

ბახვი 1-ის ჰიდროელექტროსადგურის
პროექტი

მაკრო და მიკროკლიმატის
ანგარიში



თარიღი: ნოემბერი 2021

აბრევიატურები

CIA	კუმულაციური ზემოქმედების შეფასება
CPS	პრიორიტეტული საკონსერვაციო სახეობები
E&S	გარემოს და სოციალური
ESIA	ბუნებრივ და სოციალური გარემოზე ზემოქმედების შეფასება
GSE	საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა
HPP	ჰიდროელექტროსადგურის პროექტი
ICOLD	მასშტაბური კაშხლების საერთაშორისო კომისია
IFC	საერთაშორისო საფინანსო კორპორაცია
IFI	საერთაშორისო ფინანსური ინსტიტუტი
IUCN	ბუნების კონსერვაციის საერთაშორისო კავშირი
TL	ელექტროგადამცემი ხაზი
VEC	ბუნებრივი და სოციალური გარემოს მნიშვნელოვანი კომპონენტი

სარჩევი

შესავალი	6
1 განმარტებები.....	7
1.1 კლიმატი.....	7
1.2 გლობალური კლიმატი და მიკროკლიმატი	7
1.3 კლიმატის ცვალებადობა	8
1.4 კლიმატის ცვლილება	8
1.5 მიკროკლიმატი	10
2 მარკო და მიკროკლიმატის ფიზიკური მახასიათებლები	11
2.1 მარკო და მიკროკლიმატის დახასიათება.....	11
2.2 მარკო და მიკროკლიმატზე ზემოქმედი ფაქტორები	11
2.2.1 განედი	11
2.2.2 ალბედო.....	11
2.2.3 ჩრდილი	12
2.2.4 სიმაღლე ზღვის დონიდან	14
2.2.5 ქარების ზემოქმედება	14
2.2.6 მცენარეული საფარი	14
2.2.7 წყლის ობიექტების სიახლოვე	15
2.2.8 შენობა-ნაგებობების ეფექტი	15
2.2.9 ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაცია.....	15
3 შეფასების მეთოდოლოგია.....	16
3.1 საერთაშორისო ცნობარები და სახელმძღვანელოები.....	16
3.1.1 საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტები.....	16
3.1.2 კარგი საერთაშორისო პრაქტიკა	20
3.1.3 ქვეყნების გამოცდილება	23
3.1.4 დასკვნები კლიმატის რისკის შეფასების საერთაშორისო ნორმების და მაგალითების შესწავლის შესახებ	24
3.2 ბაზვი 1-ის კლიმატის შეფასება სივრცობრივ და დროის საზღვრებში	25
3.3 გაანგარიშების მეთოდოლოგია	26
3.3.1 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე	26
3.3.2 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე	26
3.4 ბაზვი 1-ის ჰესის პროექტის ძირითადი პარამეტრები.....	27
4 მაკროკლიმატზე ზემოქმედება	28
4.1 მაკროკლიმატის არსებული ცვლილებები.....	28
4.1.1 ტემპერატურები.....	28
4.1.2 ნალექიანობა	29
4.2 ბაზვი 1-ის პროექტის მიერ გამოწვეული დამატებითი ცვლილებები.....	30
4.2.1 სათბურის აირის ემისიები მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფაზებში	30
4.2.2 სათბურის აირის ემისიების პრევენცია საოპერაციო ფაზაში	31
4.2.3 დასკვნა: მაკროკლიმატის ზემოქმედება ბაზვი 1-ზე	32
5 მიკროკლიმატზე ზემოქმედება.....	33
5.1 არსებული მიკროკლიმატები და ცვლილებები	33

5.1.1	ბახვი 1 ჰესის გავრცელების ზონაში და მის გარშემო	33
5.1.2	ბახმარო	35
5.1.3	გეოგრაფიული კავშირი ბახვი 1-ის ჰესსა და კურორტ ბახმაროს შორის.....	36
5.2	ბახვი 1 პროექტით განპირობებული ცვლილებები	37
5.2.1	ალბედოს ცვლილება	38
5.2.2	მცენარეული საფარის ცვლილება	39
5.2.3	წყლის ობიექტების ზედაპირის ცვლილება	40
5.3	ზემოქმედება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ფაქტორებზე	40
5.3.1	ბახვი 1-ის მიერ დამატებითი ნისლის წარმოქმნის რისკი	40
5.3.2	ბახვი 1 ჰესის გამო ბახმაროში ნისლის შემცირების რისკი	41
5.3.3	გაზრდილი ან შემცირებული ტემპერატურების რისკი.....	42
5.3.4	გაზრდილი ან შემცირებული ტენიანობის რისკი	42
6	დასკვნა.....	44

ცხრილები

ცხრილი 1 - ალბედოს ნიმუშები.....	12
ცხრილი 2 - საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნები კლიმატის რისკის შეფასებასთან დაკავშირებით.....	17
ცხრილი 3 - კაშხლების და ჰესების აღიარებული ასოციაციების რეკომენდაციები კლიმატის რისკის შეფასების თაობაზე.....	20
ცხრილი 4 – მშენებლობის სა ემისიები	31
ცხრილი 5 - ბახვი 1-ის შედეგად გამოწვეული ალბედოს ცვლილებები	38

ნახაზები

ნახაზი 1 - პლანეტა დედამიწის ტემპერატურა	9
ნახაზი 2 - დედამიწის კლიმატურ სისტემაში ენერგიების წვლილის შედარება	10
ნახაზი 3 - გურიის რეგიონის ტემპერატურული პროექციები (°C)	29
ნახაზი 4 - გურიის რეგიონის თვიური ნალექიანობის პროექცია (მმ)	30

სურათები

სურათი 1 - თოვლიანი მთები ირეკლავს მზის სინათლის 80%-ს, ფოთლოვანი ტყეები შთანთქმავს 85%-ს	12
სურათი 2 – მიკროკლიმატური ზონები მდ. დევაშის ხეობაში, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ფერდობები	14
სურათი 3 - ნისლის ფორმირების მაგალითი დიდი წყალსაცავის თავზე	24

სურათი 4 – ლანდშაფტი ბახვი 1 ის წყალამღების გარშემო	33
სურათი 5 - მდ. ბახვისწყლის ნაპირებზე იგივე მცენარეებია გავრცელებული, რაც ფერდობებზე	35
სურათი 6 - სახლების მშენებლობა ბახმაროში (2017-2020)	36
სურათი 7 - ბახვის 1-ის წყალამღების მდებარეობა ბახმაროს კურორტთან მიმართებაში	37

შესავალი

სი-სი-ი-ეიჩ ჰაიდრო VI ახორციელებს ბაზვი 1-ის ჰიდროელექტროსადგურის პროექტს, („ჰესი“) („პროექტი“) მდინარე ბახვისწყალზე, გურიის რეგიონში (საქართველო). ბაზვი 1 ჰესი მდინარე ბახვისწყლის უკიდურეს ზედა ბიეფში მდებარე ჰიდროელექტროსადგურის პროექტია.

შპს „სი-სი-ი-ეიჩ ჰაიდრო VI“ -ის საქმიანობა ხორციელდება საქართველოს კანონმდებლობისა და რეგულაციების შესაბამისად და საერთაშორისო ფინანსური ინსტიტუტების IFC -ისა და EIB-ს გარემოსდაცვითი და სოციალური საკითხების მართვის სტანდარტების დაცვით. („დადგენილი გარემოს და სოციალური მოთხოვნები“).

ამ ანგარიშის მიზანია ბაზვი 1 ჰესის მიერ მარკო და მიკროკლიმატზე ზემოქმედების პოტენციური რისკების შეფასება მდინარე ბახვისწყლის აუზში და ასევე ან ბახმაროს სამთო კურორტის მიმართ.

1 განმარტებები

1.1 კლიმატი

ამ ანგარიშში ტერმინი „კლიმატი“ გამოყენებულია ზოგადად გავრცელებული ამინდის პირობების შემადგენელი კომპონენტის მიმართ მოცემულ რეგიონში, როგორცაა ტემპერატურა, ჰაერის წნევა, ტენიანობა, ნალექი, მზის ნათება, ღრუბლიანობა და ქარები წლის განმავლობაში, როდესაც წლების მიხედვით ხორციელდება შეფასება. ტერმინი „კლიმატს“ არ გააჩნია მკაცრი სამეცნიერო და უნივერსალურად აღიარებული განმარტება: თუმცა, „კლიმატის“ ცნება ზოგადად აღიქმება საკვლევ ტერიტორიაზე საშუალო ამინდის პირობებთან და უკიდურეს მეტეოროლოგიურ მოვლენებთან მიმართებაში. უფრო ზუსტად, „კლიმატი“ ეხება მეტეოროლოგიურ საშუალო მაჩვენებლებსა და ცვლადებს თვეებიდან („სეზონური კლიმატი“) მილიონობით წლებამდე პერიოდში.

რაიმე კონკრეტული „კლიმატის“ აღწერისას, მნიშვნელოვანია, განისაზღვროს დროის და სივრცის საზღვრები, ვინაიდან კლიმატი არ არის დროში განსაზღვრული ან გეოგრაფიულად მუდმივი ფენომენი.

1.2 გლობალური კლიმატი და მიკროკლიმატი

"გლობალური კლიმატი" არის ტერმინი, რომელიც ეხება დედამიწაზე გავრცელებულ კლიმატს, სივრცითი შეზღუდვების გარეშე.

გლობალური კლიმატი გამომდინარეობს ხუთი ძირითადი კომპონენტის ურთიერთქმედების შედეგად, რომლებიც ქმნიან „კლიმატურ სისტემას“: ატმოსფერო (ჰაერი), ჰიდროსფერო (წყალი), კრიოსფერო (ყინული და პოლარული ყინული), ლითოსფერო (დედამიწის ზემო კლდოვანი ფენა) და ბიოსფერო (ცოცხალი ორგანიზმები).

ატმოსფეროში და ოკეანეებში სიცხის ცირკულაცია ძირითადად განპირობებულია მზის გამოსხივებით, რომელიც სიცხეს ტროპიკული რეგიონებიდან გადაანაცვლებს იმ რეგიონებში, სადაც მზის ენერგიის სიმცირეა.

"მაკროკლიმატი" ეხება გლობალურ კლიმატს კონკრეტულად განსაზღვრულ რეგიონში. შესასწავლი რეგიონი შეიძლება მოიცავდეს კონტინენტის მნიშვნელოვან ნაწილს (მაგალითად, ციმბირული კლიმატი) ან ქვეყნის კონკრეტულ რეგიონს (გურიის რეგიონის კლიმატი).

მაკროკლიმატზე ზეგავლენას ახდენს რეგიონის მდებარეობის გრძედი/განედი, ლანდშაფტი და სიმაღლე ზღვის დონიდან, ასევე სიახლოვეში მდებარე წყლის ობიექტები და მათი ნაკადები, ყინულოვანი ველები და მყინვარები. შედეგად,

არაერთგვაროვანი გეოგრაფიის რეგიონში, მიკროკლიმატი შეიძლება მოიცავდეს არსებითად განსხვავებული ამინდის მქონე ტერიტორიებს.

1.3 კლიმატის ცვალებადობა

"კლიმატის ცვალებადობა" ეხება შესასწავლი კლიმატის მახასიათებლების საშუალო მდგომარეობის ცვლილებებს მოცემულ სივრცით ან დროის ყველა შკალაზე. ის არ ეხება ამინდის სეზონურ ცვალებადობას, რომელიც დამახასიათებელია ამ კლიმატისთვის.

კლიმატის ცვალებადობის შეფასება ორიენტირებულია უკიდურესი მოვლენების ალბათობაზე (გვალვა, სითბური ტალღები, სხვა). მაღალი ცვალებადობის კლიმატს ახასიათებს უჩვეულო მოვლენების მაღალი სიხშირე.

