



წყალდიდობის რისკის შეფასება ზუგდიდის ახალი
რეგიონული არასახიფათო ნარჩენების
განთავსების ობიექტისთვის



წინამდებარე ანგარიში მომზადებულია განმახორციელებელი კონსულტანტის „სი-დი-ემ სმიტის“ (CDM Smith), შემდგომში კონსულტანტის, მიერ როგორც საკონსულტაციო მომსახურების ნაწილი. პროგრამა დაფინანსებულია საქართველოსთან გერმანიის ფინანსური თანამშრომლობის ფარგლებში, გერმანიის რეკონსტრუქციის საკრედიტო ბანკის (KfW) მიერ.

კონსულტანტის მიერ ანგარიში მომზადდა სათანადო ყურადღებით და მონდომებით დამკვეთის ხელმძღვანელობის ქვეშ. კონსულტანტის მიერ არ გადამოწმებულია მესამე მხარის მიერ მოწოდებული ინფორმაციის/მონაცემების სიზუსტე და სისრულე, შესაბამისად, კონსულტანტი არ იღებს პასუხისმგებლობას აღნიშნული ინფორმაციის/მონაცემების სისწორეზე და სისრულეზე, ასევე მისგან წარმოქმნილ შედეგებსა და შეფასებებზე. სხვა მხრივ, კონსულტანტი სრულ პასუხისმგებლობას იღებს ანგარიშში წარმოდგენილი შეფასების რელევანტურობასა და სისწორეზე.

დასახელება: წყალდიდობის რისკის შეფასება

თარიღი: 25.10.2021

მომზადებულია კონსორციუმის მიერ:



გამოქვეყნებულია:



მარდაჭერილია:



დოკუმენტის საკონტროლო ფურცელი

დამკვეთი	საქართველოს მყარი ნარჩენების მართვის კომპანია			
პროექტის სახელწოდება	მყარი ნარჩენების ინტეგრირებული მართვის პროგრამა II, კახეთი და სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონები, საქართველო			
დოკუმენტის დასახელება	წყალდიდობის რისკის შეფასება ზუგდიდის ახალი რეგიონული არასახიფათო ნარჩენების განთავსების ობიექტისთვის			
პროექტის ნომერი	242781 (BMZ No. 2015 68 260)			
ვერსია	ავტორი/ შემდგენელი	ტექნიკური მიმოხილვა	სარედაქციო მიმოხილვა	თარიღი
საბოლოო	ანა ფიშერი	სერჰატ ილბეი, მათიას შონფელდტი	მათიას შონფელდტი	25.10.2021

შინაარსი

1. წინასიტყვაობა.....	5
2. შეფასება.....	6
2.1 სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის ხარჯები.....	6
2.1.1. ნალექების მონაცემები.....	6
2.1.2 აუზის ფართობი	7
2.1.3 ჩამონადენის კოეფიციენტი	7
2.1.4 ნაკადის გადაადგილების დრო.....	8
2.1.5 წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეების შეფასება.....	8
2.2 წყლის დონეები ნაგავსაყრელთან.....	9
2.2.1 რელიეფი, არსებული არხები და განივი კვეთები.....	10
2.2.2 წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეები არსებული არხის სრულად შევსების შემთხვევაში (საფუძველი HQ10)	10
2.2.3 მაქსიმალური წყლის დონეები HQ100	11
3. დასკვნა	14

1. წინასიტყვაობა

წინამდებარე ანგარიში მომზადდა კონსულტანტის (CDM Smith) მიერ გერმანიის რეკონსტრუქციის საკრედიტო ბანკის (KfW) დაკვეთით, 2021 წლის ოქტომბერში, ზუგდიდის ახალი რეგიონული არასახიფათო ნარჩენების განთავსების ობიექტისათვის წყალდიდობის რისკის შეფასების მიზნით. კერძოდ, განხორციელდა:

