

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბაჩანა ფიფია

საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული
პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური
მონაცემების გათვალისწინებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0405

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

ივლისი, 2019 წ.

საავტორო უფლება © 2019 წელი, ბაჩანა ფიფია

თბილისი

2019 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ბაჩანა ფიფიას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

....., 2019 წელი

ხელმძღვანელი: პროფესორი გ. ხელიძე

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2019

ავტორი: ბაჩანა ფიფია

თემის დასახელება: „საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით“

ფაკულტეტი: ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის

აკადემიური ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:, 2019 წ.

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთ მოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის დომინანტი ადგილი ჰიდროენერგეტიკულ რესურსებს უჭირავს. ქვეყნის ტერიტორიაზე მიედინება 26 000-მდე მდინარე, ჯამური სიგრძით დაახლოებით 60 ათასი კილომეტრი.

ქვეყანაში 90-მდე ჰიდროელექტროსადგურია, რომლებიც ელექტროენერჯის წარმოების მთავარ ძალას წარმოადგენს. ჰიდროენერგეტიკის განვითარება ქვეყნის ენერგეტიკის სექტორის ზრდის პრიორიტეტულ მიმართულებად მოიაზრება. საქართველოში გამომუშავებული ელექტროენერჯის 80%-ზე მეტი ადგილობრივ ჰიდროელექტროსადგურებზე იწარმოება. ჰიდროელექტროსადგურებიდან ელექტროენერჯის წლიური გენერაცია დაახლოებით 9,9 მლრდ კვტ.სთ-ს შეადგენს (2018 წლის მონაცემებით).

უკანასკნელი ოთხი ათეული წლის განმავლობაში დედამიწაზე კლიმატის ცვლილების მყარი ტენდენცია გამოიკვეთა. ამ კუთხით ჩატარებულია არაერთი კვლევა, მათ შორის საქართველოშიც, რომელმაც ცხადყო რომ კლიმატის ცვლილება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის რესურსებზე. მიუხედავად აღნიშნულისა, კლიმატის ცვლილების გავლენა მდინარეთა წყლიანობაზე და ამ მიმართებით მათი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება პრაქტიკულად არ განხორციელებულა.

საკითხის შესწავლას ართულებს ის, რომ მე-20 საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისიდან საქართველოში არსებული მდინარეების უმეტესობაზე არ ხორციელდება ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, შესაბამისად, ქვეყნის მდინარეების უმრავლესობაზე წყლის ჩამონადენის შესახებ ინფორმაცია ბოლო სამი ათეული წლის განმავლობაში ძალიან მცირეა. ხსენებული კი იმას ნიშნავს, რომ არ არსებობს სრულყოფილი ინფორმაცია იმასთან დაკავშირებით, თუ რა გავლენა იქონია კლიმატის ცვლილებამ საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალზე.

აგრეთვე აღსანიშნავია, რომ „საქართველოს ენერგეტიკის დარგში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითად მიმართულებას“ ქვეყნის ენერგეტიკული რესურსების ეფექტური გამოყენება წარმოადგენს, რაც შეამცირებს იმპორტირებულ ელექტროენერჯიაზე დამოკიდებულებას და გაზრდის ქვეყნის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას. ამ მიზნით, საქართველოს ენერგეტიკის სექტორში ათეულობით ახალი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა არის დაგეგმილი.

იმისათვის, რომ სათანადოდ იქნეს შეფასებული ქვეყნის ენერგეტიკული შესაძლებლობები, მნიშვნელოვანია გვექონდეს სრულყოფილი ინფორმაცია საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ. ამ მიზნით, ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა საქართველოს ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომლებიც გამოირჩევიან ტოპოგრაფიული, კლიმატური, ჰიდროლოგიური პირობებით

და მათთვის განხორციელდა როგორც ჰიდროლოგიური, ისე ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებები.

არსებითია ისიც, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული მდინარეები შესაბამის გასწორებში ხასიათდებიან ბუნებრივი ჩამონადენით, ე. ი. ისინი არ არიან დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

ნაშრომის I თავში მოცემულია ინფორმაცია საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლის შესახებ.

საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსის განსაზღვრის პირველი ცდა ჩატარებული იყო 1913 წელს, ხოლო საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის ბოლო შეფასება 1987 წელს განხორციელდა და აღნიშნული სიდიდე ნორმატიულ საინჟინრო-ტექნიკურ დოკუმენტებში მიღებულია როგორც საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.

