


პროექტი:					
ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი					
მფლობელი:					
					
გენერალური კონტრაქტორი:					
სს ენმარ კონსტრაქშენის საქართველოს ფილიალი					
კონსტრუქტორი/ქვემენარდე:					
					
კონტრაქტის ნომერი:					
GE308					
დოკუმენტის დასახელება:					
ჰიდროლოგიური აღმოჩევების განახლება					
დოკუმენტის#:		5532 / 4012a			რედ. # 0a
<p>წინამდებარე დოკუმენტი შეიცავს კონფიდენციალურ ინფორმაციას და/ან ეკუთვნის ENKA-ს და მასთან აფილირებულ კომპანიებს. დოკუმენტის ნებისმიერი სახით გამოყენება, გასაჯაროება, ან გამრავლება ENKA-ს გარდა სხვა მხარის მიერ, ENKA-ს წინასწარი წერილობითი თანხმობის გარეშე, აკრძალულია. ყველა უფლება დაცულია.</p> <p style="text-align: center;">© 2019 ENKA İnşaatveSanayi A.Ş.</p> <p>დოკუმენტი დაბეჭდვის შემდეგ შემოწმებას არ ექვემდებარება. გთხოვთ, გამოყენებამდე, ბოლო ვერსია იხილოთ ელექტრონული დოკუმენტების მართვის სისტემაში</p>					
რედ. N	რედაქტირების თარიღი	რედაქცია	მომზადებულია	შემოწმებულია	დამტკიცებულია
0a	14/12/2017	გამოცემულია გამოყენებისთვის	Fränz Zeimetz Bernard Joos	Marcelo Leite Ribeiro	Brendan Quigley

შპს ქლინ ენერჯი გრუფ ჯორჯია

ნამახვანის ჰესი

ჰიდროლოგია

ჰიდროლოგიური კვლევების განახლება



ავტორი
ფრანც ცაიშვილი და
ბერნარდ იოსი

Stucky Ltd
Rue du Lac 33, P.O. Box
CH-1020 Renens VD 1
Switzerland
ტელეფონი: +41 21 637 15 13
ფაქსი: +41 21 637 15 08
stucky@stucky.ch
www.stucky.ch

დოკუმენტი
5532 / 4012a

თარიღი:
2017 წლის 14 დეკემბერი

საკონტროლო ფურცელი

ავტორი:	ფრანც ცაიშვილი და ბერნარდ იოსი	ფუნქცია:	ჰიდროლოგიის ინჟინერი ჰიდროლოგიის და ენერჯის წარმოების ინჟინერი
შემოწმებულია:	მარსელო ლეიტე რიბეი	ფუნქცია:	პროექტის მენეჯერი
დამტკიცებულია:	ბრენდან ქუიგლი	ფუნქცია:	პროექტის დირექტორი

გადახედვების ისტორია

უახლესი ვერსია ანაცვლებს ყველა წინა ვერსიას

ვერსია	რედაქცია	თარიღი:	მომზადებულია /დიფინიციზებულია
-	პირველი გამოცემა	23.11.17	MLR-ის
a	ზოგადი გადახედვა CEGG-ის კომენტარების შემდეგ	14.12.17	ZEFR/MLR

შინაარსი

შინაარსი.....	4
ფიგურების ჩამონათვალი.....	6
ცხრილების სია	8
1 შესავალი	10
2 ბიბლიოგრაფია	11
3 მიზნები	12
4 საბაზისო აღწერა	13
5 თარიღი:	14
6 წყლის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი.....	16
7 ნაკადის ხარჯის მონაცემების ტენდენციების ანალიზი	18
8 ჰიდროლოგიური მოდელის აგება	21
8.1 ჰიდროლოგიური მოდელის აღწერა.....	21
8.2 მოდელის აგება ზემო და ქვემო ნამახვანის კაშხლების წყალშემკრებებისთვის ...	22
8.3 შენიშვნები ჰიდროლოგიური მოდელის დაკალიბრების და დადასტურების შესახებ.....	25
8.4 ჰიდროლოგიური მოდელის დაკალიბრება.....	26
9 მონაცემთა ხარისხის კონტროლი, რომლებიც შეგროვებული იყო ნამახვანის გამზომ სადგურზე, დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მოდელის გამოყენებით	28
10 წყალდიდობის სიხშირის ანალიზი	31
10.1 რეგიონული წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი (წყალდიდობის ინდექსის მეთოდი).....	31
10.1.1 წლიური მაქსიმუმების განახლებული ამონაკრები.....	31
10.1.2 დაჯამებული მონაცემების ნაკრების ჰომოგენურობის ტესტი.....	31
10.1.3 წყალდიდობების ინდექსი და მისი კავშირი წყალშემკრებ ფართობთან	32
10.1.4 GEV-ის შეთანხმება უგანზომილებო მონაცემებთან	32
10.2 ადგილობრივი წყალდიდობების სიხშირეების ანალიზი (პიკური გადაჭარბება ზღურბლზე, POT).....	34
10.3 წყალდიდობების შეფასებების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მიღებულ მნიშვნელობებთან.....	37
11 სეზონური წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი.....	39
12 შესაძლო მაქსიმალური წყალდიდობის (PMF) განსაზღვრა.....	41
12.1 განხილული PMP მნიშვნელობები	41
12.2 PMP-PMF მოდელირება	42
12.2.1 PMP-PMF მოდელირების საწყისი პირობები	42

12.2.2	ტემპერატურული დაშვებები PMP-PMF მოდელირებისთვის	43
12.2.3	PMP-PMF მოდელირების შედეგები	44
12.2.4	წყლის დონის მოდელირებები.....	46
12.2.5	მიღებული PMF ხარჯი.....	48
13	საბოლოო დასკვნები.....	50
13.1	ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი.....	50
13.2	წყალდიდობის სიხშირის ანალიზი	50
13.3	PMF შეფასება	51
14	დანართები.....	52
14.1	საშუალო თვიური ხარჯის მონაცემები ნამახვანზე.....	52
14.2	პარამეტრების მნიშვნელობები დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მოდელისთვის	54
14.3	წლიური მაქსიმუმების ამონაკრები, გამოყენებული წყალდიდობების ინდექსის მეთოდის გამოყენებისთვის	56
14.4	უგანზომილებო საკვანძო მნიშვნელობები შეფასებული წყალდიდობების ინდექსის მეთოდის საშუალებით, GEV განაწილების გამოყენებით	58

ფიგურების ჩამონათვალი

სურ 1 - მდინარე რიონის წყალშემკრები ნამახვანის გამზომ სადგურამდე. რუკაზე აღნიშნულია წყლის ხარჯის გამზომი სხვადასხვა სადგურები. წარმოდგენილია ნაწილობრივი წყალშემკრებები გამზომი სადგურებისთვის. ასევე განხილულია ორი მდებარეობა ზემო ნამახვანის (ტვიშის) და ქვემო ნამახვანის კაშხლისთვის.....	14
სურ 2 - ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდები ქვემო ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლებისთვის. მრუდის ცენტრალური ნაწილი განსაზღვრულია, როგორც 25%-დან 75%-მდე ალბათობის მქონე.....	17
სურ 3 - ხარჯის მონაცემები (დამრგვალებულია მოძრავი საშუალოს გამოყენებით 31-დღიანი ფანჯრის სიდიდით) დაყოფილია 3 20-წლიან ჯგუფად და 1 13-წლიან ჯგუფად მედიანის და 95%-იანი ნდობის ინტერვალის მითითებით.....	18
სურ 4 - ხარჯის მონაცემები, დაყოფილი 3 ჯგუფად სხვადასხვა ხანგრძლივობით (1938-1959, 1960-1999, 2000-2013) და ტენდენციების შესაბამისი ხაზები.....	19
სურ 5 - ხარჯების ტენდენციები თვეების მიხედვით 1938-დან 2013 წლამდე პერიოდში ..	20
სურ 6 - წყალშემკრების დაყოფა სიმაღლეთა 71 დიაპაზონად საშუალო განსხვავებით 300 მ.	23
სურ 7 - დაყოფილი წყალშემკრები მოდელის ობიექტით, როგორც არის „ქვე-მოდელი“ (ქვე-აუზისთვის), „მდინარე“, „შეერთება“, ისევე როგორც „შემადარებელი“ და „წყარო“, რომლებიც გამოყენებულია მოდელის დაკალიბრებისთვის.....	24
სურ 8 - მოდელის ელემენტ „ქვე-მოდელის“ შინაარსი, რომელსაც ეწოდება „უწერა“. წარმოდგენილი ობიექტები შეესაბამება მოდელებს HBV და GSM (ერთი მათგანი სიმაღლეთა ყოველ დიაპაზონზე), და დაკავშირებულია მათ შესაბამის „ვირტუალურ“ სადგურებთან, რომ მეტეოროლოგიური მონაცემები მიკუთვნებული იყოს სიმაღლეთა თითოეულ დიაპაზონს.....	24
სურ 9 - მოდელირებული და დაკვირვების შედეგად მიღებული (ნორმატიულ) ხარჯების შედარება ოპტიმალური პარამეტრისთვის, რომელიც დაყენებულია ალპანას გამზომ სადგურზე.....	26
სურ 10 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მოწოდებულ მონაცემებთან (ნორმატიული), რომლებიც შედგენილია გუმათიდან მიღებული მონაცემებით ნაჩვენები პერიოდისთვის.....	30
სურ 11 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება ნამახვანის გამზომ სადგურზე დაკვირვების შედეგად მიღებულ მონაცემებთან.....	30
სურ 12 - ურთიერთობა წყალშემკრების ფართობს და წყალდიდობების ინდექსს შორის..	32
სურ 13 -შეთანხმებული GEV განაწილება წყალდიდობების მონაცემთა ექსტრაპოლაციისთვის ნამახვანის გამზომ სადგურზე.	33
სურ 14 - დღიური დაკვირვებული მონაცემები ნამახვანის გამზომი სადგურიდან, გაფართოებული გუმათის მონაცემების საშუალებით.....	34
სურ 15 - საშუალო ნარჩენი სიცოცხლის დროის გრაფიკი და გაფანტვის ინდექსის გრაფიკი ზღურბლის ასარჩევად 400 მ ³ /წმ. პარამეტრის ევოლუცია ზღურბლთან ერთად (ქვედა გრაფიკები) აჩვენებს, რომ შეიძლება ველოდოთ გონივრულ ნდობის ინტერვალს არჩეული ზღურბლისთვის.....	36

სურ 16 - ალბათობის გრაფიკი, Qq-გრაფიკი, სიმკვრივის გრაფიკი და შეთანხმებული პარეტოს განზოგადოებული განაწილება (განმეორების დონის გრაფიკი).....	36
სურ 17 - შეთანხმებული პარეტოს განზოგადოებული განაწილების ექსტრაპოლაცია 10 000 წელზე და POT შეფასებების შედარება GEV განაწილების შეფასებებთან.....	37
სურ 18 - - Stucky-ის და Studio Pietrangeli-ის შეთანხმებული სტატისტიკური განაწილებების შედარება ერთმანეთთან	38
სურ 19 - წყალდიდობების თვიური სიხშირის ანალიზი	40
სურ 20 - საანგარიშო მოსული ნალექის მასის მრუდი, გათვალისწინებული PMP-ის დროებითი განაწილებისთვის.....	42
სურ 21 - ტემპერატურის განაწილება აპრილის თვეში, 1980-2017 წლების მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც ამოღებულია ERA-INTERIM მონაცემთა ბაზიდან	44
სურ 22 - პიკური ხარჯების ჰისტოგრამა 996 მოდელირებული პიკისთვის.....	45
სურ 23 - PMF ჰიდროგრაფები 996 მოდელირებული სცენარისთვის ადრეული, ცენტრალური და გვიანი ფეთქებადი მოვლენებისთვის.....	46
სურ 24 - წყლის გაშვების ხარჯი, რომელიც წარმოადგენს წყალსაგდების 4 ფარის მიერ გაშვებულ ხარჯს (მთლიანად გაღებული) სიგანით 10 მ და მთლიანად გაღებულ ქვედა გამოსაშვებს 312 მ ზ.დ.....	47
სურ 25 - წყლის დონის შეფასებები PMP მოვლენებისთვის ხანგრძლივობით 24სთ, 48სთ, 72სთ და 120სთ.....	48
სურ 26 - წყალდიდობის შემოდინების და გადინების ჰიდროგრაფები, წარმოქმნილი PMP მოვლენის მიერ ხანგრძლივობით 24სთ, 48სთ, 72სთ და 120სთ.....	48

ცხრილების სია

ცხრილი 1 - ზემო და ქვემო ნამახვანის კაშხლების კოორდინატები ორი კაშხლის წყალშემკრები ფართობის მითითებით	13
ცხრილი 2 - ხარჯის ხელმისაწვდომი მონაცემების პერიოდები. მონაცემები, რომლებიც განხილულია ამ კვლევაში, მაგრამ არ იყო განხილული Studio Pietrangeli (SP)-ის მიერ, ხაზგასმულია, ისევე როგორც მონაცემები, რომლებიც SP-მ განაცხადა, ხოლო Stucky-მ არა. ჰეს-ი ნიშნავს ჰიდროელექტროდგურს, ხოლო ჰეს ნიშნავს ჰიდრომეტრულ (გამზომ) სადგურს. SP-ს მონაცემთა საბოლოო ნაკრები არის დროთა სერია, შეჯამებული SP-ს მიერ, მას შემდეგ, რაც მათ გააანალიზეს მათ განკარგულებაში მყოფი ჰიდროლოგიური მონაცემები.....	15
ცხრილი 3- ხელმისაწვდომი მეტეოროლოგიური მონაცემების პერიოდები დროის დღიური ბიჯით	15
ცხრილი 4 - ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლების ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდების საკვანძო მნიშვნელობები, როგორც შეფასებული ამ დოკუმენტში და Studio Pietrangeli-ის მიერ ვარსკვლავით აღნიშნული მნიშვნელობები გამოყვანილია ქვემო ნამახვანის კაშხლის მრუდიდან.....	17
ცხრილი 5 - ეფექტურობის კოეფიციენტები სხვადასხვა გამზომი სადგურებისთვის, სადაც ხარჯების მონაცემები ხელმისაწვდომი იყო 1966-1969 წ. პერიოდისთვის.....	28
ცხრილი 6 - ეფექტურობის კოეფიციენტები ხარჯების მოდელირებისთვის ნამახვანზე ორი ნორმატიული დაკვირვებისთვის გუმათზე (სურ. 10 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მოწოდებულ მონაცემებთან (ნორმატიული), რომლებიც შედგენილია გუმათიდან მიღებული მონაცემებით ნაჩვენები პერიოდისთვის) და ნამახვანის გამზომ სადგურზე (სურ. 11).....	29
ცხრილი 7 - წყალდიდობების შეფასებული ხარჯების საკვანძო მნიშვნელობები და 90% ნდობის ინტერვალი GEV განაწილების გამოყენებით.....	33
ცხრილი 8 - საკვანძო მნიშვნელობები წყალდიდობების შეფასებისთვის, POT მეთოდის გამოყენებით.....	37
ცხრილი 9 - წყალდიდობების სიხშირის შეფასებები და მაქსიმალური დაკვირვებული მნიშვნელობები თვეზე, ისევე როგორც მაქსიმალური თვიური საშუალოები დღიური მონაცემების საფუძველზე.....	39
ცხრილი 10 - PMP მნიშვნელობები ნალექების სხვადასხვა ხანგრძლივობებისთვის, გამოყვანილი Stucky-ის მიერ, ისევე როგორც ფართობის შემცირების კოეფიციენტი და შემცირებული P მნიშვნელობები	41
ცხრილი 11 - კვანტილის პიკური ხარჯის მნიშვნელობები	45
ცხრილი 12 - წყალდიდობების მიღებული ხარჯები განმეორების სხვადასხვა პერიოდებისთვის, განსაზღვრული POT მეთოდით.	50
ცხრილი 13 - საშუალო თვიური ხარჯის მონაცემები (მ3/წმ) ნამახვანის გამზომ სადგურზე.	52
ცხრილი 14 - HBV მოდელის პარამეტრების მნიშვნელობები მოდელის დაკალიბრების შემდეგ დღიურ მეტეოროლოგიურ მონაცემებზე.....	54

ცხრილი 15 - მოდელის პარამეტრების მნიშვნელობები მოდელის დაკალიბრების შემდეგ ყოველდღიურ მეტეოროლოგიურ მონაცემებზე.....	55
ცხრილი 16 - წლიური მაქსიმუმების მონაცემთა ამონაკრები [მ3/წმ] გამოზომი სადგურებისთვის ნამახვანი, ალპანა, ხიდიკარი, ონი, უწერა და გლოლა მნიშვნელობები, რომლებიც დაემატა Studio Pietrangeli-ის მიერ გამოყენებულ ამონაკრებს, გამოყოფილია მწვანე ფერით.....	56
ცხრილი 17 - წყალდიდობის შეფასებული უგანზომილებო ხარჯების საკვანძო მნიშვნელობები და 90% ნდობის ინტერვალი GEV განაწილების გამოყენებით.....	58

1 შესავალი

ამ ანგარიშის მიზანია მოახდინოს ჰიდროლოგიური კვლევის განახლება ნამახვანის ჰესის კასკადთან დაკავშირებით. კვლევა, რომლის განახლება ხდება ამ დოკუმენტით, შემუშავებული იყო Studio Pietrangeli-ის მიერ და თარიღდება 2015 წლის თებერვლით. ანგარიშს, რომელიც აჯამებს ჰიდროლოგიურ კვლევას, ეწოდება ფაზა 2ა - საბაზისო დიზაინი, ჰიდროლოგიური ანგარიში, დოკუმენტი ნომ. 310HYDRSP001A.

2 ბიბლიოგრაფია

- Bergström, S. (1976). Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. სადოქტორო დისერტაცია. SMHI Reports RHO No. 7, Norrköping.
- Bergström, S. (1992). The HBV model - its structure and applications. SMHI Reports RH, No. 4, Norrköping.
- Durbin J., Knott M. (1971). Components of Cramer-von Mises statistics. ეკონომიკის და პოლიტიკურ მეცნიერებათა ლონდონის სკოლა, გვ. 290-307.
- Fuller, W. (1914). Flood Flows. Trans. Am. Soc. Civ. Eng., ტ. 77, გვ. 564-617
- Garcia Hernández, J., Paredes Arquiola, J., Foehn, A., Roquier, B. (2017). RS MINERVE – Technical manual v2.11. RS MINERVE Group, შვეიცარია.
- Stucky (2011). Namakhvani HPP Feasability Study Review & Update (ნამახვანის ჰესის მიზანშეწონილობის კვლევის მიმოხილვა და განახლება). მიზანშეწონილობის საბოლოო კვლევა. საბოლოო ანგარიში. Renens. შვეიცარია.
- Studio Pietrangeli (2015). ფაზა 2ა - საბაზისო დიზაინი, ჰიდროლოგიური ანგარიში, დოკუმენტი ნომ. 310HYDRSP001A
- Scholz, F., Stephens, M. (1987). K-sample Anderson-Darling tests. Journal of American Statistical Association, 82 (399), გვ. 918-924.
- Zeimet, F., Schaefli, B., Artigue, G., Garcia Hernández, J., Schleiss, A.J., (2017). Relevance of the correlation between precipitation and the 0°C isothermal altitude for extreme flood estimation, In Journal of Hydrology, ტ. 551, გვ. 177-187.
- Zhu, X., Wu, J. and Wu, J. (2006). Application of SCE-UA to Optimize the Management Model of Groundwater Resources in Deep Aquifers of the Yangtze Delta. Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences, Hangzhou, Zhejiang, China, 303-308, ISBN: 0-7695-2581-4.

3 მიზნები

წინამდებარე ანალიზის მიზანია განახლოს და გააუმჯობესოს ჰიდროლოგიური ანალიზი, რომელიც შესრულებული იყო Studio Pietrangeli-ის მიერ. შემდეგი ნაბიჯები შესრულდა:

1. ჰიდროლოგიურ დროითი მწკრივის შევსება დაკვირვებული მონაცემებით
2. ნახევრად განაწილებული კონცეპტუალური ჰიდროლოგიური მოდელის აგება და დაკალიბრება
3. ნამახვანის გამზომი სადგურის მონაცემების ხარისხის შემოწმება, მონაცემთა დროით მწკრივთან შედარებით, რომელიც მოწოდებულია Studio Pietrangeli-ის მიერ, სხვადასხვა სადგურებიდან მიღებული ხარჯის მონაცემების შეჯამების შედეგად.
4. წლიური მაქსიმალური ხარჯების ამონაკრების შევსება.
5. წყალდიდობების სიხშირის ანალიზის განახლება
6. შესაძლო მაქსიმალური წყალდიდობის შეფასების გაუმჯობესება, დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მოდელის გამოყენებით.

4 საბაზისო აღწერა

მდინარე რიონის წყალგამყოფი მთლიანია და ნაწილობრივ დაფარულია მყინვარის მიერ. ნამახვანის გამზომ სადგურზე, წყალგამყოფის ზედაპირი დაახლოებით 3450 კვ. კმ-ია. წყალშემკრები ნაჩვენებია სურ. 1-ზე. მყინვარის საფარი მცირეა, მხოლოდ დაახლოებით 40 კვ. კმ არის დაფარული ყინულით. სიმაღლეების დიაპაზონი ვრცელდება 225 მ ზღვის დონიდან ნამახვანთან, 4350 მ-მდე წყალშემკრების უმაღლეს წერტილთან.

წყალშემკრების ბუნებრივი ჰიდროლოგიური ქცევა შეიცვალა ლაჯანურის ჰესის (წყალშემკრების ფართობი 1472 კვ. კმ) და შაორის ჰესის (წყალშემკრების ფართობი 124 კვ. კმ) მშენებლობის გამო. ლაჯანურის ჰესი დერივაციას უკეთებს წყალს რიონის აუზში 1960 წლიდან, მაშინ როცა შაორის ჰესი დერივაციას უკეთებს წყალს 1954 წლიდან ტყიბულის წყალსაცავში, რომელიც არ მდებარეობს რიონის ხეობაში.