1.4 კლიმატის ცვლილება

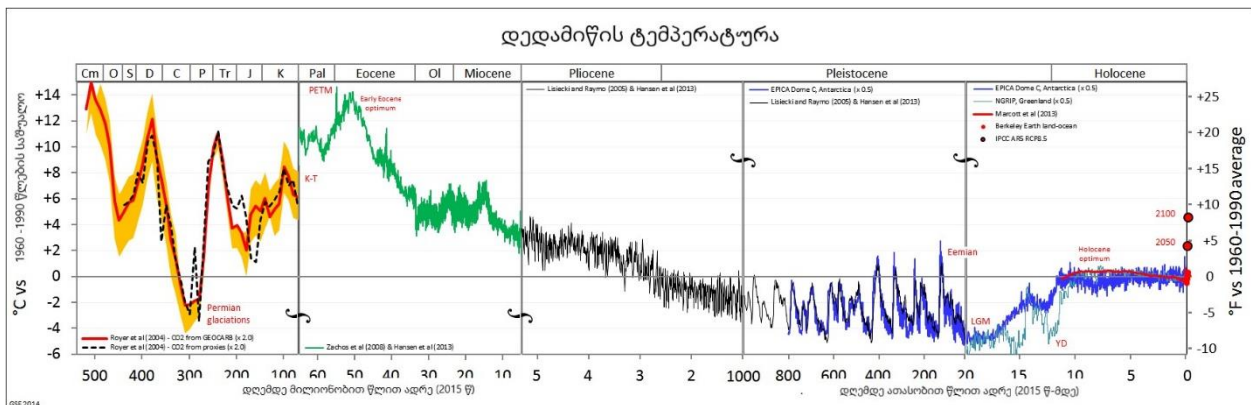
"კლიმატის ცვლილება" ეხება მოცემულ სივრცით საზღვრებში კლიმატის მახასიათებლების საშუალო მდგომარეობის ცვლილებას ან ცვალებადობას დროთა განმავლობაში. ის ასახავს ატმოსფეროში მიმდინარე ცვლილებებს რამდენიმე ათეული წლიდან მილიონობით წლის პროექციაზე.

გლობალურ კლიმატზე ცვლილებები დედამიწის არსებობის საწყისი რამდენიმე მილიარდი წლის განმავლობაში განაპირობა დედამიწაზე მიმდინარე შიდა პროცესებმა და მზის სინათლის ინტენსიურობის ცვლილებებმა.

დედამიწის სითბურმა ნაკადმა მნიშვნელოვანი ზეგავლენა იქონია გლობალურ კლიმატზე მილიარდობით წლის წინ, თუმცა ეს უკვე წარსულია და დედამიწა მზარდი ტემპით გაგრილდა: უწყვეტი სითბური ნაკადი დედამიწიდან (0.09 ვ/მ^2) მზის შემომავალი რადიაციის მხოლოდ 0.026 \% -ს (341.3 ვ/მ^2) შეადგენს.

ნახაზი 1-ზე ნაჩვენებია საშუალო გლობალური ჰაერის ტემპერატურა ბოლო 540 მილიონი წლის განმავლობაში, რთული ორგანიზმების პირველი ძირითადი გავრცელების შემდგომ ჩვენს პლანეტაზე¹.

ნახაზი 1 - პლანეტა დედამიწის ტემპერატურა



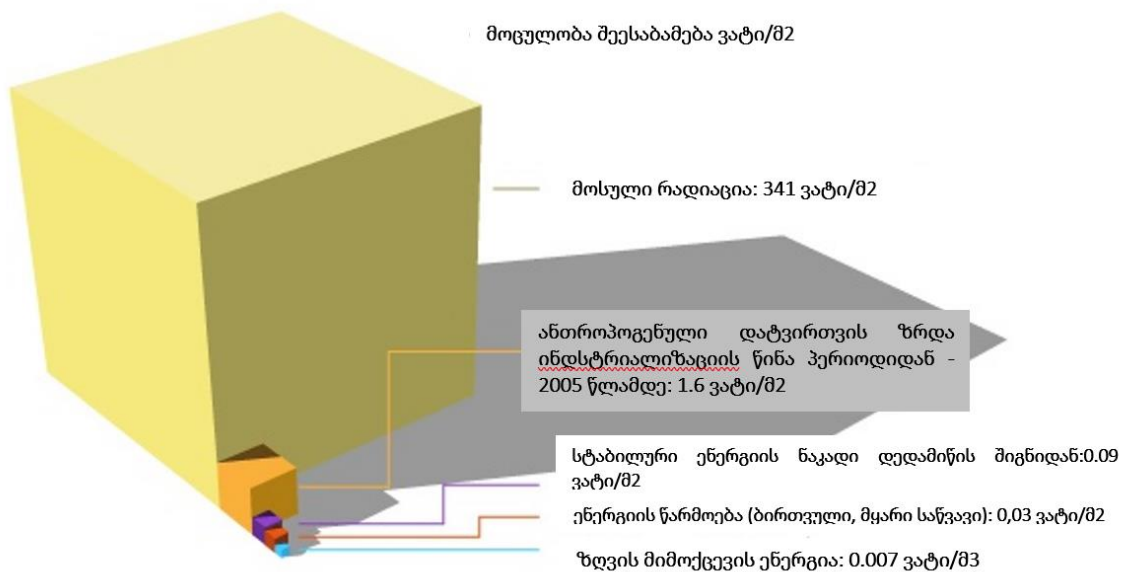
მეცხრამეტე საუკუნიდან, ადამიანის საქმიანობამ ზემოქმედების მოხდენა დაიწყო კლიმატზე სათბურის აირების ემისიით, რამაც შესაბამისად განაპირობა გლობალური დათბობის ეფექტი.

ზემოაღნიშნული წარმოდგენილია ნახაზი 2 ზე, სადაც ჩანს ენერგიის ნაკადები სხვადასხვა წყაროებიდან² (თითოეული კუბის მოცულობა ენერგიის ნაკადის პროპორციულია). პლანეტის ენერგიის ნაკადის ნეტო ზრდა, რაც განპირობებულია ადამიანის საქმიანობებით (ძირითადად ნახშირორჟანგის ემისიით) ინდუსტრიული რევოლუციის შემდეგ, ამჟამად ოცჯერ აჭარბებს დედამიწის შიდა ფენიდან უცვლელ სითბოს ნაკადს.

¹ ავტორი: გლენ ფერგუსი - მონაცემების დეტალური წყარო: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_palaeotemps.png

² წყარო: მზის გამოსხივება არის ჩამოტყორცნილი ენერგია, რომელიც გასაშუალოებულია დედამიწის ფართობზე (იყოფა ოთხზე); მზის გამოსხივება იცვლება 11 წლიან ციკლში და ბოლო ციკლების განმავლობაში შეიძლება მიაღწიოს 341.7 ვ/მ²-ს. ანთროპოგენული ზემოქმედება პრე-ინდუსტრიული პერიოდიდან გამომდინარეობს IPCC-დან. სითბური ნაკადი დედამიწის შიდა ფენიდან შეადგენს 47 ტერავატს, რომელიც გასაშუალოებულია ზედაპირულ ფართობზე. ადამიანის საქმიანობის შედეგად გამომუშავებული ენერგიის ნაკადის შეფასება ეფუძნება ფლანერის ნაშრომს (2009) „ანთროპოგენული სითბური ნაკადის ინტეგრირება გლობალურ კლიმატურ მოდელში“.

ნახაზი 2 - დედამიწის კლიმატურ სისტემაში ენერგიების წვლილის შედარება



1.5 მიკროკლიმატი

“მიკროკლიმატი” განისაზღვრება როგორც ატმოსფერული და ამინდის პირობების ლოკალური ერთობლიობა, რომელიც დომინირებს მოცემულ ტერიტორიაზე, ჩვეულებრივ მცირე ხარისხით. ტერმინი შეიძლება შეეხებოდეს ისეთ მცირე მონაკვეთს, რომელიც რამდენიმე კვადრატულ მეტრს მოიცავს (მაგალითად, ხის ჩრდილი ან გამოქვაბული) ან რამდენიმე ათას კვადრატულ კილომეტრს.

მიკროკლიმატი არსებობს მრავალი ფორმით, მაგალითად, წყლის ობიექტების ან ტყეების მახლობლად, რაც აგრილებს ადგილობრივ ატმოსფეროს, ან ურბანული არეალები, სადაც აგური, ბეტონი და ასფალტი შთანთქმავს მზის ენერგიას, ხურდება, და ხელახლა ასხივებს ამ ენერგიას ატმოსფერულ ჰაერში.

ადგილებში, სადაც მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული მრავალფეროვნებაა (მაგალითად, მთები), მაკროკლიმატური პარამეტრები შეიძლება შეიცვალოს მნიშვნელოვანი სივრცითი ცვალებადობის გამო და, შესაძლოა, მიკროკლიმატების ცალკე ნაკრები ჩამოყალიბდეს. ამ შემთხვევაში, მნიშვნელოვანია, გავითვალისწინოთ, რომ მიკროკლიმატის ცნება ყოველთვის შეფარდებით კავშირშია გარშემო მაკროკლიმატთან. მიკროკლიმატური ზონა თავისთავად არ არსებობს, არამედ მხოლოდ უფრო ფართოდ გავრცელებული კლიმატის ანომალიას წარმოადგენს.

2 მაკრო და მიკროკლიმატის ფიზიკური მახასიათებლები

2.1 მაკრო და მიკროკლიმატის დახასიათება

მაკროკლიმატის ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრებია:

- ტემპერატურული რეჟიმი
- ჰაერის ტენიანობა
- ნალექიანობა
- მზის გამოსხივება (მზის ნათება და ღრუბლიანობა)
- ქარის რეჟიმი

იგივე პარამეტრები შეიძლება გამოვიყენოთ მიკროკლიმატის დასახასიათებლად. თუმცა, მიკროკლიმატის ცნება ამ პარამეტრებიდან ერთ ან რამდენიმე მნიშვნელოვან, სისტემურ და ლოკალურ ვარიაციას მოიცავს გარემო მაკროკლიმატურ პირობებთან შედარებით. ამასთან, მიკროკლიმატის ფორმირება შეიძლება სხვადასხვა ზემოქმედებების ერთიანობის შედეგი იყოს. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია იმ ფაქტორების გათვალისწინება, რომლებიც გავლენას ახდენენ მაკრო და მიკროკლიმატზე.

2.2 მაკრო და მიკროკლიმატზე ზემოქმედი ფაქტორები

2.2.1 განედი

გლობალურად, წლის განმავლობაში, დედამიწის სისტემა - ხმელეთი, ოკეანეები და ატმოსფერო - შთანთქავს მზის ენერგიის საშუალოდ 240 ვატს 1 კვ/მ-ზე. თუმცა, მზე დედამიწას არ ათბობს თანაბრად, ვინაიდან დედამიწა სფეროა: მზე ეკვატორულ რეგიონებს უფრო მეტად ათბობს, ვიდრე პოლარულ რეგიონებს, რადგან მზის გამოსხივების გავრცელების კუთხე იზრდება განედის პროპორციულად.

მართალია, განედი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მაკროკლიმატს, ის არ წარმოადგენს მიკროკლიმატის განმსაზღვრელ ფაქტორს, ვინაიდან მიკროკლიმატური ზონები იმავე განედზე მდებარეობენ, სადაც მაკროკლიმატური ზონები, რომელთაც მათ ვადარებთ.

2.2.2 ალბედო

ალბედო წარმოადგენს მზის მთლიანი გამოსხივებიდან დიფუზურ არეკვლას და იზომება შკალაზე 0-დან – 1-მდე. 0 შეესაბამება შავ სხეულს, რომელიც სრულად

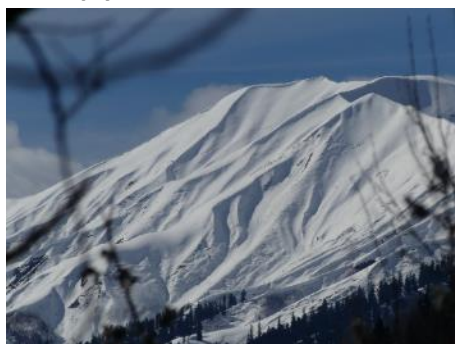
შთანთქავს ჩამოტყორცნილ გამოსხივებას. 1 კი იმ სხეულის შესაბამისია, რომელიც სრულად აირეკლავს ჩამოტყორცნილ გამოსხივებას.

უფრო მარტივი სიტყვებით, ალბედო არის მზის სხივების პროპორციის საზომი, რომელიც აირეკლება და შესაბამისად არ მონაწილეობს მზის ზემოქმედების ქვეშ მყოფი ზედაპირის გახურებაში. არეკლილი პროპორცია განისაზღვრება არამხოლოდ ზედაპირის მახასიათებლებით, არამედ მზის გამოსხივების სპექტრული და კუთხოვანი განაწილებით, რომელიც აღწევს ზედაპირამდე. ეს ფაქტორები განსხვავებულია ატმოსფერული შემადგენლობის, გეოგრაფიული მდებარეობისა და დროის მიხედვით.