ნაშრომის II თავში გაანალიზებულია გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის ფარგლებში ჩატარებული კვლევების შედეგები. აღნიშნული კვლევები ეხება დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე საშუალო წლიური ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობის ცვლილების შესწავლას და აგრეთვე ამ პარამეტრების საპროგნოზო მნიშვნელობებს. საქართველოში კლიმატის ცვლილების ნიშნები შეინიშნება მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან და ჩატარებული კვლევებით დასტურდება კლიმატის ცვლილების გავლენა მდინარეების ალაზნის, იორის, რიონის, ცხენისწყლის ჩამონადენზე.

ამავე თავში მოყვანილია მონაცემები საქართველოს მდინარეებზე ჰიდროლოგიური საგუშაგოების ქსელის მდგომარეობისა და ჰიდროლოგიური დაკვირვებების მონაცემთა ბაზის მდგომარეობის შესახებ.

ერთი მხრივ კლიმატის ცვლილების ფონზე მიმდინარე მდინარეთა წყლიანობის ცვლილება და მეორე მხრივ ახალი ჰიდროლოგიური მონაცემები მდინარეთა ჩამონადენის შესახებ ცხადყოფს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი შეფასების აუცილებლობას.

ნაშრომის III თავში მოცემულია მდინარეთა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების გაანგარიშების მეთოდი დაკვირვებული წყლის ხარჯების მიხედვით, ამასთან გათვალისწინებულია ხარჯის რიგების რეპრეზენტატულობის, საშუალო წლიური წყლის ხარჯისა და ვარიაციის კოეფიციენტის საშუალო კვადრატული ცდომილების დასაშვებ ზღვრებში არსებობა.

განხილულია მდინარის პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების განსაზღვრის მეთოდები, რომელთაგან საანგარიშოდ შერჩეულია მდინარის თეორიული რესურსების აღრიცხვის ხაზობრივი მეთოდი.

ნაშრომის IV თავში ჩატარებულია საქართველოს ექვსი რეგიონის 18 მდინარის ჰიდროლოგიური და ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებები, რაც ეფუძნება საინჟინრო პრაქტიკაში კარგად აპოზირებულ, ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდს.

კვლევებით დადასტურებულია, რომ კლიმატის ცვლილებამ არსებითი გავლენა მოახდინა გამოკვლეული მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, მათ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალზე.

ნაშრომის V თავში გამოთქმულია მოსაზრება მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისას გათვალისწინებული იქნეს გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე. როგორც ცნობილია, საქართველოს საპროექტო პრაქტიკაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდედ მიღებულია მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რომლის გაშვება უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი. მოცემული წყლის ხარჯი და ამ ხარჯზე მოსული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ნაწილი ფაქტობრივად ვერ გამოიყენება ელექტროენერჯის საწარმოებლად.

აქედან გამომდინარე, ჩვენს მიერ შემოტავაზებული იქნა მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის ცნება გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით, ან უბრალოდ გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება, რომელიც ასახავს ფაქტობრივ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რაც თავის მხრივ ძალიან მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკული სექტორის შესაძლებლობების პროგნოზირებისთვის, როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

Abstract

Hydropower resources occupy dominant place among natural wealth of Georgia. There are up to 26 000 rivers flowing on the territory of the country with total length of 60 thousand kilometers.

There are up to 90 hydroelectric plants in the country, which represent main source of production of electric energy. Development of Hydropower is deemed priority direction for growth of the country's energy industry. 80 % of the electric energy is produced by local hydroelectric plants. Annually, approximately 9.9 billion KWh electric power is generated by the hydroelectric plants (according to 2018 data).

Over the past four decades, steady tendency of climate change has been observed on Earth. Numerous studies concerning this issue have been conducted, including in Georgia. These studies revealed that the climate change significantly affects water resources. Despite the above mentioned, study of effects of the climate change on water levels in rivers and evaluation of their Hydropower potential has not yet been conducted.

Study of the issue is complicated as hydrological observations have not been carried out for most of the rivers of Georgia since the beginning of the 1990s, accordingly there is very scarce information regarding the runoffs of majority of the country's rivers for last three decades, which means that there is no sufficient information concerning effects of the climate change on runoffs of the rivers of Georgia and accordingly, Hydropower potential of the country.

It should also be noted that "the main direction of the state policy in the energy sector" is the efficient use of the country's energy resources, which will reduce dependence on imported electricity and increase the country's energy security. For this reason, construction of dozens of new hydroelectric plants is planned.