რაც შეეხება ლაჯანურის ჰესს, სადერივაციო გვირაბს აქვს 60 მ3/წმ ხარჯი. მაქსიმალური მნიშვნელობა 100 მ3/წმ შეიძლება გამოთავისუფლებული იყოს მდინარე რიონში. რაც შეეხება შაორის ჰესს, მისი გავლენა ბევრად ნაკლებია; მას აქვს მაქსიმალური ხარჯი 10 მ3/წმ. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ეს ჯდება ხარჯის გაზომვის ცდომილების ფარგლებში ნამახვანის გამზომ სადგურთან ახლოს. გარდა ამისა, ჰიდროსადგურის მცირე სიმძლავრის გამო, არ შეიძლება იმის გამორიცხვა, რომ წყლის გადაშვებას მნიშვნელოვანი წყალდიდობების დროს შეიძლება მნიშვნელოვანი წვლილი ჰქონდეს მდინარე რიონის ადიდებაში. შესაბამისად, შაორის ჰესის მიერ გამოწვეული ცვლილება არ იქნა მიღებული მხედველობაში. მისი წყალშემკრები ითვლება რიონის წყალშემკრების ნაწილად.

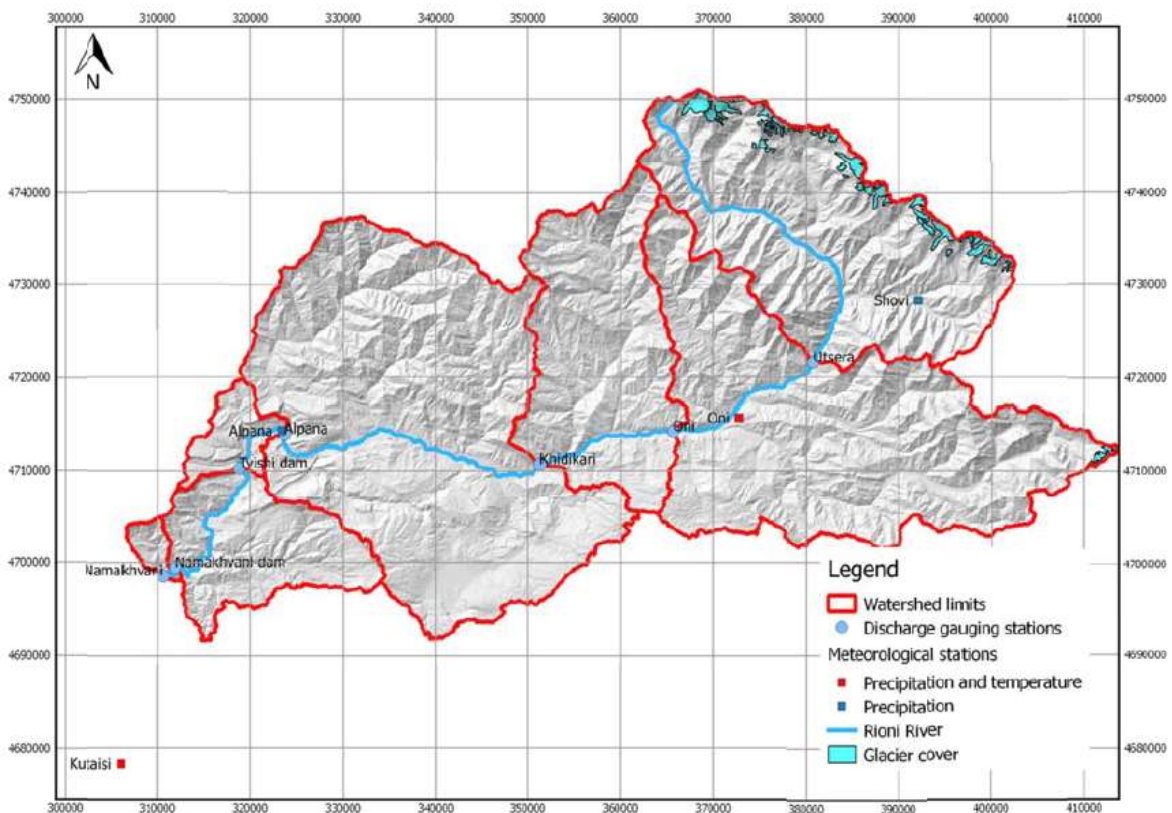
ზემო ნამახვანის კაშხლის და ქვემო ნამახვანის კაშხლის დაგეგმილი მშენებლობა ნამახვანის გამზომი სადგურის ზემო დინებაში იწვევს წყალშემკრებას შემცირებული ფართობებით. ზემოთ ხსენებული კაშხლების სიტუაციების და შედეგად მიღებული წყალშემკრები არეების კოორდინატები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1 - ზემო და ქვემო ნამახვანის კაშხლების კოორდინატები ორი კაშხლის წყალშემკრები ფართობის მითითებით

	X	Y	Catchment area (km ²)
Upper Namakhvani dam	318826	4710274	3177
Lower Namakhvani dam	311861	4699498	3422

5 თარიღი:

ამ ანალიზებისთვის გამოყენებული მონაცემები შედგენილია სხვადასხვა წყაროებიდან. Studio Pietrangeli-მ შეასრულა ჰიდროლოგიური კვლევა და მიაწოდა დროთა სერიები ნამახვანის ზემო და ქვემო კაშხალისთვის. მონაცემები, რომლებსაც მათი კვლევა ეფუძნებოდა, არ იყო მოწოდებული. წინამდებარე ჰიდროლოგიური კვლევისთვის, წყლის ხარჯის შესაბამისი მონაცემები ხელმისაწვდომი იყო უწერას, ონის, ხიდიკარის, ალპანას და ნამახვანის გამზომ სადგურებზე. ნალექების მონაცემები ხელმისაწვდომი იყო სადგურებზე ალპანა, ქუთაისი, ონი და შოვი. სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სადგურების და წყლის ხარჯის საზომი სადგურების სიტუაციები ნაჩვენებია სურ. 1-ზე მონაცემების მიერ დაფარული პერიოდები განსხვავდება სხვადასხვა სადგურებს შორის. ცხრილი 2 და ცხრილი 3 აჩვენებს ხელმისაწვდომი მონაცემების მიერ დაფარულ პერიოდებს თითოეული სადგურისთვის.



სურ 1 - მდინარე რიონის წყალშემკრები ნამახვანის გამზომ სადგურამდე. რუკაზე აღნიშნულია წყლის ხარჯის გამზომი სხვადასხვა სადგურები. წარმოდგენილია ნაწილობრივი წყალშემკრები გამზომი სადგურებისთვის. ასევე განხილულია ორი მდებარეობა ზემო ნამახვანის (ტვიშის) და ქვემო ნამახვანის კაშხლისთვის..

6 წყლის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი

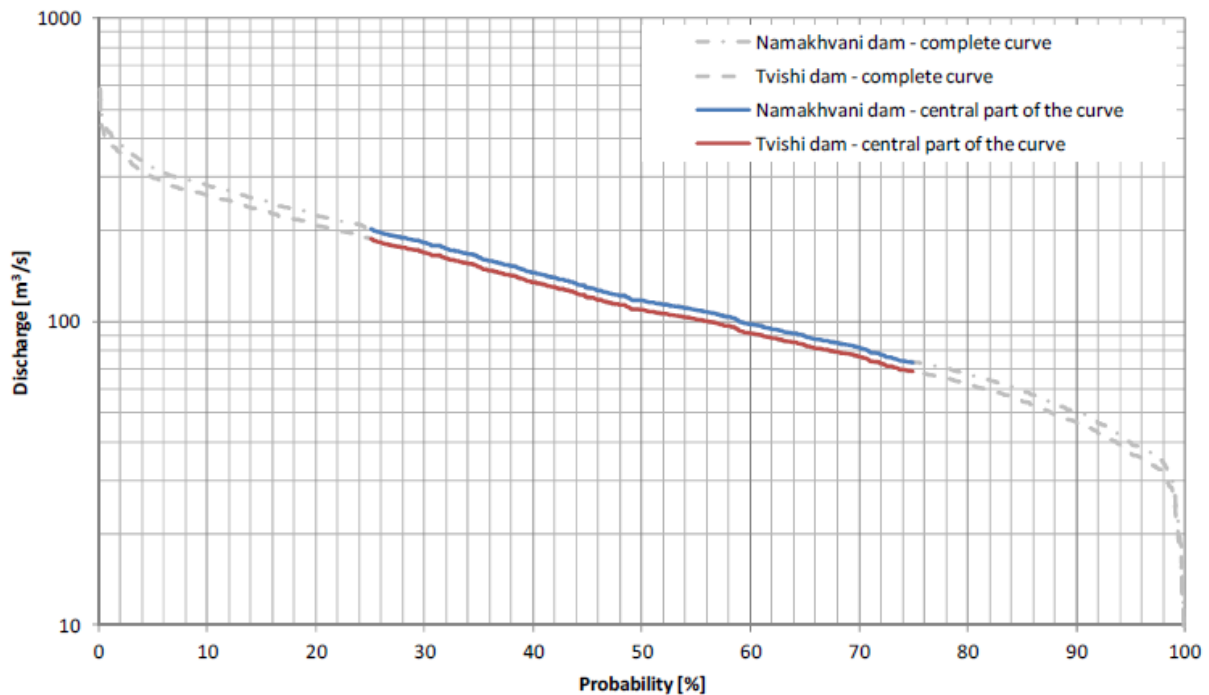
წყლის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი ხელახლა იქნა შეფასებული მონაცემთა გაფართოებული ნაკრებით. მაშინ როცა Studio Pietrangeli იყენებდა დღიურ მონაცემებს, რომელიც ყველაზე საიმედო მიდგომაა, ამ დოკუმენტში გამოყენებული მონაცემთა ნაკრები შედგება საშუალო თვიური მნიშვნელობებისგან, მაგრამ შეიცავს დამატებითი მონაცემების 28 წელს (მთლიანობაში 104 წელს (1910-2013)). თუმცა, ამ მიდგომას ის შედეგი აქვს, რომ წყლის დიდი ხარჯები შეიძლება ზედმეტად მცირე იყოს, ხოლო დაბალი ხარჯები შეიძლება ზედმეტად მაღალი იყოს ხარჯის უზრუნველყოფის საბოლოო მრუდზე. შესაბამისად, წარმოდგენილი ანალიზი შეიძლება გამოყენებული იყოს მხოლოდ Studio Pietrangeli-ის მიერ განსაზღვრული წყლის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდის ცენტრალური ნაწილის დასადასტურებლად.

საშუალო თვიური ხარჯების მონაცემთა ნაკრები ნამახვანზე, რომელიც გამოყენებული იყო შეფასებისთვის, მოცემულია დანართში 0. რაც შეეხება დაკვირვებულ ხარჯებს ლაჯანურის ჰესის აშენებამდე, გამოყენებული იყო იგივე შესწორება, რაც გამოიყენა Studio Pietrangeli-მ, კერძოდ, მნიშვნელობების გაზრდა 22%-ით. 1998-2013 წლების მონაცემები აღებული იყო გუმათის ჰესის მონაცემებიდან, და ისინი თავსებადია ნამახვანის მონაცემებთან Studio Pietrangeli-ის ჰიდროლოგიურ კვლევაში. შედეგად მიღებული ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდები ქვემო ნამახვანისთვის და ზემო ნამახვანისთვის (ტვიში) ნაჩვენებია სურ. 2-ზე. ზემო ნამახვანის კაშხლის ხარჯის უზრუნველყოფის გამოყვანილი იყო მნიშვნელობების გამრავლებით, ნამახვანის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდისა წყალშემკრების ზედაპირის კოეფიციენტზე ($r=0.93$).

ცხრილში 4 მოცემულია ზოგიერთი საკვანო მნიშვნელობა. მოცემულია Studio Pietrangeli-ის შეფასებები, ისევე მოცემულია როგორც შედეგების შედარებისთვის. Studio Pietrangeli-მ შეაფასა მრუდების ორი ტიპი, მთელი პერიოდის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი და საშუალო წლიური ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი. მე-4 ცხრილში მოცემული მნიშვნელობები არის ამ ორი მიდგომის საშუალო მნიშვნელობები. ამ დოკუმენტში შეფასებული მნიშვნელობები წარმოადგენს მთლიანი პერიოდის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდს, რადგან წელიწადში მხოლოდ 12 მნიშვნელობაა ხელმისაწვდომი.

მე-4 ცხრილში მოცემული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ განსხვავებები ქვემო ნამახვანის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდებს შორის (Studio Pietrangeli-ის და Stucky-ის) ძალიან მცირეა და ძვეს გაზომვის ცდომილების ფარგლებში. რაც შეეხება ზემო ნამახვანის კაშხალს, Studio Pietrangeli-ის არ შეუფასებია რაიმე მნიშვნელობები. ქვემო ნამახვანის კაშხლის ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი, რომელიც შეფასებულია Studio Pietrangeli-ის მიერ, შეიძლება დადასტურდეს ცენტრალური ნაწილისთვის. ნავარაუდევია, რომ მრუდების

ექსტრემალური მნიშვნელობები, რომლებიც გამოყვანილია Studio Pietrangeli-ის მიერ, ასევე ნამდვილია. ზღვრული მნიშვნელობები ტვიშისთვის შეიძლება გამოყვანილი იყოს ქვემო ნამახვანის კაშხლის მნიშვნელობების გამრავლებით $r=0.93$ -ზე.



სურ 2 - ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდები ქვემო ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლებისთვის. მრუდის ცენტრალური ნაწილი განსაზღვრულია, როგორც 25%-დან 75%-მდე ალბათობის მქონე.

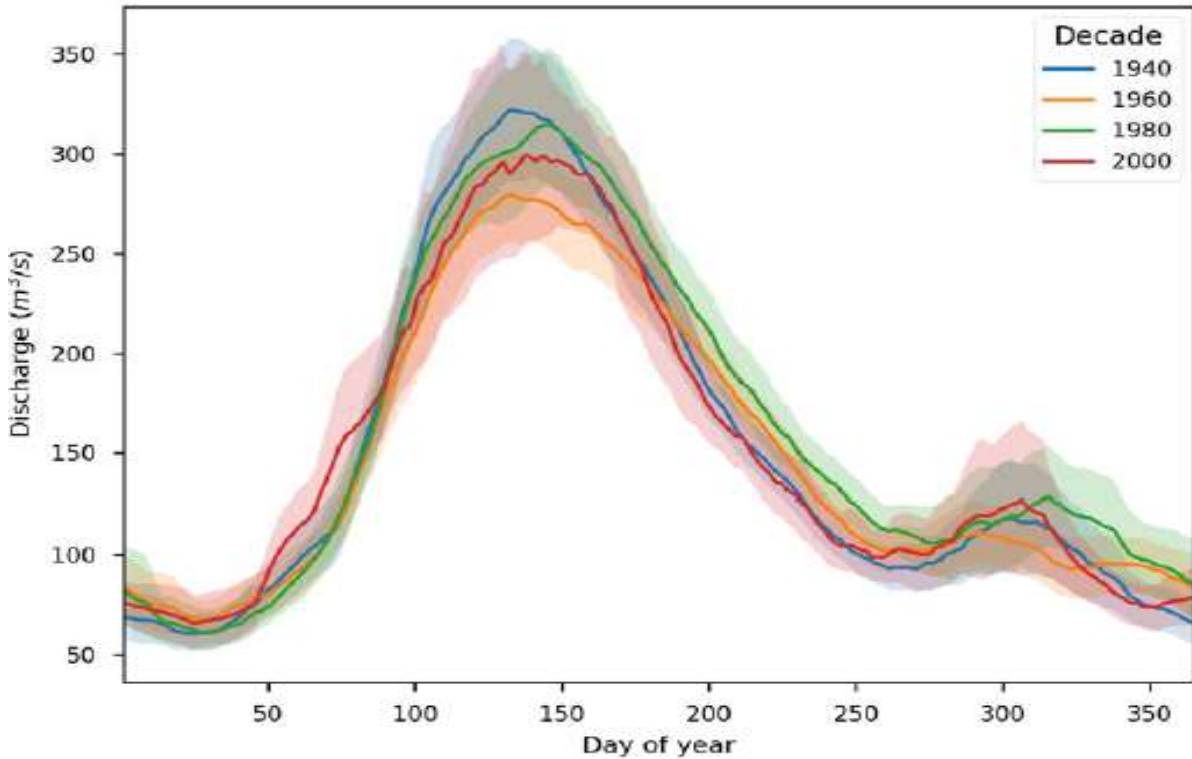
ცხრილი 4 - ნამახვანის და ზემო ნამახვანის კაშხლების ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდების საკვანძო მნიშვნელობები, როგორც შეფასებული ამ დოკუმენტში და Studio Pietrangeli-ის მიერ ვარსკვლავით აღნიშნული მნიშვნელობები გამოყვანილია ქვემო ნამახვანის კაშხლის მრუდიდან.

		Lower Namakhvani		Upper Namakhvani	
		Estimated values	SP (mean)	Estimated values	SP
$Q_{0.3\%}$	m^3/s	-	614	571*	No indication
$Q_{25\%}$	m^3/s	202	211	188	No indication
$Q_{50\%}$	m^3/s	118	121	109	No indication
$Q_{75\%}$	m^3/s	73	71	68	No indication
$Q_{99.7\%}$	m^3/s	-	29	27*	No indication

შეგვიძლია მხარი დაუჭიროთ იმას, რომ Studio Pietrangeli-ის მრუდები შეიძლება დადასტურებულად ჩაითვალოს.

7 ნაკადის ხარჯის მონაცემების ტენდენციების ანალიზი

ამ დოკუმენტში წარმოდგენილ ტენდენციების ანალიზს არ მივყავართ საშუალო წლიური ხარჯის მკაფიოდ განსაზღვრულ ტენდენციამდე ბოლო 70 წლისთვის. სურ. 3 აჩვენებს, რომ 1940-1960 წლები კარგი წლები იყო ჩამონადენის ხარჯებისთვის, მაშინ როცა მომდევნო 20 წელი საკმაოდ ცუდი იყო. 80-იანი წლები ისევ კარგი იყო, ხოლო 2000-ის მომდევნო წლები შუაში მდებარეობს ხარჯის მიხედვით.

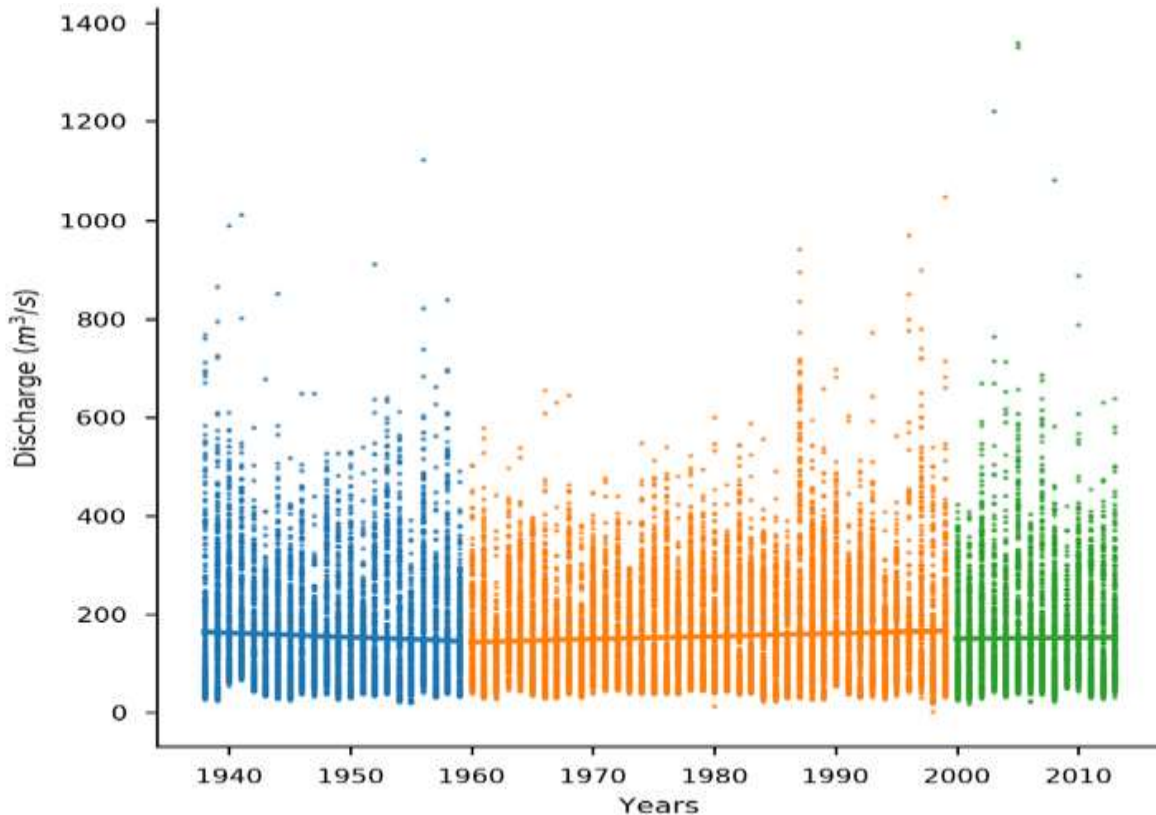


სურ 3 - ხარჯის მონაცემები (დამრგვალებულია მოძრავი საშუალოს გამოყენებით 31-დღიანი ფანჯრის სიდიდით) დაყოფილია 3 20-წლიან ჯგუფად და 1 13-წლიან ჯგუფად მედიანის და 95%-იანი ნდობის ინტერვალის მითითებით.

მონაცემთა ნაკრების 3 ჯგუფად, 1938-1959 (ჯგუფი 1), 1960-1999 (ჯგუფი 2), 2000-2013 (ჯგუფი 3) დაყოფით და ტენდენციების ანალიზის შესრულებით, მივდივართ დასკვნამდე, რომ პირველი ჯგუფი აჩვენებს უარყოფით ტენდენციას, მეორე დადებითს და მესამე ჯგუფს არ გააჩნია ტენდენცია. დაკვირვებას მივყავართ საშუალო მნიშვნელობების სტატისტიკური გამოცდის აუცილებლობამდე. ყველაზე საინტერესო ტესტი არის ანალიზი, 1-ლი ჯგუფის საშუალო მნიშვნელობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება თუ არა მე-3 ჯგუფის საშუალო მნიშვნელობისგან. თუ ეს ასე არ არის, ტენდენცია შეიძლება გამოირიცხოს. სინამდვილეში, სტატისტიკური ტესტი ნულოვანი ჰიპოთეზით $\mu_1 = \mu_3$ იძლევა p-მნიშვნელობას 0.14. თუ დავუშვებთ $\alpha = 0.05 < p$ -მნიშვნელობა=0.14 მნიშვნელოვან დონეს, ნულოვანი ჰიპოთეზა არ შეიძლება უკუგდებული იყოს.

