



დანართი N7

ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგური, საქართველო

საბაზისო პროექტი

ჰიდროლოგიური კვლევა



ტექნიკური ანგარიში

ავტორი	პროექტი	ფაზა	არეალი	WBS	WBE	დოკ. ტიპი	პროგრ.	შესწორება
L	6768	B	HY	GE	GE	TR	001	003

003	15.12.2016	MaE	Bal
002	23.06.2016	MaE	Bal/La
001	13.05.2016	MaE	La
000	18.04.2016	MaE	La
ვერსია	თარიღი	ავტორი	დამოწმება

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.....4

2 საერთო მახასიათებლები4

2.1 გეოგრაფიული მონაცემები4

2.2 ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური მონაცემები.....5

2.3 კლიმატი7

2.4 ნალექი8

2.5 ქარი10

2.6 მზის გამოსხივება11

2.7 წყალგამყოფი11

3 წყლის ჩამონადენის შეფასება.....11

3.1 შესავალი.....11

3.2 ნაკადის ხარჯის მონაცემები12

3.2.1 ლახამის სადგური მდინარე ნენსკრაზე.....12

3.2.2 ნაკის სადგური მდინარე ნაკრაზე.....14

3.2.3 ნაკადის დამატებითი მონაცემები.....18

3.3 ჩამონადენის შეფასება / სადევიაციო ობიექტები.....19

3.3.1 საშუალო წლიური ჩამონადენი.....19

3.3.2 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდები21

3.3.3 საშუალო თვიური ხარჯი.....22

3.4 მცირე უბე - გადასროლა22

4	წყალმოვარდნა	23
4.1	შესავალი.....	23
4.2	წყალმოვარდნის პიკური ხარჯი.....	24
4.2.1	მეთოდოლოგია და გამოყენებული მონაცემები.....	24
4.2.2	ჰომოგენურობის ტესტი.....	26
4.2.3	შესაბამისობის კრიტერიუმის ტესტი.....	27
4.2.4	წყალმოვარდნის ხარჯი	28
4.3	წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები	30
4.4	წყალმოვარდნის შეფასება - მცირე უბის გადასროლა.....	33
5	შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა	33
5.1	შესავალი.....	33
5.2	შესაძლო მაქსიმალური ნალექი.....	34
5.2.1	ნალექის მონაცემები	34
5.2.2	შესაძლო მაქსიმალური ნალექის განგარიშება	35
5.2.3	ჰისტოგრამა	40
5.3	ღვარის ჩამონადენი	41
5.4	შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჩამონადენის ჰიდროგრაფი	43
5.5	თოვლდნობის ჩამონადენი.....	45
5.6	შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი	47
6	კლიმატის ცვლილების შესაძლო ზეგავლენა.....	49
7	დასკვნა	51

1 შესავალი

ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგურის აშენება იგეგმება საქართველოში, სვანეთის რეგიონში, მდინარე ნენსკრაზე; ქ. თბილისიდან ჩრდილო-დასავლეთით დაახლოებით 260 კმ. დაშორებით. ელექტროსადგური გამოიყენებს ნაკადებს მდინარე ნენსკრას და ნაკრას წყალშემკრებებიდან. ჰესის დადგმული სიმძლავრე იქნება 280 მგვტ.

პროექტი ითვალისწინებს შემდეგი ძირითადი კომპონენტების მშენებლობას:

- ნაკრას ბეტონის წყალგადასაშვები კაშხალი;
- ნაკრას სატრანსფერო გვირაბი;
- ნენსკრას ქვაყრილი კაშხალი;
- წყალსაგდები;
- ქვედა დონის წყალგამომშვები;
- წყალმიმღები;
- მიმყვანი გვირაბი;
- გამათანაბრებელი შახტა;
- სადაწნო;
- ელექტროსადგური.

ამ ტექნიკურ ანგარიშში მოცემულია ჩამონადენის და წყალმოვარდნის გასაანგარიშებლად ჩატარებული ჰიდროლოგიური კვლევა (გასათვალისწინებელია ძირითადი ჰიდრაულიკური სტრუქტურების დაპროექტებისას). განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა წყალმოვარდნის საკითხს, რომელიც უნდა გაანალიზდეს კაშხლის ქვედა დონის წყალგამომშვების სამუშაოების დასაგეგმად.

კვლევა ემყარება ჰიდრომეტრული და მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებს (როგორც საწყისი პროექტის და ტექნიკური დასაბუთების ნაწილს), რომელიც შეტანილია დამკვეთის მიერ წარმოდგენილ ინფორმაციაში და მოცემულია ამ ანგარიშის “A” დანართში.

მე-2 თავში ზოგადად აღწერილია საპროექტო არეალი და ძირითადი ხელმისაწვდომი ჰიდრო-მეტეოროლოგიური მონაცემები. ორივე უბანზე ჩამონადენებთან და წყალმოვარდნასთან დაკავშირებული მონაცემები მოცემულია მე-3 და მე-4 თავებში. მე-5 თავში აღწერილია „შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა“. მე-6 თავში მოცემულია სამომავლოდ კლიმატის ცვლილების ანალიზი და მისი შესაძლო ზეგავლენა. მე-7 თავში წარმოდგენილია ძირითადი დასკვნები, ხოლო მე-8 თავში მოცემულია კვლევაში გამოყენებული სახელმძღვანელო დოკუმენტების ჩამონათვალი.

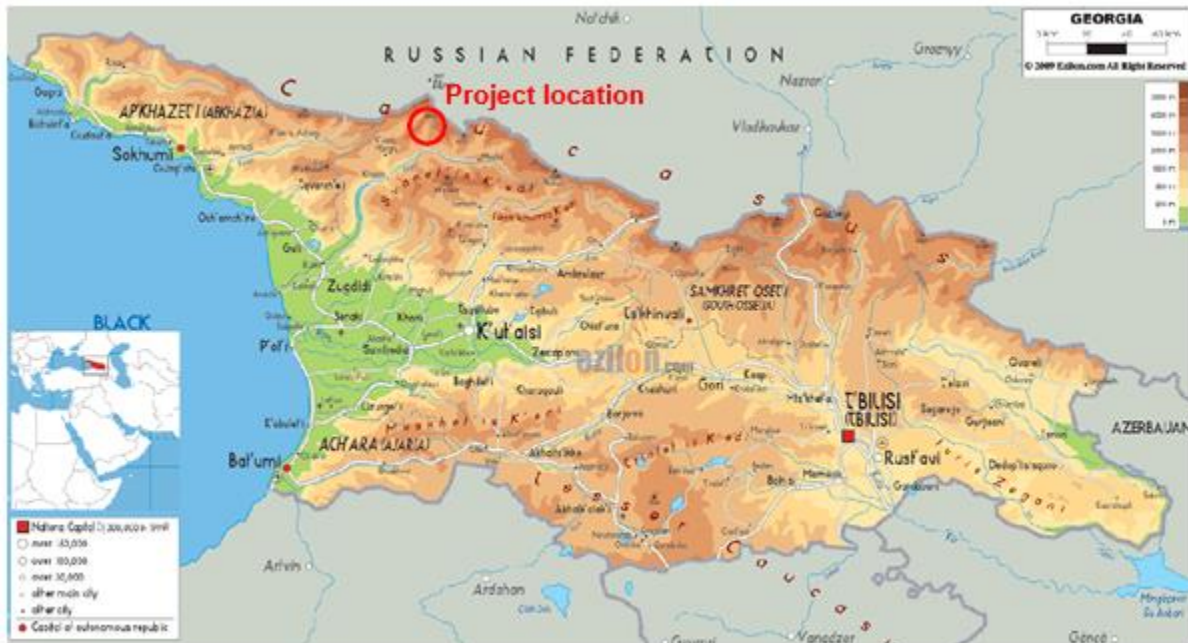
2 საერთო მახასიათებლები

2.1 გეოგრაფიული მონაცემები

საქართველო მდებარეობს სამხრეთ კავკასიაში, 41° და 44° N განედებს შორის და 40° და 47° E გრძედებს შორის; ფართობი შეადგენს 67'900 კმ²-ს. კავკასიის ქედი ქმნის ქვეყნის ჩრდილოეთ

საზღვარს.

ნენსკრაჰესის მშენებლობა დაგეგმილია სვანეთის რეგიონში (საქართველოს ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში). მდინარეები ნენსკრა და ნაკრა ქვეყნის ერთ-ერთი მთავარი მდინარის - ენგურის მარჯვენა შენაკადებს წარმოადგენენ (ნახაზი 2.1.1).



ნახაზი 2.1.1 ნენსკრაჰესის მდებარეობა საქართველოს რუკაზე

2.2 ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური მონაცემები

მდინარე ენგურის სისტემაში ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური მონაცემები მოიპოვება 30-იანი წლებიდან ადრეულ 90-იან წლებამდე პერიოდში მიღებული მონაცემებიდან. ნენსკრაჰესის პროექტისთვის ხელმისაწვდომი ყველა მონაცემი მოცემულია „A“ დანართში, დამკვეთის მიერ წარმოდგენილ დოკუმენტაციაში არსებული „ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების“ შემადგენელი ნაწილის სახით.

ნაკადის ხარჯის მონაცემები აღებულია შვიდი ჰიდრომეტრიკული სადგურიდან: ლახამის სადგური მდინარე ნენსკრაზე, ნაკის სადგური მდინარე ნაკრაზე, ხაიშის სადგური მდინარე ენგურზე, მესტიის სადგური მდინარე მესტიაჰალაზე, ბეჩოს სადგური დოღრაზე, მულხურას და ხუმპრერის სადგურები ომონიმურ მდინარეებზე. ხაიშის და მესტიის სადგურები ასევე უზრუნველყოფენ ნალექის შესახებ ჩანაწერებს, ხოლო ჰაერის ტემპერატურის მონაცემები ხელმისაწვდომია ლახამის სადგურიდან. ასევე ხელმისაწვდომია გარკვეული დამატებითი ინფორმაცია წყლის ტემპერატურაზე, თოვლის საფარზე და ქარზე. სადგურების მდებარეობა მოცემულია ნახაზზე: L-6768-B-GE-GE-GE-DW-002_001.

მთავარი სადგურები და მონაცემების აღების პერიოდები მოცემულია ცხრილში:

სადგური (მდინარე)	წყალსაკრები [კმ ²]	დღიური საშუალო ნაკადი	თვიური საშუალო ნაკადი	დღიური მაქსიმალური ნაკადი	დღიური ნალექი	ჰაერის ტემპერატურა
ხაიში (ენგური)	2'780	1937-43 1945-52 1954 1956-91			1932-92	
მესტია (მესტიაჭალა)	144	1939-40 1942-43 1947-73 1975	1939-40 1942-43 1946-80	1940 1942-43 1947-80	1931 1933-92 2003-04	
ნაკი (ნაკრა)	126	1937-43 1946 1948-64 1966-73 1975	1931-32 1937-43 1945-46 1948-61 1963-80 1982-84 1986	1937-43 1946 1948-61		
ლახამი (ნენსკრა)	468	1980-86 1988-89	1930-43 1955-80	1980-86 1988-89		1980-86 1988-89
ბეწო (დოღრა)	146		1930-33 1956-70			
ხუმრერი (ხუმრერი)	160		1956-70			
მულხურა (მულხურა)	197		1962-80	1962-80		

ცხრილი 2.2.1 ძირითადი სადგურები და მონაცემების აღების პერიოდი (მოცემულია დამსაქმებლის მიერ წარმოდგენილ დოკუმენტაციაში შეტანილ „ტექნიკურ დასაბუთებაში“ (დანართი “A”).

მონაცემები ინახება საქართველოს გარემოს დაცვის ეროვნული სააგენტოს ჰიდრო-მეტეოროლოგიური დეპარტამენტის არქივში.

ჰიდროლოგიური მონაცემების ყველაზე ხანგრძლივი კრებული აღებულია ხაიშის სადგურზე და მოიცავს 52 წლიან პერიოდს (48 სრული წლიური მონაცემების კრებული და 4 არასრული კრებული).

ნაკის და ლახამის სადგურები უზრუნველყოფს პროექტისთვის ყველაზე შესაბამის ჰიდროლოგიურ მონაცემებს, რამდენადაც ეს სადგურები მდებარეობს წყალშემკრები უბნებიდან ქვემოთ, მდინარე ნაკრაზე და ნენსკრაზე. ნაკის სადგური მდებარეობს ნაკრას წყალმიმღების ქვემოთ, დაახლოებით 3.5 კილომეტრის მანძილზე, ხოლო ლახამის სადგური მდებარეობს კაშხლის ქვემოთ, დაახლოებით 15 კილომეტრზე.

მდინარე ნენსკრაზე, ლახამის სადგური აფიქსირებს ყოველდღიური ხარჯის მონაცემებს (მაქსიმალურის ჩათვლით) 9 წლიანი პერიოდისთვის, 1980 წლიდან 1989 წლამდე. ამასთან, სადგური ასევე აფიქსირებს საშუალო თვიური ხარჯის 40 წლიანი მონაცემების კრებულს (1930-1943, 1955-1980).

მდინარე ნაკრაზე არსებული ნაკის სადგური უზრუნველყოფს დღიური ხარჯის მონაცემებს (მაქსიმალურის ჩათვლით) 34 წლიანი პერიოდისთვის, 1937 წლიდან 1975 წლამდე. ამასთან,

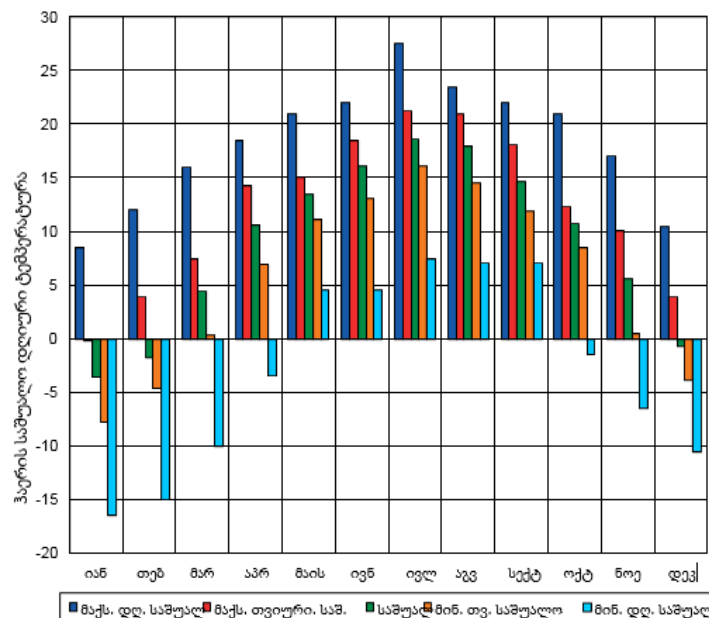
სადგური ასევე აფიქსირებს საშუალო თვიური ხარჯის 47 წლიან მონაცემთა კრებულს, 1931-დან 1986 წლამდე.

მიუხედავად იმისა, რომ მონაცემები არ არის უახლესი, ნაკადის ხარჯის ჩანაწერები ითვლება საკმარისად ხანგრძლივად იმისათვის, რომ იყოს ჰიდროლოგიური თვალსაზრისით საიმედო.

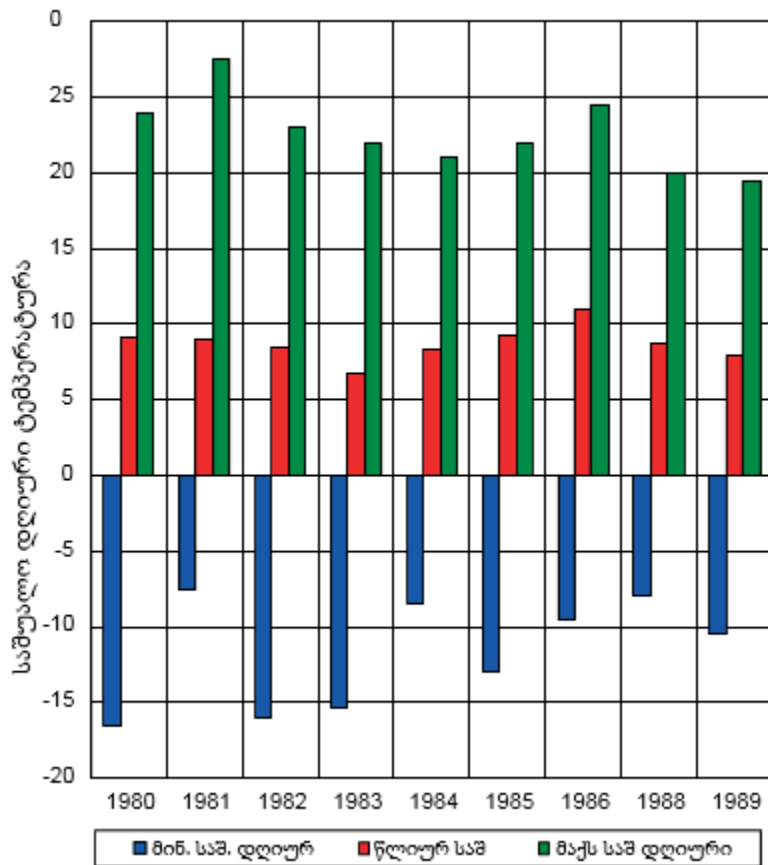
2.3 კლიმატი

კავკასიონი წარმოადგენს ბარიერს ჩრდილოეთიდან ცივი ჰაერის მასებისთვის და შავი ზღვიდან მომდინარე ტენიანი ჰაერის მასებს მიმართავს მაღლა, რაც იწვევს ინტენსიურ ნალექს. აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატი შედარებით მშრალია. კლიმატი მნიშვნელოვნად იცვლება სიმაღლის კვალდაკვალ, რითაც ქმნის კლიმატური სარტყლების ერთობლიობას ზღვიდან მწვერვალებამდე, ასი კილომეტრის მანძილის ფარგლებში. შავ ზღვასთან დასავლეთ საქართველოს დაბლობები ხასიათდება ტენიანი სუბტროპიკული კლიმატით.

სვანეთის რეგიონს ახასიათებს გრილი და ნალექიანი ზაფხული და გრძელი ზამთარი, დიდი ოდენობით თოვლის ნალექი. საშუალო წლიური ტემპერატურა ეცემა სიმაღლის მატებასთან ერთად და მერყეობს 6°C-დან 10°C-მდე ენგურის ხეობის მთიან ნაწილში, ხოლო 2-დან 4°C-მდე მაღალმთიან ზონაში. პროექტისთვის ხელმისაწვდომი ძირითადი მეტეოროლოგიური მონაცემები მოცემულია "A" დანართში. მდინარე ნენსკრაზე, კაშხლის უბნიდან 15 კმ მანძილზე მდებარე ლახამის მეტეოროლოგიურ სადგურზე დაფიქსირებული საშუალო დღიური ტემპერატურები მოცემულია ნახაზ 2.3.1-ზე (1980 – 1986 და 1988 – 1989). საშუალო წლიური ტემპერატურა დაახლოებით +9°C-ია, სეზონური ვარიაციებით. საშუალო დღიური ტემპერატურა იანვარში ჩვეულებრივ მერყეობს დაახლოებით -10°C-დან -5°C-მდე. მინიმუმალური ტემპერატურა -17°C 1980 წელს დაფიქსირდა. ყველაზე ცხელი თვე ჩვეულებრივ ივლისია, რომლის განმავლობაშიც საშუალო დღიური ტემპერატურა დაახლოებით 19°C-ს შეადგენს.



ნახაზი 2.3.1 საშუალო დღიური ტემპერატურის ყოველთვიური ვარიაცია, დაფიქსირებული ლახამის მეტეოროლოგიურ სადგურზე 1980-1986 და 1988-1989 წლების პერიოდში



ნახაზი 2.3.2 საშუალო დღიური ტემპერატურის ყოველთვიური ვარიაცია, დაფიქსირებული ლახამის მეტეოროლოგიურ სადგურზე 1980 – 1986 და 1988 – 1989 წლების პერიოდში.

ლახამის სადგურზე დაფიქსირებული საშუალო დღიური ტემპერატურის წლიური ვარიაცია მოცემულია ნახაზ 2.3.2-ზე. მნიშვნელოვანი ტენდენციები ან ანომალიები არ გამოვლენილა. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ჩანაწერების პერიოდი საკმაოდ მოკლეა იმისათვის, რომ მოხდეს მნიშვნელოვანი გრძელვადიანი კლიმატური ტენდენციების ანალიზი, რომლებიც განხილულია მე-6 თავში.

2.4 ნალექი

ენგურის ხეობის რეგიონი ხასიათდება დიდი ოდენობით ნალექით, თუმცა ტენიანობის დონე განსაკუთრებით მაღალი არ არის. წლიური ნალექიანობა მერყეობს 1'100 მმ-დან 1'500 მმ-მდე სანაპიროს გასწვრივ, 1'700 - 3'500 მმ მაღალმთიან არეალებში. ზამთრის განმავლობაში, რეგიონის მთიან არეალებში თოვლის საფარი მუდმივია.