- ნაგავსაყრელის საპროექტო არეალთან მდინარის აუზის ფართობის განსაზღვრა
- სხვადასხვა განმეორებადობის (5, 10, 20, 50, 100 წელი) მიხედვით წყლის ხარჯების დადგენა
 - ახლომდებარე მსგავსი მახასიათებლების მდინარეთა აუზის წყლის დონის მონაცემების საფუძველზე
 - წყლის ხარჯების მაქსიმალური სიდიდეების გარდაქმნა ნაგავსაყრელის გასწვრივ სხვადასხვა წერტილში მდინარის აუზის ფართობის მიხედვით
- ნაგავსაყრელის მიმდებარე არხებისათვის წყლის სიღრმეების გამოანგარიშება განივი კვეთების მიხედვით მანინგის (Gauckler-Manning-Strickler) ფორმულის მიხედვით

ამ გზით განსაზღვრული წყლის სიღრმე იძლევა გარკვეულ უზუსტობებს. თუმცა, შესაძლებელია წყალდიდობის არსებული რისკის უფრო დეტალური შეფასება. მხოლოდ მაშინ, როდესაც ეს გამოთვლები მიუთითებს წყალდიდობის რისკის შემდგომი გამოკვლევის (ნალექის ჩამონადენის მოდელი) საჭიროებაზე.

2. შეფასება

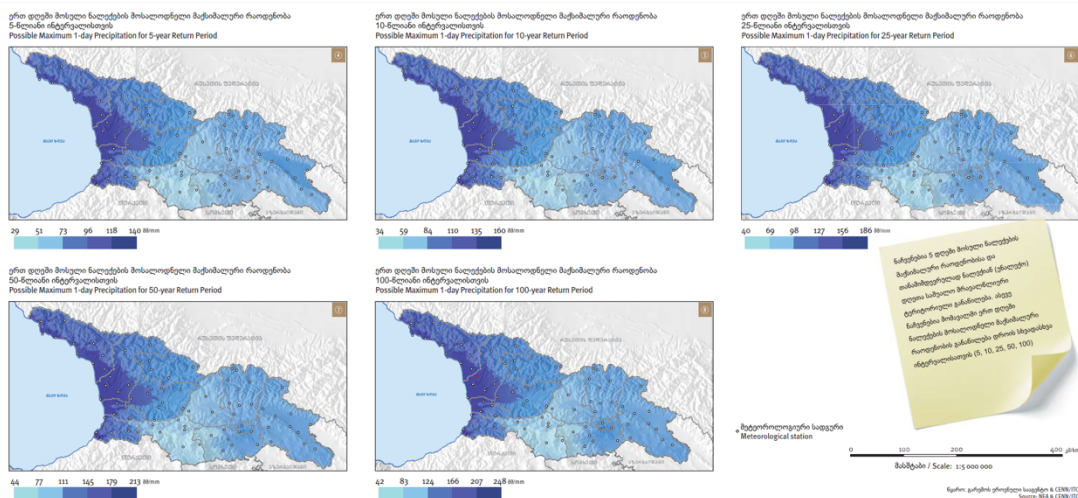
ნაგავსაყრელის ტერიტორიაზე მდინარე უმჩარას/უთუორის წყალდიდობის რისკის შეფასებისათვის განისაზღვრა წყლის ხარჯების მაქსიმალური სიდიდეები სხვადასხვა უზრუნველყოფების მიხედვით და შესაბამისად შეფასდა წყლის დონეები.

2.1 სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის ხარჯები

ყველაზე მარტივ შემთხვევაში წყლის ხარჯების მაქსიმალური სიდიდეების განსაზღვრა სხვადასხვა უზრუნველყოფის მიხედვით ხდება სტატისტიკური ანალიზის გამოყენებით ისტორიული ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემების საფუძველზე. თუმცა მდ. უმჩარას/უთუორის ისტორიული დაკვირვების მონაცემები არ არის ხელმისაწვდომი. გამომდინარე აქედან, სხვადასხვა უზრუნველყოფის წყლის ხარჯების საანგარიშო სიდიდეები გამოთვლილია „წყალდიდობის შეფასება მცირე მდინარის აუზებისათვის SCS ნაკადი დროის მეთოდით“ შემდეგნაირად.