ნულოვანი ჰიპოთეზა არ შეიძლება უკუგდებული იყოს. ეს ნიშნავს, რომ საშუალო მნიშვნელობების სხვაობა

1-ლ და მე-3 ჯგუფებს შორის არ არის მნიშვნელოვანი. შესაბამისად, ვერ ხერხდება ზოგადი ტენდენციის არსებობის დადასტურება.

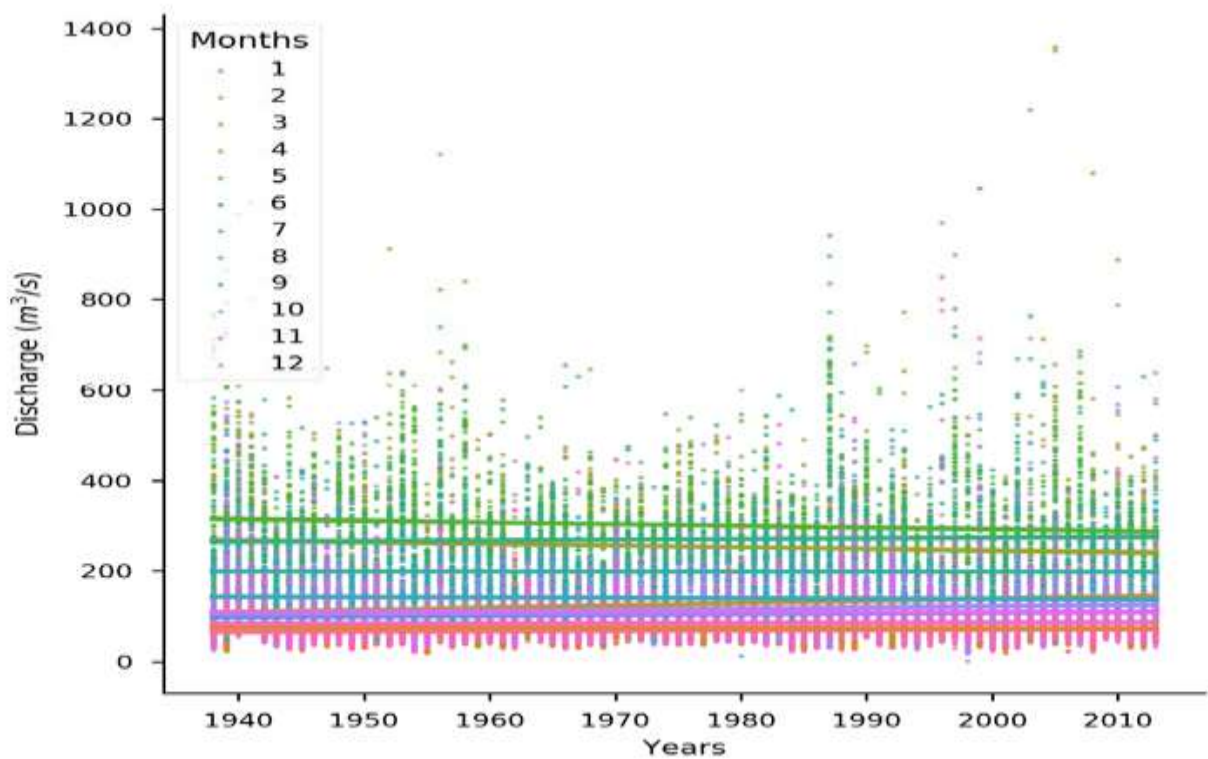


სურ 4 - - ხარჯის მონაცემები, დაყოფილი 3 ჯგუფად სხვადასხვა ხანგრძლივობით (1938-1959, 1960-1999, 2000-2013) და ტენდენციების შესაბამისი ხაზები.

შიდაწლიური ტენდენციების ანალიზი (სურ. 5) აჩვენებს, რომ ზოგიერთ თვეს დაბალი ხარჯით აღმავალი ტენდენცია აქვს, ხოლო ზოგიერთ თვეს მაღალი ხარჯით დაღმავალი ტენდენცია აქვს. ტენდენციები სუსტია, მაგრამ თვეების მიხედვით თანმიმდევრული ჩანს. დაკვირვებული ტენდენციები შეიძლება გამოწვეული იყოს იმ ფაქტით, რომ მაღალი ხარჯი ხდება ზაფხულში, როდესაც ნაკადის ნაწილი წარმოქმნილია მყინვარების მიერ. მყინვარების დნობის გამო, მათი წვლილი შეიძლება შემცირდეს. თუმცა, ზამთრის განმავლობაში ხარჯის ზრდის ახსნა ვერ ხერხდება ანალიზის დღევანდელი მდგომარეობით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ხელმისაწვდომი მონაცემების პერიოდი შეიძლება არ იყოს საკმარისად გრძელი ტენდენციის აღმოსაჩენად. რბელვადიან პერსპექტივაში, მყინვარები სავარაუდოდ დადნება და მათი შენატანი აღარ იქნება. ეს გამოიწვევს დაღმავალ

ტენდენციას, თუ ყველა სხვა პარამეტრი მუდმივი დარჩა. კლიმატის ცვლილების ანალიზმა უნდა მოგვცეს ამ საკითხის გადაჭრა და შესაძლო ტენდენციების ანალიზის შესაძლებლობა ცვლად პირობებში.



სურ 5 - ხარჯების ტენდენციები თვეების მიხედვით 1938-დან 2013 წლამდე პერიოდში

8 ჰიდროლოგიური მოდელის აგება

აგებული იყო ჰიდროლოგიური მოდელი. მთავარი მიზანია PMP-ის (შესაძლო მაქსიმალური ნალექი) გარდაქმნა PMF-ად ადგილისთვის დამახასიათებელი ჰიდროლოგიური პირობების გათვალისწინებით, რაც გაზრდის შედეგად მიღებული PMF ჰიდროგრაფის ხარისხს და საიმედოობას. გარდა ამისა, მოდელი საშუალებას იძლევა დავადასტუროთ ხარჯის მონაცემები ნამახვანის გამზომ სადგურზე, იმის გასაანალიზებლად, არის თუ არა გუმათის მონაცემები, რომლებიც გამოყენებული იყო Studio Pietrangeli-ის მიერ ნამახვანის მონაცემების გასაფართოებლად, უფრო მეტად ან ნაკლებად რეპრეზენტატიული, ვიდრე გაზომვები ნამახვანზე, რომლებიც Studio Pietrangeli-ს არ ჰქონდა. კონტროლი მნიშვნელოვანია, რადგან ქართული მონაცემები, სამწუხაროდ, ხშირად შეცდომებს შეიცავს საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ.

8.1 ჰიდროლოგიური მოდელის აღწერა

წინამდებარე კვლევის მიზნებისთვის, გამოყენებული იყო ორი ჰიდროლოგიური მოდელი. GSM (მცინვარების და თოვლის დნობის) მოდელი გამოყენებული იყო მცინვარების ზონის ქცევის მოდელირებისთვის და HBV მოდელი (Bergström, 1976, 1992) არჩეული იყო არა-მცინვარული ზონების მოდელირებისთვის.

GSM მოდელი გამოყენებულია ზონის ჰიდროლოგიური ქცევის მოდელირებისთვის წყალშემკრებში, რომელიც დაფარულია მცინვარით. მოდელი აგებულია ფართოდ გამოყენებული ე.წ. რეზერვუარის მიდგომის გამოყენებით. მოდელის რეზერვუარის სტრუქტურა განმარტებულია Garcia et al.-ის მიერ (2017) თოვლის ნაწილი მოდელში საშუალებას იძლევა, გავითვალისწინოთ მყარი და თხევადი ნალექები, ისევე როგორც გამდნარი და გაყინული რაოდენობა თოვლის საფარში. თოვლის საფარი ურთიერთობს მცინვარის მოდელთან, რომ მოდელირებული იყოს გამდნარი წყლის გადინება თოვლიდან და თოვლის გარდაქმნა ყინულად. ამის შემდეგ, მოდელირებულია ყინულის დნობა იმ შემთხვევაში, თუ ყინულის საფარს თოვლი აღარ ფარავს. მოდელს აქვს 14 პარამეტრი.

HBV არის ფართოდ გამოყენებული ნახევრად განაწილებული ჰიდროლოგიური მოდელი. ისევე როგორც GSM მოდელი, HBV შემუშავებული იყო რეზერვუარის მიდგომის გამოყენებით. მოდელის სტრუქტურა დეტალურად განმარტებულია Garcia et al.-ის მიერ (2017). შეგვიძლია დავინახოთ, რომ მოდელი შედგება თოვლის და ნიადაგის ნაწილებისგან. წყალი, რომელიც ტოვებს თოვლის საფარს, მოსალოდნელია რომ ინფილტრაციას მოახდენს ნიადაგის ტენიანობის რეზერვუარში, რომელიც ურთიერთობს

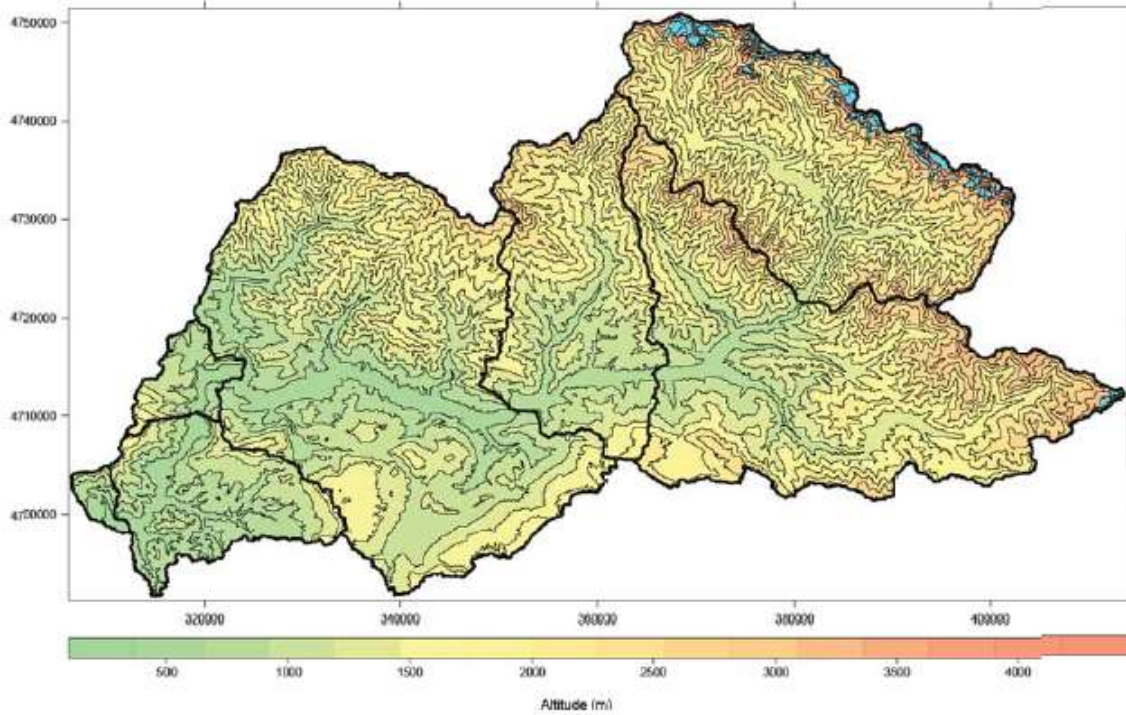
ნიადაგის ზედა ფენის რეზერვუართან. ნიადაგის ქვედა ფენის რეზერვუარი შეერთებულია რეზერვუარის ჯაჭვის ბოლოს, რომ მოახდინოს საბაზისო ნაკადის მოდელირება. მოდელს მთლიანობაში აქვს 15 პარამეტრი. სხვა ფორმულა, რომელიც გამოიყენება ნალექების გადაქცევისთვის წყლის ხარჯად მდინარეში, დეტალურად არის განმარტებული Garcia et al.-ის მიერ (2017). მდინარეები მოდელირებულია სენ-ვენანის ფუნქციის საშუალებით (დეტალურად განმარტებულია Garcia et al.-ის მიერ (2017)).

8.2 მოდელის აგება ზემო და ქვემო ნამახვანის კაშხლების წყალშემკრებებისთვის

მოდელის აგებას სჭირდება შემდეგი მოსამზადებელი ნაბიჯების შესახებ:

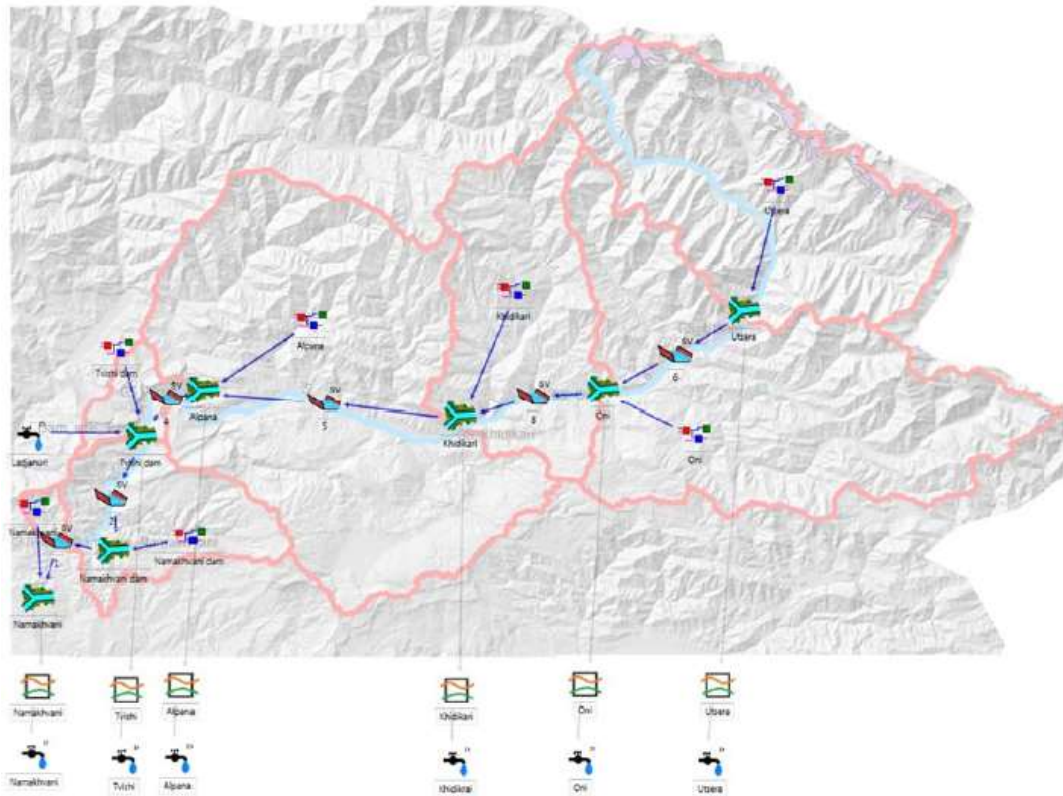
1. წყალშემკრების საზღვრების დადგენა და ქვე-წყალშემკრატების განსაზღვრა (ქვე-წყალშემკრები განისაზღვროს გამზომი სადგურის განკარგულებით, შეგიძლიათ გამოიყენოთ, რომ გაკონტროლდეს მოდელის დაკალიბრება წყალშემკრების ყველანაირი შესაძლო ნიშანი).
2. ძირითადი ნაკადის მარშრუტის განსაზღვრა ძირითადი მდინარე
3. მცინვარის მიერ დაფარული ფართობების განსაზღვრა
4. სიმაღლეების დიაპაზონის განსაზღვრა ციფრული ასვლის მოდელის საშუალებით (ამ მოდელისთვის, სპეციალური შესაძლებლობის სიმაღლე 300 300 მ-ის ოდენობით შეცვლის სიმაღლის დიაპაზონის განსაზღვრულია)
5. სიმაღლეთა თითოეული დიაპაზონის გრაფიტაციის ცენტრების განსაზღვრა.
6. GSM ან HBV მოდელების ელემენტები მიკუთვნება სიმაღლეთა თითოეული დიაპაზონისთვის, შეგიძლიათ მიიღოთ მითითებული (მცინვარის დიაპაზონები ან ნიადაგის დიაპაზონები).

წყალშემკრებების ქვედანაყოფები, რომლებიც მიიღება სიმაღლეთა დიაპაზონების წარმოქმნით, ნაჩვენებია სურ. 8. მთლიანობაში, სიმაღლეთა 71 დიაპაზონი იყო საჭირო აუზის დასაყოფად დიაპაზონებად სიმაღლეთა საშუალო განსხვავებით 300 მ.

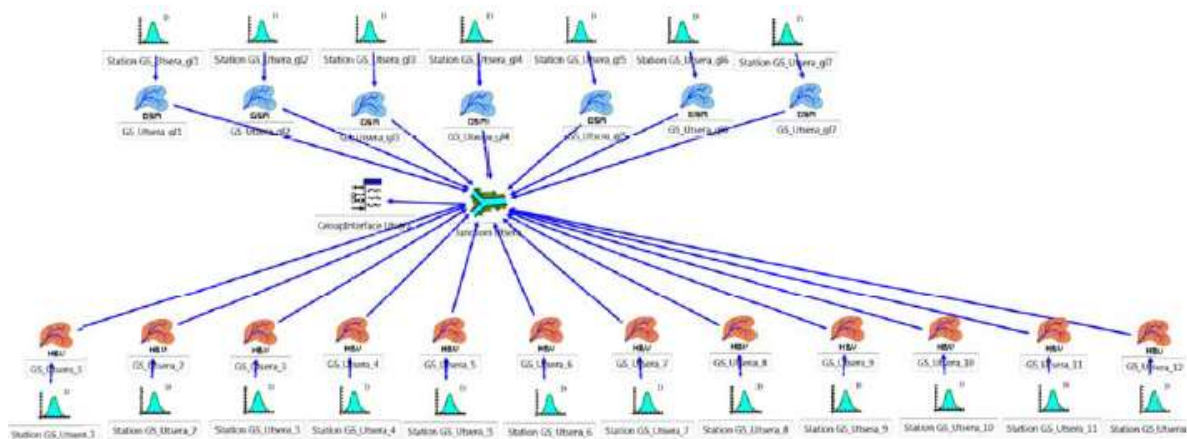


სურ 6 - წყალშემკრების დაყოფა სიმაღლეთა 71 დიაპაზონად საშუალო განსხვავებით 300 მ.

საბოლოო მოდელის მიმოხილვა მოცემულია სურ. 7. თითოეული ქვე-აუზი, წარმოდგენილი „ქვე-მოდელის“ ობიექტით, აჯგუფებს სიმაღლეთა დიაპაზონების გარკვეულ რაოდენობას. მოდელის სტრუქტურის მაგალითი კონკრეტულ ქვე-აუზში წარმოდგენილია სურ. 8, რომელიც აჩვენებს ობიექტებს ქვე-აუზისთვის „უწერა“



სურ 7 - დაყოფილი წყალშემკრები მოდელის ობიექტი, როგორც არის „ქვე-მოდელი“ (ქვე-აუზისთვის), „მდინარე“, „შერთება“, ისევე როგორც „შემადარებელი“ და „წყარო“, რომლებიც გამოყენებულია მოდელის დაკალიბრებისთვის.



სურ 8 - მოდელის ელემენტ „ქვე-მოდელის“ შინაარსი, რომელსაც ეწოდება „უწერა“. წარმოდგენილი ობიექტები შეესაბამება მოდელს HBV და GSM (ერთი მათგანი სიმაღლეთა ყოველ დიაპაზონზე), და დაკავშირებულია მათ შესაბამის „ვირტუალურ“ სადგურებთან, რომ მეტეოროლოგიური მონაცემები მიკუთვნებული იყოს სიმაღლეთა თითოეულ დიაპაზონს.

8.3 შენიშვნები ჰიდროლოგიური მოდელის დაკალიბრების და დადასტურების შესახებ

მოდელის დაკალიბრება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, თუ ერთი და იმავე პერიოდის ფარგლებში ხელმისაწვდომია მეტეოროლოგიური და ხარჯის მონაცემები.

ცხრილში 3, შეიძლება დავინახოთ, რომ ტემპერატურის და ნალექების მონაცემები ხელმისაწვდომია სამი პერიოდისთვის, კერძოდ, 1966-1969, 1998-2000 და 2001-2009. ჰიდროლოგიური მოდელის შექმნა შეიძლება ამ სამი პერიოდისთვის.

პრობლემა ის არის, რომ ამ სამი ნახსენები პერიოდის განმავლობაში, მონაცემთა ბაზის შემადგენლობა იცვლება. ამგვარ ცვლილებას ჩვეულებრივ უწოდებენ „მხარდაჭერის ცვლილებას“. დაკალიბრება დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ სადგურებზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მოდელის ეფექტურობის დაკარგვა იმ შემთხვევაში, თუ მოდელირება ხდება იმ პერიოდის განმავლობაში, რომელსაც აქვს მონაცემთა ბაზა, შედგენილი სხვა სადგურებიდან, ვიდრე ის სადგურებია, რომლებზეც მოდელი დაკალიბრებული იყო. ამ მიზეზის გამო, უნდა გაკეთდეს არჩევანი, მოდელირების მიზნის გათვალისწინებით, რაც შეეხება დაკალიბრების პერიოდს. რადგან მოდელის მთავარი მიზანი არის PMP-PMF მოდელირების ჩატარება, მოდელი დაკალიბრებული უნდა იყოს იმავე სადგურებზე, რომლებიც გამოყენებული იყო PMP-ის გამოსაყვანად. 1966-1969 წლების პერიოდისთვის, მონაცემთა ნაკრები ყველაზე მეტად სრულია და ამიტომ არჩეული იქნა PMP-ის გამოსაყვანად. ამ მიზეზის გამო, ეს პერიოდი იქნა გამოყენებული მოდელის დაკალიბრებისთვის.