In order to properly evaluate energetic capabilities of the country, it is important to have comprehensive information about Hydropower potential of the rivers of Georgia. For this reason, we selected 18 rivers in six regions of Georgia, which are prominent in terms of topographic, climatic and hydrological conditions and conducted appropriate hydrological and hydroenergetic calculations.

It is also worth mentioning that the selected rivers are characterized by natural runoffs in appropriate alignments, i.e. they are not subject to anthropogenic impact.

In chapter I of the thesis, information on study of Hydropower potential of rivers of Georgia is presented.

First attempt to assess Hydropower resources of the rivers of Georgia was made in 1913. The latest evaluation of energetic potential of rivers of Georgia was conducted in 1987 and the obtained value is considered energetic potential of rivers of Georgia by normative engineer-technical documents.

In chapter II of the thesis, analysis results of the study are presented, which was conducted under the UN draft convention on climate change. These studies

relate to assessment of changes in annual mean temperature and precipitation levels in west and east Georgia as well as predicted values of these parameters. In Georgia, signs of climate changes have been observed since the 1970s. Conducted studies have confirmed the impact of climate change on the runoff of Alazani, Iori, Rioni and Tskhenistskali rivers.

This chapter also presents data on condition of hydrological outpost network and hydrological observation database.

Changes in the water level in rivers of Georgia, caused by climate change on one hand, and new hydrological data on runoff of rivers on the other hand prove that reassessment of Hydropower potential is essential.

Chapter III of the thesis presents the method of calculation of average multiyear water discharge of rivers in consideration of observed water discharges. Representativeness of water discharge lines, average annual water discharge and root mean square of variation coefficient within acceptable limits are also taken into account.

Methods of assessment of potential Hydropower resources of rivers is discussed. For calculations, methodology of linear accounting of theoretical energetic resources is selected.

Chapter IV of the thesis presents hydrological and hydroenergetic calculations for 18 rivers of six regions of Georgia, which are based on the methodology of linear accounting of energetic resources used in engineering practice. The studies confirmed that climate change has significantly affected runoffs of the evaluated rivers and accordingly their Hydropower potential.

Chapter V of the thesis presents an opinion, according to which, environmental water discharge value shall be taken into account when assessing Hydropower potential of rivers. As is known, environmental water discharge value, implemented in the engineering practice of Georgia represents 10% of average multiyear water discharge, release of which shall be ensured. The given water discharge and its Hydropower potential cannot be used for generating of electricity.

Considering the above mentioned, we proposed concept of energetic potential of river in consideration of environmental requirements or simply environmental Hydropower potential, which reflects actual Hydropower potential, which is very important for prediction of capacity of Hydropower sector in terms of both technical and investment attractiveness.

შინაარსი

	88
შესავალი.....	16
თავი 1. მონაცემები საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლის შესახებ.....	19
თავი 2. კლიმატის ცვლილების გავლენა წყლის რესურსებზე.....	23
2.1. კლიმატის ცვლილება და საქართველო.....	23
2.2. საქართველოს მდინარეებზე წარმოებული ჰიდროლოგიური დაკვირვებები.....	30
თავი 3. მდინარეთა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების განსაზღვრა და ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშების მეთოდები.....	33
3.1. მდინარეთა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების განსაზღვრა.....	33
3.2. ჰიდროენერგეტიკული რესურსების კლასიფიკაცია.....	36
3.3. თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშების მეთოდები.....	38
3.3.1. მდინარის თეორიული რესურსების ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდი.....	41
3.3.2. მდინარის თეორიული ჰიდრორესურსების განსაზღვრის მეთოდები წყალშემკრები აუზის ფართობზე დამოკიდებულებით.....	43
3.3.3. მდინარის თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების განსაზღვრის მეთოდი წყალშემკრები აუზის ფიგურის მოცულობისგან დამოკიდებულებით.....	44
თავი 4. საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების და თეორიული სიმპლავრის დადგენა საკვლევი მდინარეებისთვის.....	46
4.1. კახეთის რეგიონი.....	47
4.1.1. მდ. სამყურისწყალი.....	47
4.1.2. მდ. ალაზანი.....	51
4.1.3. მდ. ილტო.....	58