2.1.1. ნალექების მონაცემები

ნალექების მონაცემების სტატისტიკური სიდიდეების მნიშვნელობები აღებულია „საქართველოს ტერიტორიისათვის დამახასიათებელი ბუნებრივი სტიქიური მოვლენების საფრთხეებისა და რისკების ატლასი“-დან (CENN, 2018).



სურათი 1 - ნალექების ინდექსების რუკა

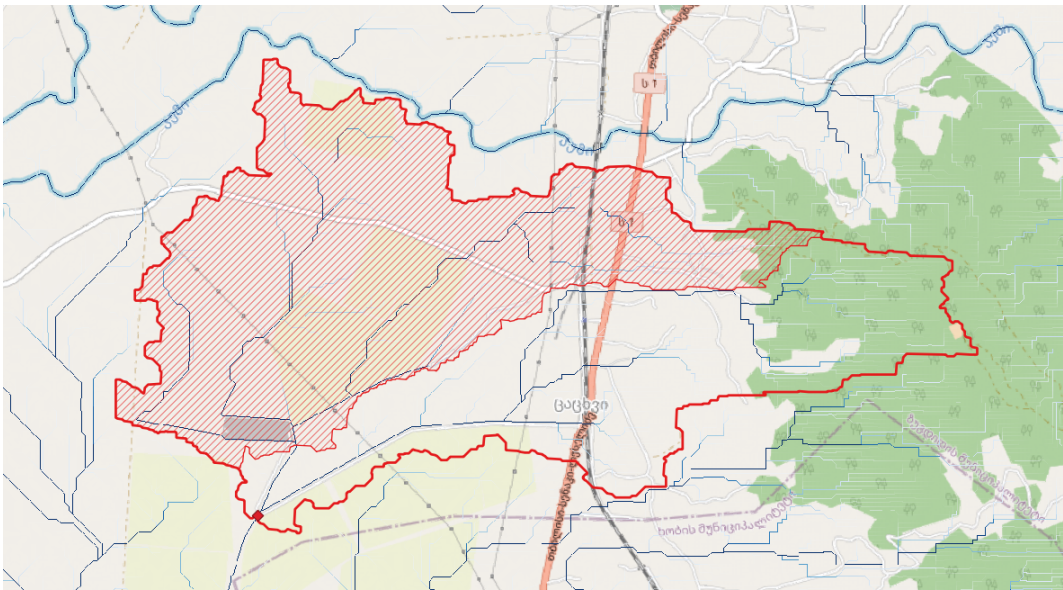
ცხრილი 1 - ნალექების მნიშვნელობები მდ. უმჩარას/უთუორის აუზისათვის. ამოღებულია ატლასიდან.

განმეორებადობის პერიოდი (წელი)	5	10	25	50	100
ერთ დღიანი ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა (მმ)	140	160	186	213	248

ახლომდებარე მეტეოროლოგიური სადგურის ნალექების მონაცემები გამოყენებული იქნა ნალექების რაოდენობების კლასიფიკაციისათვის. 5 წლიანი განმეორებადობის შესაძლო ერთ დღიანი ნალექების რაოდენობა შეესაბამება ერთი თვის საშუალო ნალექების მნიშვნელობას.

2.1.2 აუზის ფართობი

აუზის ფართობის გამომანგარიშება მოხდა გლობალურად ხელმისაწვდომი SRTM (NASA's Shuttle Radar Topography Mission) 30 მეტრიანი გარჩევადობის ციფრული სასიმაღლო მოდელის (DEM) გამოყენებით. აღნიშნული რელიეფის დამუშავების პროცესში გამოყენებული იქნა ასევე ჰიდროგრაფიული ქსელი (წყარო: StreetMap, Google).



სურათი 2 - მდ. უმჩარას/უთუორის ჰიდროგრაფიული ქსელი და წყალშემკრები აუზი ნაგავსაყრელის სამხრეთ წერტილთან გენერირებული SRTM 30მ DEM საფუძველზე

წყალშემკრები აუზის ფართობი საპროექტო არეალის უკიდურეს სამხრეთ წერტილთან შეადგენს 7.5 კმ²-ს (4.5 კმ² ნაგავსაყრელის ჩრდილოეთ წერტილი). SRTM DEM საფუძველზე, ნაგავსაყრელის აბსოლუტური სიმაღლე შეადგენს 15 მ-ს, ხოლო აუზის უმაღლესი წერტილი 360 მეტრია. ნაკადის მაქსიმალური სიგრძეა 5.5 კმ.