ქვე-აუზების განსაზღვრა, რომლებიც გათვალისწინებული იყო მოდელის ასაგებად, შესრულდა ხარჯის გამზომი ხელმისაწვდომი სადგურების სიტუაციების გათვალისწინებით. არჩეული პერიოდისთვის (1966-1969) ყველა გამზომ სადგურს აქვს ხარჯების მონაცემები. თეორიულად, შესაძლებელია მოდელის დაკალიბრება ყველა სადგურისთვის ცალ-ცალკე. თუმცა, პრობლემა არის ის, რომ პერიოდი მოკლეა და დადასტურება იმ პერიოდისთვის, რომელზეც მოდელი არ იყო დაკალიბრებული, არ არის შესაძლებელი. შესაბამისად, არჩეული იყო მოდელის დაკალიბრება ერთ სადგურზე, რაც შეიძლება ქვემო დინებაში, რამდენადაც შესაძლებელია (კაშხლის ადგილებთან ახლოს) და დაკალიბრების დადასტურება სხვა გამზომი სადგურებისთვის ზემო დინებაში, რომლებიც პირდაპირ არ გათვალისწინებული განხილული დაკალიბრებისთვის. რა თქმა უნდა, ეს არ არის კლასიკური მიდგომა დადასტურებისთვის, მაგრამ ის საშუალებას იძლევა, მოხდეს

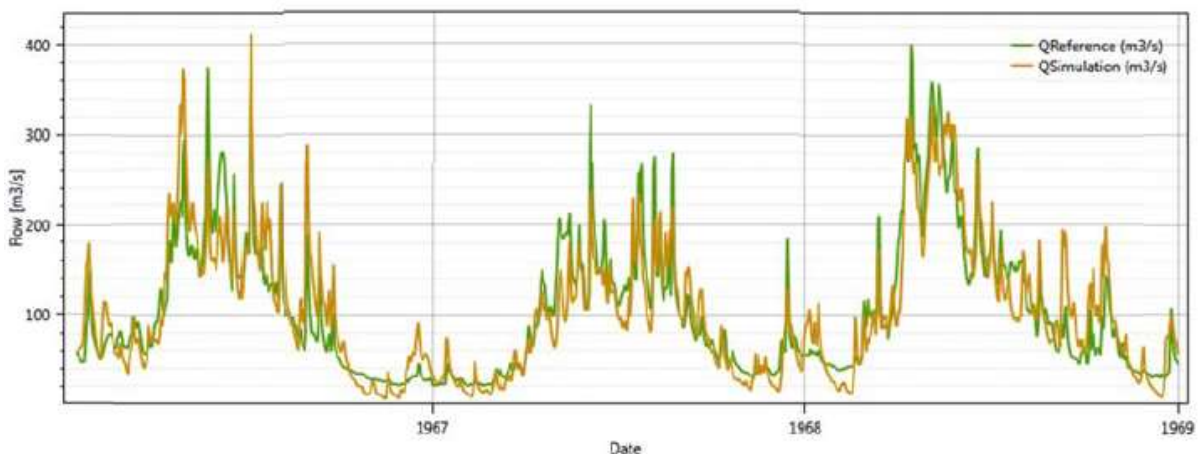
მოდელის ეფექტურობის კონტროლი წყალშემკრების სხვადასხვა ნაწილებისთვის, რომლებიც არ იყო ცალკე დაკალიბრებული (გარდა თოვლის მოდელისა).

წყალგამყოფის აღწერაში (ნაწილი 4) განმარტებული იყო, რომ ორმა ჰიდროსადგურმა შეცვალა აუზის ჰიდროლოგიური ქცევა, თუმცა ასევე ნახსენები იყო, რომ შაორის ჰესის წვლილი შეიძლება უგულვებელყოფილი იყოს. თუმცა, მდინარე რიონში გადადგებული წყალის უგულვებელყოფა არ შეიძლება. ლაჯანურის მონაცემები დაკალიბრების პერიოდისთვის არ იყო ხელმისაწვდომი. რადგან ლაჯანურიდან მომავალი წყალი ერთვის მდინარე რიონს ალპანას გამზომი სადგურის ქვემო დინებაში, მაშინ მოდელი დაკალიბრებულია ალპანას სადგურზე და დაკალიბრება ითვლება სწორად შემდგომ ქვემო დინებაში. ეს დაშვება გონივრულია, რადგან მოდელი დაკალიბრებულია იმავე პარამეტრებით მთელი წყალშემკრებისთვის, გარდა თოვლის დნობის კოეფიციენტისა.

უნდა აღინიშნოს, რომ დროითი ბიჯი თვეებში ლაჯანურის მონაცემებისთვის არ იძლევა მონაცემების გამოყენების საშუალებას მოდელის დაკალიბრებისთვის დროის განსხვავებული პერიოდისთვის, იმ შემთხვევაში, თუ მეტეოროლოგიური მონაცემები ხელმისაწვდომი იქნებოდა.

8.4 ჰიდროლოგიური მოდელის დაკალიბრება

დაკალიბრების პროცესმა მიგვიყვანა მოდელამდე, რომელსაც შეუძლია დაკვირვების შედეგად მიღებული ხარჯების რეპროდუცირება მეტეოროლოგიური მონაცემების საფუძველზე. მოდელირებული ხარჯების შედარება დაკვირვების შედეგად მიღებულ ხარჯებთან ალპანას გამზომ სადგურზე 1966-1969 წლებისთვის ნაჩვენებია სურ. 9.



სურ 9 - მოდელირებული და დაკვირვების შედეგად მიღებული (ნორმატიულ) ხარჯების შედარება ოპტიმალური პარამეტრისთვის, რომელიც დაყენებულია ალპანას გამზომ სადგურზე

თოვლის მოდელის დაკალიბრება განხორციელდა ხელით, იმისთვის, რომ თავიდან

აგვეცილებინა თოვლის დაგროვება წლების განმავლობაში. სიმაღლეთა თითოეული დიაპაზონი ცალკე იყო აღებული. სხვა 17 პარამეტრის დაკალიბრება მოხდა SCE-UA (Zhu et al. 2006) ალგორითმის გამოყენებით. საბოლოო პარამეტრები მოცემულია დანართში 0. სამიზნე ფუნქცია, რომელიც ოპტიმიზებული უნდა იყოს, განსაზღვრული იყო მომხმარებლის მიერ, როგორც $F = 2KGE - |RVB|$, სადაც KGE არის კლინგ-გუპტას ეფექტურობა და RVB არის მოცულობის ფარდობითი სისტემური ცდომილება. ფორმულა ამ კოეფიციენტების შესაფასებლად მოცემულია ქვემოთ:

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2}$$

სადაც r არის პირსონის კორელაციის კოეფიციენტი მოდელირებულ და ნორმატიულ მნიშვნელობებს შორის, β არის შეფარდება საშუალო მოდელირებულ მნიშვნელობებს და ნორმატიული მნიშვნელობების საშუალოს შორის, γ არის შეფარდება მოდელირებული მნიშვნელობების ცვლილების კოეფიციენტსა და ნორმატიული მნიშვნელობების ცვლილების კოეფიციენტს შორის.

$$RVB = \frac{\sum_{t=t_i}^{t_f} (Q_{sim,t} - Q_{ref,t})}{\sum_{t=t_i}^{t_f} Q_{ref,t}}$$

სადაც $Q_{sim,t}$ არის მოდელირებული ხარჯი t დროზე, $Q_{ref,t}$ არის დაკვირვების შედეგად მიღებული ხარჯი t დროზე, t_i არის პირველი დროითი ბიჯი და t_f არის ბოლო დროითი ბიჯი.

KGE-ის ოპტიმუმის მნიშვნელობა არის 1 და RVB-ის ოპტიმუმის მნიშვნელობა არის 0. შესაბამისად, მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც მიზნობრივმა ფუნქციამ შეიძლება მიიღოს, არის $F = 2$. პარამეტრის ოპტიმალური მნიშვნელობები იძლევა $F = 1.81$, რაც ოპტიმიზებულია SCE-UA ალგორითმის გამოყენებით. რადგან მხოლოდ კლინგ-გუპტას ეფექტურობა და ფარდობითი მოცულობა იყო გამოყენებული დაკალიბრებისთვის, Nash-Sutcliffe-ის ეფექტურობა (NS), ისევე როგორც Nash-Sutcliffe-ის ეფექტურობა, გამოთვლილი ხარჯის მნიშვნელობების ლოგარითმის (NS-ln) გამოყენებით, იმისთვის, რომ უკეთ იყოს დახასიათებული დაბალი ხარჯები, ასევე არის აქ მოცემულია, რადგან ისინი ფართოდ გამოიყენება ჰიდროლოგიაში. მათი მათემატიკური გამოსახულებები მოცემულია ქვემოთ.

$$NS = \frac{\sum_{t=t_i}^{t_f} (Q_{sim,t} - Q_{ref,t})^2}{\sum_{t=t_i}^{t_f} (Q_{sim,t} - \bar{Q}_{ref,t})^2}$$

სადაც $Q_{ref,t}$ არის გასაშუალოებული დაკვირვებული ხარჯი განხილული პერიოდისთვის.

$$NS - ln = \frac{\sum_{t=t_1}^{t_2} (\ln(Q_{sim,t}) - \ln(Q_{ref,t}))^2}{\sum_{t=t_1}^{t_2} (\ln(Q_{sim,t}) - \ln(\bar{Q}_{ref,t}))^2}$$

ოპტიმუმის მნიშვნელობა NS და Ns-ln -თვის არის 1.

პარამეტრთა დადგენილი ნაკრებისთვის, ეფექტურობის კოეფიციენტები ცხრილში 5 ამტკიცებს მოდელის შესაძლებლობას, მოახდინოს წყალშემკრების ჰიდროლოგიური ქცევის რეპროდუცირება. ყველა გამზომი სადგურისთვის, Nash-Sutcliffe-ის ეფექტურობა უფრო მეტია, ვიდრე 0.75 და აღწევს 0.82-ს ხიდიკარის სადგურზე. ზოგადად, დაბალი ხარჯები კარგად არის რეპროდუცირებული, გარდა უწერისა, სადაც ეფექტურობა საკმაოდ დაბალია. კლინგ-გუპტას ეფექტურობა აღწევს 0.90-ს ალპანაზე და მინიმუმს 0.76-ს უწერაში, რაც კვლავაც კარგი მაჩვენებელია. მოცულობა მცირედით ნაკლებად არის შეფასებული თითოეულ სადგურზე, მაგრამ 1%-7% შეცდომა ითვლება ძალიან მცირედ და გაზომვის ცდომილების ფარგლებში სხვადასხვა გამზომ სადგურებზე.

ცხრილი 5 - ეფექტურობის კოეფიციენტები სხვადასხვა გამზომი სადგურებისთვის, სადაც ხარჯების მონაცემები ხელმისაწვდომი იყო 1966-1969 წ. პერიოდისთვის.

	Calibration	Stations used for final control		
	Alpana	Khidikari	Oni	Utsera
NS	0.81	0.82	0.81	0.75
NS-ln	0.74	0.80	0.83	0.17
KGE	0.90	0.87	0.86	0.76
RVB	-0.02	-0.07	-0.01	-0.02

9 მონაცემთა ხარისხის კონტროლი, რომლებიც შეგროვებული იყო ნამახვანის გამზომ სადგურზე, დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მოდელის გამოყენებით

პირველ რიგში, უნდა გავიხსენოთ, რომ მოდელი დაკალიბრებული იყო ალპანას გამზომ სადგურზე, რაც დაკალიბრებას დამოუკიდებელს ხდის ნამახვანის და გუმათის სადგურების გაზომვებისგან. შესაბამისად, მოდელის გამოყენება ამ ორი სადგურის მონაცემების საიმედოობის ანალიზისთვის მართებულია. ანალიზი ფოკუსირებულია საბჭოთა კავშირის შემდგომ პერიოდზე, რომლისთვისაც მონაცემები ზოგადად ნაკლებად საიმედოა.

Studio Pietrangeli-მ გააფართოვა ნამახვანის გამზომი სადგურის მონაცემები გუმათიდან მიღებული მონაცემებით 1938-1952 და 1996-2013 წლებისთვის. Stucky-ს აქვს მონაცემები 1996-2005 წლებისთვის, რომლებიც გაზომილია ნამახვანის სადგურზე. ამგვარად, საჭიროა დადასტურდეს, არის თუ არა ეს მონაცემები საიმედო და შეცვალოს თუ არა

გუმათის მონაცემები ხელმისაწვდომი პერიოდისთვის.

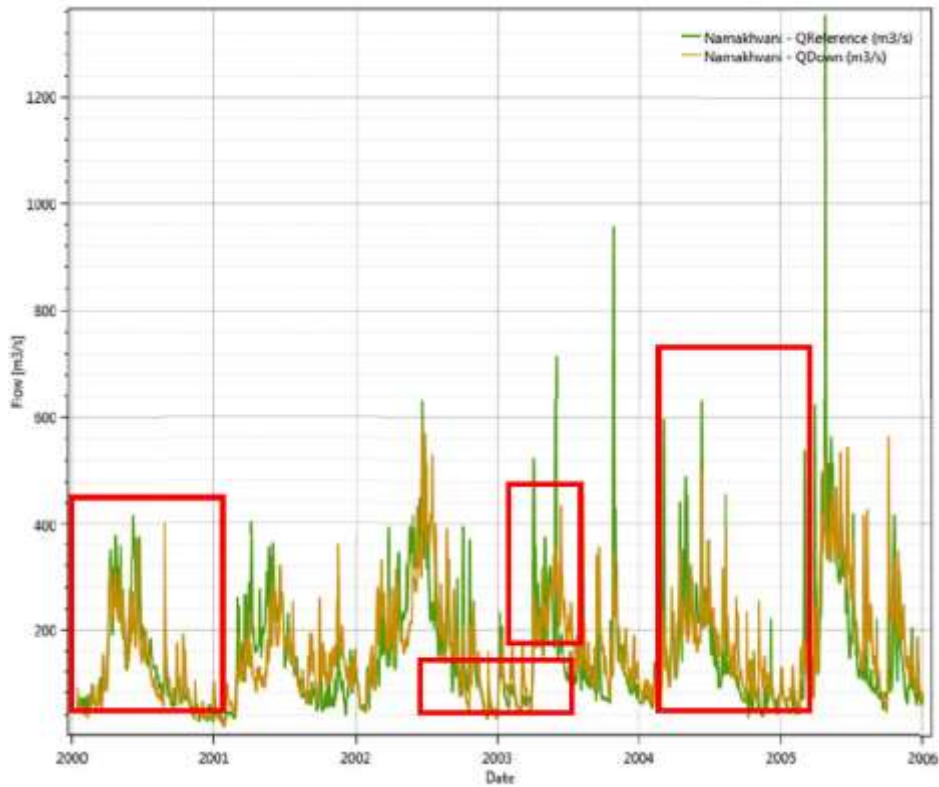
მეტეოროლოგიური მონაცემების ხელმისაწვდომობის და ლაჯანურის და ნამახვანის მონაცემების მიხედვით, ჰიდროლოგიური მოდელის მუშაობა შესაძლებელია 2000-2009 წლებისთვის. ცხრილი 3 იძლევა იმის თქმის საშუალებას, რომ მხარდაჭერის ცვლილება არის სახეზე, თუ შესრულდება მოდელირება ნახსენები პერიოდისთვის (მოდელი დაკალიბრებული იყო სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სადგურებისთვის 1966-1969 წლებზე). თუმცა, ეს არ უნდა იყოს ძალიან დიდი პრობლემა, რადგან მიზანი არის ხარჯის ყველაზე შესაძლო დროითი მწკრივების დადგენა და არა ხარჯის ოპტიმალურად რეპროდუცირება მოცემულ პერიოდისთვის.

სურ. 10 და სურ. 11 აჩვენებს მოდელირებულ ხარჯებს ნამახვანზე და ერთმანეთს ადებს დაკვირვების შედეგად მიღებულ ხარჯებს. შესაბამისად გუმათიდან და ნამახვანიდან. წითელი მართკუთხედით იდენტიფიცირებული ზონები აშკარად საშუალებას იძლევიან განვსაზღვროთ, რომ გუმათიდან მიღებული მონაცემები უფრო რეპრეზენტატიულია, ვიდრე ნამახვანის მონაცემები. ამ დასკვნას მხარს უჭერს ეფექტურობის კოეფიციენტები, რომლებიც მოხსენიებულია ცხრილში 6, რაც მიუთითებს, რომ გუმათში დაკვირვების შედეგად მიღებული ხარჯები უფრო უკეთ შეესაბამება მოდელირების შედეგებს, ვიდრე ნამახვანის გამზომ სადგურზე დაკვირვების მიღებული შედეგები.

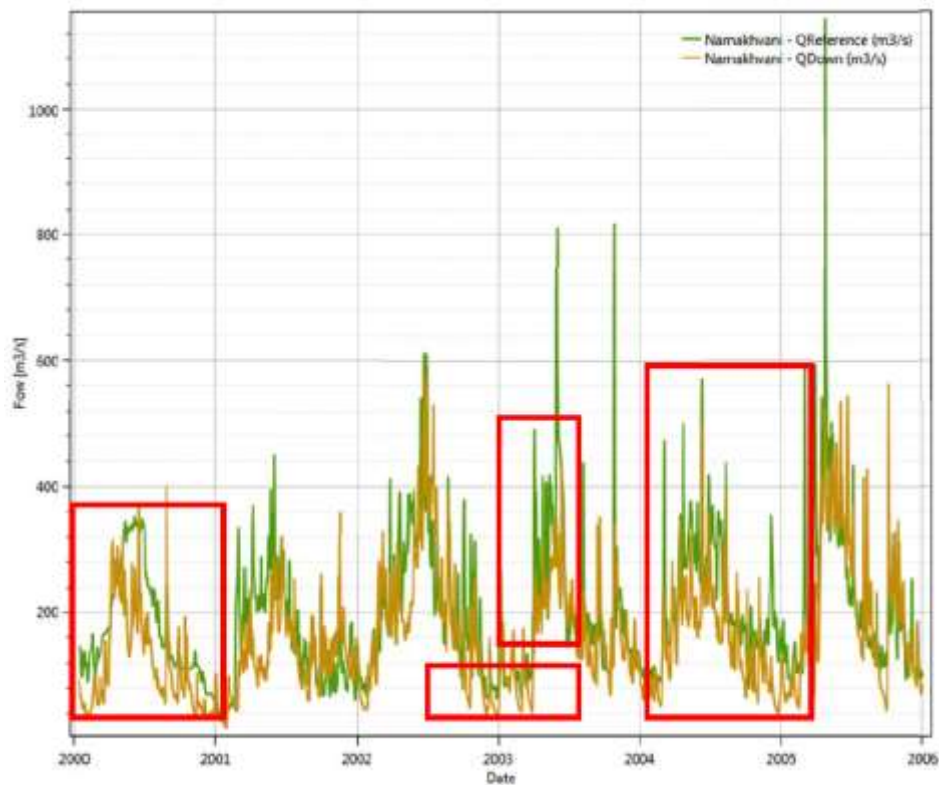
ამ მიზეზის გამო, გუმათიდან მიღებული ხარჯები უფრო საიმედოდ ითვლება, ვიდრე დაკვირვების შედეგად მიღებული ხარჯები ნამახვანზე, დაწყებული 1996 წლიდან.

ცხრილი 6 - ეფექტურობის კოეფიციენტები ხარჯების მოდელირებისთვის ნამახვანზე ორი ნორმატიული დაკვირვებისთვის გუმათზე (სურ. 10 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მოწოდებულ მონაცემებთან (ნორმატიული), რომლებიც შედგენილია გუმათიდან მიღებული მონაცემებით ნაჩვენები პერიოდისთვის) და ნამახვანის გამზომ სადგურზე (სურ. 11)

Reference	<u>Gumati</u>	<u>Namakhvani</u>
NS	0.60	0.39
NS-In	0.71	0.21
KGE	0.70	0.65
RVB	0.04	-0.20



სურ 10 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მოწოდებულ მონაცემებთან (ნორმატიული), რომლებიც შედგენილია გუმათიდან მიღებული მონაცემებით ნაჩვენები პერიოდისთვის.



სურ 11 - ნამახვანის გამზომ სადგურზე მოდელირებული ხარჯების შედარება ნამახვანის გამზომ სადგურზე დაკვირვების შედეგად მიღებულ მონაცემებთან.

10 წყალდიდობის სიხშირის ანალიზი

წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი, შესრულებილი Studio Pietrangeli-ის მიერ, განახლებულია ამ დოკუმენტში. მონაცემთა შევსებული ნაკრები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს წყალდიდობის ინდექსის მეთოდი მონაცემთა უფრო დიდ ნაკრებზე. გარდა ამისა, POT მეთოდი არის გამოყენებული წინამდებარე კვლევაში. საფუძველში მყოფი მონაცემთა ნაკრები იგივეა, რაც გამოყენებული იყო Studio Pietrangeli-ის მიერ, თუმცა მათ კვლევაში საწყისი „დეკლასტერიზაცია“, რაც წინ უძღვის ზღურბლის მნიშვნელობის განსაზღვრას, არ შესრულებულა. ეს ნაბიჯი დაემატა ჩვენს კვლევაში.

10.1 რეგიონული წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი (წყალდიდობის ინდექსის მეთოდი)

10.1.1 წლიური მაქსიმუმების განახლებული ამონაკრები

წლიური მაქსიმალური ხარჯების ამონაკრები განახლდა. მონაცემთა ხარისხის შემოწმების თანახმად, რომლებიც დაკვირვებული იყო ნამახვანის გამზომ სადგურზე, რომელიც შესრულდა ნაწილში 9, მაქსიმალური წლიური მონაცემების ამონაკრები (ნამახვანზე) გაფართოებული იყო გუმათის მონაცემებით 1986-2013 წლების პერიოდიდან.

გუმათის მონაცემები არის დღიური მონაცემები, და გადაყვანილია Fuller-ის (1914) განტოლების თანახმად, პიკური ხარჯის მნიშვნელობებში. Studio Pietrangeli-მ 2015 წელს აჩვენა, რომ ეს განტოლება გამოყენებადია.