4.1.4. მდ. სტორი.....	61
4.2. აჭარის რეგიონი.....	65
4.2.1. მდ. აჭარისწყალი.....	65
4.2.2. მდ. ჩირუხისწყალი.....	69
4.3. იმერეთის რეგიონი.....	73
4.3.1. მდ. ყვირილა.....	73
4.3.2. მდ. ხანისწყალი.....	77
4.4. სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონი.....	81
4.4.1. მდ. ნენსკრა.....	81
4.4.2. მდ. მესტიაჭალა.....	85
4.4.3. მდ. ნაკრა.....	87
4.4.4. მდ. ენგური.....	91
4.4.5. მდ. აბაშა.....	95
4.4.6. მდ. კასლეთი.....	97
4.5. გურიის რეგიონი.....	99
4.5.1. მდ. ნატენები.....	99
4.5.2. მდ. გუბაზეული.....	102
4.5.3. მდ. სუფსა.....	106
4.6. რაჭა-ლეჩუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონი.....	109
4.6.1. მდ. რიონი.....	109
4.7. ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები და მისი ანალიზი.....	114
თავი 5. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი	
ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.....	118
დასკვნა.....	123
გამოყენებული ლიტერატურა.....	125

ცხრილების ნუსხა

83.

ცხრილი 1. საქართველოს ძირითადი მდინარეების პოტენციური სიმძლავრეები.....	37
ცხრილი 2. მდ. სამყურისწყალი - ჰ/ს ყადორის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	48
ცხრილი 3. მდ. სამყურისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	51
ცხრილი 4. მდ. ალაზანი - ჰ/ს შაქრიანის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	52
ცხრილი 5. მდ. ალაზნის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	55
ცხრილი 6. მდ. ილტო - ჰ/ს საბუეს საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	59
ცხრილი 7. მდ. ილტოს საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	60
ცხრილი 8. მდ. სტორი - ჰ/ს ლეჩურის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები..	63
ცხრილი 9. მდ. სტორის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	65
ცხრილი 10. მდ. აჭარისწყალი - ჰ/ს ხულოს საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	67
ცხრილი 11. მდ. აჭარისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	68
ცხრილი 12. მდ. ჩირუხისწყალი - ჰ/ს შუახევის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	70
ცხრილი 13. მდ. ჩირუხისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში.....	72
ცხრილი 14. მდ. კვირილა - ჰ/ს ზესტაფონის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	74

ცხრილი 15. მდ. ყვირილას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	75
ცხრილი 16. მდ. ხანისწყალი - ჰ/ს ბაღდათის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	78
ცხრილი 17. მდ. ხანისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	80
ცხრილი 18. მდ. ნენსკრას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები ჰ/ს ლახამის კვეთში.....	82
ცხრილი 19. მდ. ნენსკრას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	84
ცხრილი 20. მდ. მესტიაჭალას - ჰ/ს მესტიას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.	86
ცხრილი 21. მდ. მესტიაჭალას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	87
ცხრილი 22. მდ. ნაკრას - ჰ/ს ნაკის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	89
ცხრილი 23. მდ. ნაკრას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	90
ცხრილი 24. მდ. ენგურის - ჰ.ს ხაიშის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები..	92
ცხრილი 25. მდ. ენგურის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	94
ცხრილი 26. მდ. აბაშას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	97
ცხრილი. 27. მდ. კასლეთის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	99
ცხრილი 28. მდ. ნატანები - ჰ/ს ვაკიჯვარის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	101
ცხრილი 29. მდ. ნატანების საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	102

ცხრილი 30. მდ. გუბაზეული - ჰ/ს ხიდისთავის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	104
ცხრილი 31. მდ. გუბაზეულის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	105
ცხრილი 32. მდ. სუფსა - ჰ/ს ხიდმაღალას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	107
ცხრილი 33. მდ. სუფსას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	108
ცხრილი 34. მდ. რიონი - ჰ/ს ხიდიკარის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები.....	111
ცხრილი 35. მდ. რიონის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში.....	113
ცხრილი 36. საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.....	115
ცხრილი 37. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.....	121

ნახაზების ნუსხა

გვ.