ცხრილი 1 - ალბედოს ნიმუშები

ზედაპირი	ტიპური ალბედო
ტბა	0.02 - 0.04
ახლად დაგებული ასფალტი	0.04
გაცვეთილი ასფალტი	0.12
წიწვოვანი ტყე (ზაფხული)	0.08 - 0.15
ფოთლოვანი ტყე	0.15 - 0.18
კლდე, ნიადაგი საფარის გარეშე	0.17
მწვანე ბალახი	0.25
მთის მდინარე	0.30 - 0.40
უდაბნოს ქვიშა	0.40
ახალი ბეტონი	0.55
ახალი თოვლი	0.80

სურათი 1 - თოვლიანი მთები ირეკლავს მზის სინათლის 80%-ს, ფოთლოვანი ტყეები შთანთქავს 85%-ს



2.2.3 ჩრდილი

ზოგიერთ ადგილზე მზის პირდაპირი სხივი არასდროს არ ხვდება და, ამდენად, ალბედოს კონცეფცია არ არის რელევანტური ამ ადგილებისთვის. მზის პირდაპირი

სხივის ნაკლებობას მოცემულ უბანზე პირდაპირი ზეგავლენა აქვს ენერგიის იმ ოდენობაზე, რომელსაც ეს უბანი იღებს და შესაბამისად ამ ადგილის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე.

ჩრდილს განაპირობებს რიგი ფაქტორები, მათ შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია შემდეგი:

- **ფერდობები:** ჩრდილოეთის მხარეს მიმართული ფერდობები ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში და სამხრეთ მხარეს მიმართული ფერდობები სამხრეთ ნახევარსფეროში უფრო ნაკლებ მზის სხივებს იღებენ ვიდრე საპირისპირო ფერდობები და შესაძლებელია წელიწადის მონაკვეთში ან მთელი წლის განმავლობაში საერთოდ ვერ მიიღონ მზის პირდაპირი სხივები. დაბლობის ყველაზე დაბალ ნიშნულზე მდებარე ტერიტორია უფრო მალე ან მეტად იყინება ვიდრე ახლოს მდებარე გორაკი, ცივი ჰაერის მოძრაობის გამო, რაც განპირობებულია ადგილობრივი ლანდშაფტის მორფოლოგიით და მზის პირდაპირი სხივების სიმცირით.
- **მცენარეული საფარი** შეიძლება იმდენად ხშირი იყოს, რომ შეაფერხოს მზის სხივის მოხვედრა გრუნტზე, რაც ქმნის სპეციფიკურ მიკროკლიმატურ პირობებს საფარის ქვეშ. ცნობილია, რომ ხშირი ტყეები ქმნის ჩრდილიან გარემოს.
- **ხელოვნური ნაგებობებით** იქმნება ხელოვნური ჩრდილოვანი ადგილები, მიზნობრივად (სახურავი) ან მის გარეშე (შენობის ჩრდილოეთი მხარე).

სურათი 2 გადაღებულია მდინარე დევაშის ხეობაში, ქვემო სვანეთში, 2018 წლის თებერვალში. მასზე ნაჩვენებია, თუ როგორ შეიძლება განვითარდეს ძალზე განსხვავებული მიკროკლიმატური პირობები მზიან მთის ფერდობებზე (უკანა ნაწილში) იმ ფერდობებთან შედარებით, რომლებიც ვერ იღებენ მზის სინათლეს (წინა ნაწილში).

სურათი 2 – მიკროკლიმატური ზონები მდინარე დევაშის ხეობაში, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ფერდობები



2.2.4 სიმაღლე ზღვის დონიდან

სიმაღლის მატებასთან ერთად კლებულობს ატმოსფერული წნევა, რაც უშუალო კავშირშია ტემპერატურასთან და ტენიანობასთან. ამის შედეგია უფრო გრილი და მშრალი ჰაერი სიმაღლეზე მოცემულ კლიმატურ ზონაში.

ჰაერის ტემპერატურის საშუალო კლება შეადგენს $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{მ}$ (0.5°C ნალექიანი ამინდის პირობებში, და 1°C მშრალი ამინდის პირობებში), წყლის აორთქლება ჰაერში კლებულობს დაახლოებით 7%-ით, როდესაც ტემპერატურა 1°C -ით იკლებს.

2.2.5 ქარების ზემოქმედება

კონკრეტულ ტერიტორიაზე გავრცელებული ქარები პირდაპირ ზეგავლენას ახდენს ამ ტერიტორიის ქარების რეჟიმზე, ასევე არაპირდაპირ ზემოქმედებას ტემპერატურულ და ტენიანობის რეჟიმზე. ქარიანი ადგილები უფრო გრილია (რადგან განდევნის სიცხეს, რომელიც შეიძლება შენარჩუნებულიყო ზედაპირზე ქარის არასებობის შემთხვევაში) და უფრო მშრალია (ვინაიდან ნიადაგი და მცენარეები ქარიან ადგილებში უფრო ნაკლებად იკავებენ წყალს).

2.2.6 მცენარეული საფარი

მცენარეული საფარის ტიპი და სიხშირე ბუნებრივ გარემოში ზეგავლენას ახდენს მიკროკლიმატურ პირობებზე, რაც გამოიხატება სხვადასხვა ზემოქმედებით წყლის

ციკლზე (ინფილტრაციის და აორთქლების გაძლიერება), ასევე ზედაპირის ალბედოზე, ჩრდილის სიხშირესა და ქარის გავრცელებაზე.

2.2.7 წყლის ობიექტების სიახლოვე

წყლის ობიექტები, მიუხედავად იმისა, რომ მათ მცირე თერმული რეაგირება ახასიათებთ მზის პირდაპირ სხივებზე, გამოსხივების კარგი მშთანთქმელები არიან და ახდენენ აორთქლებით გაგრილებას, რომლის დროსაც წყალი ორთქლდება მზის გამოსხივების წყლის ზედაპირზე შეხებისას, ხოლო სიცხე იფანტება, რაც აგრილებს მომიჯნავე სივრცეს.

2.2.8 შენობა-ნაგებობების ეფექტი

შენობა-ნაგებობებით იქმნება მიკროკლიმატები მიწის ზედაპირის დაჩრდილვით, ქარის მიმართულებისა და ალბედოს ცვლილებით.

ადგილობრივ კლიმატზე ზემოქმედების ერთ-ერთ კარგ მაგალითს წარმოადგენს სითბური კუნძულის ეფექტი დიდ ქალაქებში, სადაც საშუალო ტემპერატურა უფრო მაღალია გარშემო ტერიტორიასთან შედარებით.

ნაგებობების ზედაპირები, გზის საფარი და სხვა შთანთქავს და ხელახლა ასხივებს მზის ენერგიას, რაც გარემო ჰაერზე გათბობის ეფექტის მატარებელია. აგრეთვე, დიდი რაოდენობით შენობები იწვევს ქარის მოძრაობის შეფერხებას, ამცირებს მის სიჩქარეს და შედეგად თბილი ჰაერი ქალაქში უცვლელად რჩება. აღნიშნული აგრეთვე განაპირობებს ჰაერის დაბინძურებას და ასევე ტემპერატურის მატებას.

2.2.9 ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაცია

სათბურის აირების კონცენტრაცია ატმოსფეროში ზეგავლენას ახდენს მის ენერგობალანსზე და შესაბამისად გლობალურ ცირკულაციაზე. საშუალო ატმოსფერული ტემპერატურის ზრდა 1.5, 2 ან 4°C-ით, რაც საერთაშორისო განხილვის საგანს წარმოადგენს, მისი შედეგით არ გულისხმობს უბრალოდ ადგილობრივი ტემპერატურის ზრდას ეკვივალენტური პროპორციებით, არამედ, ატმოსფეროში არსებული ენერგიის ზრდას, რაც გამოიწვევს უკიდურეს მეტეოროლოგიურ მოვლენებს.

სათბურის აირების კონცენტრაციის შედეგები მხოლოდ გლობალური მნიშვნელობისაა: სათბურის აირების კონცენტრაცია ჰაერში ვერ იქნება მოცემული მიკროკლიმატის გამომწვევი, თუმცა მიკროკლიმატებზე ზეგავლენას ახდენს გლობალური დათბობა, რომელიც გამოწვეულია სათბურის აირის კონცენტრაციით.

3 შეფასების მეთოდოლოგია

3.1 საერთაშორისო ცნობარები და სახელმძღვანელოები

3.1.1 საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტები

უმსხვილესმა საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტებმა გამოსცეს ჰიდროენერგეტიკულ სქემებთან დაკავშირებული სახელმძღვანელოები გარემოს, კლიმატის და სოციალური საკითხების შესაფასებლად და შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებების გასატარებლად. მომდევნო ცხრილში მოცემულია საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნების ყოვლისმომცველი შეჯამება კლიმატთან დაკავშირებით ჰიდროენერგეტიკული სქემების შესაფასებლად.

ცხრილი 2 - საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მოთხოვნები კლიმატის რისკის შეფასებასთან დაკავშირებით

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
ევროპის საინვესტიციო ბანკი	გარემოს, კლიმატის და სოციალური საკითხების სახელმძღვანელო ჰიდროენერგეტიკის განვითარების შესახებ (2019)	ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი პოტენციური სოციალური ზემოქმედების სია მოიცავს „ეკოსისტემის სერვისების დარღვევას, მათ შორის გამოწვეული წყლისა და მყარი ნატანის ნაკადების მოძრაობის ცვლილების შედეგად და მიკროკლიმატის ცვლილებებით, რამაც ზემოქმედება შეიძლება იქონიოს სასოფლო სამეურნეო მოსავლიანობაზე“. არ არის განსაზღვრული კონკრეტული მეთოდოლოგია ან ამოცანა.	"ნახშირბადის კვალის შეფასება უნდა განხორციელდეს ყველა ჰიდროენერგო პროექტისათვის [...] პოტენციურად ნახშირბადის გამომუშავებელი ყველა ჰესის პროექტებისთვის (მაგალითად, დიდი წყალსაცავით ან/და წელიწადში 20 kt CO ₂ -ის ეკვივალენტზე მეტი ემისიებით), ალტერნატიული პროექტის დიზაინი უნდა იქნეს გათვალისწინებული ემისიების მინიმუმადე შესამცირებლად [...] EIB არ განიხილავს ჰიდროენერგო პროექტების დაფინანსებას, რომელთა ემისიაც აჭარბებს CO ₂ /კვტსთ-ის 550 გრამს"	"კლიმატის რისკის და მოწყვლადობის შეფასება უნდა ჩატარდეს პროექტის ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთების შესწავლის ფარგლებში"

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
საერთაშორისო საფინანსო კორპორაცია	კარგი პრაქტიკის შენიშვნა, გარემოს, ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მიდგომები ჰიდროენერგო პროექტებისთვის	არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	სახელმძღვანელო მოიცავს „მეთანისა და სხვა სათბურის აირის ემისიების წარმოქმნის და გავრცელების რეკომენდებულ ზომებს“	"კლიმატის ცვლილების რისკები ან მოწყვლადობა“ უნდა შევიდეს გზშ-ში
აფრიკის განვითარების ბანკი	ინტეგრირებული დამცავი სისტემა, სახელმძღვანელო მასალები, ტომი 3: სექტორის ძირითადი მასალა, ენერგეტიკის/ ელექტროენერგიის სექტორი: ჰესების პროექტები (2015)	არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	პროექტმა უნდა „გაითვალისწინოს შეგუბების შევსებამდე მცენარეებისგან გაწმენდა, ვინაიდან დატბორილი მცენარეების ლპობა გამოიწვევს მეთანის გამოთავისუფლებას (მძლავრი სათბურის აირი)“.	კლიმატის ცვლილების რისკის სკრინინგი და ადაპტაციის მიმოხილვა და შეფასების პროცედურები.

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
ევროპის რეკონსტრუქციის და განვითარების ბანკი	გარემოს და სოციალური სახელმძღვანელო შენიშვნები ჰესების პროექტებისთვის (2016)	„წყალსაცავთან დაკავშირებული რისკების“ სია მოიცავს „მიკროკლიმატის ცვლილებებს“. არ არის რისკად განსაზღვრული. არ არის მოთხოვნა.	"გარემოს შეფასება უნდა მოიცავდეს სათბურის აირების ემისიების სიცოცხლის ციკლის (ან 100 წლიან) შეფასებას შეგუბების პროექტებისთვის. მასშტაბური წყალსაცავის შემთხვევაში, უნდა იქნეს განხილული უქანგბადო პირობების განვითარების შედეგად მეთანის ემისიის რისკი. [...] სათბურის აირის ემისიების სიცოცხლის ციკლის შეფასება უნდა მოიცავდეს წლიური ემისიების გაანგარიშებას წყალსაცავის მშენებლობის, წყლით შევსების და ოპერირების პერიოდებში".	"პროექტის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილებების მიმართ ასევე უნდა იქნეს შესული გზმ-ში".

3.1.2 კარგი საერთაშორისო პრაქტიკა

არსებობს ორი საცნობარო და საერთაშორისოდ აღიარებული ასოციაცია, რომელიც ჰიდროენერგეტიკულ სექტორში აწარმოებს სამეცნიერო, საექსპერტო და სახელმძღვანელო პრაქტიკას: საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკის ასოციაცია (IHA) და კაშხლების საერთაშორისო კომისია დიდი კაშხლებისათვის (ICOLD).