როდესაც A არის წყალშემკრების ფართობი კვ. კმ-ში, ფულერის განტოლება, მოცემულია შემდეგნაირად:

$$Q_{peak} = (1 + 2.66A^{-0.3})Q_{daily}$$

დანართი 0-ის ცხრილი 16 შეიცავს წლიური მაქსიმუმების მთლიან ამონაკრებს. დამატებული მნიშვნელობები გამოყოფილია ღია მწვანე ფერით. მთლიანობაში 65 მნიშვნელობა დაემატა Studio Pietrangeli-ის ამონაკრებს. საშუალო მაქსიმუმები წარმოდგენილია ასევე ცხრილში 16, რომელიც მოცემულია დანართში 0. ეს მნიშვნელობები ასრულებს წყალდიდობების ინდექსის როლს ნაწილში 10.1.3.

10.1.2 დაჯამებული მონაცემების ნაკრების ჰომოგენურობის ტესტი

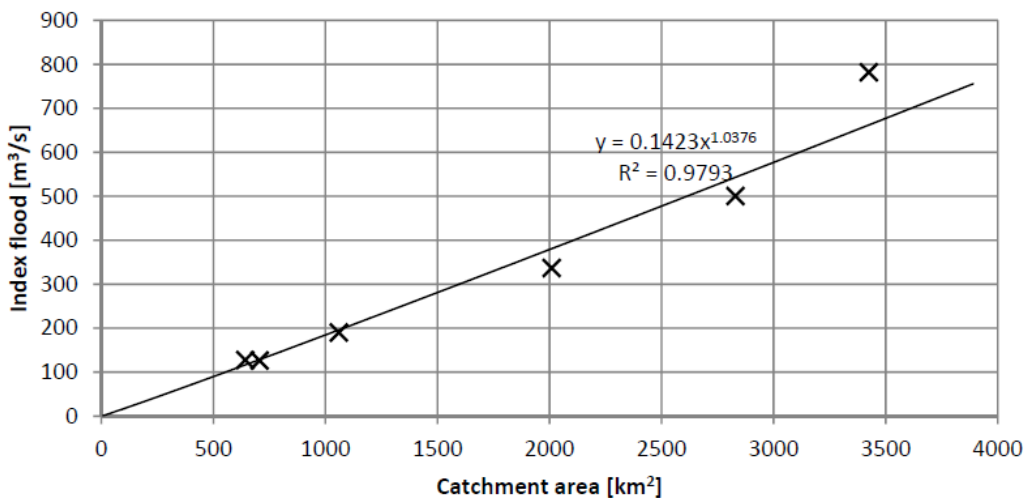
იმის შესაფასებლად, არის თუ არა დაჯამებული მონაცემების ნაკრებები ჰომოგენური (ერთგვაროვანი) თუ არა, გამოყენებულია Anderson-Darling (Scholz and Stephens, 1987) და Durbin-Knott (Durbin and Knott, 1971) ტესტები, ჰომოგენურობის ნულოვანი ჰიპოთეზით.

Anderson-Darling-ის ტესტი იძლევა p-მნიშვნელობას 0.89 ამგვარად, ჰომოგენურობის ნულოვანი ჰიპოთეზა არ შეიძლება უკუგდებული იყოს. Durbin-Knott-ის ტესტი იძლევა p-მნიშვნელობას 0.997. ამგვარად, ეს ტესტი ასევე არ იძლევა ნულოვანი ჰიპოთეზის უკუგდების საშუალებას. ამ შემთხვევაში, მონაცემთა ნაკრებები შეიძლება ჩაითვალოს ჰომოგენურად. შესაბამისად, მონაცემთა ნაკრებების კომბინაცია რეგიონული წყალდიდობების სიხშირის ანალიზისთვის მიზანშეწონილია.

10.1.3 წყალდიდობების ინდექსი და მისი კავშირი წყალშემკრებ ფართობთან

წყალდიდობების სიხშირის წინამდებარე ანალიზისთვის, გამოყენებულია წყალდიდობების ინდექსის მეთოდი. წლიურ მაქსიმუმებს მოსცილდათ განზომილება თითოეულ სადგურზე, კონკრეტული სადგურის თითოეული მნიშვნელობის გაყოფით შესაბამისი სადგურის წყალდიდობის საშუალო პიკურ მნიშვნელობაზე. ეს უგანზომილებო მონაცემთა ნაკრებები შემდეგ კომბინირებულია ერთიან ამონაკრებში და შემდეგ შეთანხმებულია ექსტრემალური მნიშვნელობების განზოგადოებულ განაწილებასთან (GEV).

კავშირი წყალდიდობის საშუალო პიკსა (წყალდიდობების ინდექსი) და წყალშემკრების ფართობს შორის შეიძლება გამოყენებული იყოს უგანზომილებო მნიშვნელობების ხელახალი გადაყვანისთვის ცნობილი ფართის მქონე წყალშემკრებში. ურთიერთობა გამოყვანილია განხილული გამზომი სადგურებიდან, ხარისხოვანი დამოკიდებულების შეთანხმებით მონაცემთა წერტილებთან (სურ. 12).



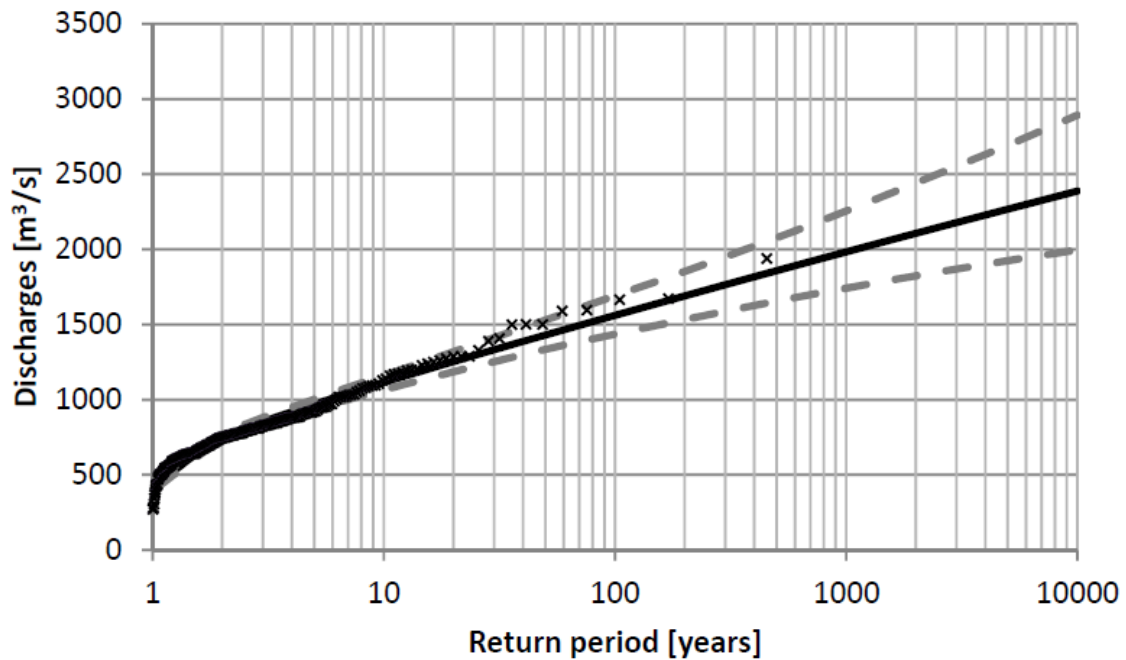
სურ 12 - ურთიერთობა წყალშემკრების ფართობს და წყალდიდობების ინდექსს შორის.

10.1.4 GEV-ის შეთანხმება უგანზომილებო მონაცემებთან

272 მნიშვნელობის უგანზომილებო მონაცემთა ამონაკრები შეთანხმებული იყო GEV

განაწილებასთან მაქსიმალური ალბათობის მიდგომის გამოყენებით. დამოკიდებულება, რომელიც გადაყვანილია უგანზომილებო შეფასებების გამრავლებით წყალდიდობების ინდექსზე $Q_{index}=782$ მ³/წმ, წარმოდგენილია სურ. 13, 90% ნდობის ინტერვალთან ერთად. ზოგიერთი საკვანძო მნიშვნელობა მოცემულია

ცხრილში 7. წყალდიდობების შეფასებული ხარჯები შედარებულია Studio Pietrangeli-ის შედეგებთან ნაწილში 0. დანართში 0 მოცემულია უგანზომილებო საკვანძო მნიშვნელობები.



სურ 13 -შეთანხმებული GEV განაწილება წყალდიდობების მონაცემთა ექსტრაპოლაციისთვის ნამახვანის გამზომ სადგურზე.

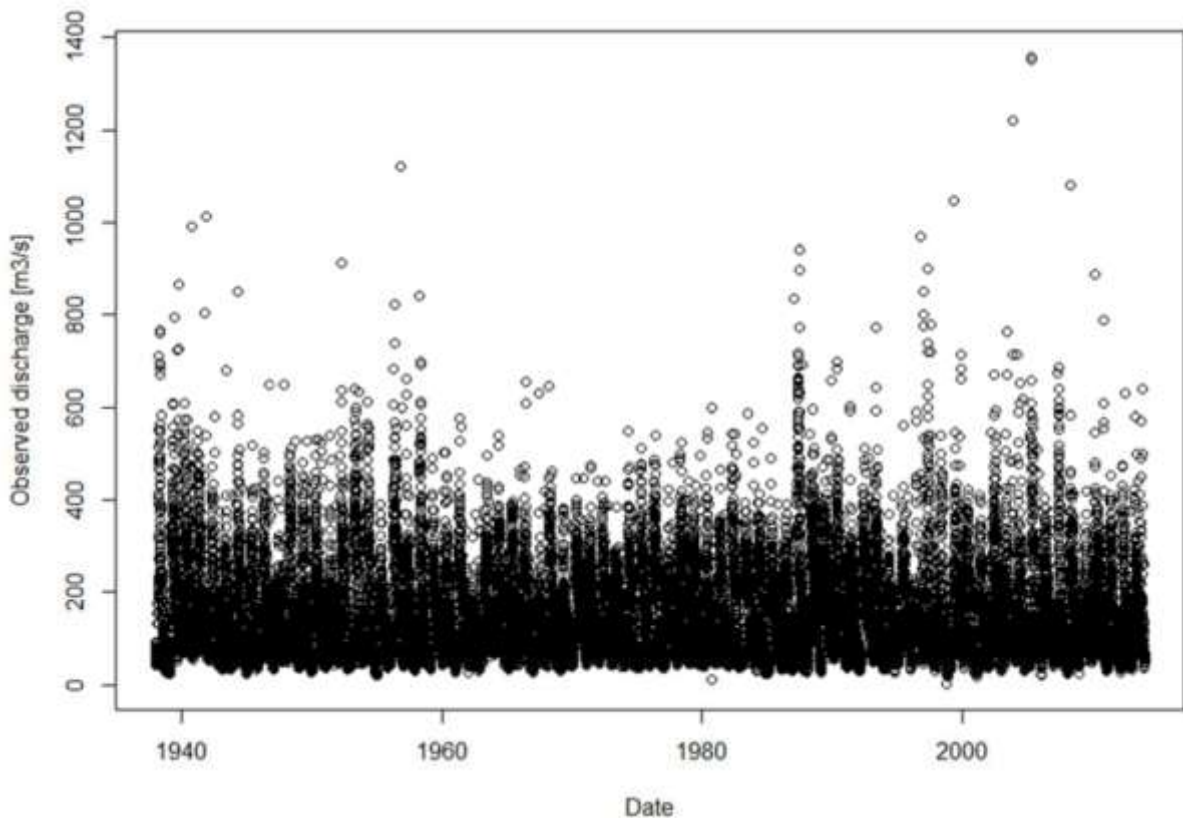
ცხრილი 7 - წყალდიდობების შეფასებული ხარჯების საკვანძო მნიშვნელობები და 90% ნდობის ინტერვალი GEV განაწილების გამოყენებით.

Return period [years]	Q [m ³ /s]
1.05	444
2	744
5	968
10	1115
20	1253
25	1297
50	1430
100	1561
200	1690
500	1858
1000	1983
2000	2106
5000	2267
10000	2388

10.2 ადგილობრივი წყალდიდობების სიხშირეების ანალიზი (პიკური გადაჭარბება ზღურბლზე, POT)

დღიური ხარჯების მონაცემების დროითი მწკრივები (1938-2013), შედგენილი Studio Pietrangeli-ის მიერ, გამოყენებული იყო POT მეთოდის გამოყენების განახლებისთვის. მონაცემთა ნაკრები გამოსახულია სურ. 14.

Studio Pietrangeli-ის კვლევამ არ გაითვალისწინა მონაცემთა „დეკლასტერიზაცია“ საშუალო ნარჩენი სიციცხლის დროის გრაფიკის განსაზღვრამდე ზღურბლის გამოსაყვანად, რამაც გამოიწვია ზღურბლის არასაიმედო არჩევა. გარდა ამისა, არ იყო დადასტურებული, არის თუ არა ზღურბლზე გადაჭარბებული პიკური ნაკადები წარმოქმნილი პუასონის პროცესით თუ არა. ამ კვლევაში განხორციელდა წინასწარი დეკლასტერიზაცია და ზღურბლის არჩევანი მხარდაჭერილია გაფანტვის ინდექსის გრაფიკით, რომ დადასტურდეს, არის თუ არა ხარჯის მიღებული პიკები წარმოქმნილი პუასონის პროცესის მიერ.



სურ 14 - დღიური დაკვირვებული მონაცემები ნამახვანის გამზომი სადგურიდან, გაფართოებული გუმათის მონაცემების საშუალებით.

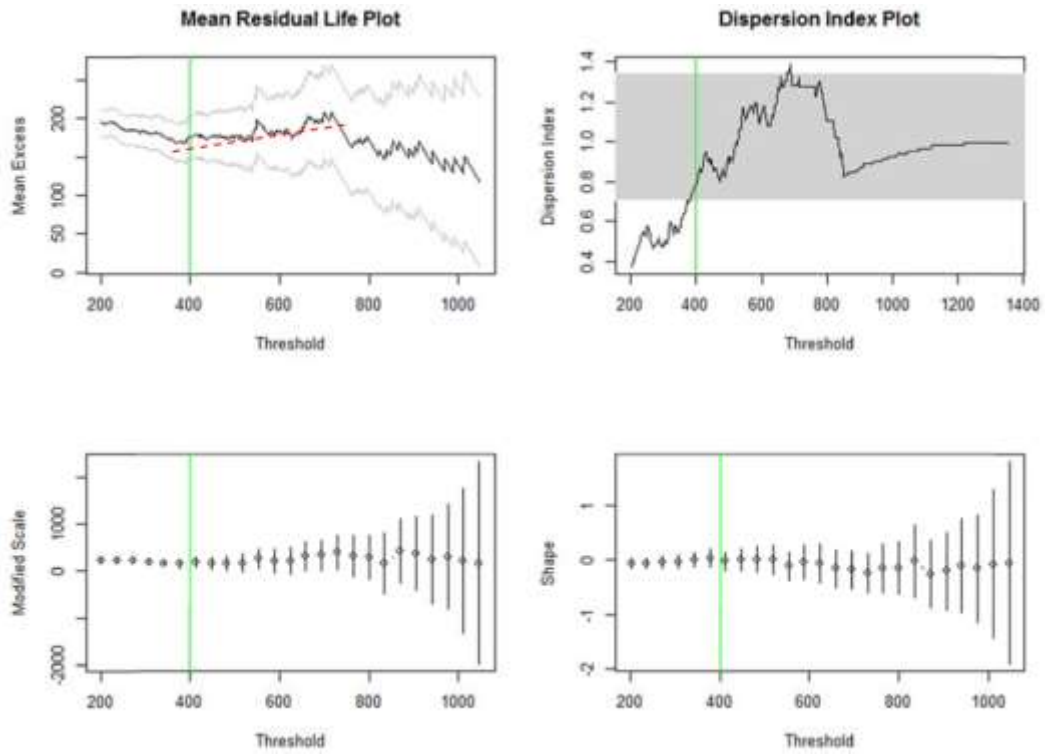
მონაცემები წინასწარ დეკლასტერიზებული იყო ზღურბლისთვის 200 მ³/წმ იმ დამუშავებით, რომ მინიმუმ 15 დღე უნდა ამორებდეს ერთმანეთის მომდევნო კლასტერებს, რომ

გარანტირებული იყოს დამოუკიდებლობა განსაზღვრულ პიკურ მნიშვნელობებს შორის. საშუალო ნარჩენი სიცოცხლის დროის გრაფიკი და გაფანტვის ინდექსის გრაფიკი განისაზღვრა.

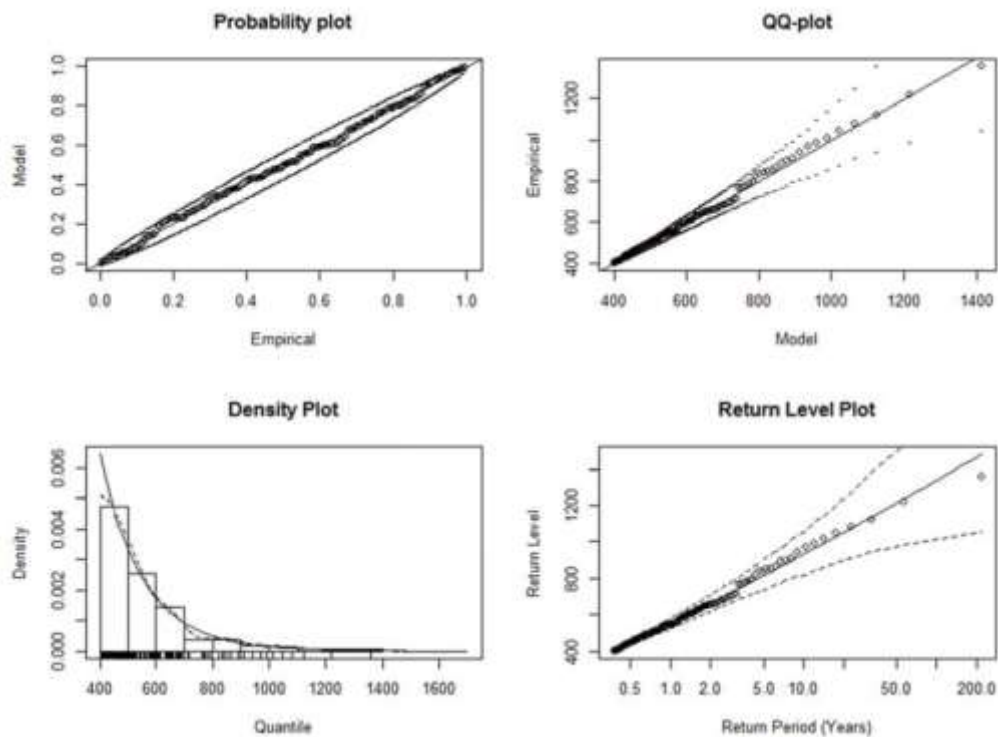
სურ. 15-ზე შეიძლება ვნახოთ, რომ საშუალო გადაჭარბების სტაბილურობა გარანტირებულია ზღურბლის ზემოთ, რომელიც არის დაახლოებით 400 მ³/წმ. გაფანტვის ინდექსი აჩვენებს, არის თუ არა მოვლენები, რომლებიც ამოღებულია გარკვეული ზღურბლისთვის, განაწილებული პუასონის განაწილების მიხედვით, რა არის პირობა პარეტოს განზოგადოებული განაწილებისთვის (GPD), რომ შეთანხმებული იყოს ამოღებულ მონაცემებთან. თუ გაფანტვის ინდექსის მნიშვნელობა არსებითად ახლოს არის 1-თან, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მონაცემები წარმოქმნილია პუასონის პროცესის მიერ..

ამ კვლევაში ინტერვალი [0.75, 1.25] გაფანტვის ინდექსის მისაღები მნიშვნელობისთვის არის დაშვებული. გაფანტვის ინდექსის გრაფიკი სურ. 15 ამტკიცებს, რომ ზღურბლისთვის 400 მ³/წმ, გაფანტვის ინდექსი ჯდება ამ დიაპაზონში. გარდა ამისა, მასშტაბის და ფორმის მოდიფიცირებულ პარამეტრებს აქვთ გონივრული ნდობის ინტერვალი ზღურბლისთვის 400 მ³/წმ, როგორც ნაჩვენებია სურ. 15. საბოლოოდ, არჩეული იქნა ზღურბლი 400 მ³/წმ. პიკური ხარჯები 490 მ³/წმ-ზე მაღლა ამოღებულია მონაცემთა ნაკრების დეკლასტერიზაციის წინ. დეკლასტერიზაცია და მინიმუმ 15 დღის ჰიპოთეზა ორ კლასტერს შორის, როგორც უკვე გაკეთდა წინასწარი დეკლასტერიზაციისთვის, უზრუნველყოფს ამოღებული მოვლენების დამოუკიდებლობას. ეს იწვევს საშუალოდ 2.67 ამოღებულ მნიშვნელობას წელიწადში.

