური ჭრილები”.

ჰესის შენობა მდებარეობს მცირე ხეობის გასასვლელთან ახლოს, რომლის წყალშემკრები აუზი შეადგენს 1.9 კმ<sup>2</sup>-ს და მაქსიმალური სიმაღლე ზღვის დონიდან დაახლოებით 1,750 მეტრია. ძირითადი ქანი შედგება ზედა სორის წარმონაქმნებისგან (ქვიშა-ქვა, თიხოვანი ფიქალები), ქვედა ხოჯალის და შუა ხოჯალის წარმონაქმნებისგან (ვულკანური სახის). ზედა სორის წარმონაქმნების ლითოლოგიური შემადგენლობა (გრანულირებული ნაშალი მასები) გეოლოგიური საფრთხეების წარმოშობის წყაროდ ითვლება.

ნახაზი L-6768-D-GL-PH-GE-DW-001: ჰესის შენობა გეოლოგიური რუკა და გეოლოგიური პროფილი

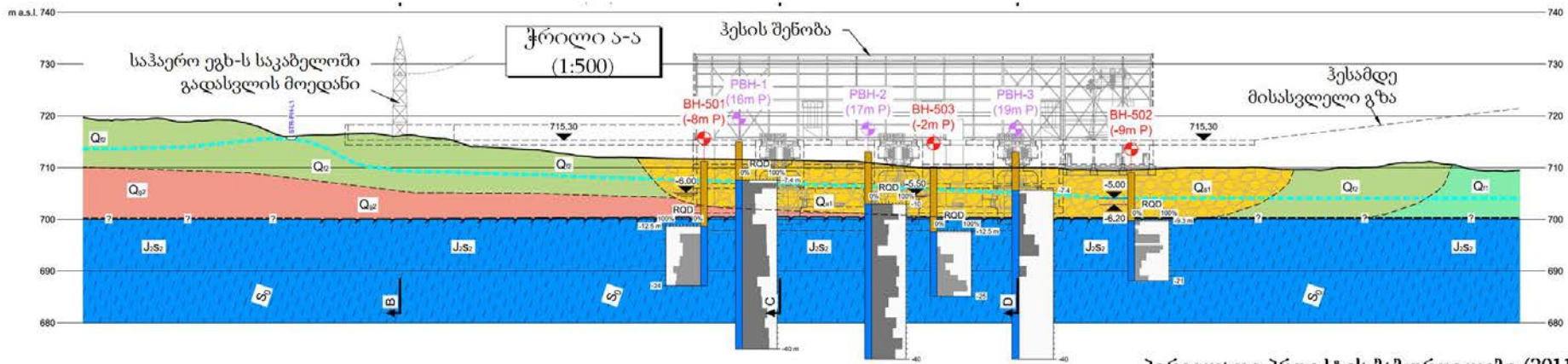


**ლეგენა**

- გრუნტის წყლების დონე ქანურედილიზის და გეოლოგიური ინტერპრეტაციის მიხედვით
- მღიწარე და ნავადული (მუდმივი)
- ნავადული (პერიოდული)
- ფლაბი
- მთავარი ქედი
- მცირე ქედი
- წყარო
- საპარკო ჭაობი
- დაპრევენა (S)
- ფიტლბრიობა (S)
- ჩამონახალი ფერდობი
- კაპრიანი ველი
- გზა

ჩატარებული კვლევები	
<b>2015-2017 წწ. დამატებითი კვლევები</b>	<b>ქანურედილიზის აღწერა</b>
ქანურედილიზის აღწერა (მეტრულზე)	BH-R50-1
ქანურედილიზის აღწერა (მეტრულზე)	(125m P)
ქანურედილიზის აღწერა (მეტრულზე)	(C)
ადგილზე სიმფრეზტეტის ჩატარება	(A)
ვანების სისტემის კლასიფიკაცია ან გეოლოგიური კლასიფიკაცია	
საბუბო შერევა	
მიბუნის ამბუტემენტის ქ. (მეტრულზე)	
სეისმური პროფილი	
<b>2014 წ. დამატებითი კვლევები</b>	
ქანურედილიზის აღწერა	
<b>2012 წ. პირველადი პროექტი</b>	
ქანურედილიზის აღწერა	
ვანების სისტემის კლასიფიკაცია	

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მულტიმივი ნაგებობები



დამატებითი კვლევები - ჯაბურლილები								
ჯაბურლი	აღმ. (მ)	ჩრდ. (მ)	ნიშნული მ.ზღ.	სიღრმე (მ)	სიმაღლე (მ)	დაბრუნება/ჩიბები [°/°]	ადგილმდებარეობა	სტატუსი
<b>ჰესის შენობა</b>								
BH-403	270712.9	4764106.8	736.5	41.0	22.0	0 / -	სადამბო მილსადენი	დასრულებულია 07.08.2017
BH-501	270651.5	4764031.6	711.2	24.0	12.5	0 / -	ჰესის შენობა	დასრულებულია 19.07.2017
BH-502	270649.7	4763948.9	709.1	21.0	9.3	0 / -	ჰესის შენობა	დასრულებულია 14.07.2017
BH-503	270657.1	4763987.2	710.2	25.0	12.5	0 / -	ჰესის შენობა	დასრულებულია 22.07.2017
BH-504	270718.2	4764051.7	739.8	32.0	20.6	0 / -	ჰესის შენობა	დასრულებულია 30.07.2017

კოორდინატები: WGS 84 - UTM 38 N

პირველადი პროექტის ჯაბურლილები (2011/2012 )

- BH1 (L=36.2 m, rock= - m)
- BH2 (L=23.4 m, rock= - m)
- BH2a (L=87.6 m, rock= - m)
- BH7 (L=30 m, rock= - m)
- BH8 (L=30 m, rock= - m)
- BH9 (L=30 m, rock= - m)
- BH10 (L=30 m, rock= - m)
- BH11 (L=30 m, rock= - m)
- BH12 (L=30 m, rock= - m)
- BH13 (L=87.6 m, rock= - m)
- BH14 (L=30 m, rock= - m)
- BH15 (L=27 m, rock= - m)
- BH16 (L=30 m, rock= - m)
- BH17 (L=30 m, rock= - m)
- BH18 (L=24.5 m, rock= - m)
- BH27 (L=50 m, rock= - m)
- BH28 (L=30 m, rock= - m)

დეტალური პროექტის ჯაბურლილები (2014/2015 )

- DBH-1 (L=40 m, rock= - m)
- DBH-2 (L=80 m, rock= - m)
- DBH-3 (L=72 m, rock= 46 m)
- DBH-4 (L=27 m, rock= - m)
- DBH-5 (L=200 m, rock = 127 m)
- DBH-6 (L=200 m, rock= 48 m)
- DBH-7 (L=225 m, rock= 26 m)
- SBH-1 (L=200 m, rock= 20 m)
- SBH-3 (L=50 m, rock= 20.5 m)
- SBH-4 (L=80 m, rock= - m)
- SBH-5 (L=70 m, rock= - m)
- PBH-1 (L=40 m, rock= 7.4 m)
- PBH-2 (L=40 m, rock= 10.1 m)
- PBH-3 (L=40 m, rock= 7.4 m)
- PBH-4 (L=40 m, rock= 17 m)
- TBH-3 (L=68.5 m, rock= 24 m)
- TBH-4 (L=50 m, rock= 3.4 m)
- NTBH-1 (L=20 m, rock= - m)
- NTBH-2 (L=40 m, rock= 19 m)
- NWBH-1 (L=20 m, rock= - m)
- NWBH-3 (L=30 m, rock= - m)

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

<b>გეოლოგია და გეოძირფოლოგია</b>						
მეოთხეული	$Q_{al}$	თანამედროვე ალუვიური ნალექები	ალევიტული გრაველიტები ნატეხებით, მირითა დად მომრგვლებული			
	$Q_{a1}$	ალუვიური ნალექები	ალევიტული გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად მომრგვლებული			
	$Q_{s1}$	მეწყურული ქანები	გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{l2}$	განოტანის კონუსის ალუვიური ნალექები	გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{f1}$	გლაციურ-კოლუვიური ნალექები	გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{g2}$	ფლუვიურ-გლაციური ნალექები	ქვიშები, გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	$Q_{g1}$	გლაციური ნალექები	ალევიტული ქვიშები, გრაველიტები ნატეხებით და კაჭარით, მირითა დად კუთხოვანი			
	ხედიმენტები	იურული	შუა	$J_{aV}$	ჭვეშურის წყება	ფიქლი, მერველი, მერველოვანი ფიქლი (კალოფური და ქვედა ოქსფორდული)
$J_{st2}$				ზედა ტალახანის წყება	ქვიშაქვა, ქვიშან-თიხიანი ფიქალი (მათური სართული)	ინტრუზივი/ვულკანიტი
$J_{st1}$				ქვედა ტალახანის წყება	ქვიშან-თიხოვანი ფიქალი, არცოხული ქვიშაქვა (მათური სართული)	$\beta_{K2}$   დიაბაზური პორფირიტი
$J_{sh3}$				ზედა ხოჯალის წყება	ტუფი, ტუფო-ბრეჭია, ავგიტისანი ლაზარდორ-პორფირიტი (მათური სართული)	$\delta_{K2}$   დიორიტი
$J_{hd3}$				შუა ხოჯალის წყება	ავგიტისანი ლაზარდორ ტუფო-ბრეჭია და პორფირიტი, დიამაზი (მათური სართული)	$\gamma_{K2}$   გრანიტი
$J_{hd2}$				ქვედა ხოჯალის წყება	ტუფი, ტუფო-ბრეჭია, სანილიტი, ავგიტისანი ლაზარდორ-პორფირიტი (მათური სართული)	$\Psi_{SiU2}$   პიროქსენიტი და გაბრო
$J_{sa}$				ზედა სორის წყება	ქვიშაქვა, თიხოვანი ფიქალი, (ალევიტური სართული)	
ქვედა			$J_{s1}$	ქვედა სორის წყება	თიხოვანი ფიქალი, ქვიშაქვა (ტოპოგრაფიული სართული)	
			$J_{ims2}$	ზედა მუაშის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, ქვიშაქვა	
			$J_{ims1}$	ქვედა მუაშის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, კვარცისანი ქვიშაქვა	
			$J_{mr2}$	ზედა მორდოლულის წყება	თიხოვანი ასპიდური ფიქალი, ქვიშაქვა, ფურცლოვანი განწყვერების დიაბაზი	
			$J_{mr1}$	ქვედა მორდოლულის წყება	კონგლომერატი, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, ქვიშაქვა, თიხოვანი ფიქალი	
			$C_2^T-Tch$	ცხენისწყლის წყება	თიხოვანი ფიქალი, ფილიტი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ტურნული)	ინტრუზივი
			$C_{kz}$	ყაზახტობის წყება	ფილიტიზირებული ფიქალი, ქვიშაქვა მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვა, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ტურნული)	$\gamma_{C1-C2}$   პორფლიტური ნიკროლინიანი გრანიტები
მორთაბი ქანები	საფარი ქანები	ნახორიანი	$D_{21}kr$	შუა და ქვედა კირარის წყება	$\gamma_{D3-C1}$   პლაგიოგრანიტი	(ზ. დეკორი და ქვედა კარბონული)
		დევიანური	$S_2-D_{12}lh$	ლუხრინის წყება	$\gamma_{DgD3-C1}$   კვარცისანი დიორიტი	
		სილურიული	$O-Sdl$	დოლრიტის წყება	ფილიტიზირებული ფიქალი, ფილიტი, ქვიშაქვა, კვარც-პლაგიოკლასის პორფირიტები, ალბიტოფირი, მარმარილოვანი კირქვის ლიწები (ზედა სილურიული, ქვედა და შუა დეკორი)	
		ორდოვიკის	$Enk$	ნაკრას კომპლექსი	ფიქალი, კვარციტი, ამფიბოლიტი, მიგმატიტი (ორდოვიკული და სილურიული პერიოდი)	
		კამბრიული			ფიქალი, ამფიბოლიტი, მიგმატიტი, გრანიტოიდი	

## 6.2. ღვარცოფული ნაკადი არხზე STR-PH-L1

მთავარ ხეობაში ალუვიური კონუსი გადაიკვეთა ალუვიური პროცესებით, ამდენად რთულია მელტონის მნიშვნელის გაანგარიშება, რომელიც შეიძლება იყოს დაახლოებით  $Me=0.7$  (აუზის ზედა დინება 1.8 მლნ. მ<sup>2</sup>, ინტერვალი დონეებში 950 მ და დახრილობა 10°), ეს მოცემულობა მხოლოდ მინიმალურად აკმაყოფილებს იმ კრიტერიუმებს, რომელიც საჭიროა ღვარცოფული ნაკადის საფრთხის წარმოსაქმნელად. ძირითადი ქანების ლითოლოგია შედგება ქვიშაქვების, ალევროლიტისა და თიხოვანი ფიქალის ნარევისგან. შესაბამისად, ნატანი ძირითადად ქვიშაქვების არაკოჰეზიური ელემენტებისგან და რიყის ქვის ზომის ალევროლიტის/გაქვავებული თიხისგან შედგება.

ღვარცოფული ნაკადის შესაძლო ჩამოსვლის არეალი r.avaflow პროგრამის საშუალებით ჩატარებული მოდელირების შედეგად შეფასდა (**დანართი A.2**). ნაკადის მოცულობა 1,250 მ<sup>3</sup> - T=30 წ, 2,500 მ<sup>3</sup> - T=100 წ და 5,000 მ<sup>3</sup> - T=300 წ), ნაკადის მოსალოდნელი სიმკვრივე 2,000 კგ/მ<sup>3</sup>, ძირის ხახუნის კუთხე (სიმქისე)  $\delta=15^\circ$ , ნაკადის შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi=10^\circ$  ხოლო ტურბულენტური ხახუნი 300 მ<sup>2</sup>/წმ.

მოდელირების შედეგები (**დანართი C**) მიუთითებენ იმაზე, რომ ღვარცოფული ნაკადი რჩება მძვინვარე ნაკადების შრეში, მაგრამ ტბორავს ზედა ხეობის შუა ნაწილს, იქ სადაც ხეობის ძირი დიდი ზომისაა ადრინდელი სელური ნაკადების დანალექების არსებობის გამო. აქედან წყალდიდობის ნაკადი აგრძელებს დაღმასვლას არსებული გზის გადაკვეთამდე, ზემოქმედებას ახდენს ჰესის შენობის ტერიტორიაზე, და მიემართება მდ. ნენსკრას კალაპოტისკენ.

მისასვლელი გზის ტერიტორიაზე დადგინდა ნაკადის მაქსიმალური სიღრმისა და სიჩქარის შემდეგი მიახლოებითი მნიშვნელობები: სიღრმე - 0.5 მ და სიჩქარე - 1 მ/წმ (T=30 წ), სიღრმე-1 მ და სიჩქარე 1 მ/წმ (T=100), სიღრმე - 1.25 მ და სიჩქარე 1 მ/წმ (T=300 წ). ჰესის შენობის ტერიტორიაზე (ბუნებრივი ჩამონადენის) ნაკადის შემდეგი მნიშვნელობები იქნა დადგენილი: სიღრმე - 0.25 მ და სიჩქარე 2 მ/წმ (T=30წ), სიღრმე - 0.5 მ და სიჩქარე 3 მ/წმ (T=100წ), სიღრმე- 1 მ და სიჩქარე 3 მ/წმ (T=300წ). **დანართში C** ,მოცემულია მოდელირებული მთავარი პარამეტრების ჩამონათვალი აუცილებელი უსაფრთხოების ზომების პროექტირებისთვის, როგორც ეს მოცემულია **დანართში C**.

## 6.3. ქვათაცვენა ტექნოგენური ფერდობიდან

ჰესის შენობის ზემოთ ტექნოგენურ ფერდობზე წარმოდგენილი მთლიანი მასები საფრთხის შემცველ ვითარებას ქმნიან. რეკომენდირებულია ფერდობის ხელახალი პროფილირება.



**ნახაზი 26:** ჰესის შენობის ზემოთ ტექნოგენურ ფერდობზე წარმოდგენილი მთლიანი მასები.

**6.4. რეზიუმე**

ბუნებრივი საფრთხეები და წინააღმდეგობრივი ვითარებები ჰესის შენობასთან შეიძლება შეჯამდეს შემდეგნაირად:

- STR-PH-L1-ის ნიაღვრის შედეგად წარმოქმნილი ღვარცოფული ნაკადი გასათვალისწინებელია უსაფრთხოებისა და პროექტირების ზომებისთვის;
- ჰესის შენობის ზემოთ მდებარე ფერდობი საჭიროებს ხელახალ პროფილირებას.

**7. შეჯამება**

**ცხრილში 6** მოცემულია რისკების შეფასების შეჯამება სხვადასხვა საპროექტო ნაგებობასთან მიმართებაში. შედეგები შეიძლება შემდეგნაირად შეფასდეს:

- რისკის ოთხი შემოთავაზებული ხარისხობრივი დონე;
- **ცხრილში 6** ჩამოთვლილია საპროექტო ნაგებობები შესაბამის საფრთხეებთან ერთად;
- ყველა რისკი, რომელიც ექვემდებარება შემცირებას/შერბილებას პროექტირებისა და უსაფრთხოების ზომების მიღებით აღნიშნულია ასო „R“-ით;
- ამდენად, უდიდესი რისკი ფიქსირდება ნენსკრას კაშხლის უბანზე, სადაც მდებარეობს ყველაზე მნიშვნელოვანი და მოწყვლადი საპროექტო ნაგებობები, ხოლო გეომორფოლოგიური პირობებიდან (ალუვიური/კოლუვიური კონუსები) გამომდინარე, სტიქიური უბედურების პროცესის წარმოქმნის მაღალი პოტენციალი არსებობს (კოკისპირული წვიმები □ მიმართული სელური ნაკადები; მიმართული ზვავი).

საპროექტო ნაგებობები	ბუნებრივი საფრთხეები				
	ზვავი	ღარცოფული ნაკადი	ქვათაცვენა	მეწყერი	მყინვარული ტბის ნაპირებიდან გადმოსვლა
ნაკრას დამბა	R	R			
ნაკრას მიმყვანი გვირაბის პორტალები			R		
ნენსკრას კაშხალი და წყალსაცავი	R	R			
ფსკერული წყალგამშვები	R	R			
წყალსაგდები	R	R			
წყალგამყვანი გვირაბის პორტალები	R	R			
სადაწნო მილსადენი					
ჰესის შენობა		R	R		

საფრთხეების ფერების კოდირება:

ძალიან დაბალი	დაბალი	საშუალო	მაღალი
---------------	--------	---------	--------

**ცხრილი 6:** მუდმივ საპროექტო ნაგებობებთან ჩატარებული ბუნებრივი საფრთხის რისკის შეფასების შემაჯამებელი ცხრილი (შენიშვნა: R= რისკი ექვემდებარება შემცირებას/შერბილებას პროექტირებისა და უსაფრთხოების ზომების მიღებით).

## 8. დასკვნები და რეკომენდაციები

ბუნებრივი საფრთხეებიდან მომდინარე რისკების შეფასება განხორციელდა ფერდობის ისეთი გრავიტაციული პროცესების გათვალისწინებით, როგორცაა ქვათაცვენა, სელური ნაკადები და კლდეზვავი და თოვლის ზვავი. რისკის შეფასება განხორციელდა ნენსკრა ჰესის მუდმივი საპროექტო ნაგებობებისთვის. შედეგები შეჯამებულია შემდეგნაირად:

- რისკის შეფასებით (**ცხრილი 6**) დგინდება, რომ გეომორფოლოგიური პირობებიდან (რამდენიმე ალუვიურ/კოლუვიური კონუსი) მომდინარე რისკები ძირითადად კონცენტრირებულია კაშხლის უბანზე და წყალსაცავთან, ბუნებრივი საფრთხეების (დვარცოფული ნაკადი, თოვლის ზვავი) გამო და საპროექტო ნაგებობების სიმჭიდროვის გამო (ნენსკრას კაშხალი და დამხმარე ნაგებობები). რისკის დასაშვებ დონემდე შემცირება შესაძლებელია უსაფრთხოების ზომების მიღებითა და სათანადო პროექტირებით;
- ნენსკრას კაშხლის უბნის მარჯვენა ზედა ფერდობზე ძველი კლდეზვავის გამოყოფის ტერიტორია საფრთხეს არ წარმოადგენს;
- ნენსკრას კაშხლის ზედა ბიეფში 2.5 კმ-ში ფერდობის სავარაუდო არამდგრადობიდან მომდინარე რისკი განხილულია შესაბამის ანგარიშში [4];
- ნაკრას დამბაზე, სატრანსფერო გვირაბის შესასვლელ პორტალთან და ჰესის შენობასთან არსებული რისკი შეიძლება შემცირდეს პროექტირებისა და უსაფრთხოების ზომების მიღების გზით;
- დანარჩენ საპროექტო უბნებზე დაბალი რისკები არის მოსალოდნელი;
- წინამდებარე ანგარიშში შემოთავაზებული უსაფრთხოების ზომები დეტალურად არის მოცემული ანგარიშში [2].



## დანართი A

### წყალდიდობის, სელური ნაკადების, ზვავებისა და ქვათაცვენის მოდელირების მიდგომები მეწყრით გამოწვეული იმპულსური ტალღის შეფასება

A.1 მდინარისეული წყალდიდობის და გვერდითი ნიაღვრის ჩამონადენის სიმძლავრის მოდელირება

**წყალდიდობის მოდელირება.** წყალდიდობის მოდელირება განხორციელდა HEC-RAS-ის მარტივად გამოსაყენებელი პროგრამის - GeoHECRAS-ის გამოყენებით, ვერსია 5 ([www.civilgeo.com](http://www.civilgeo.com)), HEC-RAS-ი წარმოადგენს ჰიდრაულიკური ანალიზის ინტეგრირებულ პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტს, რომელიც ეკუთვნის აშშ-ს სახმელეთო ჯარების ინჟინერთა კორპუსს და მისი საშუალებით შესაძლებელია 1-D/2D გარდამავალ და სტაციონარულ მდგომარეობაში მყოფი მდინარის წყალდიდობის მოდელირება.

**ნიაღვრების ჩამონადენის სიმძლავრე.** გვერდითი ნიაღვრის კალაპოტში ჩამომავალი ჩამონადენის სიმძლავრე შეფასდა მენინგ-სტრიკლერის ხარჯის საანგარიშო ფორმულის საშუალებით:

$$v = k_{st} \cdot R_h^{2/3} \cdot I_0^{1/2}$$

სადაც,

$v$  [მ/წმ]- საშუალო სიჩქარე,

$k_{st}$  [მ<sup>1/3</sup>/წმ] მენინგ-სტრიკლერის კოეფიციენტი,

$R_h$  [მ] - ჰიდრაულიკური რადიუსი

$I_0$  [მ-1] - კალაპოტის, შრის ქანობი.

ჰიდრაულიკური რადიუსი მოცემულია, როგორც  $R_h = A/U$ , ნაკადის განივი ჭრილის ტერიტორიით  $A$  [მ<sup>2</sup>] და განივი ჭრილის სველი პერიმეტრით  $U$  [მ]. შესაბამისად, ჩამონადენი გაანგარიშდა, როგორც  $Q = v \cdot A$  [მ<sup>3</sup>/წმ].

$k_{st}$  -ის სიდიდეები შემდეგნაირად გაანგარიშდა: 40 (მდინარის ბუნებრივი ნაკადი ფიქსირებული კალაპოტით ყოველგვარი უსწორმასწორობის გარეშე), 33-35 (მდინარის ბუნებრივი ნაკადი ფსკერული ნატანის მცირე რაოდენობით), 30-35 (მდინარის ბუნებრივი ნაკადი მცენარეულობით), 30 (მდინარის ბუნებრივი ნაკადი ხრეშითა და უსწორმასწორობით), 28 (მდინარის ბუნებრივი ნაკადი ფსკერული ნატანის დიდი რაოდენობით), 25-28 (ნიაღვარი/მძვინვარე ნაკადი დალექილ მდგომარეობაში მყოფი ადამიანის თავის ოდენა ფსკერული ნატანით) და 19-22 (ნიაღვარი უხეში ფსკერული ნატანით, რომელიც დინამიკაშია, მოძრაობაშია).

### A.2 სელური ნაკადებისა და თოვლის ზვავების მოდელირება

სელური ნაკადებისა და თოვლის ზვავების გავრცელების მოდელირებისათვის გამოყენებულ იქნა პროგრამა „r.avaflow“ [18] (version 1.9, [www.avaflow.org](http://www.avaflow.org)). პროგრამა გვთავაზობს ორ მოდელს გრანულირებული მასის ხარჯის სიმულაციისთვის: ერთ-ფაზიანი მოდელი, რომელიც ეფუძნება ვოელმი-სალმის (Voellmy-Salm) მოდიფიცირებულ მოდელს [19] და ორ-ფაზიანი, პუდასაინის (Pudasaini) მყარი-თხევადი სხეულების მოდელს [20]. წინამდებარე ანალიზის დროს გამოყენებულ იქნა ერთ-ფაზიანი მოდელი, რომელიც ქვემოთ არის განმარტებული.

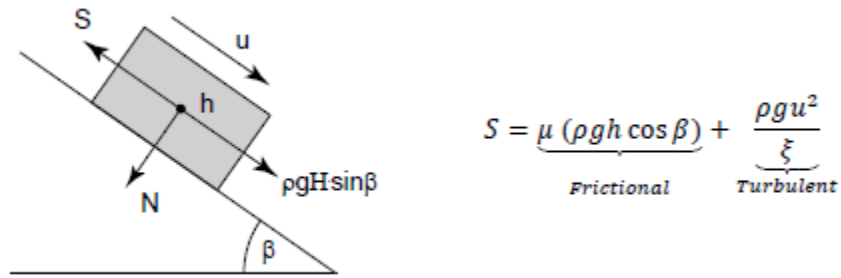
## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

### ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

სიმულაციები ეფუძნება რასტრულ გამოსახულებას, რომლისთვისაც საჭიროა რელიეფის ციფრული მოდელი და გამოსაშვები მასის სიმაღლის სივრცული განაწილების რუკა და/ან საწყისი ჰიდროგრაფები (რომელშიც გაივლის გრანულირებული ნაკადი) , ასევე ხარჯის განმსაზღვრელი პარამეტრები.

პროგრამის შედეგად მიიღება რასტრული რუკები ხარჯის სიმაღლის, სიჩქარის, დაწნევის და კინეტიკური ენერჯის ჩვენებით, ასევე ბაზისური ტოპოგრაფიის ცვლილების ჩვენებით (იმ შემთხვევაში, თუ თხევადი სხეულის წატაცების მოდელირებაც ხდება). შედეგად მიღებული ჰიდროგრაფების გამოყენება შეიძლება განსაზღვრულ ხაზში სიმულაციის შედეგის შეფასებისთვის.

მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებული ერთ-ფაზიანი მოდელი ეფუძნება ორიგინალ ვოელმი-სალმის მოდელს (Voellmy-Salm), რომელიც 1960-იანი წლებიდან გამოიყენებოდა ისეთი გრანულირებული ხარჯის მოდელირებისათვის, როგორცაა ზვავების, კლდეზვავების და სელური ნაკადების მოდელირება. მოდელის მიხედვით გამოყოფილია მთის ფერდობზე ჩამოდინებული გრანულირებული ნაკადის წინაღობის ძალა  $S$  კულონის ხახუნის წევრში (Coulomb-frictional term), რაც პროპორციულია ნორმალურ ძაბვასთან ნაკადის ფსკერზე (კოეფიციენტი  $\mu$ ) და სიჩქარეზე დამოკიდებულ ბლანტ ან ტურბულენტურ კომპონენტთან (კოეფიციენტი  $\xi$ ) , როგორც ეს ქვემოთ არის მოცემული.



სადაც,

$S$ - თანაბრად-მოქმედი ძალა,

$h$  - ნაკადის სიმაღლე,

$u$ - სიჩქარე,

$\mu$  - კულონის ხახუნი,

$\xi$ - ტურბულენტური ხახუნი,

$g$ - გრავიტაციული აჩქარება.

პროგრამა „r.avaflow“-ში გამოყენებული მოდელი იყენებს მრუდხაზოვან გამოსახულებას და გარდა ამისა, ხახუნის პარამეტრს  $\mu$  - ყოფს ხახუნის ორ ტიპად: ნაკადის შიდა ხახუნის პარამეტრი -  $\phi$  - და ძირის ხახუნის პარამეტრი-  $\delta$ . მოდელს ასევე შეუძლია გაითვალისწინოს შემთხვევითი კინეტიკური ენერჯის წარმოქმნა და დაშლა ხახუნის ურთიერთქმედების მიზეზით, ასევე მასალის წატაცება და დალექვა მოძრაობის დროს. თუმცა ამ ვარიანტების განხილვა არ მომხდარა წინამდებარე ანალიზში.

ვოელმი-სალმის (Voellmy-Salm) მოდელის შემთხვევაში, უნდა განისაზღვროს შემდეგი პარამეტრები: ერთ-ფაზიანი ნაკადის მახასიათებლები, სახელდობრ, ხარჯის სიმკვრივე -  $\rho$ , შიდა და ძირის ხახუნის კუთხეები -  $\phi$  და  $\delta$ , და ტურბულენტური ხახუნის პარამეტრი -  $\xi$ .

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში ნაჩვენებია სელური ნაკადების, თოვლზვავის და ქვათაცვენის საწყისი მონაცემების სავარაუდო მასშტაბები, სამეცნიერო და ტექნიკური ლიტერატურის საფუძველზე. პარამეტრების სხვადასხვაობა განპირობებულია გრანულირებული ნაკადის მახასიათებლებით, შემადგენლობით და ფიზიკური მონაცემებით. ძირის და შიდა ხახუნის კუთხეები განსაზღვრავენ ნაკადის გვერდითა გავრცელებას და მასშტაბს, ხოლო ტურბულენტური ხახუნი  $\xi$  გავლენას ახდენს ნაკადის სიჩქარეზე [25].

ნაკადის სიმკვრივე $\rho$	ძირის ხახუნი $\delta$ გლუვი <input type="checkbox"/> კუთხოვანი	შიდა ხახუნი $\phi$ წვრილი <input type="checkbox"/> მსხვილი გლუვი <input type="checkbox"/> კუთხოვანი	ტურბულენტურ ი ხახუნი $\xi$ ნელი <input type="checkbox"/> სწრაფი
[კგ/მ <sup>3</sup> ]	[°]	[°]	[მ/წმ <sup>2</sup> ]
კლდეზვავი			
1500 - 2500	10 - 20	20 - 40	1000 - 10'000
ღვარცოფული ნაკადი			
1500 - 2500	10 - 20	muddy <input type="checkbox"/> granular 3 - 20	50 - 600
თოვლზვავი			
200 - 300	10 - 20	9 - 17	400 - 1'000

ვოლემი-სალმის მოდელის საწყისი პარამეტრების საორიენტაციო დიაპაზონი.

კლდეზვავის, სელური ნაკადების და თოვლის ზვავის პარამეტრები შეიძლება შემდეგნაირად შეჯამდეს:

- კლდეზვავები ხასიათდებიან მყარ სხეულებს შორის და მყარ სხეულსა და ჰაერს შორის ურთიერთქმედებით და შეიძლება ჰქონდეთ უფრო მაღალი შიდა ხახუნის კუთხე, რომელიც დაკავშირებულია შიდა ურთიერთქმედებასთან და ნაკადის ნაწილაკების მახასიათებლებთან. კლდეზვავებმა შეიძლება სიჩქარის მაღალ ნიშნულს მიაღწიონ, ეკრანის ეფექტის წყალობით (air cushion effect), რაც იწვევს შიდა ხახუნის უფრო დაბალ და ტურბულენტური ხახუნის უფრო მაღალ მაჩვენებელს. შესაბამისად, ისინი ასევე ხასიათდებიან ნაკადის უფრო დაბალი სიმკვრივით;
- სელური ნაკადები ხასიათდებიან მყარ სხეულებს შორის და მყარ სხეულსა და ჰაერს შორის ურთიერთქმედებით და აქვთ უფრო დაბალი შიდა ხახუნის კუთხე, რაც გამომდინარეობს მათი ბლანტი და თხევადი ბუნების მონაცვლეობით. სელურ ნაკადებს უფრო დაბალი ტურბულენტური ხახუნის მაჩვენებლები აქვთ და ზოგადად, უფრო დაბალი სიჩქარეებით ხასიათდებიან. მათ შეიძლება ჰქონდეთ ნაკადის უფრო მაღალი სიმკვრივე;
- თოვლზვავები ხასიათდებიან მყარ სხეულებს შორის და მყარ სხეულსა და ჰაერს შორის ურთიერთქმედებით და აქვთ ბევრად დაბალი სიმკვრივე. თოვლზვავებს აქვთ შიდა ხახუნის და ტურბულენტური ხახუნის კუთხის საშუალო მაჩვენებლები.

გრანულირებული ნაკადის პარამეტრის დადგენა განმეორებადი პროცესია, სადაც მოდელირების შედეგი უნდა შეფასდეს საწყისი პარამეტრების ვალიდურობის თვალსაზრისით და მიღებული მონაცემების საიმედოობის თვალსაზრისით (რაც სავარაუდოდ ისტორიულ მონაცემებთან შედარებით უნდა მოხდეს), ასევე მოდელირებული მახასიათებლების გათვალისწინებით, როგორცაა ნაკადის სიღრმე, სიჩქარე, დაწნევა და კინეტიკური ენერჯია.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

### A.2.1 სელური ნაკადების პარამეტრები

**ემპირიული თანაფარდობა სელური ნაკადებისთვის.** სელური ნაკადების მახასიათებლების პირველადი ვარაუდებისთვის ფორმულები მოცემულია [27]-ში. ლიტერატურაში მრავლად არის თანაფარდობები, რომლებიც აკავშირებენ სელურ ნაკადებს წყალშემკრები აუზის მორფომეტრიულ მახასიათებლებთან. თუმცა, აღმოჩნდა, რომ ამ თანაფარდობებმა შესაძლოა გადააფასოს ფაქტობრივი მოცულობა 100-მდე კოეფიციენტით, ამდენად მათი გამოყენება არ არის რეკომენდირებული, მოცულობის გაანგარიშებები უფრო დაფუძნებული უნდა იყოს გეომორფოლოგიის და ნატანის სავსე შეფასებებზე.

პიკური ხარჯი  $Q$  დაკავშირებულია ღვარცოფული ნაკადის მოცულობასთან  $M$  თანაფარდობით [27], როგორც ეს ქვემოთ არის მოცემული:

$$Q_* = 0.1 M_*^{5/6}$$

სადაც  $Q_* = Q_p / Q_{p1}$  და  $M_* = M_2 / M_1$  და მაჩვენებლები მიეკუთვნებიან 2 ნაკადს მასალის მსგავსი მაჩვენებლებით, თუმცა სხვადასხვა ზომით. სხვა თანაფარდობა შეიძლება იყოს  $Q_p = 0.135 M^{0.78}$  50 წლიანი გრანულირებული ღვარცოფული ნაკადისთვის იაპონიაში, ან  $Q_p = 0.0188 M^{0.79}$  100 წლიანი ტალახიანი ღვარცოფული ნაკადისთვის იაპონიაში.