2.1.3 ჩამონადენის კოეფიციენტი

ჩამონადენის კოეფიციენტი განისაზღვრა ნიადაგების კონსერვაციის სამსახურის SCS-CN¹ მეთოდით. CN პარამეტრი ეფუძნება ჰიდროლოგიური ნიადაგების ჯგუფს, მიწათსარგებლობას, მიწის საფარს და ჰიდროლოგიურ მდგომარეობას.

¹ Soil Conservation Service (SCS) ამერიკის სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის ნიადაგების კონსერვაციის სამსახური

წყალშემკრები აუზის მიწათსარგებლობის კატეგორიები თითქმის თანაბრად მოიცავს მდელოებს, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და ტყეს. ნიადაგის ტიპები მერყეობს სუსტად გამტარი ინფილტრაციასა და საშუალოდ ტენიანს შორის. CN პარამეტრი აღწევს 67-ს.

SCS მეთოდითა და მოცემული ნალექების მნიშვნელობებით ჩამონადენის კოეფიციენტი მერყეობს 0.39-სა და 0.54-ს შორის. ვინაიდან CN პარამეტრის განსაზღვრის დროს შერჩეულ იქნა კონსერვატიული მიდგომა, საშუალო მნიშვნელობა $\Psi = 0.47$ გამოყენებულია დამატებითი გამოთვლებისათვის.

$$N_{\text{eff}} = \frac{(N - \frac{1270}{CN} + 12.7)^2}{N + \frac{24130}{CN} - 241.3} \quad \Psi = \frac{N_{\text{eff}}}{N}$$

2.1.4 ნაკადის გადაადგილების დრო

აუზის აბსოლუტური სიმაღლეები სხვაობითა - 345 მ და ნაკადის მაქსიმალური სიგრძის 5.5 კმ მნიშვნელობებით ნალექების კრიტიკული (თავსხმა წვიმის) ხანგრძლივობა შეადგენს 3 საათს.

მოდელიზირებული Kirpich ფორმულა:

$$t_{\text{An}} = 227 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0.385}$$

L - ნაკადის მაქსიმალური სიგრძე

h - წყალშემკრები აუზის მაქსიმალური და მინიმალური სიმაღლეების სხვაობა

2.1.5 წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეების შეფასება

წყლის მაქსიმალური ხარჯი მცირე წყალშემკრები აუზებისათვის შეფასებულია ნაკადი დროის მეთოდის (flow time method) გამოყენებით, სადაც წყლის ხარჯის კოეფიციენტი განისაზღვრა SCS მეთოდით.

$$HQ_T = \frac{h_N \cdot A_{\text{EO}} \cdot \Psi_m}{0.03 \cdot (t_{\text{An}} + t_{\text{Ab}})}$$

$$t_{\text{Ab}} = F \cdot t_{\text{An}}$$



წყალმომცირე აუზის ფართობი:	$A = 7.5 \text{ კმ}^2 \text{ and } 4.5 \text{ კმ}^2$
თავსება წვიმის ხანგრძლივობა:	$t_{AN} = 180 \text{ წთ (3 სთ)}$
ნალექების რაოდენობა :	$h_N = \text{იხ. ცხრილი 2}$
წყლის ხარჯის კოეფიციენტი:	$\Psi = 0.47$
მაფორმირებელი კოეფიციენტი:	$F = 1.5 \text{ (ნორმალური შემთხვევა)}$

ცხრილი 2 - წყლის მაქსიმალური ხარჯების შეფასება

განმეორებადობის პერიოდი (წელი)	10	100
მაქს. 1-დღიანი ნალექი 24 სთ (მმ)	160	248
3 საათიანი თავსება წვიმის დროს წარმოქმნილი ნალექი (მმ)	20 – 80*	31 - 124*
წყლის მაქსიმალური ხარჯი (მ³/წმ) აუზის ფართობი - 7.5 კმ²	5.2 – 20.9	8.1 - 32.4
წყლის მაქსიმალური ხარჯი (მ³/წმ) აუზის ფართობი - 4.5 კმ²	3.1 – 12.5	4.9 - 19.4