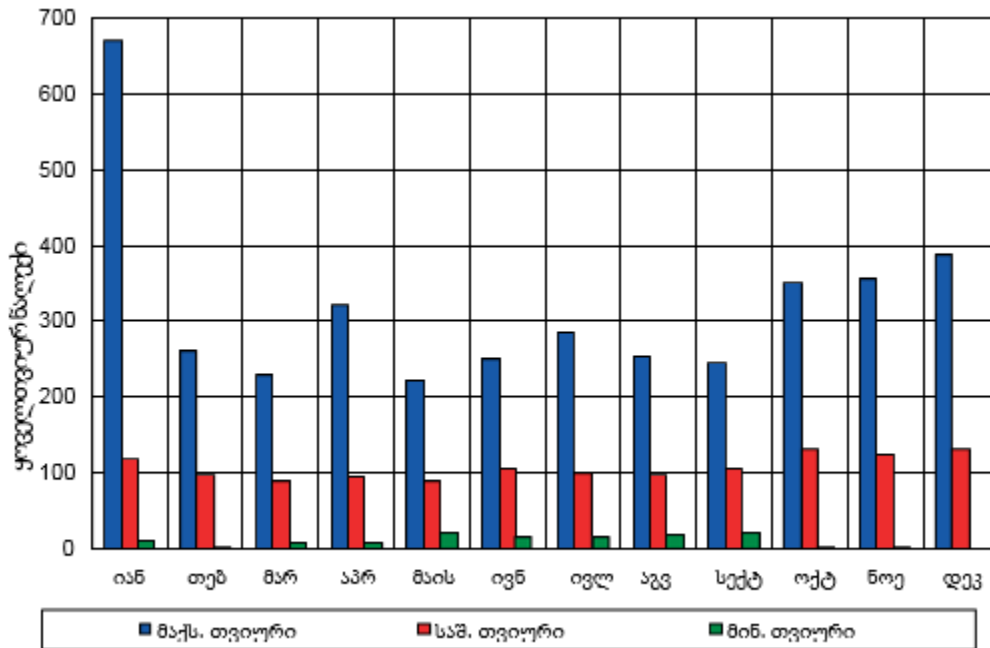
ალპური პირობები გვხვდება დაახლოებით ზღვის დონიდან 2'100 მეტრის სიმაღლის შემდეგ. ზღვის დონიდან 3.000 მეტრზე მაღლა, მთები მთელი წლის განმავლობაში დაფარულია თოვლით და ყინულით. ზოგიერთ მთიან ადგილას, თოვლის საფარის სიმაღლე 4-6 მეტრს აღწევს. სტაბილური თოვლის საფარი ფორმირდება 500-600 მ სიმაღლიდან. ხანგრძლივობა მერყეობს 10-20 დღეს შორის სწორ ადგილებზე და 100 - 150 დღე მთიან რეგიონებში.

ენგურის ზედა წყალშემკრებთან მდებარე ორი მეტეოროლოგიური სადგურის მიერ დაფიქსირებული ატმოსფერული ნალექი (იხილეთ L-6768-B-GE-GE-GE-DW-002_001)

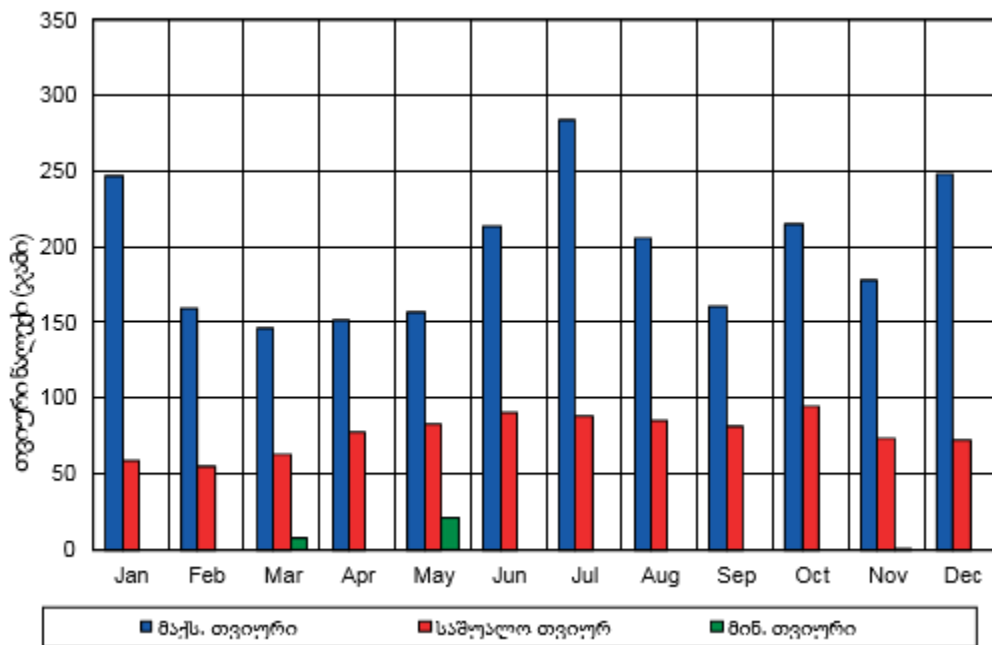
მოცემულია A დანართში.

მესტიის სადგური მდებარეობს მდინარე მესტიაჰალაზე და უზრუნველყოფს ნალექიანობის ყოველდღიურ ჩანაწერებს 1932-დან 1992 წლამდე. ხაიშის სადგური მდინარე ენგურზე, ნენსკრასთან შეერთების წერტილთან ახლოს და უზრუნველყოფს ნალექიანობის ყოველდღიურ მონაცემებს 1930 - 1992 და 2003 – 2004 პერიოდებში.

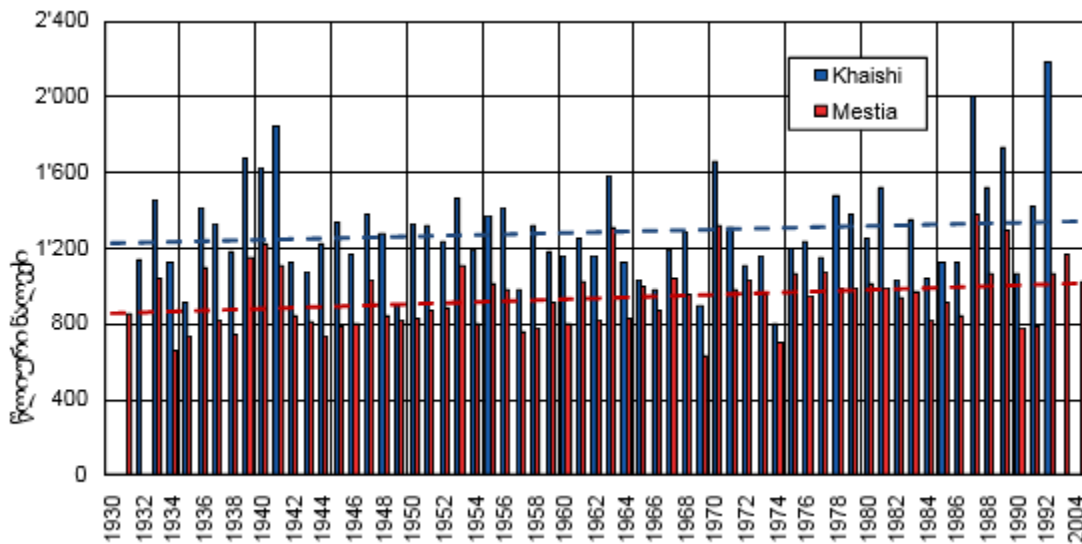
ორი სადგურის მიერ დაფიქსირებული ყოველთვიური ნალექიანობის მონაცემები მოცემულია ნახაზებზე 2.4.1 და 2.4.2. მნიშვნელოვანი სეზონური ვარიაციები არ ფიქსირდება.



ნახაზი 2.4.1 ყოველთვიური ნალექი, დაფიქსირებული ხაიშის მეტეოროლოგიურ სადგურზე 1932-1992 წლების პერიოდში



ნახაზი 2.4.2 მესტიის მეტეოროლოგიურ სადგურზე დაფიქსირებული ყოველთვიური ნალექი, 1930-1992, 2003 და 2004 წლების პერიოდში



ნახაზი 2.4.3 ხაიშის და მესტიის მეტეოროლოგიურ სადგურებზე დაფიქსირებული წლიური ნალექები 1930 – 1992, 2003 და 2004 წლების პერიოდში.

დაკვირვების სრული პერიოდის მანძილზე, ორივე სადგურის მიერ დაფიქსირებული ჯამური წლიური ნალექიანობა მოცემულია ნახაზ 2.4.3-ზე. ხაიშის სადგურის მიერ დაფიქსირებული საშუალო წლიური ნალექი 1'285 მმ-ია, ხოლო მესტიის მიერ დაფიქსირებულია 941 მმ. მესტიის სადგურზე დაფიქსირებულ მაქსიმალურ ნალექიანობას ადგილი ჰქონდა 1987 წელს (1'382 მმ), როდესაც ასევე ხაიშის სადგურმა დააფიქსირა გამორჩეულად მაღალი მაჩვენებელი (2'007 მმ). თუმცა, ხაიშის შემთხვევაში მაქსიმალური მაჩვენებელი დაფიქსირდა 1992 წელს, საერთო წლიური ნალექიანობა 2'185 მმ. ორივე სადგურმა დააფიქსირა განსაკუთრებით მაღალი ნალექიანობა 1939 – 1941, 1963 და 1970 წელს.

მონაცემთა ორი ერთობლიობა გვიჩვენებს მზარდი წლიური ნალექიანობის გარკვეულ ტენდენციას დაახლოებით 60 წლიანი დაკვირვების პერიოდში (61 წელი ხაიშის შემთხვევაში და 63 წელი მესტიის შემთხვევაში), რაც ითვლება საკმარისად ხანგრძლივად იმისათვის, რომ ჩათვალოს ჰიდროლოგიურად მნიშვნელოვნად. ხაზოვანი ინტერპოლაციის მეშვეობით, შესაძლებელია გამოვლინდეს საშუალო წლიური ზრდა 2.1 მმ (1.84 მმ ხაიშის შემთხვევაში და 2.45 მმ მესტიის შემთხვევაში). აღნიშნული ტენდენციები უფრო დეტალურად განხილულია მე-6 თავში, რომელშიც შეჯამებულია გაეროს განვითარების პროგრამის ფარგლებში ჩატარებული კლიმატის ცვლილებების კვლევების ძირითადი დასკვნები.

2.5 ქარი

დასავლეთ საქართველოში ქარის რეჟიმზე გავლენას ახდენს რელიეფი. გამორჩეულია შავი ზღვიდან ხეობებამდე ქარის/ჰაერის ცირკულაცია. ქარის საშუალო სიჩქარე არ აღემატება 2 – 3 მ/წ-ს ტყეებით დაფარულ ხეობებში. ყველაზე ხშირი და ძლიერი ქარებით ხასიათდება მთები და მაღალმთიანი გადასასვლელები, სადაც ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე 5.5 - 9.0 მ/წ-ს აღწევს.

2.6 მზის გამოსხივება

საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე, მზის გამოსხივების საშუალო წლიური ხანგრძლივობა 1'900 - 2'200 საათის დიაპაზონში მერყეობს. მაღალმთიან ზონებში, სადაც ზოგ ადგილას ხშირია ღრუბლიანობა, ეს მაჩვენებელი მცირდება 1'500 - 1'300 საათამდე.

2.7 წყალგამყოფი

ორი წყალგამყოფის ძირითადი მახასიათებლები, რომლებსაც ყოფს ნენსკრას კაშხალი და ნაკრას წყალმიმღები, ჩამოთვლილია ქვემოთ:

ნენსკრას წყალსაკრები

- წყალგამყოფის არეალი	222 კმ ²
- მდინარის სიგრძე	26 კმ
- მდინარის საშუალო დაქანება	6.4 m/m
- წყალგამყოფის საშუალო დაქანება	58 m/m

ნაკრას წყალსაკრები

- წყალგამყოფის არეალი	87 კმ ²
- მდინარის სიგრძე	14.4 კმ
- მდინარის საშუალო დაქანება	9.4 m/m
- წყალგამყოფის საშუალო დაქანება	64 m/m

3 წყლის ჩამონადენის შეფასება

3.1 შესავალი

ამ თავში მოცემულია წლის ჩამონადენის გაანგარიშება, არსებული ნაკადის ანალიზის საფუძველზე.

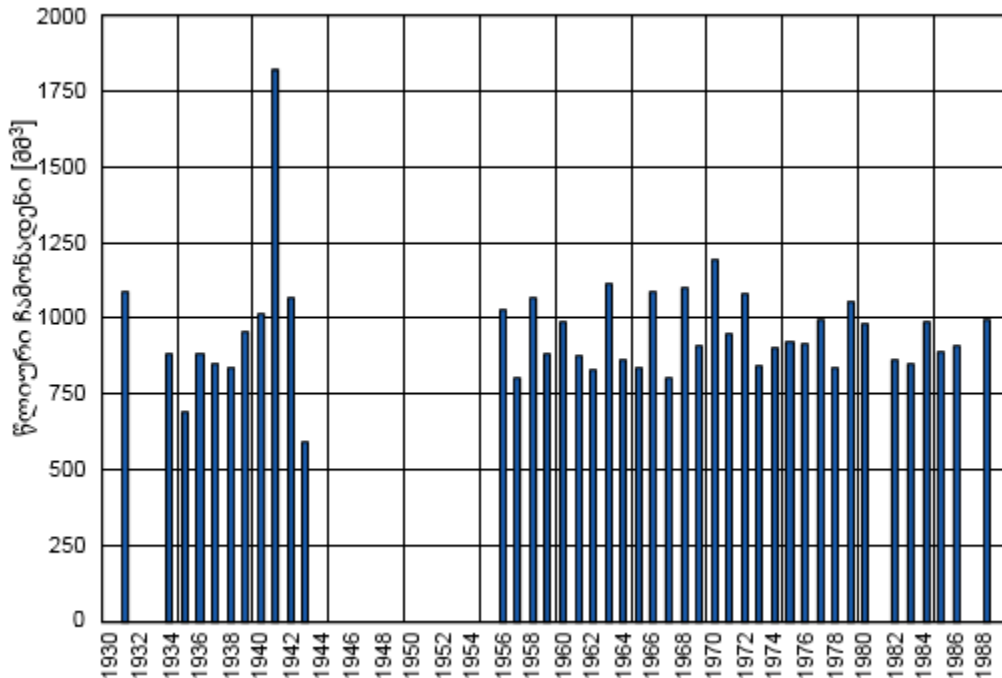
პირდაპირი მონაცემების არარსებობის მიუხედავად, კაშხალზე და ნაკრას წყალმიმღებ არხზე წყლის ხარჯის და ნალექების შესაბამისი მონაცემები ხელმისაწვდომია, რაც უზრუნველყოფს საფუძველს ორ დერივაციულ ობიექტზე წყლის ჩამონადენის და პიკური ხარჯის გაანგარიშებისთვის.

როგორც წინა თავში აღინიშნა, ნაკის და ლახამის ჰიდრომეტრიკული სადგურები, რომლებიც მდებარეობენ ორი დერივაციული ობიექტის ქვემოთ, უზრუნველყოფენ პროექტისთვის ნაკადის ყველაზე შესაფერის მონაცემებს. სადგურების მდებარეობა მოცემულია ნახაზზე L-6768-B-GE-GE-GE-DW-002_001.

3.2 ნაკადის ხარჯის მონაცემები

3.2.1 ლახამის სადგური მდინარე ნენსკრაზე

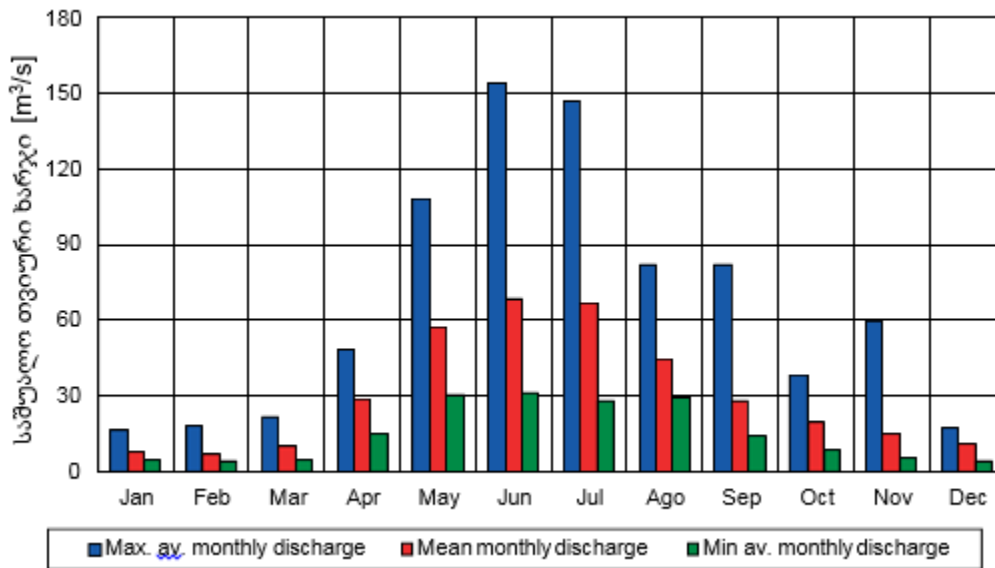
მდინარე ნენსკრაზე, ლახამის სადგური მდებარეობს კაშხლის უბნიდან ქვემოთ, დაახლოებით 15 კმ. მანძილზე, ზღვის დონიდან 676 მეტრ სიმაღლეზე. სადგური ყოველდღიურად უზრუნველყოფს წყლის ხარჯის მონაცემებს. 9 (1980-1986, 1988-1989) და 40 წლიანი (1930-43, 1955-1980) მონაცემთა ერთობლიობისთვის წლიური ჩამონადენები შეჯამებულია მე-7 ნახაზზე. ამოღებულია წლები, რომლებზეც მონაცემები სრულად არ მოიპოვება (1930, 1932-1933, 1955, 1981).



ნახაზი 3.2.1.1 წლიური ჩამონადენი, გაანგარიშებული მდინარე ნენსკრაზე მდებარე ლახამის სადგურზე, 1931, 1934-1943, 1956-1980, 1982-1986 და 1988 წლებში

საშუალო წლიური ჩამონადენი საანგარიშო პერიოდში შეადგენს 955 მმ³-ს, რაც შეესაბამება წყლის საშუალო ხარჯს - 30.27 მ³/წმ (64.69 l/s/km²). 1941 წელს ლახამის სადგურმა დააფიქსირა განსაკუთრებით მაღალი წლიური ჩამონადენი. აღნიშნული შეესაბამება განსაკუთრებით მაღალ ნალექიანობას, რომელიც დაფიქსირდა იმავე წელს ხაიშის და მესტიის მეტეოროლოგიური სადგურების მიერ. სხვა ანომალიები ან მნიშვნელოვანი ტენდენციები არ შეინიშნება.

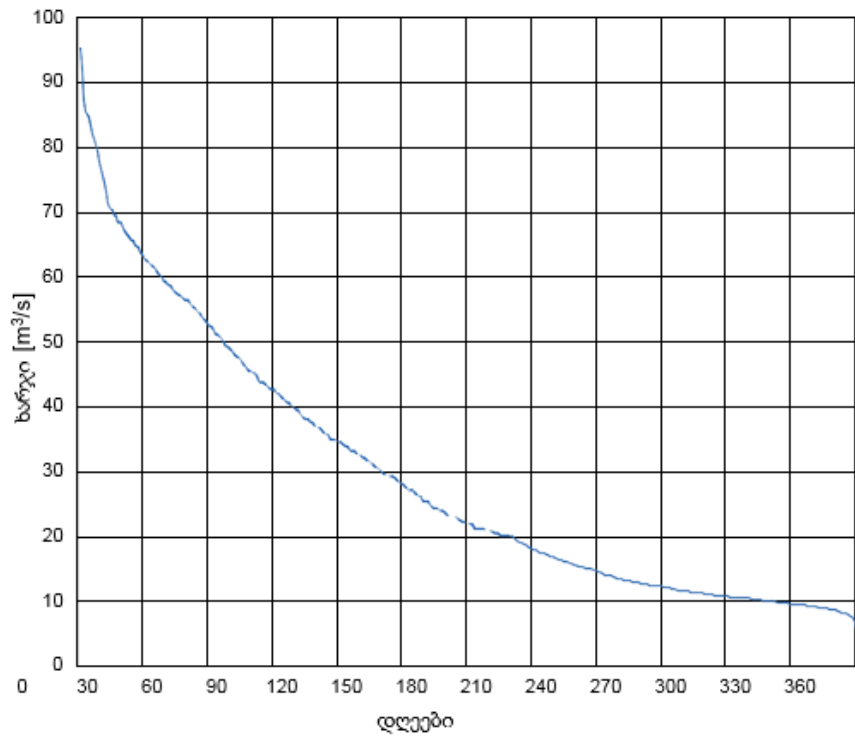
როგორც უკვე აღვნიშნეთ 2.4 პუნქტში, ნაკადის ხარჯი მდინარე ნენსკრაზე ექვემდებარება ძლიერ სეზონურ ვარიაციას გვიან გაზაფხულზე და ადრეულ ზაფხულში თოვლის დნობის შესაბამისი მასშტაბების გამო. აღნიშნული სეზონური ვარიაცია ნაჩვენებია ნახაზ 3.2.1.2-ზე, სადაც მოცემულია საანგარიშო პერიოდში დაფიქსირებული საშუალო თვიური ხარჯის მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური სიდიდეები.



ნახაზი 3.2.1.2 საშუალო თვიური ხარჯი, ლახამის სადგური, მდინარე ნენსკრა, 1930-1943, 1956- 1986 და 1988-1989 წლებში.

შესამჩნევია, რომ ჩამონადენის უმეტესობა წარმოიქმნება წლის ყველაზე ცხელ პერიოდში, აპრილსა და სექტემბერს შორის (დაახლოებით 81%). მაქსიმალური ხარჯი ჩვეულებრივ მიიღწევა ივნისში ან ივლისში, როდესაც ადგილი აქვს თოვლის ინტენსიურ დნობას. ოქტომბერსა და მარტს შორის, ნაკადის ხარჯი მნიშვნელოვნად შემცირებულია, რამდენადაც სტაბილური თოვლის საფარი ჩვეულებრივ კუმულირდება წყალგამყოფის უმეტეს ნაწილზე.

ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე ლახამის სადგურზე (ნახაზი 3.2.1.3) მიიღება დღიური ხარჯის მონაცემების საფუძველზე, რომელიც სრულად ხელმისაწვდომია მხოლოდ 8 წლისთვის (1980, 1982-1986, 1988-1989). ამ პერიოდში, საშუალო ხარჯი 29.4 მ³/წმ-ია, რაც მხოლოდ 2%-ით დაბალია მთლიანი მონაცემების საშუალო მაჩვენებელზე, მათ შორის საშუალო თვიური ხარჯის მაჩვენებლებზე (30.27 მ³/წმ). შესაბამისად, აღნიშნული „ხანგრძლივობის მრუდე“ საკმარისად ასახავს მთელი 42 წლიანი პერიოდის მონაცემთა ერთობლიობას 1931 წელსა და 1989 წელს შორის (1931, 1934-1943, 1956-1980, 1982-1986, 1988-1989).