IHA შეიქმნა 2000-იან წლებში მსოფლიო ბანკისა და WWF-ის მიერ მდგრადი ჰიდროენერგეტიკისთვის კარგი პრაქტიკის შემუშავების მიზნით. IHA - რეგულარულად აქვეყნებს - მსოფლიოში არსებული კარგი პრაქტიკის სახელმძღვანელო პრინციპებს.

ICOLD წარმოადგენს პროფესიულ და არამომგებიან ასოციაციას, რომელიც აერთიანებს პროფესიონალებს მსოფლიოს მასშტაბით (მას მრავალ ქვეყანაში ეროვნული წარმომადგენლობა აქვს, მათ შორის საქართველოშიც).

ცხრილი 3 - კაშხლების და ჰესების აღიარებული ასოციაციების რეკომენდაციები კლიმატის რისკის შეფასების თაობაზე

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკული ასოციაცია	ჰიდროენერგეტიკული სექტორის კლიმატური მედეგობის სახელმძღვანელო	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული	IHA სახელმძღვანელო იქცა საცნობარო მასალად.
	ჰიდროენერგეტიკის გარემოსა და სოციალური შეფასების მართვის სახელმძღვანელო	არ არის მიმოხილული	რეკომენდებულია სათბურის აირების ემისიების გაანგარიშება IHA -ს მიერ შემუშავებული ინსტრუმენტით	რეკომენდებულია მოწყვლადობის და მედეგობის შეფასება IHA -ს ჰიდროენერგეტიკის სექტორის კლიმატის მედეგობის სახელმძღვანელოს გამოყენებით

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
კაშხლების საერთაშორისო კომისია დიდი კაშხლებისათვის	ტექნიკური ბიულეტენი 50 - კაშხლები და გარემო - შენიშვნები რეგიონული ზემოქმედების შესახებ	კაშხლების ზემოქმედება მიკროკლიმატზე არ არის აღწერილი პრობლემად ზომიერი კლიმატის რეგიონებში. ტროპიკული რეგიონებისთვის ანგარიშში აღწერილია ღამის საათებში წყალსაცავის თავზე და მის ნაპირებზე ნისლის ფორმირება, მშრალ რეგიონებში დღისით თბილი ტემპერატურით და ღამით დაბალი ტემპერატურით, ქარის არარსებობის პირობებში. ნისლის მსგავსი ფორმირებები აღინიშნება მკაცრი ზამთრის მქონე არქტიკულ რეგიონებში, ტბების გაყინვამდე.	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული

საფინანსო ინსტიტუტი	საცნობარო დოკუმენტი	კლიმატის რისკის შეფასების მოთხოვნები		
		ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე	ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედების შეფასება გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე	გლობალური კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შეფასება ჰიდროენერგეტიკულ სქემაზე
	ტექნიკური ბიულეტენი 96 - კაშხლები და გარემო: წყლის ხარისხი და კლიმატი	ეს ბიულეტენი აღწერს დიდი წყალსაცავების გავლენას ადგილობრივ კლიმატზე. მასში აღწერილია მხოლოდ დიდი მოცულობის წყალსაცავების (>600 კმ ²) გავლენა კლიმატზე, რადგან უფრო მცირე წყალსაცავები არ მიიჩნევა მნიშვნელოვანი გავლენის მქონედ: „მცირე წყალსაცავებს ზღვის დონიდან მაღალ ნიშნულებზე, ან იქ. სადაც მაღალი ტენიანობა და ნალექიანობაა, უმნიშვნელო ზემოქმედება აქვთ კლიმატზე“.	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული
	ტექნიკური ბიულეტენი 169 – კლიმატის გლობალური ცვლილება, კაშხლები, წყალსაცავები და დაკავშირებული წყლის რესურსები	არ არის მიმოხილული	არ არის მიმოხილული	ამ ბიულეტენში მიმოხილულია კლიმატის ცვლილებების პოტენციური ზემოქმედება კაშხლებსა და წყალსაცავებზე, სადაც მთავარი აქცენტი კეთდება რისკების შეფასებაზე, მედეგობასა და ადაპტაციაზე; აღწერილია დიდი წყალსაცავების როლი კლიმატის რისკების შერბილებაში ქვეყნის/აუზის დონეზე.

3.1.3 ქვეყნების გამოცდილება

3.1.3.1 ევროკავშირი

ევროკავშირში, გარემოზე ზემოქმედების შეფასების (გზშ) კანონმდებლობა (ევროკავშირის დირექტივა 2014/52/EU), რაც ინტეგრირებულია საქართველოს კანონმდებლობაში, მოითხოვს თითოეული პროექტისგან, რომელიც ექვემდებარება გზშ-ს, შეაფასოს „პროექტის ზემოქმედება კლიმატზე (მაგალითად, სათბურის აირების ემისიების ბუნება და სიდიდე) და პროექტის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილებების მიმართ“. მიკროკლიმატის რისკის შესახებ რაიმე კონკრეტული შეფასებები არ არის საჭირო. ეს კანონმდებლობა ვრცელდება ევროკავშირის ყველა ალპურ ქვეყანაზე (ავსტრია, იტალია, გერმანია, საფრანგეთი, სლოვენია), რომლებსაც აქვთ ბახვი 1-ის მსგავსი ასობით სქემა.

3.1.3.2 შვეიცარია

ევროკავშირის მიღმა, მაგრამ ალპებში მდებარე შვეიცარიის ჰიდროენერგეტიკის კანონმდებლობა³ არ ითხოვს კლიმატთან დაკავშირებით რაიმე კონკრეტულ შეფასებას. ჰიდროენერგეტიკის საკითხებზე ფედერალური სახელმძღვანელო მითითებები⁴ ადგენს, რომ კაშხლების უსაფრთხოება რეგულარულად უნდა შემოწმდეს კლიმატური ცვლილებების მიმართ, თუმცა არ არის მოთხოვნილი ან განხილული ჰიდროენერგეტიკული სქემების შეფასება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების კონტექსტში.

3.1.3.3 რუსეთი

რუსეთი ერთ-ერთი იმ იშვიათ ქვეყანათა რიცხვს მიეკუთვნება, რომლებმაც შეიმუშავეს ნორმატიული მიდგომის გარკვეული ფორმა მიკროკლიმატზე წყალსაცავების ზემოქმედების შესაფასებლად. აღნიშნული ისტორიულად განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ რუსეთი თავდაპირველად დიდ წყალსაცავებს აშენებდა იმ ტერიტორიებზე, სადაც ძალზე ცივი ზამთარი იყო, და, შესაბამისად, წარმოიშობოდა მიკროკლიმატთან დაკავშირებული საკითხები, კერძოდ, წყალსაცავების სიახლოვეს ზამთარში წარმოიქმნებოდა ყინულოვანი ნისლი წყალსაცავების გაყინვამდე დაბალი ტემპერატურის ან უქარო ამინდის პირობებში.

1987 წელს, მოსკოვის ჰიდროპროექტის ინსტიტუტმა, რომელიც რუსეთის ისტორიული და საერთაშორისოდ აღიარებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საპროექტო ინსტიტუტია, გამოსცა „წყალსაცავების სანაპირო ზოლში

³ "Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques" (Loi sur les forces hydrauliques¹, LFH2) თარიღი 22.12.1916, ბოლო განახლება 2020 წლის იანვარში

⁴ Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC - Sécurité des ouvrages d'accumulation - Documentation de base relative à la vérification de la sécurité en cas de crue

ადგილობრივი კლიმატის ცვლილებების საპროგნოზო რეკომენდაციები და მისი ზემოქმედება სახალხო მეურნეობაზე (P850-87 / Hidroprojekt. M., 1987)⁵. ეს რეკომენდაციები წარმოადგენს „ჰიდროავიკური ნაგებობების გარემოზე ზემოქმედების შეფასების მეთოდოლოგიურ სახელმძღვანელოს“⁶. ამ სახელმძღვანელოს თავში 3.1 განხილულია „ადგილობრივი კლიმატური ცვლილებები“, თუმცა პირველივე წინადადება ადგენს, რომ მიმოხილვა შემოიფარგლება დიდი წყალსაცავებით: მოცემულია კრასნოიარსკის (200 000 ჰა) და საიანო-შუშენსკაიას (18 000 ჰა) წყალსაცავების მაგალითები, რომლებიც 100 000 ჯერ დიდია ვიდრე ბახვი 1-ის შეგუბება (0.24 ჰექტარი).

სურათი 3 - ნისლის ფორმირების მაგალითი დიდი წყალსაცავის თავზე



სოტეს წყალსაცავი, საფრანგეთი. წყალსაცავის ფართობია 350 ჰა (ბახვის წყალსატევზე 1500 ჯერ დიდი). ნისლი წარმოიქმნება მხოლოდ უქარო ამინდში, როდესაც წყალსაცავის წყლის ტემპერატურა გლობალურად მეტად მაღალია, ვიდრე ჰაერის ტემპერატურა, რაც ლოკალურად იწვევს კონდენსაციას. ამგვარი ნისლი წარმოიქმნება ნოემბერ-დეკემბერში. ნისლი ფარავს მთლიან წყალსაცავს და ასევე მის ნაპირებს. სწორ დაბლობზე ნისლი უფრო დიდ მანძილზე გავრცელდებოდა, თუმცა მთიან ადგილებში მისი გავრცელება ფიზიკურად შეზღუდულია მთის ფერდობებით. ნისლი ქრება როგორც კი მზე ათბობს ჰაერს და ქარი დაუბერავს.

3.1.4 დასკვნები კლიმატის რისკის შეფასების საერთაშორისო ნორმების და მაგალითების შესწავლის შესახებ

სახელმძღვანელო მითითებების, რეკომენდაციების, მოთხოვნების და კანონმდებლობის ზემოაღნიშნული მიმოხილვის დასკვნები:

⁵ «Рекомендации по прогнозированию изменений местного климата и его влияния на отрасли народного хозяйства в прибрежной зоне водохранилищ» (П 850-87/ Гидропроект. М., 1987)

⁶ Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России» - Департамент научно-технической политики и развития - Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду - РД 153-34.2-02.409-2003

- კლიმატური ცვლილების ზემოქმედების შეფასებამ ჰიდროენერგეტიკულ სექტორზე აქტუალობა ბოლო დროს შეიძინა, რაც განპირობებულია გლობალური დათბობით. ამ საკითხების დასარეგულირებლად სახელმძღვანელო მითითებები და ასევე მოთხოვნები შემუშავდა ბოლო წლების განმავლობაში.
- ჰიდროენერგეტიკული სექტორის ზემოქმედების შეფასება მიკროკლიმატზე ძირითადად მოიაზრება მხოლოდ მასშტაბური წყალსაცავების (რომლებიც ბახვი 1-ის წყალსაცავზე ათასჯერ დიდია) და მხოლოდ ტროპიკული რეგიონების ან მკაცრი ზამთრის მქონე რეგიონების კონტექსტში.
- იმის მიუხედავად, რომ ბოლო 20 წლის განმავლობაში ჰიდროენერგეტიკულ სექტორში შემუშავდა ათეულობით ინსტრუქცია და რეკომენდაცია, არც ერთი არ განიხილავს ჰიდროენერგეტიკული სექტორის ზემოქმედებას მიკროკლიმატზე.
- არც ერთი ხელმისაწვდომი დოკუმენტი, რომელიც განვიხილეთ, არ ეწინააღმდეგება ICOLD-ის დასკვნას, რომ „მაღალ ნიშნულზე ან მაღალი ტენიანობის ან ნალექიანობის ზონებში მდებარე მცირე წყალსაცავებს უმნიშვნელო ზემოქმედება ახასიათებთ კლიმატზე“.

3.2 ბახვი 1-ის კლიმატის შეფასება სივრცობრივ და დროის საზღვრებში

სივრცობრივი და დროის საზღვრები ბახვი 1-ის კლიმატთან დაკავშირებული ზემოქმედების შესაფასებლად არის შემდეგი:

- ჰიდროენერგეტიკული სექტორის მაკროკლიმატზე ზემოქმედების შესაფასებლად:
 - საცნობარო პერიოდი მოიცავს 1986-2005 წლებს, შემოთავაზებული შეფასების კლიმატის ცვლილებების საერთაშორისო საბჭოს (IPCC) რეკომენდაციებთან შესაბამისობის უზრუნველყოფის მიზნით. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენ ვითვალისწინებთ 1986-2005 წლების პერიოდს როგორც კლიმატური ცვლილებების ათვლის წერტილს⁷ და ამდენად ჩვენ უკვე ვართ კლიმატური ცვლილების პერიოდში.
 - ბახვი 1-ის სათბურის აირების ემისია გათვალისწინებული იქნება 100 წლიან პერსპექტივაში, საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკული ასოციაციის რეკომენდაციების შესაბამისად.