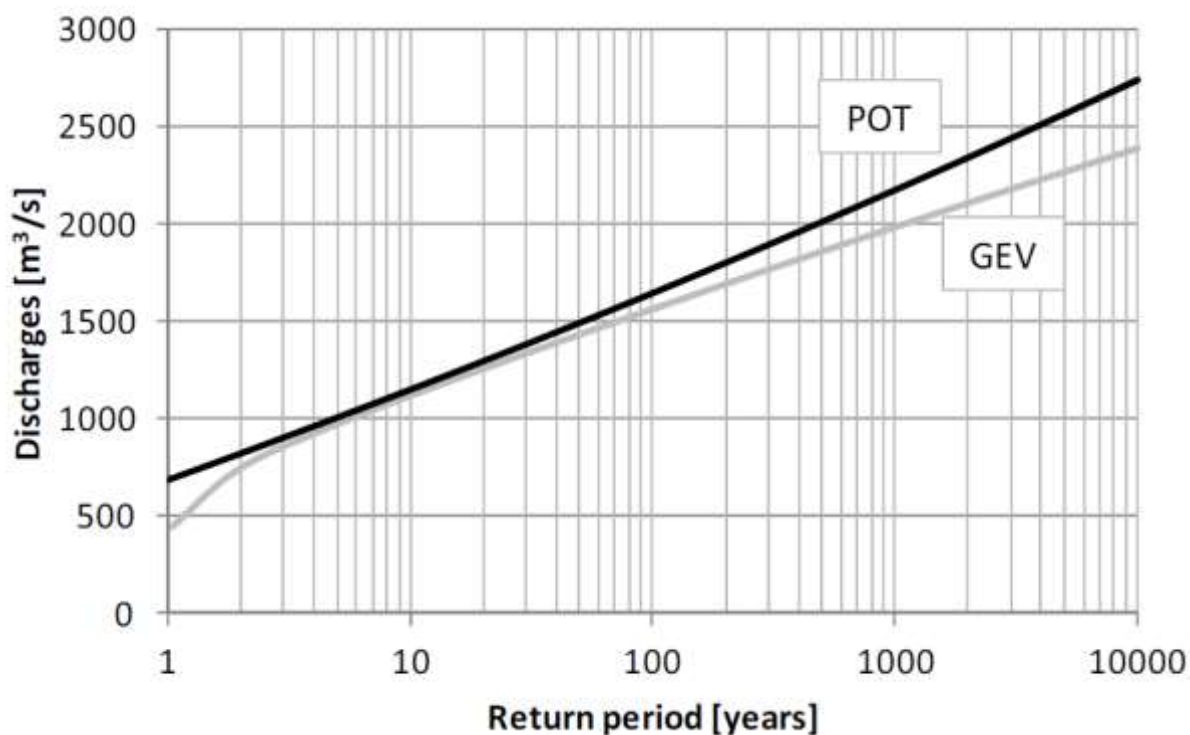
პარეტოს განზოგადოებული განაწილება შეთანხმებულია მთლიანობაში 202 მონაცემთა წერტილთან (სურ. 16). ალბათობის გრაფიკები, ისევე როგორც Qq-გრაფიკი (სურ. 16) აჩვენებს, რომ შეთანხმებული განაწილება კარგად აღწერს მონაცემთა ნაკრების ქცევას. GPD-ის გამოყენებით ექსტრაპოლაცია შედარებულია GEV განაწილების გამოყენებით ჩატარებულ ექსტრაპოლაციასთან სურ. 17. შეიძლება ვნახოთ, რომ შეფასებები, რომლებიც იყენებენ POT მეთოდს, ოდნავ უფრო მაღალია, ვიდრე GEV განაწილებით მიღებული, მაგრამ ზოგადად კარგ თანხმობაშია. ზოგიერთი საკვანძო მნიშვნელობა GPD-თვის მოცემულია ცხრილში 8.



სურ 15 - საშუალო ნარჩენი სივრცის დროის გრაფიკი და გაფანტვის ინდექსის გრაფიკი ზღურბლის ასარჩევად 400 მ³/წმ. პარამეტრის ევოლუცია ზღურბლთან ერთად (ქვედა გრაფიკები) აჩვენებს, რომ შეიძლება ველოდოთ გონივრულ ნდობის ინტერვალს არჩეული ზღურბლისთვის.



სურ 16 - ალბათობის გრაფიკი, Qq-გრაფიკი, სიმკვრივის გრაფიკი და შეთანხმებული პარეტოს განზოგადოებული განაწილება (განმეორების დონის გრაფიკი).



სურ 17 -შეთანხმებული პარეტოს განზოგადოებული განაწილების ექსტრაპოლაცია 10 000 წელზე და POT შეფასებების შედარება GEV განაწილების შეფასებებთან.

ცხრილი 8 - საკვანძო მნიშვნელობები წყალდიდობების შეფასებისთვის, POT მეთოდის გამოყენებით

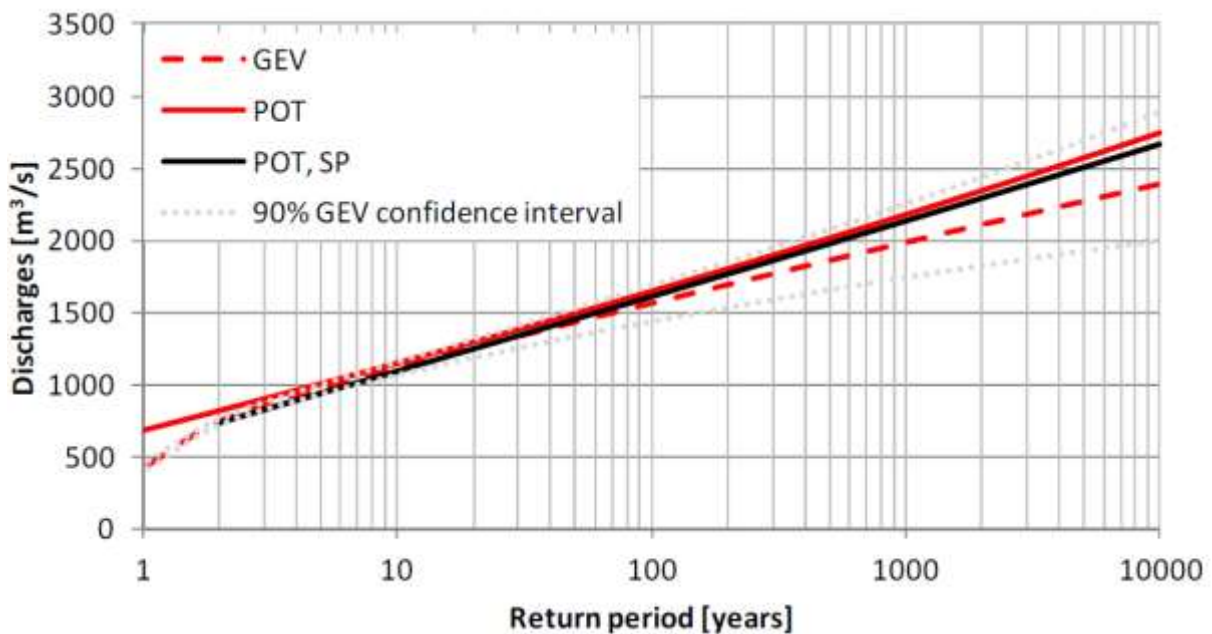
Return period [years]	Q [m³/s]
1	681
2	818
5	1004
10	1147
20	1294
25	1341
50	1492
100	1645
200	1801
500	2013
1000	2177
2000	2344
5000	2570
10000	2745

10.3 წყალდიდობების შეფასებების შედარება Studio Pietrangeli-ის მიერ მიღებულ მნიშვნელობებთან

ამ ნაწილში, GPD (POT მეთოდი) ექსტრაპოლაცია, მიღებული Studio Pietrangeli-ის მიერ შემუშავებული ჰიდროლოგიური ანგარიშის დასკვნებში, შედარებული იქნება ამ კვლევაში შესრულებულ შეფასებებთან. სურ. 18-ზე შეიძლება ვნახოთ, რომ შეფასებები POT

მეთოდით, რომელიც გამოყენებულია Stucky-ის და Studio Pietrangeli-ის მიერ, ძალიან ახლოს არიან ერთმანეთთან. GEV განაწილება, შეთანხმებული წლიური მაქსიმუმების ამონაკრებთან, იძლევა უფრო მცირე შეფასებებს წყალდიდობებისთვის, რომლებიც უფრო დიდია, ვიდრე ასწლიანი წყალდიდობა.

GEV განაწილების 90% ნდობის ინტერვალთან სამი შეთანხმების დაპირისპირება აჩვენებს, რომ ყველა შეთანხმება განმეორების პერიოდების ინტერვალშია 10 წელზე მეტი ხნისთვის. ეს ნიშნავს, რომ უფრო დიდი POT შეფასებები შეესაბამება GEV განაწილების შეთანხმებას. უსაფრთხოების მიზეზების გამო, არჩეული უნდა იყოს POT მეთოდის შედეგები.



სურ 18 - - Stucky-ის და Studio Pietrangeli-ის შეთანხმებული სტატისტიკური განაწილებების შედარება ერთმანეთთან

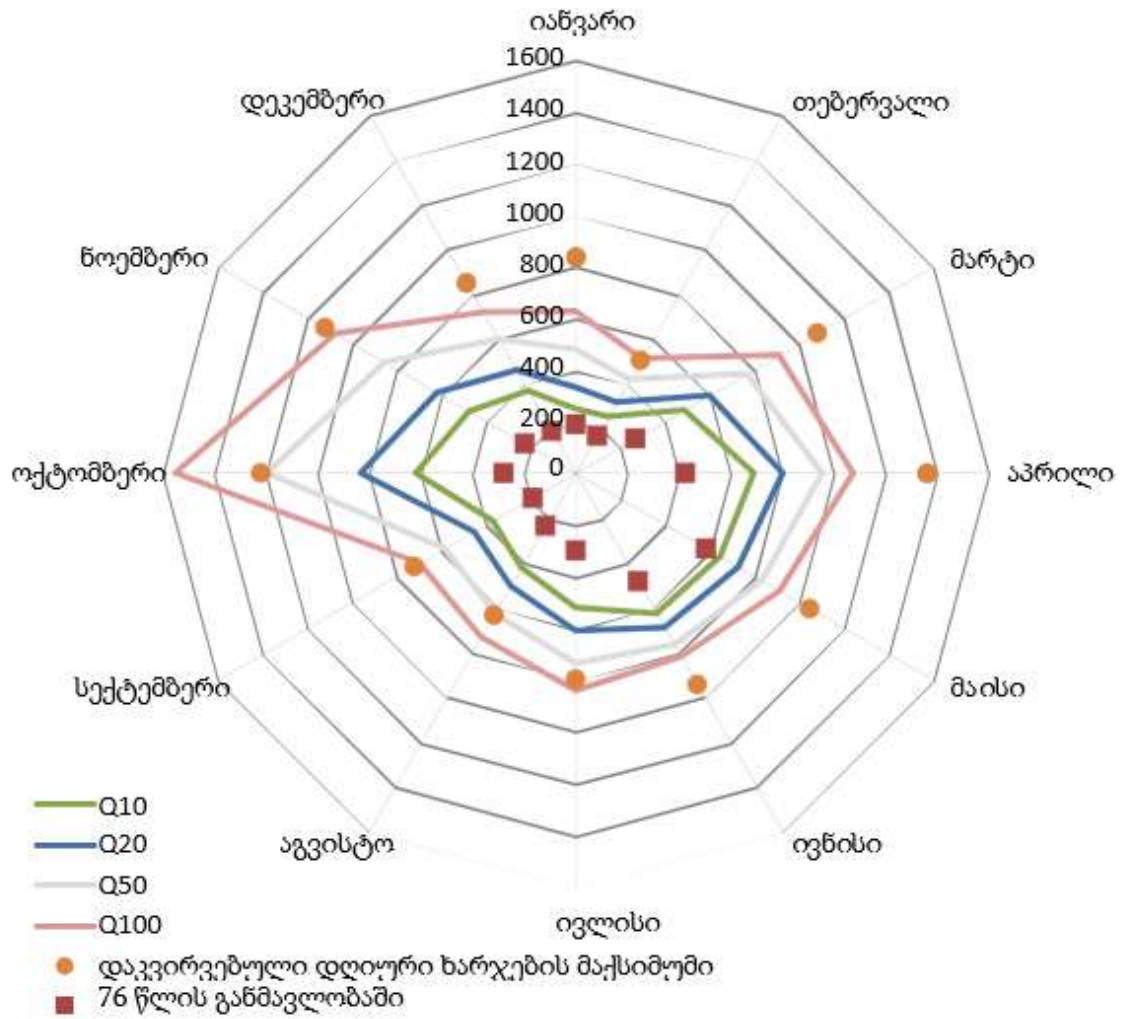
11 სეზონური წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი

სეზონური წყალდიდობების სიხშირის ანალიზი შესრულდა თვეების საფუძველზე. ყოველი წლისთვის განისაზღვრა მაქსიმალური დღიური ხარჯები ყოველ თვეში, Studio Pietrangeli-ის დაჯამებულ მონაცემთა ამონაკრებიდან. შესაბამისად, მონაცემთა 12 ამონაკრები (ერთი ცალი თვეზე) 76 მნიშვნელობის სიგრძით (ერთი ცალი წელიწადზე) შეთანხმდა ექსტრემალური მნიშვნელობების განზოგადოებული განაწილების (GEV) გამოყენებით..

წყალდიდობების შეფასებების წარმოდგენისთვის და თითოეული თვის შეფასების რადარის მსგავს გრაფიკზე წარმოდგენისთვის, არჩეული იქნა წყალდიდობების განმეორების 10, 20, 50 და 100 წლიანი პერიოდები. გრაფიკზე გამოსახული შეფასებების აბსოლუტური მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრილში 9.

ცხრილი 9 - წყალდიდობების სიხშირის შეფასებები და მაქსიმალური დაკვირვებული მნიშვნელობები თვეზე, ისევე როგორც მაქსიმალური თვიური საშუალოები დღიური მონაცემების საფუძველზე.

Month	Q10 [m ³ /s]	Q20 [m ³ /s]	Q50 [m ³ /s]	Q100 [m ³ /s]	Maximum of observed daily discharges during 76 years [m ³ /s]	Maximum of monthly mean [m ³ /s]
January	250	340	480	630	836	188
February	260	320	420	510	502	166
March	490	600	770	910	1080	266
April	700	810	960	1080	1358	424
Mai	650	730	840	920	1047	582
June	630	690	770	820	942	482
July	520	610	740	840	795	299
August	430	510	630	740	633	235
September	370	460	590	700	722	192
October	620	840	1200	1560	1220	280
November	480	630	860	1080	1121	228
December	370	460	600	720	850	187



სურ 19 - წყალდიდობების თვიური სიხშირის ანალიზი

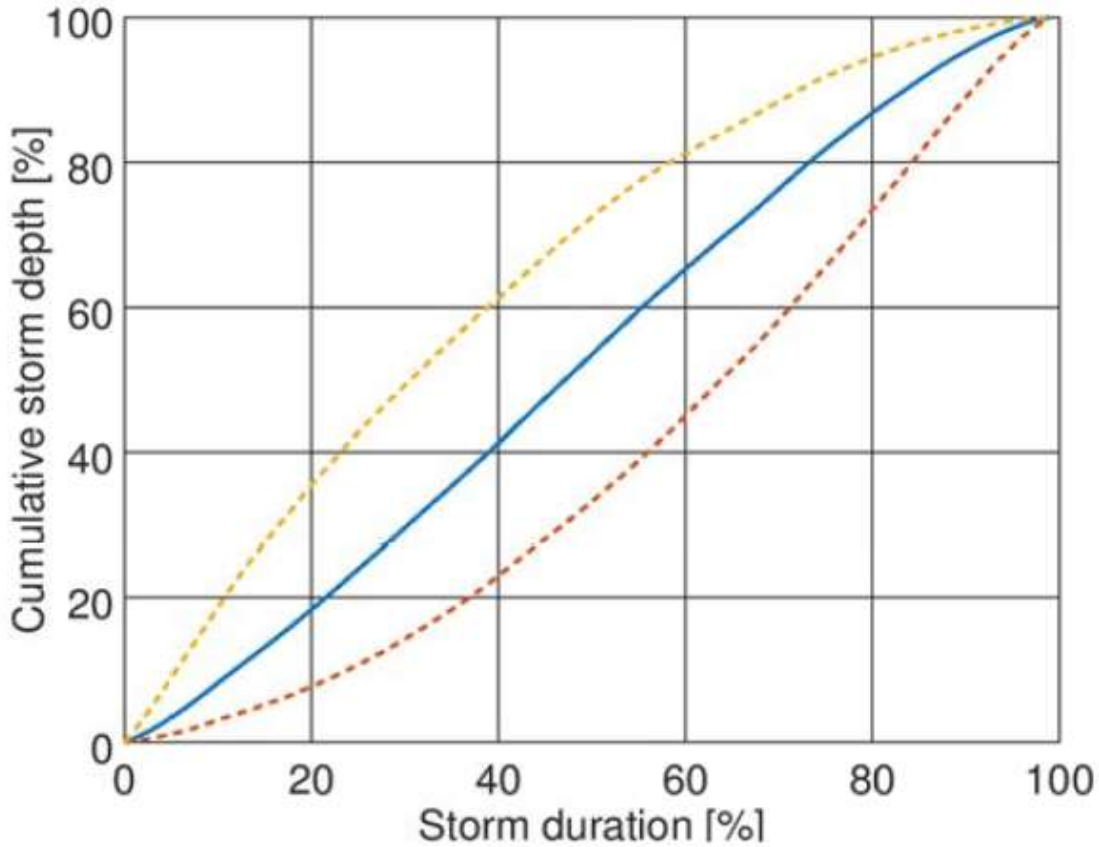
12 შესაძლო მაქსიმალური წყალდიდობის (PMF) განსაზღვრა

12.1 განხილული PMP მნიშვნელობები

მიღებული იყო PMP (შესაძლო მაქსიმალური ნალექი) რიონის აუზისთვის მიზანშეწონილობის კვლევისთვის, რომელიც შესრულებულია Stucky-ის მიერ (2011). ამისთვის გამოყენებული იყო Hershfield-ის მეთოდი. PMP-ის წერტილოვანი მნიშვნელობები, შეფასებული Stucky-ის მიერ (2011), ფართობის შემცირების კოეფიციენტები (ARF), და არაშეწონილი ფართობის შემცირების PMP ცხრილში 10. მოდელი, რომელიც გამოყენებულია PMP- PMF მოდელირებისთვის ამ კვლევაში, ახდენს PMP-ს შეწონვას Shepard-ის ინტერპოლაციის მეთოდის გამოყენებით. შესაბამისად, არაშეწონილი PMP მნიშვნელობები უნდა იყოს განხილული, როგორც შესაყვანი სიდიდეები მოდელში. PMP მნიშვნელობები დროებით განაწილებულია საანგარიშო შტორმული ნალექის მრუდის გამოყენებით, რომელიც წარმოდგენილია სურ. 20.

ცხრილი 10 - PMP მნიშვნელობები ნალექების სხვადასხვა ხანგრძლივობებისთვის, გამოყვანილი Stucky-ის მიერ, ისევე როგორც ფართობის შემცირების კოეფიციენტი და შემცირებული P მნიშვნელობები

		Point PMP	Areal reduced PMP	ARF
		[mm]	[mm]	[-]
1 day	Alpana	646	517	0.8
	Shovi	330	264	
	Oni	527	421	
2 days	Alpana	765	689	0.9
	Shovi	534	480	
	Oni	595	536	
3 days	Alpana	704	668	0.95
	Shovi	494	469	
	Oni	701	666	
5 days	Alpana	919	891	0.97
	Shovi	884	858	
	Oni	713	691	



სურ 20 - საანგარიშო მოსული ნალექის მასის მრუდი, გათვალისწინებული PMP-ის დროებითი განაწილებისთვის

12.2 PMP-PMF მოდელირება

12.2.1 PMP-PMF მოდელირების საწყისი პირობები

იმისთვის, რომ PMP მოვლენა გადავიყვანოთ PMF მოვლენაში, მოდელი არა მხოლოდ დაკალიბრებული უნდა იყოს, მაგრამ ასევე, PMP მოვლენის მოკლე ხანგრძლივობის გამო, მოდელს ასევე უნდა ჰქონდეს საწყისი პირობები. ეს ნიშნავს, რომ მოდელის მდგომარეობის ცვლადებს (ტენიანობა, თოვლის საფარი, თოვლით გაჯერებულობა, საწყისი მყინვარი და თოვლის დნობა) უნდა მიენიჭოთ საწყისი მნიშვნელობები. ეს მდგომარეობის ცვლადები იცვლება მოდელირების დროს.

თუ ტარდება გრძელვადიანი მოდელირება, საწყისი პირობები, რომლებიც დაყენებულია პირველი დროითი ნაბიჯისთვის, უმნიშვნელო ხდება რამდენიმე კვირიდან რამდენიმე თვის ვადაში, ე.წ. გახურების პერიოდში. ეს ნიშნავს, რომ არასწორ საწყის პირობებს მაინც სწორ შედეგებამდე მიყვავართ გარკვეულ მომენტში, თუ მოდელირება საკმარისად დიდხანს გრძელდება. რეალურად, გახურების პერიოდის შემდეგ, მოდელს შეუძლია მდგომარეობის ცვლადების სწორი მნიშვნელობების მოცემა.

ჰიდროლოგიური მოდელის ეს თვისება გამოყენებულია საწყისი პირობების გამოსაყვანად PMP-PMF მოდელირებისთვის, მდგომარეობის ცვლადების მოდელირებული მნიშვნელობების საფუძველზე. რეალურად, დაკალიბრებული მოდელი მუშაობს რამდენიმე წლისთვის. მდგომარეობის ცვლადების მნიშვნელობები შემდეგ აიღება მოდელირებულ მონაცემთა ნაკრებიდან, იმისთვის, რომ დაყენდეს საწყისი პირობები სიმაღლეთა თითოეული დიაპაზონისთვის იმ მნიშვნელობაზე, რომლებიც წინასწარ მოდელირებული იყო იმავე სეზონისთვის. ამ გზით, სწორი საწყისი პირობები შეიძლება იტერაციის გზით განისაზღვროს იმისთვის, რომ შემცირდეს გახურების პერიოდი.

მდგომარეობის ცვლადების მოდელირებული დროითი მწკრივები შემდეგ გაანალიზებული იყო და კრიტიკული დროითი ბიჯები დადგინდა (ნიადაგის ტენიანობის პიკები, გამოწვეული წვიმის მოვლენებით იმ პერიოდების განმავლობაში, როდესაც თოვლი კვლავ არსებობს, მაგალითად). იდენტიფიცირებული დროითი ბიჯებისთვის ამოღებული იყო მდგომარეობის ცვლადები, რომ გამოყენებული ყოფილიყო საწყის პირობებად PMP-PMF მოდელირებისთვის. მთლიანობაში 83 სცენარი აპრილიდან აგვისტომდე იყო განსაზღვრული ამ გზით. მდგომარეობის ცვლადების კრიტიკული მნიშვნელობებისთვის სეზონები არის გვიანი გაზაფხულიდან ადრეულ ზაფხულამდე. ეს მართლაც შეესაბამება პირობებს სველი ნიადაგით და ზამთრიდან დარჩენილი თოვლით. ზამთრის მსგავსი პირობები ან ადრეული გაზაფხულის პირობები არ განიხილება, რადგან PMP ზოგადად მოკლე ინტენსიობის მოვლენაა, რომელსაც სჭირდება მაღალი ტემპერატურა დადგომისთვის. ეს მიდგომა საშუალებას იძლევა, დაყენდეს რეალური და კრიტიკული საწყისი პირობები PMP-PMF მოდელირებისთვის.