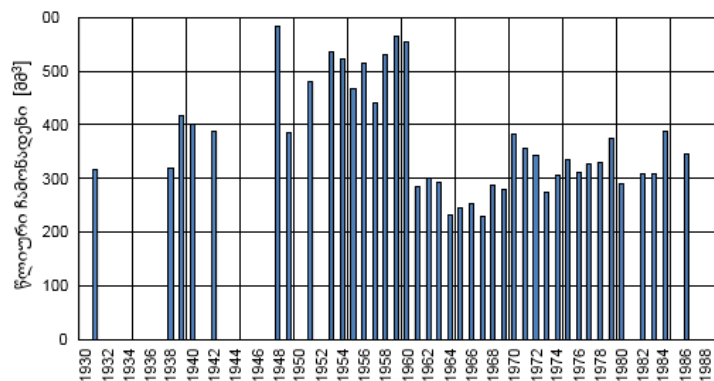


ნახაზი 3.2.1.3 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე, ლახამის სადგური, მდინარე ნენსკრა (1980, 1982-1986, 1988-1989).

3.2.2 ნაკის სადგური მდინარე ნაკრაზე

ნაკის სადგური (მდინარე ნაკრაზე) მდებარეობს დერივაციული ობიექტიდან ქვემოთ, დაახლოებით 3.5 კმ მანძილზე, ზღვის დონიდან 1'150 მეტრის სიმაღლეზე, მოიცავს 126 კმ² ფართობის წყალგამყოფს. სადგური უზრუნველყოფს დღიური ხარჯის მონაცემებს 34 წელზე, მათ შორის 1937 წლიდან 1975 წლამდე პერიოდში, ასევე საშუალო წლიური ხარჯის 47 წლიანი მონაცემების კრებულს 1931 წელსა და 1986 წელს შორის (ცხრილი 2.2.1).

საერთო წლიური ჩამონადენები შეჯამებულია ნახაზ 3.2.2.1-ზე, რომელზეც არ არის დატანილი არასრული მონაცემების მქონე წლები (1932, 1937, 1941, 1943, 1945-1946, 1950, 1952).



ნახაზი 3.2.2.1: წლიური ჩამონადენი, დაფიქსირებული ნაკის სადგურზე, მდინარე ნაკრაზე, 1931, 1938-

1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1980, 1982-1984 და 1986 წლებში

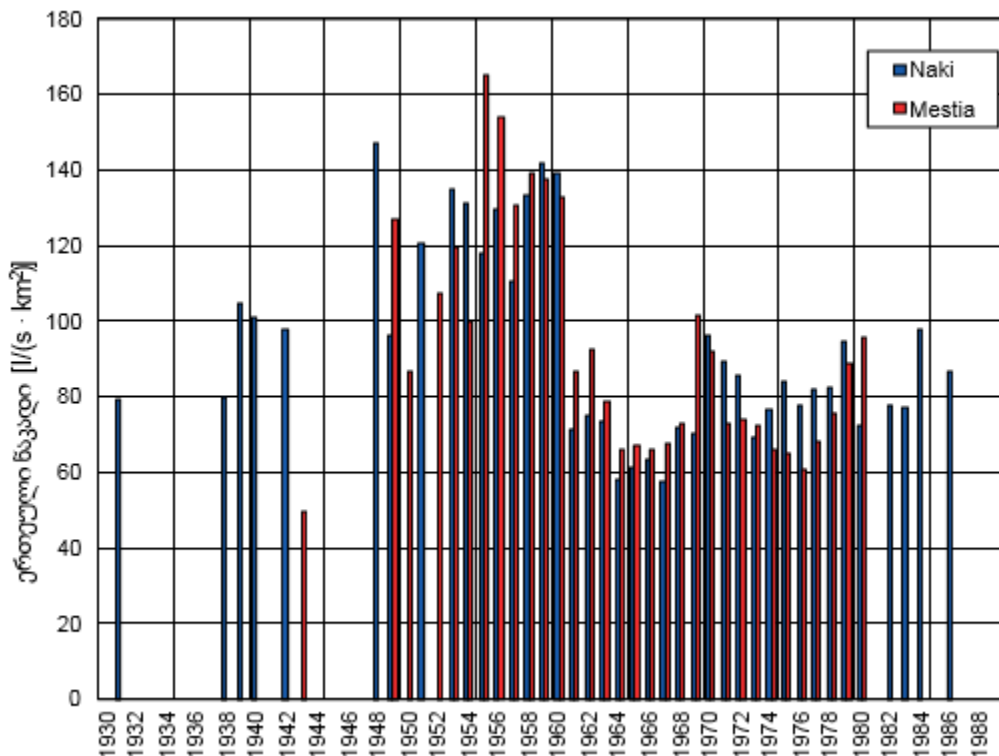
საშუალო წლიური ჩამონადენი საანგარიშო პერიოდში შეადგენს 370 მმ³-ს, რაც შეესაბამება 11.74 მ³/წმ (93.15 l/s/km²) საშუალო ხარჯს.

სახეზეა შესამჩნევი შემცირება 1960 წლიდან 1961 წლამდე, რამაც შესაძლოა წარმოშვას მოსაზრებები სადგურის მიერ დაფიქსირებული მონაცემების სიზუსტესთან მიმართებაში. 1960 წლამდე სადგურის მიერ დაფიქსირებული საშუალო წლიური ჩამონადენი (1930-1943, 1956-1960) დაახლოებით 464 მმ³-ს შეადგენს, მაშინ როდესაც ეს მაჩვენებელი ეცემა დაახლოებით

308 მმ³ -მდე ჩანაწერების მეორე ნაწილში. აღნიშნული დაახლოებით 34%-იანი განსხვავება ძირითადად გამოწვეულია 1948 და 1960 წლებს შორის დაფიქსირებული განსაკუთრებით მაღალი სიდიდეებით.

1961 წლამდე ნაკის სადგურის მონაცემების საიმედოობის დასადგენად, ხდება შედარება ნაკადის გაზომვებისა მესტიის სადგურზე, რომელიც მოიცავს მსგავს პერიოდს (1943, 1949-1950, 1952-1980). აღსანიშნავია, რომ მესტია განსაზღვრავს მსგავს წყალგამყოფს, რომლის ფართობი 144 კვადრატული კილომეტრია (ნაკის 126 კვადრატულ კილომეტრთან შედარებით). ამასთან, ორივე სადგური მდებარეობს მდინარე ენგურის ჩრდილოეთ შენაკადებზე.

ნაკის და მესტიის სადგურებიდან აღებული მონაცემები შედარებულია ნახაზ 3.2.2.2-ზე.

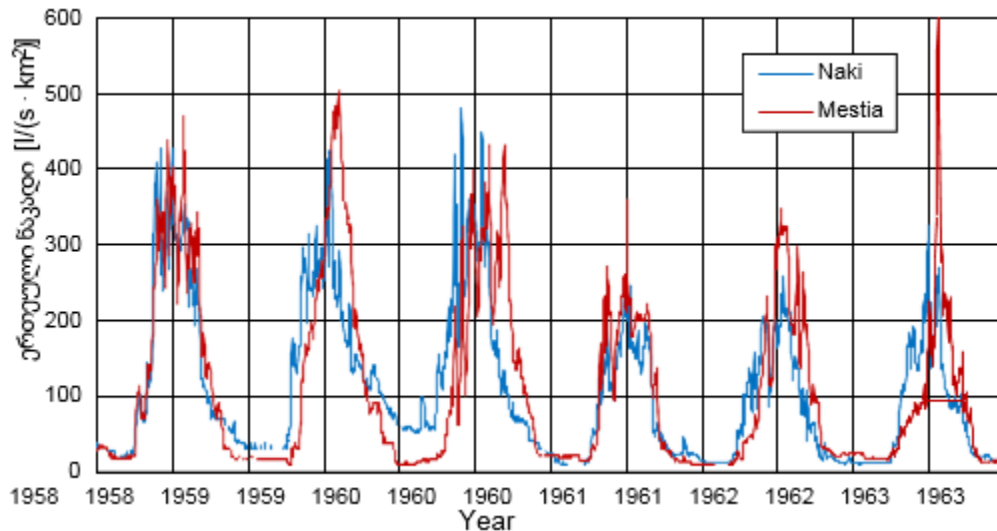


ნახაზი 3.2.2.2 ნაკის (1931, 1938-1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1980, 1982-1984 და 1986) და მესტიის სადგურებზე (1943, 1949-1950, 1952-1980) დაფიქსირებული ერთეული ხარჯი

მესტიის სადგურზე მაქსიმალურად მსგავსი მონაცემები ფიქსირდება, გამორჩეულად მაღალი

მაჩვენებლებით, რომლებიც დაფიქსირდა 1948 – 1960 წლებში; ასევე შესამჩნევია შემცირება 1961 წლიდან. შესაბამისად, ნაკლებად სავარაუდოა, რომ გამოვლენილი ვარიაცია მცდარი იყოს.

ორი სადგური ასევე უზრუნველყოფს დღიურ ხარჯის მონაცემებს 1961 წლამდე პერიოდში. 1958 წლის 1 იანვრიდან 1963 წლის 31 დეკემბრამდე დაფიქსირებული დღიური ნაკადები ნაჩვენებია ნახაზ 3.2.2.3-ზე.

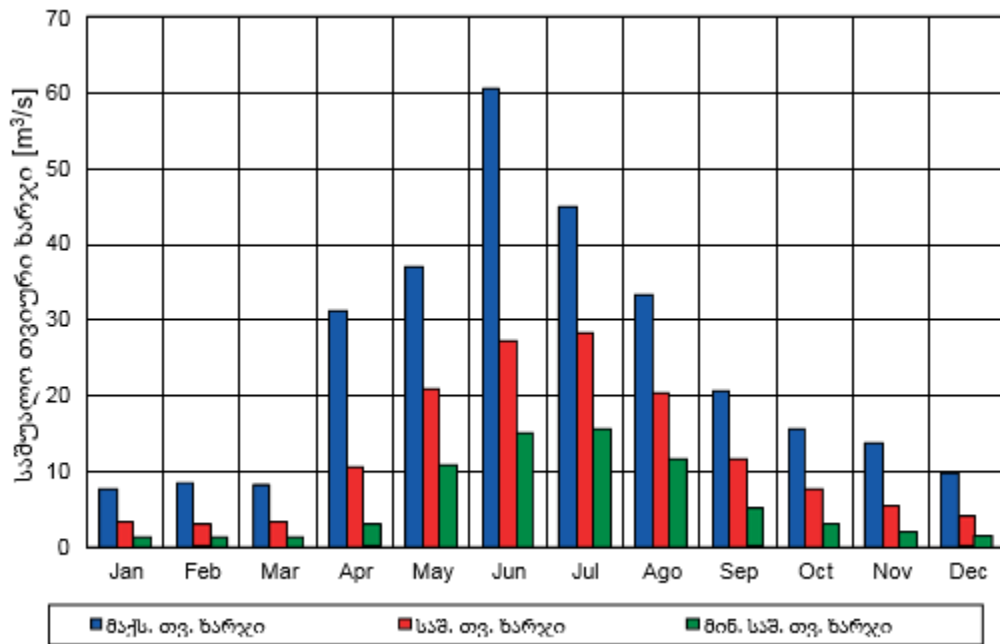


ნახაზი 3.2.2.3 დღიური საშუალო ერთეული ხარჯი ნაკის და მესტიის სადგურებიდან, 1958 – 1963

კვლავუნდა აღინიშნოს, რომ ორივე სადგური მაქსიმალურად მსგავს მონაცემებს აფიქსირებს. ამასთან, არც ერთი მონაცემთა კრებული არ განაპირობებს, რომ 1960 და 1961 წლებს შორის განსხვავებული ჩამონადენის მონაცემები დავუკავშიროთ გაზომვის შეცდომას.

ორი სადგურის მონაცემების მსგავსების მოცემულობით, რომლებიც მდებარეობენ მსგავს წყალგამყოფებზე, ასევე გაზომვის ცდომილების დამადასტურებელი ფაქტის არარსებობის გათვალისწინებით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ანალიზში სრულად შეტანილ უნდა იქნას ნაკის სადგურიდან აღებული მონაცემების კრებული.

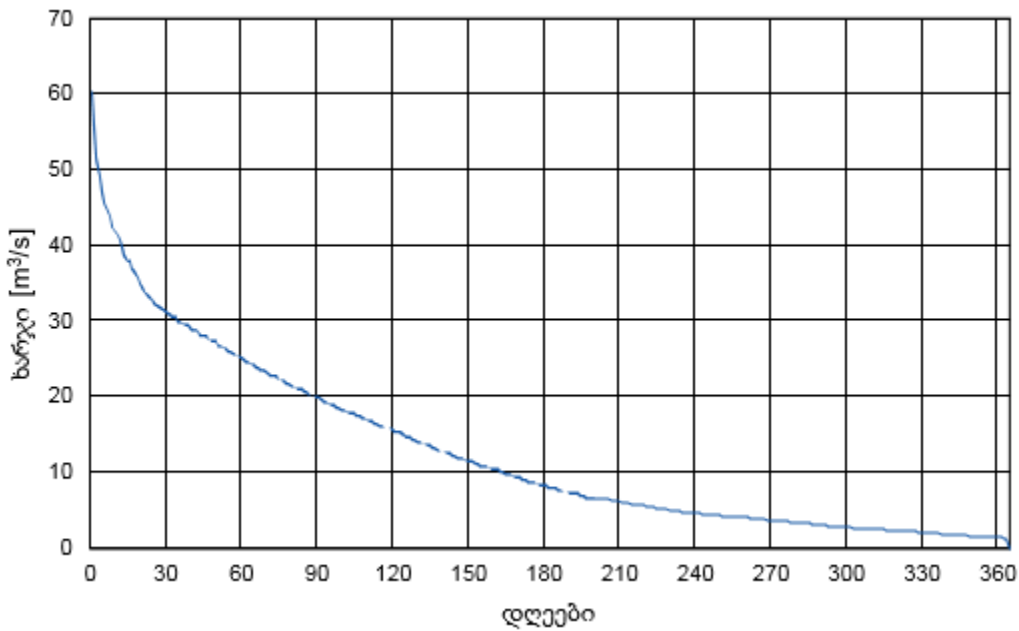
როგორც უკვე აღინიშნა ნენსკრას შემთხვევაში, ნაკადის ხარჯი მდინარე ნაკრაში ექვემდებარება ძლიერ სეზონურ ვარიაციებს, გვიან გაზახულზე და ადრეულ ზაფხულში თოვლის დნობის პროცესის გათვალისწინებით. სეზონური ვარიაცია ნაჩვენებია ნახაზ 3.2.2.4-ზე, რომელზეც მოცემულია საანგარიშო პერიოდში დაფიქსირებული თვიური ხარჯის საშუალო, მინიმალური და მაქსიმალური სიდიდეები.



ნახაზი 3.2.2.4 საშუალო თვიური ხარჯი, ნაკის სადგური, მდინარე ნაკრა, 1931, 1938-1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1980, 1982-1984, 1986 წლებში

შესამჩნევია, რომ ჩამონადენის უმეტესობა წარმოიქმნება წლის ყველაზე ცხელ პერიოდში, აპრილსა და სექტემბერს შორის (დაახლოებით 82%). მაქსიმალური ხარჯი ჩვეულებრივ მიიღწევა ივნისში ან ივლისში, როდესაც ადგილი აქვს ინტენსიურ თოვლის დნობას. ოქტომბერსა და მარტს შორის, ნაკადის ხარჯი მნიშვნელოვნად შემცირებულია, რამდენადაც სტაბილური თოვლის საფარი ჩვეულებრივ კუმულირდება წყალგამყოფის უმეტეს ნაწილზე.

ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე ნაკის სადგურზე (ნახაზი 3.2.2.5) მიიღება დღიური ხარჯის მონაცემების საფუძველზე, რომელიც სრულად ხელმისაწვდომია მხოლოდ 28 წლისთვის (1938-1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1964, 1966-1973, 1975). ამ პერიოდში, საშუალო ხარჯი 12.4 მ³/წმ-ია, რაც მხოლოდ 5%-ით მაღალია მთლიანი მონაცემების საშუალო მაჩვენებელზე, მათ შორის საშუალო თვიური ხარჯის მაჩვენებლებზე. შესაბამისად ითვლება, რომ აღნიშნული ხანგრძლივობის მრუდე ადეკვატურად ასახავს მთელი 40 წლიანი პერიოდის მონაცემთა ერთობლიობას 1931 და 1986 წლებს შორის (1931, 1938-1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1980, 1982-1984, 1986).



ნახაზი 3.2.2.5 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე ნაკის სადგურზე, მდინარე ნაკრაზე (1938-1940, 1942, 1948-1949, 1951, 1953-1964, 1966-1973, 1975)

3.2.3 ნაკადის დამატებითი მონაცემები

ნაკადის შესახებ ყველა დამატებითი ხელმისაწვდომი მონაცემი მოცემულია “A” დანართში. ხელმისაწვდომი მონაცემების ძირითადი მახასიათებლები, საშუალო წლიური ჩამონადენის კუთხით, შეჯამებულია ცხრილ 3.2.3.1-ში.

სადგური (მდინარე)	სიმაღლე [მეტრი]	წყალშემკრები აუზი [კმ ²]	სრული წლიური მონაცემების კრებულის რაოდენობა	წლიური საშუალო ერთეული ხარჯი
ნაკი (ნაკრა)	1'150	126	40	93.15
ლახამი (ნენსკრა)	676	468	42	64.69
მესტია (მესტიაჭალა)	1'392	144	32	93.38
მულხურა (მულხურა)	1'377	197	19	62.49
ბეზო (დოღრა)	1'590	146	15	53.21
ხუმპრერი (ხუმპრერი)	1'302	160	14	41.41
ხაიში (ენგური)	529	2'780	48	42.41

ცხრილი 3.2.3.1 ხელმისაწვდომი მონაცემები ნაკადზე, აღებულია დამკვეთის მიერ მოწოდებულ დოკუმენტაციაში შეტანილი „ტექნიკური დასაბუთებიდან“ (დანართი “A”).

ცხრილ 3.2.3.1-თან დაკავშირებით, საშუალო წლიური ერთეული ხარჯი ნაკის, ლახამის, მესტიის და მულხურას სადგურების წყალშემკრებ აუზებში, შედარებით მაღალია. განსაკუთრებით მესტიის სადგურის შემთხვევაში, მაღალი ერთეული ხარჯი (93.38 ლ/წმ/კმ²) უშუალოდ არ შეესატყვისება შედარებით დაბალ ატმოსფერულ ნალექებს (941 მმ).

ზოგად ასპექტში, ზღვის დონიდან სიმაღლის გავლენა წლიურ ერთეულ ხარჯზე შესაბამისია, რამდენადაც ნალექიანობასა და ჩამონადენის პირდაპირი შედარება შედარებით დაბალ სიმაღლეზე რთულია.

3.3 ჩამონადენის შეფასება / სადერიაციო ობიექტები

3.3.1 საშუალო წლიური ჩამონადენი

საშუალო წლიური ჩამონადენი სადერიაციო ობიექტებზე მთავარი პარამეტრია, რომელიც უნდა გამოითვალოს პროექტის ენერგოეფექტურობის და პროდუქტიულობის შესაფასებლად. იგი ასევე გამოიყენება ნაკადის მონაცემების გადასატანად ლახამის და ნაკის ჰიდრომეტრიული სადგურებიდან კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების უბნებზე.

რეგიონური არეალი - ხარჯის მრუდე განისაზღვრება ხელმისაწვდომი მონაცემების საფუძველზე.

ყველაზე შესაფერისი სადგურებია ნაკი, მესტია და მულხურა. ბეჩო და ხუმპრერი ამოღებულია, რამდენადაც ეს სადგურები ვერ უზრუნველყოფენ საკმარის გრძელვადიან მონაცემთა კრებულებს (15 და 14 წელი). ამასთან, ხუმპრერი ერთადერთი სადგურია, რომელიც მდებარეობს მდინარე ენგურის სამხრეთ შენაკადზე. ხაიშის სადგური ამოღებულია მიუხედავად იმისა, რომ იგი უზრუნველყოფს ყველაზე ხანგრძლივ მონაცემთა კრეულს, რადგან იგი მოიცავს სრულიად განსხვავებულ წყალგამყოფს სადერიაციო ობიექტებთან მიმართებაში (მოიცავს საერთო ფართობს 2'780 კმ²).

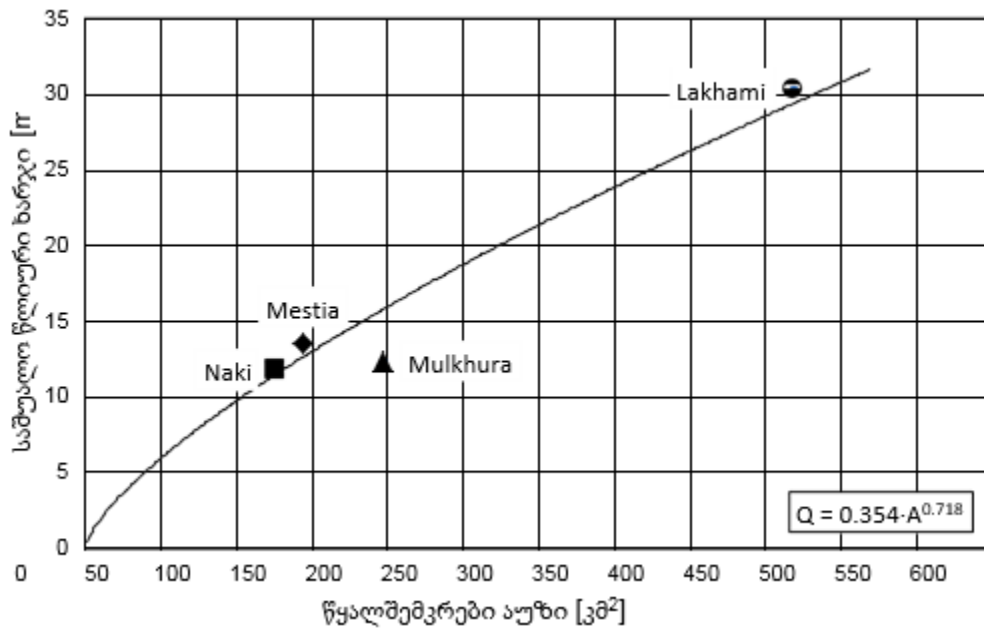
შერჩეული სადგურებიდან მონაცემები ჩასმულია შემდეგი განტოლების მეშვეობით:

$$Q = a \cdot A^b$$

სადაც:

- Q [მ³/წმ]: საშუალო ხარჯი;
- A [კმ²]: წყალშემკრები აუზი;
- a, b [-]: შესაბამისობის პარამეტრები.