ნახ.1. საშუალო ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ცვლილება 1960 წლამდე არსებულ საშუალო სიდიდესა და 1957-2006 წლების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობას შორის.....	24
ნახ. 2. 2100 წლისთვის ნალექების ჯამების ცვლილება.....	25
ნახ. 3. წყლის გამოყენება საქართველოში (ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოყენებული წყლის ჩათვლით, მლნ. მ ³ /წ)	26
ნახ. 4. მდ. ალაზნისა და ხრამი-დებედას ჩამონადენის შესაძლო ცვლილებები 1990 წლამდე არსებულ ჩამონადენთან შედარებით.....	27
ნახ. 5. კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი გავლენა საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე.....	28
ნახ. 6. ჰიდროლოგიური საგუშაგოების რაოდენობის დინამიკა 1932-2016 წლებში.....	31
ნახ. 7. მდინარის ჰიდროენერჯის საანგარიშო სქემა.....	39
ნახ. 8. მდინარის სიმძლავრისა და ენერჯის გრაფიკული გამოთვლა.....	42
ნახ. 9. მდ. სტორის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება.....	61

მადლიერება

უპირველესად, დიდი მადლიერება მინდა გამოვხატო, ჩემი სადოქტორო თემის ხელმძღვანელის პროფესორ გრიგოლ ხელიძის მიმართ, რომელმაც საქმიანი რჩევებითა და კონსულტაციებით დიდი წვლილი შეიტანა ჩემი სადოქტორო ნაშრომის შესრულებაში.

უღრმეს მადლობას ვუხდი ჰიდროლოგ ბაადურ უკლებას დისერტაციის შესრულების დროს საგულისხმო რჩევების მოცემისათვის.

შესავალი

თემის აქტუალურობა. როგორც ცნობილია, მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან შეინიშნება დედამიწის კლიმატის ცვლილება, რაც გამოიხატა ტემპერატურის, ნალექების, მყინვარების ფართობებისა და სხვა კლიმატის მაფორმირებელი ფაქტორების რაოდენობრივ ცვლილებაში. აღნიშნული ფაქტორები არსებით გავლენას ახდენს მდინარეთა ჩამონადენის ჩამოყალიბებაზე, რომელთა რაოდენობრივი ცვლილება აუცილებლად აისახება მდინარეთა წყლიანობაზე. კლიმატური ფაქტორების ცვლილება გამოვლინდა საქართველოს ტერიტორიაზეც. ამ უკანასკნელის გავლენა საქართველოს მდინარეების წყლიანობის რაოდენობრივ ცვლილებებზე ნაკლებად არის შესწავლილი. რაც შეეხება მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რომლის განმსაზღვრელი არსებითი კომპონენტია მდინარეთა ჩამონადენი (წყლის ხარჯი), იგი საქართველოს მდინარეებისთვის გამოანგარიშებულია მე-20 საუკუნის 70-80-იანი წლების ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით და არ იძლევა სრულყოფილ წარმოდგენას ფაქტობრივი ჰიდროენერგეტიკული რესურსის შესახებ. გამომდინარე ზემოთ მითითებულიდან, საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით აქტუალურ პრობლემად უნდა იქნეს მიჩნეული.

მეცნიერული სიახლე. მე-20 საუკუნის 80-იანი წლებიდან მოყოლებული პირველად არის შესრულებული საქართველოს რიგი მდინარეების წყლიანობის რაოდენობრივი შეფასება, გლობალური კლიმატის ცვლილების ტენდენციის გათვალისწინებით. ამასთან ერთად, პირველად არის შემოთავაზებული მდინარეების ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანია კლიმატის გლობალური ცვლილების ტენდენციის გათვალისწინებით საქართველოს მდინარეების წყლიანობის განსაზღვრა და მის საფუძველზე მდინარეების

ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის რაოდენობრივი შეფასება, მდინარეთა ჩამონადენის შესახებ არსებული ფაქტობრივი მონაცემების საფუძველზე.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. შერჩეულია განსხვავებული კვების სახეობის მქონე საქართველოს ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომლებიც არ არის დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას. საერთაშორისო სამეცნიერო და საინჟინრო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებული მდინარეთა წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგების ალბათური დამუშავების, აგრეთვე ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის მეთოდებით შესრულებულია ამ მდინარეების საკვლევ გასწორებში წყლის ხარჯების გაანგარიშებები და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრა. ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა მდინარის წყლის ხარჯებისა და მათი შესაბამისი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის არსებითი განსხვავება ამჟამად ოფიციალურად არსებულ მონაცემებთან შედარებით და წარმოაჩინა მთლიანად საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი განსაზღვრის საკითხი. ამას გარდა, ნაშრომში შემოთავაზებულია ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის საჭიროება, რაც საშუალებას მოგვცემს მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი შეფასდეს გარემოსდაცვითი ფაქტორების გათვალისწინებით.

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრა არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გამოყენებით, საშუალებას მოგვცემს დავადგინოთ მისი ფაქტობრივი სიდიდე, როგორც ცალკეული მდინარეებისათვის, ასევე მთლიანად საქართველოს მასშტაბით. აღნიშნული მნიშვნელოვანია ქვეყნის ენერგეტიკული სფეროს განვითარების სწორად დაგეგმვისათვის.