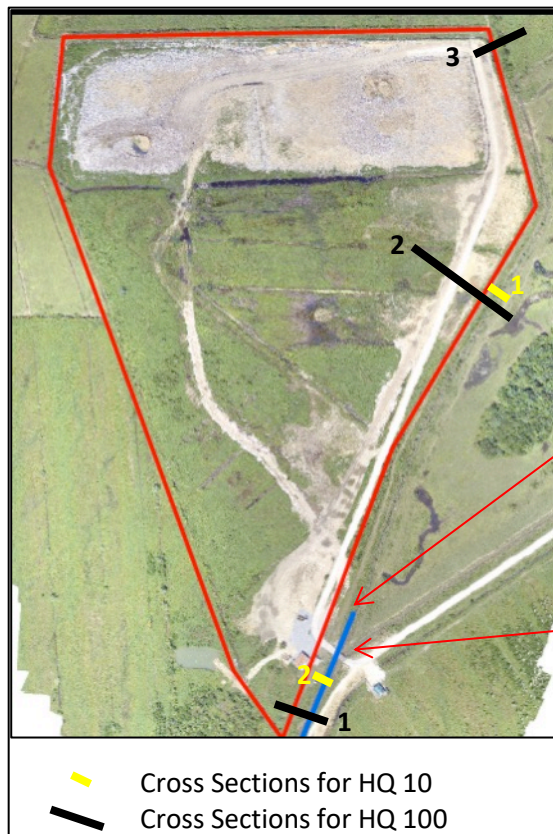
*24 საათიანი ნალექების მნიშვნელობები შემცირებულია 50%-ით (ყველაზე ცუდი სცენარი) ან შეადგენს 12.5%-ს სამ საათიანი მოვლენისათვის.

ვინაიდან წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეების გამოანგარიშების დროს ყველაზე ცუდი დაშვებებია გაკეთებული, შესაბამისად, კლიმატის ცვლილების სცენარები არ იქნა გათვალისწინებული.

2.2 წყლის დონეები ნაგავსაყრელთან

წყალდიდობის რისკი ნაგავსაყრელის ტერიტორიისათვის შეფასდა 10 და 100 წლიანი განმეორებადობის მიხედვით.

2.2.1 რელიეფი, არსებული არხები და განივი კვეთები



სურათი 3 - ნაგავსაყრელის მიმდებარედ არსებული არხებისა და განივი კვეთების სქემატური ნახაზი

2.2.2 წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეები არსებული არხის სრულად შევსების შემთხვევაში (საფუძველი HQ10)

წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეები, როდესაც არხი შევსებულია, გამოანგარიშებულ იქნა ორ სხვადასხვა კვეთში. განივი კვეთების განლაგება ყვითლად მოცემულია მე-3 სურათზე. განივი კვეთების ადგილმდებარეობიდან გამომდინარე წყლის მაქსიმალური ხარჯები დადგენილია:

- მცირე ზომის წყალშემკრებისთვის ($HQ_{10,max} = 12.5 \text{ m}^3/\text{s}$) და
- დიდი ზომის წყალშემკრებისთვის ($HQ_{10,max} = 20.9 \text{ m}^3/\text{s}$)

გამოანგარიშებები მანინგის (Gauckler-Manning-Strickler) ფორმულის გამოყენებით:

$$Q = v \cdot A$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ფართობი A:

კალაპოტის ქანობი I:

სიმქისის კოეფიციენტი k_{st} :

დამოკიდებულია განივ კვეთზე

0,2%

30 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ (ბუნებრივი კალაპოტი)