⁷ ეს, რა თქმა უნდა, არ არის ზუსტი, ვინაიდან კლიმატის ცვლილება რეალურად დაიწყო მეცხრამეტე საუკუნეში წიაღისეული საწვავის მასობრივი გამოყენებით, თუმცა საცნობარო პერიოდად 1986-2005 წლების აღება იმდენად სხვადასხვა რეგიონებისა და ქვეყნების შედარების შესაძლებლობას მუდმივ პერიოდებზე, რომლებზეც გლობალურად ხელმისაწვდომია მეტეოროლოგიური მონაცემები.

- ბაზვი 1-ის ზემოქმედება გლობალურ კლიმატზე იქნება გათვალისწინებული, რაც გულისხმობს, რომ არ არის დადგენილი სივრცითი საზღვრები.
- ჰიდროენერგეტიკული სქემის მიკროკლიმატზე ზემოქმედების შესაფასებლად:
 - შეფასება სივრცობრივად შემოიფარგლება მდინარე ბაზვის ზემო აუზით (ბაზვი 3-ის წყალამღები ნაგებობის ზედა ბიეფში). ეს წყალამღები მოიცავს კურორტ ბახმაროს, რომლის მიმართაც თავდაპირველად წამოიჭრა მიკროკლიმატზე ზემოქმედების საკითხები. ის მოიცავს იმ ტერიტორიებს, რომლებიც ძალზე შორს არის იმისათვის, რომ მიკროკლიმატის საკითხების განვიხილოთ.
 - დროის საზღვრები შეზღუდულია მომდევნო 30 წლით, საერთაშორისო ჰიდროენერგეტიკული ასოციაციის რეკომენდაციების შესაბამისად.

3.3 განგარიშების მეთოდოლოგია

3.3.1 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე

მეთოდოლოგია ეფუძნება შემდეგ შეფასებებს (1) სათბურის აირების ემისიები, რომლებსაც გამოიმუშავებს ბაზვი 1 ჰიდროენერგეტიკული სქემა მშენებლობისა და ოპერირების ფაზაში და (2) საქართველოს ელექტროქსელებისა და თბოელექტროსადგურების სათბურის აირის ემისიების ფაქტორების შედარება იმავე ენერგოგამომუშავების პირობებში.

გამოყენებული მეთოდი ეფუძნება საერთაშორისოდ და საჯაროდ ხელმისაწვდომ სახელმძღვანელო მითითებებს და სწავლებებს, რომლებიც აღწერილია მომდევნო ტექსტში (იხ. თავი 4).

3.3.2 ჰიდროენერგეტიკული სქემის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე

თავში 2.2 მოცემული განხილვისა და ICOLD-ის 96-ე ბიულეტენის რეკომენდაციების საფუძველზე, მეთოდოლოგია ყურადღებას ამახვილებს ორ ძირითად ეფექტზე: შეგუბების შექმნასა და მდინარე ბაზვისწყლის აუზში ნაკადის შემცირებაზე ბაზვი 1 ჰესის შემოვლით მონაკვეთზე.

- ალბედოს ცვლილება: ეს ზემოქმედება ფასდება ადგილობრივად ალბედოების შედარებით ბაზვი 1-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.
- წყლის და ჰაერის ტემპერატურების შეცვლილი ურთიერთქმედება: ეს ზემოქმედება ფასდება წყლის ზედაპირის და ჰაერის ურთიერთქმედების შედარებით ბაზვი 1-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.

- ცვლილებები წყლის აორთქლების პროცესში: ეს ზემოქმედება ფასდება წყლის აორთქლების შედარებით მცენარეული საფარიდან ბახვი 1-ის მშენებლობამდე და შემდგომ პერიოდში.

შეგუბების ზედაპირზე ქარის მზარდი ეფექტი, რაც აგრეთვე ნახსენებია ICOLD -ის 96 ბიულეტენის რეკომენდაციებში, არ არის გამოკვლეული, ვინაიდან არ მიიჩნევა რელევანტურად პროექტის კონტექსტში: ბახვი 1-ის წყალამღებზე ფორმირებული შეგუბება უაღრესად მცირეა ქარის რეჟიმზე ზემოქმედების მოსახდენად.

3.4 ბახვი 1-ის ჰესის პროექტის ძირითადი პარამეტრები

ძირითადი პარამეტრები, რომელიც საჭიროა ბახვი 1-ის ჰიდროენერგეტიკული პროექტის ზემოქმედების შესაფასებლად მიკროკლიმატზე:

- შექმნილი შეგუბების ფართობი: $0.24 \text{ ჰა} = 2\,400 \text{ მ}^2$ არის 49×49 კმ-ს ეკვივალენტი, რაც უფრო მცირეა, ვიდრე ორი ოლიმპიური კატეგორიის საცურაო აუზი.
- ტყის ფართობი, რომელიც მოექცევა ზემოქმედების ქვეშ არის: $39.05 \text{ ჰა} = 390,500 \text{ მ}^2$
- 9.09 ჰა დაკარგული ჰაბიტატის საკომპენსაციოდ, მოხდება 20 ჰა ტყის განაშენიანება. (ჯამური მატება 10 ჰა).
- მდინარე ბახვისწყალში წლის განმავლობაში საპროექტო არეალში უზრუნველყოფილი იქნება ეკოლოგიური ხარჯი $0.29 \text{ მ}^3/\text{წ-ში}$.

4 მაკროკლიმატზე ზემოქმედება

4.1 მაკროკლიმატის არსებული ცვლილებები

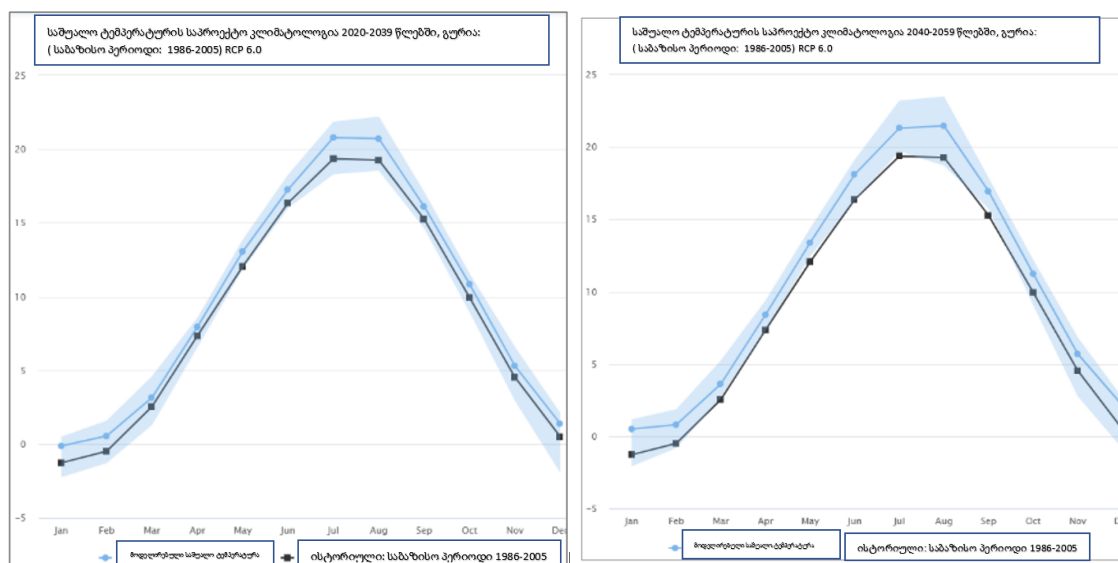
მსოფლიო ბანკის კლიმატის საცნობარო პორტალი⁸ წარმოადგენს საცნობარო ვებ-გვერდს კლიმატის პროგნოზისთვის. მასში მეტეოროლოგიური პარამეტრებით მოცემულია გლობალური კლიმატური ცვლილებების არსებული და მოსალოდნელი ზემოქმედებების რეგიონული მასშტაბის შეფასებები. ამ თავში წარმოდგენილი და განხილული რაოდენობრივი მონაცემები აღებულია ამ ვებ-გვერდიდან. გამოყენებულ გეოგრაფიულ მდებარეობას წარმოადგენს გურიის რეგიონი. მიმოხილვაში ყურადღება გამახვილებულია საშუალო სცენარზე კონცენტრაციების რეპრეზენტაციული ტრაექტორიით (RCP) 6.0-მდე, რომელიც ამჟამად ყველაზე მეტად რეალისტურია.

4.1.1 ტემპერატურები

1986-2005 წლის საცნობარო პერიოდთან შედარებით, გურიის რეგიონში უკვე ფიქსირდება ტემპერატურის 1°C-ით ზრდა, ხოლო დამატებითი 1°C-იანი ზრდა მოსალოდნელია მომდევნო 20-30 წელიწადში. ეს რიცხვები შესაბამისობაშია დასავლეთ ევროპის აღრიცხულ მონაცემებთან და დაკვირვებებთან. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ეს მონაცემები წარმოადგენს საშუალო მაჩვენებლებს რეგიონულ დონეზე. მთიან რეგიონებში დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ ტემპერატურის ზრდა ორჯერ უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ალპურ ზონაში (უფრო მაღალ ნიშნულებზე): ეს განპირობებულია თოვლის საფარის ხანგრძლივობითა და ზომების შემცირებით, რაც გამომდინარეობს ნიადაგის დაბალი საშუალო ალბედოდან და შესაბამისად სიციხის მაღალი შეკავების უნარით.

⁸ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/georgia/climate-data-projections>

ნახაზი 3 - გურიის რეგიონის ტემპერატურული პროექციები (°C)

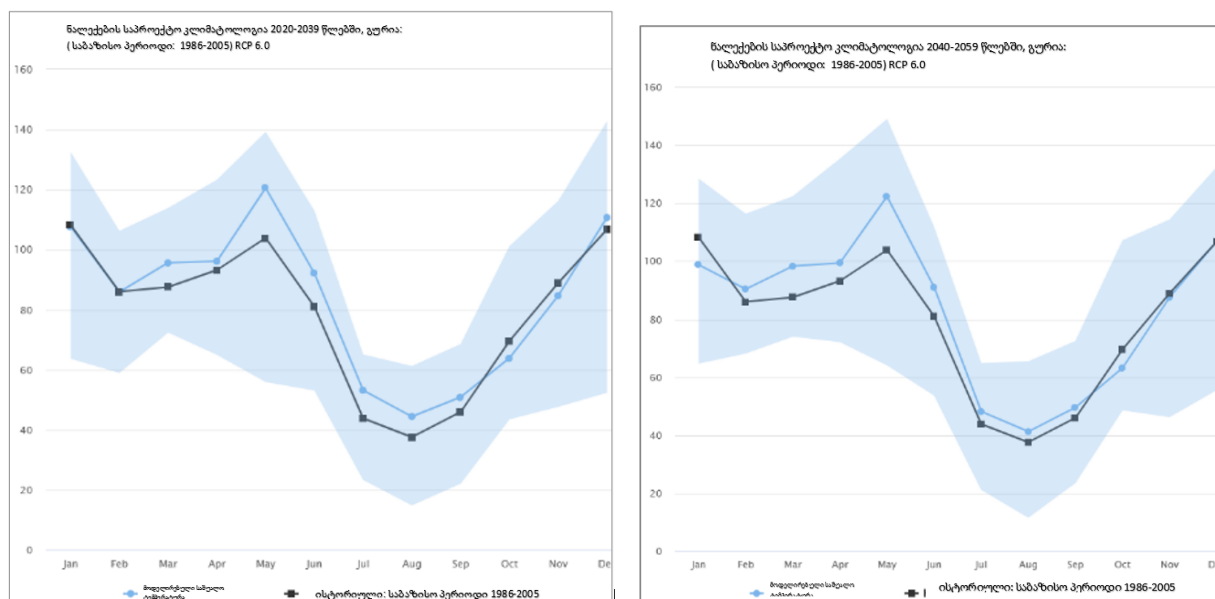


ბახმარო მდებარეობს ალპურ ზონაში და ამდენად არის (და იქნება) უფრო მკვეთრი ცვლილებების საგანი. ადგილობრივი ეკოსისტემებისთვის, რომლებზეც ზემოქმედებას ახდენს სიმაღლით განპირობებული ტემპერატურის კლება, ტემპერატურის ზრდა 2-დან 4 °C მდე ბახმაროში გაუტოლდება სიმაღლის კლებას 300-დან 600 მ-მდე (0.65°C/100მ). ეს ნიშნავს, რომ, მაგალითად, ამჟამად დაბალ ზონაში გავრცელებული ხეების სახეობები გავრცელდება მაღალ ზონებშიც (პიონერი სახეობების უპირატესობით) და ტყის ზოლი ზემოთ აიწევს.