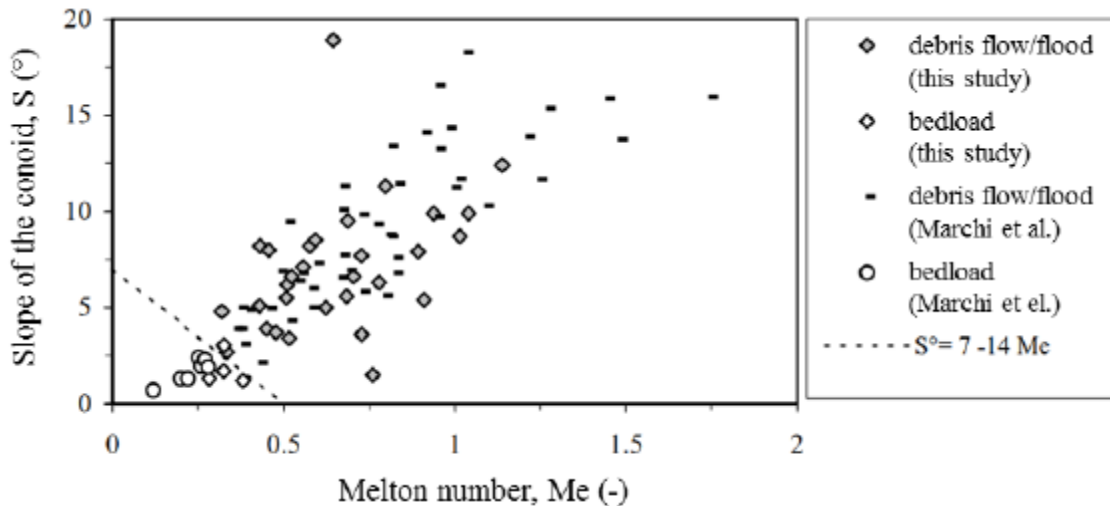
**ნაკადის პარამეტრები.** ღვარცოფული ნაკადის სიმკვრივე მერყეობს 1500-სა 2500 კგ/მ<sup>3</sup>-ს შორის. პარამეტრების დიაპაზონია  $\tan \mu = 0.05-0.35$  და  $\xi = 50-600$  მ/წმ<sup>2</sup>. სიჩქარე იშვიათად აჭარბებს 10 მ/წმ-ს.

**მოცულობები.** გათვალისწინებული სცენარების ( $T=30, 100, 300$  წწ) მოცულობები უნდა შეფასდეს სავსე კვლევების საფუძველზე (გეომორფოლოგია, მცენარეული საფარის მდგომარეობა და წინა საფრთხის შემცველი ბუნებრივი მოვლენის კვალი). ნაკადის სიღრმის პირველადი მონაცემები აღებულია, როგორც 1 მ  $T=30$  წლიანი პერიოდისთვის, 2 მ  $T=100$  და 3 მ  $T=300$  წ-თვის, ხოლო პირველადი სიჩქარე - 5 მ/წმ.

**განმეორებადობა.** ალუვიური კონუსის ზოგადი განლაგება შემოწმდა იქ, სადაც ძველი ღვარცოფის ნიშნები დაფიქსირდა. ასევე, შეიძლება ისეთი მორფოლოგიური მაჩვენებლების გამოყენებაც, როგორცაა მელტონის მაჩვენებელი [23], რომელიც შემდეგნაირად არის განსაზღვრული:

$$Me = \frac{H_{max} - H_{min}}{A^{0.5}}$$

სადაც მოცემულია ნიაღვრის აუზის მაქსიმალური და მინიმალური ნიშნული  $H_{max}$  და  $H_{min}$  და ფართობი. ამდენად, მელტონის მნიშვნელი მაღალია ციცაბო და პატარა ზომის წყალშემკრები აუზებისთვის. ალუვიური კონუსები მიიჩნევა სელური ნაკადების გამომწვევ რისკებად იმ შემთხვევაში, როდესაც მაჩვენებელი მომდევნო ნახაზზე აღნიშნულ ხაზს აღემატება -  $S=7-14 Me$ , ან  $Me > 0.5$  -დან 0.75-მდე. იმ შემთხვევაში, როდესაც თანაფარდობა არ არის დამაკმაყოფილებელი, ფსკერული ნატანის ტრანსპორტირება იქნება ნავარაუდები.



ალუვიური აუზების შეფასება მელტონის მნიშვნელით 'S'.

### A.2.2 თოვლზვავის პარამეტრები

**ხარჯის პარამეტრები.** თოვლზვავის სიმკვრივე შეიძლება ნავარაუდები იყოს როგორც  $\rho = 200-300$  კგ/მ<sup>3</sup>. შიდა ხახუნის კუთხე  $\phi$  დამოკიდებულია თოვლის მახასიათებლებზე (ტემპერატურა, სიმკვრივე, წყალგაჯერება), თოვლის წნევაზე და ზვავის სიჩქარეზე. ის ცვალებადია მაშინაც კი, თუ ზვავის ხარჯი იწყება  $\tan\mu=0.3-0.5$ -დან ტურბულენტური ხახუნის მაჩვენებლით -  $\xi=100-1000$  მ/წმ<sup>2</sup> ზვავის ბოლო ნაწილში, ზვავის ხარჯის შემდეგ მაჩვენებლამდე -  $\tan\mu=0.1-0.3$ , როდესაც ტურბულენტური ხახუნის მაჩვენებელი არის  $\xi=2000-4000$  მ/წმ<sup>2</sup> ზვავის წინა ნაწილში; მოცემული მაჩვენებლები დაფიქსირდა შვეიცარიაში, სიონში (Vallée de la Sionne) 100'000 მ<sup>3</sup> ზვავის შემთხვევაში. პირველადი პარამეტრების  $\phi$  და  $\xi$  დიაპაზონი, ალპური პირობებისთვის მოცემულია [14]-ში და მათი გამოყენება შეიძლება წინამდებარე შემთხვევისთვის კავკასიაში, თუმცა გარკვეული შეზღუდვებით:

- $\tan\mu=0.155$  (ან  $\phi=8.8^\circ$ ) იშვიათი, დიდი ზვავებისთვის (მოცულობა 105 მ<sup>3</sup> და მეტი), ჩვეულებრივ ზღვის დონიდან 1300 მ-ზე მაღლა და ნაკადის სიმაღლე  $> 1-2$  მ.
- $\tan\mu= 0.2$  (ან  $\phi=11.3^\circ$ ) დიდი ზვავების შემთხვევაში, ზღვის დონიდან 1300-1500 მ-მდე და ნაკადის სიმაღლე  $> 1-2$  მ.
- $\tan\mu= 0.25-0.3$  (ან  $\phi=14-16.7^\circ$ ) უფრო პატარა ზვავების შემთხვევაში (შედარებით ხშირი ზვავები მოცულობით  $\leq 104$  მ<sup>3</sup>, ყველა ნიშნულზე და ნაკადის სიღრმის მაჩვენებლით დაახლოებით 1-2 მ).
- $\tan\mu= 0.3$  (ან  $\phi=16.7^\circ$ ) სველი თოვლზვავების შემთხვევაში ყველა ნიშნულზე და ყველა მოცულობისთვის.
- ტურბულენტური ხახუნის პარამეტრი  $\xi$  [მ/წმ<sup>2</sup>] დამოკიდებულია ფერდობის გეომეტრიაზე და მახასიათებლებზე (სიმქისე, არხების წარმოქმნა (channelization), ტყიანი ფართობი). ამ პარამეტრისთვის შეიძლება შემდეგი მაჩვენებლების დადგენა [14]:
- $\xi= 1000$  სწორი რელიეფის შემთხვევაში, დაბალი ზედაპირული სიმქისითა და არხების წარმოქმნის დაბალი მაჩვენებელი (ზვავის სიგანე-სიმაღლე აღემატება 10:1-ს).
- $\xi= 500-600$  მაღალი ზედაპირული სიმქისის შემთხვევაში (მეტრების ზრდადობა), არხებით ძლიერ დაქსაქსული (ზვავის სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობა 1:1 - 2:1).
- $\xi= 400$  იმ შემთხვევაში, როდესაც ზვავი გაედინება ტყეებს შორის.

ძირის სიმქისე  $\delta$  გათვალისწინებულია ქვედა ფენის ტოპოგრაფიის სიმქისისთვის და ამდენად ფართო დიაპაზონი აქვს -  $\tan\delta= 0.1-1.0$  (ან  $\delta= 5.7-45^\circ$ ) [21], უფრო ზუსტი მაჩვენებლები 0.1 (5.7°)

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

მოცემულია სწორი რელიეფისთვის გრძელი ბალახეული საფარით, 0.2 (11.3°) - სწორი რელიეფისთვის მოკლე ბალახეული საფარით ან ბუჩქნარით, და 0.4 (21.8°) საფეხურეობრივი ან კლდოვანი რელიეფისთვის ბუჩქნარით. ზვავისგან ტექნიკური დაცვის შესახებ შვეიცარული სახელმძღვანელო მითითებების მიხედვით, განიხილება გრუნტის სიმქისისა და ხახუნის განსხვავებული პარამეტრები -  $\tan\delta = 0.5-0.6$  (ან  $\delta = 26.6-31^\circ$ ).

ზვავის მოწყვეტის სავარაუდო ადგილები განისაზღვრა საველე მონაცემების მიხედვით, აეროფოტოების (მცენარეული საფარის მდგომარეობა, წინა შემთხვევები) რელიეფის ციფრული ანალიზის (30-50° დახრილობის კუთხე) საფუძველზე.

**მოცულობები.** ალპებისთვის განსაზღვრული შვეიცარიული სტანდარტების მსგავსად, მოწყვეტის ადგილის სიმალიდან (ტოპოგრაფიის პერპენდიკულარულად) მოწყვეტილი თოვლის მოცულობის გასაანგარიშებლად შემდეგი პროცედურა გამოიყენება  $d_0 = d_0^*(\psi)$ , სადაც ძირის მაჩვენებელი არის  $d_0^*$  ხოლო ქანობის კოეფიციენტი  $f(\psi)$ .

ნაკრას, ნენსკრას კაშხალსა და ჰესის შენობისთვის განისაზღვრა საფუძვლის მოწყვეტის სიმაღლე  $d_0^*$ :

- ნაკრა (ზღვის დონიდან 1500 მ): 1.25 მ (T=30 წ), 1.55 მ (T=100 წ), 1.85 მ (T=300 წ).
- ნენსკრას კაშხალი (ზღვის დონიდან 1300 მ): 1.15 მ (T=30 წ), 1.45 მ (T=100 წ), 1.75 მ (T=300 წ).
- ჰესის შენობა (ზღვის დონიდან 750 მ): 0.90 მ (T=30 წ), 1.20 მ (T=100 წ), 1.20 მ (T=300 წ).

ქანობის ( $\psi$ ) მაკორექტირებელი კოეფიციენტი მოწყვეტის ადგილზე დახრილობით  $\psi$  არის

$$f(\psi) = \frac{0.291}{\sin \psi - 0.202 \cos \psi}$$

საბოლოოდ, მოწყვეტის ზონიდან ზვავის ხარჯი  $Q$  [მ/წმ] სწორკუთხა მოწყვეტისთვის შეიძლება მიღებულ იქნას, როგორც

$$Q = B_0 d_0 v_0$$

სადაც უდიდესი სიგანე  $B_0$  [მ], წინასწარ განსაზღვრული მოწყვეტის სიმაღლე  $d_0$  [მ] და მოწყვეტის ადგილიდან გამოსვლის სიჩქარე  $v_0$  [მ/წმ], მოცემულია შემდეგ მაგალითში

$$v_0 = \sqrt{d_0 \xi (\sin \psi - \mu \cos \psi)}$$

აქ - ტურბულენტური ხახუნი  $\xi$  [მ/წმ<sup>2</sup>], ხახუნის კოეფიციენტი  $\mu$  [°] და ქანობი მოწყვეტის ადგილას  $\psi$  [°].

მონაცემები გამოყენებულია სამი სცენარის მოცულობების განსაზღვრისთვის (T=30, 100, 300 წწ) „r.avaflow“ პროგრამაში, თოვლზვავის გავრცელების მოდელირებისათვის, ასევე მისი მთავარი მახასიათებლების მოსაპოვებლად, რათა მოხდეს საფრთხის დონის შეფასება და უსაფრთხოების ზომებისა და საპროექტო მონაცემების პროექტირება: ნაკადის სიღრმე, კინეტიკური ენერჯია და დაწნევა.

### A.3 ქვათაცვენის მოდელირება

#### A.3.1 პირველადი ვარაუდი

პირველადი ვარაუდის გაკეთება შესაძლებელია მიდგომის [22] გამოყენებით, სადაც ქვათაცვენის კომპონენტის სიჩქარის გაანგარიშება ხდება თავისუფალი ვარდნის შემცირებული მნიშვნელით:

$$V = \alpha \cdot \sqrt{2gH}$$

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

სადაც,  
 $H$  ქვათაცვენის ვერტიკალური სიმაღლე,  
 $g$  გრავიტაციული აჩქარება და  
 $\alpha$  სიჩქარის ნარჩენი კოეფიციენტი.

ქვათაცვენის ფერდობზე განვითარების სცენარისთვის, პარამეტრი  $\alpha$  შეიძლება გამოიხატოს ფერდობის ქანობით  $\theta$  და ექვივალენტური ხახუნის კოეფიციენტით კომპონენტსა და ფერდობს შორის  $\mu$ , ასე მაგალითად:

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{\mu}{\tan \theta}}$$

ხახუნის კოეფიციენტის გაანგარიშება შემდეგი ცხრილიდან არის შესაძლებელი.

შემთხვევა	ფერდობისა და ქანის მახასიათებლები	კოეფიციენტი $\mu$
A	კლდოვანი ქანები, მცენარეული საფარის გარეშე, მრგვალი ქანი.	0.05 (< 0.10)
B	ფხვიერი ქანი, საშუალო სიმქისე, მცენარეული საფარის გარეშე, no vegetation. მრგვალი ან კვადრატული ქანი.	0.15 (0.11-0.20)
C	ნიადაგოვანი და ქვიშიანი ფერდობი, დაბალიდან საშუალო სიმქისემდე, მცენარეული საფარის გარეშე. მრგვალი ან კვადრატული ქანი.	0.25 (0.21-0.30)
D	დელუვიური ფერდობი, საშუალოდან მაღალ სიმქისემდე, მცენარეული საფარით ან მის გარეშე. კვადრატული ქანი.	0.35 (> 0.31)

ხახუნის ექვივალენტური კოეფიციენტები [22].

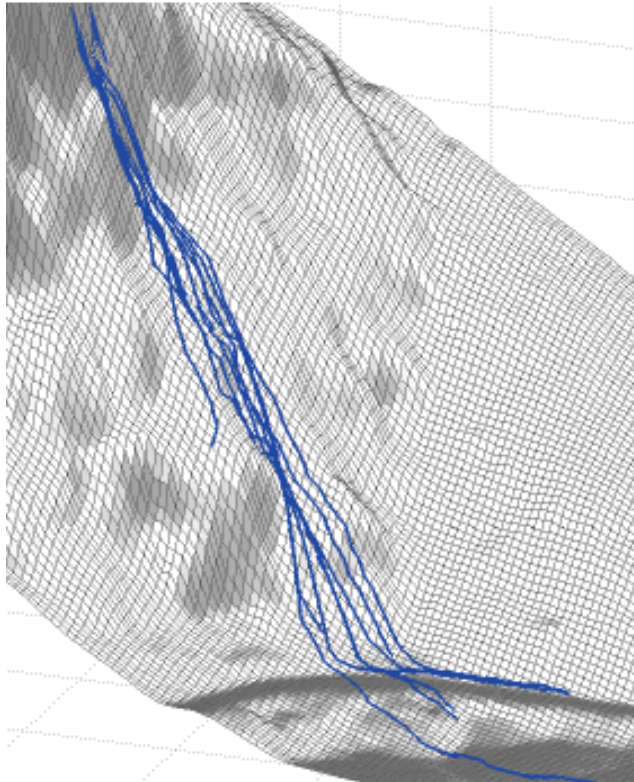
ქვათაცვენის მასის კინეტიკური ენერგია  $E_{kin}$  [J] შეიძლება გაანგარიშდეს შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$$

### A.3.2 ქვათაცვენის მოდელირება (RockyFor3D)

ციფრულ რელიეფზე სამგანზომილებიანი ტრაექტორიის მოდელირებისათვის, უჯრედის ზომით 1 მ, გამოყენებულ იქნა ქვათაცვენის სიმულაციის პროგრამა RockyFor3D [15]. ქვათაცვენის კომპონენტების მოცულობები შერჩეულ იქნა სავსე მონაცემების საფუძველზე დადგენილი სცენარების მიხედვით.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



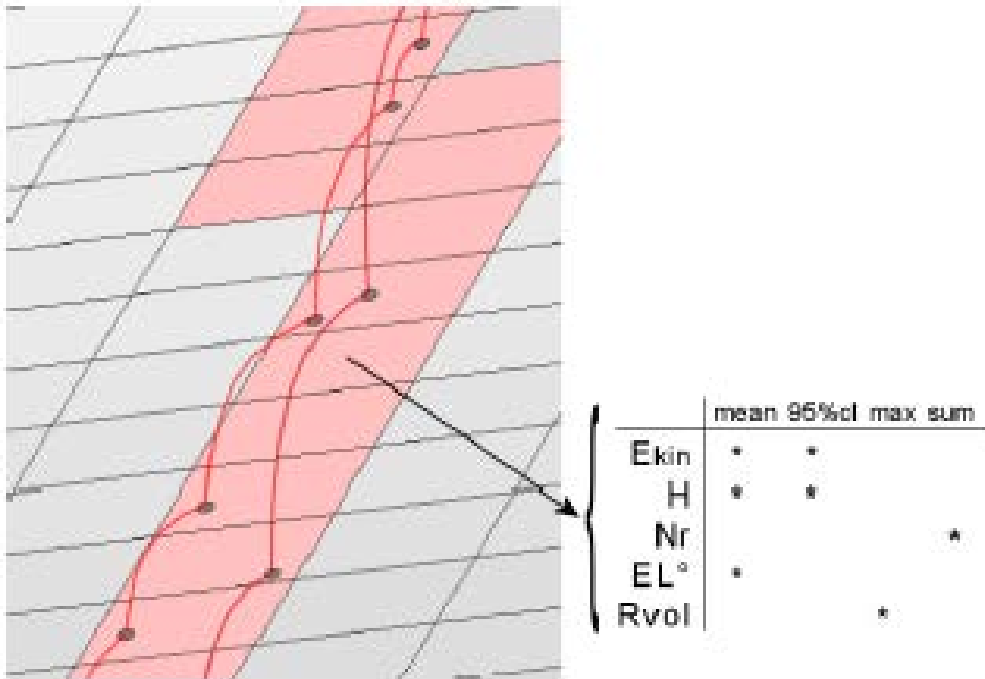
ქვათაცვენის კომპონენტის სამ განზომილებიანი ვექტორული ტრაექტორია (წყარო: RockyFor3D სახელმძღვანელო).

ქვათაცვენის მოდელირების დროს ხდება ტრაექტორიების ზემოქმედებების სერიებად სიმულირება, იმ ზემოქმედებებისა, რომლებიც გამოწვეულია ქვათაცვენის კონკრეტული წონის ( $\gamma_{rock}$ ), ზომის ( $d_1, d_2, d_3$ ) და კონკრეტული ბლოკის ფორმის (მართკუთხა, ელიფსური, მრგვალი, დისკის ფორმის) მქონე კომპონენტებიდან, კონკრეტული სიმქისის განაწილების ( $rg_{70}, rg_{20}, rg_{10}$ ) მქონე რელიეფის ზედაპირის და ფერდობის ასხლეტვის მახასიათებლების ( $R_n$ ) პირობებში. ყველა შემყვანი მონაცემი მოწოდებული უნდა იყოს რასტრულ ფაილებში.

პროგრამის საშუალებით ასევე შესაძლებელია დამცავი ტყისა და ქვათაცვენის ქსელების სიმულირება. წინამდებარე ანალიზში დამცავი ტყის ეფექტი არ არის გათვალისწინებული. დამცავი ტყის ფუნქციაა ქვათაცვენის ზოგიერთი კომპონენტის გაფილტვრა. ამდენად, ტყის უფულვებელყოფით, ყველაზე უარესი სცენარის გამოყენება არის შესაძლებელი იმ პარამეტრების დასადგენად, რომლებიც საჭიროა უსაფრთხოების ზომების პროექტირებისა და რეკომენდაციებისთვის. თუმცა, ანალიზი ითვალისწინებს ქვათაცვენის ქსელების ეფექტს შემოთავაზებული გადაწყვეტის ეფექტურობის შესამოწმებლად.

სიმულაციების შედეგი არის რასტრები, რომლებიც ყოველი უჯრედისთვის ინახავენ შემდეგ ინფორმაციას: კინეტიკური ენერგია, სიმაღლე გავლისას, ქვათაცვენის კომპონენტების ჩავლის რაოდენობა, საწყისი უჯრედის რაოდენობა, საიდანაც იწყება კომპონენტების სვლა, ქვათაცვენის კომპონენტის უჯრედამდე მიღწევის შესაძლებლობა, კომპონენტების რაოდენობა, რომლებიც ჩერდებიან უჯრედში, მინიმალური ენერგიის წრფის კუთხე, უჯრედამდე მიღწევის მინიმალური დრო, და უჯრედში მიღწეული მაქსიმალური სიჩქარე. ასევე, დაიწერა შედეგების შეჯამების ფაილი.





სამგანზომილებიანი ვექტორული ტრაექტორიიდან რასტრულ შედეგებამდე (წყარო: RockyFor3D სახელმძღვანელო).

ინფორმაცია, რომელიც აღწერს უჯრედამდე მიღწევის ალბათობას და უჯრედში გაჩერებული ქვათაცვენის კომპონენტების რაოდენობას, ასევე უჯრედში მიღწეულ კინეტიკურ ენერგიას (ტრანსლაციურ თუ როტაციულს), არის ყველაზე სასარგებლო ინფორმაცია ქვათაცვენისათვის თავის არიდების ზონების მოხაზვის და დასაშვები და დაუშვებელი ინტენსივობის საზღვრების დადგენისთვის.

**A.4 კლდეზვავის მონაკვეთი (ენერგიის წრფე)**

ენერგიის წრფის კონცეფციის გამოყენება შეიძლება კლდეზვავის მონაკვეთის შეფასებისთვის [24]. მისი მეშვეობით იზომება კუთხე, ე.წ. ენერგიის წრფის კუთხე  $\phi_p$ , ფერდობის არამდგრადობის წვეროდან ჩამოწოლის მაქსიმალურ დონემდე, რომელიც იზომება ჰორიზონტალურიდან ქვედა მიმართულებით.

რამდენიმე ავტორი გვთავაზობს ენერგიის წრფის კუთხეებს:

- ონოფრი და კანდიანის (Onofri and Candian (1979 წ) მიხედვით ჩამოწოლილი მასის 50% ჩერდება ენერგიის წრფის კუთხეზე  $\phi_p > 33.5^\circ$ , ხოლო 72% -  $\phi_p > 32^\circ$  და 100% -  $\phi_p > 28.5^\circ$ .
- ტოპეს (Toppe) (1987) მიხედვით, 50% ჩერდება  $\phi_p = 45^\circ$  -მდე და 95% -  $\phi_p > 32^\circ$ .
- გერბერმა (Gerber (1994) წარმოადგინა ქვედა შრეზე დამოკიდებული მაჩვენებლები ბლოკების 100%-ის შესაჩერებლად  $33^\circ$ ,  $35^\circ$  და  $37^\circ$  ფარგლებში.

**A.5 მეწყრით გამოწვეული იმპულსური ტალღების შეფასება (FOE 2009)**

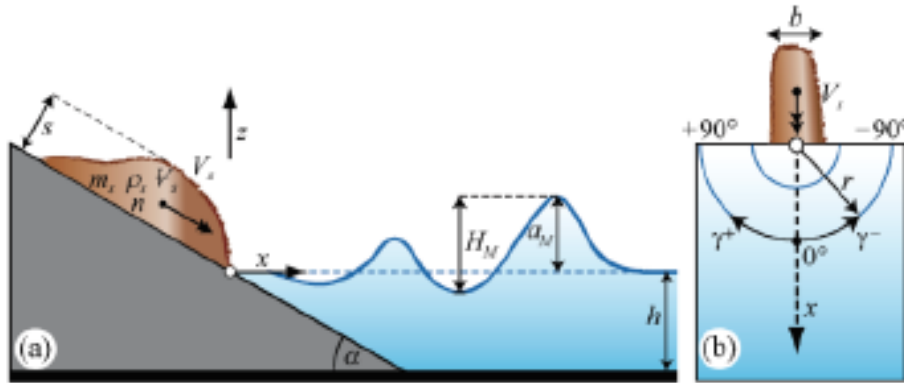
ინიცირებული იმპულსური ტალღების მახასიათებლების მოდელირება განხორციელდა მეთოდოლოგიის [13] გამოყენებით. გამოყენებული მეთოდის ძირითადი ეტაპები მოცემულია ქვემოთ:

1. **ჩამოწოლილი მასა და წყალსაცავი.** მასის მოძრაობის მოდელირება მოხდა როგორც გრანულირებული ჩამონაშალისა, რომლის სისქე განისაზღვრება პარამეტრით  $s$  [მ], სიგანე -  $b$  [მ], ჩამონაშალის მოცულობა  $V_s$  ა - [მ<sup>3</sup>], სიმკვრივე  $\rho_s$  [კგ/მ<sup>3</sup>], და ფორიანობა  $n$  [-]. ის

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

გავლენას ახდენს წყალსაცავზე ზემოქმედების კუთხეში-  $\alpha$  [°]. წყალსაცავში დამდგარი წყლის სიღრმე არის  $h$  [მ] ჩამონაშალის გავლენის წერტილში და კაშხალზე. კაშხლამდე გადაადგილების მანძილი არის  $r$  [მ], ზემოქმედების ადგილსა და კაშხალს შორის კუთხე არის ტალღის გავრცელების კუთხე  $\gamma$  [°].

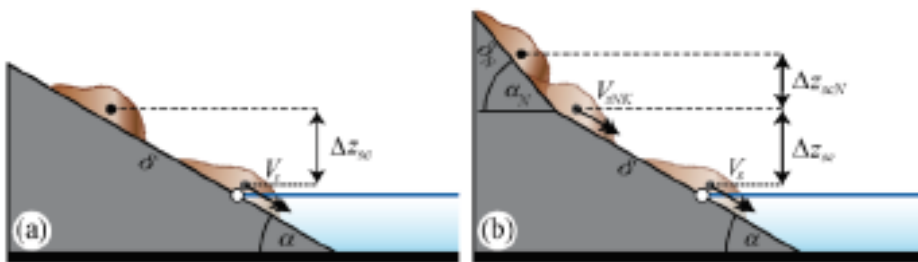


1. ჩამონაშალის ზემოქმედების სიჩქარე. ჩამონაშალის ზემოქმედების სიჩქარე გაანგარიშებულია ხახუნის მიდგომის საფუძველზე. ჩამონაშალის სიჩქარე ერთი ან მრავალ-სეგმენტიანი ფერდობისთვის (შემთხვევა a და b) შემდეგნაირად გაანგარიშდა:

$$V_s = \sqrt{2g\Delta z(1 - \tan \delta \cot \alpha)}$$

$$V_s = \sqrt{V_s + 2g\Delta z(1 - \tan \delta \cot \alpha)}$$

სადაც ჩამონაშალის სიჩქარე არის  $V_s$  [მ/წმ], ვარდნის სიმაღლე -  $\Delta z$  [მ], ჩამონაშალის ზემოქმედების კუთხე -  $\alpha$  [°], და მოძრავი ფსკერის ხახუნის კუთხე -  $\delta$  [°] (როგორც წესი, 15-35°, კარგი ვარაუდით შესაძლებელია 20°).



2. ტალღის წარმოქმნა და გავრცელება. იმპულსური ტალღის მახასიათებლები, ტალღის სიჩქარე -  $c$ , ამპლიტუდა -  $a$ , და იმპულსური პროდუქტის პარამეტრი  $P$  [-] გაანგარიშდა შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$c = [g(h + a)]^{1/2}$$

$$a = (4/5)H$$

$$P = FS^{1/2}M^{1/4}(\cos[(6/7)\alpha])^{1/2}$$

სადაც, გრავიტაციული მუდმივა  $g=9.81$  [მ/წმ<sup>2</sup>], დამდგარი წყლის სიღრმე -  $h$  [მ], ტალღის ამპლიტუდა  $a$  [მ], ტალღის სიმაღლე  $H$  [მ], მეწყრის შემთხვევაში ფრუდეს რიცხვი  $F=V_s/(gh)^{1/2}$  [-], ჩამონაშალის ფარდობითი სისქე  $S=s/h$  [-], და ჩამონაშალის ფარდობითი მასა

$$M = \rho_s V_s / (\rho_w b h^2) [-].$$

## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

გამოიყოფა იმპულსური ტალღების ორი ექსტრემალური შემთხვევა: ნაპირებზე შეკუმშული, არხისებრი 2 განზომილებიანი ან იმპულსური ტალღების თავისუფალი სხივური გავრცელება (სამ-განზომილებიანი შემთხვევა). მიუხედავად იმისა, რომ ტალღების წარმოქმნის პარამეტრები ორივე შემთხვევისთვის იდენტურია, მათი გავრცელება არ არის მსგავსი.

აქ განხილული სამგანზომილებიანი შემთხვევისთვის, ტალღის სიმაღლე  $H$ , პერიოდი  $T$ , და სიგრძე  $L$  წყალსაცავის ქვაბულში განისაზღვრა როგორც ტალღის გავრცელების კუთხის კოეფიციენტი  $\gamma$  და გადაადგილების მანძილი  $r$ , რაც შემდეგნაირად გამოისახა:

$$H(r, \gamma) = (3/2)P^{4/5} \cos^2\left(\frac{\gamma}{3}\right) (r/h)^{-2/3} h \quad \text{for } r/h > x_M$$

$$T(r, \gamma) = 15 \left(\frac{H}{h}\right)^{1/4} (h/g)^{1/2} \quad \text{for } r/h > x_M$$

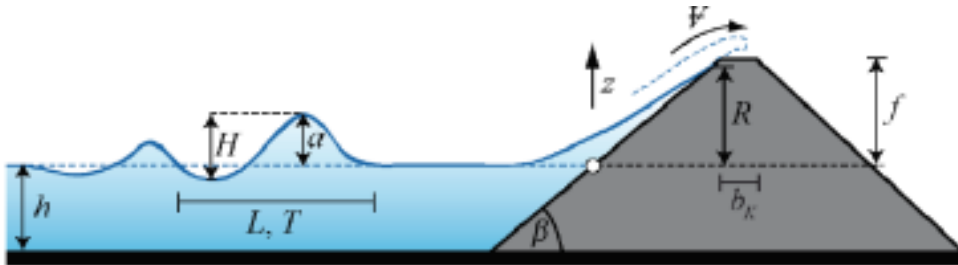
$$L(r, \gamma) = T(r, \gamma) \cdot c(r, \gamma)$$

სადაც, გადაადგილების მანძილი -  $r$  [მ], ტალღის გავრცელების კუთხე -  $\gamma$  [°] ხოლო ტალღის სიჩქარე -  $c$  [მ/წმ].

3. **ტალღის მოდინება და გადადინება.** კაშხალზე მოდინების სიმაღლე  $R$  [მ] მოცემულია, როგორც:

$$R = 1.25 \left(\frac{H}{h}\right)^{5/4} \left(\frac{H}{L}\right)^{-3/20} \left(\frac{90^\circ}{\beta}\right)^{1/5} h$$

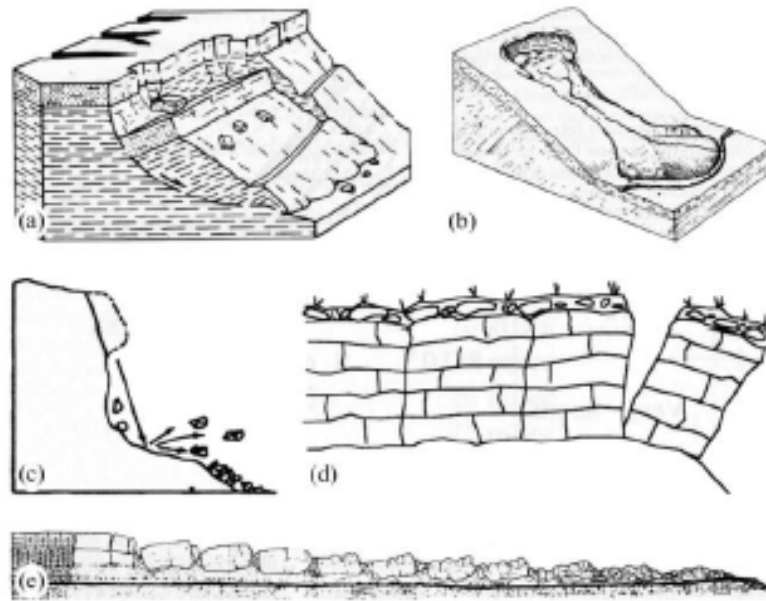
სადაც, დამდგარი წყლის სიღრმეა  $h$  [მ], კაშხლის წინ ტალღის სიმაღლე  $H$  [მ], მოდინების სიმაღლე  $R$  [მ], მოდინების კუთხე ან კაშხლის წინა მხარის ქანობი  $\beta$  [°].



- ეს მეთოდი ასევე გვთავაზობს კაშხლებზე გადადინების მოცულობის და ტალღის სიმძლავრის შეფასების შესაძლებლობას. ეს საკითხები არ წარმოადგენენ წინამდებარე ანალიზის საგანს და ამდენად მათი შემდგომი განხილვა არ ხდება.
- მეთოდის მიერ შემოთავაზებულია სახელმძღვანელო მითითებები წყალსაცავის ფორმის და მასის გადაადგილების ტიპის შესაფასებლად და შედეგებზე შემყვანი პარამეტრების მგრძობელობის შესაფასებლად.

**მასის გადაადგილების ტიპის გავლენა.** მასის გადაადგილების ტიპი გავლენას ახდენს იმპულსური ტალღის მახასიათებლებზე (იხ. მომდევნო ნახაზი):

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



მასის გადაადგილების ტიპი: (a) მცოცავი (b) მომდინარე (c) ვარდნით (d) ჩამოშლა და  $I$ გავრცელება

- მასის გადაადგილების 2 მნიშვნელოვანი ასპექტი არის სიჩქარე და მასალის ტიპი.
- მაღალი სიჩქარის პირობებში, მყარი სხეულის მქონე მეწყერი წარმოქმნის დაახლოებით ტალღის იმავე სიმაღლეს, როგორცაა გრანულოვანი მეწყერი. დაბალი სიჩქარის პირობებში, მყარი სხეული წარმომქნის წყალდიდობის უფრო მაღალ ტალღებს, მაშინ როდესაც გრანულოვანი ჩამონაშალი უფრო დაბალ ტალღებს იწვევს, რადგან წყალი აღწევს ფორებში.

**წყალსაცავის ფორმის გავლენა.** ტალღა გადაადგილებისას წყალსაცავის ფორმის ზემოქმედების ქვეშ შეიძლება მოხდეს; ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს გარდატეხა, გამეჩხერება (shoaling), დიფრაქცია, შევიწროება და არეკვლა. ეს მოვლენები უშუალოდ შეფასებებისთვის არ არის გათვალისწინებული, თუმცა მათზე რეაგირება ინდივიდუალურად უნდა მოხდეს.

**მოდინების სიმაღლის  $R$  მგრძობელობა.** ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე ნაჩვენებია შემცვანი პარამეტრების ცვლილებების გავლენა მოდინების სიმაღლეზე  $R$ , ე.ი. ზემოთ მე-3 და მე-4 კუნტში მოცემულ ფორმულებზე.

Sensitivity of the run-up height $R$										
-20% -10% 0% +10% +20%					-20% -10% 0% +10% +20%					
$F_s +20\%$										+18.7%
$h(i) +20\%$										+11.3%
$s +20\%$										+9.0%
$F_s +20\%$										+4.4%
$\rho_s +20\%$										+4.4%
$h(d) +20\%$										-3.1%
$\beta +20\%$										-3.6%
$b +20\%$										-4.2%
$\alpha +20\%$										-5.6%
$\gamma +20\%$										-14.8%
$F_s -20\%$										-18.9%
$h(i) -20\%$										-12.2%
$s -20\%$										-10.0%
$F_s -20\%$										-5.1%
$\rho_s -20\%$										-5.1%
$h(d) -20\%$										+4.0%
$\beta -20\%$										+4.6%
$b -20\%$										+5.4%
$\alpha -20\%$										+4.5%
$\gamma -20\%$										+13.4%

მოდინების  $R$  მგრძობელობა შემცვანი პარამეტრების ცვალეზადობის +20% (მარცხენა) და -20% (მარჯვენა) შედეგად, სამ-განზომილებიანი შემთხვევისთვის.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ მოდინების სიმაღლე  $R$  განსაკუთრებით სენსიტიურია ჩამონაშალის ზემოქმედების სიჩქარის  $V$ , მიმართ და ზემოქმედების კუთხის  $\gamma$  მიმართ. ასევე მნიშვნელოვანია წყლის სიღრმე ზემოქმედებასთან  $h$  და ჩამონაშალის (slide) სისქე  $s$ .