ინტერპოლაცია ხდება შეწონილი უმცირესი კვადრატების მეთოდით, სადაც თითოეული მონაცემის წონა მოცემულია ჩანაწერის სიგრძით (ნახაზი 3.3.1.1). შედეგად მიღებული პარამეტრი არის $a = 0.354$ და $b = 0.718$. შესაბამისი საშუალო წლიური ხარჯი ნენსკრას კაშხალზე (222 კმ²) და ნენსკრას წყალმიმღებზე (87 კმ²) მოცემულია ცხრილ 3.3.1.1-ში.



ნახაზი 3.3.1.1 წყალშემკრები აუზი – საშუალო ხარჯის მრუდზე შერჩეული სადგურების მიხედვით.

ობიექტი	წყალშემკრები აუზი [კმ ²]	საშუალო წლიური ხარჯი [მ ³ /წმ]	წლიური ჩამონადენი [მლნ. მ ³]
ნენსკრას კაშხალი	222	17.2	541
ნაკრას წყალმიმღები	87	8.8	276

ცხრილი 3.3.1.1 საშუალო წლიური ჩამონადენი სადერივაციო ობიექტებზე, შერჩეული სადგურების მონაცემებზე დაყრდნობით.

საშუალო წლიური ჩამონადენი სადერივაციო ობიექტებზე ასევე შესაძლებელია განგარიშდეს რეგიონული მრუდეების მეშვეობით, როლებიც შემუშავებულია ტრანსკავკასიური ჰიდრო მეტეოროლოგიური კვლევითი ინსტიტუტის მიერ. აღნიშნული მრუდეები უზრუნველყოფენ ერთეულ ხარჯს როგორც წყალგამყოფის სიმაღლის ფუნქციას, სხვადასხვა ზონებისთვის. ნენსკრას კაშხალი მდებარეობს მე-7 ზონაში და მოიცავს წყალგამყოფს, რომლის საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან არის 2'650 მეტრი, რაც გვაძლევს ერთეულ ხარჯს 74 ლ/(წმ·კმ²). ნაკრას წყალმიმღები მდებარეობს "7a" ზონაში და მოიცავს წყალგამყოფს, რომლის საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან შეადგენს 2'750 მეტრს, რაც გვაძლევს ერთეულ ხარჯს 113 ლ/(წმ·კმ²). კაშხლის უბნის 222 კმ² წყალგამყოფი არეალის და 87 კმ² ნაკრას წყალმიმღების არეალის გათვალისწინებით, შედეგად მიღებული საშუალო ხარჯებია 16.4 მ³/წმ და 9.8 მ³/წმ.

საშუალო ჩამონადენი, რომლებიც მიიღება ორი მეთოდით, მოცემულია ცხრილ 3.3.1.2-ში. საბოლოო სიდიდე აღებულია როგორც ორი მეთოდიდან მიღებული შედეგების საშუალო სიდიდე.

ობიექტი	შერჩეული სადგრებიდან		რეგიონული მრიდეებიდან		შერჩეული (საშუალო)	
	საშ. ნაკადი [მ ³ /წმ]	ჩამონად [მლნ. მ ³]	საშ. ნაკადი [მ ³ /წმ]	ჩამონად [მლნ. მ ³]	საშ. ნაკადი [მ ³ /წმ]	ჩამონად [მლნ. მ ³]
ნენსკრას კაშხალი	17.2	541	16.4	518	9.3	530
ნაკრას წყალმიმღები	8.8	276	9.8	310	16.8	293

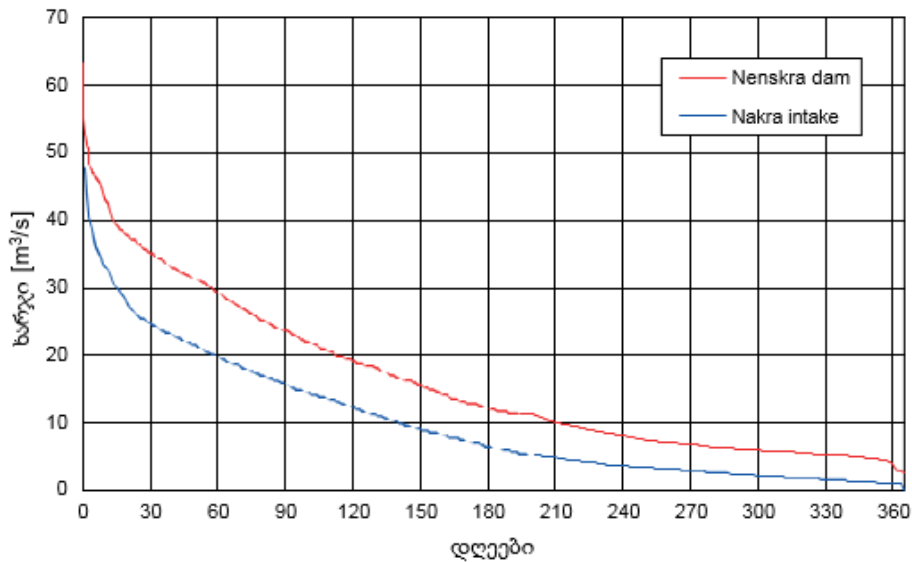
ცხრილი 3.3.1.2 საშუალო წლიური ჩამონადენი სადერივაციო ობიექტებზე, გაანგარიშებული შერჩეული სადგურების მონაცემების, რეგიონული მრუდეების და საშუალო სიდიდეების საფუძველზე

3.3.2 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდეები

ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდეები მიიღება ლახამის და ნაკის სადგურებზე დაფიქსირებული მრუდეების ტრანსპოზიციით. ტრანსპოზიციის კოეფიციენტი მიიღება როგორც შეფარდება წლიურ საშუალო ჩამონადენსა და სადგურის მიერ დაფიქსირებულ ჩამონადენს შორის. ტრანსპოზიციის კოეფიციენტები მოცემულია ცხრილ 3.3.2.1-ში, ხოლო შედეგად მიღებული ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდეები მოცემულია ნახაზ 3.3.2.1-ზე.

მდინარე	სადერ. ობიექტ. წლიური ჩამონადენი [მლნ. მ ³]	სადგურის წლიური ჩამონადენი [მლნ. მ ³]	ტრანსპოზიციის კოეფიციენტი
ნენსკრა (ლახამი)	530	955	0.555
ნაკრა (ნაკი)	293	370	0.792

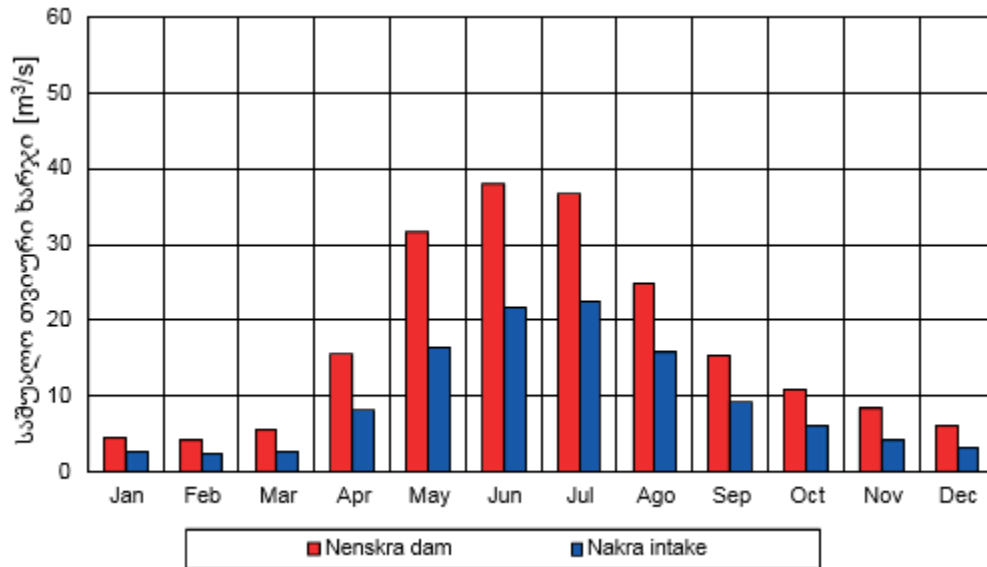
ცხრილი 3.3.2.1 ტრანსპოზიციის კოეფიციენტი



ნახაზი 3.3.2.1 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდეები ნენსკრას კაშხლისთვის და ნაკრას წყალმიმღებისთვის

3.3.3 საშუალო თვიური ხარჯი

ნაკადის ხარჯის საშუალო თვიური ვარიაცია მიიღება საკვლევი სადგურების ჩანაწერების ტრანსპოზიციით (ნახაზი 3.2.1.2 და ნახაზი 3.2.2.4), იგივე კოეფიციენტების გამოყენებით, რაც გამოყენებულ იქნა ხანგრძლივობის მრუდეების შეთხვევაში. შედეგად მიღებული დისტრიბუცია ნაჩვენებია ნახაზ 3.3.3.1-ზე.



ნახაზი 3.3.3.1 საშუალო თვიური ხარჯი, ნენსკრას კაშხალი და ნაკრას წყალმიმღები

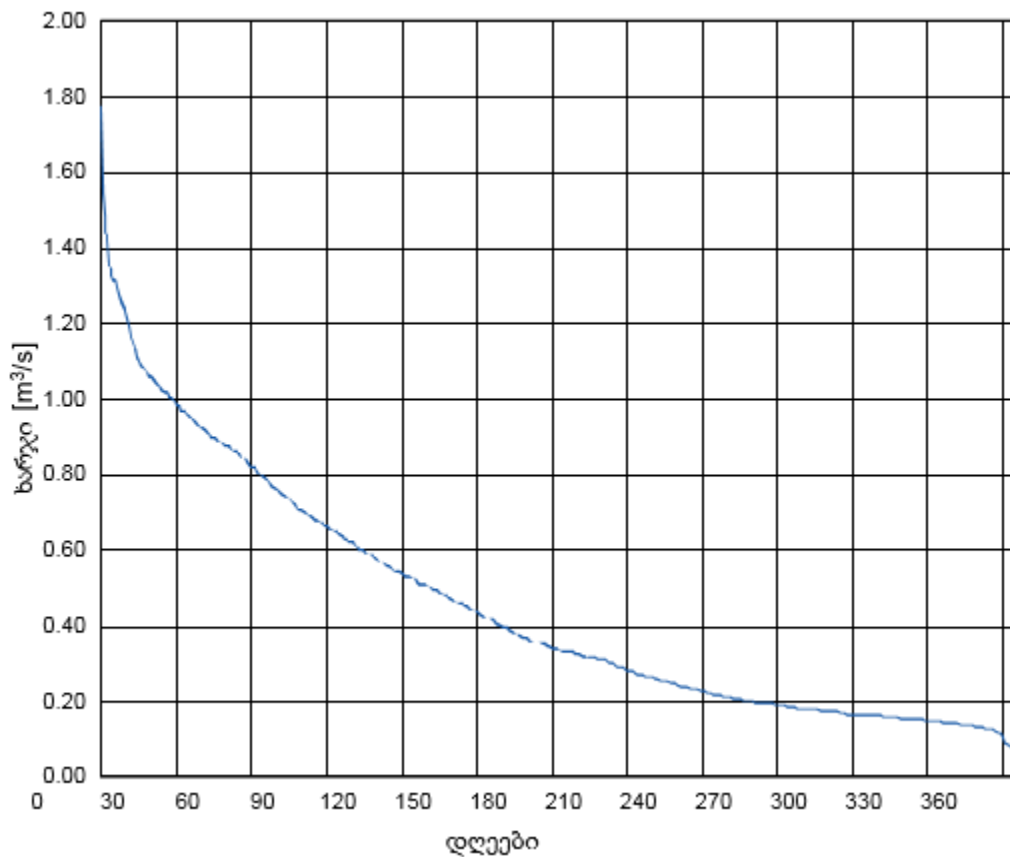
3.4 მცირე უბე - გადასროლა

ნენსკრას კაშხლის ქვევით, მარჯვენა ნაპირზე მდებარე მცირე უბე გადამისამართდება რეზერვუარზე „ტიროლის“ წყალგადასაშვები კაშხლის მეშვეობით.

წყალგადასაშვები კაშხლის სიმაღლე ზღვის დონიდან შეადგენს 1'462 მეტრს, მოიცავს დაახლოებით 3.7კმ² ფართობის წყალშემკრებ არეალს; საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან შეადგენს 2'500 მეტრს. რეგიონული მრუდეების მეშვეობით, წყალგადასაშვები კაშხლის წყალგამყოფის სპეციფიური ხარჯი გაანგარიშებულია როგორც 70 l/(s · km²) და (0.26 მ³/წმ).

ნენსკრას კაშხლის წლიური საშუალო ხარჯი არის 16.8 მ³/წმ, როგორც ეს დეტალურად აღწერილია 3.3 პუნტში. ტრანსპოზიციის კოეფიციენტი ნენსკრას კაშხალსა და წყალსაწევ კაშხალს შორის შესაბამისად არის 0.0155. ეს კოეფიციენტი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ნენსკრას კაშხლის ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდზე, როგორც ეს ნაჩვენებია ცხრილ 3.3.2.1-ში, რათა გამოვთვალოთ მცირე უბის შემოვლითი ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე.

მცირე უბის შემოვლის ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე მოცემულია ნახაზ 3.4.1-ზე.



ნახაზი 3.4.1 ნაკადის ხანგრძლივობის მრუდე, მცირე უბის გადასროლა.

4 წყალმოვარდნა

4.1 შესავალი

ამ თავში შეფასებულია წყალმოვარდნის პიკური ხარჯი ნენსკრას კაშხლის, ნაკრას წყალმიმღების, ნენსკრას ელექტროსადგურის და მცირე უბის შემოვლის უბნებისთვის.

4.2 პუნქტში გამოითვლება პიკური ხარჯები ნენსკრას კაშხლის, ნაკრას წყალმიმღების უბნებისთვის, რეგიონული ანალიზის მეშვეობით (წყალმოვარდნის ინდექსის მეთოდი), რამდენადაც მათი წყალგამყოფები უნდა იყოს ჰიდროლოგიურად ჰომოგენური. ამასთან, ფრთხილი მიდგომის პირობებში, ნენსკრას კაშხლის მარშუტის შეცვლის ეფექტი არ არის გათვალისწინებული ელექტროსადგურზე წყალმოვარდნის ხარჯის შეფასებაში.

4.3 პუნქტში მოცემულია წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღებისთვის.

4.4 პუნქტში გამოყენებულია სპეციფიური მეთოდი, მცირე უბის შემოვლის უბანზე პიკური ხარჯის გამოსათვლელად. ეს წყალგამყოფი გაცილებით მცირეა, ვიდრე ნენსკრას კაშხლის, ნაკრას წყალმიმღების ან ელექტროსადგურის წყალგამყოფები, შესაბამისად ისინი არ არიან ჰიდროლოგიურად ჰომოგენური და 4.2 პუნქტში დაფიქსირებული მეთოდის გამოყენება შესაძლებელი არ არის.

4.2 წყალმოვარდნის პიკური ხარჯი

4.2.1 მეთოდოლოგია და გამოყენებული მონაცემები

ნენსკრას კაშხლის უბანზე და ნაკრას წყალმიმღებზე არ არსებობს საზომი სადგური. ლახამის სადგური ელექტროსადგურთან ახლოსაა, თუმცა იგი უზრუნველყოფს მხოლოდ 9 წლიან მაქსიმალურ მყისიერი ხარჯის მონაცემებს, რაც არ არის საკმარისი დიდი ზომის წყალმოვარდნების ექსტრაპოლირებისთვის. შესაბამისად, გამოყენებულ უნდა იქნას რეგიონული მეთოდი.

წყალმოვარდნის ინდექსის მეთოდი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული მეთოდია რეგიონული წყალმოვარდნის ინტენსივობის ანალიზისთვის.

მეთოდი ემყარება ზონების იდენტიფიკაციას, რომელთაც ეწოდებათ ჰომოგენური რეგიონები, რომელთა ფარგლებშიც წლიური მაქსიმალური პიკური ნაკადების ალბათობის დისტრიბუცია უცვლელია.

წყალმოვარდნის პიკური ხარჯი გამოსახულია როგორც ორი კომპონენტის შედეგი: წყალმოვარდნის ინდექსი და უგანზომილებო ზრდის ფაქტორი.

ამგვარად, ნავარაუდევია, რომ ნენსკრას კაშხლის, ნაკრას წყალმიმღების და ელექტროსადგურის ჰიდრომეტრიკული სადგურების წყალგამყოფები ჰომოგენურია. ჰომოგენურობის ტესტი მოცემულია 4.2.2 პუნქტში.

სადგურების მიერ დაფიქსირებული ხარჯები ყოველთვის არ წარმოადგენს პიკურ ხარჯებს, რამდენადაც მონაცემების აღება ყოველთვის არ ტარდება მაქსიმალური წყალმოვარდნის დროს. ამგვარად, „ფულერის ფორმულა“, რომელიც ქვემოთ დეტალურადაა აღწერილი, გამოიყენება წყალმოვარდნის პიკური ხარჯების გამოსათვლელად, მაქსიმალური დაფიქსირებული ხარჯების საფუძველზე.

$$Q_p = (1 + 2.66 \cdot CA^{-0.3}) \cdot Q$$

სადაც:

- Q_p [მ³/წმ]: პიკური ხარჯი;
- CA [კმ²]: წყალშემკრები აუზი;
- Q [მ³/წმ]: მაქსიმალური დაფიქსირებული ხარჯი;
- s [mm]: პოტენციური მაქსიმალური შენარჩუნება.

$(1 + 2.66 \cdot CA^{-0.3})$ -ს ეწოდება „ფულერის კოეფიციენტი“. საზომი სადგურების მახასიათებლები აღწერილია ცხრილ 4.2.1.1-ში. სადგურების ზოგადი მონაცემები მოცემულია “A” დანართში.

სადგური	მდინარე	წყალმომკრები აუზი [კმ²]	ფულერის კოეფიციენტი	ჩანაწერის ხანგრძლივობა [წლები]
ნაკი	ნაკრა	126	1.6	22
მესტია	მესტიაჭალა	144	1.6	37
მულხურა	მულხურა	197	1.55	19
ლახამი	ნენსკრა	468	1.4	9

ცხრილი 4.2.1.1 წყალმომკრების შეფასებისთვის გამოყენებული სადგურები

ზრდის ფაქტორი გამოითვლება Gumbel-ის დისტრიბუციის მეთოდის მეშვეობით, ზემოხსენებული ოთხი სადგურის წლიური პიკური ხარჯის უგანზომილებო ჩანაწერებზე. დაჯგუფებული ჩანაწერები გვამღევს 87 სიდიდეს.

უგანზომილებო ჩანაწერების მოსაპოვებლად, თითოეულ სადგურზე, წლიური პიკური ხარჯები იყოფა შესაბამისი სადგურის წყალმომკრების ინდექსზე. თითოეული სადგურისთვის, წყალმომკრების ინდექსი შეესაბამება მის საშუალო წლიურ პიკურ ხარჯს.

ცხრილ 4.2.1.2-ში შეჯამებულია წლიური პიკური ხარჯები და მათი შესაბამისი უგანზომილებო სიდიდეები (D.V.). მესტიის, მულხურის, ლახამის და ნაკის საზომი სადგურებისთვის.

წელ	მესტია		მულხურა		ლახამი		ნაკი	
	წლიური პიკური ხარჯი [m³/s]	D.V	წლიური პიკური ხარჯი [m³/s]	D.V	წლიური პიკური ხარჯი [m³/s]	D.V	წლიური პიკური ხარჯი [m³/s]	D.V
1937							58.7	0.7
1938							49.9	0.6
1939							61.4	0.7
1940	82.7	0.8					62.1	0.8
1941							80.6	1.0
1942	105.9	1.1					74.4	0.9
1943	75.0	0.8					61.8	0.7
1946							90.2	1.1
1947	72.0	0.7						
1948	142.9	1.4					142.4	1.7
1949	99.2	1.0					88.8	1.1
1950	85.8	0.9					77.6	0.9
1951	101.4	1.0					96.3	1.2
1952	95.2	1.0					89.0	1.1
1953	152.5	1.5					80.3	1.0
1954	77.0	0.8					100.0	1.2
1955	149.6	1.5					81.9	1.0
1956	161.6	1.6					113.6	1.4
1957	118.2	1.2					85.3	1.0
1958	108.8	1.1					86.2	1.0
1959	116.3	1.2					85.8	1.0
1960	99.5	1.0					97.0	1.2
1961	83.4	0.8					49.6	0.6
1962	80.5	0.8	77.5	0.9				
1963	139.5	1.4	132.5	1.6				
1964	49.9	0.5	62.0	0.8				
1965	90.7	0.9	85.3	1.0				

1966	144.6	1.4	103.6	1.3			
1967	143.5	1.4	96.7	1.2			
1968	70.6	0.7	83.7	1.0			
1969	73.4	0.7	84.3	1.0			
1970	82.1	0.8	63.4	0.8			
1971	76.2	0.8	105.5	1.3			
1972	59.2	0.6	102.6	1.2			
1973	92.3	0.9	111.7	1.4			
1974	85.0	0.8	96.5	1.2			
1975	179.2	1.8	108.5	1.3			
1976	78.6	0.8	55.8	0.7			
1977	69.4	0.7	51.0	0.6			
1978	86.7	0.9	44.8	0.5			
1979	53.5	0.5	44.7	0.5			
1980	116.4	1.2	55.9	0.7	113.0	0.9	
1981					114.4	0.9	
1982					116.3	0.9	
1983					96.9	0.8	
1984					162.4	1.3	
1985					118.3	0.9	
1986					129.9	1.0	
1988					133.8	1.1	
1989					159.6	1.3	
Index flood	100.0		82.4		127.2		82.4

ცხრილი 4.2.1.2 წლიური პიკური ხარჯები, გამოყენებული წყალმოვარდნის შეფასებისთვის

წყალმოვარდნის ინდექსი სხვა ობიექტებისთვის (მაგალითად კაშხლის უბანი) გამოითვლება რეგრესული მეთოდით, ოთხი სადგურის ინდექსის გამოყენებით, როგორც ეს აღწერილია ქვემოთ.

$$!F_j = a \cdot CA_j^b$$

სადაც:

- $!F_j$ [-]: წყალმოვარდნის ინდექსი j უბანზე;
- CA_j [კმ²]: წყალშემკრები აუზი j უბანზე;
- a, b [-]: რეგრესიის პარამეტრები.