კვლევის შედეგების გამოყენება შესაძლებელი იქნება მდინარეთა ენერგეტიკული ათვისების სქემების შედგენისას და ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰესების რანჟირებას მათი განხორციელების პრიორიტეტის

მიხედვით. კვლევის შედეგები გამოყენება ასევე ძალიან მნიშვნელოვანი იქნება ჰიდროენერგეტიკული სექტორის შესაძლებლობების პროგნოზირებისთვის, როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

ნაშრომის აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. ასევე, სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე - ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია, თბილისი 2017 წელი. აგრეთვე, 2018 წლის 18 ოქტომბერს მოხსენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და ფოჯას უნივერსიტეტის პირველ ერთობლივ საერთაშორისო კონფერენციაზე - “მრეწველობის დარგების დინამიკა და თანამედროვე ტენდენციები საქართველოსა და ევროკავშირში: საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები მიწოდების ჯაჭვის მენეჯმენტში“.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო სტატია, სადისერტაციო საბჭოს მიერ რეკომენდებულ გამოცემებში.

თავი 1. მონაცემები საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლის შესახებ

საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის პოტენციალური (თეორიული) ჰიდროენერგეტიკული რესურსის განსაზღვრის პირველი ცდა ჩატარებული იყო ა. ესენის მიერ 1913 წელს, რომელმაც შეისწავლა საქართველოს 49 მდინარე. აქედან, 37 მდინარის პოტენციალური რესურსი მდინარეების გრძივი პროფილის მიხედვით იყო გამოთვლილი, ხოლო დანარჩენი 12-ის - მდინარე ანალოგების მიხედვით. მარგი ქმედების კოეფიციენტის ერთის ტოლობის შემთხვევაში, ამ მდინარეების სიმძლავრემ 6,2 მლნ კვტ შეადგინა. მიღებული შედეგები მცირე შესწორებით გამოქვეყნდა 1924 წელს [1].

1933 წელს გამოიცა „ამიერკავკასიის ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ატლასი“ [2]. ატლასის მონაცემებით, საქართველოს მდინარეების პოტენციური სიმძლავრე, როდესაც მ.ქ.კ. $\eta = 1$, შეფასებული იყო 10,05 მლნ კვტ-ით, ხოლო, წლიური გამომუშავება - 88 მლნ კვტ.სთ-ით. ატლასში გათვალისწინებული იყო 46 მდინარე, რომელთაგან 33 მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი 1000 და მეტ კვადრატულ კილომეტრს შეადგენდა.

საქართველოს პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსები 1938 წელს შეფასებული იყო, აგრეთვე, ჰიდროპროექტის ამიერკავკასიის განყოფილების მიერ, რომელმაც შეისწავლა 48 დიდი მდინარე. შეფასების შედეგად, საქართველოს მდინარეების ჯამურმა სიმძლავრემ (როცა მ.ქ.კ.-ის მნიშვნელობა მიღებულია ერთის ტოლად) 9,87 მლნ კვტ, ხოლო წლიურმა გამომუშავებამ 86,36 მლრდ კვტ.სთ შეადგინა. 1945 წელს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიასთან არსებულმა საწარმოო ძალთა საბჭომ შეადგინა ქვეყანაში არსებული მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსების რუკა. აღნიშნული მონაცემებით, $\eta = 1$ -ის პირობებში, 187 მდინარის

ჯამურმა სიმძლავრემ 11,12 მლნ კვტ შეადგინა, ხოლო საშუალო წლიურმა გამომუშავებამ - 108 მლრდ კვტ.სთ.

1946-1960 წლებში ჰიდროენერგეტიკული რესურსების შესწავლას აწარმოებდა ინსტიტუტი „ჰიდროპროექტი“ [3], რომლის მონაცემებითაც, საქართველოს პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსი 11,12 მლნ კვტ სიმძლავრით და 97,4 მლრდ კვტ.სთ წლიური გამომუშავებით განისაზღვრა.