## დანართი B

გრუნტის გადაადგილების შეფასება სატელიტური რადიოლოკაციის ინტერფერომეტრიის საშუალებით

(ანგარიში მომზადებულია GAMMA-RS-ის მიერ)

ანგარიში „სატელიტური რადიოლოკაციური მონაცემების ინტერფერომეტრიული ანალიზის საფუძველზე ნენსკრას ხეობაში (საქართველო) გრუნტის გადაადგილების დაფიქსირებისა და შეფასების“ შესახებ.

### 1 შესავალი

მოცემულ ანგარიშში აღწერილია 2006-2011 წლებში საქართველოში, ნენსკრას ხეობის გასწვრივ გრუნტის გადაადგილების დაფიქსირებისა და შეფასების მიზნით ჩატარებული კვლევა ALOS-1 PALSAR-1 ინტერფერომეტრიული სისტემის გამოყენებით. კვლევა დაუკვეთა Lombardi SA Ingegneri Consulenti, Minusio-მა (შვეიცარია) 2016 წლის 21 ნოემბერს, 2016 წლის 18 ნოემბრის - Gamma/Lombardi\_Georgia\_off\_20161118\_ts შეთანხმების საფუძველზე და შეასრულა Gamma Remote Sensing, Gümligen-მა (შვეიცარია). 10 კმ x 10 კმ ფართობის საკვლევი ტერიტორია მოცემულია ნახაზზე 1.

კოსმოსური სინთეტური აპერტურის რადარის (SAR) სისტემები გვთავაზობს ვრცელი ტერიტორიების და შორეული ლოკაციების კვლევის საკმაოდ სწრაფ და იაფ მეთოდს. დიფერენცირებული რადიოლოკაციური (SAR) ინტერფერომეტრია არის გეოფიზიკური გადაადგილებების რუკების შესადგენი კონსოლიდირებული ტექნოლოგია, რომელიც იყენებს ოდნავ განსხვავებული ორბიტული კონფიგურაციებიდან მოპოვებულ რადიოლოკაციურ გამოსახულებებს და სხვადასხვა დროს ამუშავებს სიგნალების ფაზათა გადანაცვლებას. ინტერფერომეტრიული ფაზა შეგვიძლია გამოვიყენოთ (დავწეროთ) როგორც ტოპოგრაფიული ფაზის კომპონენტის, გადაადგილების ფაზის კომპონენტის და ცდომილების სიდიდის (ატმოსფერული ცვლილება, სისტემის ხმაურის) ერთობლიობა [1-3]. დიფერენცირებული რადიოლოკაციური (SAR) ინტერფერომეტრიის ძირითადი იდეა მდგომარეობს ტოპოგრაფიის და გადაადგილების ფაზის კომპონენტების განცალკევებაში, რაც საშუალებას გვაძლევს რუკაზე ავსახოთ მხედველობის არის გასწვრივ დაფიქსირებული ინტერფერომეტრიული გამოსახულების წყვილს შორის არსებული თანამიმდევრული გადაადგილებები. მიუხედავად სიგნალის დეკორელაციით, სპეციალური რადიოლოკაციური გამოსახულების გეომეტრიით და ატმოსფერული წყლის აორთქლების შედეგებით გამოწვეული შეზღუდვებისა, ბოლო წლებში მეთოდი წარმატებით გამოიყენება მთიან რეგიონებში, სადაც ნაკლებია ურბანიზაცია და დაბალია მცენარეული საფარი [4]. ევროპის კოსმოსური სააგენტოს (ESA) და ევროკომისიის (EC) მხარდაჭერილი პროექტების და კომერციული კონტრაქტების მხარდი რაოდენობის გათვალისწინებით, მეტი სიზუსტისთვის GAMMA-მ დახვეწა მიდგომა რადიოლოკაციური (SAR) მონაცემების ვრცელ სერიებზე (SAR)-ის ინტერფერომეტრიული ანალიზის გამოყენებით [5-6].

### 2. ALOS-1 PALSAR-1-ის მონაცემები

რადარული ინტერფერომეტრიული ანალიზი განხორციელდა ALOS-1 PALSAR-1 მონაცემების გამოყენებით, რომელიც მოპოვებული იქნა აღმავალი ორბიტის გასწვრივ 2006-2011 წლებში.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

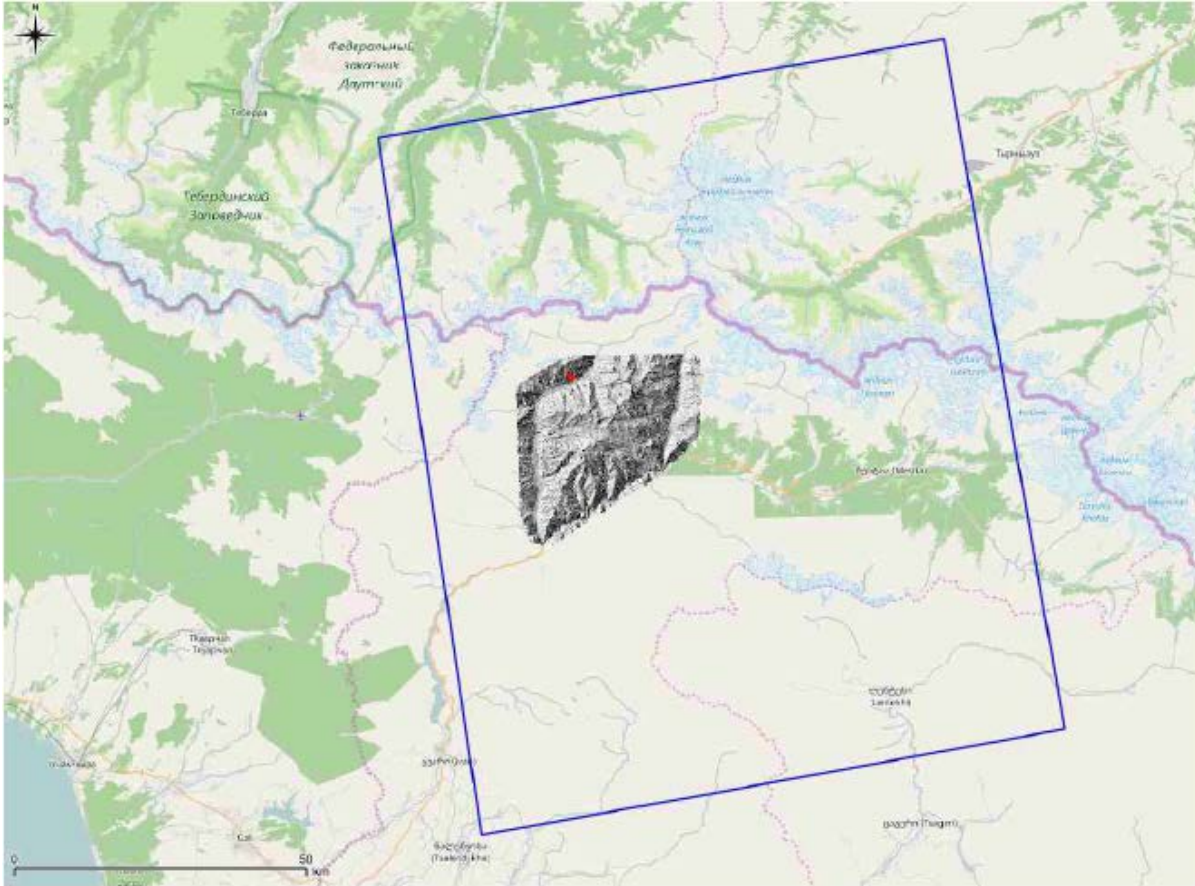
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ALOS-1 PALSAR-1 სატელიტური გამოსახულებები ნაჩვენებია ნახაზზე 1, ხოლო ცხრილში 1 ერთმანეთის პერპენდიკულარულად მოცემულია საწყისი მონაცემები და მათი მოპოვების დროის შუალედები 20100108 გეომეტრიული გამოსახულების შესაბამისად. გამოსახულებების ზომა არის დაახლოებით 70 კმ x 90 კმ. C-დიაპაზონთან (5.3 GHz, 5.7 სმ ტალღის სიგრძე) ან X-დიაპაზონთან (9.6 GHz, 3.1 სმ ტალღის სიგრძე) შედარებით უპირატესობა ენიჭება L-დიაპაზონთან (1.3 GHz, 23.5 სმ ტალღის სიგრძე) არსებულ სატელიტურ SAR მონაცემებს, ვინაიდან მათ გააჩნიათ მეტი უნარი შეაღწიონ მცენარეული საფარის ვარჯის შიგნით და მოგვცენ მცენარეულით დაფარული ტერიტორიის მაღალი კოჰერენტულობის ინტერფერენციული გამოსახულება [7]. გარდა ამისა, კიდევ ერთი მიზეზი იმისა თუ რატომ არ იქნა გამოყენებული C-დიაპაზონის და X-დიაპაზონის სატელიტური SAR მონაცემები აღნიშნულ კვლევაში არის ის რომ არ არსებობს ნენსკრას ხეობის ERS-1/2, ENVISAT, TerraSAR-X ან Cosmo-SkyMed-ის შესაბამისი დაარქივებული გამოსახულებების გრძელვადიანი სერიები. SAR მონაცემები შეირჩა სამიზნე ტერიტორიის დახრილობის მიმართულების გათვალისწინებით.

**ცხრილი 1.** ALOS-1 PALSAR-1 მონაცემების ნუსხა პერპენდიკულარულად მოცემული საწყისი მონაცემები და მათი მოპოვების დროის შუალედები 20100108 გეომეტრიული გამოსახულების შესაბამისად. უთოვლო პირობებში მოპოვებული მონაცემები მოცემულია ყვითლად.

რ-ობა	თარიღი 1	თარიღი 2	საწყისი მონაცემები (მ)	შუალედი [დღეები]
1	20100108	20061231	-2460.4	-1104
2	20100108	20070215	-766.0	-1058
3	20100108	20070703	-9.8	-920
4	20100108	20070818	205.7	-874
5	20100108	20071003	443.2	-828
6	20100108	20080103	907.2	-736
7	20100108	20080218	1844.0	-690
8	20100108	20080520	2253.0	-598
9	20100108	20080705	-1098.1	-552
10	20100108	20080820	-4003.9	-506
11	20100108	20081005	-3076.3	-460
12	20100108	20090105	-2386.3	-368
13	20100108	20090220	-1922.0	-322
14	20100108	20090708	-1825.6	-184
15	20100108	20091008	-419.8	-92
16	20100108	20100108	0.0	0
17	20100108	20100223	716.4	46
18	20100108	20100526	956.4	138
19	20100108	20100711	1039.2	184
20	20100108	20100826	1511.9	230
21	20100108	20101011	1883.0	276
22	20100108	20110111	2448.7	368
23	20100108	20110226	3118.6	414

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



**ნახაზი 1.** ნენსკრას ხეობის გასწვრივ საპროექტო არეალი (წითელი პოლიგონი), მაღალი გარჩევადობის DSM დაფარვა (ნაცრისფერი გამოსახულება) და ALOS PALSAR-ის სატელიტური გამოსახულება (ლურჯი ჩარჩო)

### 3. ინტერფერომეტრიული ანალიზი

#### 3.1 რადიოლოკაციური (SAR) ინტერფერომეტრია (InSAR)

2006 წლის დეკემბრიდან 2011 წლის თებერვლამდე გადაღებული 23 ALOS-1 PALSAR-1-ის გამოსახულებებიდან 10 მიღებული იქნა ვიწრო სხივის ერთმაგ (FBS) რეჟიმში და 13 მათგანი - ვიწრო სხივის ორმაგ (FBD) რეჟიმში. HH პოლარიზაციის RAW SAR-გამოსახულებების ფოკუსირება მოხდა GAMMA MSP-ის (მოდულური რადიოლოკაციური პროცესორის (MSP) გამოყენებით ერთმაგი ხედვის კომპლექსის (SLC) გამოსახულებებში და 20100108-ის გამოსახულების რეგისტრირება განხორციელდა სიხშირის გაზრდის კოეფიციენტი -2-ის გამოყენების შემდგომ FBD მონაცემების ირიბ დიაპაზონში. ერთმაგი ხედვის კომპლექსის (SLC) გამოსახულებებიდან მიღებულ იქნა მრავალჯერადი ხედვის ინტენსივობის (MLI) გამოსახულებები, 2 - ირიბ დიაპაზონში და 4 - აზიმუტში და შედეგად მივიღეთ გასაშუალოებული ინტენსივობის გამოსახულება.

GAMMA DIFF&GEO (დიფერენცირებული ინტერფერომეტრია და გეოკოდირება) პროგრამის გამოყენებით UTM ზონა-38-ში „Lombardi SA Ingegneri Consulenti“-ის მიერ მოწოდებული ALOS PRISM-ის 5 მ გარჩევადობის ზედაპირის ციფრული მოდელით (DSM) მომზადდა ტოპოგრაფიული ცნობარი. DSM-ის სივრცული დაფარვა მოცემულია ნახაზზე 1. ტოპოგრაფიული ცნობარი გათვალისწინებულია გეოკოდირებისთვის და SAR-ის ინტერფერომეტრიაში რელიეფის ფაზათა ცვლადობის მოცილებისთვის.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

დიფერენცირებული SAR-ის ინტერფერაციული გამოსახულების სერიები მიღებული იქნა GAMMA ISP-ის (ინტერფერომეტრიული SAR პროცესორი) გამოყენებით 2 - ირიბ დიაპაზონში და 4 - აზიმუტში SLC გამოსახულებებიდან. ინტერფეროგრამების მიხედვით ცხადი გახდა, რომ ხშირ შემთხვევაში თოვლის საფარი მნიშვნელოვნად ამცირებდა გარჩევადობას და ბოლოს აღმოჩნდა, რომ ივლისი-ოქტომბრის შუალედში მოპოვებულ 11 SAR გამოსახულებაზე არ იყო თოვლის საფარი (იხ. ყვითლად მოცემული მონაცემები ცხრილში 1). ცხრილში 2 მოცემულია კოჰერენტულობის დიფერენციული SAR გამოსახულებების ნუსხა. მასში შედის ზაფხულის პერიოდის ინტერფერენციული გამოსახულებები თოვლის საფარის გარეშე, ასევე გარკვეული რაოდენობის სხვა გამოსახულებები, რომლებიც ნაწილობრივ დაბალ ნიშნულზე განეკუთვნება. დიდმასშტაბიანი ატმოსფერული სიგნალები მოცილებული იქნა ზოლური ფილტრის გამოყენებით. InSAR შედეგა დახურული ფაზებისგან და წარმოდგენილია Geotiff-ის ფერადი კოდირებით.

**ცხრილი 2.** ALOS-1 PALSAR-1-ის დიფერენციული SAR-ის ინტერფერენციული გამოსახულებების ნუსხა პერპენდიკულარული ფონური მონაცემების და დროის ინტერვალების მითითებით. ნაწილობრივ კოჰერენტული ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები თოვლის საფარით მაღალ ნიშნულზე მოცემულია ყვითლად. 2007-2009 წლებში მოპოვებული მრავალფუნქციური დიფერენციული ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები მოცემულია ცისფრად.

რ-ობა	თარიღი 1	თარიღი 2	საწყისი მონაცემები (მ)	შუალედი [დღეები]
1	20070703	20070818	214.2	46
2	20070818	20071003	233.2	46
3	20080520	20080705	-3324.3	46
4	20080705	20080820	-2874.8	46
5	20080820	2008100	922.8	46
6	20100526	20100711	81.0	46
7	20100711	20100826	469.7	46
8	20100826	20101011	368.0	46
9	20110111	20110226	663.3	46
10	20070703	20071003	447.4	92
11	20080705	20081005	-1951.9	92
12	20090708	20091008	1395.1	92
13	20100526	20100826	550.6	92
14	20100711	20101011	837.6	92
15	20070703	20080705	-1083.5	368
16	20070818	20080705	-1297.6	322
17	20080705	20090708	-715.1	368
18	20080705	20091008	680.0	460
19	20080820	20090708	2159.6	322
20	20090708	20100711	2836.6	368
21	20091008	20100826	1911.2	322
22	20070703	20091008	-403.5	828
23	20070818	20091008	-617.6	782
24	20071003	20091008	-850.8	736
25	20080705	20100711	2121.5	736
26	20070703	20100711	1038.1	1104
27	20070818	20100711	823.9	1058
28	20070818	20100826	1293.6	1104
29	20071003	20100826	1060.4	1058

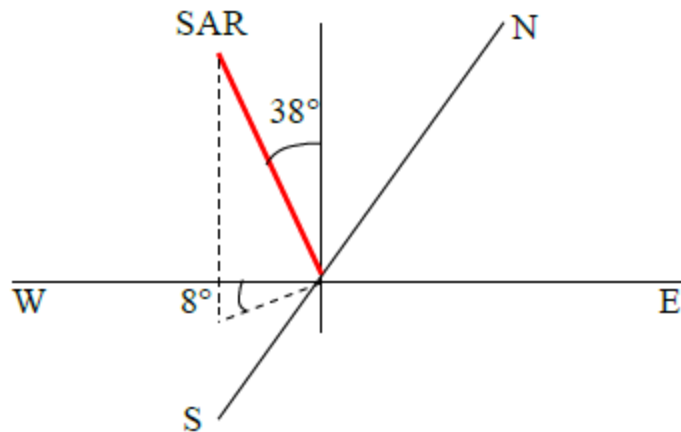
3.2 ინტერფერომეტრიული წერტილოვანი ანალიზი (IPTA)



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ინტერფერომეტრიული წერტილოვანი ანალიზი (IPTA) ჩატარდა ALOS-1 PALSAR-1-ის 11 გამოსახულებით, რომელთა მოპოვებაც მოხდა 2007-2010 წლების ივლისიდან ოქტომბრამდე (იხ. ცხრილი 1). SAR მონაცემების საფუძველზე, წერტილოვანი მონაცემები პირველად აღებული იქნა GAMMA IPTA პროგრამის გამოყენებით [8]. წერტილოვანი მონაცემებისთვის გაანგარიშდა და გაანალიზდა ინტერფერომეტრიული ფაზა. გადაადგილების წრფივი (ერთგვაროვანი) კურსიდან გადახვევა გამოყენებული იქნა როგორც ხარისხის სტატისტიკური მახასიათებელი. წრფივი მოძრაობებისთვის გადაადგილების საშუალო სიჩქარე დაკვირვების პერიოდში შესაძლოა განისაზღვროს რამდენიმე მმ/წ-ს სტატისტიკური სიზუსტით. მეორეს მხრივ, არა-წრფივი გადაადგილებები ოპტიმალურად არ აღირიცხება. ათვლის საწყისი წერტილი შეირჩა სტაბილურ ტერიტორიაზე.

IPTA შედეგები შედგება წრფივი დეფორმაციის მაჩვენებლებისა და სატელიტის ხედვის სხივში (L.O.S.) არსებული ისტორიული გადაადგილებებისგან. შესაბამისად, ამ გადაადგილებების მნიშვნელობები მიუთითებს მხოლოდ მოძრაობის კომპონენტებს დაკვირვების მიმართულებაში, რომელთა კუთხე არის  $38^\circ$  ზედა მიმართულებით და დაახლოებით  $9^\circ$  აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახაზი 2). თუ გადაადგილება ხდება ვერტიკალური მიმართულებით, დაკვირვების კომპონენტი მცირდება  $0.79$  კოეფიციენტით ( $\cos 38^\circ$ ). ამ შემთხვევაში სრული მნიშვნელობის მისაღებად დაფიქსირებული მნიშვნელობა არის  $1 / 0.79 = 1.27$ . ცხრილში 3 მოცემულია დახრილობების მასშტაბირების კოეფიციენტები. [9] მიხედვით, ოთხწლიანი პერიოდისთვის ჯაკარტაში (ინდონეზია) გაანგარიშებული საშუალო გადაადგილების ცდომილება არის  $9$  მმ/წ. მოძრაობის დროის სერიების გათვალისწინებით, ALOS PALSAR-ის ინტერფერომეტრიული გამოსახულების L.O.S. გადაადგილების ცდომილება არის  $14$  მმ [10] კილაუეას ვულკანის (ჰავაის კუნძულები) შემთხვევაში.



ნახაზი 2. SAR-ის გეომეტრია

ცხრილი 3. სხვადასხვა დახრილობის მასშტაბირების კოეფიციენტები (ჰორიზონტალური= $0^\circ$  დახრილობას) და ALOS-1 PALSAR-1-ის შედეგები ნენსკრას ხეობის გასწვრივ.

მიმართულება	ჩ	ჩდ	დ	სდ	ს	სა	ა	ჩა
ვერტიკალური	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
ჰორიზონტალური	10.4	2.8	1.6	2.0	10.4	2.8	1.6	2.0
20 გრდ.	2.8	14.2	3.3	5.0	5.6	1.6	1.2	1.4
40 გრდ.	1.7	4.4	24.6	8.0	2.3	1.3	1.0	1.1
60 გრდ.	1.4	2.0	2.6	2.3	1.6	1.2	1.0	1.1

3.3 მრავალ დონიანი (MB) ინტერფერომეტრიული ანალიზი

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

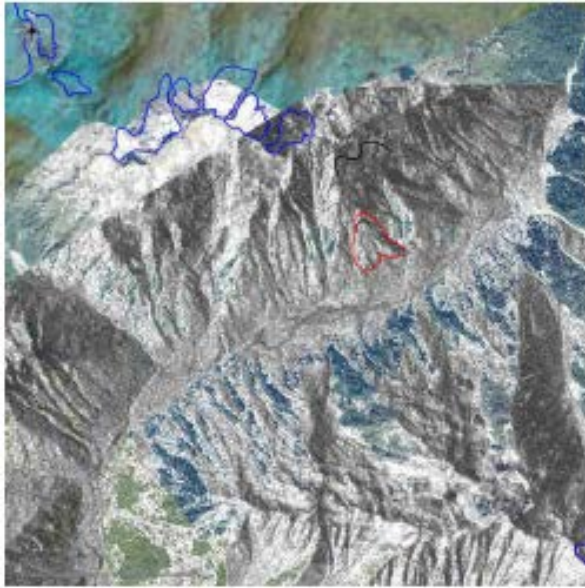
მოცემულ ანალიზში დიფერენციული ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები განისაზღვრა საკვლევი ტერიტორიის გარშემო (ნახაზი 1) სტაბილურ ადგილას შერჩეული საწყისი წერტილის გათვალისწინებით. GAMMA IPTA-ს პროგრამის [11] გამოყენებით მრავალფუნქციური ინვერსია თავდაპირველად შესრულდა 25 დიფერენციულ ინტერფერენციულ გამოსახულებაზე, რომლებიც 2007-2010 წლებში იქნა მოპოვებული, აღნიშნულ გამოსახულებებზე თოვლის საფარი არ ფიქსირდება, მოგვიანებით კი მხოლოდ 2007 და 2009 წლებში მოპოვებული დიფერენციულ ინტერფერენციულ გამოსახულებაზე შესრულდა იგივე ინვერსია, რომლებიც ცხრილში 2 მოცემულია ცისფრად. MB შედეგები შედგება წრფივი დეფორმაციის მაჩვენებლებისგან და LOS სატელიტით დაფიქსირებული ისტორიული გადაადგილებებისგან. რაც შეეხება IPTA-ს, უნდა აღინიშნოს, რომ გადაადგილების ეს მნიშვნელობები მიუთითებს მხოლოდ მოძრაობის კომპონენტზე SAR სენსორის დაკვირვების მიმართულებით. მოძრაობის დროის სერიების L.O.S. გადაადგილების ცდომილება შესაძლოა იყოს 14 მმ [10].

#### 4. დიფერენციული SAR ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები

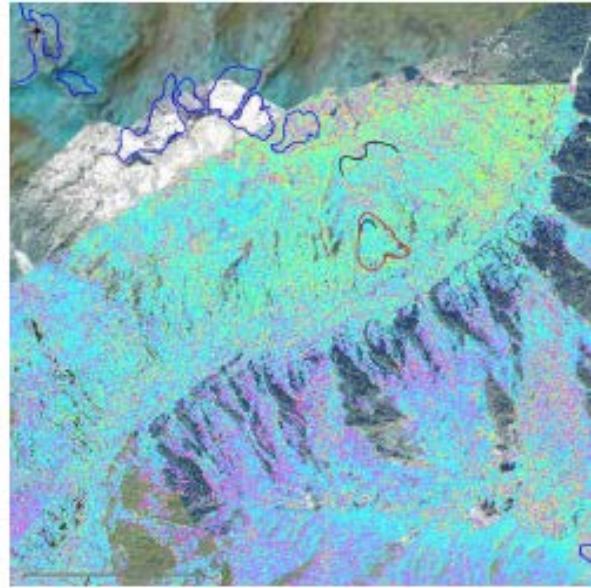
შერჩეული გეოკოდირებული დიფერენციული SAR ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები ნენსკრას ხეობის გასწვრივ წარმოდგენილია ნახაზზე 3. რეგიონის უკეთესი ლოკალიზაციისთვის და SAR სენსორის სპეციალური გეომეტრიის უკეთ გასაგებად ასევე წარმოდგენილია საშუალო SAR ინტენსივობის გამოსახულება; ინტერესის არეალი, მცინვარები GLIMS-ის ბაზიდან [12] აღებული მცინვარები და მეწყერები რუკებზე გამოყოფილია ცისფერი, წითელი და შავი პოლიგონებით.

რეგიონის უსწორმასწორო ტოპოგრაფია წყვეტებისა და დაჩრდილვების გამო განაპირობებს გამოსახულებებზე მცირე არეალების არასრულ დაფარვას. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს უპირატესი დახრილობის მიმართულება, კერძოდ SAR-ის ვექტორიდან მოშორებით არსებული დახრილობა (დაახლოებით დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით, მისი დახრი კუთხეა 38°), რომელიც უკეთ ფიქსირდება რადარზე და უკეთ ხდება გადაადგილებების მონიტორინგი.

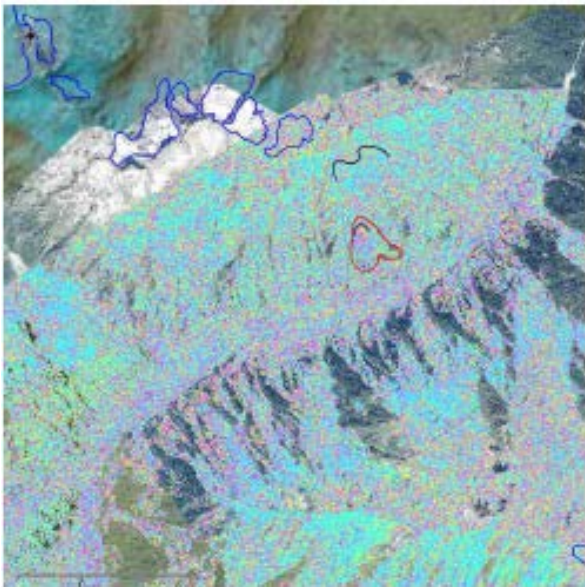
მოცემულ დიდ-მასშტაბიან გამოსახულებებზე თვალსაჩინოა ძირითადი ზემოქმედებები. პირველი, დროებითი დეკორელაცია, ხმაურის ფაზა იზრდება დროის ინტერვალის შესაბამისად. სამი წლის შემდეგ თანხვედრა (კოჰერენტულობა) აღინიშნება მხოლოდ მცენარეული საფარისგან თავისუფალი ადგილებისთვის მაღალ ნიშნულებზე. შემდეგი, თვალსაჩინოა ასევე ნარჩენი ატმოსფერული ცვლილებები, განსაკუთრებით 46 დღის შემდეგ და როგორც ტოპოგრაფიის ნაწილი. და ბოლოს, გამოვლენილია ზედაპირის მოძრაობასთან დაკავშირებული ორი ძირითადი სიგნალი. ერთი ხილულია ნახაზზე 3c ერთი წლის შემდეგ წითლად მონიშნულ არეალში და მეორე კარგად ჩანს ნახაზზე 3d, რომელიც მოპოვებულია 3 წლის შემდეგ წითლად მონიშნული არეალის ზემოთ. თუ გავითვალისწინებთ, რომ SAR-ის გამოსახულების პიქსელის ზომა არის დაახლოებით 20 მ და საჭიროა გარკვეული რაოდენობის პიქსელები, რათა შესაძლებელი გახდეს ინტერფერომეტრიული ფაზის გაშიფვრა, ინტერფერომეტრიულ გამოსახულებებზე ვერ ხერხდება მცირე ზომის მეწყერების (მაგ, მცირე პიქსელების მქონე) იდენტიფიცირება.



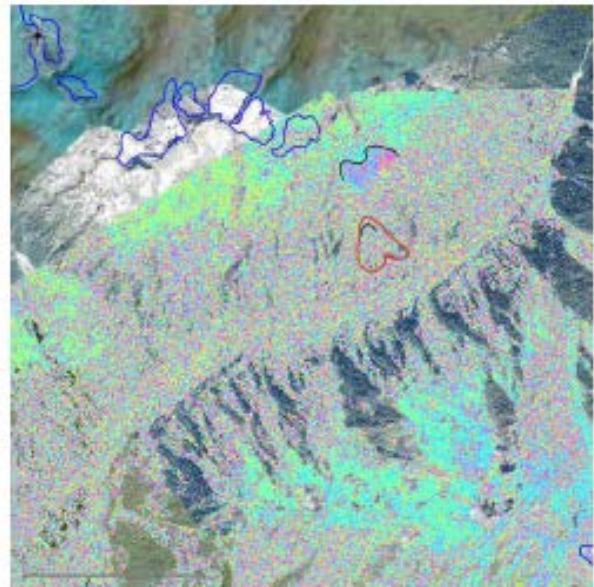
(a) ALOS-1 PALSAR-1 ინტენსივობა



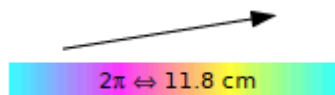
(b) 20070703\_20070818 46 დღე



(c) 20080705\_20091008 460 დღე



(d) 20071003\_2010082 1058 დღე



**ნახაზი 3.** ALOS-1 PALSAR-1 ინტენსივობის გამოსახულება და შერჩეული დიფერენციული SAR ინტერფერენციული გამოსახულებები ნენსკრას ხეობის გასწვრივ. SAR-ის ხედვის მიმართულება არის დაახლოებით დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ; დახრი კუთხე - 38°.

**5. ინტერფერომეტრიული წერტილოვანი ანალიზი**

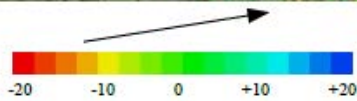
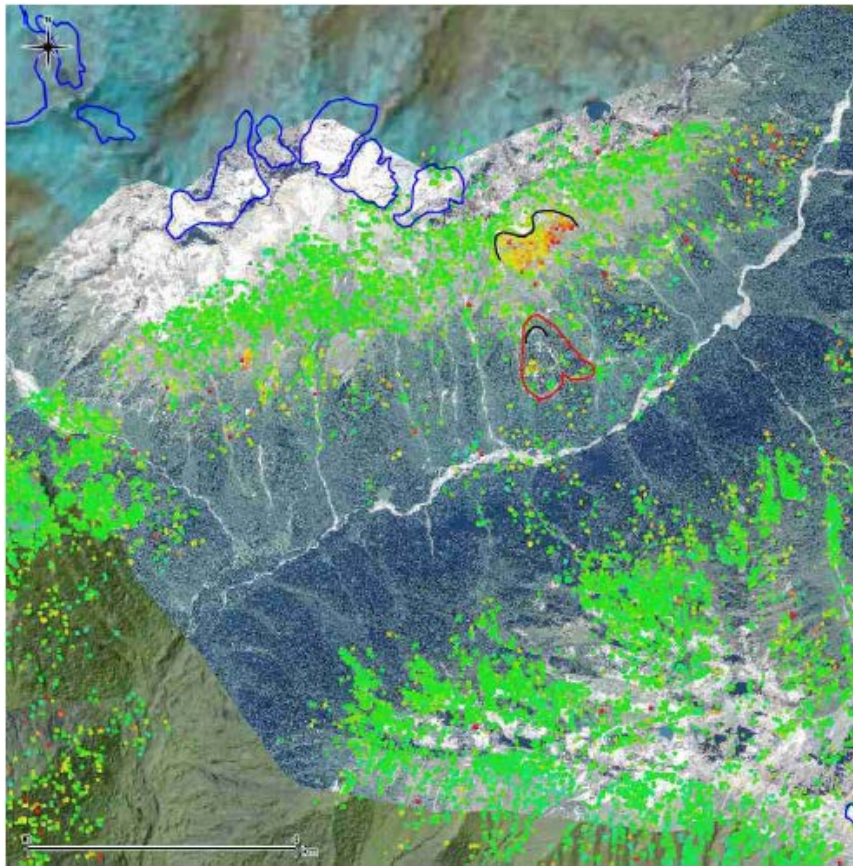
ნენსკრას ხეობაში IPTA-ს საშუალო გადაადგილების მაჩვენებელი აღებულია ALOS-1 PALSAR-1-ის მონაცემებიდან 2007-2010 წლის პერიოდისთვის და მოცემულია ნახაზზე 4, ხოლო ნახაზზე 5 ნაჩვენებია სამიზნე ტერიტორია. საწყისი ათვლის წერტილი შეირჩა რეგიონის დასავლეთით - 268875.5 აღ, 4775972.5 ჩრდ. IPTA-ს საშუალო გადაადგილების მაჩვენებლების რუკაში უარყოფითი მნიშვნელობები მიუთითებს სამიზნე ტერიტორიიდან სატელიტამდე მანძილის

## ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

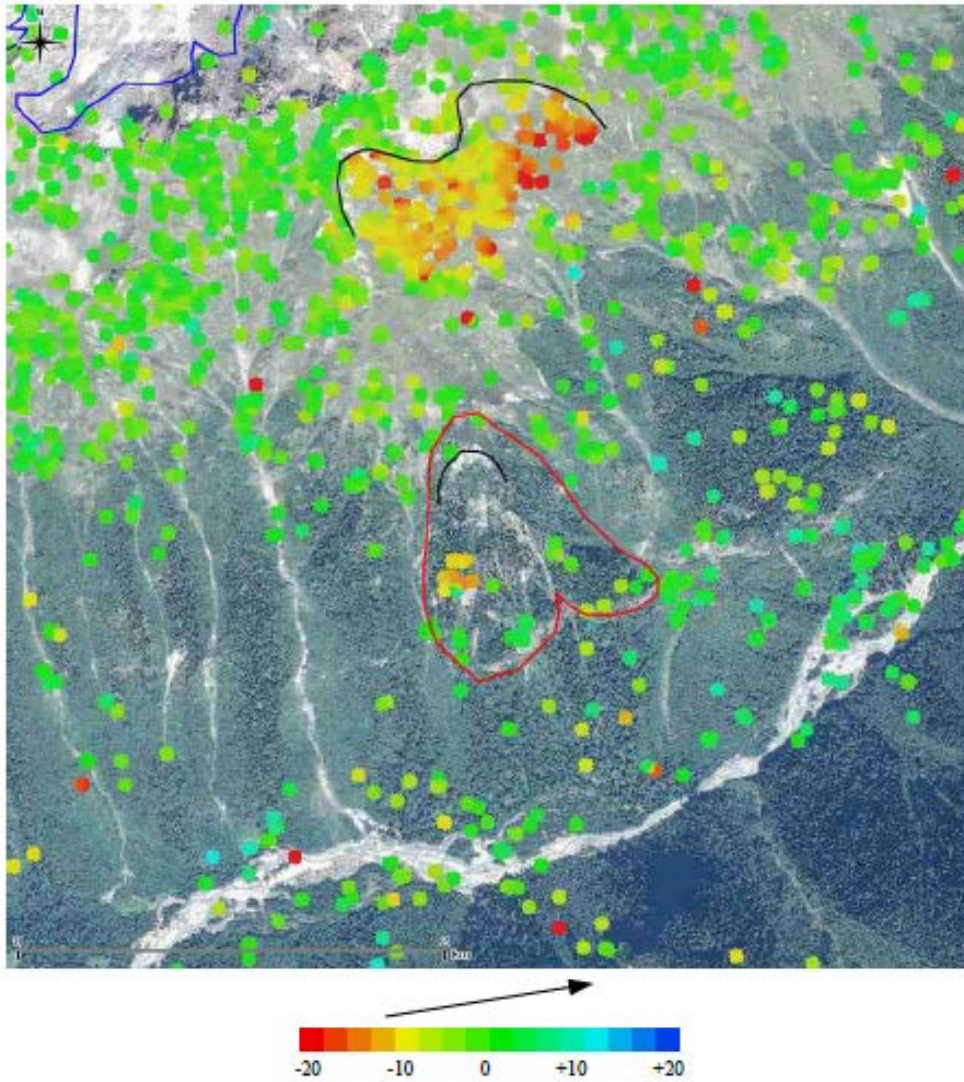
ზრდაზე ან ზოგადად, ზედაპირის დაწვევაზე. აღმავალ ორბიტებზე აღებული ეს მონაცემები უპირველესად, შეესაბამება სწორი ზედაპირის მქონე ტერიტორიებს და აღმოსავლეთ დახრილობის მქონე ფერდობებს. დასავლეთ დახრილობის ფერდობები განიცდიან დაჩრდილვის ეფექტს.