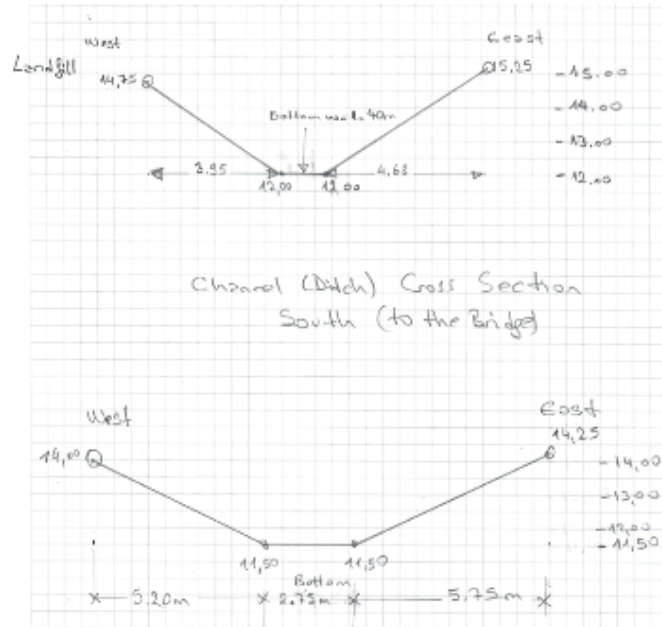
20 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ (ნაპირდამცავი ნაგებობა, ჯაგები/ზარდები)

განივი კვეთი 1:

$$A = 14.5 \text{ მ}^2$$

$$v = 1.13 \text{ მ/წმ}$$

$$Q_{\max} = 16.4 \text{ მ}^3/\text{წმ} > HQ_{10} (12.5 \text{ მ}^3/\text{წმ})$$



განივი კვეთი 2:

$$A = 20.0 \text{ მ}^2$$

$$v = 1.18 \text{ მ/წმ}$$

$$Q_{\max} = 23.6 \text{ მ}^3/\text{წმ} > HQ_{10} (20.9 \text{ მ}^3/\text{წმ})$$



2.2.3 მაქსიმალური წყლის დონეები HQ100

შემდგომ ეტაპზე გამოთვლილ იქნა 100 წლიანი განმეორებადობის წყლის ხარჯის შესაბამისი დონეები სამი განივი კვეთისათვის. (დანართი: გამოთვლების პროტოკოლი). სამი განივი კვეთის ადგილმდებარეობა შავ ფერად მოცემულია სურათ 3. განივი კვეთების ადგილმდებარეობიდან გამომდინარე წყლის მაქსიმალური ხარჯები დადგენილია

- მცირე ზომის წყალშემკრები ($HQ_{100, \max} = 19.4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ – განივი კვეთი 2 & 3) და
- დიდი ზომის წყალშემკრები ($HQ_{100, \max} = 32.4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ – განივი კვეთი 1)

გამოანგარიშებები გაუკლერ-მანინგი-სტრიკლერის (Gauckler-Manning-Strickler) ფორმულის გამოყენებით:

$$Q = v \cdot A$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ფართობი A:

კალაპოტის ქანობი I:

დამოკიდებულია განივ კვეთზე

0.2%

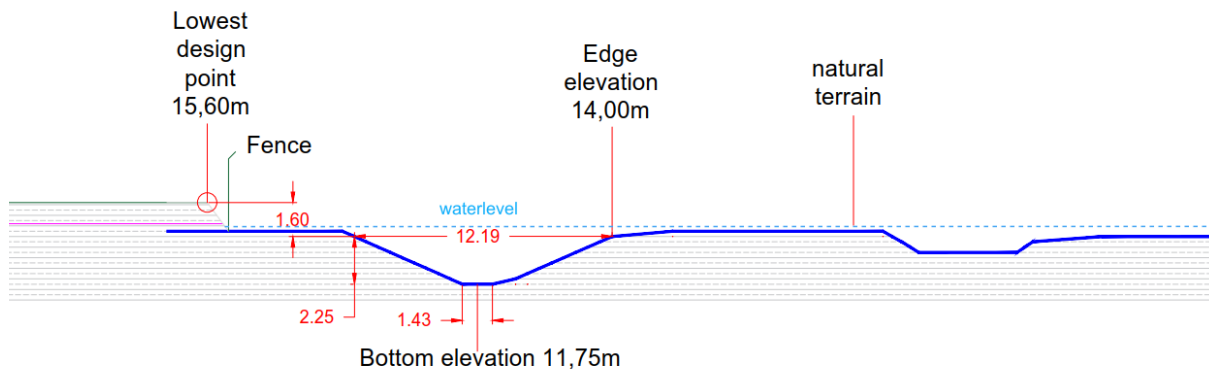
სიმქისის კოეფიციენტი ks:

30 m^{1/3}/s (ბუნებრივი კალაპოტი)

25 m^{1/3}/s (მეჩხერი ბუჩქნარი, ხშირი მცენარეულობა)

განივი კვეთი 1

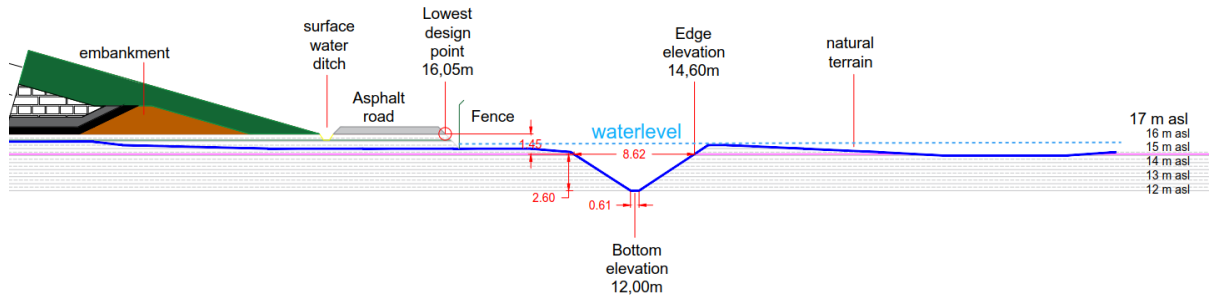
განივი კვეთი 1 მდებარეობს ნაგავსაყრელის უკიდურეს სამხრეთ წერტილში. ამ შემთხვევაში წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდე განისაზღვრა მარცხენა წყლის ობიექტის მთლიანი წყალშემკრებისათვის ($HQ_{100,max} = 32.4$ მ³/წმ). დაახლოებით 24 მ³/წმ გატარების შესაძლებლობა არის უშუალოდ არხში, ხოლო დანარჩენი გადაჭარბებული წყლის ნაკადები არხის მარცხენა და მარჯვენა მხარეზე გადმოდის. წყლის სიღრმე ბუნებრივ რელიეფზე დაახლოებით შეადგენს 0.22 მ-ს. პროექტით გათვალისწინებულია ბუნებრივი რელიეფის 1.6 მეტრით ამაღლება.



სურათი 4 - განივი კვეთი 1, 100 წლიანი წყალდიდობის შესაბამისი წყლის დონეების სქემატური გეგმა

განივი კვეთი 2

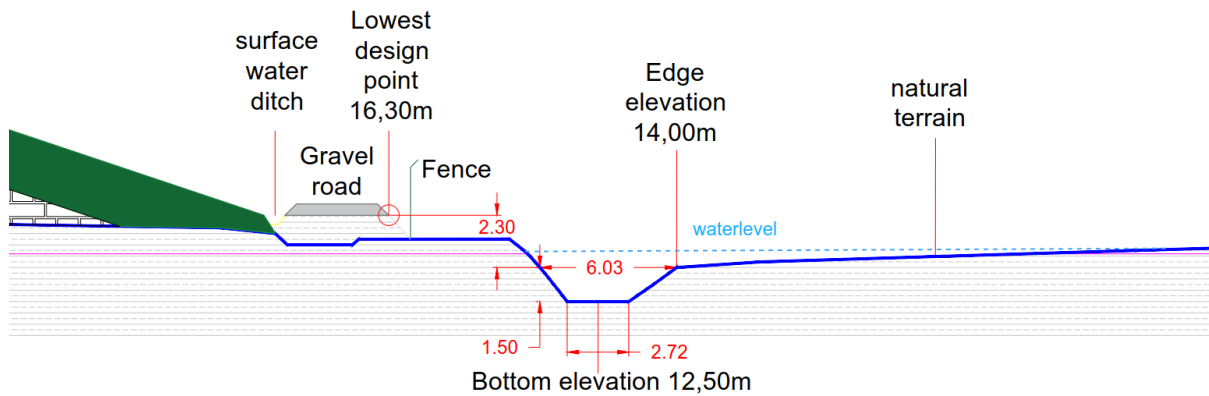
განივი კვეთი 2 მდებარეობს ნაგავსაყრელის შუაწელში. ამ შემთხვევაში წყლის მაქსიმალური სიდიდეები განსაზღვრულია შემცირებული წყალშემკრები აუზის ფართობის მიხედვით ($HQ_{100,max} = 19.4$ მ³/წმ). წყლის სიღრმე ბუნებრივ რელიეფზე დაახლოებით შეადგენს 0.05 მ-ს, ხოლო პროექტით გათვალისწინებულია 1.05 მეტრით ბუნებრივი რელიეფის ამაღლება.