4.1.2 ნალექიანობა

1986-2005 წლების საცნობარო პერიოდთან შედარებით, მოსალოდნელია წლიური ნალექიანობის მცირედი ზრდა, თუმცა არათანაბარი განაწილებით. მაღალი ნალექიანობა მოსალოდნელია გაზაფხულზე (მარტიდან ივნისამდე) და უფრო ნაკლებად ზაფხულსა და. შემოდგომა-ზამთარში.

ნახაზი 4 - გურიის რეგიონის თვიური ნალექიანობის პროექცია (მმ)



4.2 ბახვი 1-ის პროექტის მიერ გამოწვეული დამატებითი ცვლილებები

ბახვი 1-ის ჰესის ერთადერთი პირდაპირი ზემოქმედება მაკროკლიმატზე უკავშირდება მის ზემოქმედებას ატმოსფერული სათბურის აირების კონცენტრაციაზე. ერთი მხრივ, ბახვის 1-ის ჰესის მშენებლობა სათბურის აირების წყარო იქნება სამშენებლო ფაზაში. მეორე მხრივ, ბახვი 1-ის ოპერირების ეტაპზე არ წარმოიქმნება სათბურის აირები და, ამდენად, თავიდან იქნება აცილებული ენერგიის წარმოქმნა წიაღისეული საწვავის წყაროებიდან, რომელსაც მაღალი ემისიურობა ახასიათებს.

4.2.1 სათბურის აირის ემისიები მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფაზებში

ბახვის 1 ჰესს არ აქვს დიდი მოცულობის შეგუბება და, ამდენად, სათბურის აირების წარმოქმნის მთავარი წყარო დაკავშირებული იქნება მშენებლობასთან. მშენებლობასთან დაკავშირებული ემისიების შეფასება მოხდა იმ მოცულობებისა და რაოდენობების საფუძველზე, რაც საჭიროა პროექტის მშენებლობისთვის. გამოყენებულია ინტერამერიკული განვითარების ბანკის მეთოდოლოგია⁹: ეს არის უახლესი და ყოვლისმომცველი მეთოდოლოგია, მასში მოცემულია ემისიის ფაქტორები, რომლებიც პროექტის რაოდენობებზე და მოცულობებზე გაანგარიშებით, იძლევა მშენებლობის საქმიანობის კვალის გამოქვითვის შესაძლებლობას.

⁹ IDB. (2012). სათბურის აირების ემისიების შეფასების მეთოდოლოგია.

ცხრილი 4 – მშენებლობის საემისიები

ერთეული	რაოდენობა		სა ერთეულის შემადგენლობა		სა კვალი
					ტონა CO ₂ ექვ.
ბეტონი	10 760	მ³	1905	კგCO ₂ ექვ/მ³	20 498
არმატურა	800	ტონა	1.1	კგCO ₂ ექვ/კგ	880
ექსკავაცია	200 000	მ³	36.7	კგCO ₂ ექვ/მ³	7 340
საწვავი (ავტომობილები და გენერატორები)	1 928 571	ლ	2.7	კგCO ₂ ექვ/ლ	5 207
დატბორილი გრუნტი	0.23	ჰა	10	ტონა C/ჰა	9
ხეების ჭრა (ტყის აღდგენამდე)	39.05	ჰა	217	ტონა CO ₂ /ჰა	8 033
ჯამი					41 967

შედეგად, 41 967 ტონა CO₂ ეკვივალენტი, რაც შესაბამისობაშია სხვა მცირე ჰესების პროექტებთან, რომელთა სათბურის აირების კვალი მშენებლობის დროს ჩვეულებრივ შეადგენს 50 000 ტონა CO₂-ის ეკვივალენტს. CO₂-ის ემისიების ძირითადი წყაროა ბეტონის ის მოცულობები, რაც მშენებლობისათვის გამოიყენება.

4.2.2 სათბურის აირის ემისიების პრევენცია საოპერაციო ფაზაში

სათბურის ემისიების მოცულობები, რომელთა თავიდან აცილება ხდება ჰიდროენერგეტიკული სექტორის მიერ, შეიძლება ორგვარად გაანგარიშდეს: ეროვნული ელექტროგადამცემი ქსელის საშუალო სათბურის აირებითან შედარებით, ან ქვეყანაში ტექნიკურად ხელმისაწვდომ ალტერნატივასთან შედარებით.

ბახვი 1 ჰესის მოსალოდნელი წლიური გამომუშავება იქნება 43.1 გვტ/სთ.

საქართველოს ელექტროენერგიის გადამცემი ქსელის ემისიის ფაქტორი შეადგენს 333 გCO₂-ს წარმოებულ კილოვატსაათ ელექტროენერგიაზე¹⁰, რაც გულისხმობს, რომ ბახვი 1-ის პროექტი მისი ნულოვანი წარმოების ემისიებით, ელექტროენერგიის გადამცემ ქსელში ეკვივალენტური ენერგიის წარმოებას აჯობებს და თავიდან აიცილებს წლიურ 15 717 ტCO₂-ის ემისიას.

მცირე ჰესის ტექნიკურად ხელმისაწვდომ ალტერნატივას წარმოადგენს ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგური, რომელიც ბუნებრივ აირს რუსეთიდან იღებს. თანამედროვე ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის ემისიები შეადგენს 400 გCO₂, ბახვი 1-ის პროექტი, ამგვარ ტექნოლოგიასთან შედარებით, **18 880 ტ CO₂ექვ/წლ** ემისიის თავიდან აცილებას შეძლებს (აღნიშნულ გათვლაში არ შედის ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის მშენებლობის ემისიები,

¹⁰ EBRD's სათბურის აირების ემისიის შეფასების მეთოდოლოგია

ასევე ბუნებრივი აირის მიწოდების დანაკარგები, რაც სათბურის აირების მთავარ განმაპირობებელ ფაქტორებს წარმოადგენს).

რეზიუმის სახით, მცირე ჰესის მიერ ოპერირების ფაზაზე წარმოქმნილი ემისიები იმდენად უმნიშვნელოა რომ ის ემისიები რომლებიც მშენებლობის ფაზის დროს წარმოიქმნება, სამ წელიწადზე ნაკლებ პერიოდში იქნება კომპენსირებული, რაც მცირე ჰესისთვის სტანდარტული მაჩვენებელია.

4.2.3 დასკვნა: მაკროკლიმატის ზემოქმედება ბაზვი 1-ზე

2019 წელს გლობალური სა ემისიები, შეფასებით, შეადგენდა 57 გიგატონა CO₂-ის ეკვივალენტს.¹¹

ამდენად, ბაზვი 1-ის მშენებლობა შეადგენს გლობალური წლიური ემისიების 0.00007 %-ს, ხოლო მისი ოპერირებით შესაძლებელი იქნება გლობალური წლიური ემისიების 0.00003 %-ის თავიდან აცილება.

ბაზვი 1-ის ზემოქმედება მაკროკლიმატზე, ამდენად, იქნება მინიმალური, მაგრამ პოზიტიური მოკლე და გრძელვადიან პერსპექტივაში მშენებლობის პერიოდის შემდგომ, ხოლო მშენებლობის დროს პროექტი იქნება სათბურის აირების ემისიების წარმოქმნაში ზღვრულად მინიმალური წვლილის შემტანი.

¹¹ PBL (2020-12-21). ["გლობალურად CO₂ -ის და ჯამური სათბურის აირების ემისიები; 2020 ანგარიში"](#). PBL ნიდერლანდების გარემოს შეფასების სააგენტო.

5 მიკროკლიმატზე ზემოქმედება

5.1 არსებული მიკროკლიმატები და ცვლილებები

5.1.1 ბახვი 1 ჰესის გავრცელების ზონაში და მის გარშემო

ბახვი 1 ჰესი მდებარეობს მდინარე ბახვისწყლის ხეობაში, 1 750 მ ნიშნულზე (წყალამდები) ზედა მიმართულებასა და 1 390 მ ნიშნულზე (სადგური) ქვედა მიმართულებას შორის.

სურათი 4 – ლანდშაფტი ბახვი 1-ის წყალამდების გარშემო

მიკროკლიმატური პირობები უაღრესად ცვალებადია ბახვისწყლის მდინარის აუზში, რაც განპირობებულია სიმაღლით, ორიენტაციით, მცენარეული საფარით და წყლის ობიექტებთან სიახლოვით



მდინარე ბახვისწყლის დაბლობს არ აქვს რაიმე სპეციფიკური მიკროკლიმატი, არამედ მოიცავს მიკროკლიმატების ერთობლიობების ნაკრებს. ამ ნაკრებზე ხუთი ძირითადი ფაქტორი ახდენს ზემოქმედებას;

- **სიმაღლე ზღვის დონიდან**, საშუალო დანაკარგით $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{მ}$. ეს ნიშნავს, რომ საშუალო წლიური ტემპერატურა ბახვი 1-ის ელექტროსადგურზე უნდა იყოს დაახლოებით 2.34°C -ით მეტი ბახვი 1-ის წყალამდების ლოკაციასთან შედარებით;
- **ორიენტაცია/მიმართულება**, სამხრეთის მხარეს მიმართული ფერდობები უფრო თბილია, ვიდრე ჩრდილოეთის მხარეს მიმართული ფერდობები;

- **მცენარეების ტიპი და სიხშირე**, ხშირი ტყეების ზონა უფრო გრილია და ტენიანი მდელოებთან და კლდოვან ადგილებთან შედარებით;
- **მდინარეებთან და წყაროებთან სიახლოვე**: წყლის ტემპერატურული ციკლი და სითბოს შეკავების უნარი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ჰაერისგან. წყლის ტემპერატურაზე ასევე ზემოქმედებას ახდენს გრუნტისქვეშა ცირკულაცია და შედეგად, ზაფხულში წყალი უფრო გრილია, ვიდრე ჰაერი (აქედან გამომდინარეობს წყლის ობიექტებთან სიახლოვეში გაგრილების ეფექტი), თუმცა ზამთრის სეზონზე წყალი უფრო თბილია, ვიდრე ჰაერი;
- **კლიმატის ცვლილება** (გლობალური დათბობა), რომელიც ზემოქმედებს მთლიანად პლანეტაზე (იხ. მიმოხილვა 4.1 თავში).

მიკროკლიმატზე წყლის სიახლოვის ეფექტი არ არის მკვეთრად გამოხატული ბახვისწყლის მდინარის დაბლობზე, სხვა ეკოსისტემებთან შედარებით. ეს განსაკუთრებით კარგად ჩანს კონკრეტული სანაპირო მცენარეების არარსებობით, იმ სახეობებთან შედარებით, რომლებიც ფერდობებზე ხარობენ: იგივე ხის ჯიშები წარმოდგენილია მდინარის გასწვრივ და მდინარისგან მოშორებულ ფერდობებზე. ამ ხეების მთავარი მახასიათებელი მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი უძლებენ ხანგრძლივ და ცივ ზამთარს ამ ტერიტორიაზე: დაბალ ნიშნულებზე და მდინარე სუფსას ხეობის გასწვრივ სიტუაცია განსხვავებულია და მდინარის ნაპირები ათვისებულია სანაპირო ხეების ტიპური სახეობებით.

ამდენად, მდინარის სიახლოვე ქმნის მიკროკლიმატის გაგრილების ეფექტს და ამას რეგიონის სტუმრები გრძნობენ, თუმცა ეს მიკროკლიმატი არ არის გამორჩეული სპეციფიკური სანაპირო ზოლის მცენარეული საფარის არსებობით, რაც უფრო გააძლიერებდა გაგრილების ეფექტს ათეულობით მეტრის მანძილზე ნაპირებიდან, ტყის დერეფნების მსგავსად, რასაც ტროპიკულ რეგიონებში ვაკვირდებით.

სურათი 5 - მდ. ბახვისწყლის ნაპირებზე იგივე მცენარეებია გავრცელებული, რაც ფერდობებზე



ზემოაღნიშნულ ხუთ წამყვან ფაქტორს შორის:

- სიმაღლე, ორიენტაცია და მდინარესთან სიახლოვე შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივ ფაქტორებად დროის შკალაზე.
- მცენარეების საფარი ამჟამად ცვლილებას განიცდის, ხე-ტყის (კანონიერი თუ უკანონო) ჭრისა და ტყის აღდგენის საქმიანობების შედეგად. მოსალოდნელია, რომ მცენარეული საფარი სისტემატურ ცვლილებებს დაექვემდებარება კლიმატის ცვლილებების შედეგად, რაც ზემოქმედებას იქონიებს სახეობების განაწილებასა და გავრცელების სიხშირეზე.
- კლიმატის ცვლილება (გლობალური დათბობა) მიმდინარეობს და ზემოქმედებს მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრებ აუზზე, გამონაკლისის გარეშე.