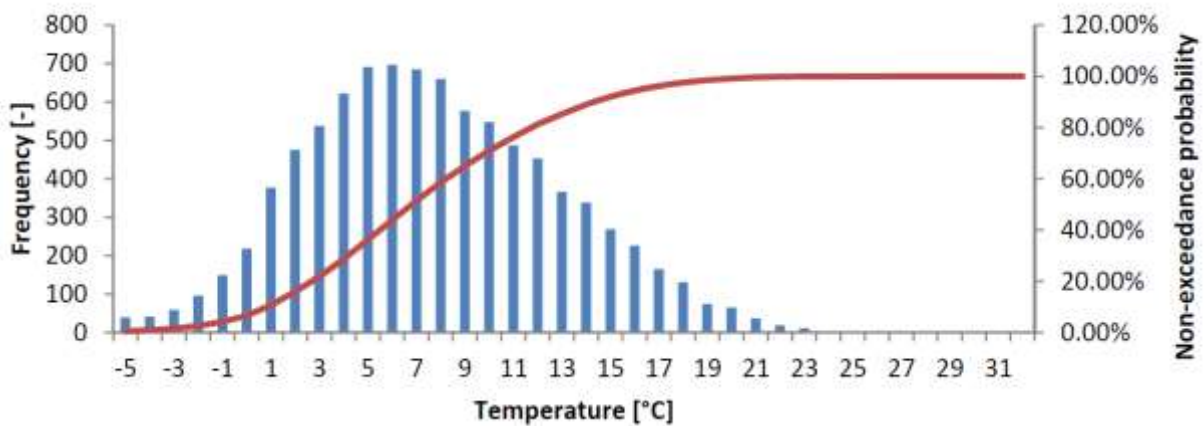
12.2.2 ტემპერატურული დაშვებები PMP-PMF მოდელირებისთვის

ტემპერატურა, რომელიც დაშვებული უნდა იყოს PMP მოვლენის დროს, უნდა შეესაბამებოდეს მაღალ მნიშვნელობებს. ამის მიზეზი ის არის, რომ წყლის შემადგენლობა ჰაერში აუცილებელია PMP მოვლენის წარმოქმნისთვის, რომლის ალბათობა მცირეა დაბალი ტემპერატურის პირობებში. გარდა ამისა, თოვლის დნობისთვის განხილული უნდა იყოს კონსერვატიული მნიშვნელობა, რასაც ასევე მიყვავართ მაღალი ტემპერატურების ვარაუდისკენ. მიუხედავად ზემოთქმულისა, ტემპერატურის დაშვება უნდა იყოს გონივრული.

Zeimetz et al-ის შედეგები (2017) აჩვენებს, რომ 0°C იზოთერმული სიმაღლის 4500 მ ზ.დ. დაშვება კონსერვატიული, მაგრამ გონივრულია შვეიცარიის პირობებისთვის. ნამახვანის კაშხალი ზღვის დონიდან დაახლოებით 300 მ სიმაღლეზეა. PMP მოვლენის დროს, ტემპერატურა ნამახვანის კაშხლის ადგილას იქნება დაახლოებით 27 °C (ნავარაუდებია

ტემპერატურის გრადიენტი $0.0065 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{მ}$ ჰიდროლოგიურ მოდელში და 0°C იზოთერმული სიმაღლე 4500 მ ზ.დ.). კითხვა, რომელსაც პასუხი უნდა გაეცეს, არის თუ არა ეს ტემპერატურა შესაბამისი აპრილის ტემპერატურებისთვის, რომელიც არის თვე, როდესაც ტემპერატურას ყველაზე დიდი გავლენა აქვს მისგან გამოწვეული თოვლის დნობის გამო, თუ ეს ტემპერატურა ზედმეტად მაღალია ამ თვისთვის, რაც იწვევს არარეალურ მნიშვნელობებს თოვლის დნობისთვის.

დაშვება გამოიცადა ნამახვანის ჰესის პროექტის კონტექსტში ტემპერატურული მონაცემების ანალიზით (ERA-INTERIM მონაცემთა ბაზიდან), ნამახვანის კაშხლის მდებარეობის ადგილას. გაანალიზდა მონაცემები 1980-2017 წლებისთვის. სურ. 21 აჩვენებს ჰისტოგრამას და ტემპერატურის დაკვირვებული მაჩვენებლების კუმულაციური სიმკვრივის ფუნქციას აპრილის თვეში. სურათი აჩვენებს, რომ 27°C ტემპერატურა ნამახვანის კაშხლის ადგილას კონსერვატიულია, მაგრამ არარეალისტური არ არის. ამ მიზეზის გამო, 0°C იზოთერმული სიმაღლე 4500 მ ზ.დ. მიღებული იქნა PMF-ის გამოსათვლელად.



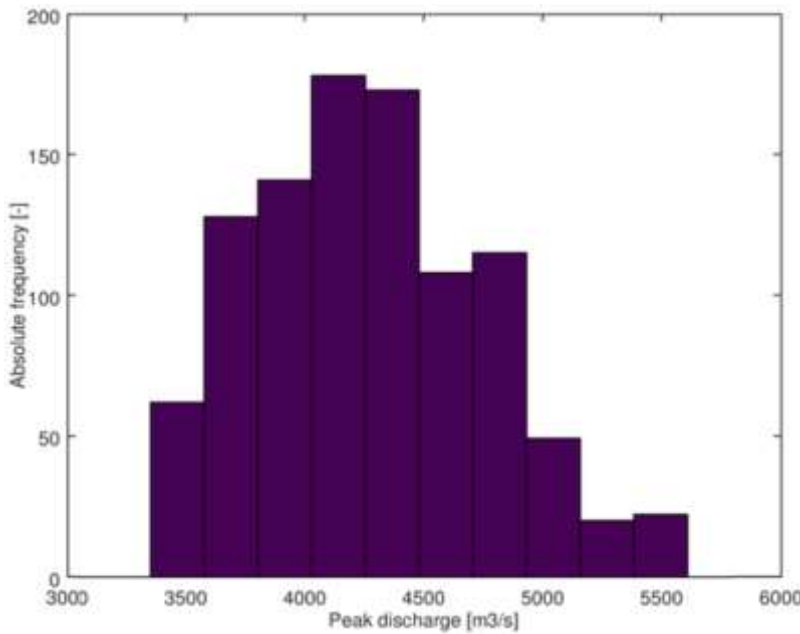
სურ 21 - ტემპერატურის განაწილება აპრილის თვეში, 1980-2017 წლების მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც ამოღებულია ERA-INTERIM მონაცემთა ბაზიდან

12.2.3 PMP-PMF მოდელირების შედეგები

PMP-PMF მოდელირებისთვის, გამოყენებული იყო PMP მოვლენები 4 სხვადასხვა ხანგრძლივობით (1 დღე, 2 დღე, 3 დღე, 5 დღე), დროებით განაწილებული მოსული ნალექის მასის სამი სხვადასხვა მრუდისთვის, შესაბამისი PMF-ის ხარჯების მოდელირებისთვის საწყისი პირობების 83 სცენარის გათვალისწინებით. შესაბამისად, მთლიანობაში 996 მოდელირება ($4 \times 3 \times 83$) იქნა შესრულებული. რადგან ლაჯანურის

გადაგებული ნაკადის მაქსიმალური მნიშვნელობა არის 60 მ³/წმ, დაშვებული იყო 60 მ³/წმ-ის მუდმივი დამატება PMF მოვლენისთვის ლაჯანურიდან.

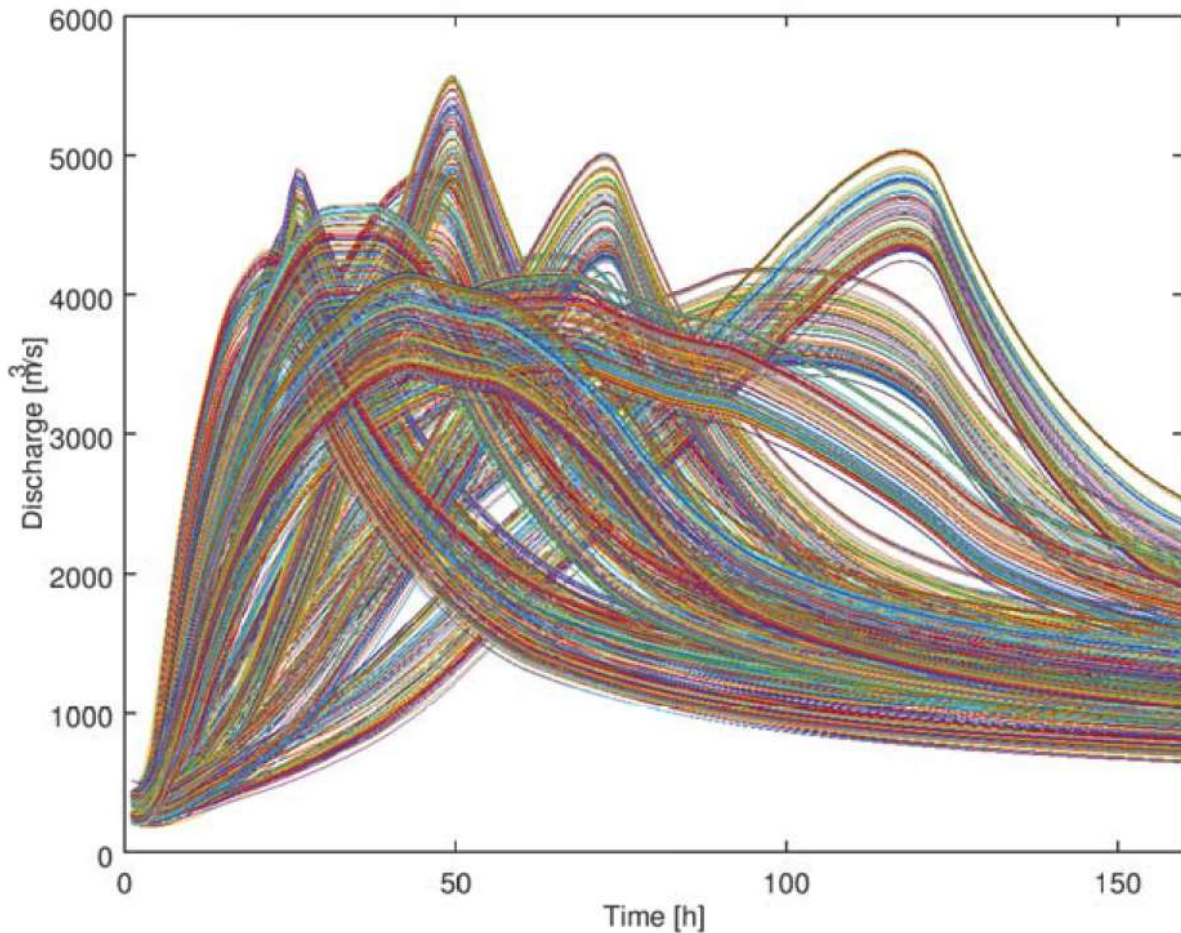
იმ ფაქტის გამო, რომ სხვადასხვა საწყისი პირობები გადაიკვეთა რამდენიმე PMP მოვლენასთან სხვადასხვა ხანგრძლივობით, წარმოიქმნა რამდენიმე პიკური ხარჯი. მოდელირებული პიკური ხარჯების ჰისტოგრამა წარმოდგენილია სურ. 22. რამდენიმე საკვანძო რაოდენობა მოცემულია ცხრილში 11. მოდელირებული PMF-ების ჰიდროგრაფები ნაჩვენებია სურ. 23. შეიძლება გამოყვანილი იყოს სურ. 23-დან, რომ საწყის პირობებს მიყვავართ პიკური ხარჯების ცვლილებებთან დაახლოებით 1000 მ³/წმ. მოვლენა, რომელიც ყველაზე მეტად კრიტიკულია კაშხლისთვის, ვერ განისაზღვრება მხოლოდ პიკური ხარჯების საშუალებით. ის უნდა დადგინდეს წყლის დონის მოდელირებით წყალსაცავში სხვადასხვა PMP მოვლენებისთვის, ევაკუაციის გარკვეული პირობებისთვის, რადგან წყალდიდობის მოცულობა წყლის ხარჯის ზრდასთან ერთად შეიძლება კრიტიკული წყვილი აღმოჩნდეს. შესაბამისად, შესრულდა წყლის დონეების მოდელირება, რაც წარმოდგენილია ნაწილში 12.2.4.



ცხრილი 11 - კვანტილის პიკური ხარჯის მნიშვნელობები

Quantile	PMF peak discharge
5%	3500
25%	3900
50%	4200
75%	4600
90%	4900
95%	5000

სურ 22 - პიკური ხარჯების ჰისტოგრამა 996 მოდელირებული პიკისთვის.



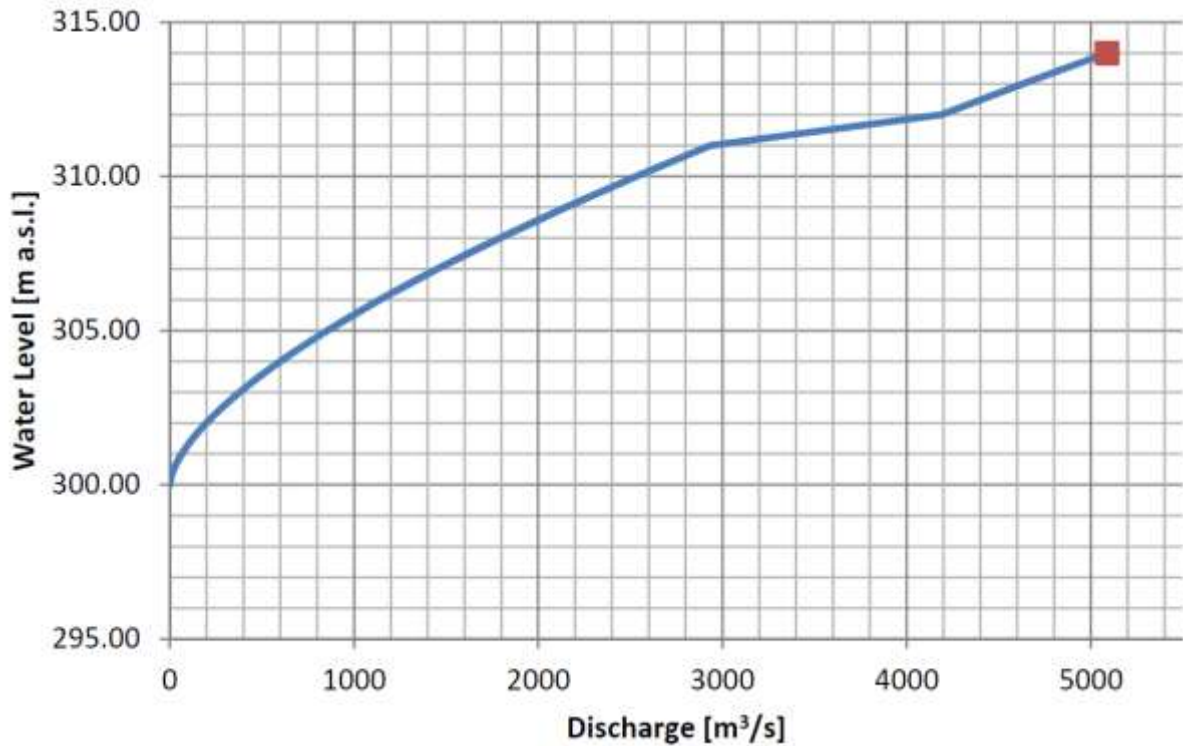
სურ 23 - PMF ჰიდროგრაფები 996 მოდელირებული სცენარისთვის ადრეული, ცენტრალური და გვიანი ფეთქებადი მოვლენებისთვის.

12.2.4 წყლის დონის მოდელირებები

წყალსაცავში წყლის დონეების მოდელირებისთვის, განხორციელებული იყო შემდეგი კრიტერიუმები.

- საწყისი დონე შეესაბამება მაქსიმალური ექსპლუატაციის დონეს 310 მ ზ.დ.
- წყალსაცავის დონე შენარჩუნებულია მუდმივად 310 მ ზ.დ. ფარების ნელა გაღების საშუალებით. როდესაც ფარები ბოლომდე გაღებულია და წყლის დონე მუდმივი რჩება, შემოდინება აღწევს 2530 მ³/წმ.
- თუ შემოდინება აღემატება 2530 მ³/წმ-ს, მოდელირებულია გადინება წყალსაგდების ხარჯის შესაბამისად, როგორც ნაჩვენებია სურ. 24.
- თუ წყლის დონე რეზერვუარში განაგრძობს აწევას და აღწევს 313 მ ზ.დ. (2 მ-ით დაბლა კაშხლის თხემამდე), იღება ქვედა გამოსაშვებები. წყლის გამოშვება რეგულირებულია ისე, რომ არ გადააჭარბოს შედინებას და შეინარჩუნოს წყლის დონე წყალსაცავში მუდმივ ნიშნულზე. წყალსაგდების ხარჯი, ქვედა გამოსაშვებების ხარჯთან ერთად

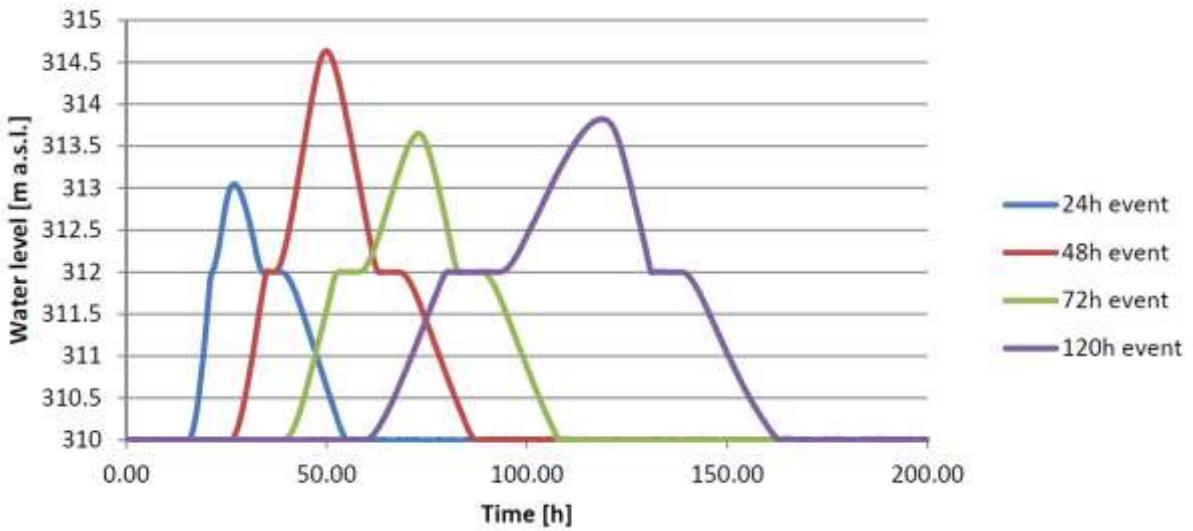
ყველა ფარის მთლიანად გაღებისთვის 312 მ ზ.დ.-ზე ნაჩვენებია სურ. 24.



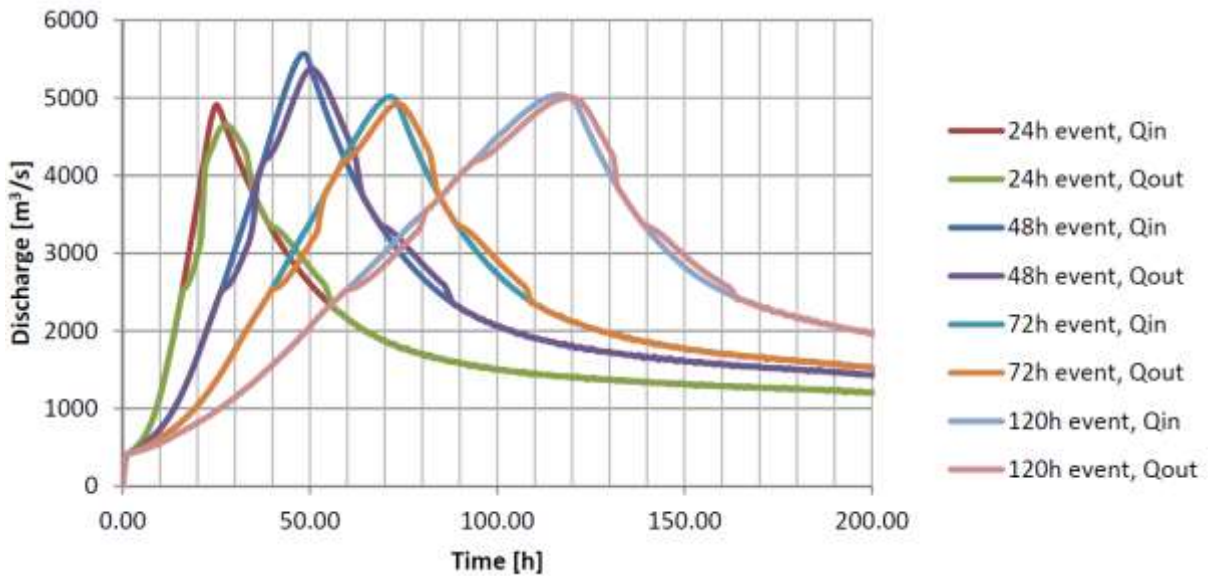
სურ 24 - წყლის გაშვების ხარჯი, რომელიც წარმოადგენს წყალსაგდების 4 ფარის მიერ გაშვებულ ხარჯს (მთლიანად გაღებული) სიგანით 10 მ და მთლიანად გაღებულ ქვედა გამოსაშვებს 312 მ ზ.დ

- როდესაც წყლის დონე კვლავ მიაღწევს 312 მ ზ.დ.-ს, როდესაც PMP მოვლენა შეჩერდება, ქვედა გამოსაშვებები იკეტება და გამოყენება მხოლოდ წყალსაგდები წყლის დონის დასაწევად 310 მ ზ.დ.