შემდგომში, ქვეყანაში ელექტროენერჯის მოხმარების მკვეთრმა ზრდამ და ჰესების მშენებლობის ინტენსიფიკაციამ განაპირობა საქართველოს როგორც დიდი, ისე მცირე მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მონაცემების დაზუსტება. ამასთან ერთად, გამოვლენილი იყო მთელი რიგი უზუსტობები საწყის ჰიდროლოგიურ მონაცემებში, რომელიც საფუძვლად ედო წინა წლებში ჩატარებულ ჰიდროენერგეტიკულ ანგარიშებს. ამდენად, აუცილებელი გახდა საქართველოს მდინარეების პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხელახალი გადაანგარიშება ახალი, დაზუსტებული ჰიდროლოგიური და ტოპოგრაფიული მონაცემების გათვალისწინებით. ასეთი სამუშაოები ჩატარდა 1962 წელს, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. დიდებულის სახელობის ენერგეტიკის ინსტიტუტში [4]. აღნიშნულის პარალელურად, ინსტიტუტში წარმოებდა კვლევები მთის მდინარეების პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების შეფასების არსებული მეთოდოლოგიის გასაუმჯობესებლად. ჩატარებულმა კვლევებმა შესაძლებელი გახდა ახალი მონაცემების მიღება, რომლის საშუალებითაც საქართველოს მდინარეების ადრე გამოთვლილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი 27%-ით გაიზარდა. 319 შესწავლილი მდინარის ჯამურმა სიმძლავრემ 15,5 მლნ კვტ, ხოლო წლიურმა გამომუშავებამ 135,8 მლრდ კვტ.სთ შეადგინა.

1987 წელს, ამიერკავკასიის რეგიონალურ ინსტიტუტში, საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული

რესურსების ხელახალი შეფასებისთვის, აკადემიკოს გივი სვანიძის ხელმძღვანელობით, ჩატარდა ფუნდამენტური კვლევები [5], რის საფუძველზეც მოდიფიცირებულ იქნა 1962 წელს მეცნიერებათა აკადემიის ენერგეტიკის ინსტიტუტში შემუშავებული მდინარის პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსის გაანგარიშების მეთოდი. ამასთან, საქართველოს ტერიტორიის ახალი ჰიდროლოგიური დარაიონების შედეგად, დაზუსტებული იქნა, თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოსათვლელად აუცილებელი მდინარეების ჰიდროლოგიური და ოროგრაფიული საწყისი ინფორმაცია.

მდინარეების პოტენციალური სიმძლავრეების გამოსავლენად ცალ-ცალკე იყო განხილული დიდი, საშუალო და მცირე მდინარეები. (საქართველოში მიღებული კლასიფიკაციით, დიდ მდინარეებს მიეკუთვნებიან მდინარეები, რომელთა ჯამური პოტენციალური სიმძლავრე აღემატება 300 მგვტ-ს. საშუალოს - მდინარეები, რომელთა ჯამური პოტენციალური სიმძლავრეა 30 მგვტ-დან 300 მგვტ-მდე და მცირე მდინარეებს - მდინარეები, რომელთა ჯამური პოტენციალური სიმძლავრე არ აღემატება 30 მგვტ-ს).

1987 წელს, გივი სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებულ კვლევებში, დიდი და საშუალო 208 მდინარის თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსის გამოთვლა განხორციელდა „ხაზობრივი აღრიცხვის“ მეთოდით, რომლის შესაბამისად, გრძივი პროფილის და ჩამონადენის მონაცემების არსებობის დროს, მდინარის თეორიული სიმძლავრე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$P = 9,8 \sum_{i=1}^n \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta H_i \text{ კვტ}, \quad (1)$$

ხოლო, მდინარის პოტენციალური ენერგია E - განისაზღვრება:

$$E = 86000 \sum_{i=1}^n \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta H_i \text{ კვტ.სთ} \quad (2)$$

სადაც n არის მონაკვეთების რიცხვი.

Q_i და Q_{i+1} - შესაბამისად წყლის ხარჯი i და $i+1$ მონაკვეთებზე - $\text{მ}^3/\text{წმ}$;

ΔH_i - i -ური მონაკვეთის ვარდნა, მ.

111 მცირე მდინარის თეორიული სიმძლავრე განისაზღვრა მიახლოებითი აღრიცხვის მეთოდით შემდეგი ფორმულით:

$$P = \alpha \cdot P_b \quad (3)$$

სადაც, α არის თეორიული სიმძლავრის კოეფიციენტი;

P_b - ზღვრული პოტენციალური სიმძლავრე, რომელიც გამოითვლება მდინარის მთლიანი ვარდნის - H_0 და შესართავთან მდინარის საშუალო ხარჯის Q_b -ს ნამრავლით, ანუ

$$P_b = 9,8 \cdot 0,5 \cdot Q_b \cdot H_0 \quad (4)$$

კოეფიციენტი α დამოკიდებულია ν სიდიდეზე, რომელიც ასე გამოისახება:

$$\nu = H_0 / H_b \quad (5)$$

სადაც H_b განსახილველი მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლეა, მდინარის ბოლო კვეთის ან მდინარის შესართავის მიმართ.