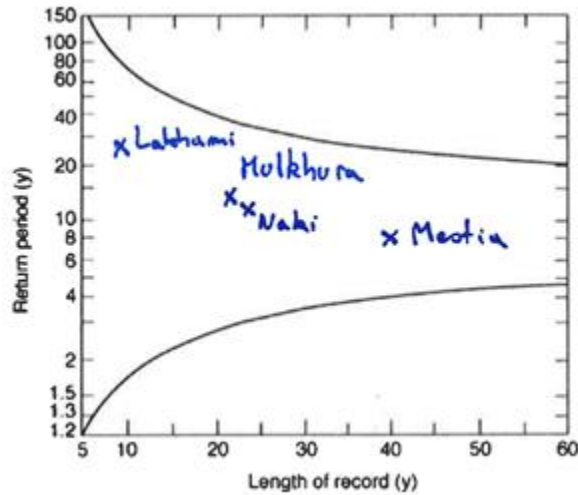
4.2.2 ჰომოგენურობის ტესტი

ჰომოგენურობის ტესტი გამოიყენება ნაკის, მესტიის, მულხურას და ლახამის სადგურებზე, მათი რეგიონული ჰიდროლოგიური ჰომოგენურობის შესამოწმებლად.

სადგურებზე ჩატარებული ჰომოგენურობის ტესტის ძირითადი შედეგები მოცემულია ცხრილ 4.2.2.1-ში და ნახაზ 4.2.2.1-ზე.

სადგური	ჩანაწერი [წლები]	პიკური ხარჯი [მ ³ /წმ]		Q ₁₀ /Q _{2.33}	Q ₁₀ კორექტ. [მ ³ /წმ]	T _i for Q ₁₀ კორექტ. [წლები]
		Q _{2.33}	Q ₁₀			
ნაკი	22	82	111	1.35	113	11
მესტია	38	99	142	1.43	137	8
მულხურა	19	82	119	1.45	113	12
ლახამი	9	127	158	1.24	175	24
საშუალო				1.38		

ცხრილი 4.2.2.1 სადგურებზე ჩატარებული ჰომოგენურობის ტესტი



ნახაზი 4.2.2.1 ჰომოგენურობის ტესტის შედეგების მიახლოებითი შკალა

როგორც ნახაზ 4.2.2.1-ზეა ნაჩვენები, წერტილები, რომლებიც აღნიშნავენ სადგურებს, მდებარეობს უტყუარობის ლიმიტების ფარგლებში. შესაბამისად, სადგურების წყალგამყოფები ჰიდროლოგიურად ჰომოგენურია და შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას წყალმოვარდნის ინდექსის მეთოდით შეფასებისას.

4.2.3 შესაბამისობის კრიტერიუმის ტესტი

ზრდის ფაქტორი განმეორების ხანგრძლივი პერიოდებისთვის გამოითვლება Gumbel-ის დისტრიბუციის მეთოდით. დისტრიბუციის შესაბამისობა უნდა შემოწმდეს დისტრიბუციის მიერ მოცემული თეორიული სიდიდეების და ცხრილ 4.2.1.2-ში მოცემული გაზომვების სიდიდეების შედარებით. გამოიყენება „კოლმგოროვ-სმირნოვის“ ტესტი.

„კოლმგოროვ-სმირნოვის“ ტესტის სტატისტიკა:

$$D = \max(F_n(X_i) - F(X_i))$$

სადაც:

- D : „კოლმგოროვ-სმირნოვის სტატისტიკა;

- X_i : წყალმოვარდნის შემთხვევა, სადგურზე ჩატარებული გაზომვებიდან;
- $n(X_i)$: ემპირიული ალბათობა;
- $F(X_i)$: Gumbel-ის თეორიული ალბათობა.

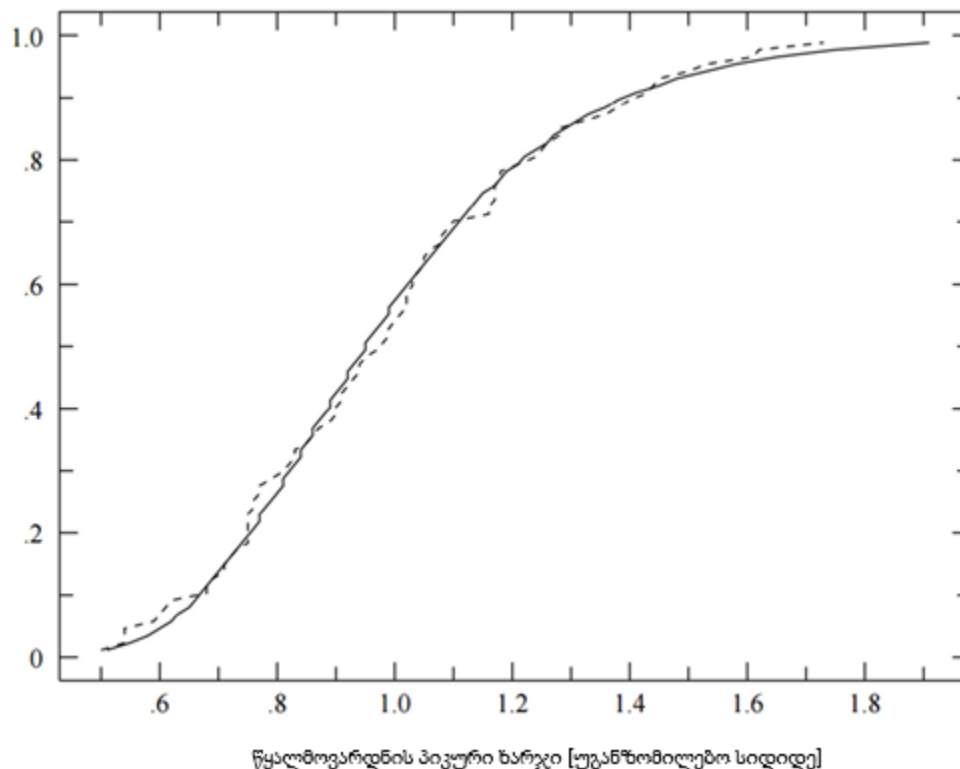
ტესტი გავლილია 5%-იანი უტყუარობის დონით, თუ:

$$D < \frac{1.36}{\sqrt{n}} = 0.146$$

სადაც:

- n : გაზომვების რაოდენობა $n=87$

ნახაზ 4.2.3.1-ზე ნაჩვენებია თეორიული და ემპირიული დისტრიბუცია.



ნახაზი 4.2.3.1: „კოლმგოროვ-სმირნოვის“ ტესტის შედარება (Gumbel-ის დისტრიბუცია: უწყვეტი ხაზი, შედეგები: წყვეტილი ხაზი).

მესტიის, მულხურას, ლახამის და ნაკის საზომი სადგურების უგანზომილებო მონაცემების შემთხვევაში, „კოლმგოროვ-სმირნოვის“ ტესტის შედეგია: $D = 0.047 < 0.146$

4.2.4 წყალმოვარდნის ხარჯი

ინდექსური ნაკადი ნენსკრას კაშხალზე, ნაკრას წყალმიმღებზე და ელექტროსადგურზე გამოითვლება რეგრესიული განტოლებით. ცხრილ 4.2.4.1-ში შეჯამებულია სადგურების წყალშემკრები აუზები და მათი შესაბამისი წყალმოვარდნის ინდექსები.

სადგური	CA [km ²]	ინდექსი
ნაკი	124	82
მესტია	142	100
მულხურა	193	82
ლახამი	469	127

ცხრილი 4.2.4.1 საზომი სადგურების წყალმოვარდნის ინდექსი

რეგრესიული განტოლების პარამეტრები მოცემულია ცხრილ 4.2.4.2-ში.

პარამეტრ	სიდიდე
a	21.48
b	0.283

ცხრილი 4.2.4.2 რეგრესიული განტოლების პარამეტრები

ამგვარად, წყალმოვარდნის ინდექსი ნენსკრას კაშხალზე, ნაკრას წყალმიმღებზე და ელექტროსადგურზე გაანგარიშებულია ცხრილ 4.2.4.3-ში.

ობიექტი	CA [km ²]	ინდექსი
კაშხლის უბანი	222	99
ნაკრას წყალმიმღები	87	76
ელექტროსადგური	462	122

ცხრილი 4.2.4.3 წყალმოვარდნის ინდექსი

ზრდის ფაქტორი, რომელიც გაანგარიშებულია Gumbel-ის დისტრიბუციის გამოყენებით ცხრილ 4.2.1.2-ის უგანზომილებო სიდიდეებზე, მოცემულია ცხრილ 4.2.4.4-ში.

განმეორების პერიოდი T _r წლები	ზრდის ფაქტორი
2.33	1.0
5	1.2
10	1.4
25	1.6
100	1.9
500	2.3
1000	2.5
10'000	3.0

ცხრილი 4.2.4.4 ზრდის ფაქტორი

ცხრილ 4.2.4.5-ში შეჯამებულია წყალმოვარდნის პიკური ხარჯები სხვადასხვა განმეორების პერიოდებისთვის, ნენსკრას კაშხალზე, ნაკრას წყალმიმღებზე და ელექტროსადგურზე.

Tr [წლებ]	პიკური ხარჯი [m ³ /s]		
	კაშხალი	წყალმიმღ	ელექტროსადგური
2.33	99	87	122
5	121	106	148
10	138	121	170
25	160	140	197
100	193	169	237
200	209	183	257
500	230	202	283
1000	246	216	303
10'000	300	263	369

ცხრილი 4.2.4.5 წყალმოვარდნის პიკური ხარჯები

4.3 წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები

ტიპური ჰიდროგრაფები ნენსკრას კაშხალზე და ნაკრას წყალმიმღებზე გამოითვლება შესაბამისი შემოთავაზებული მეთოდით [28], სადაც წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი შეესაბამება „მაქსველის“ სტატისტიკურ დისტრიბუციას, როგორც ეს აღწერილია ქვემოთ.

$$Q(t) = (Q_p - BF)t_p^{\frac{1-n}{p}} + BF$$

სადაც:

- $Q(t)$ [მ³/წმ]: ხარჯი t დროს;
- Q_p [მ³/წმ]: პიკური ხარჯი;
- BF [მ³/წმ]: საბაზისო ნაკადი;
- t_p [სთ]: პიკის დრო;
- n [-]: ფორმ-ფაქტორი.

„A“ დანართში მოცემული ჰიდროლოგიური მონაცემების თანახმად, ნენსკრას და ნაკრას მდინარის ადიდება ჩვეულებრივ ხდება ზაფხულის თვეებში (ივნისი, ივლისი და აგვისტო). შესაბამისად, ფრთხილი მიდგომის სახით, საბაზო ნაკადი შეესაბამება შედარებით მაღალ ყოველთვიურ ჩამონადენს ზაფხულის სეზონზე, რომელიც ორივე მდინარის შემთხვევაში არის ივნისის თვე. სავარაუდო საბაზისო ნაკადები მოცემულია ცხრილ 4.3.1-ში.

ობიექტი	საბაზო ნაკადი [m ³ /s]
კაშხლის ობიექტი	38
ნაკრას წყალმიმღები	22

ცხრილი 4.3.1 საბაზო ნაკადი

როდესაც ატმოსფერული ნალექების - ხარჯის მონაცემები არ არის ხელმისაწვდომი (როგორც ეს ხდება ნენსკრას და ნაკრას ხეობების შემთხვევაში), მოიაზრება $n=10$ ფორმ-ფაქტორი.

წყალმოვარდნას, მთლიანი წყალშემკრები აუზის კონტრიბუციით, გამოიწვევს ატმოსფერული ნალექები, რომლის ხანგრძლივობა მეტია კონცენტრირების დროზე, სადაც კონცენტრირების დრო წარმოადგენს წყალგამყოფის ყველაზე გრძელ ნაკადის მარშრუტს, ჩამონადენის გადაადგილების დროის კუთხით. ეს არის დრო, რომელიც მთლიანი წყალგამყოფიდან ჩამონადენს ჭირდება იმისათვის, რომ მოახდინოს კონტრიბუცია წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფში.

შესაბამისად, ნავარაუდევია, რომ პიკის დრო შეესაბამება კონცენტრაციის დროს.

შესაბამის ლიტერატურაში მოცემულია რამდენიმე განტოლება, წყალგამყოფის ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლების საფუძველზე. ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფების ძირითადი მახასიათებლები ჩამოთვლილია ცხრილ 4.3.2-ში. კონცენტრაციის დროის გამოსათვლელად სამი ყველაზე ხშირად გამოყენებული განტოლება მოცემულია ცხრილ 4.3.3-ში.

აღწერილობა	ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფი	ნაკრას წყალგამყოფი
ყველაზე გრძელი მარშრუტის სიგრძე	26 km	14 km
მდინარის საშ. დაქანება (i_a)	6.4%	9.4%
წყალგამყოფის საშუალო დაქანება (s)	58%	64%
სიმაღლის სხვაობა (H)	1'870 m	1'780 m

ცხრილი 4.3.2 წყალგამყოფების მახასიათებლები

გამოყენებული მასალა	განტოლება	კონც. დრო. ნენსკრას კაშხალი (t_c)	კონც. დრო ნაკრას წყალმიმღები (t_c)
მცირე კაშხლების დიზაინი	$t_c = \frac{11.9 L^3}{H}^{0.385}$	2.3 hr	1.2 hr
Kirpich (1940)	$t_c = 0.00325 \frac{L}{J a}$	2.4 hr	1.3 hr
განყოფილება დაყოვნების არგუმენტით	$t_c = \frac{100L^{0.8} \left[\left(\frac{1000}{CN} \right)^{0.7} - 9 \right]}{1000^{0.5}}$	2.9 hr	1.7 hr
კონცენტრაციის შენარჩუნებული დრო	t_c	3.0 hr	1.5 hr

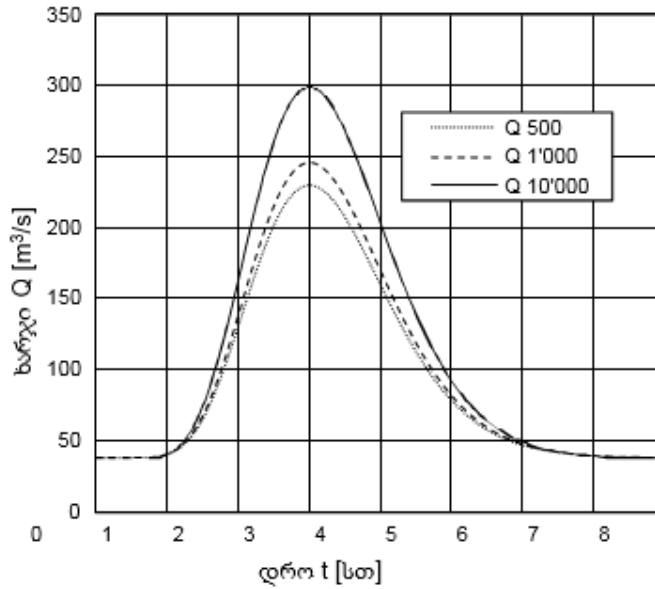
ცხრილი 4.3.3 ორი წყალგამყოფის კონცენტრაციის დროის გამოთვლა

ცხრილ 4.3.4-ში შეჯამებულია ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების უბნების პიკის დრო.

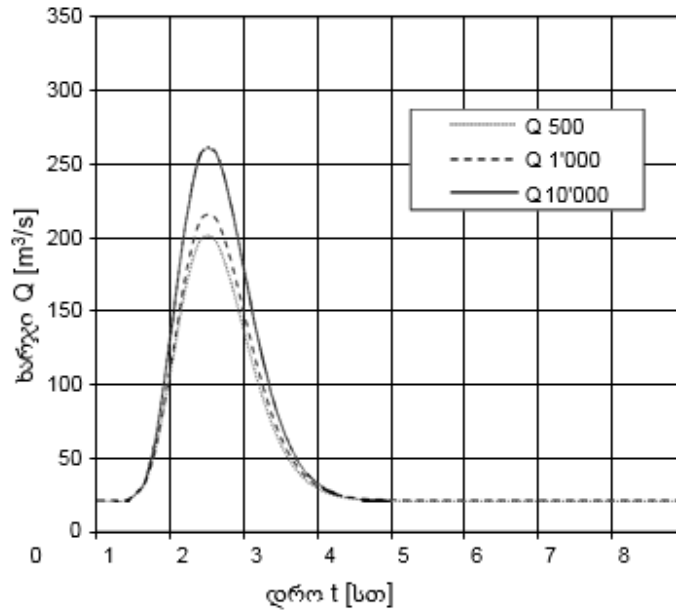
ობიექტი	პიკის დრო [სთ]
ნენსკრას კაშხალი	3.0
ნაკრას წყალმიმღები	1.5

ცხრილი 4.3.4 პიკის დრო

ნახაზებზე 4.3.1 და 4.3.2 მოცემულია წყალმოვარდნის ტიპური ჰიდროგრაფები, გაანგარიშებული შესაბამისად ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღებისთვის, 500, 1'000 და 10'000 წლიანი განმეორების პერიოდებით.



ნახაზი 4.3.1 ნენსკრას კაშხლის უბნის ტიპური გაანგარიშებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები



ნახაზი 4.3.2 ნაკრას წყალმიმღების უბნის ტიპური გაანგარიშებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები

აღსანიშნავია, რომ მოცემულ უბანზე, გაანგარიშებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფები გვიჩვენებს დაახლოებით იგივე ხანგრძლივობას, მოვლენის განმეორების პერიოდის მიუხედავად. მიუხედავად იმისა, რომ მიახლოებითობა ზუსტი არ არის, ჰიდროგრაფების კალიბრაცია არ იყო შესაძლებელი, რამდენადაც წყალმოვარდნის რეცესიის გაზომვები ან ატმოსფერული ნალექების მონაცემები, გაზომვების მცირე ინტერვალებით, ხელმისაწვდომი არ არის. თუმცა, ეს უზუსტობა პირდაპირ გავლენას არ ახდენს ჰიდროგრაფიკური სტრუქტურების დიზაინზე, რამდენადაც გათვალისწინებულია მხოლოდ პიკური ხარჯი, მარშუტის შეცვლის ეფექტის გარეშე. ნებისმიერ შემთხვევაში, ჰიდროგრაფები გათვალისწინებულ უნდა იქნას ხარისხობრივი ინფორმაციის სახით, წყალგამყოფების “ქცევის” ანალიზისთვის.

4.4 წყალმოვარდნის შეფასება - მცირე უბის გადასროლა

იმისათვის, რომ გამოვთვალოთ წყალმოვარდნის მაჩვენებლები მარჯვენა სანაპიროზე ნენსკრას კაშხლის ქვემოთ მდებარე უბეზე, საწიროა ტრანსპოზიციის მეთოდის გამოყენება. გამოყენებულია 3.4 პუნქტში გაანგარიშებული ტრანსპოზიციის კოეფიციენტი ნენსკრას კაშხალს და მცირე უბის გადასროლის არხს შორის. მისის სიდიდე შეადგენს 0.0155-ს.

ცხრილ 4.4.1-ში შეჯამებულია წყალმოვარდნის სხვადასხვა პიკური ხარჯები მცირე უბის გადასროლის არხზე, ნენსკრას კაშხლის პიკური ხარჯებიდან.

განმეორების პერიოდი T_r [წლები]	$Q_{პიკი}$ [$m^3/წმ$]
5	1.9
10	2.1
25	2.5
100	3.0
200	3.2
500	3.5

ცხრილი 4.4.1 წყალმოვარდნის პიკური ხარჯები მცირე უბის გადასროლის კაშხალზე

5 შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა

5.1 შესავალი

„შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა“ ეწოდება წყალმოვარდნას, რომელსაც შესაძლოა ადგილი ქონდეს კრიტიკული მეტეოროლოგიური და ჰიდროლოგიური პირობების ყველაზე მწვავე კომბინაციისას, რომლებიც მოსალოდნელია გამოსაკვლევ აუზში. შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა არ არის ასოცირებული განმეორების პერიოდთან, თუმცა წარმოადგენს წყალმოვარდნის ზედა ფიზიკურ ზღვარს მოცემულ წყალგამყოფში.

შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის კალკულაცია ემყარება „შესაძლო მაქსიმალური

ნალექის“ კონცეფციას, რომელიც კონვერტირდება წყალმოვარდნაში ატმოსფერული ნალექის - ჩამონადენის მოდელის გამოყენებით (თოვლის დნობიდან ჩამონადენის ჩათვლით).

შესაძლო მაქსიმალური ნალექი განისაზღვრება მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ როგორც „მაქსიმალური ნალექი მოცემულ პერიოდში, რომელიც მეტეოროლოგიურად შესაძლებელია არსებობდეს შესაბამის წყალგამყოფზე; ან ღვარის არეალი კონკრეტულ ლოკაციაზე, წელიწადის კონკრეტულ დროს, გრძელვადიანი კლიმატური ტენდენციების შეღავათების გარეშე“.

5.2 შესაძლო მაქსიმალური ნალექი

5.2.1 ნალექის მონაცემები

შესაძლო მაქსიმალური ნალექის გამოთვლა ემყარება ხაიშის მეტეოროლოგიური სადგურებიდან აღებული ნალექის მონაცემების ანალიზს, რომელიც მდებარეობს მდინარე ნენსკრას და მდინარე ენგურს შორის; ასევე მესტიის სადგურიდან აღებულ მონაცემებს, რომელიც მდებარეობს მდინარე მესტიაჭალაზე (იხილეთ L-6768-B-GE-GE-GE-DW-002_001).

ორი მეტეოროლოგიური სადგურის ძირითადი მახასიათებლები და შესაბამისი ხელმისაწვდომი მონაცემთა კრებულები შეჯამებულია ცხრილ 5.2.1.1-ში.

დასახელები	მდინარე	დაკვირვების წლები	დაკვირვებ წლების რაოდენ	სიმაღლე [მ ზდ]	გაზომვის ინტერვალ [სთ]
ხაიში	ენგური	1932-92	61	529	24
მესტია	მესტიაჭალა	1931 1933-92 2003-04	63	1'392	24

ცხრილი 5.2.1.1 შესაძლო მაქსიმალური ნალექის გაანგარიშებისთვის გამოყენებული მეტეოროლოგიური სადგურების ძირითადი მახასიათებლები.