სამიზნე ტერიტორიებზე დაფიქსირებული მნიშვნელოვანი გადაადგილებები, რომლებიც შეადგენს 2 სმ/წ, ნახაზებზე 4 და 5 გამოყოფილია წითელი პოლიგონით. გარდა ამისა, სამიზნე ტერიტორიის წითლად გამოყოფილი ადგილის ცენტრში მოცემულია წერტილების ჯგუფი 1 სმ/წ მაჩვენებლებით, რაც ასევე მნიშვნელოვანია მოცემული ანალიზისთვის. მეორეს მხრივ, მოცემულია განცალკევებული წერტილები, რომელთა გადაადგილების მაჩვენებლები რამდენიმე მმ/წ-დან 1 სმ/წ-ზე მეტია, მეწყერის მოძრაობის თვალსაზრისით არ არის მნიშვნელოვანი, რადგან ეს შესაძლოა იყოს ნარჩენი ხმაური. იმის გამო, რომ IPTA არ აღრიცხავს არა-წრფივ გადაადგილებს, ნახაზზე 5 წითლად გამოყოფილი ტერიტორიის ზედა ნაწილზე წერტილები არ არის მოცემული. გადაადგილების მნიშვნელობების რაოდენობრივი მითითების მიზნით სამიზნე ტერიტორიაზე შესრულდა მრავალფუნქციური ინტერფერომეტრიული ანალიზი.



მმ/წ

**ნახაზი 4.** ALOS-1 PALSAR-1-ს 2007-2010 წლების მონაცემების მიხედვით LOS მიმართულებით განსაზღვრული საშუალო გადაადგილების მაჩვენებელი ნენსკრას ხეობის გასწვრივ. ისარი მიუთითებს დაკვირვების მიმართულებას, დახრის კუთხე უმაღლეს წერტილთან არის დაახლოებით 38°.



მმ/წ

**ნახაზი 5.** IPTA-ს ALOS-1 PALSAR-1-ს 2007-2010 წლების მონაცემების მიხედვით LOS მიმართულებით განსაზღვრული საშუალო გადაადგილების მაჩვენებელი სამიზნე ტერიტორიისთვის. ისარი მიუთითებს დაკვირვების მიმართულებას, დახრის კუთხე უმაღლეს წერტილთან არის დაახლოებით 38°.

## 6. მრავალფუნქციური ინტერფერომეტრიული ანალიზი

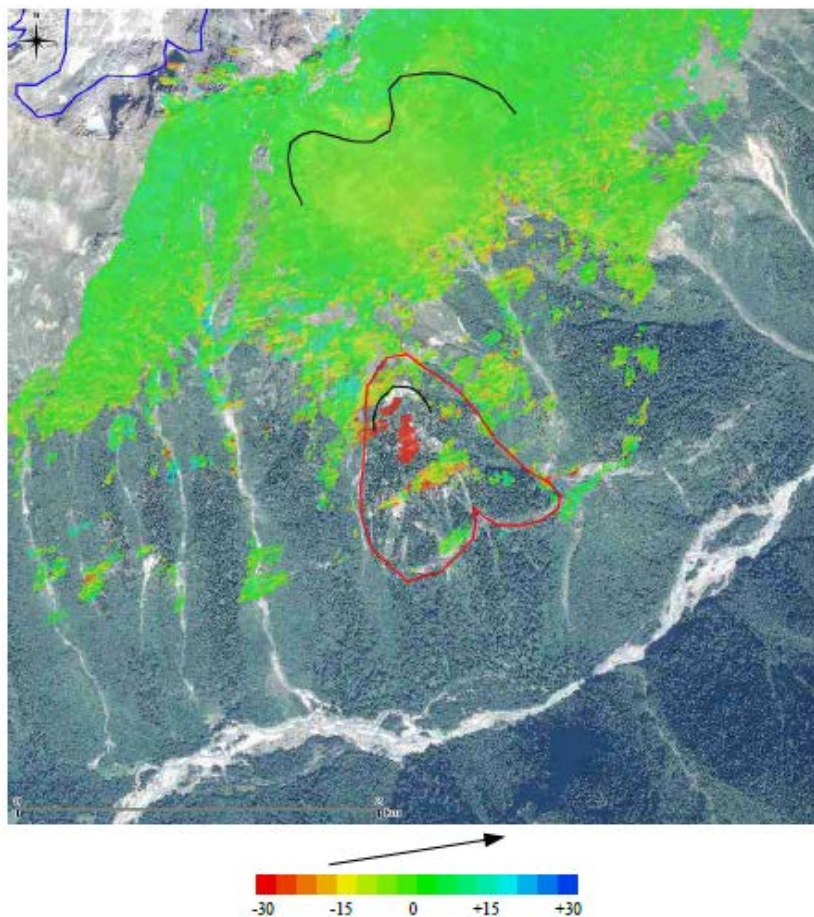
მრავალფუნქციური (MB) ინტერფერომეტრიული ანალიზი სამიზნე ტერიტორიაზე ჩატარდა 2007-2010 წლების უთოვლო დიფერენციული ინტერფერომეტრიული გამოსახულებების და 2007-2009 წლებს შორის, ორ წელზე ნაკლები პერიოდის იმავე ტიპის გამოსახულებების გამოყენებით (იხ. ცხრილი 2). MB შედეგები მოიცავს წრფივი დეფორმაციის მაჩვენებლებს და გადაადგილების ისტორიული მაჩვენებლებს L.O.S. მიმართულების სატელიტში. MB საშუალო გადაადგილების მაჩვენებლების რუკებზე უარყოფითი მნიშვნელობები გვიჩვენებს სამიზნე ტერიტორიიდან სატელიტამდე არსებულ მანძილს ან ზოგადად, ზედაპირის დაწევას.

2007-2009 წლების პერიოდის MB-ის შედეგი ნაჩვენებია ნახაზზე 6, ხოლო 2007-2010 პერიოდის შედეგები - ნახაზზე 7. ორი უბნის გადაადგილების დროის სერიები წარმოდგენილია ნახაზებზე 8 და 9. 2007-2009 წლების MB ანალიზი (ნახაზი 6) გვიჩვენებს 3 სმ/წ-ზე მეტ გადაადგილების მაჩვენებლებს სატელიტის L.O.S. მიმართულებით წითელი პოლიგონით გამოყოფილი მეწყერის

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ზედა ნაწილზე. მეწყერის ზედა ნაწილში გადაადგილების დროის სერიები (ნახაზი 8) ყურადღებას ამახვილებს ორი წლის განმავლობაში თითქმის 7 სმ გადაადგილებაზე, რომელიც 2008-2009 წლებში აჩქარებული ტემპით მიმდინარეობდა. 2007-2010 წლების MB ანალიზში (ნახაზი 7) არ არის მოცემული დასაბუთებული ინფორმაცია წითელი პოლიგონით გამოყოფილი მეწყერის ზედა ნაწილის შესახებ. ნახაზზე 10 მოცემული დიფერენციული ინტერფერომეტრიულ გამოსახულებებზე დაკვირვების მიხედვით 2009 და 2010 წლებს შორის პერიოდში კოჰერენტულობა მოცემულ ტერიტორიაზე იყო ძალიან სუსტი. აღნიშნულის მიზეზი არის ზედაპირული ეროზია, ხშირი მცენარეული საფარი ან მნიშვნელოვანი გადაადგილება. 2010 წლის 46 დღიანი შუალედის დიფერენციული SAR-ის ინტერფერენციული გამოსახულებები (ნახაზი 10b) ასეთი მცირე დროის ინტერვალში არ გვიჩვენებს მეწყერის რაიმე მნიშვნელოვან გადაადგილებას.

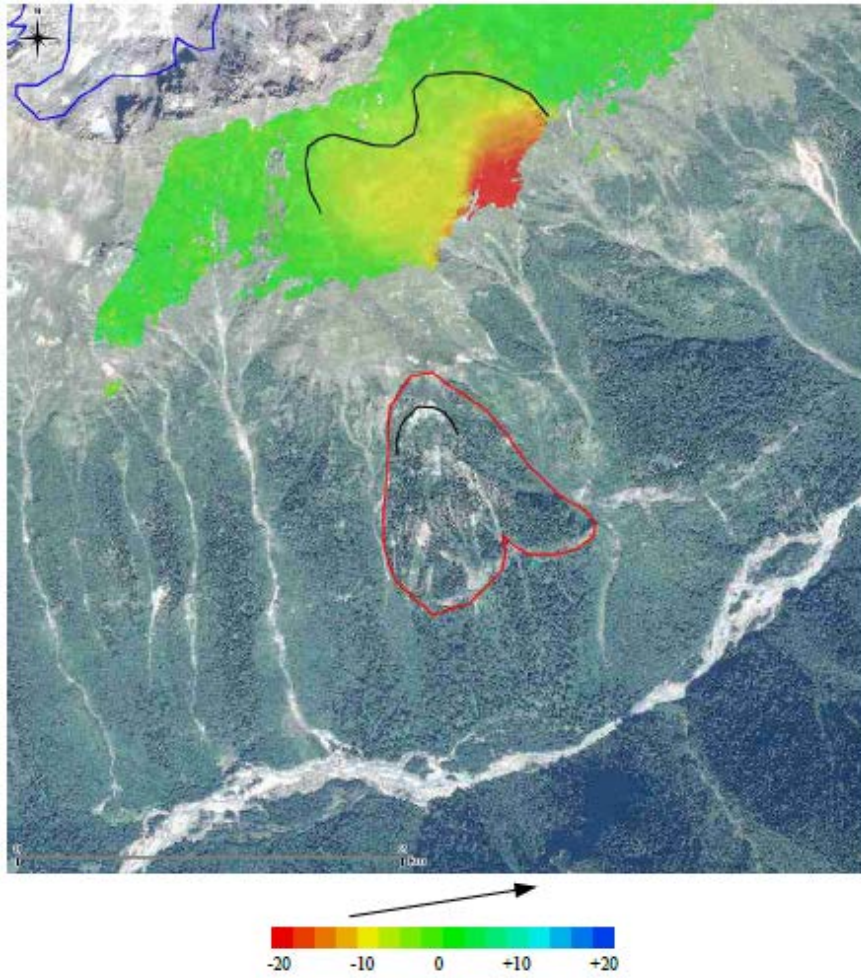
წითელი პოლიგონით გამოყოფილი მეწყერის 2007-2010 წლების პერიოდის (ნახაზი 7) MB ანალიზში მოცემულია სატელიტის L.O.S. მიმართულებით 2 სმ/წ-ზე მეტი გადაადგილების მაჩვენებლები. ნახაზზე 9 გადაადგილების დროის სერიები გვიჩვენებს სამი წლის მანძილზე მთლიანად 10 სმ-იან გადაადგილებას; მისი მნიშვნელოვანი აჩქარება 2009 და 2010 წლებს შორის პერიოდში დაფიქსირდა. აღნიშნული დასტურდება დიფერენციული SAR-ის ინტერფერომეტრიული გამოსახულებების ანალიზით; განსაკუთრებით მკაფიო სიგნალი მოცემულია ნახაზზე 10e (2009 - 2010), რასაც ვერ ვიტყვით ნახაზზე 10f (2007-2009).



მმ/წ

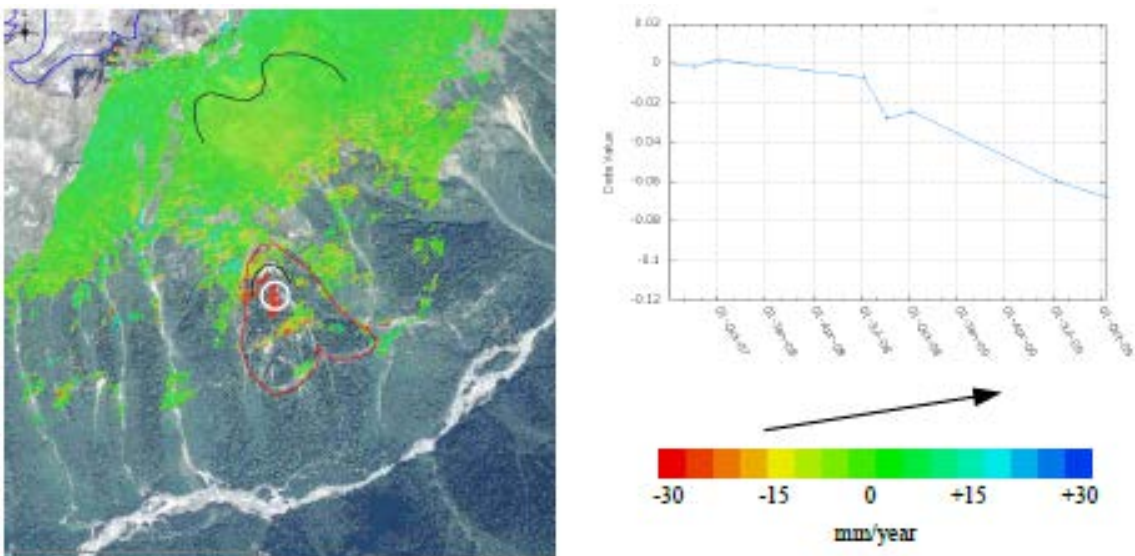
**ნახაზი 6** ALOS-1 PALSAR-1-ის 2007-2009 წლების მონაცემების MB ანალიზის მიხედვით საშუალო დეფორმაციის მაჩვენებელი სატელიტში L.O.S. მიმართულებით

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



მმ/წ

ნახაზი 7 ALOS-1 PALSAR-1-ის 2007-2010 წლების მონაცემების MB ანალიზის მიხედვით საშუალო დეფორმაციის მაჩვენებელი სატელიტში L.O.S. მიმართულებით

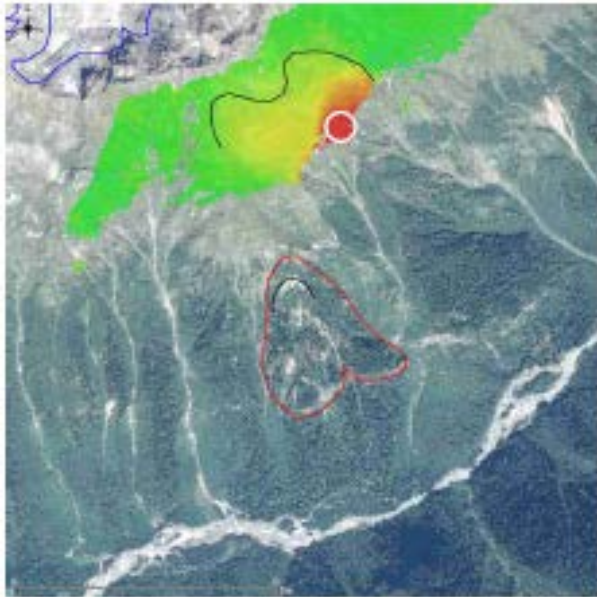


2007-2009 წლების MB ანალიზი

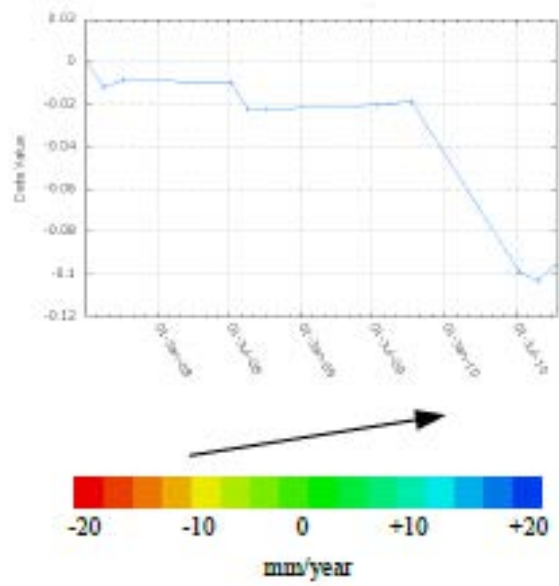
გადაადგილების დროის სერიები

ნახაზი 8 ALOS-1 PALSAR-1-ის 2007-2009 წლების გადაადგილების დროის სერიები თეთრ წრეში ჩასმული უბნისთვის; მონაცემები აღებულია ნახაზი 6-ის საშუალო დეფორმაციის მაჩვენებლების რუკიდან

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

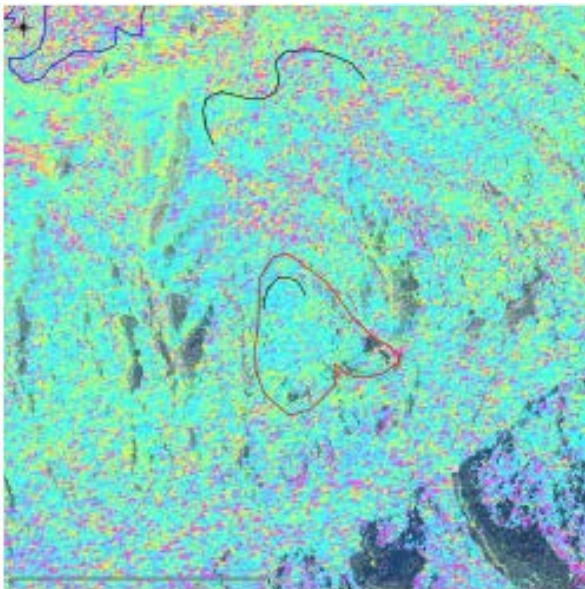


2007-2010 წლების MB ანალიზი

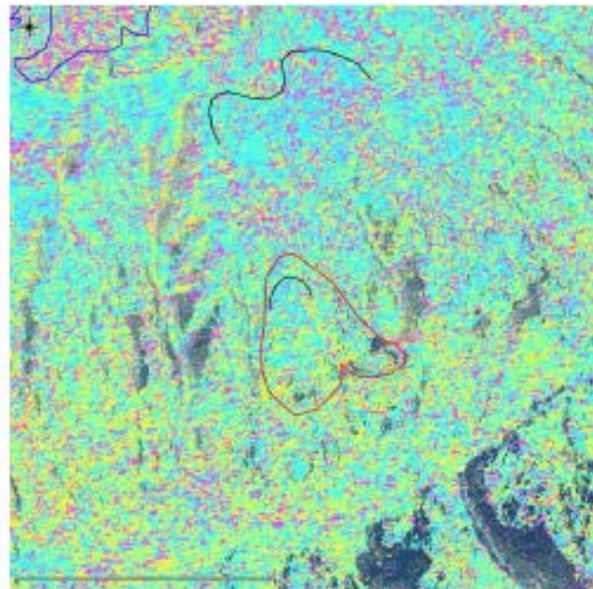


გადაადგილების დროის სერიები

**ნახაზი 9** ALOS-1 PALSAR-1-ის 2007-2010 წლების გადაადგილების დროის სერიები თეთრ წრეში ჩასმული უბნისთვის; მონაცემები აღებულია ნახაზი 7-ის საშუალო დეფორმაციის მაჩვენებლების რუკიდან



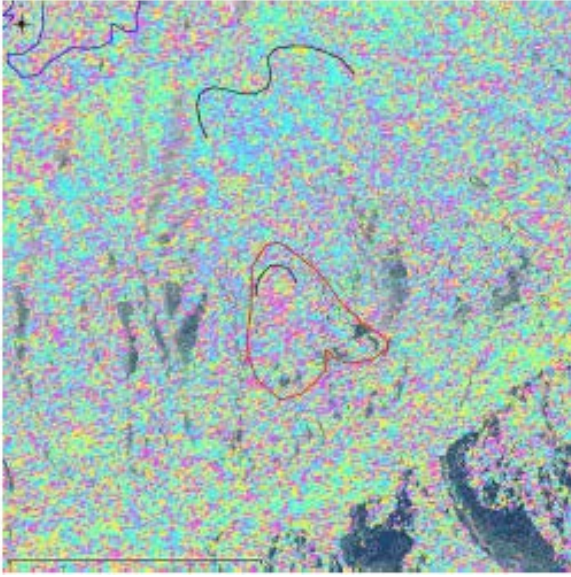
(a) 20070703\_20070818 46 დღე



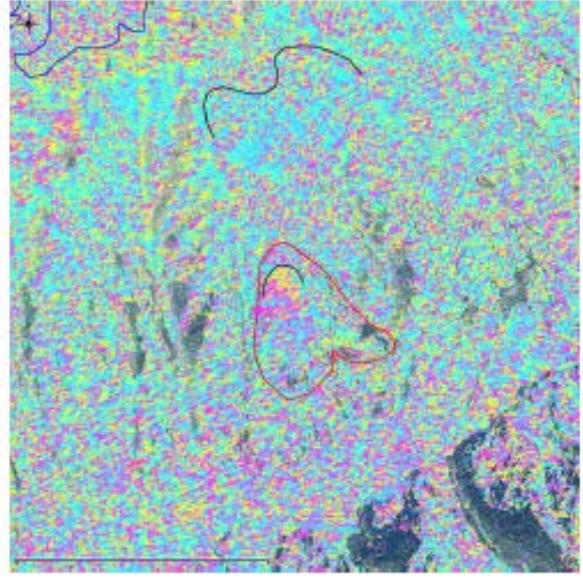
(b) 2010071\_20100826 46 დღე



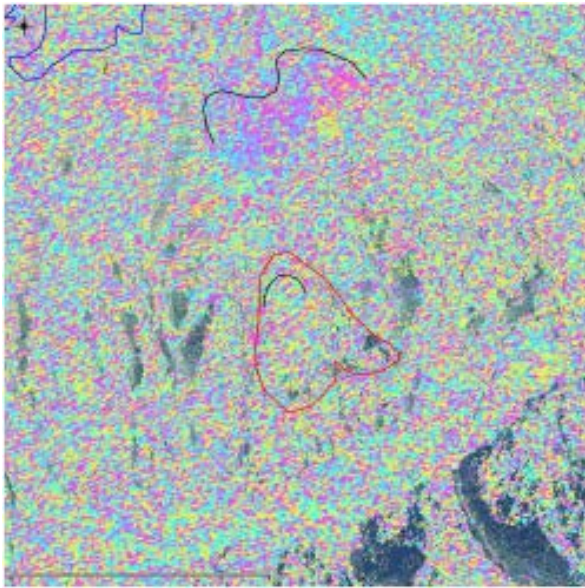
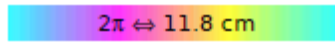
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები



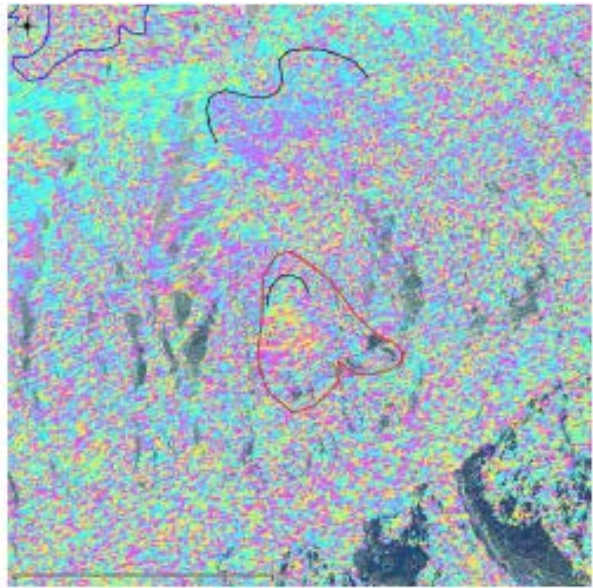
(c) 20070703\_20080705 368 დღე



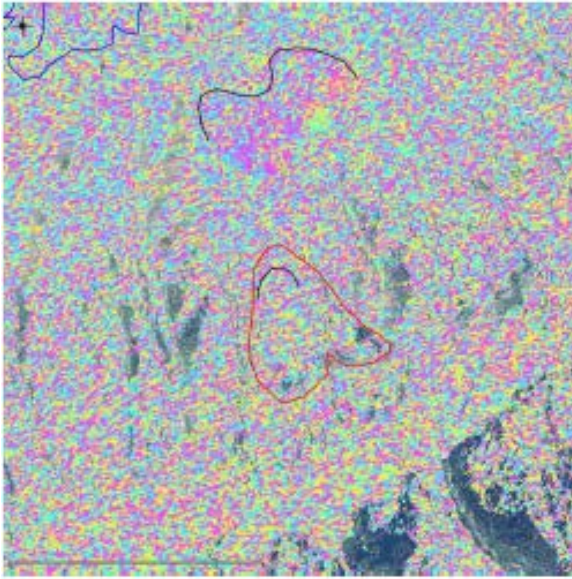
(d) 20080705\_20091008 460 დღე



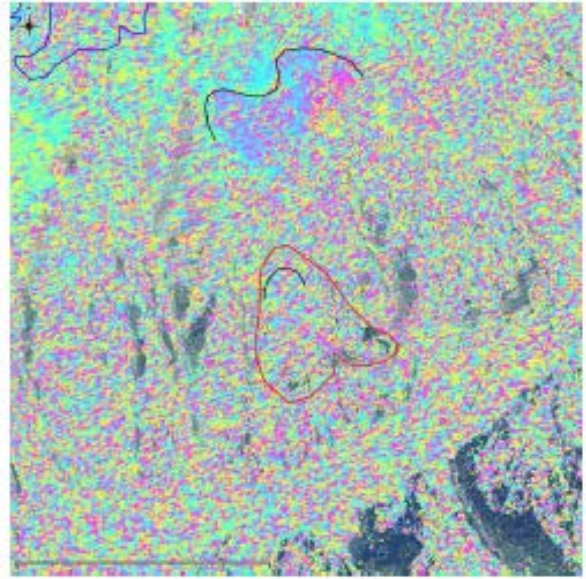
(e) 20090708\_20100711 368 დღე



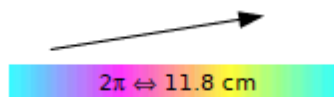
(f) 20070703\_20091008 828 დღე



(g) 20080705\_20100711 736 დღე



(h) 20071003\_2010082 1058 დღე



**ნახაზი 10** სამიზნე ტერიტორიის ALOS-1 PALSAR-1-ის დიფერენციული SAR-ის ინტერფერომეტრიული გამოსახულებები

## 7. დასკვნები

ALOS-1 PALSAR-1-ის ინტერფერომეტრიით შესრულებულმა კვლევამ დაადასტურა, რომ L-დიაპაზონის სატელიტის ინტერფერომეტრიული რადიოლოკაციური (SAR) მონაცემებს აქვთ უნარი შეაღწიონ მცენარეულ საფარში. მრავალმხრივი ინტერფერომეტრიული ტექნიკების გამოყენებით (IPTA - ინტერფერომეტრიული წერტილოვანი ანალიზი [8] და MB - მრავალფუნქციური ინტერფერომეტრიული ანალიზი [11]) ინტერესის არეალში დაფიქსირდა გადაადგილებასთან დაკავშირებული ორი ძირითადი სიგნალი. პირველი მდებარეობს ნენსკრას ხეობის მარჯვენა ფერდობის შუაში. მეწყერის ზედა ნაწილში 2007 და 2009 წლების შუალედში სატელიტის L.O.S. მიმართულებით ჩვენ დავაფიქსირეთ წელიწადში 3 სმ/წ-ზე მეტი გადაადგილების მაჩვენებელი. სრული გადაადგილება იყო 7 სმ, რომელიც 2008 და 2009 წლებში აჩქარებული ტემპით მიმდინარეობდა. მოცემულ ტერიტორიაზე ინტერფერომეტრიული კოჰერენტულობა იყო ძალიან დაბალი 2009 და 2010 წლებში. ეს შესაძლოა დაკავშირებული იყოს ზედაპირულ ეროზიასთან ან მნიშვნელოვან გადაადგილებებთან. მოცემული მეწყერის ცენტრალურ და ქვედა ნაწილში ჩვენ დავაფიქსირეთ 1 სმ/წ-ზე ნაკლები გადაადგილების მაჩვენებლები 2007 და 2010 წლების შუალედში. კიდევ რთი უბანი უბანი, სადაც მნიშვნელოვანი გადაადგილება ფიქსირდება, მდებარეობს ნენსკრასხეობის ზედა მარჯვენა ფერდობზე. აქ გადაადგილების მაჩვენებელი სატელიტის L.O.S. მიმართულებით არის 2 სმ/წ-ში 2007 და 2010 წლების შუალედში; სრული მაქსიმალური გადაადგილება სამი წლის მანძილზე შეადგენს 10 სმ-ს. ყველაზე დიდი გადაადგილება (~8 სმ) დაფიქსირდა 2009 და 2010 წლების შუალედში. დაახლოებით 20 მ პიქსელის SAR გამოსახულების და გარკვეული რაოდენობის პიქსელების საჭიროების გათვალისწინებით, შეუძლებელია მცირე ზომის მეწყერის (მაგ: რამდენიმე პიქსელის მოცულობის) ALOS-1 PALSAR-1-ის ინტერფერომეტრიულ გამოსახულებაზე გარჩევა.

**8 მიწოდება**

ციფრული მიწოდება მოიცავს:

- ALOS-1 PALSAR-1-ის საშუალო ინტენსივობის გამოსახულება GeoTIFF ფორმატში
  - Georgia.mli.tif ----- დაჩრდილვის მნიშვნელობა 0
- 29 ALOS-1 PALSAR-1-ის დიფერენციული ინტერფერენციული გამოსახულება GeoTIFF ფორმატში (ცხრილი 2):
  - Georgia.DATE1\_DATE2.tflt.tif -----დაჩრდილვის მნიშვნელობა15;
- ინტერფერომეტრიული წერტილოვანი ანალიზი (IPTA) 2007-2010:
  - Georgia.ipta.disp\_tab -----ASCII ცხრილი კოორდინატებით და მნიშვნელობებით
  - Georgia.ipta.items -----Georgia.ipta.disp\_tab-ის ლეგენდა
  - Georgia.ipta.tif -----რასტრული გამოსახულება (მასშტაბი ±2 სმ/წ)
  - Georgia.ipta.kml -----Google Earth-ის ვიზუალიზაცია (მასშტაბი ±2 სმ/წ)
- მრავალფუნქციური ინტერფერომეტრიული ანალიზი (MB) 2007-2010 (იხ. ნახაზი 7):
  - Georgia.mb1.disp\_tab ----- ASCII ცხრილი კოორდინატებით და მნიშვნელობებით
  - Georgia.mb1.items ----- Georgia.ipta.disp\_tab-ის ლეგენდა
  - Georgia.mb1.disp.tif -----საშუალო დეფორმაციის რასტრული მაჩვენებელი, მ/წ
  - Georgia.mb1.map.tif ----- რასტრული გამოსახულება (მასშტაბი±2 სმ/წ)
- მრავალფუნქციური ინტერფერომეტრიული ანალიზი (MB) 2007-2009 (იხ. ნახაზი 6)
  - Georgia.mb2.disp\_tab ----- ASCII ცხრილი კოორდინატებით და მნიშვნელობებით
  - Georgia.mb2.items ----- Georgia.ipta.disp\_tab-ის ლეგენდა
  - Georgia.mb2.disp.tif -----საშუალო დეფორმაციის რასტრული მაჩვენებელი, მ/წ
  - Georgia.mb2.map.tif -----რასტრული გამოსახულება (მასშტაბი±3 სმ/წ)

**9. პასუხისმგებლობის უარყოფა**

GAMMA გაზომვებს და ანალიზს დიდი ყურადღებით ახორციელებს. მის მიერ გამოყენებული მეთოდები ეფუძნება მიღებულ ფიზიკურ პრინციპებს. რამდენიმე ფაქტორმა შესაძლოა ჯერ კიდევ გამოიწვიოს მიღებული შედეგების ცვლილება. საჭიროა შედეგების ფრთხილი ინტერპრეტირება. GAMMA უარს ამბობს პასუხისმგებლობა აილოს ნებისმიერ ზიანზე.

**დანართი C**

**შედეგების შეჯამება**

**საფრთხეების მოდელირებისას გამოყენებული საწყისი მონაცემები**

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში ნაჩვენებია მოდელირებაში გამოყენებული საწყისი მონაცემები.