წყლის დონეების და წყალდიდობის მარშრუტიზაციის მოდელირება განხორციელდა მხოლოდ ყველაზე უარესი სცენარებისთვის, რომ გაანალიზებული იყოს პოტენციური დატბორვის ეფექტი. წყლის დონეების შეფასებები (სურ. 25) აჩვენებს, რომ 24სთ, 72სთ და 120 სთ მოვლენებისთვის, დონე დგას კაშხლის თხემზე დაბლა, მაშინ როცა 48სთ PMP მოვლენა იწვევს წყლის დონეს 314.6 მ ზ.დ. თუმცა წყლის გადავლა მაინც აცილებულია კაშხლის პარაპეტის არსებობის გამო კაშხლის თხემზე, რომელიც აღწევს 315.2 მ ზ.დ. ჰიდროგრაფები სურ. 26 აჩვენებს შემოდინების და გადინების ხარჯებს PMP მოვლენისთვის ხანგრძლივობით 24სთ, 48სთ, 72სთ და 120სთ, კომბინირებულს ყველაზე მძიმე საწყის პირობებთან. ამ სურათიდან შეიძლება გამოვიყვანოთ, რომ PMF მოვლენებისთვის, წყალსაცავის დატბორვის ეფექტი უმნიშვნელოა. პიკური ხარჯი შემცირებულია მხოლოდ დაახლოებით 5%-ით.



სურ 25 - წელის დონის შეფასებები PMP მოვლენებისთვის ხანგრძლივობით 24სთ, 48სთ, 72სთ და 120სთ



სურ 26 - წყალდიდობის შემოდინების და გადინების ჰიდროგრაფები, წარმოქმნილი PMP მოვლენის მიერ ხანგრძლივობით 24სთ, 48სთ, 72სთ და 120სთ.

12.2.5 მიღებული PMF ხარჯი

დატბორვის დაბალი ეფექტის გამო, შეიძლება დავუშვათ, რომ გადინების ხარჯი უდრის შემოდინების ხარჯს და შესაბამისად, შემოდინების პიკური ხარჯი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია წყალსაგდების დაპროექტებისთვის. 996 PMF მოდელიდან, შეიძლება დავუშვათ რომ გონივრული ხარჯი შეესაბამებოდეს 90% კვანტილს. ამ კვანტილის ზემოთ, მოდელირებული ხარჯები მართლაც მიიღება დაბალი ალბათობის კომბინაციებით ნალექებს და საწყის პირობებს შორის. **PMF ხარჯი $Q_{PMF}=4'900$ მ³/წმ არის, შესაბამისად, მიღებული. PMF მოვლენასთან დაკავშირებულმა მოცულობამ შეიძლება მიაღწიოს 3500**

მილიონ მ³-ს (ამ შემთხვევაში 1000 მილიონი მ³ მოდის თოვლის და მყინვარის დნობიდან, ისევე როგორც წყლიდან, რომელიც თავიდან შენახულია ნიადაგში და გამოდის გარეთ, როგორც საბაზისო ხარჯი PMF მოვლენის დროს). PMF-ის ყველაზე სავარაუდო მოცულობა არის 2000 და 3000 მილიონ მ³-ს შორის.

13 საბოლოო დასკვნები

13.1 ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდი

რაც შეეხება ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდს, არსებული ანალიზი ემსახურებოდა Studio Pietrangeli-ის (2015) მიერ განსაზღვრული ხარჯის უზრუნველყოფის მრუდების დადასტურებას.

შიდასეზონური ტენდენცია შეიძლება ინახოს ისტორიულ მონაცემებში. თვეებს დაბალი ხარჯით აქვთ აღმავალი ტენდენცია, მაშინ როცა თვეებს მაღალი ხარჯით, პირიქით, აქვთ დაღმავალი ტენდენცია. თუმცა, ეს უნდა დადასტურდეს კლიმატის ცვლილების კვლევით.

13.2 წყალდიდობის სიხშირის ანალიზი

ამ კვლევაში შესრულებულ წყალდიდობის სიხშირის ანალიზს მივყავართ დასკვნამდე, რომ წყალდიდობების შეფასებები Studio Pietrangeli-გან (2015) შეესაბამება უახლეს შეფასებებს ((Stucky, 2017), რომლებიც ეფუძნება განახლებულ მონაცემებს. შემოთავაზებული წყალდიდობის ხარჯები (POT ანალიზიდან) განმეორების სხვადასხვა პერიოდებისთვის ცხრილში 12.

მოცემულია

ცხრილი 12 - წყალდიდობების მიღებული ხარჯები განმეორების სხვადასხვა პერიოდებისთვის, განსაზღვრული POT მეთოდით.

Return period [years]	Q [m ³ /s]	Retained Q [m ³ /s]
1	681	680
2	818	820
5	1004	1000
10	1147	1150
20	1294	1300
25	1341	1340
50	1492	1500
100	1645	1650
200	1801	1800
500	2013	2000
1000	2177	2180
2000	2344	2350
5000	2570	2570
10000	2745	2750

13.3 PMF შეფასება

PMF შეფასდა PMP მონაცემების საფუძველზე, რომელიც მიღებულია ნალექების დაკვირვებული მოვლენებიდან, Hershfield-ის მეთოდის გამოყენებით. გამოყენებული იყო დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მეთოდი PMP-ის PMF-ში გადასაყვანად, ადგილობრივი ჰიდროლოგიური პირობების გათვალისწინებით. ტენიანობა და თოვლი, რომელიც წინ უსწრებდა მოვლენას, გათვალისწინებულია მოდელირების საწყის პირობებში.

PMF ხარჯი მიღებული, როგორც რეკომენდაცია კაშხლის დაპროექტებისთვის, არის **QPMF=4'900მ³/წმ** (90% კვანტილი). წყალსაგდების დიზაინი მნიშვნელოვანი წყალდიდობის წყლის ევაკუაციის საშუალებას იძლევა, მაგრამ დატბორვის ეფექტი შეიძლება მოხდეს წყალსაცავის მცირე მოცულობის გამო.

14 დანართები

14.1 საშუალო თვიური ხარჯის მონაცემები ნამახვანზე

ცხრილი 13 - საშუალო თვიური ხარჯის მონაცემები (მ3/წმ) ნამახვანის გამზომ სადგურზე.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1910	64.9	70	62.9	162	201	241	156	112	85.3	61.3	88.3	40.5
1911	41.6	58.6	75.8	270	333	223	176	121	92.4	57.3	53.3	30.9
1912	57.7	141	152	308	270	240	193	136	74.6	93.6	143	75.2
1913	50.5	54	104	208	228	220	168	112	78	93.9	47.8	61.5
1914	89.6	56	142	185	246	249	199	205	93.3	86.1	91.4	71.7
1915	57.9	60.1	137	226	358	309	178	106	95.3	84.5	90.8	80.5
1916	72.1	57.2	77.5	103	146	119	95.3	88.3	103	80.5	67.8	90.5
1917	78.9	80.9	113	208	158	175	153	108	111	88.5	71.1	70
1918	61.9	65.4	77.2	129	146	161	140	126	72.6	34.2	49	31.4
1919	28.5	70	142	290	288	322	294	96.5	49	36.5	158	50.5
1920	51	88	85.5	172	220	231	171	106	94.5	160	67.5	31
1921	29.5	29.5	35.5	262	251	234	87.5	49	89.5	120	82	67.5
1922	75.5	74.5	172	323	352	236	236	115	112	238	118	90.8
1923	34	43	58	146	344	137	213	274	57	155	59	48
1924	36	36	76	184	278	319	182	130	93.5	102	101	38.8
1925	28.6	43.4	218	174	192	206	163	104	64.9	47.9	59.3	114
1926	50.6	36.3	92.1	222	331	275	230	183	131	89	60.5	78.9
1927	71.9	56.2	136	254	307	200	226	195	100	56.7	71.8	77.5
1928	55.4	75.6	92.2	359	246	209	155	126	119	144	49.6	47.3
1929	33.5	31.2	55	247	266	190	174	86.8	92.6	95.1	32.9	27.6
1930	24.2	42.4	89.3	155	185	218	139	94.6	78.6	96	79.9	60.1
1931	44.4	34.6	119	190	299	266	210	99.8	100	80.2	53.5	68.9
1932	42	61.7	205	308	348	276	211	165	148	59	78.3	46.2
1933	32.7	52.8	69	152	263	223	182	140	106	90	137	130
1934	62.8	51.1	127	162	233	214	186	147	77.1	86.2	55.8	43.4
1935	41.8	60.1	79.5	179	214	151	155	96.5	59.8	43.3	42.9	28
1936	31.7	52.5	73.9	292	238	265	183	106	138	261	108	78
1937	54.3	111	127	242	215	214	194	224	96.4	91.8	71.2	75.9
1938	49.9	44.8	92	335	321	225	130	73.4	58.3	32	58.2	88.5
1939	31.1	47.1	98.5	231	306	218	222	180	146	239	140	104
1940	97.8	92.1	89.2	252	229	274	204	118	79.5	171	122	96.7
1941	96.6	120	145	309	298	236	146	88	80	120	16	72.5
1942	56.3	57.5	62.7	166	289	197	197	91.6	55.8	69.9	94.2	74.2
1943	37.8	35.1	46.5	159	199	211	126	100	68.5	33.8	61.1	61.1
1944	52.7	84.5	148	156	331	241	167	96.3	96.7	72.9	66.8	25
1945	26	30.7	46.7	153	222	254	127	81.8	76.7	110	49.2	71.1
1946	59	61.1	91.7	240	287	197	156	93	69.3	117	90	43.8
1947	48.3	65	113	119	137	184	136	104	81	111	139	51.5
1948	86.7	75.2	77.5	257	318	253	126	97	93.9	141	63.8	41.5

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1949	32	31.5	94.2	157	307	195	115	119	85.2	69.1	40.7	29
1950	32.6	50.2	159	270	205	152	158	102	53.2	167	87.2	45.5
1951	44.8	43	97.4	124	192	189	130	87.6	90.8	152	109	93.5
1952	66.7	92.3	115	254	281	242	172	89.2	60.1	52.2	56.8	58.8
1953	42	75.5	93.8	306	373	282	194	175	78.3	70.4	59.5	50.1
1954	51.4	62.8	125	238	363	232	157	101	61.9	52.8	27.2	19.1
1955	19.4	42.7	67.1	180	187	149	111	85.4	84.3	59.5	60.8	73.8
1956	48	68.6	75.2	283	334	345	195	118	113	89.4	186	95.2
1957	10.5	59	138	245	225	178	138	91.8	43.8	41.9	28.8	68.9
1958	54.3	75.1	130	278	390	285	173	108	86.5	59.8	40.8	44
1959	50	34.6	77.5	233	228	172	141	125	128	123	72.9	71.9
1960	72.6	123	95.8	220	232	212	167	97.3	70.2	72.3	47.2	52
1961	31.7	48.4	80.7	240	298	224	186	113	93.7	71.3	84.4	102
1962	52.7	44.3	97.5	116	137	101	88	80.7	51.3	79.2	37	118
1963	98.2	69.2	90.7	197	252	299	234	141	99.7	113	129	122
1964	73.2	87.4	125	189	293	237	157	109	138	95.7	84	76.5
1965	56.1	58.3	123	204	262	274	163	116	64.6	86.8	84.4	70
1966	170	81.3	83.1	183	232	220	187	110	86.8	41	35.1	43.4
1967	46.2	48.4	58.5	118	192	196	168	172	90.8	68.8	60.1	123
1968	74.4	73.8	135	328	210	198	157	120	74	111	62.8	66.1
1969	51	38.8	75.69	139	191	132	98.7	81.2	60.4	73.2	54.4	68.6
1970	45.5	106	7	258	232	200	160	142	98.881	140	129	108
1971	64.3	57.4	122	161	249	244	150	105	2	66.6	94.8	124
1972	56.4	60.8	73.9	238	234	206	156	100	123	149	85	44.2
1973	45.8	71.8	68.3	143	167	171	160	90.9	47.1	62.7	91.6	83.8
1974	34	47.8	104	116	286	234	157	107	79.3	42.5	40.6	36
1975	50.4	41	146	306	218	222	183	95.6	63.6	125	63.1	52.9
1976	54.1	46.9	118	293	313	248	187	122	63.7	108	45.5	45.6
1977	30.8	37	76	154	176	191	125	114	97.8	132	78.2	75.7
1978	49	93.6	141	246	287	301	208	178	68.1	65	66.2	72.5
1979	70.8	80.1	57	215	250	164	178	79.1	30.6	39.3	92.6	39.1
1980	18.6	18.1	56.1	213	278	168	86.7	57.4	52.7	87.9	87.6	30.9
1981	47.1	19.8	53.7	134	229	249	172	92.4	103	38.5	83.7	63.4
1982	48.2	50.7	94.4	302	295	210	296	138	70.4	43.5	42.4	35.5
1983	38.9	57.2	130	239	221	221	176	150	118	113	178	104
1984	59.5	37	72.9	208	218	244	186	141	70.5	49.9	51.2	29.3
1985	29	55.6	65.3	220	256	188	118	98.8	79.3	127	91.7	56.1
1986	37.4	64.4	87.2	187	218	222	149	84.5	48	47.5	43.5	39
1987	110	147	117	272	586	503	255	152	48	32.9	71.1	93.7
1988	49.8	55.9	105	255	273	320	250	211	152	130	159	153
1989	60.3	49.4	220	292	210	302	206	174	99.7	178	160	140
1990	79	65.6	158	269	341	265	202	138	111	97.1	134	85.9
1991	25.7	50	98.4	175	202	162	128	104	49.6	35.1	38.9	35.5
1992	12.5	22.2	77.8	181	226	213	178	118	107	140	111	73.4

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1993	57.3	45.6	104	255	203	186	144	84.5	82.8	38.1	48.9	36.3
1994	52.7	55.1	115	234	195	169	132	148	81.8	61.7	89.4	68.0
1995	88.4	68.2	124	212	278	259	237	163	124	145	146	79.3
1996	73.4	65.2	61.8	143	215	267	194	156	156	192	111	160
1997	139	178	86.4	319	384	321	273	163	127	122	141	74.5
1998	68.3	85.3	128	315	272	253	165	114	74.4	46.1	92.9	129

14.2 პარამეტრების მნიშვნელობები დაკალიბრებული ჰიდროლოგიური მოდელისთვის

ცხრილი 14 - HBV მოდელის პარამეტრების მნიშვნელობები მოდელის დაკალიბრების შემდეგ დღიურ მეტეოროლოგიურ მონაცემებზე

Parameter	Units	Descripton	Value	calibrated
A	m ²	Surface of the basin	depends on altitude band	no
CFMax	mm/°C/d	Melting factor	depends on altitude band	yes
CFR	-	Refreezing factor	0.05	no
CWH	-	Critical relative water content of the snow pack	0.10	no
TT	°C	Threshold temperature of rain/snow	3.00	yes
TTInt	°C	Temperature interval for rain/snow mixing	0.39	yes
TTSM	°C	Threshold temperature for snow melt	0.00	no
Beta	-	Model parameter (shape coefficient)	2.35	yes
FC	m	Maximum soil storage capacity	0.45	yes
PWP	-	Soil permanent wilting point threshold	0.45	yes
SUMax	m	Upper reservoir water level threshold	0.06	yes
Kr	1/d	Near surface flow storage coefficient	0.13	yes
Ku	1/d	Interflow storage coefficient	0.28	yes
Kl	1/d	Baseflow storage coefficient	0.08	yes
Kperc	1/d	Percolation storage coefficient	0.60	yes

ცხრილი 15 - მოდელის პარამეტრების მნიშვნელობები მოდელის დაკალიბრების შემდეგ ყოველდღიურ მეტეოროლოგიურ მონაცემებზე

Parameter	Units	Descripton	Value	calibrated
A	m ²	Surface of infiltration	depends on altitude band	no
Asn	mm/°C/d	Reference degree-day snowmelt coefficient	depends on altitude band	yes
AsnInt	mm/°C/d	Degree-day snowmelt interval	3.97	yes
Aph	d	Phase shift of the sinusoidal function	180	yes
ThetaCri	-	Critical relative water content of the snow pack	0.1	no
bp	d/mm	Melt coefficient due to liquid precipitation	0.0125	no
Tcp1	°C	Minimum critical temperature for liquid precipitation	0.07	yes
Tcp2	°C	Maximum critical temperature for solid precipitation	4.4	yes
Tcf	°C	Critical snowmelt temperature	0	no
AgI	mm/°C/d	Reference degree-day glacier melt coefficient	8.4	yes
AgIInt	mm/°C/d	Degree-day glacier melt interval	0	no
Tcg	°C	Critical glacier melt temperature	0	no
Kgl	1/d	Release coefficient of glacier melt reservoir	2.83	yes
Ksn	1/d	Release coefficient of snowmelt reservoir	0.2	yes

14.3 წლიური მაქსიმუმების ამონაკრები, გამოყენებული წყალდიდობების ინდექსის მეთოდის გამოყენებისთვის

ცხრილი 16 - წლიური მაქსიმუმების მონაცემთა ამონაკრები [მ3/წმ] გამოზომი სადგურებისთვის ნამახვანი, ალპანა, ხიდიკარი, ონი, უწერა და გლოლა მნიშვნელობები, რომლებიც დაემატა Studio Pietrangeli-ის მიერ გამოყენებულ ამონაკრებს, გამოყოფილია მწვანე ფერით.

		Namakhvani	Alpana	Khidikari	Oni	Utsera	Glola
Values for Namakhvani augmented by 100 m3/s to account for the maximum outflow that could be generated by Ladjanuri (commissioned in 1960)	1938	834	408	-	189	-	-
	1939	989	436	-	-	-	-
	1940	1500	1065	-	174	-	-
	1941	952	900	440	105	-	-
	1942	638	462	414	157	-	145
	1943	823	770	278	118	-	62.1
	1944	830	825	549	304	-	316
	1945	545	435	438	102	-	82.8
	1946	870	540	158	68	-	88.3
	1947	751	354	148	66	-	49.7
	1948	621	422	-	118	-	82
	1949	541	476	-	153	-	105
	1950	590	426	-	97	-	71
	1951	621	374	242	133	-	93
	1952	934	480	438	185	-	209.8
	1953	800	563	508	248	-	244.26
	1954	634	586	217	200	-	110
	1955	607	400	245	149	-	92
	1956	1240	564	380	195	-	142
	1957	756	349	301	169	-	98
	1958	1030	475	320	149	-	175.26
	1959	616	360	271	134	102	-
	1960	546	412	332	144	110	-
	1961	730	480	382	208	104	-
	1962	688	519	418	136	96	-
	1963	592	406	283	189	-	-
	1964	642	410	363	206	96	-
	1965	466	352	330	156	78	-
	1966	900	583	395	252	128	-
	1967	816	513	329	258	177	-
1968	773	556	254	206	97	-	
1969	634	406	292	186	116	-	
1970	605	449	225	155	113	-	
1971	607	480	316	220	125	-	
1972	716	566	453	210	167	-	
1973	491	276	369	181	131	-	
1974	611	411	358	224	110	-	
1975	614	498	347	263	176	-	

	Namakhvani	Alpana	Khidikari	Oni	Utsera	Glola
1976	668	452	260	153	113	-
1977	526	424	226	170	122	-
1978	688	532	370	223	128	-
1979	713	497	310	165	135	-
1980	770	605	505	338	184	-
1981	597	397.5	361	186	129	-
1982	832	481	390	176	131	-
1983	1260	426	334	138	128	-
1984	810	388	328	193	162	-
1985	504	416	278	157	122	-
1986	279.2	278.75	327	178	131	-
1987	1158.7	721.25	-	388.1	-	-
1988	731.9	503.75	-	299.0	-	-
1989	809.3	562.5	-	386.8	-	-
1990	858.5	606.25	-	291.1	-	-
1991	741.7	-	-	150.2	-	-
1992	631.0	-	-	224.6	-	-
1993	950.8	747.5	-	236.6	-	-
1994	501.8	-	-	-	-	-
1995	692.5	-	-	-	-	-
1996	1193.1	-	-	-	-	-
1997	1107.0	-	-	-	-	-
1998	664.2	-	-	-	-	-
1999	1287.8	-	-	-	-	-
2000	520.3	-	-	-	-	-
2001	501.8	-	-	-	-	-
2002	824.1	-	-	-	-	-
2003	1500.6	-	-	-	-	-
2004	877.0	-	-	-	-	-
2005	1670.3	-	-	-	-	-
2006	495.7	-	-	-	-	-
2007	843.8	-	-	-	-	-
2008	1328.4	-	-	-	-	-
2009	516.6	-	-	-	-	-
2010	1092.8	-	-	-	-	-
2011	557.2	-	-	-	-	-
2012	774.9	-	-	-	-	-
2013	784.7	-	-	-	-	-
Mean flood peak	782	500	337	190	126	127
Catchment area [km ²]	3425	2830	2010	1060	707	643
Number of values [-]	76	54	43	55	27	17

14.4 უგანზომილებო საკვანძო მნიშვნელობები შეფასებული წყალდიდობების ინდექსის მეთოდის საშუალებით, GEV განაწილების გამოყენებით

ცხრილი 17 - წყალდიდობის შეფასებული უგანზომილებო ხარჯების საკვანძო მნიშვნელობები და 90% ნდობის ინტერვალი GEV განაწილების გამოყენებით.

Return period [years]	Q [m ³ /s]	90% confidence interval	
		Q _{lower} [m ³ /s]	Q _{upper} [m ³ /s]
1.05	0.5676	0.5363	0.6082
2	0.9509	0.9235	0.9811
5	1.2381	1.1928	1.2823
10	1.4252	1.3624	1.4840
20	1.6025	1.5157	1.6861
25	1.6583	1.5627	1.7526
50	1.8289	1.7068	1.9558
100	1.9962	1.8362	2.1623
200	2.1610	1.9597	2.3688
500	2.3754	2.1170	2.6552
1000	2.5353	2.2268	2.8836
2000	2.6933	2.3318	3.1216
5000	2.8993	2.4606	3.4437
10000	3.0531	2.5522	3.6987