ორი მეტეოროლოგიური სადგურის მიერ დაფიქსირებული წლიური მაქსიმალური ნალექის სერიები, ფიქსირებული 24 საათიანი გაზომვის ინტერვალებით, მოცემულია ცხრილ 5.2.1.2-ში.

წელი	მაქს. 24 სთ ნალექი [მმ]		წელი	მაქს. 24 სთ ნალექი [მმ]		წელი	მაქს. 24 სთ ნალექი [მმ]	
	ხაიში	მესტია		ხაიში	მესტია		ხაიში	მესტია
1931	-	29.5	1953	55.8	45.3	1975	62.9	105.3
1932	87.5	-	1954	64.0	43.3	1976	62.7	53.0
1933	60.8	54.4	1955	63.2	43.2	1977	49.8	69.4
1934	68.9	31.4	1956	56.9	54.9	1978	69.7	37.4
1935	50.5	37.0	1957	49.1	36.1	1979	62.5	52.8
1936	55.4	38.8	1958	60.2	31.8	1980	53.6	45.1
1937	56.6	30.4	1959	46.3	36.6	1981	64.2	45.9
1938	50.0	33.6	1960	82.9	32.7	1982	65.5	145.3
1939	58.5	33.1	1961	40.5	32.3	1983	65.3	47.1

1940	51.5	43.1	1962	78.5	48.0	1984	40.7	35.4
1941	78.1	46.5	1963	49.3	55.0	1985	54.1	37.2
1942	57.3	69.3	1964	45.9	42.0	1986	60.2	48.5
1943	75.4	48.0	1965	44.8	68.4	1987	118.3	67.6
1944	71.2	32.6	1966	53.7	53.2	1988	48.3	31.9
1945	59.7	29.6	1967	48.8	49.0	1989	87.6	62.5
1946	69.1	30.8	1968	50.3	43.5	1990	43.4	27.4
1947	54.3	47.7	1969	64.0	24.0	1991	57.6	47.2
1948	37.9	37.7	1970	87.3	63.4	1992	72.4	49.9
1949	71.0	51.0	1971	66.7	43.2	2003	-	74.2
1950	46.6	31.5	1972	48.2	47.9	2004	-	45.0
1951	54.9	28.9	1973	39.6	35.4			
1952	45.8	24.7	1974	46.5	33.7			

ცხრილი 5.2.1.2 წლიური მაქსიმალური 24 სთ ნალექის სერიები, ხაიშის და მესტიის მეტეოროლოგიური სადგურები

5.2.2 შესაძლო მაქსიმალური ნალექის გაანგარიშება

„შესაძლო მაქსიმალური ნალექის“ გაანგარიშება ხორციელდება ჰერშფილდის მიერ დანერგილი სტატისტიკური მეთოდით, რომელიც ასევე შეტანილია “ICOLD“ კომიტეტის 2016 წლის ანგარიშში - წყალმოვარდნის შეფასება და კაშხლის უსაფრთხოება, ასევე მეტეოროლოგიის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ მომზადებულ „შესაძლო მაქსიმალური ნალექის გაანგარიშების ინსტრუქციაში“.

ჰერშფილდის სტატისტიკური მეთოდის მიხედვით, შესაძლო მაქსიმალური ნალექის გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი განტოლებით:

$$PMP = X_n + Ks_n$$

სადაც X_n და s_n შესაბამისად არის ნალექის გაზომვების წლიური სერიებიდან მინიმალური და მაქსიმალური გადახრა, ხოლო K არის სტატისტიკური პარამეტრი, რომელიც შემუშავდა ნალექის საზომი სადგურებიდან აღებული მონაცემების საფუძველზე.

მეთოდი შემუშავდა 50 წლიანი მონაცემთა სერიის საფუძველზე. შესაბამისად უნდა მოხდეს შესწორებები, შედარებით მოკლე მონაცემთა კრებულების შემთხვევაში, ხოლო მეთოდი არ უნდა იქნას გამოყენებული ჩანაწერებზე, რომელთა ხანგრძლივობა 10 წელზე ნაკლებია.

მონაცემების საკმარისობის შემთხვევაში, სტატისტიკური პარამეტრი K შესაძლოა განისაზღვროს როგორც $K = 12$; სხვა შემთხვევაში უნდა განისაზღვროს $K = 15$, რაც ჩვეულებრივ ითვლება ზედა ლიმიტად.

მოცემულ შემთხვევაში, მესტიის და ხაიშის სადგურებიდან აღებული მონაცემთა კრებულები მოიცავს 61 და 63 წლიან პერიოდებს. შესაბამისად, ორივე ჩანაწერი 50 წლიან პერიოდზე ხანგრძლივია, რომელიც გამოყენებულ იქნა სტატისტიკური მეთოდის შემუშავებისას. ამგვარად, შესაძლო მაქსიმალური ნალექი გამოითვლება $K = 12$ სტატისტიკური პარამეტრით.

ზემოხსენებული შესაძლო მაქსიმალური ნალექის განტოლება მოითხოვს, რომ (X_n) და სტანდარტული გადახრა (s_n) კორექტირებული იყოს ჰერშფილდის შესწორების ფაქტორების სერიის მიერ:

$$\frac{-n}{n-m}$$

$$\frac{S_n}{S_{n-m}}$$

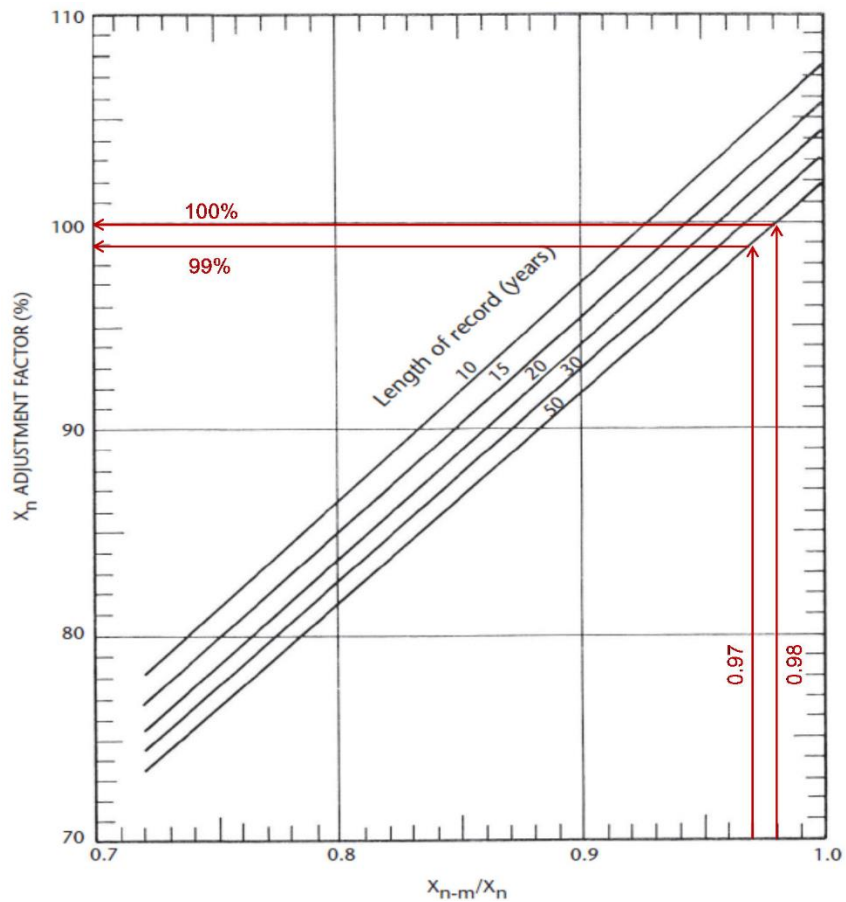
სადაც X_{n-m} და s_{n-m} შესაბამისად არის წლიური მაქსიმალური სერიების საშუალო და სტანდარტული გადახრები, X_m მაქსიმალური სიდიდის გამოკლებით. ხაიშის შემთხვევაში, მაქსიმალური შედეგია $X_m=118.3$ მმ (ადგილი ჰქონდა 1987 წელს), ხოლო მესტიის შემთხვევაში $X_m = 145.3$ მმ (ადგილი ჰქონდა 1982).

შედეგად მიღებული შესაძლო მაქსიმალური ნალექიანობა თითოეულ სადგურზე უნდა დაკორექტირდეს შესწორების ფაქტორით - 1.13, რაც ითვალისწინებს იმ ფაქტს, რომ მონაცემთა სერიები შედგენილია ფიქსირებული დროის ინტერვალით ჩატარებული გაზომვებით (24 სთ), ნაცვლად რეალური დღიური მაქსიმუმისა.

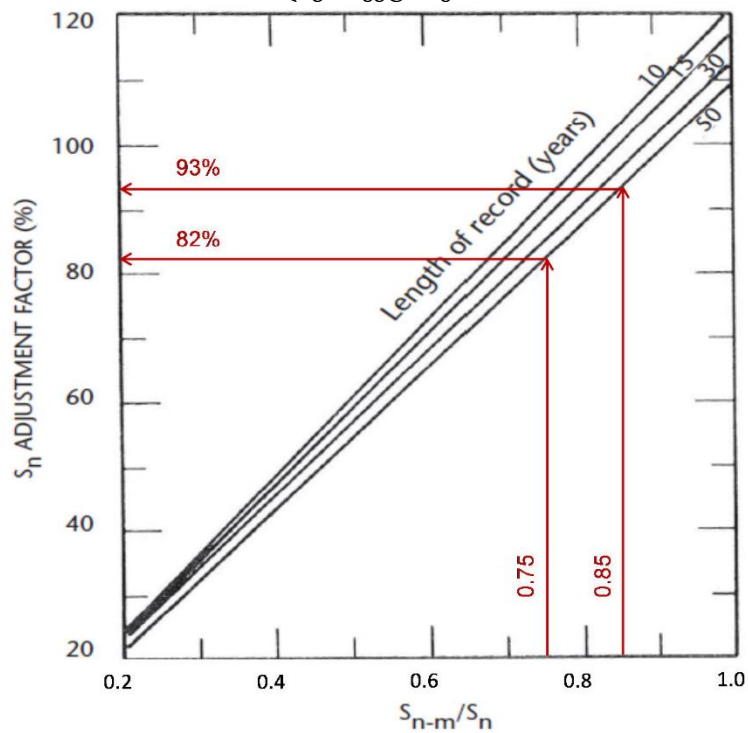
თითოეული სადგურის შემთხვევაში, შესაძლო მაქსიმალური ნალექიანობის გაანგარიშება შეჯამებულია ცხრილ 5.2.2.1-ში, ხოლო შესწორების ფაქტორი ასახულია ნახაზებზე - 5.2.2.1. 5.2.2.2 და 5.2.2.3.

პარამეტრი	სადგური	
	ხაიში	მესტია
საშუალო, მაქსიმუმის გამოკლებით (X_{n-m}) [მმ]	58.7	44.4
სრული მონაცემების კრებულის საშუალო სიდიდე (X_n) [მმ]	59.7	46.0
შეფარდება (X_{n-m}/X_n) [-]	0.98	0.97
სტანდარტული გადახრა, მაქსიმალურის გამოკლებით (s_{n-m})	12.3	14.3
სრული მონაცემების კრებულის სტანდარტული გადახრა (s_n)	14.4	19.1
შეფარდება (s_{n-m}/s_n) [-]	0.85	0.75
შესწორების ფაქტორი, მაქსიმალური წვიმის ნალექის (ნახ. 24)	1.00	0.99
ჩანაწერის სიგრძის შესწორების ფაქტორი (ნახ. 26)	1.00	1.00
საშუალო შესწორება (X_n) [მმ]	59.7	45.6
შესწორების ფაქტორი, მაქსიმალური წვიმის ნალექის (ნახ. 25)	0.93	0.82
ჩანაწერის სიგრძის შესწორების ფაქტორი (ნახ. 26)	1.00	1.00
შესწორებული სტანდარტული გადახრა (s_n) [მმ]	13.4	15.6
K ნალექის საკმარისი მონაცემებისთვის ([6])	12	12
შეუსწორებელი წერტილი PMP (Eq. 1) [მმ]	220	233
ფიქსირებული ინტერვალის შესწორების ფაქტორი	1.13	1.13
შესწორებული წერტილი PMP [მმ]	249	263

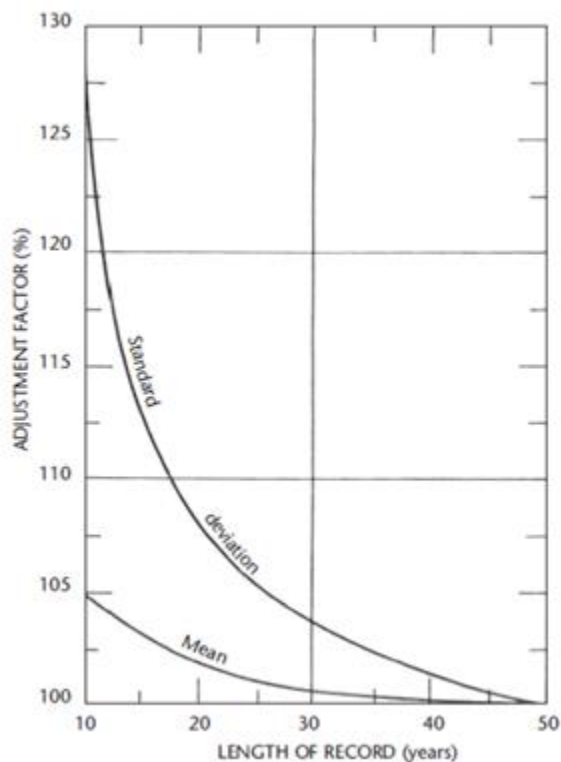
ცხრილი 5.2.2.1 შესაძლო მაქსიმალური ნალექიანობის გაანგარიშება „სტატისტიკური მეთოდის“ შემდეგ



ნახაზი 5.2.2.1 მაქსიმალური ატმოსფერული ნალექების წლიური სერიების საშუალო მაჩვენებლის დაკორექტირება



ნახაზი 5.2.2.2 მაქსიმალური ატმოსფერული ნალექების წლიური სერიების სტანდარტული გადახრის დაკორექტირება

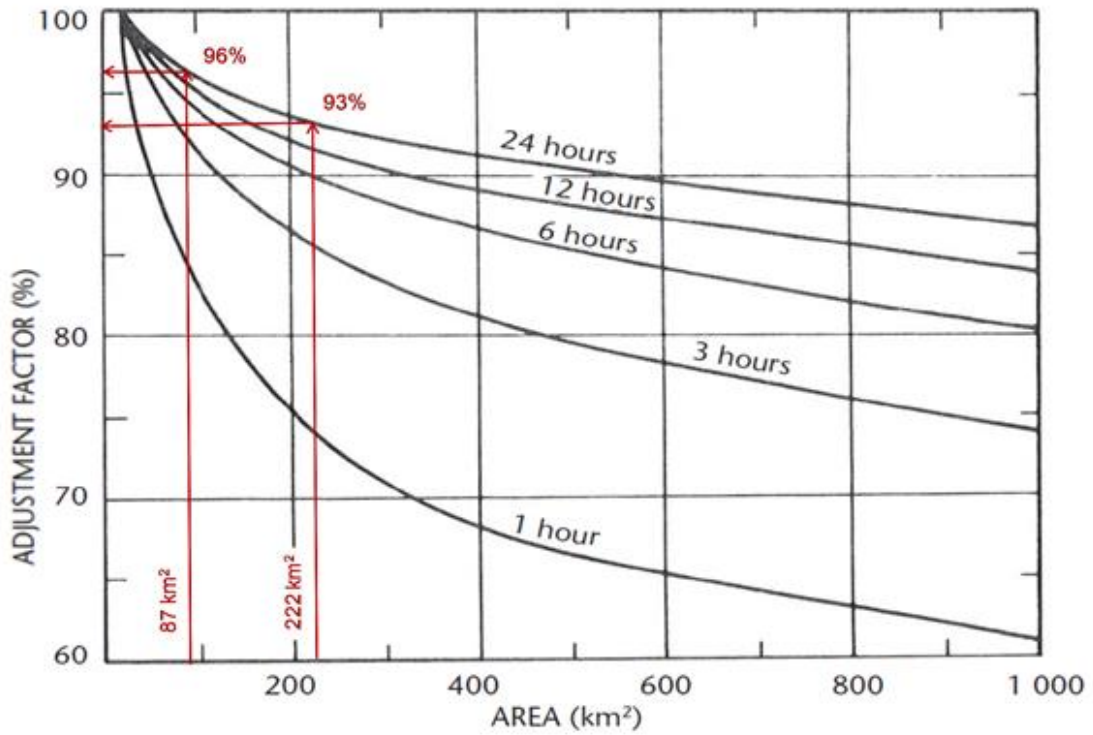


ნახაზი 5.2.2.3 წლიური სერიების საშუალო და სტანდარტული გადახრების დაკორექტირება (ჩანაწერის სიგრძე)

როგორც ზემოთ აღინიშნა, მიღებული კორექტირებული შესაძლო მაქსიმალური ნალექი (თითოეული სადგურისთვის) შეესაბამება ატმოსფერულ ნალექს, სადგურის ლოკაციაზე. შესაბამისად, შედეგი კონვერტირებულია საშუალო ზედაპირულ ატმოსფერულ ნალექში, მთელ წყალგამყოფზე, აერიული რედუქციის ფაქტორის მეშვეობით, რომელიც ნაჩვენებია ნახაზ 5.2.2.4-ზე (აშშ-ს ამინდის ბიუროს მონაცემები).

ბოლოს, ორი მეტეოროლოგიური სადგურის მიერ დაფიქსირებული შედეგები (ხაიში და მესტია) შედარებულია და გაერთიანებულია შეწონილი ფაქტორების მეშვეობით, სადაც გათვალისწინებულია მათ მანძილსა და სიმაღლეს შორის განსხვავებები.

შედეგად მიღებული საშუალო აერიული შესაძლო მაქსიმალური ნალექი ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფებისთვის მოცემულია ცხრილებში - 5.2.2.2 და 5.2.2.3.



ნახაზი 5.2.2.4 სიღმე-არეალი / არეალი-შემცირება, მრუდეები (აშშ ამინდის ბიურო)

პარამეტრი	სადგური	
	ხაიში	მესტია
კორექტირებული წერტილი. შესაძლო მაქსიმალური ნალექი [მმ]	249	263
შემცირების ფაქტორი, 222 კმ ² (ნახაზი 27)	0.93	0.93
კორექტირებული შესაძლო მაქსიმალური ნალექი	231	245
სიმაღლის შეწონილი კოეფიციენტი	0.37	0.63
მანძილის შეწონილი კოეფიციენტი	0.58	0.42
შესაძლო მაქსიმალური ნალექი ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფის შემთხვევაში	238 mm	

ცხრილი 5.2.2.2 საშუალო აერიული „შესაძლო მაქსიმალური ნალექის“ გაანგარიშება ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფისთვის

პარამეტრი	სადგური	
	ხაიში	მესტია
კორექტირებული წერტილი, შესაძლო მაქსიმალური ნალექი [მმ]	249	263
აერიული შემცირების ფსექტორი, 87 კმ ² (ნახაზი 27)	0.96	0.96
კორექტირებული შესაძლო მაქსიმალური ნალექი, საშუალო აერიული ნალექი [მმ]	239	253
სიმაღლის შეწონილი კოეფიციენტი	0.38	0.62
მანძილის შეწონილი კოეფიციენტი	0.48	0.52
შესაძლო მაქსიმალური ნალექი, ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფი	247 mm	

ცხრილი 5.2.2.3 საშუალო აერიული „შესაძლო მაქსიმალური ნალექის“ გაანგარიშება, ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფი

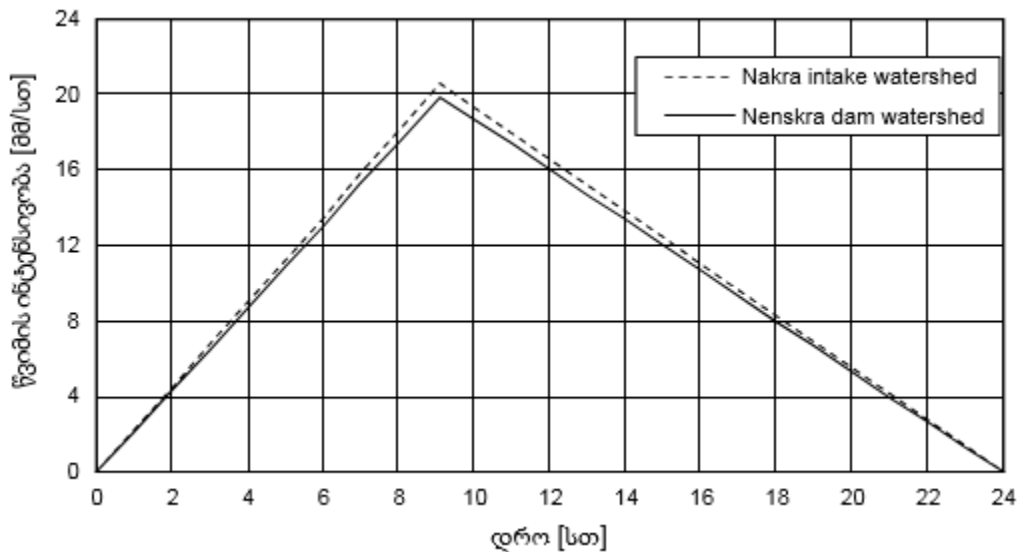
შედეგად მიღებული საშუალო აერიული შესაძლო მაქსიმალური ნალექი (24 სთ ხანგრძლივობის) არის: $PMP_{Nenskra} = 238$ მმ და $PMP_{Nakra} = 247$ მმ.

როგორც ცხრილი 5.2.2.1-დან ჩანს, ორივე სადგური საკმაოდ მსგავს შედეგებს გვაძლევს, მხოლოდ 14 მმ (0.5%) განსხვავებით. ეს ნიშნავს, რომ შედეგი პრაქტიკულად დამოუკიდებელია შეწონილი ფაქტორებისგან, რომლებიც ივარაუდება თითოეული სადგურის შემთხვევაში. ეს ასევე მიუთითებს, რომ ორივე სადგური საიმედო მონაცემებს იძლევა.