ღვარცოფული ნაკადის მოდელირება

ტერიტორია	ნაკადის მოცულობა (m³)			ნაკადის სიმკვრივე (კგ/მ³)	ძირის ხახუნი (°)	შიდა ხახუნი (°)	ტურბულენტური ხახუნი (მ/წმ²)
	T=30	T=100	T=300				
ნაკრა, STR-NH-R3	1250	2500	5000	2000	18	10	300

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრა, STR-NH-L3	1250	2500	5000	2000	18	10	300
ნენსკრას კაშხალი, ზვავი	20·10 <sup>6</sup>			2000	15	35	10 000
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-L4	250	500	1000	2000	18	10	300
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-L3	1250	2500	5000	2000	18	10	300
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-L2	1250	2500	5000	2000	18	10	300
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-R1	1250	2500	5000	2000	18	10	300
ჰესის შენობა, STR-PH-L1	1250	2500	5000	2000	15	10	300

ზვავის მოდელირება

ტერიტორია	ნაკადის მოცულობა (m <sup>3</sup> )			ნაკადის სიმკვრივე (კგ/მ <sup>3</sup> )	ძირის ხახუნი (°)	შიდა ხახუნი (°)	ტურბულენტური ხახუნი (მ/წმ <sup>2</sup> )
	T=30	T=100	T=300				
ნაკრა, STR-NH-R3	5000	10 000	20 000	300	17	13	450
ნაკრა, STR-NH-L3	2500	5000	10 000	300	17	13	500
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-L2	5000	10 000	20 000	300	17	13	600
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-L3/L4	5000	10 000	20 000	300	17	13	600
ნენსკრას კაშხალი, STR-DS-R1	5000	10 000	20 000	300	17	13	600

ქვათაცვენის მოდელირება

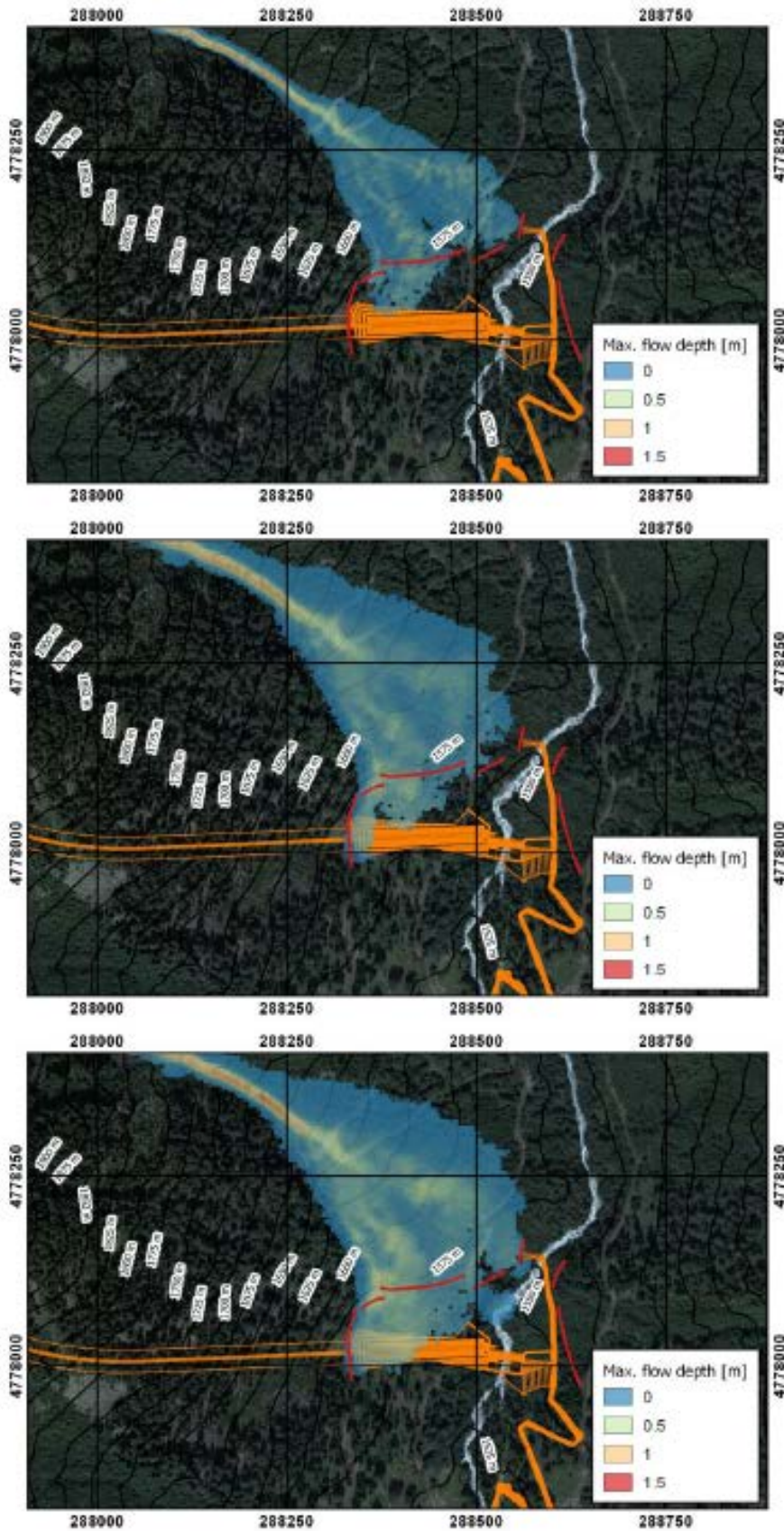
ტერიტორია	ნაკადის მოცულობა (m <sup>3</sup> )	
-----------	------------------------------------	--

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

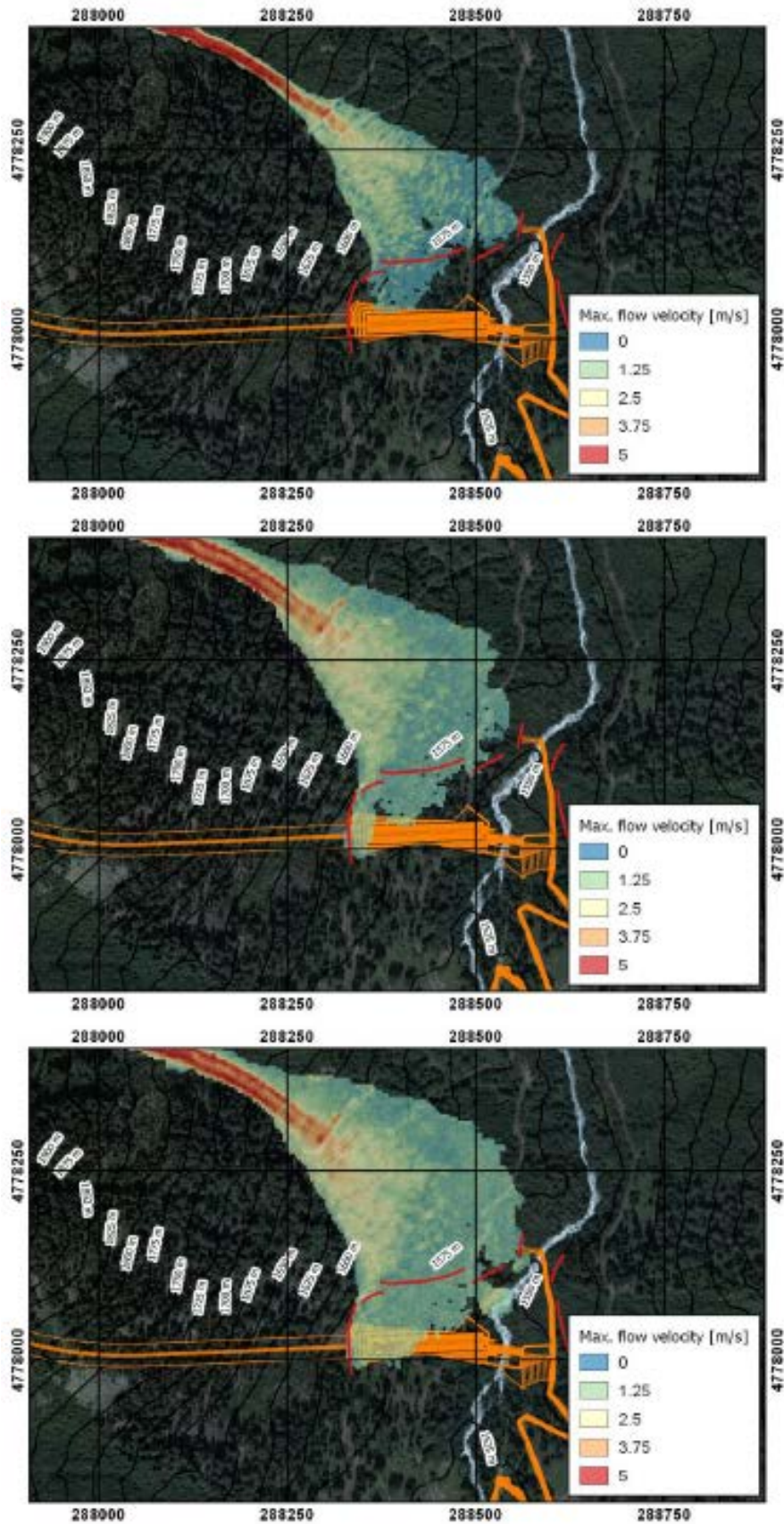
	T=30	T=100	T=300	ქანის სიმკვრივე (კგ/მ <sup>3</sup> )
ნაკრა, შესასვლელი პორტალი	0.016	0.100	1.875	2650
ნაკრა, თევზსავალის ზედა ფერდობი	-	0.1125		2650

ღვარცოფული ნაკადის მოდელირებისას გამოყენებული საწყისი მონაცემები



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

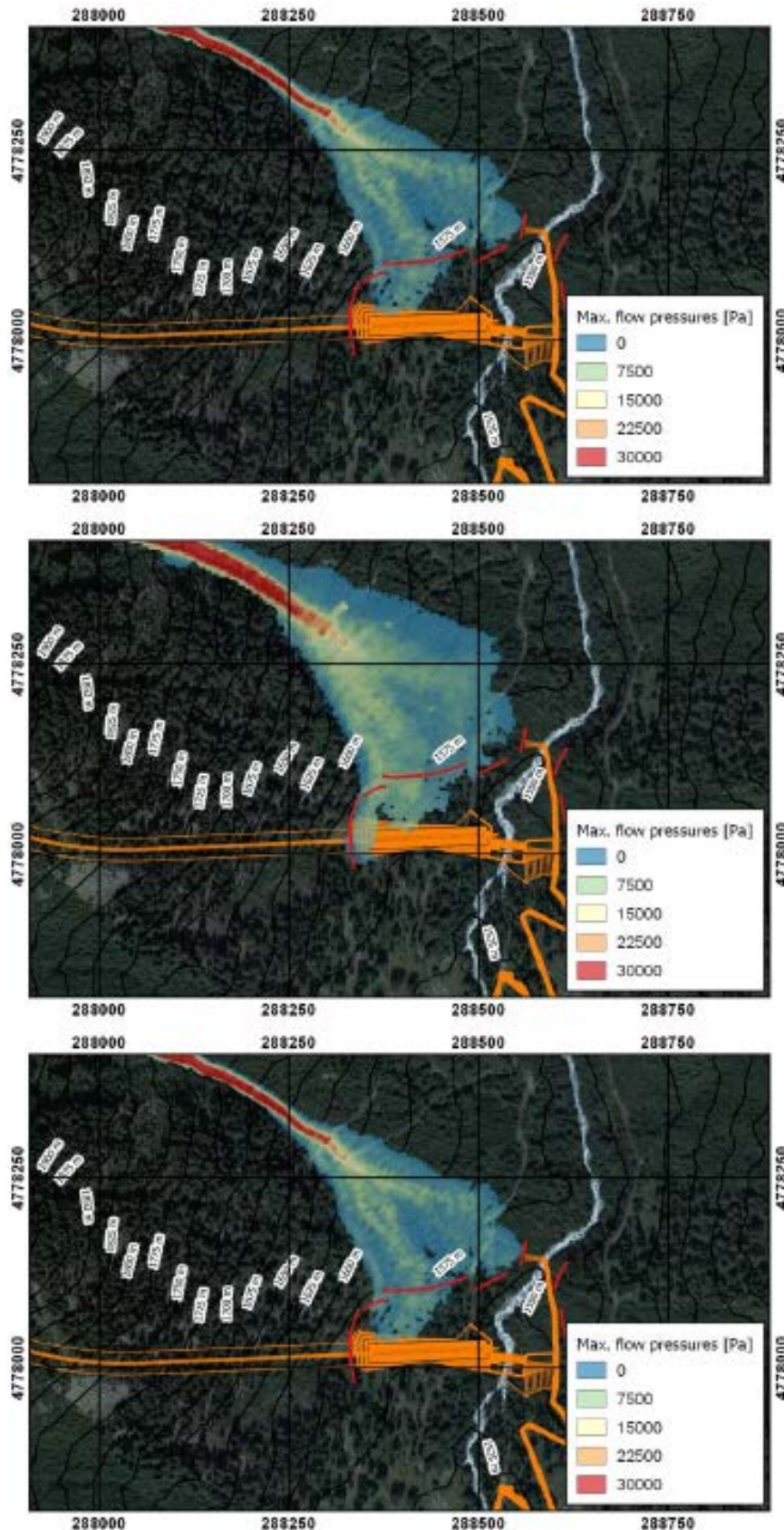
ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



# ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

## ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

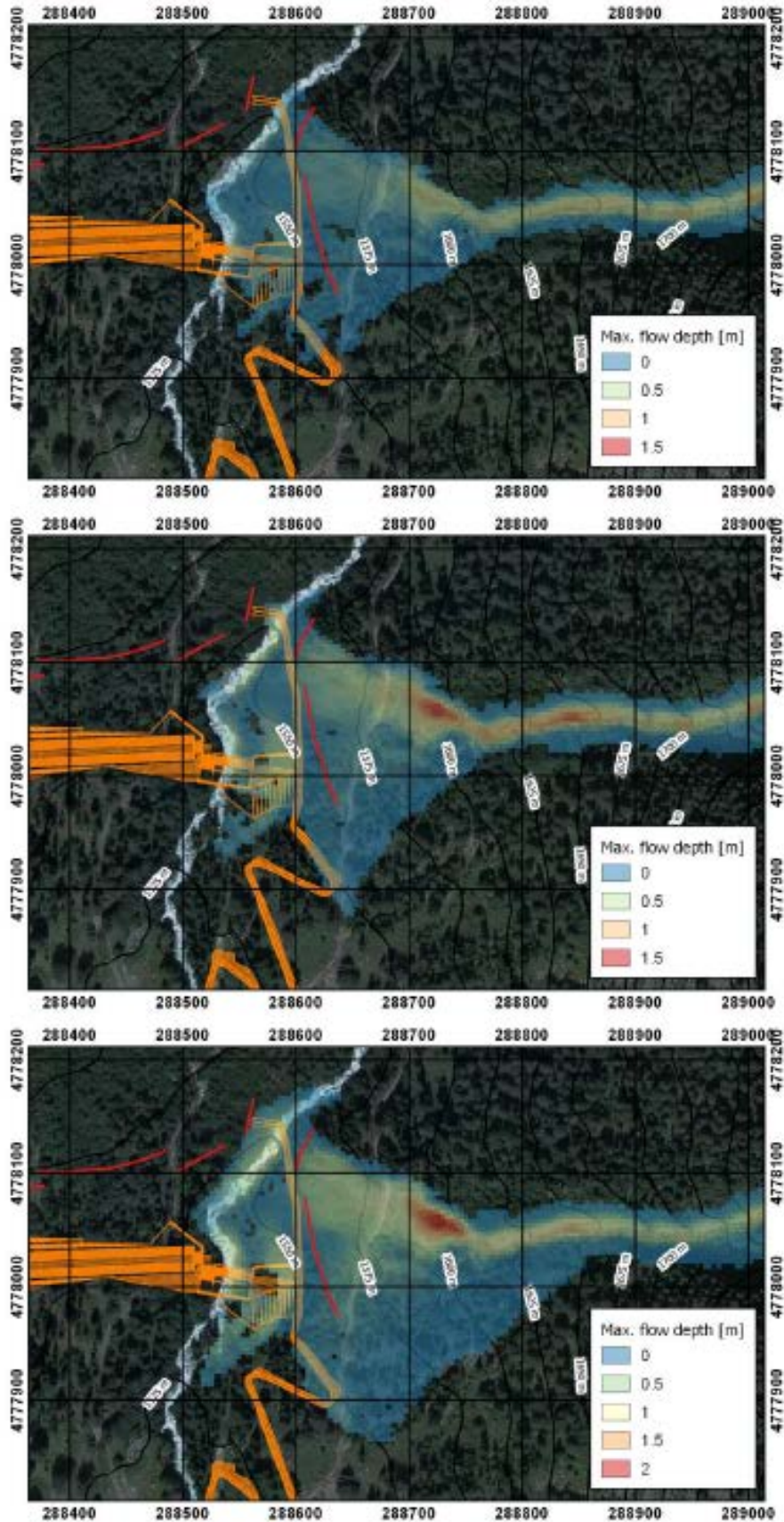
ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.





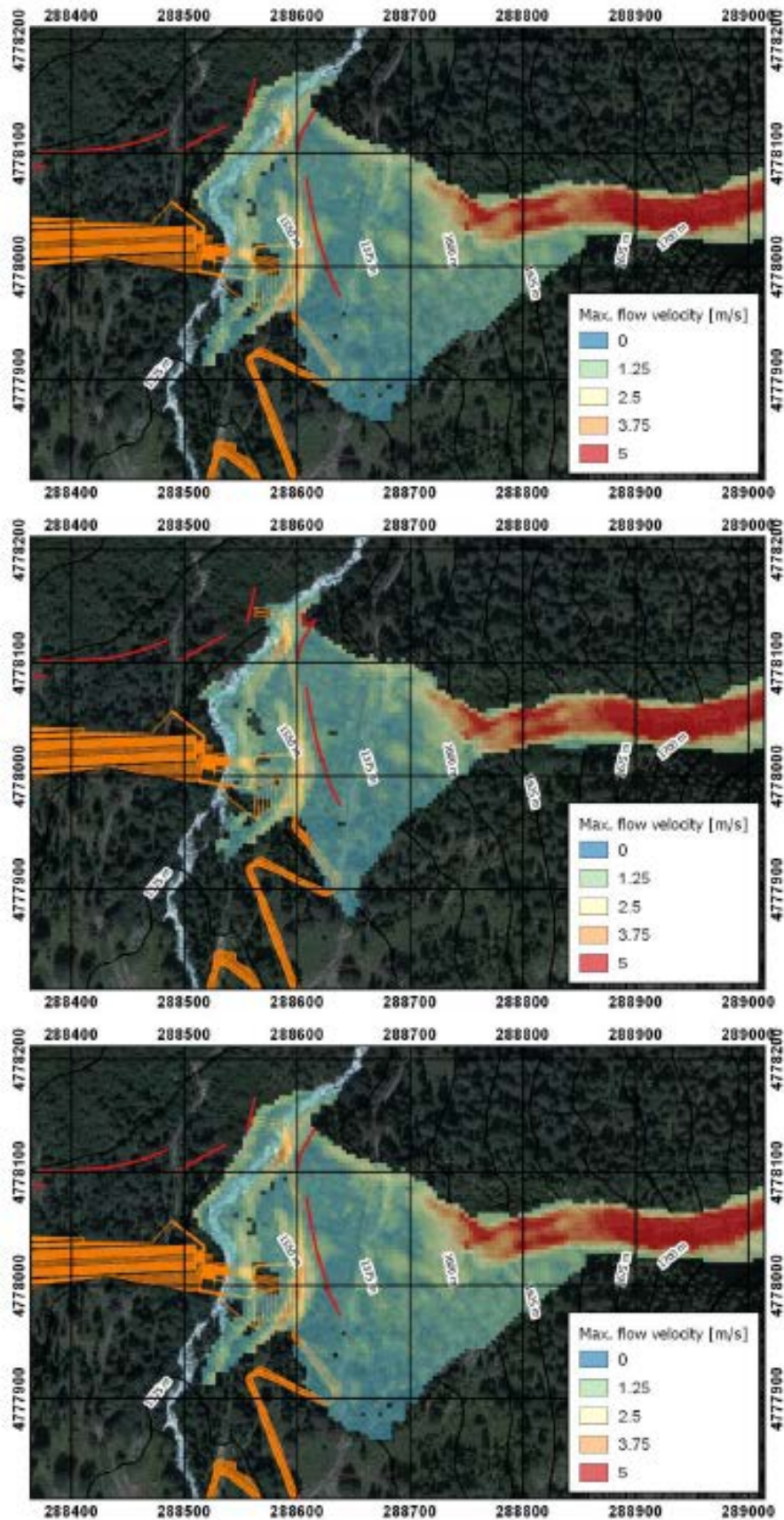
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



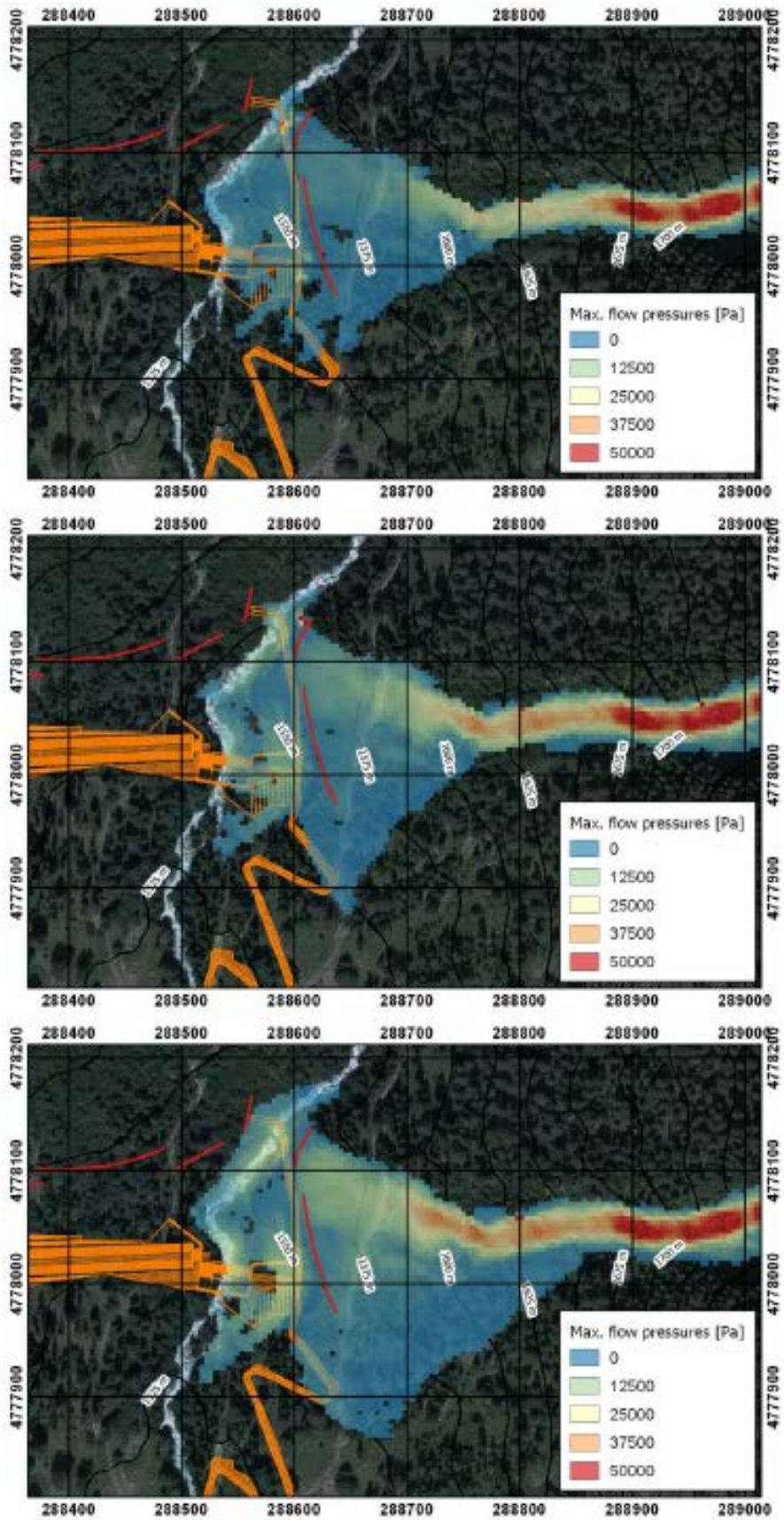
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



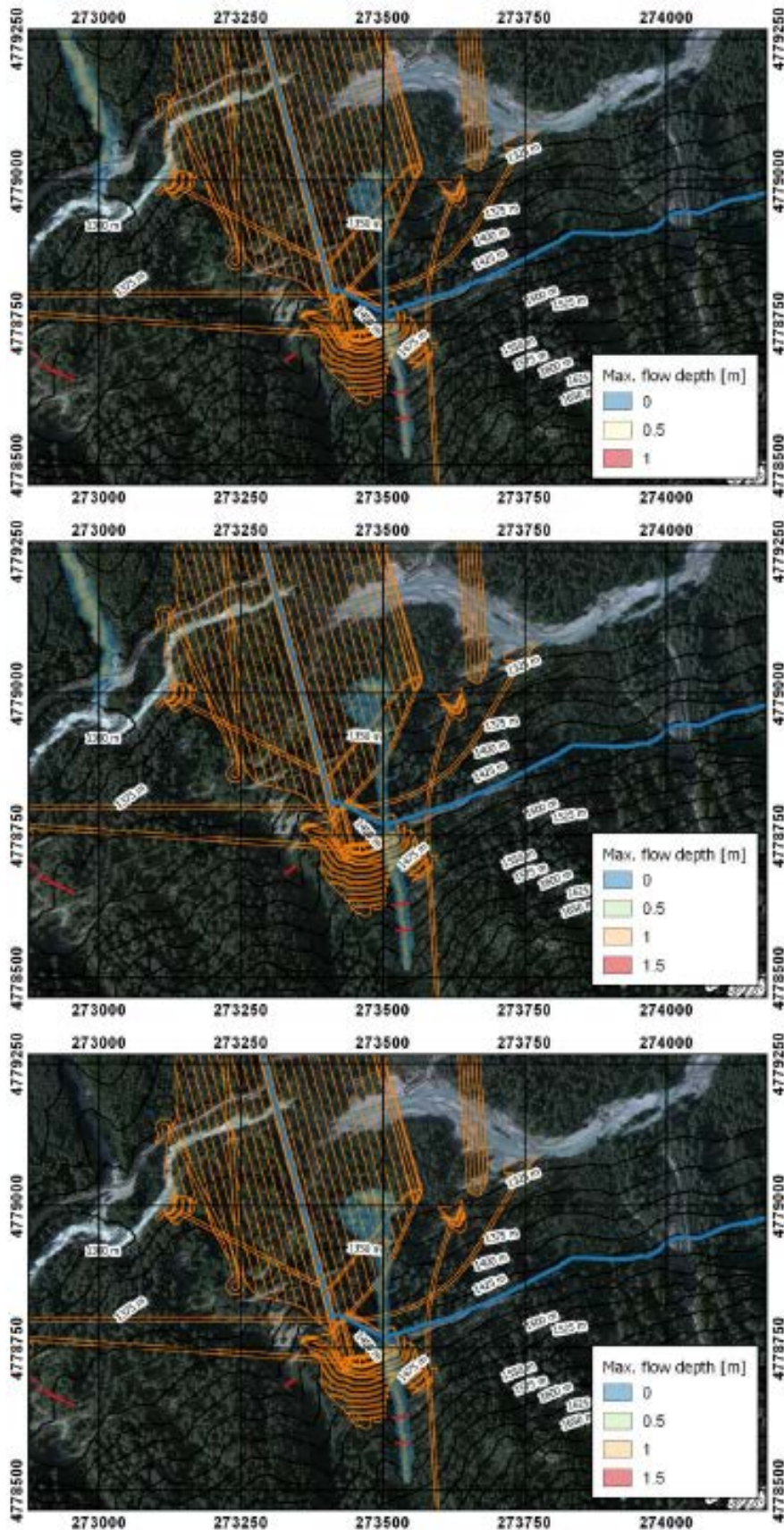
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



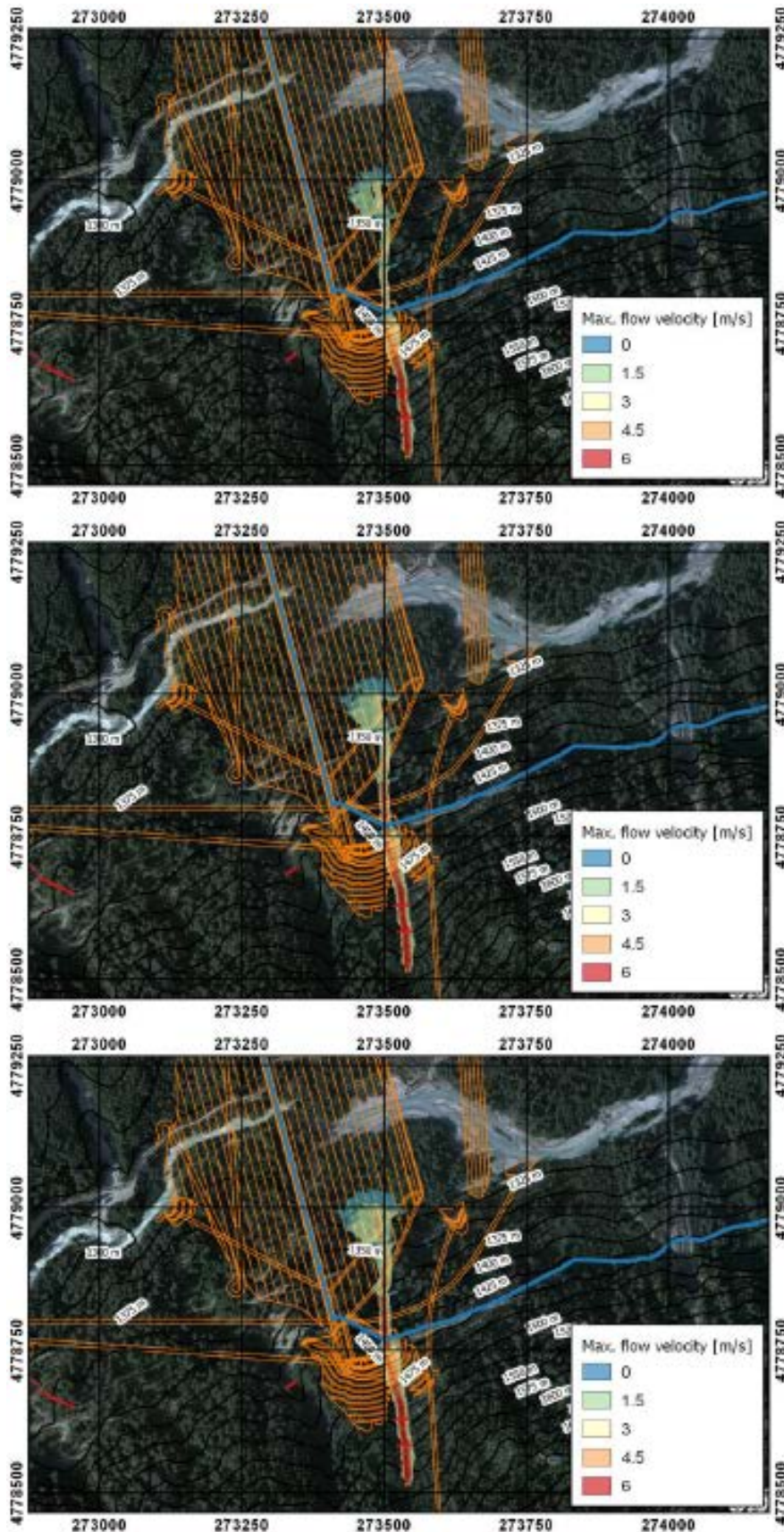
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



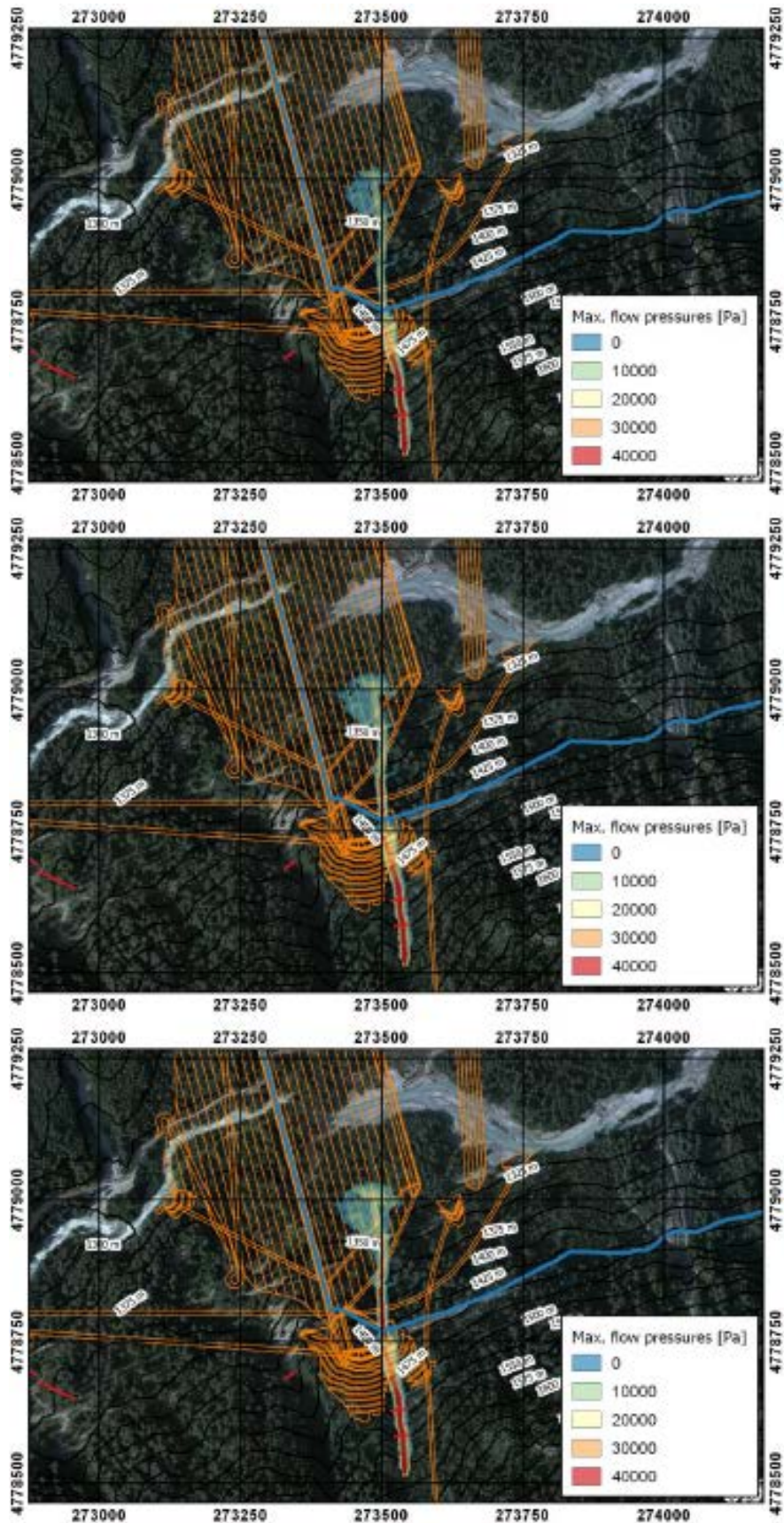
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (წყალსაგდების წყალმიმღები, STR-DS-L4):  
ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები.  
დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



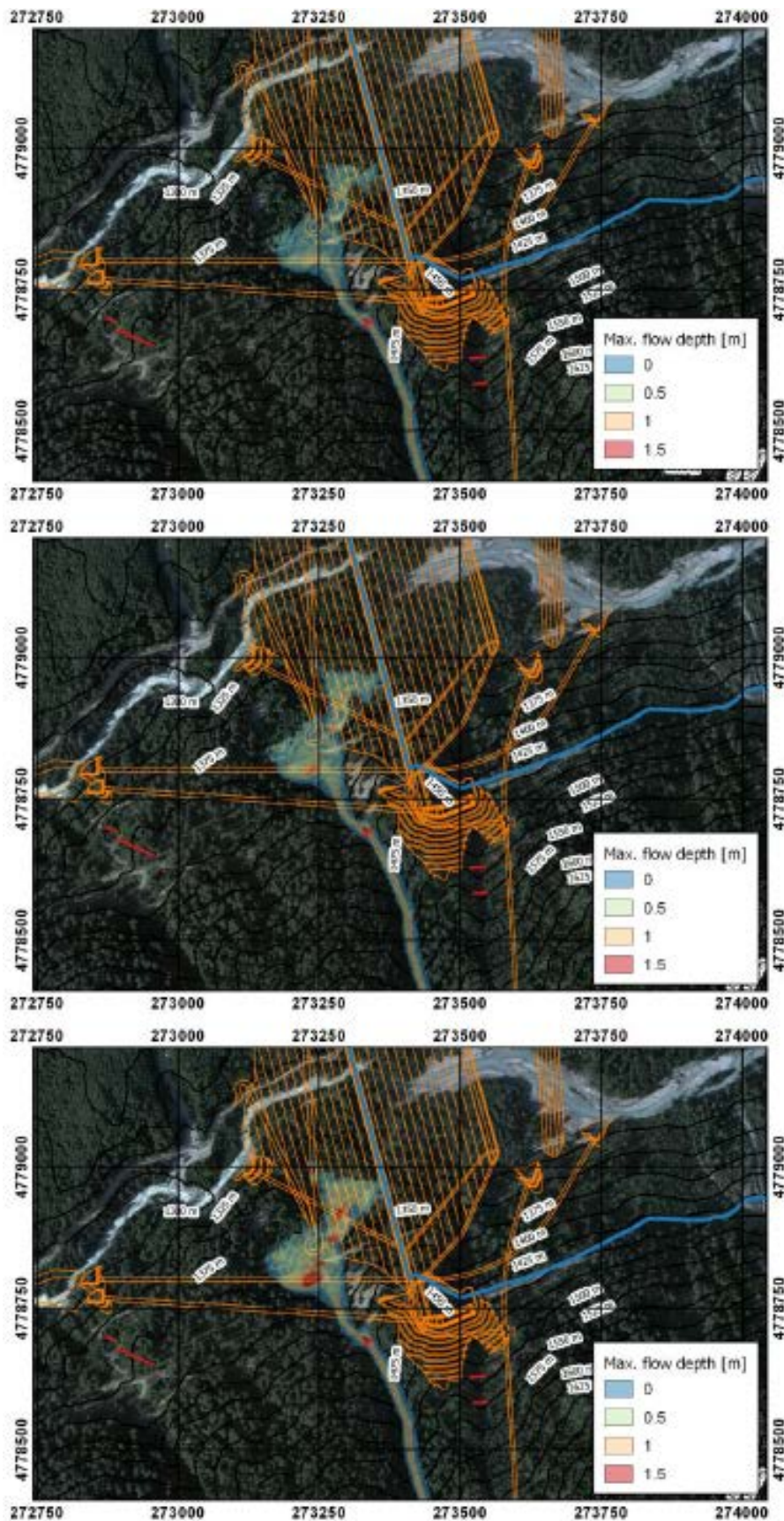
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი ((წყალსაგდების წყალმიმღები, STR-DS-L4): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



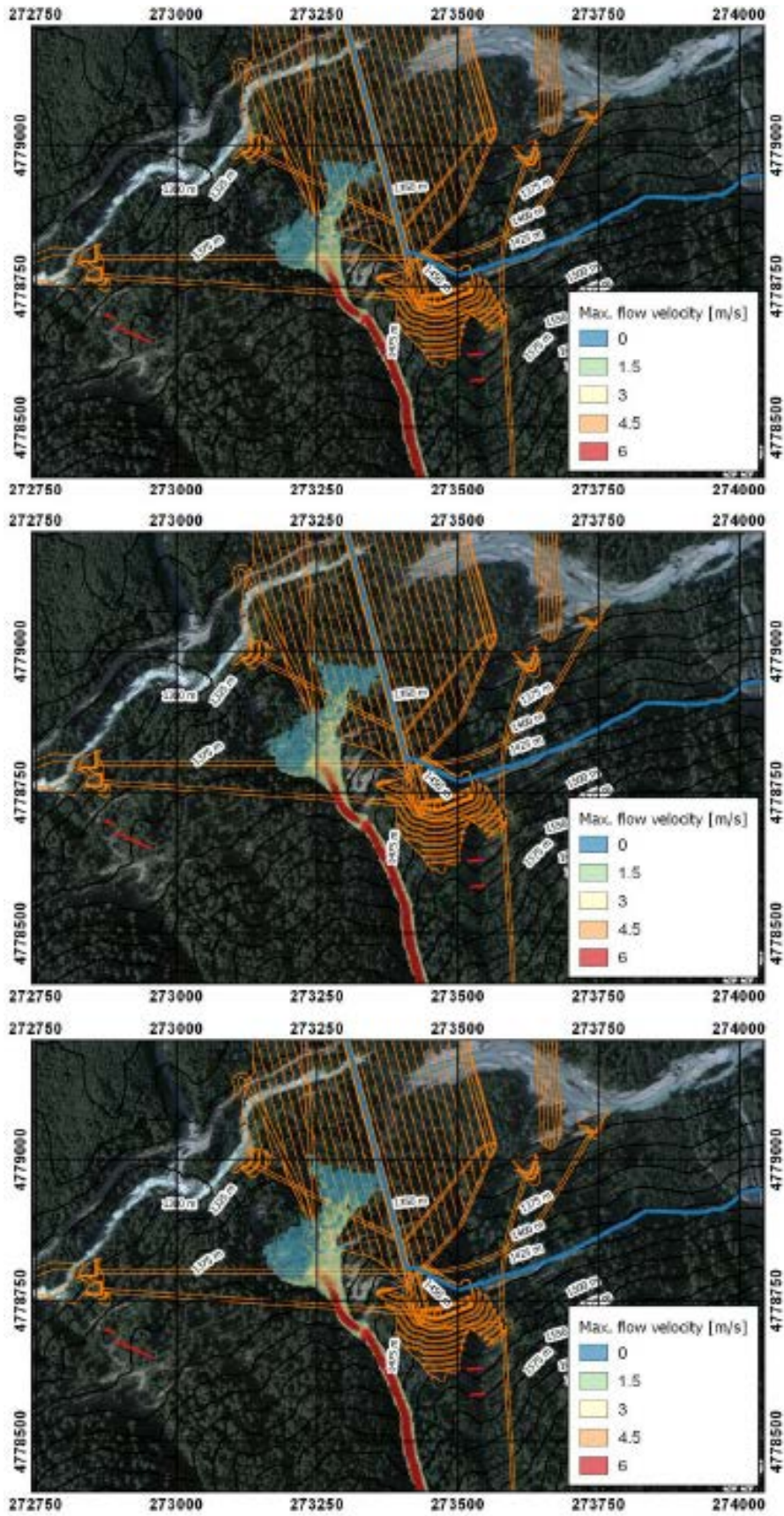
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი ((წყალსაგდების წყალმიმღები, STR-DS-L4): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (კაშხლის ქვედა ბიეფი, STR-DS-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.