სურათი 5 - განივი კვეთი 2, 100 წლიანი წყალდიდობის შესაბამისი წყლის დონეების სქემატური გეგმა

განივი კვეთი 3

განივი კვეთი 3 მდებარეობს ნაგავსაყრელის ჩრდილოეთით. ამ შემთხვევაში წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეები განსაზღვრულია შემცირებული წყალშემკრები აუზის ფართობის მიხედვით ($HQ_{100, \max} = 19.4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$). ამ შემთხვევაში წყალი აღწევს მხოლოდ არხის აღმოსავლეთით განთავსებულ ნაპირდამცავ ნაგებობას.



სურათი 6 - განივი კვეთი 3, 100 წლიანი წყალდიდობის შესაბამისი წყლის დონეების სქემატური გეგმა

3. დასკვნა

2.2.2 ქვეთავში წარმოდგენილი გამოთვლების თანახმად, არსებულ არხს (ორი განივი კვეთის შემთხვევაში) ნაგავსაყრელის გასწვრივ შეუძლია უზრუნველყოს 10 წლიანი განმეორებადობის შესაბამისი წყლის ხარჯის გატარება. როგორც ჩანს სამხრეთით არსებული ხიდი არ ამცირებს განივი კვეთის ფართობს და არ არის კრიტიკული 10 წლიანი განმეორებადობის შესაბამისი წყლის ხარჯის შემთხვევაში.

2.2.3 ქვეთავში წარმოდგენილი გამოთვლების საფუძველზე სამი განივი კვეთის შემთხვევაში წყლის დონეები მერყეობს 1 და 1.55 მ-ს შორის, რომელიც საპროექტო ნიშნულებზე დაბალია. ბუნებრივი რელიეფის პირობებში, დატბორვის არეალი უფრო მეტად ვრცელდება არხის აღმოსავლეთით. უხეში გამოთვლების თანახმად, ნაგავსაყრელი არ წარმოადგენს მდ. უმჩარას/უთუორის დატბორვის რისკის ზონას.

100 წლიანი განმეორებადობის მოვლენის განვითარების შემთხვევაში, ნაგავსაყრელის სამხრეთით არსებული ხიდი შემზღუდველი ფაქტორი უნდა იყოს. არსებული განივი კვეთი შესაძლოა არ იყოს საკმარისი წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდეების გატარების უზრუნველსაყოფად, კალაპოტიდან გადმოსვლის, დაზიანების ან/და წყალდიდობის თავიდან აცილების გარეშე. ამ ეტაპზე შეუძლებელია განისაზღვროს წყლის ხარჯის მაქსიმალური მნიშვნელობა $32,4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ იწვევს თუ არა მიმდებარე ტერიტორიების დატბორვას ან/და წყლის სიღრმეების აწევას ზემო წელში. თუმცა ხიდს შესაძლებელია ჩაუტარდეს რეკონსტრუქცია. გამოთვლების თანახმად, იმისათვის, რომ ხიდმა უზრუნველყოს 100 წლიანი განმეორებადობის წყალდიდობის გატარება საჭიროა ხიდის ქვეშ განივი კვეთის ფართობი შეადგენდეს 23 მ^2 -ს.