5.1.2 ბახმარო

სიტუაცია ბახმაროს კურორტზე ისეთივეა, როგორც მდინარე ბახვისწყლის აუზში, რაც არ არის გასაკვირი, რადგან კურორტს უკავია მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრები აუზის ზედა ნაწილი. აქაც შეიძლება ანალოგიური დაკვირვების გაზიარება: ბახმაროს არ აქვს სპეციფიკური მიკროკლიმატი, არამედ მას ახასიათებს მიკროკლიმატების ერთობლიობის ნაკრები.

ხუთი ფაქტორის გარდა, რომლებიც ზემოქმედებენ მიკროკლიმატის განაწილებაზე მდინარე ბახვისწყლის აუზში (სიმაღლე, ორიენტაცია, მცენარეული საფარი,

მდინარესთან სიახლოვე და კლიმატის ცვლილება), კურორტ ბახმაროს მიკროკლიმატებზე ასევე ზემოქმედებს მზარდი ურბანული მიწათსარგებლობა: მაგალითის სახით, სურათი 6 წარმოადგენს სახლების მშენებლობის მზარდ დინამიკას ბახმაროს მეზობელ ტერიტორიებზე უკანასკნელი სამი წლის განმავლობაში (წყარო: google earth).

სურათი 6 - სახლების მშენებლობა ბახმაროში (2017-2020)



ურბანიზაციის შედეგად ალბედო იცვლება ოთხი განსახვავებული მიმართულებით და ყველა მათგანი შედეგად იწვევს ალბედოს შემცირებას, რაც გულისხმობს შთანთქმული სითბოს რაოდენობის ზრდას და შედეგად ტემპერატურის მატებას, უკან ცაში არეკვლის ნაცვლად:

- მდელოების ჩანაცვლება გრუნტის გზით
- მდელოების ჩანაცვლება შენობებით
- ხის ჭრა და შენობებით ჩანაცვლება
- გრუნტის გზის ჩანაცვლება ასფალტის გზით

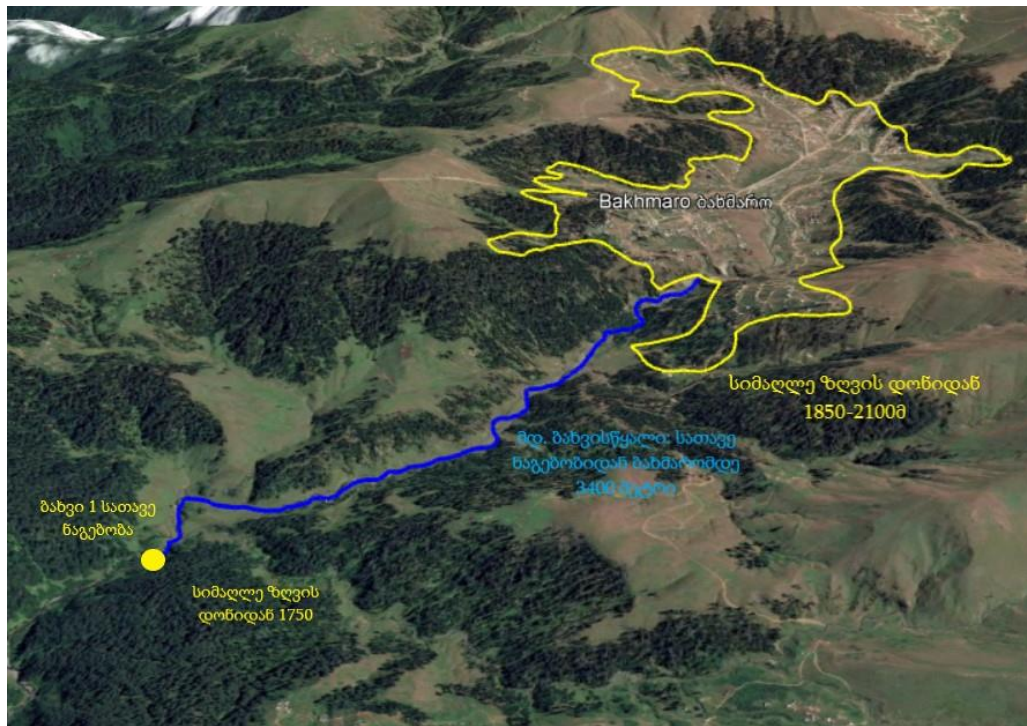
5.1.3 გეოგრაფიული კავშირი ბახვი 1-ის ჰესსა და კურორტ ბახმაროს შორის

კურორტ ბახმაროს განაშენიანებული ტერიტორია მდებარეობს ზღვის დონიდან 1 850 მ-დან 2 100 მ-მდე სიმაღლის ნიშნულზე. მდინარე ბახვისწყალი მიედინება კურორტ ბახმაროს გავლით და ტოვებს მას 1 850 მ სიმაღლეზე. მდინარე ბახვისწყალის ხეობა ვრცელდება დასავლეთი-ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით. ამ ხეობის გავლით, მანძილი კურორტ ბახმაროსა და ბახვი 1-ის წყალამღებ ნაგებობას შორის შეადგენს 3 400 მ-ს.

ამდენად, შეჯამების სახით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ბახვი 1 ჰესის სქემის უახლოესი ობიექტი (კერძოდ, მისი წყალამღები ნაგებობა) მდებარეობს:

- კურორტ ბახმაროს სიმაღლესთან შედარებით 100 მეტრით დაბალ ნიშნულზე;
- 3 400 მ-ის მანძილზე ხეობის გაყოლებაზე.

სურათი 7 - ბახვის 1-ის წყალამდების მდებარეობა ბახმაროს კურორტთან მიმართებაში



5.2 ბახვი 1 პროექტით განპირობებული ცვლილებები

ამ თავში მოცემულია იმ ცვლილებების ამომწურავი მიმოხილვა, რომლებსაც გამოიწვევს ბახვი 1-ის ჰესი მიკროკლიმატის განმაპირობებელ ფაქტორებთან მიმართებაში (იხ. თავი 5.1), მიკროკლიმატის ფიზიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით.

მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ყველა ფაქტორს შორის (იხ. თავი 2.2) ზოგიერთი შეიცვლება ბახვი 1 ჰესის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის შედეგად, ხოლო დანარჩენები დარჩება უცვლელი:

- ბახვი 1 ჰესი არ შეცვლის განედს, სიმაღლეს, გეოგრაფიით განპირობებულ ჩრდილს და ქარების მოძრაობას.
- ბახვი 1 ჰესი ზღვრულად მინიმალურ ზემოქმედებას იქონიებს სათბურის აირების კონცენტრაციაზე - იხ. თავი 4.2

- ბაზვი 1 ჰესი შეცვლის ადგილობრივ ალბედოს, მცენარეულ საფარს (სადაც მოხდება ხეების ჭრა) და წყლის ობიექტების ფართობებს (მცირე შეგუბების შექმნა და მდინარის ნაკადის შემცირება). აღნიშნული საკითხი თემების მიხედვით განხილულია მომდევნო ქვეთავებში.

5.2.1 ალბედოს ცვლილება

ბაზვი 1 ჰესის მშენებლობა და ექსპლუატაცია გამოიწვევს პროექტის მიერ გამოყენებულ ზედაპირზე ალბედოს ცვლილებას. ზემოქმედების ქვეშ მოხვედრილი ამ ზედაპირების დიდი სია მოცემულია მე-5-ე ცხრილში.

ვინაიდან ზამთარში მთლიანი ტერიტორია თოვლით იფარება, გაანგარიშებებში გამოყენებულია ზაფხულის ალბედოს მნიშვნელობები (როდესაც ლანდშაფტი თოვლით არ არის დაფარული).

ცხრილი 5 - ბაზვი 1-ის შედეგად გამოწვეული ალბედოს ცვლილებები

საქმიანობა	ალბედოს ცვლილება	ფართობი	ალბედო x ჰექტარის ცვლილება
ტყის ზონების ჩანაცვლება ბეტონით (შენობები და არხი)	ტყის ბეტონით ჩანაცვლება 0.15 - 0.55	1.0 ჰა	+ 0.400
მდელის ჩანაცვლება ბეტონის ნაგებობით (შენობა და არხი)	მდელის ბეტონით ჩანაცვლება 0.25 - 0.55	0.1 ჰა	+ 0.030
ტყის ზონების ჩანაცვლება გრუნტით (გრუნტის გზის მშენებლობა)	ტყის ჩანაცვლება გრუნტით 0.15 - 0.17	8.1 ჰა	+ 0.162
ტყის აღდგენილი ფართობი ხეების ხელახლა დარგვით	მდელის ტყით ჩანაცვლება 0.25 - 0.15	11 ჰა	- 1.100
მდინარის სიგანის შემცირება 2 მეტრით 3.5 კმ მონაკვეთზე	წყლის ობიექტის ჩანაცვლება ხმელეთით 0.15 - 0.17	0.7 ჰა	+ 0.014
წყალამდებ ნაგებობასთან შეგუბების შექმნა	მდელის ჩანაცვლება წყლის ობიექტით 0.15 - 0.35	0.24 ჰა	+ 0.047
ჯამში			- 0.447

პროექტის განხორციელების შედეგად მოხდება 0.447 ალბედო-ჰექტარის დაკარგვა.

შედარებისთვის, ბახმაროს კურორტი მოიცავს 284 ჰა-ს რომლის უმეტესობა დაფარულია მდელოებით და გრუნტით (საშუალო ალბედო 0.2), ამდენად ალბედოსა და ჰექტარის ნამრავლის მაჩვენებელი შეადგენს 56.8-ს. პროექტი

განსაზღვრავს ალბედოს შედარებით ცვლილებას 0.8%-ით, რაც კურორტ ბახმაროდან 3.4 კმ და უფრო მეტი მანძილის დაშორებით მოხდება.

მდინარე ბახვისწყლის ზემო წყალშემკრებ აუზთან შედარებით (6200 ჰა), რომლის 2/3 შეადგენს ტყეს და 1/3 მდელოს (საშუალო ალბედო: 0.18), ამდენად ალბედოსა და ჰექტრის ნამრავლის მაჩვენებელი შეადგენს 1 116-ს, პროექტის შედეგად ალბედოს შედარებადი ცვლილება წარმოადგენს 0.04%-ს.

ბახვი 1 პროექტის ფარდობითი ზემოქმედება სითბოს შთანთქმავ/არეკვლავზე კურორტ ბახმაროში და მდინარე ბახვისწყლის აუზის ზედა ბიეფში, ამდენად, მიჩნეულია უმნიშვნელოდ.

5.2.2 მცენარეული საფარის ცვლილება

მცენარეული საფარის ცვლილება პროექტის ზემოქმედების შედეგად გამოიწვევს შემდეგ ვარიაციას:

- საპროექტო ტერიტორიის ალბედოსა და სითბოს შთანთქმის/არეკვლის ცვლილება - ეს საკითხი წინა 5.2. 1 თავშია განხილული.
- წყლის ბალანსის რეჟიმის ცვლილება, ხეების ბალახით ჩანაცვლების შედეგად.

წყლის ბალანსის ზემოქმედების შესაფასებლად, მთავარი აქცენტი გადატანილია ნალექიანობის იმ ნაწილზე, რომელიც აკუმულირებულია საჩრდილობის მიერ და იკარგება აორთქლების შედეგად გრუნტამდე მიულწევლად¹², და რომელიც ფაქტობრივად იმ ადგილებში მიაღწევს გრუნტს, სადაც მოხდება ხეების ჭრა. აკუმულირების მაჩვენებელი უფრო მაღალია (40-60%) სოჭის და ნაძვის ხშირ ბნელ ტყეებში კავკასიონის მთებში¹³.

საპროექტო ტერიტორიაზე საშუალო წლიური ნალექიანობა შეადგენს 1 500 მმ-ს, რაც ნიშნავს, რომ ნალექის წლიური მოცულობა ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში (62 კმ²) შეადგენს დაახლოებით 93 მილიონ მ³-ს.

პროექტის ფარგლებში ტყის აღდგენილი ფართობი შეადგენს 0,11 კმ²-ს, ანუ ტყის ფართობის 0.17%-ს ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში. აგრეთვე, ტყის მასივის დამატება გაზრდის წვიმის აკუმულირებას 50%-ით (საშუალოდ 40%-დან 60%-მდე) ამ 0.11 კმ²-ზე, რაც შედეგად გამოიწვევს წყლის ბალანსის შეცვლას 0.0825 მილიონი მ³-ით წლის განმავლობაში.