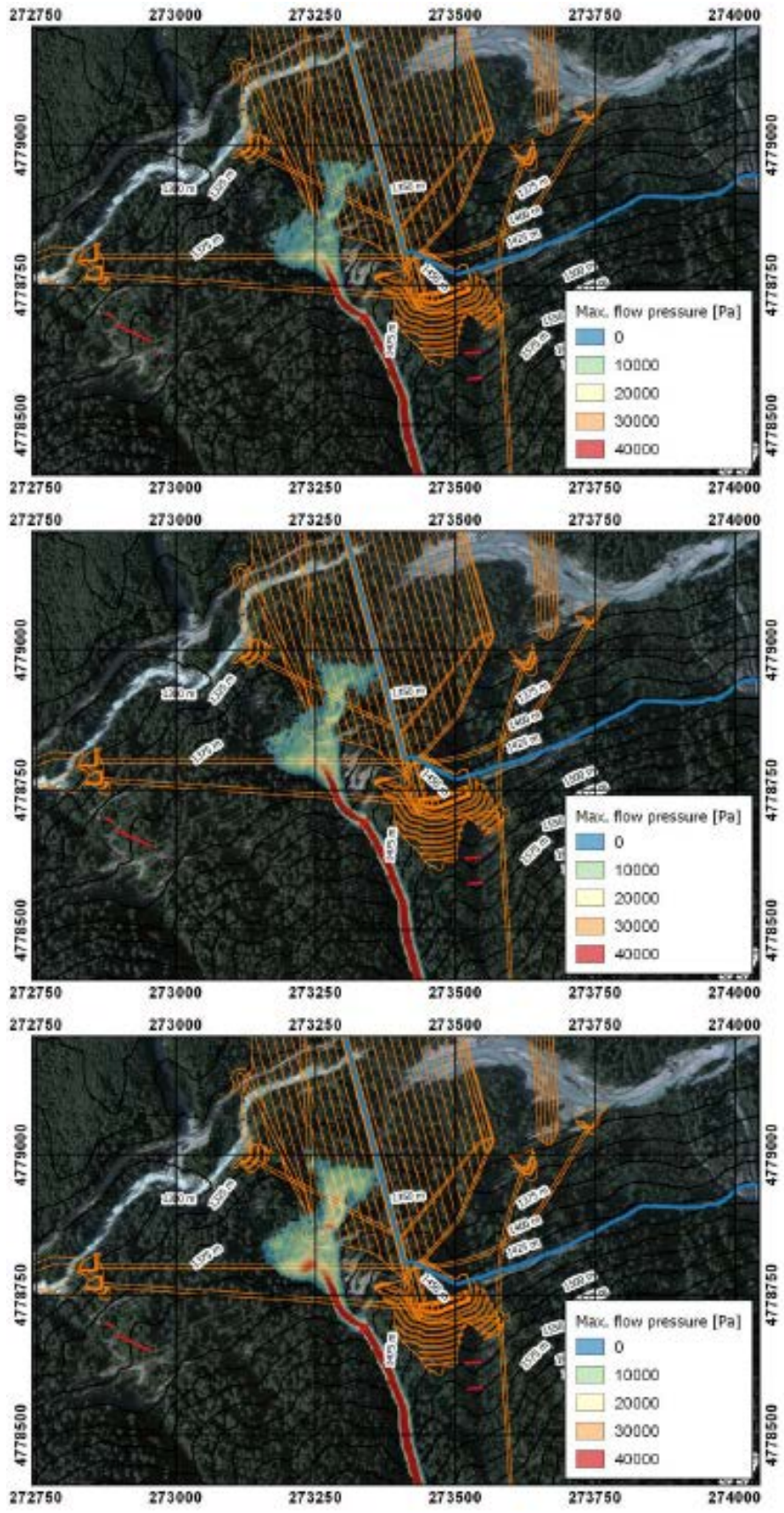




# ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

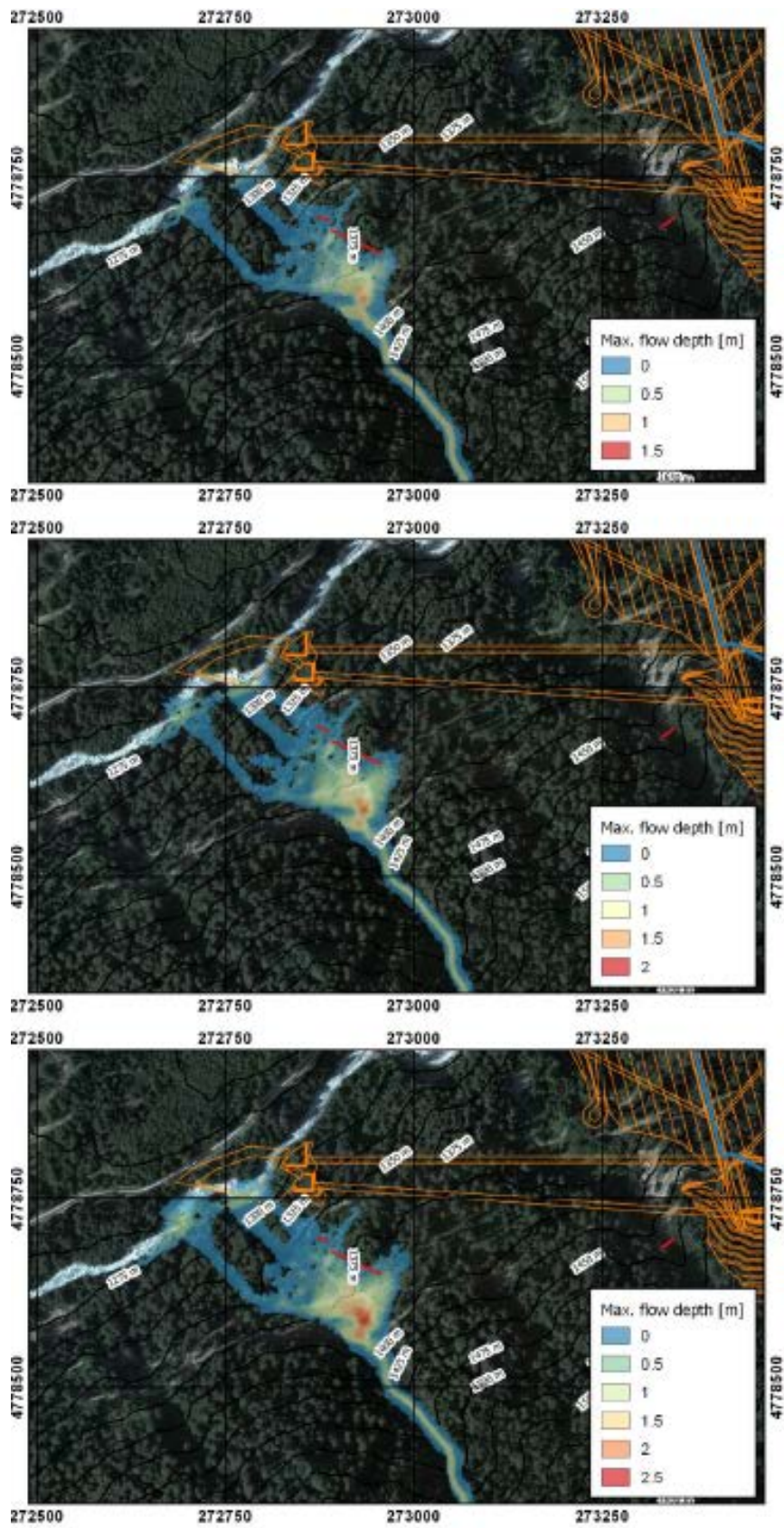
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (კაშხლის ქვედა ბიეფი, STR-DS-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



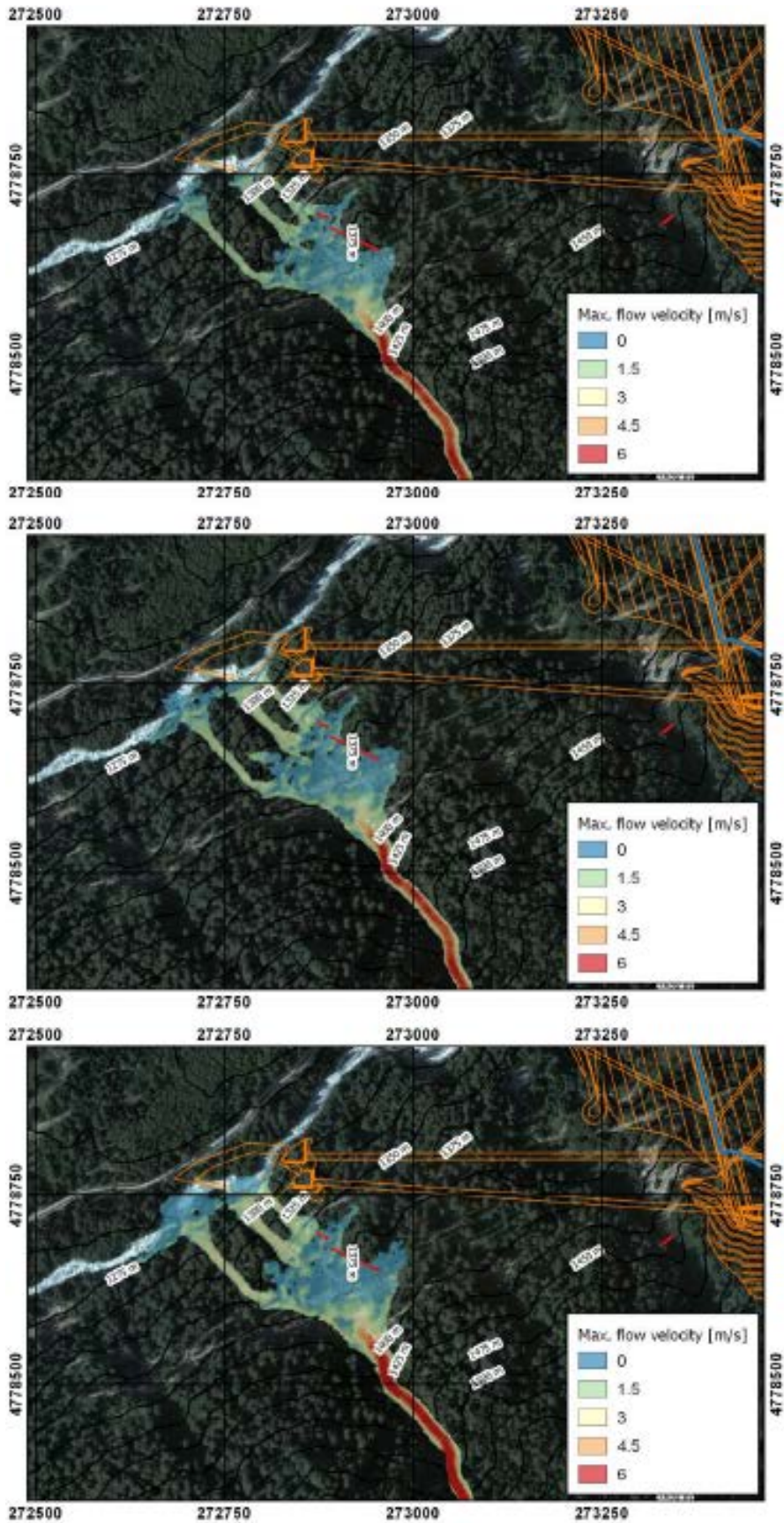
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (კაშხლის ქვედა ბიეფი, STR-DS-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



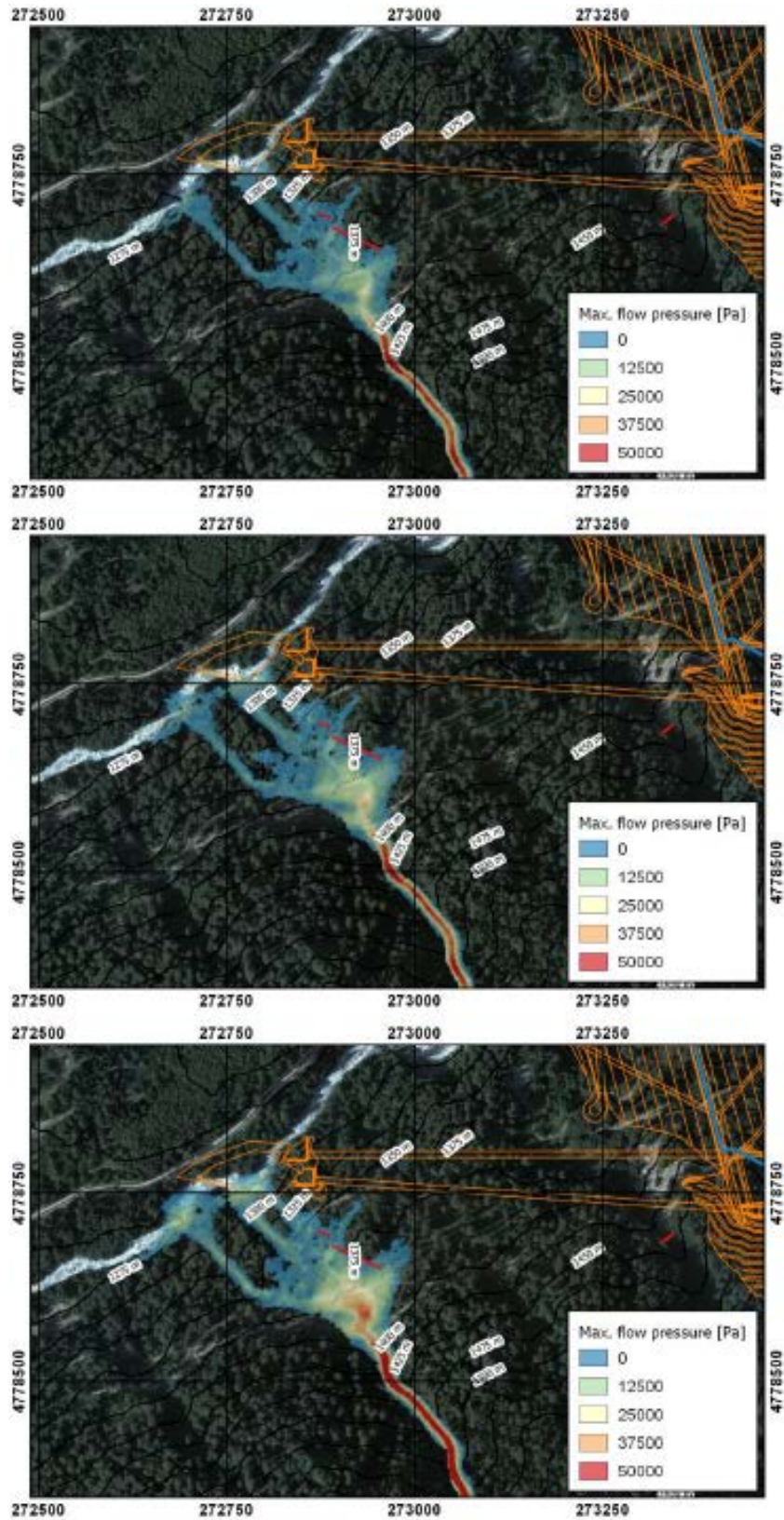
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (წყალსაგდების პორტალები და ქვედა გამოსასვლელი, STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



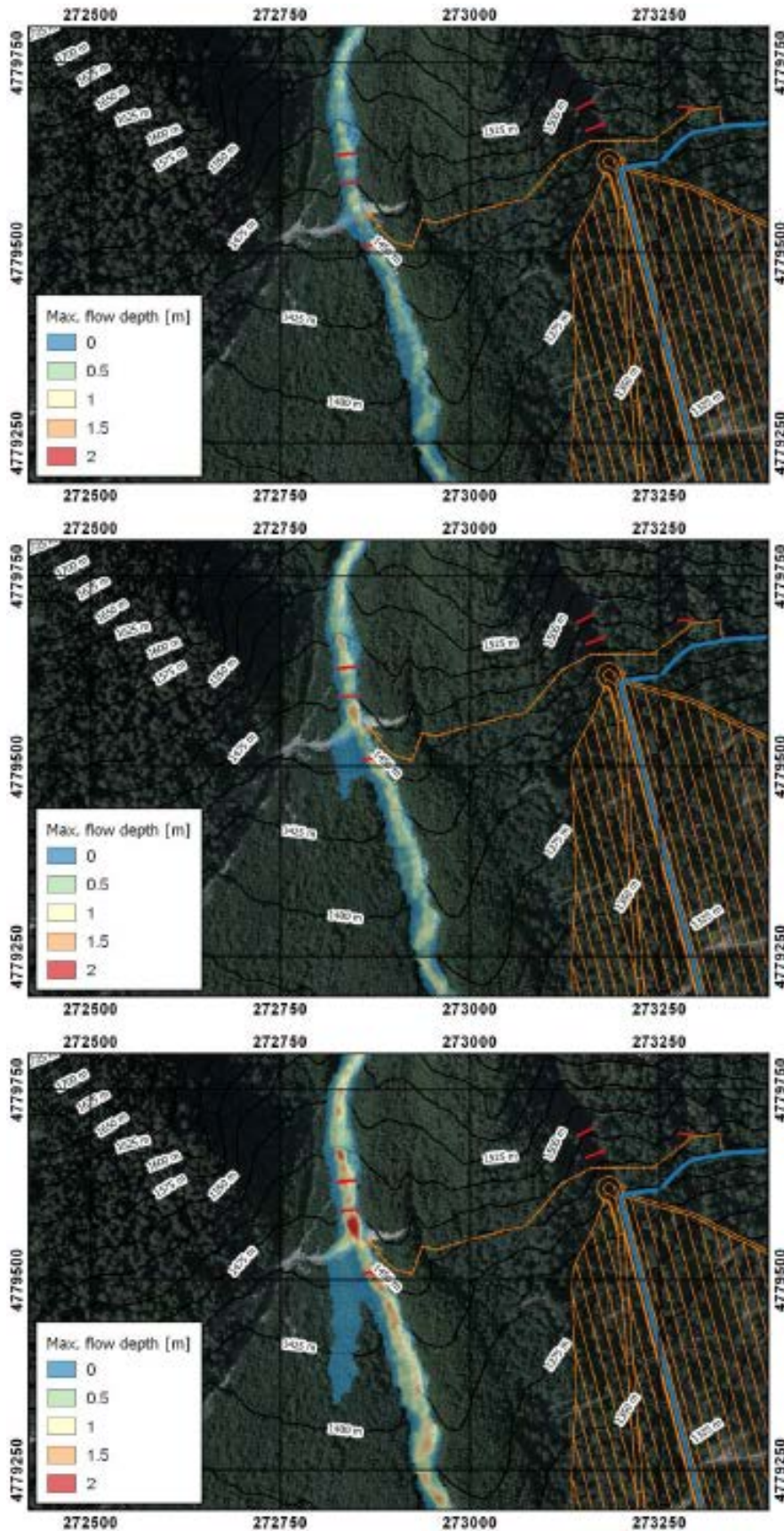
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (წყალსაგდების პორტალები და ქვედა გამოსასვლელი, STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



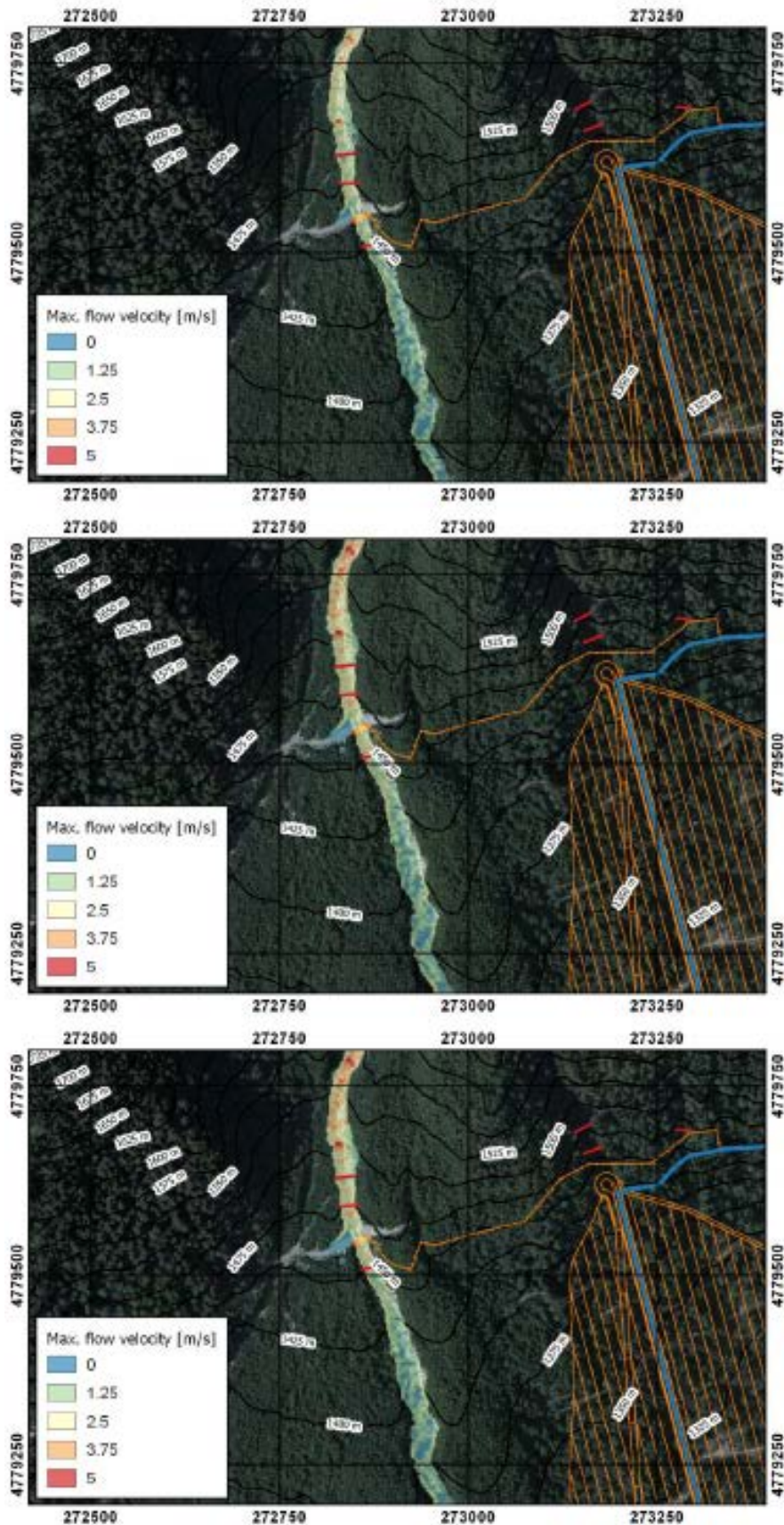
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (წყალსაგდების პორტალები და ქვედა გამოსასვლელი, STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



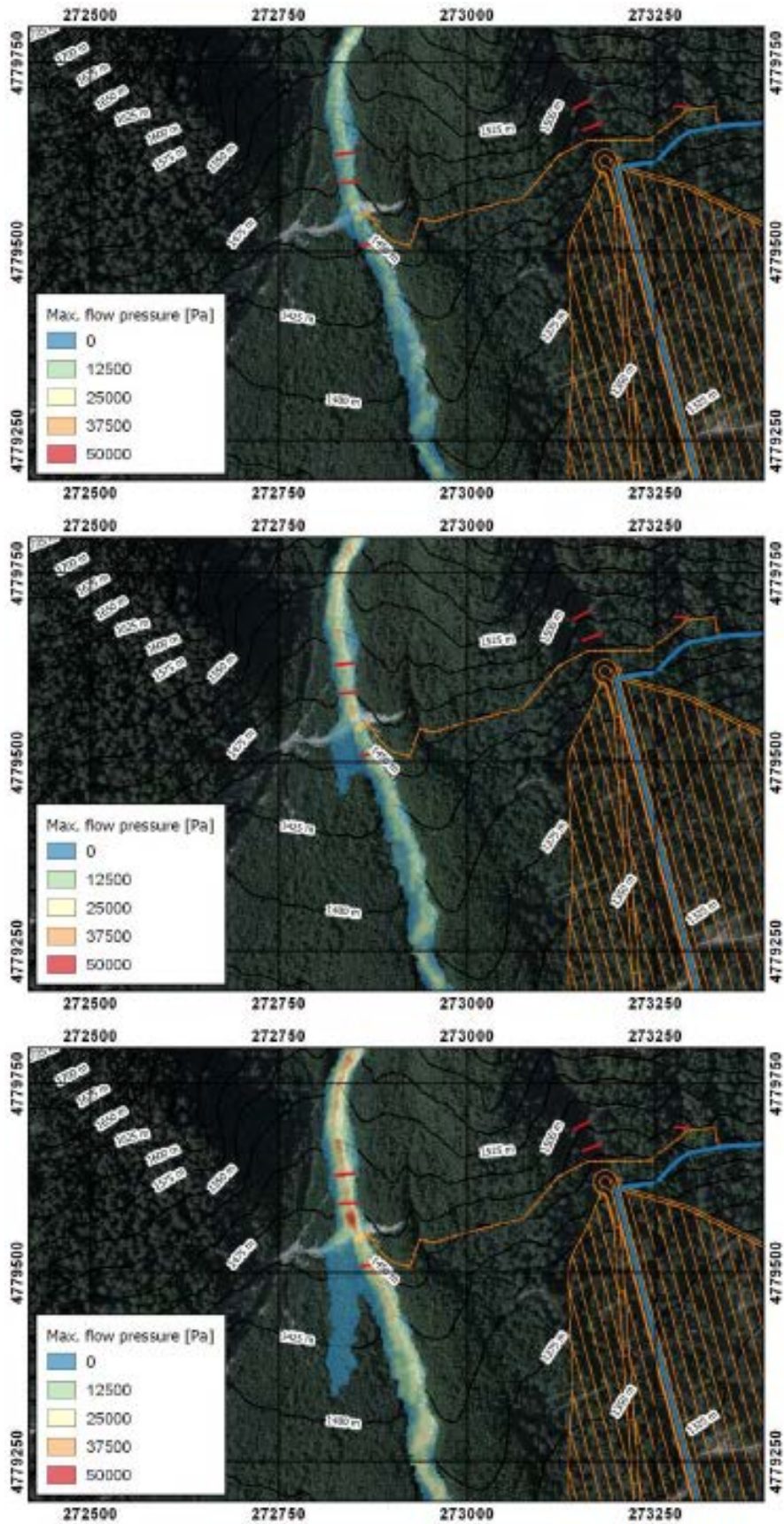
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (ნაკადის დირეცია, STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



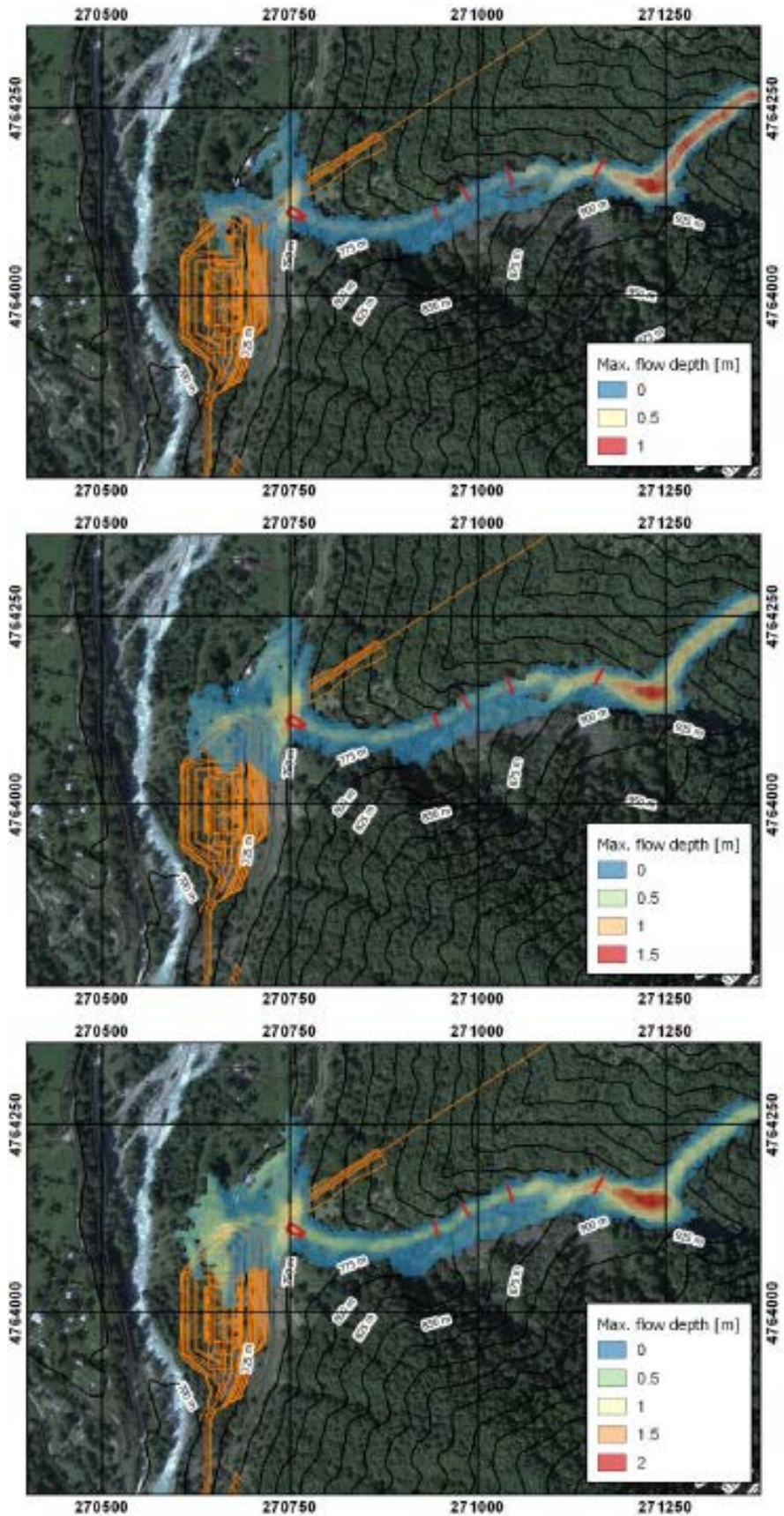
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (ნაკადის დერივაცია, STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

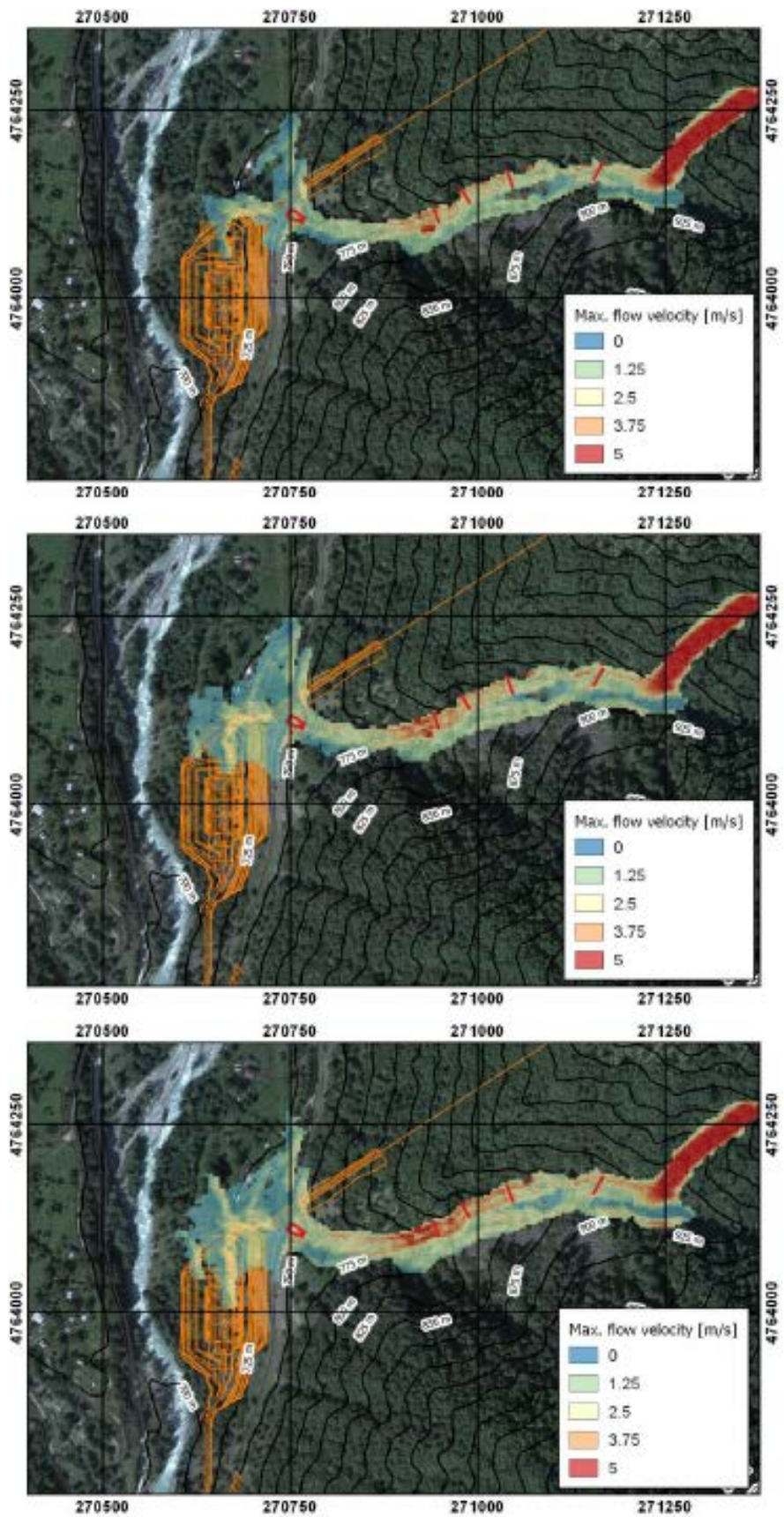
ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (ნაკადის დერივაცია, STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.