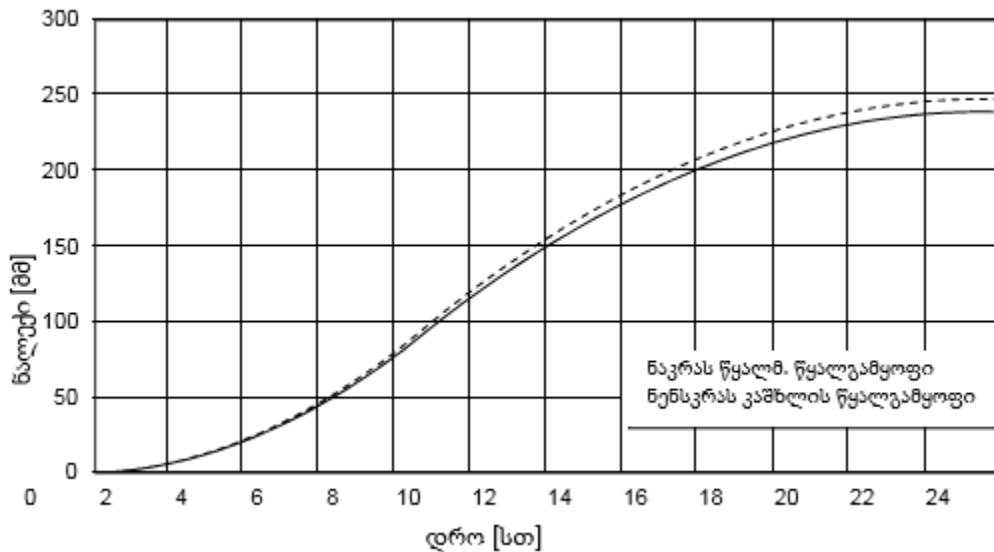
ბოლოს, ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ნახაზებზე - 5.2.2.1, 5.2.2.2 და 5.2.2.3 მოცემული კორექტირების ფაქტორები მცირდება ჩანაწერის ხანგრძლივობის მიხედვით. თუმცა, მონაცემები წარმოდგენილია მხოლოდ 50 წლიანი გაზომვის პერიოდისთვის, რომელიც განსაზღვრულია კორექტირების ფაქტორების განსაზღვრისთვის. შესაბამისად, მიღებული სიდიდეები შესაძლოა ოდნავ ზედმეტად იყოს შეფასებული და გვაძლევს შესაძლო მაქსიმალური ნალექის კონსერვაციულ გაანგარიშებას.

5.2.3 ჰისტოგრამა

ნალექების დღიური დისტრიბუციის მონაცემების არარსებობის პირობებში, გამოიყენება ფართოდ გავრცელებული „სამკუთხა ჰისტოგრამის“ მეთოდი. მოიაზრება ტიპური „გაუმჯობესების კოეფიციენტი“ $r = 0.38$. შედეგად მიღებული ჰისტოგრამები მოცემულია ნახაზ 5.2.3.1-ზე, ხოლო შესაბამისი ატმოსფერული ნალექების მრუდეები ნახაზ 5.2.3.2-ზე.



ნახაზი 5.2.3.1 შესაძლო მაქსიმალური ნალექის სამკუთხა ჰისტოგრამა - ნენსკრას კაშხალი და ნაკრას წყალგამყოფი



ნახაზი 5.2.3.2 შესაძლო მაქსიმალური ნალექი, წვიმის დისტრიბუცია, ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფები

5.3 ღვარის ჩამონადენი

ნალექში ჩამონადენის წარმომქმნელი კომპონენტი გამოითვლება „Curve Number“ (CN) მეთოდით, რომელიც შემუშავდა აშშ-ს ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამსახურის მიერ.

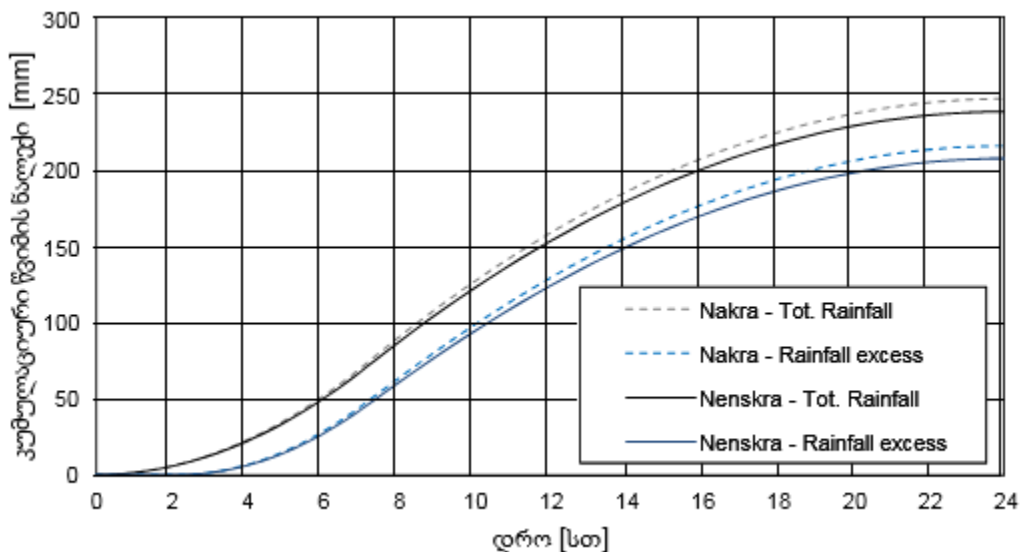
“Curve Number” ადგენს, თუ რამდენად შეუძლია ნიადაგს მოახდინოს წყლის აბსორბცია; მერყეობს CN = 0-დან (სრული აბსორბცია) CN = 100-მდე (წყალგაუმტარი ზედაპირები (სრული ჩამონადენი)).

მაღალ ლოკაციებზე, ნენსკრას წყალგამყოფი ხასიათდება ყინულის საფარის მქონე ქანებით (მცენარეული საფარის გარეშე). შედარებით ქვედა სიმაღლეებზე, ჩნდება ბალახის საფარი. ზღვის დონიდან დაახლოებით 2,200 მეტრს ქვემოთ, ყინულის და კოლუვიალური საფარის

მქონე ფერდობები ძირითადად ტყეებს უკავია. ბოლოს, ხეობის ქვედა ნაწილი ხასიათდება ალუვიალური მცენარეებით. წყალგამყოფის გლობალური „Curve Number“ გამოითვლება თითოეული სახეობის ზედაპირისთვის შესაბამისი CN-ის მინიჭებით.

კონსერვაციული CN = 74 გაანგარიშებულია საპროექტო წყალგამყოფისთვის ნორმალური ტენიანობის პირობებში. შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის გაანგარიშებისთვის, ჩვეულებრივ მიიჩნევა, რომ ღვარს წინ უძღოდა სხვა მცირე ნალექები. შესაბამისად, CN უნდა დაკორექტირდეს ტენიანობის გასული პირობების (AMC III) გათვალისწინებით, რაც იწვევს შემდეგ მაჩვენებელს: CN = 87.

შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჰისტოგრამებისთვის, ჩამონადენის კალკულაციის შედეგები მოცემულია ნახაზ 5.3.1-ზე - $P_{e,Nakra} = 207$ მმ და $P_{e,Nenskra} = 216$ მმ.

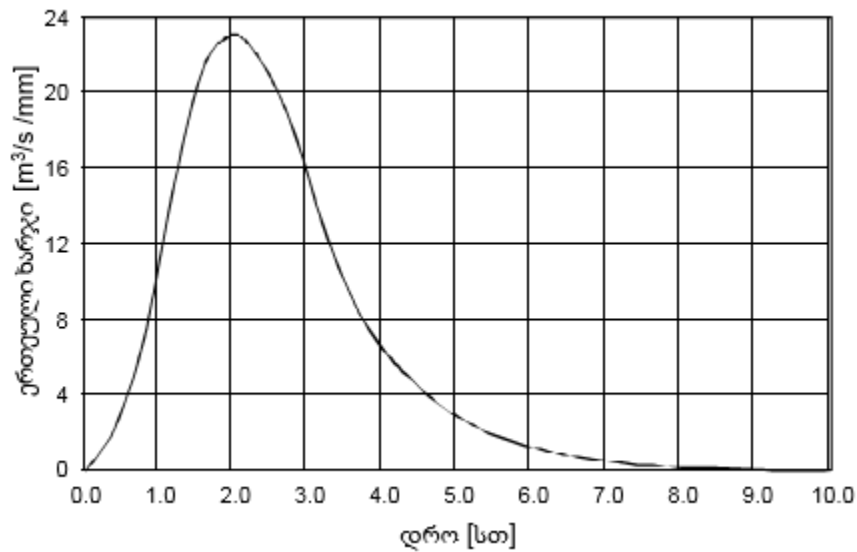


ნახაზი 5.3.1 საერთო კუმულაციური ნალექი და შესაბამისი კუმულაციური ჩამონადენი - ნენსკრას კაშხალი და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფი

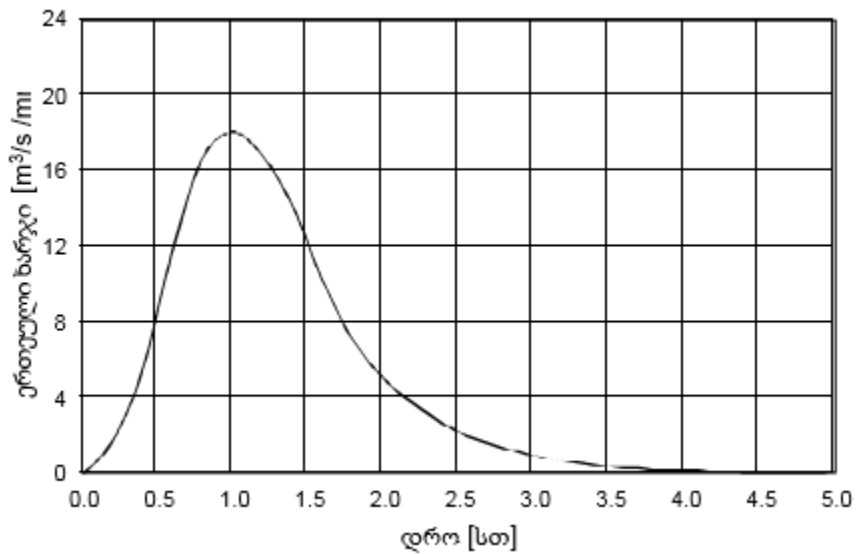
სინთეზური ერთეული ჰიდროგრაფის შედეგობრივი პარამეტრები შეჯამებულია ცხრილ 5.3.1-ში, ხოლო ერთეული ჰიდროგრაფი მოცემულია ნახაზებზე - 5.3.2 და 5.3.3.

აღწერილობა	ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფი	ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფი
უწყვეტი წვიმის ხანგრძლივობა (D)	0.4 hr	0.2 hr
დრო პიკამდე (t_p)	2.0 hr	1.0 hr
დაყოვნების დრო წვიმის ცენტრიდან (t_z)	1.8 hr	0.9 hr
კონცენტრაციის დრო (t_c)	3.0 hr	1.5 hr
პიკური ერთეული ხარჯი (q_p)	23.1 (m ³ /s)/mm	18.1 (m ³ /s)/mm

ცხრილი 5.3.1 სინთეზური ერთეული ჰიდროგრაფის ძირითადი პარამეტრები - ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფები



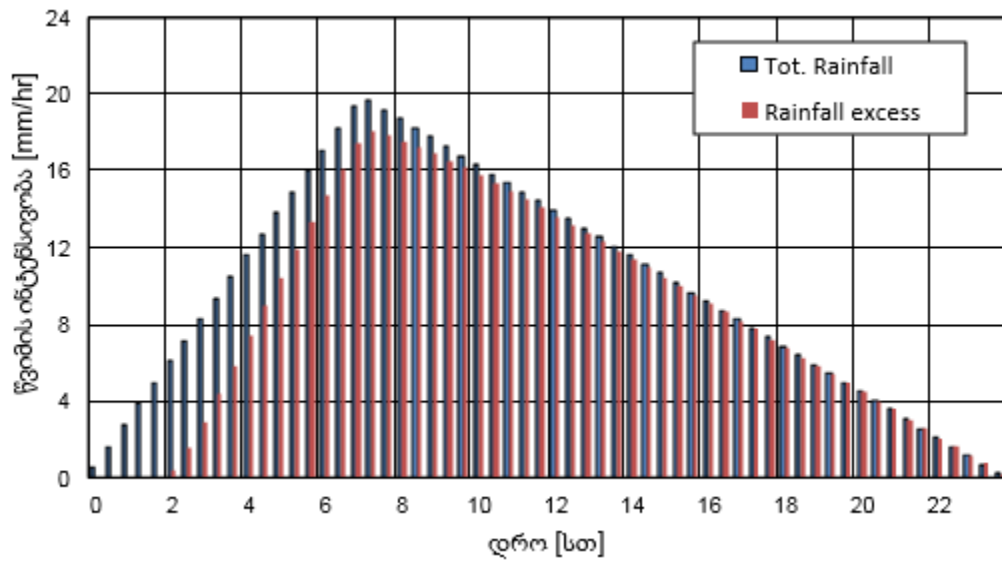
ნახაზი 5.3.2 სინთეზური ერთეული ჰიდროგრაფი ნენკრას კაშხლის წყალგამყოფისთვის



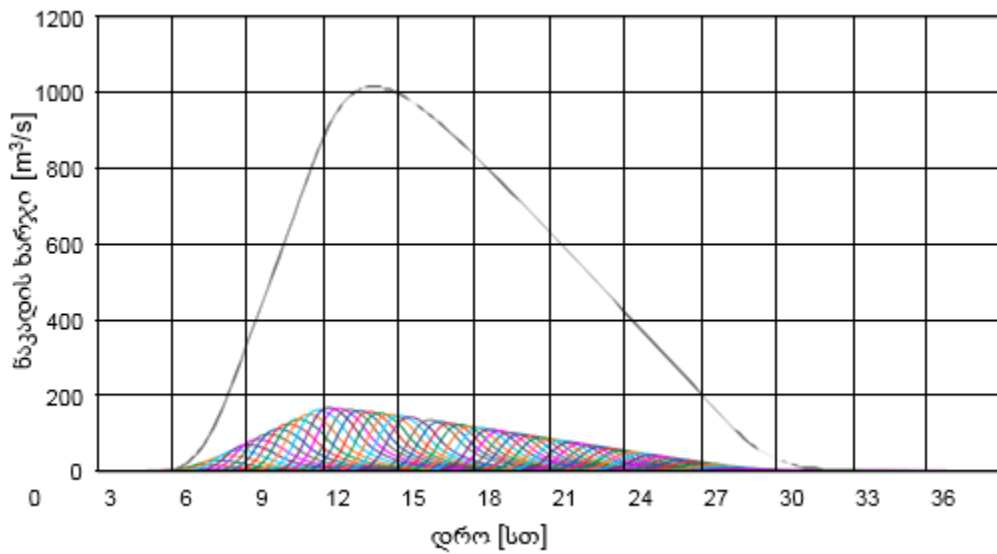
ნახაზი 5.3.3 SCS სინთეზური ერთეული ჰიდროგრაფი ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფისთვის

5.4 შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჩამონადენის ჰიდროგრაფი

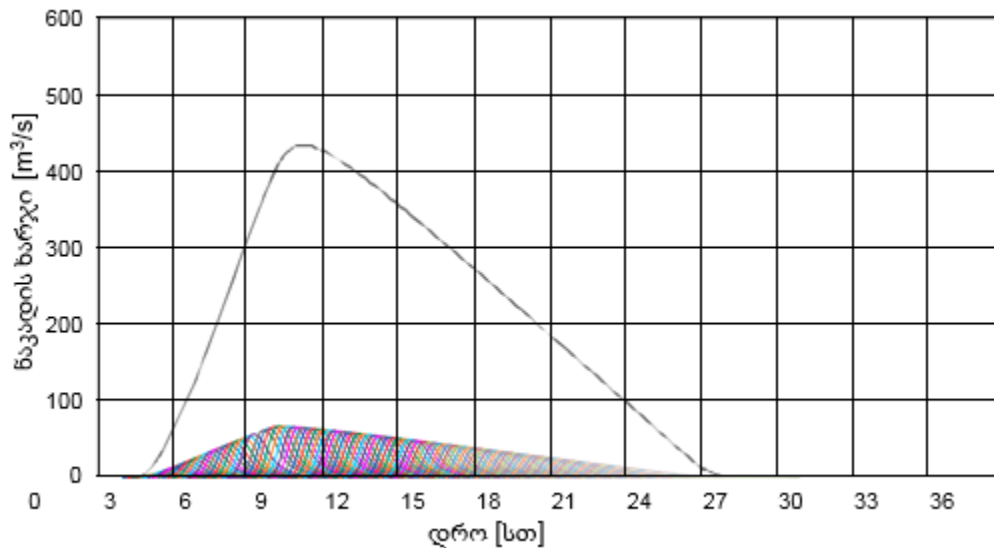
ერთეული ჰიდროგრაფები (ნახაზი 5.3.2 და 5.3.3) წარმოადგენს შედეგებს წყალგამყოფებზე წვიმის ნალექის 1 მმ სიდიდის ჩამონადენის წარმომქმნელ ნაწილზე, $D = 0.4$ სთ ხანგრძლივობით ნენკრას კაშხლის შემთხვევაში და $D = 0.2$ სთ ხანგრძლივობით ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფის შემთხვევაში. ერთეული ჰიდროგრაფის თეორია გულისხმობს, რომ იგი შესაძლებელია სწორხაზოვნად შეეფარდოს ნებისმიერ წვიმის ნალექის ჩამონადენის წარმომქმნელი კომპონენტის სიღრმეს (მუდმივი ინტენსივობის პირობებში).



ნახაზი 5.4.1 საერთო და ნამატი ნალექი, ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფი



ნახაზი 5.4.2 შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი, შექმნილი შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ნამატი ჩამონადენის მიერ, ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფის შემთხვევაში



ნახაზი 5.4.3 შესაძლო მაქსიმალური ჰიდროგრაფი, შექმნილი შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჩამონადენის მიერ, ნაკრას წყალმიღების წყალგამყოფის შემთხვევაში

5.5 თოვლდნობის ჩამონადენი

გამოყენებულ ლიტერატურაში მოცემული რეკომენდაციების შესაბამისად, შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი უნდა შეიცავდეს თოვლდნობის ჩამონადენს, რომელიც ასოცირებულია 100 წლიან განმეორების პერიოდთან.

მოცემულ შემთხვევაში, თოვლდნობის ჩამონადენი რელევანტურია ზაფხულის პირველ ნახევარში, განსაკუთრებით ივნისის და ივლისის განმავლობაში, რა დროსაც ჩვეულებრივ სახეზეა მაქსიმალური საშუალო ჩამონადენები. რამდენადაც თოვლდნობის პროცესი პირდაპირ უკავშირდება ჰაერის ტემპერატურას, მას აქვს სეზონური ხასიათი და ჩვეულებრივ გრძელდება რამდენიმე კვირიან გრძელ პერიოდებად. თვითონ საშუალო თოვლდნობის ჩამონადენი, 100 წლიანი განმეორების პერიოდით, შესაბამისად გამოითვლება იმ საბაზო ნაკადის გამოსათვლელად, რომელიც უნდა დაემატოს ღვარის ჩამონადენის ჰიდროგრაფს, რომელიც გაანგარიშდა წინა თავებში (ნახაზი 5.4.2 და 5.4.3).

წყალგამყოფებზე თოვლის საფარის და თოვლის დნობის ზუსტი მონაცემების არარსებობის პირობებში, ივარაუდება საშუალო კოეფიციენტი $C_M = 2.74$ მმ/(°C დღეში).

საშუალო დღიური ტემპერატურა, რომელიც უკავშირდება 100 წლიან განმეორების პერიოდს, გამოითვლება მდინარე ნენსკრაზე მდებარე ლახამის სადგურის მიერ დაფიქსიებული მეტეოროლოგიური მონაცემების საფუძველზე. სადგური მდებარეობს კაშხლის უბნიდან ქვემოთ, დაახლოებით 15 კმ მანძილზე, ზღვის დონიდან 676 მეტრის სიმაღლეზე (იხილეთ L-6768-B-GE- GE-GE-DW-002_001). ხელმისაწვდომი მონაცემები მოიცავს 9 წლიან პერიოდს, 1980-დან 1989 წლამდე, 1987 წლის გამოკლებით. მაქსიმალური საშუალო დღიური ტემპერატურები საანგარიშო პერიოდის თითოეული თვისთვის შეჯამებულია ცხრილ 5.5.1-ში.

წელი	თვე												მაქს
	იან	თებ	მარ	აპრ	მაის	ივნ	ივლ	აგვ	სექტ	ოქტ	ნოე	დეკ	
1980	-1.0	-2.5	11.5	15.0	18.5	21.5	24.0	20.5	16.5	13.0	14.0	7.5	24.0
1981	5.5	4.5	9.0	12.5	19.0	22.0	27.5	22.5	19.5	13.5	11.5	5.5	27.5
1982	8.5	0.5	7.5	11.5	20.0	21.5	22.5	23.0	21.0	21.0	12.0	2.5	23.0
1983	5.0	-1.5	13.5	14.0	16.0	18.5	22.0	19.0	16.5	15.5	10.5	4.5	22.0
1984	1.0	3.5	12.0	17.0	21.0	17.0	21.0	18.0	15.0	14.0	13.5	7.0	21.0
1985	3.0	3.5	14.0	16.0	15.5	19.5	20.5	22.0	21.5	17.0	14.5	10.5	22.0
1986	5.0	12.0	16.0	18.5	17.5	20.0	24.5	23.5	22.0	18.5	17.0	2.0	24.5
1988	-0.5	6.0	8.0	12.0	17.5	18.5	20.0	19.5	16.0	13.0	8.0	3.0	20.0
1989	-1.5	3.5	11.5	15.5	16.5	-	19.5	19.0	16.0	14.0	10.5	0.5	19.5
მაქს	8.5	12.0	16.0	18.5	21.0	22.0	27.5	23.5	22.0	21.0	17.0	10.5	27.5

ცხრილი 5.5.1 საშუალო დღიური ტემპერატურის თვიური მაქსიმუმი (°C), დაფიქსირებული ლახამის მეტეოროლოგიური სადგურის მიერ

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მაქსიმალური ტემპერატურები ჩვეულებრივ გვხვდება ივლისის თვეში. წლიური მაქსიმუმის სერიებზე ტარდება სიხშირის ანალიზი, რათა გამოითვალოს საშუალო დღიური ტემპერატურა, 100 წლიანი განმეორების პერიოდით, ლახამის სადგურის ლოკაციაზე. „გამბელის“ ალბათობის დისტრიბუციის ვარაუდით, მიიღება ტემპერატურა $T_{100} = 31^{\circ}\text{C}$. შედარებისთვის, საანგარიშო პერიოდში ივლისის თვის საშუალო ტემპერატურა არის $T_{\text{ივლ.}} = 19^{\circ}\text{C}$.