აღნიშნული წარმოადგენს ზემო ბახვისწყლის აუზის ატმოსფერული წყლის ბალანსის 0.09%-ს და, ამდენად, მიიჩნევა უმნიშვნელოდ.

¹² UNU, ტყეები, კლიმატი და ჰიდროლოგია: რეგიონული ზეგავლენა, სატყეო საქმიანობისა და ტყეების აღდგენის ზეგავლენა წყლის ბალანსზე, 1988, 217 გვერდი

¹³ რახმანოვი ვ.ვ. 1962. ტყეების როლი წყლის კონსერვაციაში. Goslesbumizdat, მოსკოვი, 236 გვ.

5.2.3 წყლის ობიექტების ზედაპირის ცვლილება

პროექტის შედეგად გამოწვეული წყლის ობიექტების ცვლილება გამომდინარეობს შემდეგი გარემოებებიდან:

- მდინარის კალაპოტის სიგანის შემცირება შემოვლითი ნაკადის შემცირების შედეგად (3.5 კმ). ამჟამად არსებული მდინარის სიგანე, რომელიც არის 3-5 მ სავარაუდოდ შემცირდება 3 მ-მდე. ეს ვარაუდი ეყრდნობა ბახვი 3-ის შემცირებულ ნაკადზე დაკვირვებას.
- 0.24 ჰა შეგუბების შექმნა.

საერთო ჯამში, წყლის ზედაპირი შემცირდება 0,7 ჰა-თ და გაიზრდება 0.24 ჰექტრით, რაც ნიშნავს, რომ ნეტო დანაკარგი შეადგენს 0.466 ჰა-ს.

წლიური 1 000 მმ/წ აორთქლების დაშვებით¹⁴, წყლის ობიექტების ზედაპირის შემცირება გამოიწვევს აორთქლების კარგვას წლიურად 4 660 მ³ მოცულობით. აღნიშნული წარმოადგენს ნალექიანობის მოცულობის 0,005%-ს ზემო ბახვისწყლის მდინარის აუზში. წყლის ობიექტების ზედაპირის შემცირების ეფექტი ატმოსფერულ ნალექიანობაზე, ამდენად, უმნიშვნელო იქნება.

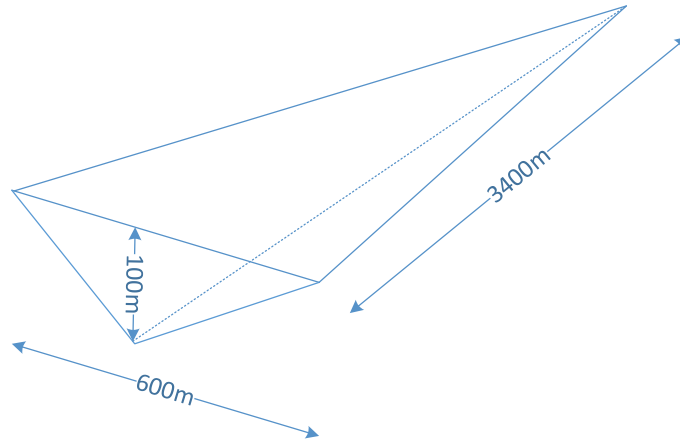
5.3 ზემოქმედება მიკროკლიმატზე ზემოქმედების მქონე ფაქტორებზე

5.3.1 ბახვი 1-ის მიერ დამატებითი ნისლის წარმოქმნის რისკი

ბახვი 1-ის შეგუბების თავზე ნისლის ფორმირება არ არის მოსალოდნელი, შეგუბების უაღრესად მცირე მოცულობის გამო.

იმისთვის, რომ ნისლმა მიაღწიოს კურორტ ბახმარომდე, საჭირო იქნება 100 მ-ზე მეტი სისქის ნისლის წარმოქმნა შეგუბების თავზე (ვინაიდან შეგუბების მდებარეობს ბახმაროს კურორტის 100 მ-ზე დაბალ ნიშნულზე, ხოლო ნისლი ჰორიზონტალურად ვრცელდება) და 3 400 მეტრის სიგრძით (ვინაიდან შეგუბება კურორტ ბახმაროდან დაშორებულია 3 400 მეტრით). მომდევნო გამარტივებული სქემა წარმოადგენს ამგვარი ნისლის ღრუბლის მოცულობის გაანგარიშებას წყალსატევსა და კურორტ ბახმაროს შორის: 102 მილიონი მ³.

¹⁴ საპროექტო ტერიტორიაზე არ არის აღრიცხული მონაცემები. მთიან რეგიონში აორთქლების მაჩვენებელი შეადგენს 500-1500 მმ-ს წელიწადში.



კონსერვატიული დაშვებით, რომ ჰაერის ტემპერატურა იქნება 0°C , და ის გარემოება, რომ წყალი მიაღწევს გაჯერებას 4.85 გ/მ^3 მოცულობით ამ ტემპერატურაზე, წყლის მოცულობა, რომელსაც ღრუბელი მოიცავს იქნება 495 მ^3 : ეს ნიშნავს 211 მმ აორთქლებას შეგუბებიდან, რომელიც შეადგენს წლიური აორთქლების 20% -ს ღამის განმავლობაში.

495 მ^3 წყლის აორთქლებისთვის¹⁵ საჭიროა 331.6 მგვტ-საათი, რადგან დედამიწაზე მზის მაქსიმალური რადიაციაა $1\,000\text{ ვტ/მ}^2$. ბახვი 1-ის შეგუბების ფართობი არის $2,400\text{ მ}^2$. შესაბამისად, მოცემული შეგუბებიდან 495 მ^3 -ის წყლის აორთქლებისთვის საჭირო 331.6 მგვტ-საათის მისაღწევად, აუცილებელია მზის 141 საათიანი უწყვეტი გამოსხივება, რაც რასაკვირველია, შეუძლებელია დღე-ღამის ციკლის გამო.

გაანგარიშებები გვიჩვენებს, რომ ბახვი 1-ის შეგუბებიდან შეუძლებელია ისეთი ნისლის წარმოქმნა, რომელიც მიაღწევს კურორტ ბახმარომდე.

5.3.2 ბახვი 1 ჰესის გამო ბახმაროში ნისლის შემცირების რისკი

ბახმაროს თავზე ნისლის ფორმირება პერიოდული ფენომენია. ნისლის ფორმირებას იწვევს ჰაერში არსებული წყლის კონდენსაცია.

რადგან კურორტი ბახმაროს ტერიტორია დაახლოებით 3 კმ^2 -ია, კურორტი ბახმაროს თავზე ძალიან თხელი ნისლის ფენის ფორმირებას, მაგალითად, მხოლოდ 20 მ სისქის (ნიშნავს 60 მილიონი მ^3 ღრუბელს), ესაჭიროება 900 მ^3 წყლის აორთქლება (გამოწვეული სითბოს წყაროს მიერ) და ხელახლა კონდენსაცია (გამოწვეული გაგრილების ეფექტით)¹⁶.

მსგავსი ნისლი რომ გაქრეს, საჭიროა სითბოს წყარო (გაგრილების ეფექტის დასაბალანსებლად): ეს გახლავთ თავში 5.3.1 აღწერილი მოვლენის საპირისპირო ფენომენი და უზარმაზარი ოდენობით სითბო იქნება საჭირო ნისლის ფორმირებისთვის: მზე შეიძლება იყოს სითბოს მსგავსი წყარო (რაც საზოგადოდ

¹⁵ 1 გრამი წყლის აორთქლებას ესაჭიროება 0.67 ვტ/სთ 25°C წყლის ტემპერატურაზე – ეს გახლავთ ძალიან კონსერვატიული დაშვება მდინარე ბახვისწყალის შემთხვევაში, რომლის ტემპერატურა ზაფხულში არის დაახლოებით 10°C .

¹⁶ 20°C ტემპერატურაზე ჰაერში წყალი კონდენსირდება, როდესაც ჰაერში წყლის შემცველობა მიაღწევს 15 გრამს თითოეულ მ^3 ჰაერზე.

განაპირობებს ნისლის გაქრობას მზის სხივებით გათბობის შემდეგ), მაგრამ ბაზვის წყალმიმღები და შეგუბება არ წარმოქმნიან არავითარ სითბოს, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს ბახმაროს თავზე ნისლის ღრუბლის აორთქლება.

ამგვარად, პროექტის გამო ბახმაროში ნისლის ბუნებრივი პროცესებზე ზემოქმედების რისკი, მათ შორის ნისლის შემცირების რისკი მიჩნეულია ნულის ტოლად.

5.3.3 გაზრდილი ან შემცირებული ტემპერატურების რისკი

ტემპერატურის ცვლილება ბახმაროში გამოწვეული იქნება ბაზვი 1-ის პროექტის ფარგლებში განხორციელებული საქმიანობის შედეგად მხოლოდ მაშინ:

- თუ პროექტი გამოჰყოფს მნიშვნელოვანი მოცულობის სიცხეს ატმოსფეროში: ეს რისკი გამორიცხულია, ვინაიდან პროექტი სიცხეს არ გამოჰყოფს განსხვავებით თბოელექტროსადგურისგან, რომელიც უფრო მეტ სიცხეს გამოიმუშავებს, ვიდრე ელექტრონერგიას.
- თუ პროექტი მნიშვნელოვნად შეცვლის არსებული ზედაპირების შთანთქმა/არეკვლის შესაძლებლობას ბახმაროს მიდამოებში - ეს რისკი მიმოხილულია თავში 5.2.1, სადაც წარმოვადგინეთ, რომ პროექტის ზემოქმედება რეგიონულ ალბედოზე უმნიშვნელო იქნება.

პროექტის შედეგად არ არსებობს კურორტ ბახმაროში ტემპერატურის გაზრდის ან შემცირების რისკი.

კურორტ ბახმაროში ტემპერატურა გაიზრდება გლობალური დათბობის მიზეზით, თუმცა ეს სრულიად დამოუკიდებელია ბაზვი 1 ჰესის მშენებლობისა და ოპერირების პროცესისგან.

5.3.4 გაზრდილი ან შემცირებული ტენიანობის რისკი

ბაზვი 1 ჰესი არ შეცვლის მდინარე ბახვისწყლის აუზის ან ბახმაროს ნალექიანობის რეჟიმს, შესაბამისად, ტენიანობის ცვლილება ბახმაროში გამოწვეული იქნება ბაზვი 1-ის საპროექტო საქმიანობის შედეგად მხოლოდ იმ შემთხვევაში:

- თუ წყლის ობიექტებიდან აორთქლება გახდება ტენიანობის მნიშვნელოვანი წყარო საპროექტო არეალში - ეს არ არის მოსალოდნელი, რაც აღვწერეთ თავში 5.2.3.

- თუ პროექტის საქმიანობის შედეგად შეცვლილი ტყის საფარი მნიშვნელოვნად შეცვლის ატმოსფერულ ტენიანობას - ეს არ არის მოსალოდნელი, რაც აღვწერეთ თავში 5.2.3.

შესაბამისად, არ არსებობს რაიმე რისკი, რომ პროექტმა გამოიწვიოს მაღალი ან დაბალი ტენიანობა ბახმაროს კურორტზე.

ტემპერატურის ზრდა გლობალური დათბობის მიზეზით კურორტ ბახმაროში გამოიწვევს ჰაერის მზარდ ტენიანობას (წყლის შემცველობა ჰაერში გაიზრდება 7%-ით ტემპერატურის 1°C-იანი მატების ფონზე), თუმცა ეს სრულიად არ არის დამოკიდებული ბახვი 1 ჰესის მშენებლობასა და ფუნქციონირებაზე.

6 დასკვნა

ამ ანგარიშში მოცემული მაკრო და მიკროკლიმატების ზემოქმედების შეფასებები გვიჩვენებს, რომ:

- ბახვი 1 ჰესის მშენებლობასა და ექსპლუატაციას ვერ ექნება გაზომვადი ან მნიშვნელოვანი ზემოქმედება ბახმაროს მაკრო ან მიკროკლიმატზე, ან, უფრო ფართოდ, მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრებ აუზზე.
- ბახმარო და მდინარე ბახვისწყლის წყალშემკრები აუზი, ახლაც და მომავალშიც განიცდიან გლობალური დათბობის მიზეზით გამოწვეულ კლიმატურ ცვლილებებს (ბახვი 1 ჰესისგან დამოუკიდებლად) და ეს ცვლილებები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას მოახდენენ ადგილობრივ ეკოსისტემებზე.

მაკრო და მიკროკლიმატზე ბახვი 1 ჰესის მნიშვნელოვანი უარყოფითი ზემოქმედების არარსებობის ფონზე, არ არის შემოთავაზებული რაიმე შემარბილებელი ღონისძიებების გატარება.