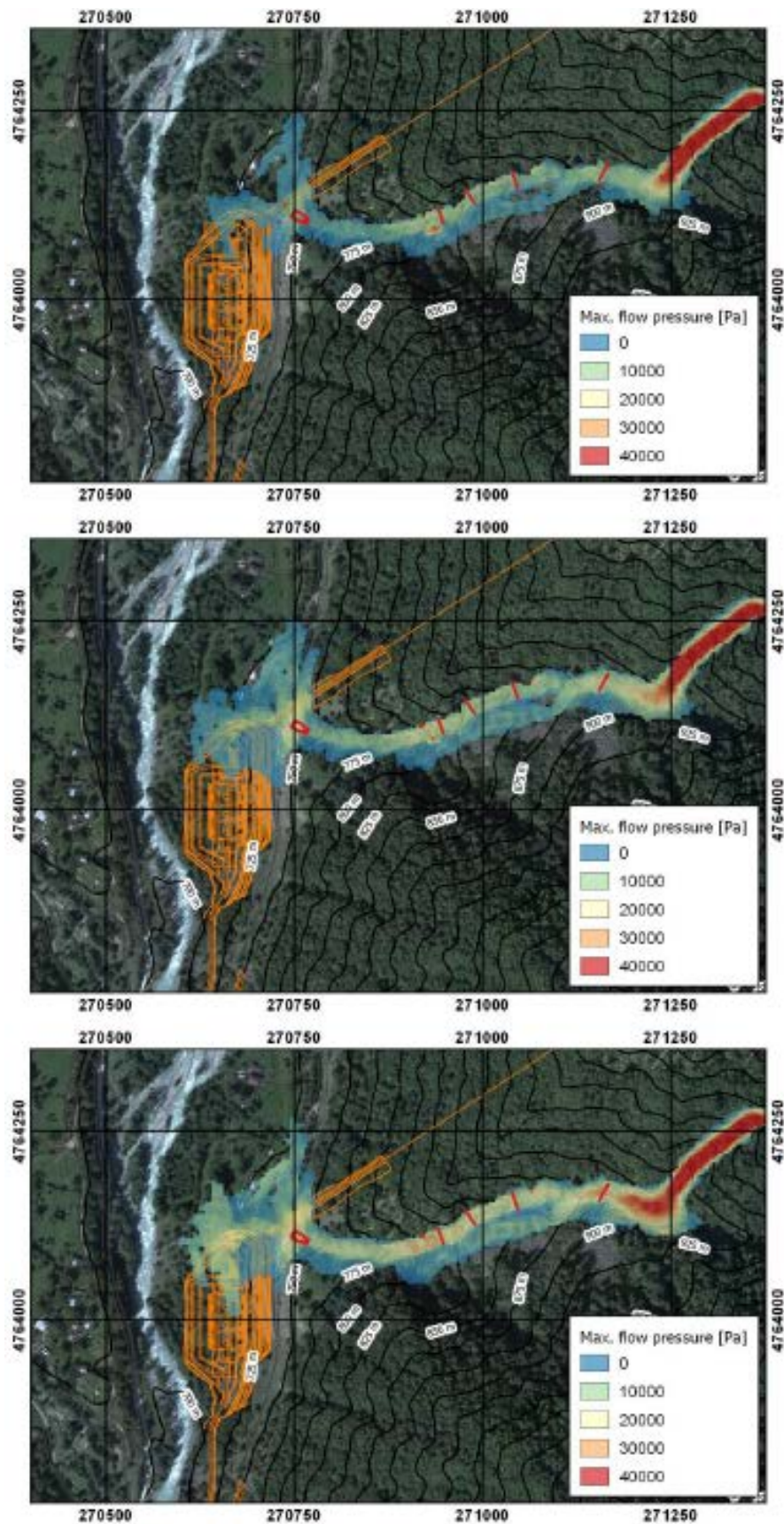
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ჰესის შენობის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-PH-L1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

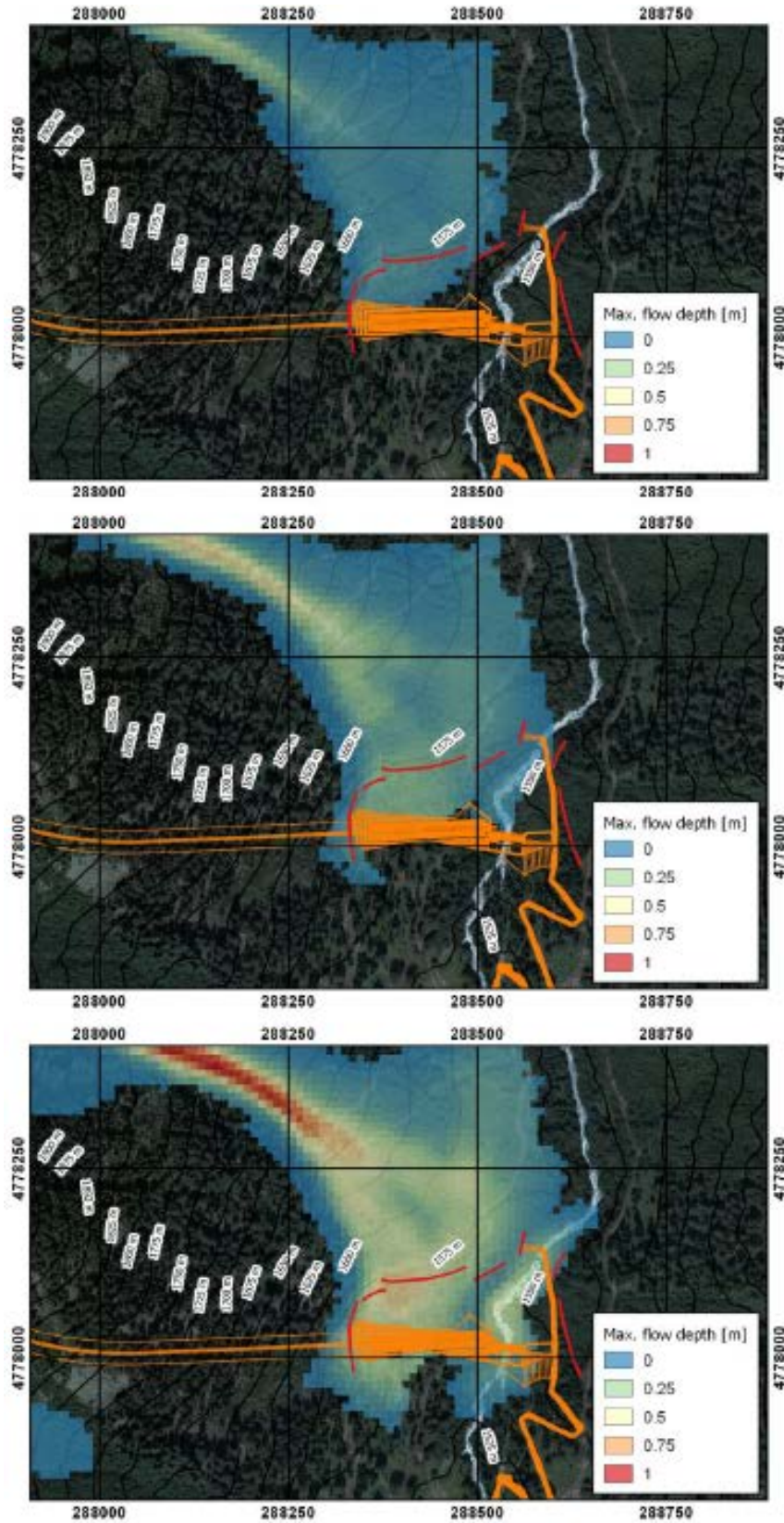
ჰესის შენობის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-PH-L1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

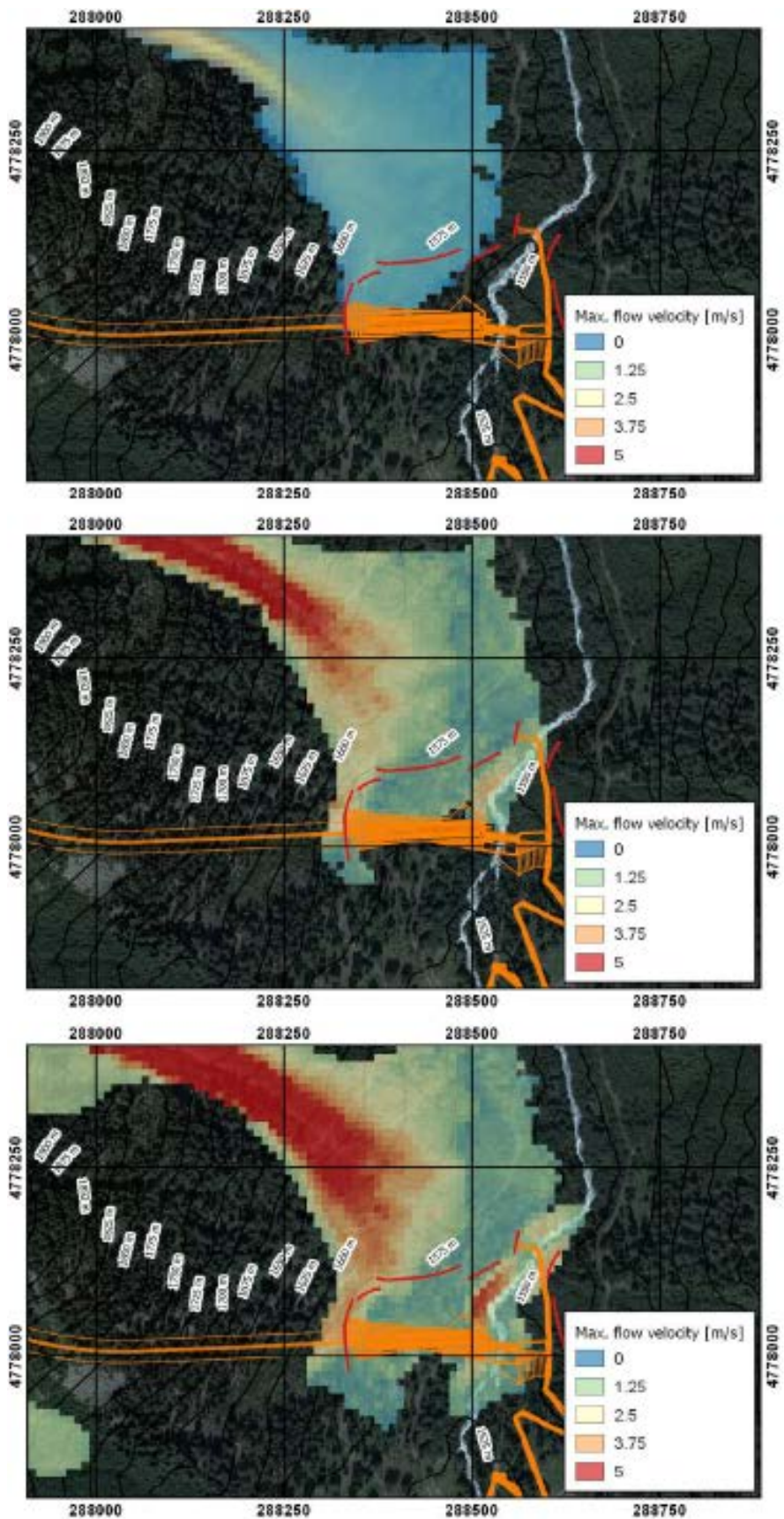
ჰესის შენობის ტერიტორია, ღვარცოფული ნაკადი (STR-PH-L1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.

ზვავის მოდელირებისას გამოყენებული საწყისი მონაცემები



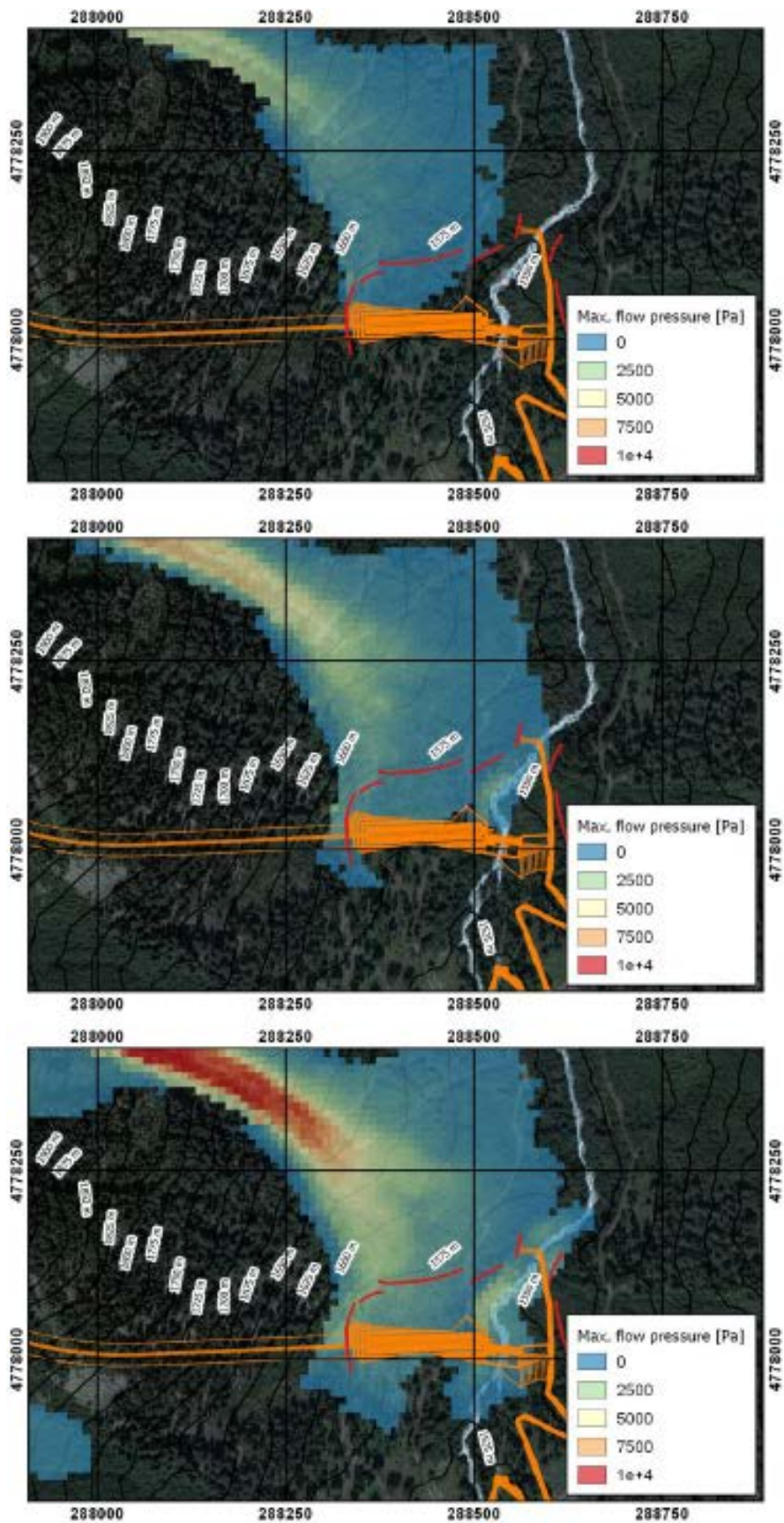
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

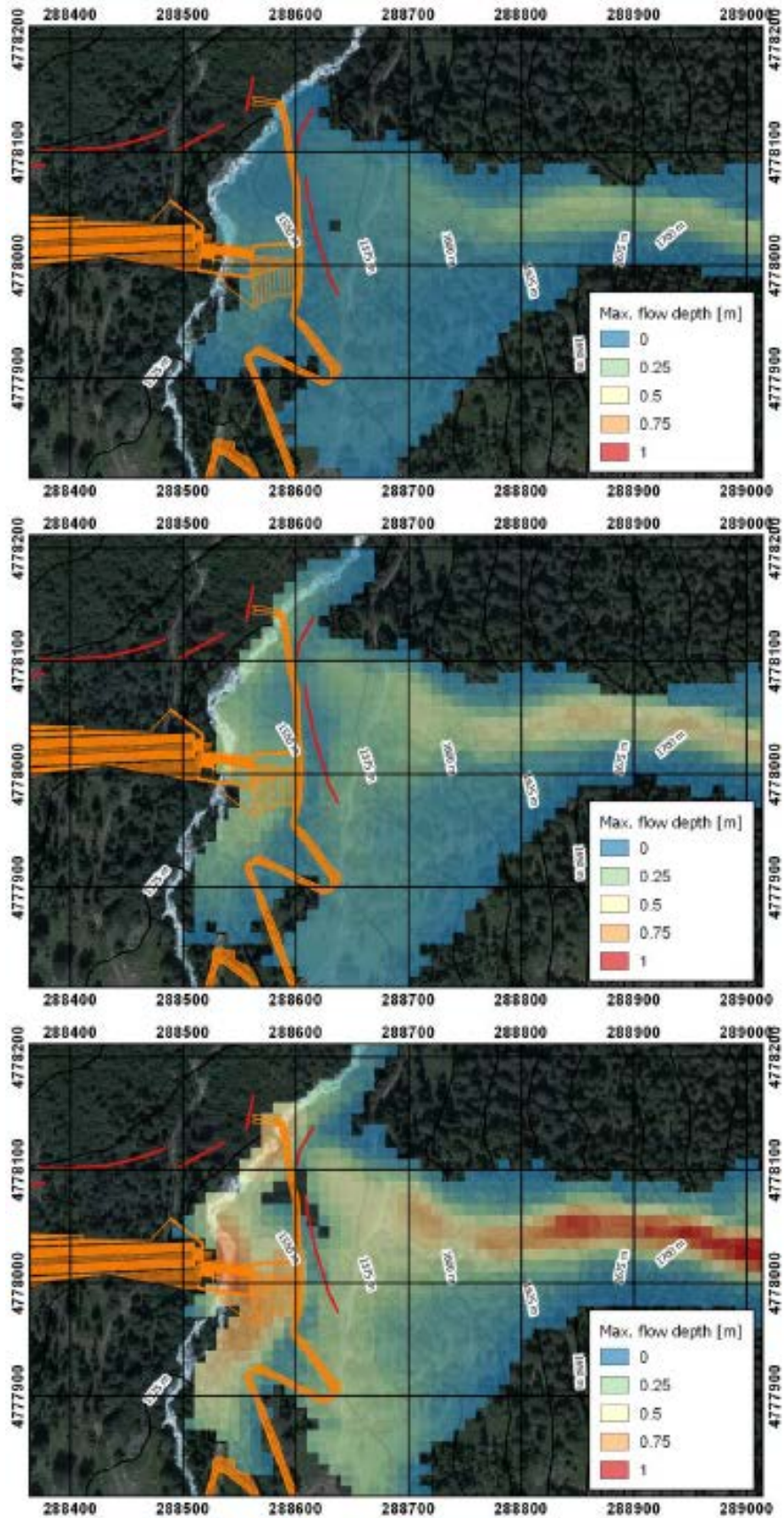
ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



# ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

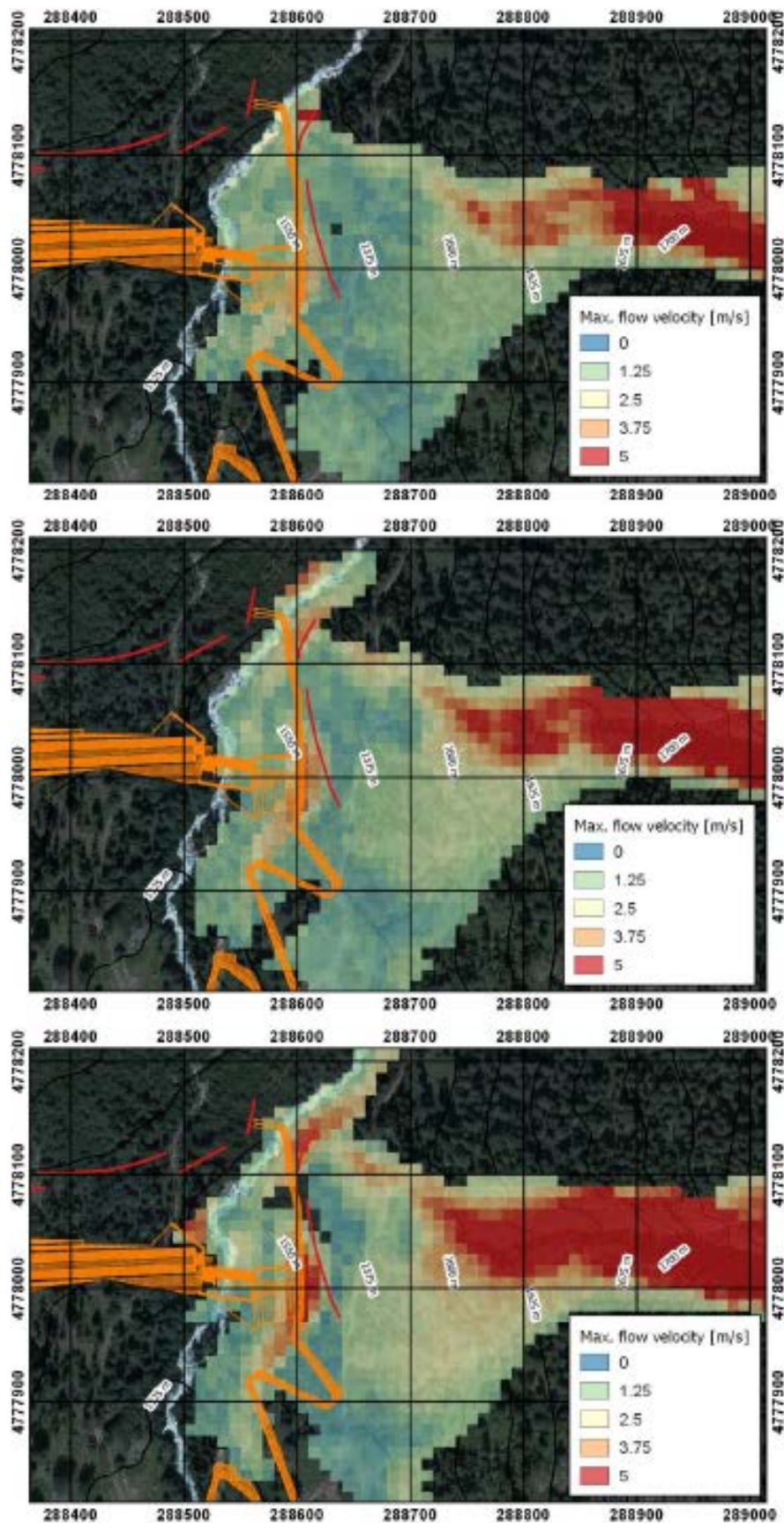
ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-R3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



# ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

## ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

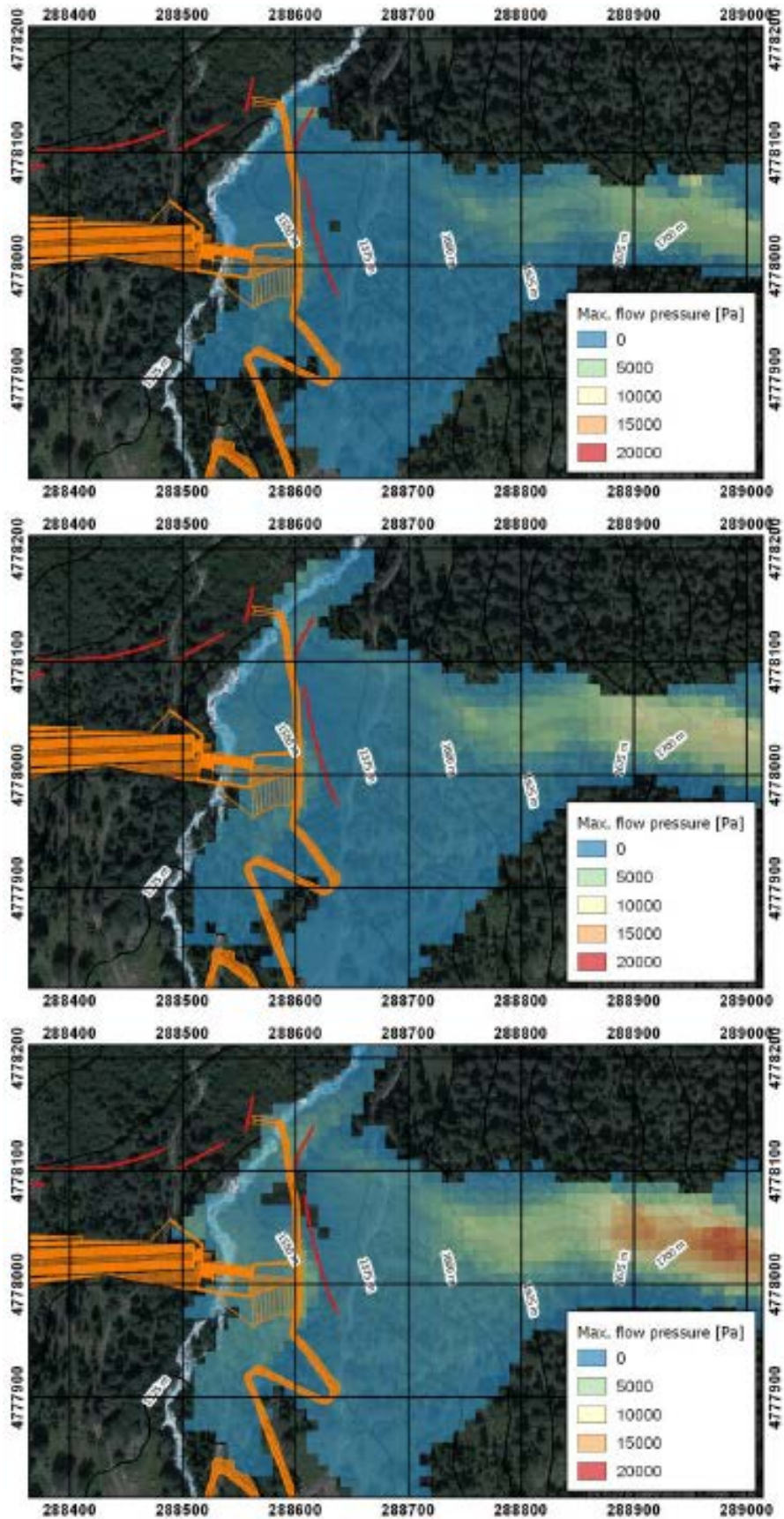
ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



# ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

## ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

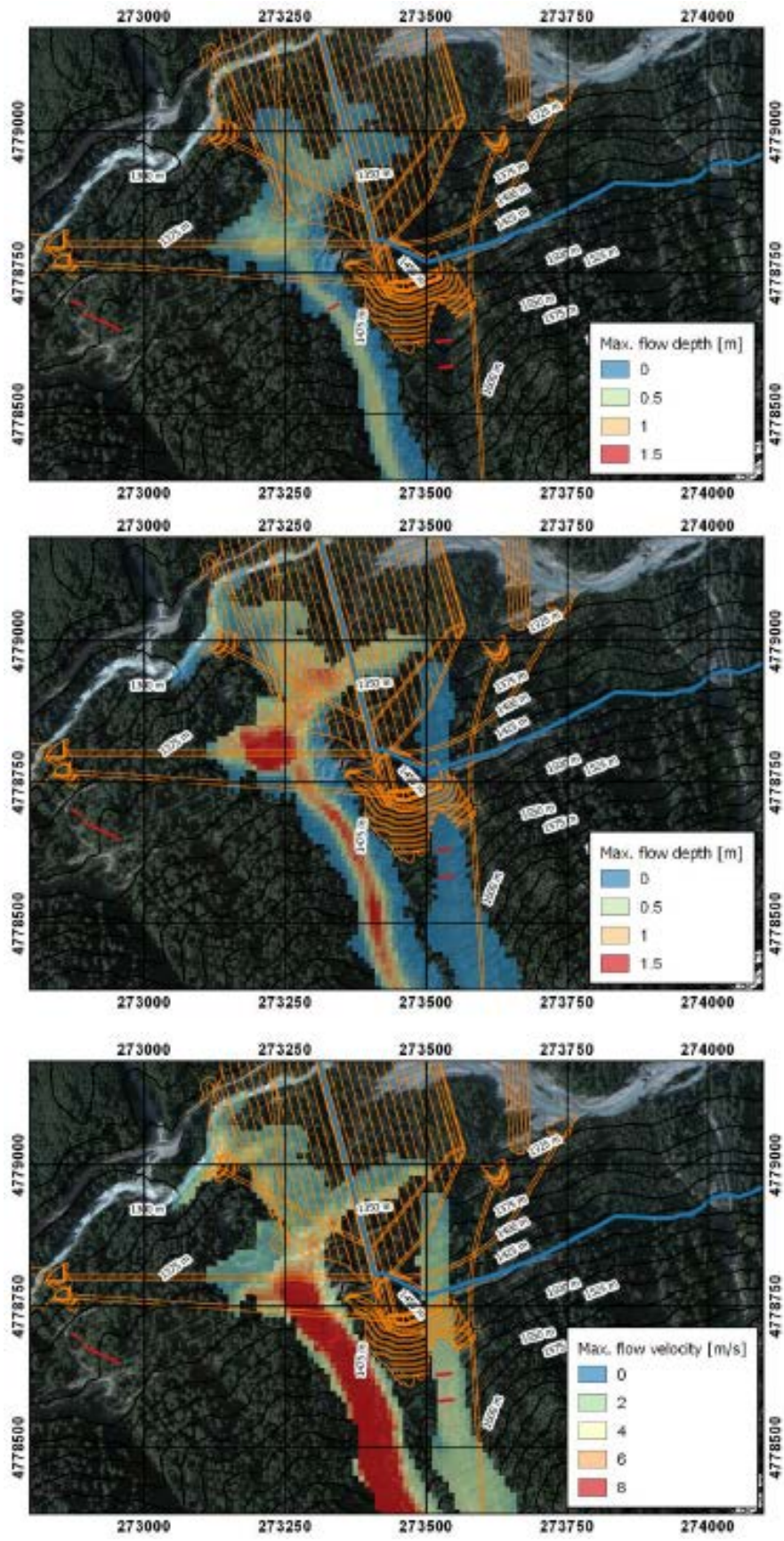
ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.