დამატებითი მონაცემების არარსებობის გათვალისწინებით, შედეგად მიღებული ტემპერატურა გადადის ნენსკრას კაშხლის წყალგამყოფზე, სიმაღლის კვალდაკლავ ხაზოვანი შემცირებით, „საერთაშორისო სტანდარტული ატმოსფეროს“ მოდელის მიხედვით, რაც გვამღებს ტემპერატურის ვერტიკალურ გადახრას - 6.5 K/km.

ივლისის თვეში თოვლით დაფარული წყალგამყოფი არეალი გამოითვლება ხეობების სატელიტურ ფოტოებზე დაკვირვებით. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ამ სეზონში თოვლის საფარის არეალის „კონვერტი“ შესაძლებელია შეიქმნას ზღვის დონიდან 2400 მეტრ სიმაღლეზე მაღლა მდებარე ყველა რეგიონის გათვალისწინებით, რომელიც წარმოადგენს დაახლოებით 160 კმ² და 67 კმ², შესაბამისად ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფების შემთხვევაში.

კალკულაცია ხორციელდება ზღვის დონიდან 2400 მეტრზე მაღლა მდებარე წყალგამყოფი არეალის 100 მეტრიან ზონებად დაყოფით, სადაც მოიაზრება უნიფიცირებული ტემპერატურა. კალკულაცია შეჯამებულია ცხრილებში - 5.5.2 და 5.5.3.

ტემპერატურის ზონა	მინ. სიმაღლე	მაქს. სიმაღლე	ფართობი [კმ ²]	ტემპ. T_{100} [°C]	დნობა [მმ/დღ]	ხარჯი [მ ³ /წ]
Zone 1	2'400	2'500	14	20	54	8.9
Zone 2	2'500	2'600	15	19	52	8.8
Zone 3	2'600	2'700	16	18	50	9.3
Zone 4	2'700	2'800	18	18	48	9.9
Zone 5	2'800	2'900	19	17	46	10

Zone 6	2'900	3'000	18	16	45	9.4
Zone 7	Above 3'000		60	13	36	24
Total			160	-	330	80

ცხრილი 5.5.2 თოვლდნობის ჩამონადენის გაანგარიშება ნენსკრას კაშხლისთვის

ტემპერატურის ზონა	მინ. სიმაღლე	მაქს. სიმაღლე	ფართობი [კმ ²]	ტემპ. T ₁₀₀ [°C]	დნობა [მმ/დღ]	ხარჯი [მ ³ /წ]
Zone 1	2'400	2'500	5	20	54	2.9
Zone 2	2'500	2'600	5	19	52	3.1
Zone 3	2'600	2'700	6	18	50	3.3
Zone 4	2'700	2'800	6	18	48	3.2
Zone 5	2'800	2'900	9	17	46	5.0
Zone 6	2'900	3'000	7	16	45	3.6
Zone 7	3'000-ზე მაღლა		30	13	36	14.7
ჯამი			67	-	330	35

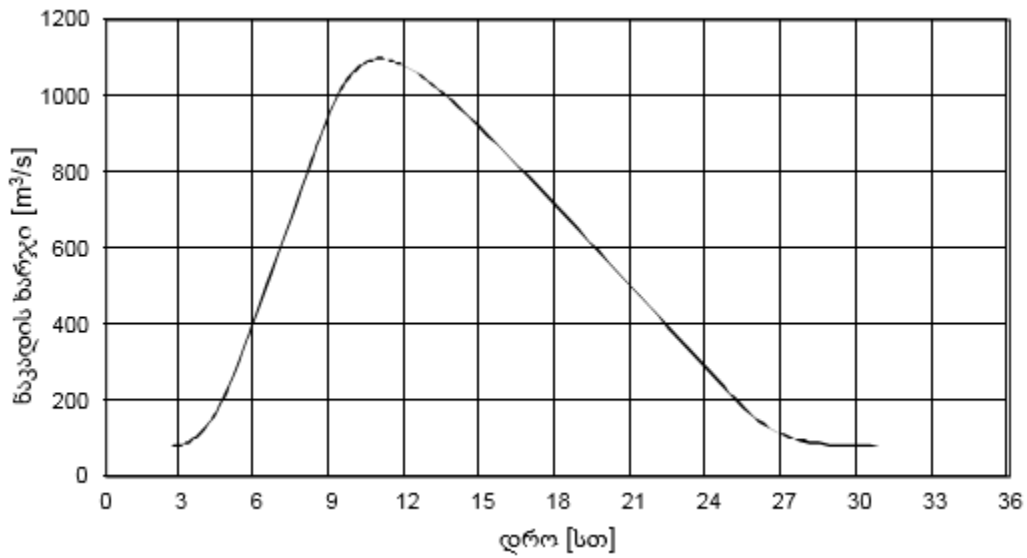
ცხრილი 5.5.3 თოვლდნობის ჩამონადენის გაანგარიშება, ნაკრას წყალმიმღები

თოვლდნობის მიერ გენერირებული ხარჯი 80 მ³/წ და 35 მ³/წ, რომელიც შეესაბამება 100 წლიან განმეორების პერიოდს, გაანგარიშებულია ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღების ობიექტებზე.

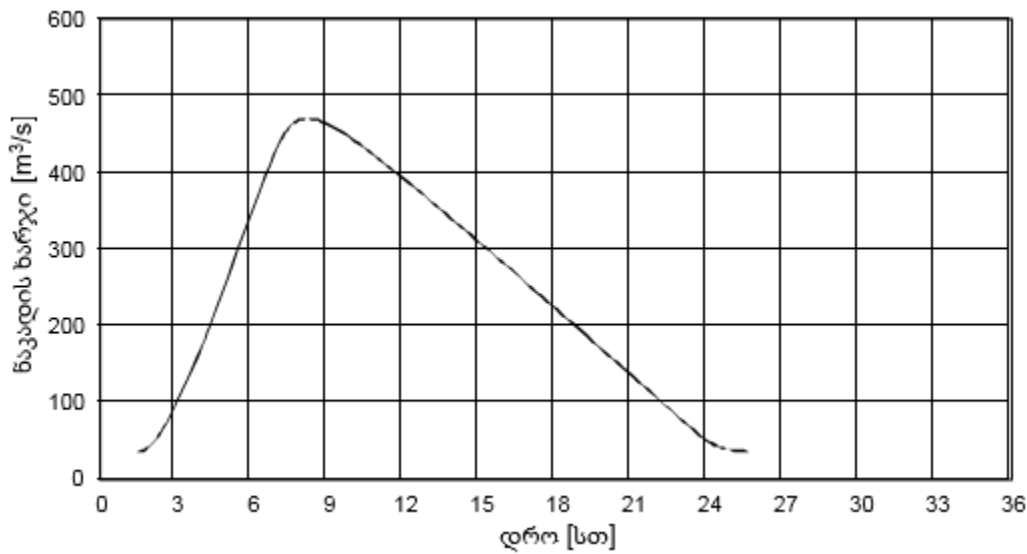
მდინარე ნენსკრაზე ლახამის სადგურის სპეციფიური საშუალო თვიური ჩამონადენები გაანალიზებულია და შედარებულია ზემოთგამოთვლილ სიდიდეებთან. ივლისის თვეში ლახამზე დაფიქსირებული საშუალო თვიური ნაკადები ხელმისაწვდომია 36 წლიანი პერიოდისთვის (1931 - 1980). ივლისის თვეში დაფიქსირებული საშუალო სპეციფიური ხარჯი არის 0.15 (მ³/წ)/კმ², ხოლო მაქსიმალური 0.31 (მ³/წ)/კმ². გაანგარიშებული თოვლდნობის ხარჯი ნენსკრას კაშხლისთვის (80 მ³/წ) შეესაბამება სპეციფიურ ხარჯს 0.36 (მ³/წ)/კმ², 36 წლიანი მონაცემთა კრებულის მაქსიმუმზე მაღლა, ნალექის ჩამონადენის ჩათვლით. შესაბამისად, გაანგარიშებული ხარჯი მიიჩნევა კონსერვაციულად.

5.6 შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი

შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი მიიღება როგორც შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჩამონადენის ჰიდროგრაფის და საბაზო ნაკადის ჯამი, გაანგარიშებული თოვლდენის ხარჯის მოცემულობით, 100 წლიანი განმეორების პერიოდით. შედეგად მიღებული ჰიდროგრაფები ნენსკრას კაშხლის და ნაკრას წყალმიმღებისთვის მოცემულია ნახაზებზე - 5.6.1 და 5.6.2. შესაბამისი პიკური ხარჯებია Q_{PMF,Nenskra} = 1'100 მ³/წმ და Q_{PMF,Nakra} = 470 მ³/წმ.



ნახაზი 5.6.1 შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი ნენსკრას კაშხლის უბნისთვის, თოვლდენის ჩათვლით, 100 წლიანი განმეორების პერიოდით



ნახაზი 5.6.2 შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი ნაკრას წყალმიმღებისთვის, თოვლდენის ჩათვლით, 100 წლიანი განმეორების პერიოდით

6 კლიმატის ცვლილების შესაძლო ზეგავლენა

ანგარიშში შედის კლიმატის ცვლილების შესაძლო ზეგავლენის საკითხი და ძირითადი მიგნებების შეჯამება. ნენსკრაპესთან დაკავშირებით კლიმატური პირობები შესაძლებელია განვიხილოთ ტემპერატურის და ნალექების კუთხით, შემდეგი სახით:

- გასული 25 წლის მანძილზე, საშუალო წლიური ტემპერატურა 0.3°C -ით გაიზარდა, შესაბამისად $0.4-0.5^{\circ}\text{C}$ -ით დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში. ზეგავლენა ნაკლებად შეინიშნება მეტნაკლებად სტაბილური საერთო წლიური ნალექებით, თუმცა სავარაუდოდ სახეზეა ნალექიანობის შედარებით მრავალფეროვან დისტრიბუციაზე გადასვლა სეზონიდან სეზონამდე. ტემპერატურის ზრდამ გამოიწვია ყინულის დნობა.
- ჩატარებული კალკულაციების მიხედვით, 2050 წლისთვის მოსალოდნელია ტემპერატურის ზრდა $+1.5^{\circ}\text{C}$ -ით, ხოლო 2100 წლისთვის $+3.4-4.2^{\circ}\text{C}$ -ით. ნალექიანობის შემთხვევაში - საწყისი ზრდა 10%-ით 2050 წლისთვის და დამატებით 10%-ით ზრდა 2100 წლისთვის.
- გლობალური დათბობის გათვალისწინებით, ყინულის საფარი საგრძნობლად შემცირდება (სავარაუდოდ გაქრება 22-ე საუკუნეში), რაც გამოიწვევს 20%-იან ზრდას ყინულის დნობის ჩამონადენში, რაც ვერ მოახდენს ყინულის საფარის 60%-იანი შემცირების კომპენსაციას; აღნიშნული იწვევს ყინულის ჩამონადენის შემცირებას 40%-ით, რაც შეესაბამება ენგურის წყალშემკრებ აუზში 2100 წლისთვის საერთო წლიური ჩამონადენის 13%-იან შემცირებას.
- შესაბამისად, 2021-2050 წლების პერიოდში, ყინულის საფარის ეტაპობრივი გაქრობის ეფექტს სავარაუდოდ დააკომპენსირებს გაზრდილი წლიური ნალექები, რაც გამოიწვევს ჩამონადენის საერთო მოცულობის მცირე ზრდას, დაახლოებით $+0.5\%$ -ით, რაც ნიშნავს, რომ საშუალო ხარჯი (ნენსკრაპესის პროექტისთვის) მეტნაკლებად სტაბილური იქნება საკონცესიო პერიოდის უმეტეს ნაწილში, ატმოსფერული ნალექებით გენერირებული წლიური ჩამონადენის გაზრდით და ყინულის წილის პარალელური შემცირებით. 21-ე საუკუნის მეორე ნახევარში, მოსალოდნელია ნალექების კვლავ შემცირება და საბაზისო პერიოდში დაფიქსირებული სიდიდეების ტენდენციის გაგრძელება. შესაბამისად მოსალოდნელია, რომ ყინულის დნობის ეფექტი დომინანტური იქნება, რაც 2100 წლისთვის გამოიწვევს საერთო წლიური ჩამონადენის -9% -იან შემცირებას.
- აღსანიშნავია, რომ წლიური ნალექიანობის პროგნოზირებული ზრდა 2021-2050 წლების პერიოდში არ გულისხმობს ღვარცოფის ერთეული შემთხვევების ინტენსივობის გაზრდას. ფაქტიურად, შესაძლო მაქსიმალური ნალექის სიდიდეზე, რომელიც არ არის ასოცირებული განმეორების პერიოდთან, არამედ წარმოადგენს ზედა ფიზიკურ ლიმიტს, არ უნდა იქონიას ზეგავლენა გრძელვადიანმა კლიმატურმა ტენდენციებმა.

არსებითი გაურკვევლობაა კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის რაოდენობრივ შეფასებებში. გაურკვევლობა გამომდინარეობს შემდეგი ასპექტებიდან:

- კლიმატის ცვლილების პროგნოზები ემყარება „A1B ზრდის“ სცენარს, რომელიც მოიაზრებს ძალიან სწრაფ ეკონომიკურ და მსოფლიო მოსახლეობის ზრდას, რომელიც პიკს აღწევს 21-ე საუკუნის შუაწელში და შემდეგ იწყებს კლებას; ასევე ენერჯის გამომუშავებას, რომელიც ემყარება წიაღისეული და არაწიაღისეული ენერჯის

წყაროების ბალანსს. სცენარის არჩევანს აქვს მნიშვნელოვანი გავლენა ტემპერატურის და ნალექების პროგნოზირებულ ვარიაციაზე.

- პროგნოზირება ხდება გლობალური მოდელებით, რომლებიც ვერ იძლევა არსებით შედეგებს ადგილობრივ დონეზე, რამდენადაც ვერ ხერხდება ადგილობრივი და რეგიონალური ტოპოგრაფიული მონაცემების გათვალისწინება. გლობალური ცირკულაციის მოდელები შემუშავებულია გლობალური მასშტაბისთვის, ან საუკეთესო შემთხვევაში რეგიონალური მასშტაბისთვის; წყალშემკრები აუზისთვის საჭიროა მასშტაბის შემცირება. მოდელის აღნიშნული შეზღუდვები მნიშვნელოვან გაურკვევლობას სძენს ტემპერატურის საკითხს, კერძოდ ნალექიანობას და უფრო მეტ გაურკვევლობას წარმოქმნის მაგალითად მდინარის წყლის ჩამონადენთან მიმართებაში.
- კავკასიაში მწვერვალების მაქსიმალური სიმაღლე 5'500 მეტრს აღემატება. აღნიშნული სიმაღლის დიაპაზონში მოქცეულია ჰიდროლოგიური გარემო პირობების კომპლექსური მოზაიკა (ტყეები და არქტიკული უდაბნოები). ამინდი ერთ ხეობაში შესაძლოა სრულიად განსხვავდებოდეს მეორე ხეობის ამინდისგან.

კლიმატის ცვლილების ზემოაღნიშნული შესაძლო ზეგავლენის გათვალისწინებით, ნენსკრაპესისთვის ყველაზე შესაფერისი სამოქმედო გეგმა ორმხრივია:

- წყლის მოცულობის ცვალებადი პირობები შესაძლოა კომპენსირებულ იქნას „ადაპტაციური მართვით“.
- ინფრასტრუქტურა უნდა იყოს მაქსიმალურად ეფექტური/გამძლე, ჰიდროლოგიურ ცვლილებებთან მიმართებაში.

კლიმატის ცვლილების ზეგავლენა გათვალისწინებულ უნდა იქნას შემდეგი სახით:

- პროგნოზირებული ცვლილებები გათვალისწინებულ უნდა იქნას როგორც შესაძლო ეფექტები და აუცილებელი სამოქმედო გეგმები საკონცესიო პერიოდში და შემდგომ.
- გარემო პირობების უწყვეტი მონიტორინგი (ტემპერატურა, წვიმა, ჩამონადენი).

ნენსკრას წყალსაცავი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას როგორც ჩამონადენის ბუფერი, წყალსაცავის ექსპლუატაციის ადაპტირებული წესების გამოყენებით („ადაპტაციური მართვა“). შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნის სიდიდის გამოთვლა გვეხმარება იმის გარანტირებაში, რომ პროექტი იქნება მაქსიმალურად ეფექტური/საიმედო ჰიდროლოგიურ მოვლენებთან მიმართებაში.

7 დასკვნა

წინამდებარე ანგარიშში მოცემულია ნენსკრაჰესის პროექტთან დაკავშირებით ხელმისაწვდომი და „ტექნიკური დასაბუთებიდან“ და „საწყისი პროექტიდან“ აღებული ჰიდრო-მეტეოროლოგიური მონაცემების ანალიზი. აღნიშნული მონაცემები ასევე დაფიქსირებულია ამ დოკუმენტის “A” დანართში, ხოლო შესაბამისი ჰიდრო-მეტეოროლოგიური სადგურების ადგილმდებარეობა მოცემულია ნახაზზე - L-6768-B-GE-GE-GE-DW-002_001.

ნენსკრას კაშხლის უბანზე ჩამონადენის შეფასებისთვის ყველაზე ხელსაყრელი სადგურია ლახამის სადგური, რომელიც მდებარეობს მდინარე ნენსკრაზე, ობიექტიდან დაახლოებით 15 კილომეტრით ქვემოთ, ზღვის დონიდან 676 მეტრის სიმაღლეზე, მოიცავს 468 კმ² ფართობს წყალგამყოფს. სადგური უზრუნველყოფს საშუალო თვიური ხარჯის მონაცემებს 42 სრულ წელზე, მათ შორის 1931 და 1989 წლებს შორის პერიოდზე. სადგურის მონაცემები გადაიტანება კაშხლის ობიექტზე 0.555 ტრანსპოზიციის კოეფიციენტით, რომელიც გაანგარიშებულია რეგიონული ანალიზის მეშვეობით. კაშხლის უბნისთვის გაანგარიშებულია წლიური საშუალო ხარჯი $Q_{Dam} = 16.8$ მ³/წმ, რაც შეესაბამება 530 მლნ. მ³ წლიურ ჩამონადენს.

ნაკრას წყალმიმღების ჩამონადენი გაანგარიშებულია ნაკის სადგურიდან მიღებული მონაცემების საფუძველზე, რომელიც მდებარეობს მდინარე ნაკრაზე, ობიექტიდან დაახლოებით 3.5 კილომეტრით ქვემოთ, ზღვის დონიდან 1'150 მეტრ სიმაღლეზე, მოიცავს 126 კმ² ფართობის წყალგამყოფს. მონაცემთა კრებული მოიცავს 40 სრულ წელს, მათ შორის 1931 – 1986 წლებს შორის პერიოდს, რომელიც გადაიტანება წყალმიმღების უბანზე 0.792 ტრანსპოზიციის კოეფიციენტით. წყალმიმღების ობიექტისთვის გაანგარიშებულია წლიური საშუალო ხარჯი $Q_{Intake} = 9.3$ მ³/წმ, რაც შეესაბამება 293 მლნ. მ³ წლიურ ჩამონადენს.

ნენსკრას კაშხალზე და ნაკრას წყალმიმღებზე წყალმოვარდნები გაიანგარიშება „წყალმოვარდნის ინდექსის“ მეთოდით, ლახამის, ნაკის, მესტიის და მულხურას სადგურების მიერ დაფიქსირებული პიკური ხარჯების საფუძველზე. პიკური ხარჯები შეჯამებულია მე-13 ცხრილში.

შესაძლო მაქსიმალური წყალმოვარდნა გამოითვლება როგორც „შესაძლო მაქსიმალური ნალექის“ მიერ გენერირებული ჩამონადენის და თოვლდნობის კომბინაცია, 100 წლიანი განმეორების პერიოდის გათვალისწინებით. 24 სთ. შესაძლო მაქსიმალური ნალექი ნენსკრას კაშხალზე შეადგენს 238 მმ-ს, ხოლო ნაკრას წყალმიმღების წყალგამყოფებზე 247 მმ-ს; მონაცემები ემყარება ხაიშის და მესტიის სადგურებზე დაფიქსირებულ დაახლოებით 60 წლიან ყოველდღიურ გაზომვებს. შესაძლო მაქსიმალური ნალექის ჩამონადენი შეფასდება „NRCS Curve Number (CN)“ მეთოდის გამოყენებით. ბოლოს, თოვლდნობა გაანგარიშდება „degree-day“ მეთოდით. შედეგად მიღებული „შესაძლო საშუალო წყალმოვარდნის“ პიკური ხარჯი ნენსკრას კაშხლის შემთხვევაში არის - $Q_{PMF,Nenskra} = 1'100$ მ³/წმ, ხოლო ნაკრას წყალმიმღების შემთხვევაში - $Q_{PMF,Nakra} = 470$ მ³/წმ.

კლიმატის ცვლილების ზეგავლენა გაანალიზებულია გაეროს განვითარების პროგრამის მიერ დაფიქსირებული პროგნოზების საფუძველზე. კვლევების მიხედვით მოსალოდნელია, რომ ნენსკრაჰესის შემთხვევაში წლიური ჩამონადენი 21-ე საუკუნის პირველ ნახევარში სტაბილური იქნება.

მინუსიო, 2016 წლის დეკემბერი

ე. მაზოჩი, ა. ბალესტრა