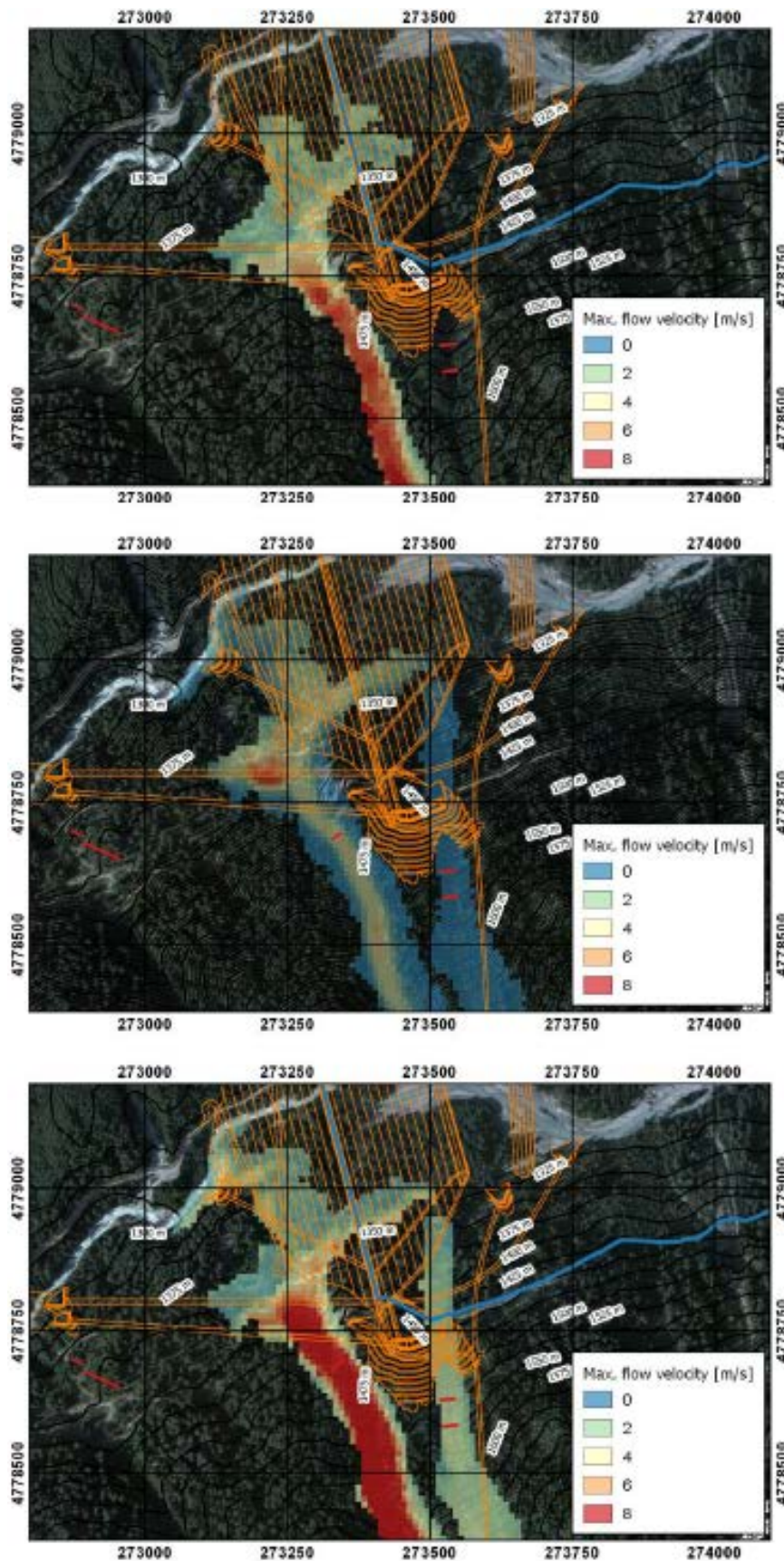
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნაკრას ტერიტორია, ზვავი (STR-NH-L3): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



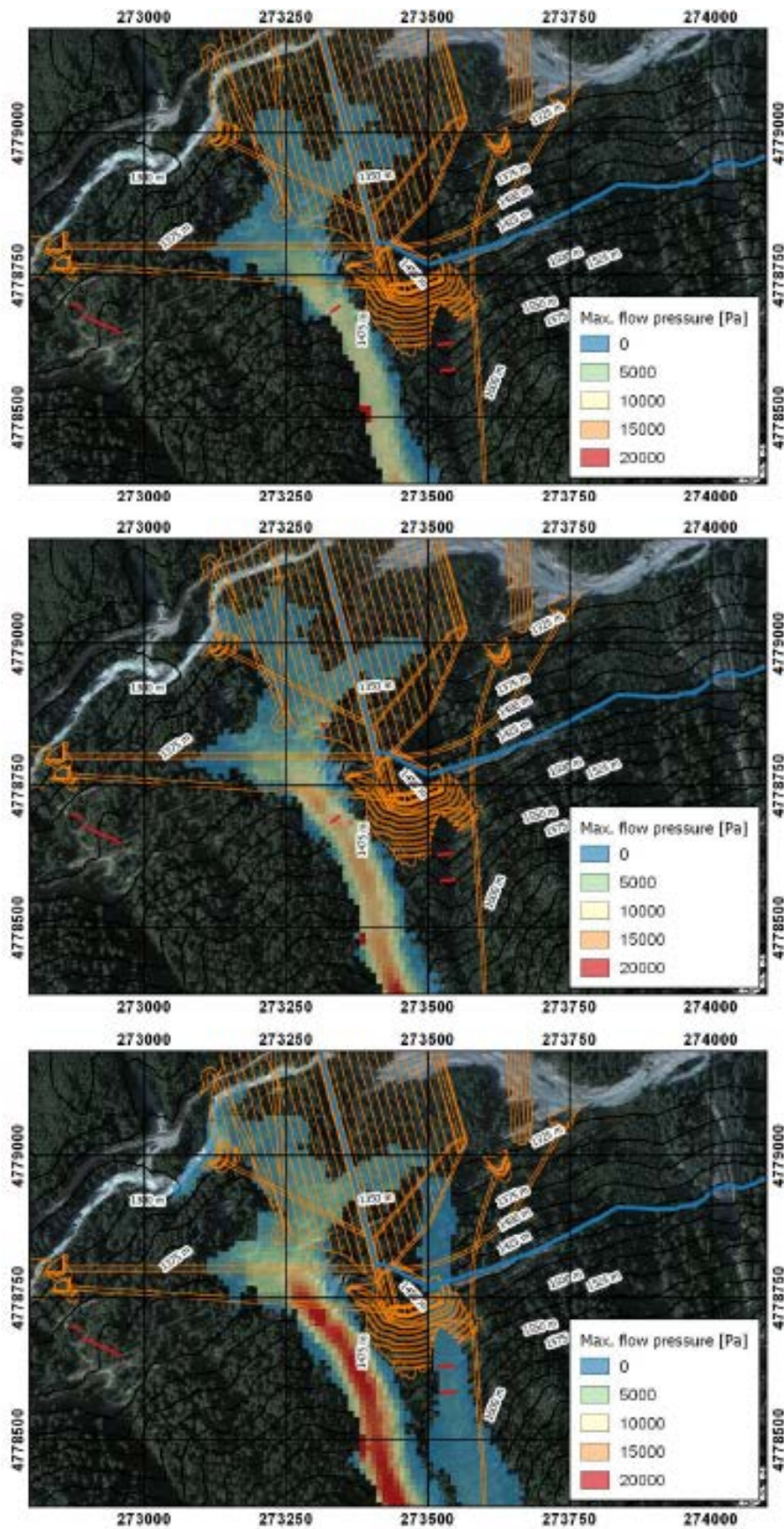
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვავი (STR-DS-L3/4): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



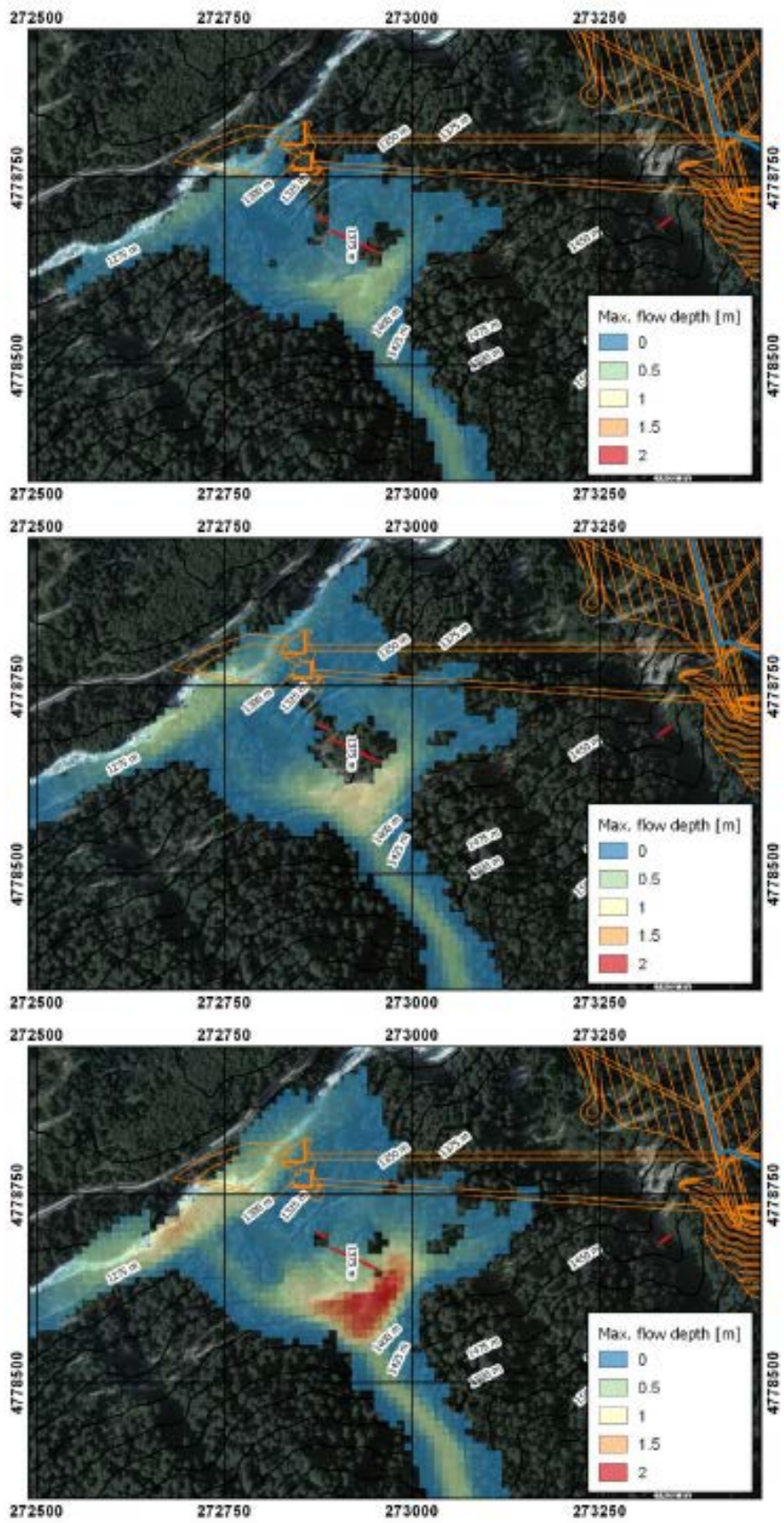
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვავი (STR-DS-L3/4): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



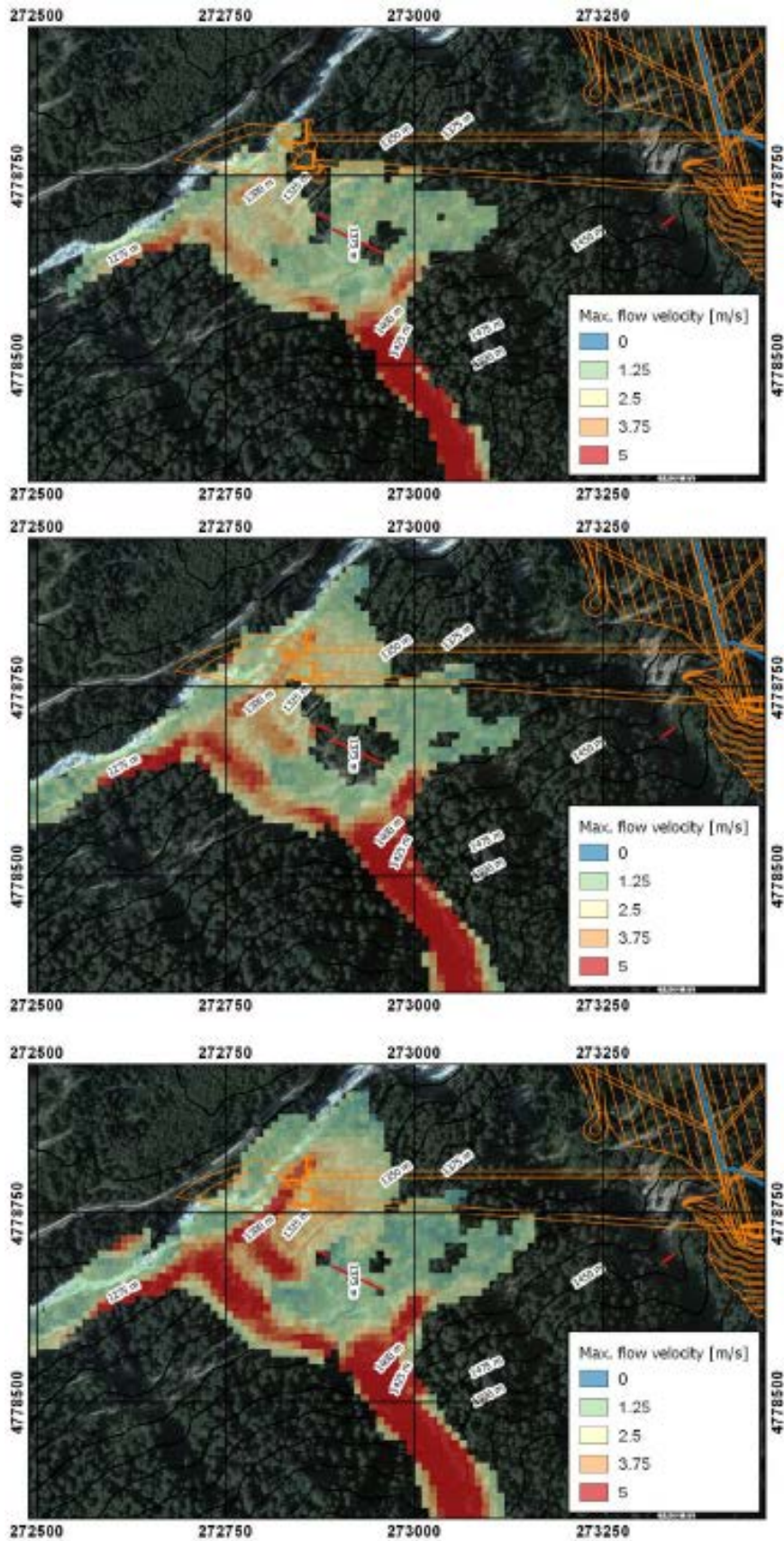
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვავი (STR-DS-L3/4): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



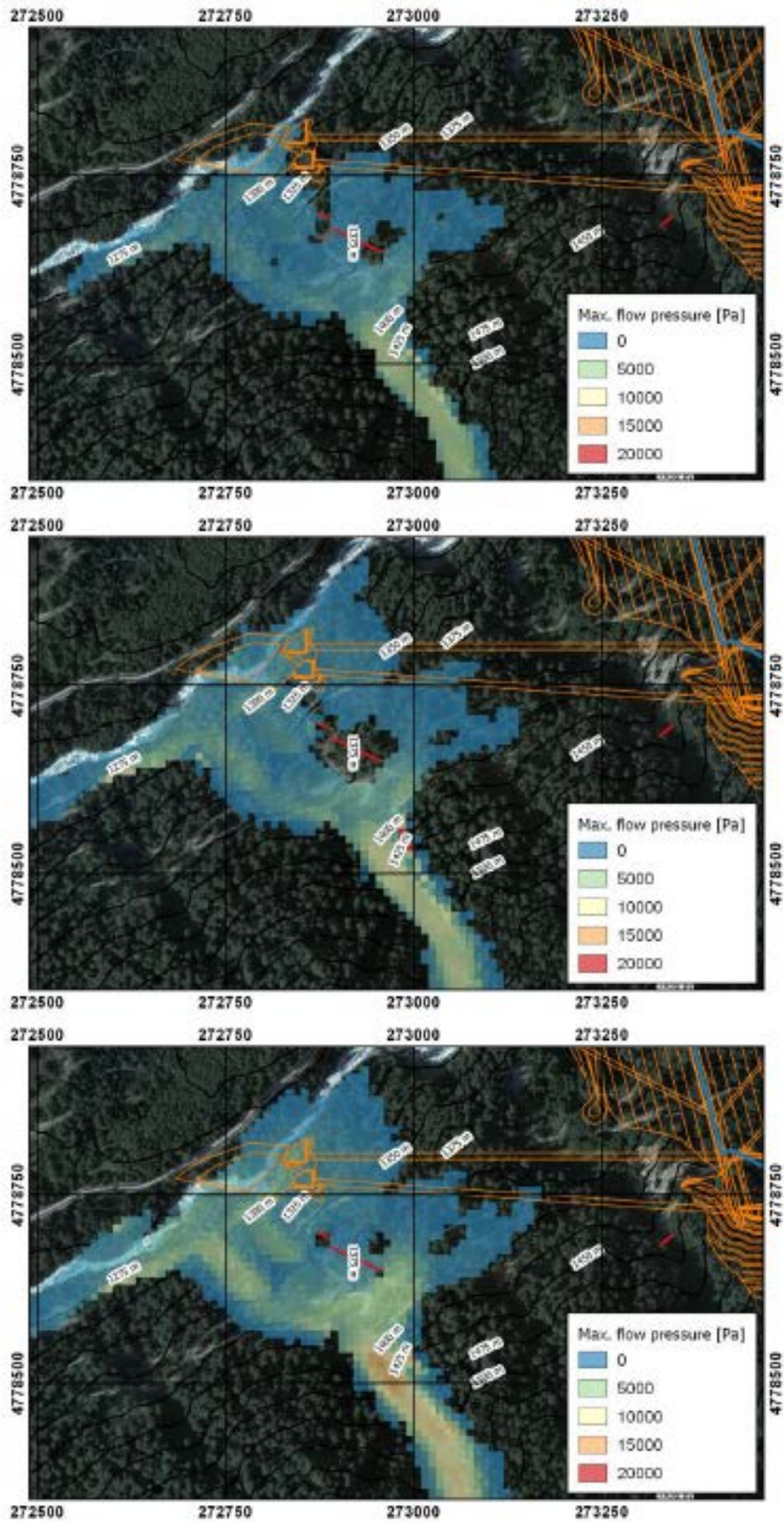
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვაგი (STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



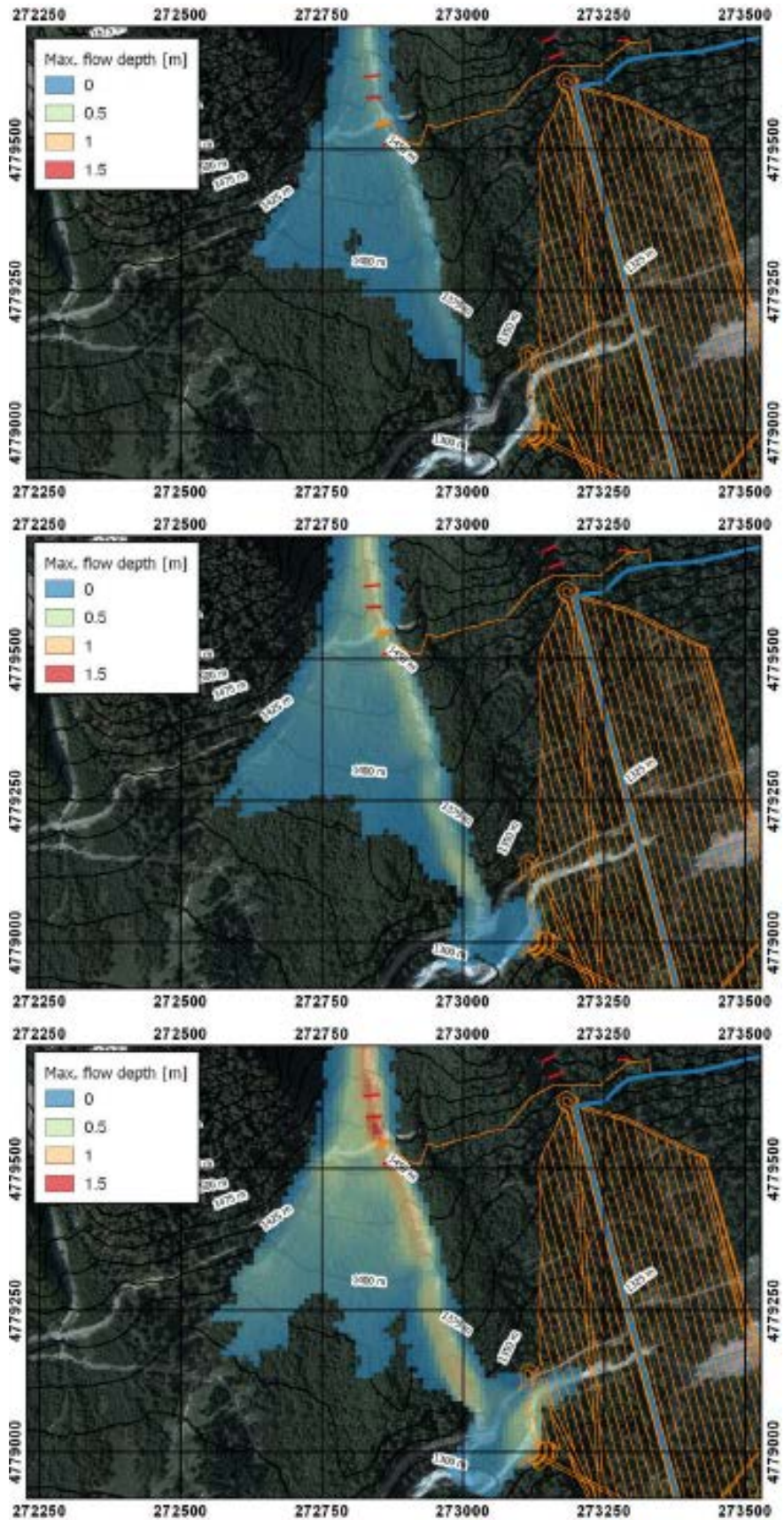
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვაგი (STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



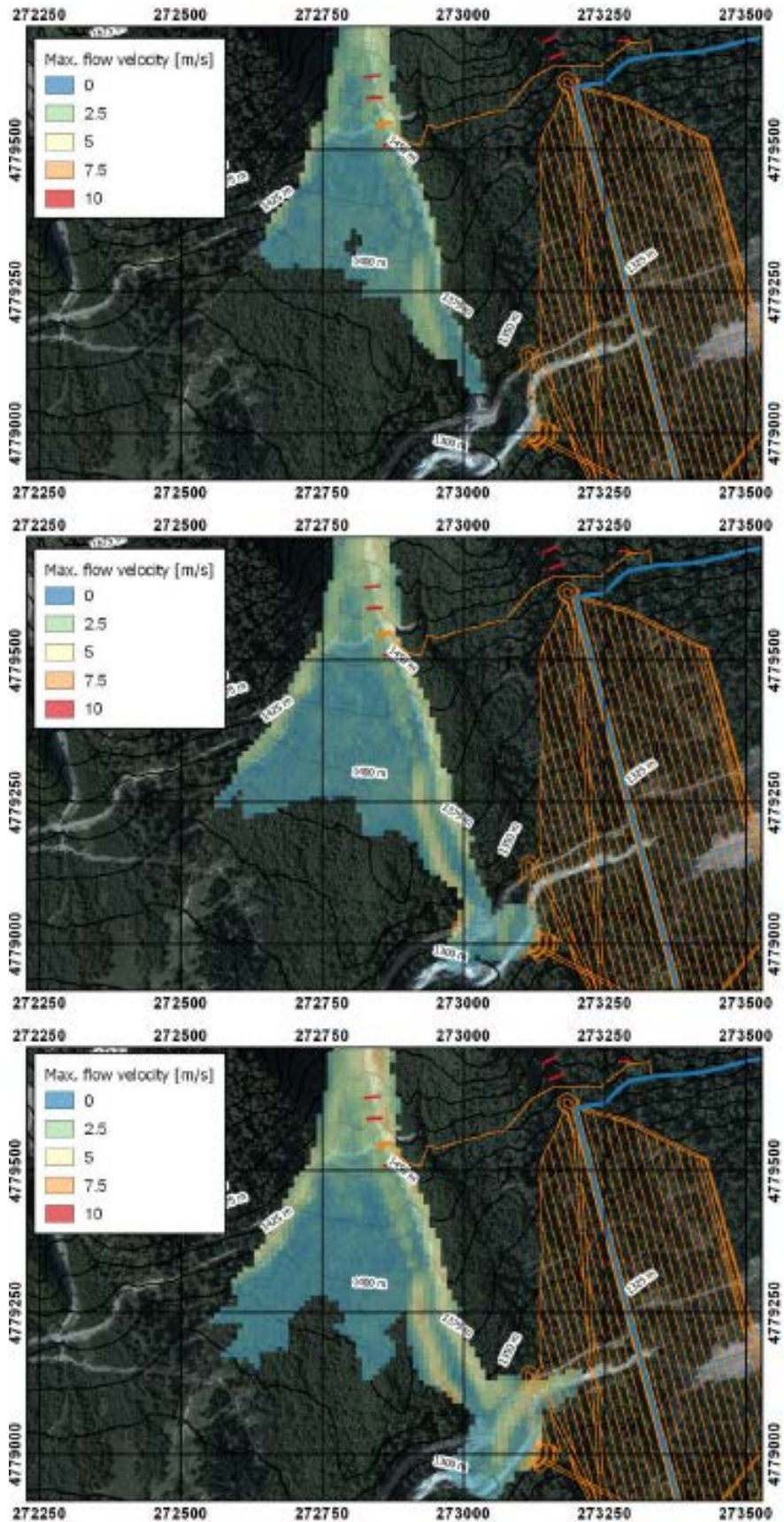
ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვაგი (STR-DS-L2): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

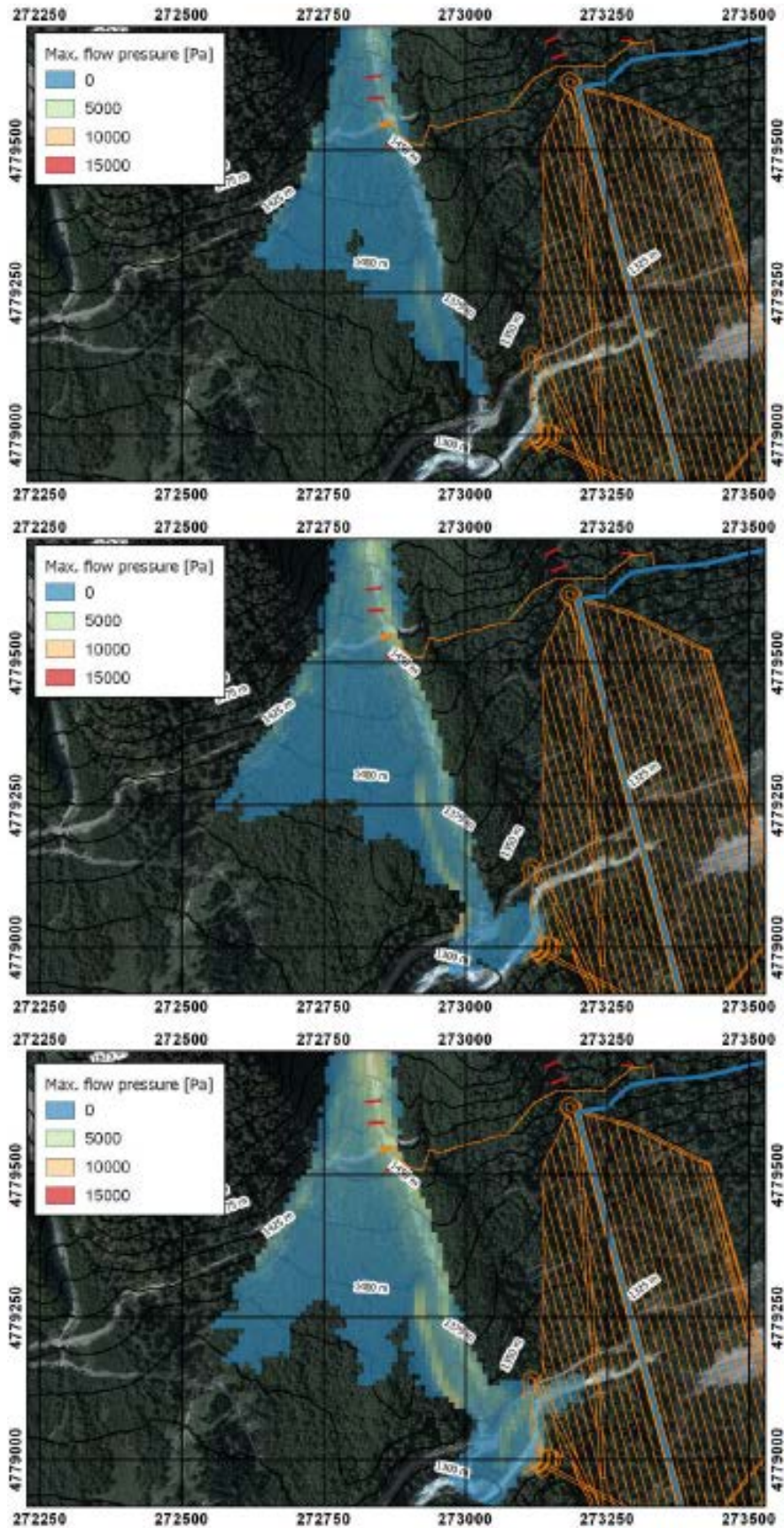
ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვაგი (STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიღრმეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.





ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

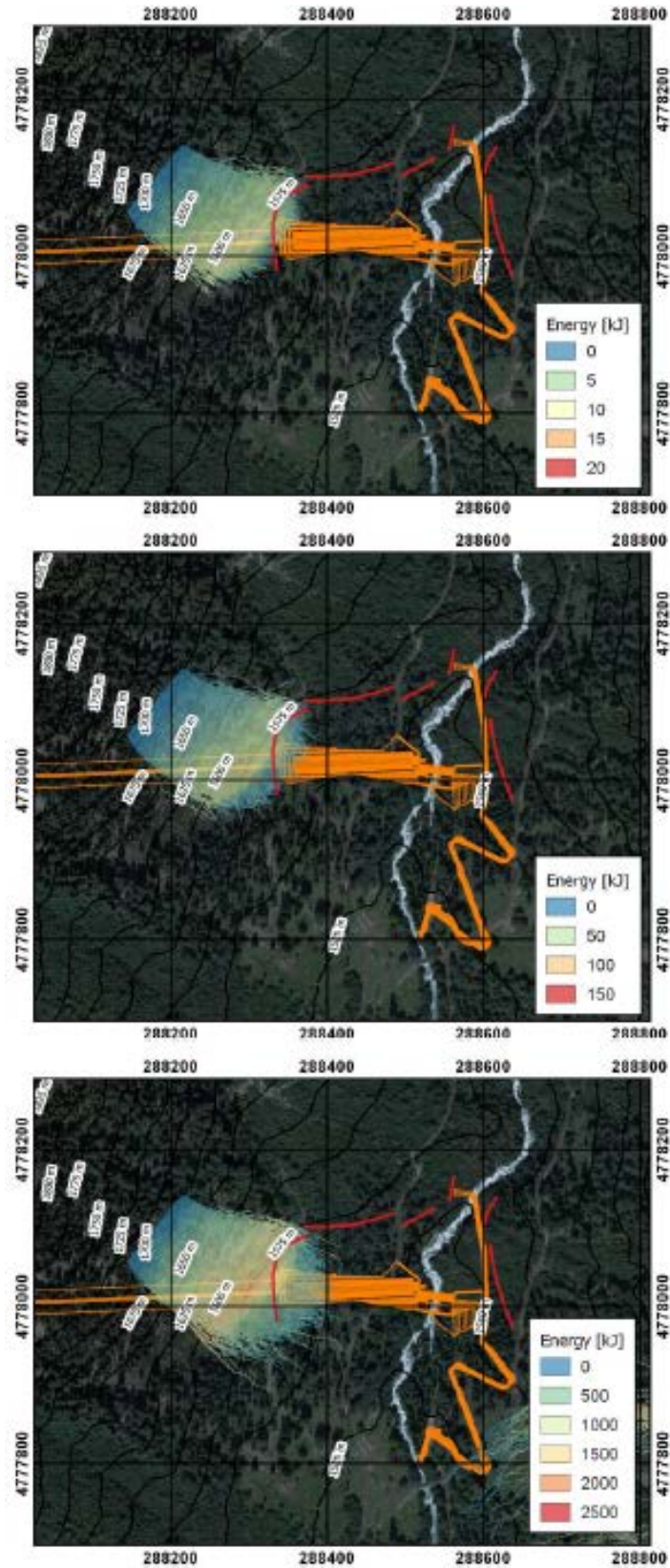
ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვავი (STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური სიჩქარეები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.



ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია, ზვავი (STR-DS-R1): ხშირი (ზედა), საშუალო (შუა) და იშვიათი (ქვედა) სიხშირის სცენარის მაქსიმალური წნევები. დაცვითი ღონისძიებები მოცემულია წითელი ფერით.

ქვათაცვენის მოდელირებისას გამოყენებული საწყისი მონაცემები





ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

**საპროექტო პარამეტრები**

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში წარმოდგენილია დაცვის ღონისძიებებისთვის შეთავაზებულ ტერიტორიებზე გამოყენებული საპროექტო პარამეტრები. შესაბამისი ნახაზები იხილეთ რუკებზე L-6768-D-SA-GE-GE-DW-004-დან 006-მდე. ღონისძიებების პროექტის და ლოკაციის შესახებ ინფორმაცია იხილეთ ანგირშში [2].

**ნაკრას კაშხლის ტერიტორია (უბანი A-დან C-მდე)**

*ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-R3) - უბანი A*

ნაკრას კაშხალი უბანი A ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	1250	2500	5000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	0.25	0.5	0.75
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	1.5	2	2
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	1	2	7

ნაკრას კაშხალი უბანი A ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	5000	10 000	20 000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	0.25	0.25	0.5
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	2	2.5	3
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	15	35	125

*ღვარცოფული ნაკადი (STR-NH-R3) - უბანი B*

ნაკრას კაშხალი უბანი B ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	1250	2500	5000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	0.25	0.25	0.5
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	1	1	1.5
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	2	3	10

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი  
 ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ზვავი (STR-NH-L3) - უბანი B

ნაკრას კაშხალი უბანი B ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	2500	5000	10 000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	0.1	0.25	0.25
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში	1.5	2	4
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	15	35	70

ქვათაცვენა - უბანი C

ნაკრას კაშხალი უბანი C ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
ქანების მოცულობა, სიმკვრივე 2650 კგ/მ <sup>3</sup> [I]	16	100	1875
ენერგია, ფერდობის ძირში [kPa]	15	100	2200
უკუსხლეტის სიმაღლე, ფერდობის ძირში (მ)	2	2.5	4

ქვათაცვენა - უბანი C

- თევზსავალის სუსტი უბნები დაცული უნდა იყოს ხის კედლით (30 kJ).

მოტივტივე ნატანი კაშხალზე - უბანი E

- აუცილებელია კაშხლის და წყალმიმღების დაცვა ნატანისგან.

ნენსკრას კაშხლის ტერიტორია (უბანი A-დან D-მდე)

ფერდობის პროცესები (STR-DS-R3), პულსური ტალღა - უბანი A

- ფერდობის პროცესებმა (ზვავი, ღვარცოფული ნაკადი, ქვათაცვენა) შეიძლება პულსური ტალღა გამოიწვიონ;
- უნდა აშენდეს დამცავი ნაგებობა სიმძლავრით 500 მ<sup>3</sup>.

ფერდობის პროცესები (STR-DS-R2), ზემოქმედება კაშხლის თხემზე - უბანი B

- ფერდობის პროცესებმა (ზვავი, ღვარცოფული ნაკადი, ქვათაცვენა) შეიძლება ზემოქმედება მოახდინონ კაშხლის თხემზე;
- უნდა აშენდეს დამცავი ნაგებობა სიმძლავრით 750 მ<sup>3</sup>.

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

ღვარცოფული ნაკადი (STR-DS-L4) - უბანი C

ნენსკრას კაშხალი უბანი C ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	250	500	1000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში კაშხალთან 1,2	0.75	0.75	0.75
	0.75	0.5	0.5
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში კაშხალთან 1,2	6	6	6
	6	6	6
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ) კაშხალთან 1,2	7	12	16
	7	12	16

ღვარცოფული ნაკადი (STR-DS-L3) - უბანი D

ნენსკრას კაშხალი უბანი D ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	1250	2500	5000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	1	1	1.25
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	7	7	7
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	50	60	65

ზვავი (STR-DS-L3) - უბანი D

ნენსკრას კაშხალი უბანი D ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	5000	10 000	20 000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	0.5	1	1.25
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	7	8	10
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	50	150	300

ღვარცოფული ნაკადი (STR-DS-L2) - უბანი E

ნენსკრას კაშხალი უბანი E ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	1250	2500	5000

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	0.5	0.5	0.75
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	1	1.5	2
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	1	2	5

აზვავი (STR-DS-L2) - უბანი E

ნენსკრას კაშხალი უბანი E ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	5000	10 000	20 000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	0.25	0.5	2
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	1	1.5	2
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	10	25	50

ღვარცოფული ნაკადი (STR-DS-R1) - უბანი F

ნენსკრას კაშხალი უბანი F ღვარცოფული ნაკადი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	1250	2500	5000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	0.75 0.5 0.5	1.25 0.75 1	1.5 1 1
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	2 2 2	2.5 3 2	3 3.5 2.5
ხარჯი (მ <sup>3</sup> /წმ)	5	10	30

ზვავი (STR-DS-R1) - უბანი F

ნენსკრას კაშხალი უბანი F ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ <sup>3</sup> )		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ <sup>3</sup> )	5000	10 000	20 000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ)	0.5 0.5 0.25	0.75 0.5 0.5	1.25 1 1
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ღონისძიებების პირობებში (მ/წმ)	2 3	3 3.5	3.5 4

ნენსკრა ჰესი - დეტალური პროექტი

ბუნებრივი საფრთხეების რისკების შეფასება - მუდმივი ნაგებობები

	3	3.5	2.5
ხარჯი (მ³/წმ)	35	85	175

მოტივტივე ნატანი წყალმომღებზე - უბანი G

- დაიცავით წყალსაგდების, ქვედა გამოსასვლელის, მიმყვანი გვირაბის პორტალები მოტივტივე ნატანისგან.

ჰესის შენობის ტერიტორია (უბანი A-დან D-მდე)

ღვარცოფული ნაკადი (STR-PH-L1) - უბანი A

ჰესის შენობა უბანი F ზვავი	ნაკადის მოცულობა (მ³)		
	ხშირი (0-30 წწ)	საშუალო (30-100 წწ)	იშვიათი (100-300 წწ)
	P=97%	P=63%	P=28%
მოცულობა (მ³)	1250	2500	5000
მაქსიმალური სიღრმე შეთავაზებული ლონისძიებების პირობებში (მ) წყალსატარებისთვის 1, 2, 3, 4	0.75	1	1.5
	0.25	0.25	0.5
	0.25	0.25	0.5
	0.25	0.25	0.5
მაქსიმალური სიჩქარე შეთავაზებული ლონისძიებების პირობებში (მ/წმ) წყალსატარებისთვის 1, 2, 3, 4	2	2	2
	2.5	3	3
	2	2.5	3
	2.5	3	4
	2	2	2.5
ხარჯი (მ³/წმ) წყალსატარებისთვის 1, 2, 3, 4	12	25	45
	5	10	15
	5	10	20
	7	15	25
	4	8	15

ქვათაცვენა - უბანი B

- ფერდობისთვის შესაბამისი დახრილობის მიცემა.