აღრიცხვის ამ მეთოდებით, მთლიანად შესწავლილი იყო 319 მდინარე. მდინარეთა პოტენციალურმა (თეორიულმა) ჯამურმა სიმძლავრემ 15,63 მლნ კვტ., ხოლო საშუალო წლიურმა გამომუშავებამ 136,92 მლრდ კვტ.სთ შეადგინა [6].

ამჟამად ოფიციალურ საინჟინრო-ტექნიკურ ანგარიშებში, ეს სიდიდეები მიღებულია, როგორც საქართველოს მდინარეების პოტენციალური (თეორიული) ჰიდროენერგეტიკული რესურსი.

თავი 2. კლიმატის ცვლილების გავლენა წყლის რესურსებზე

2.1. კლიმატის ცვლილება და საქართველო

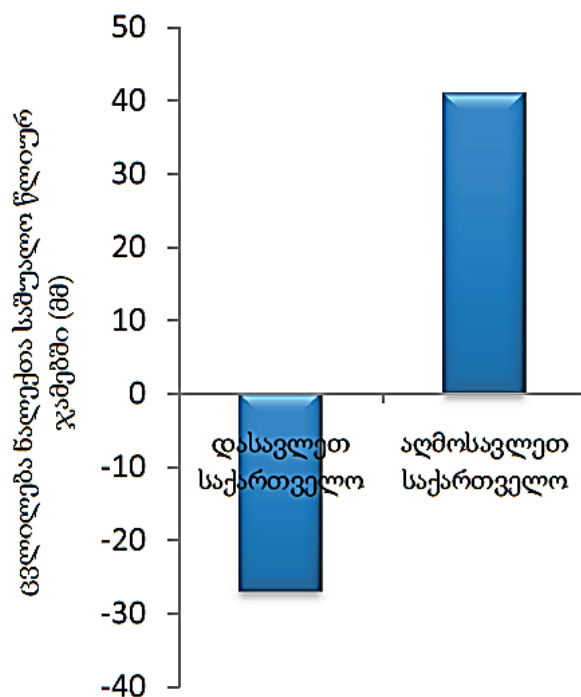
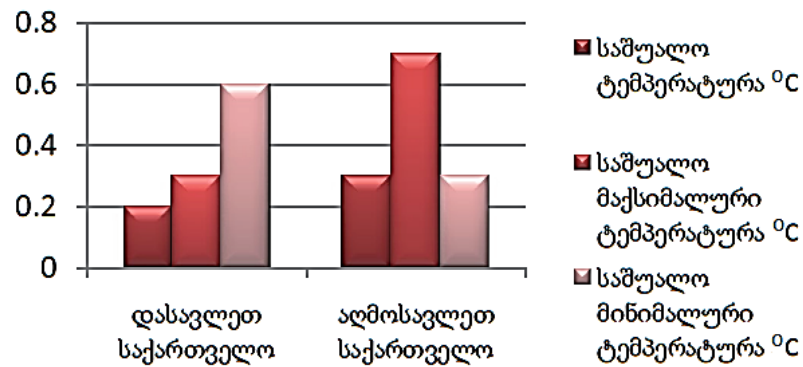
კლიმატის ცვლილება გამოწვეულია ამჟამად მიმდინარე გლობალური დათბობის პროცესის შედეგად, რომელსაც განაპირობებს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის მატება. კლიმატის ცვლილება გამოვლინდება ისეთი ფორმებით, როგორებიცაა: ოკეანეებისა და ზღვების დონის აწევა, ნალექების რეჟიმის შეცვლა, ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მატება, წყლის რესურსების შემცირება, მყინვარების დნობა და სხვა [7].

აღსანიშნავია, რომ მსოფლიოში კლიმატური ცვლილებების გამძაფრების პერიოდი დაემთხვა საქართველოში მიმდინარე ენერგეტიკულ კრიზისს, რომელმაც ტყის საფარის უკონტროლო გამოყენებასა და განადგურებას დიდად შეუწყო ხელი; აღნიშნულმა კი, რასაკვირველია გაზარდა ბუნების ექსტრემალური მოვლენები.

საქართველოში კლიმატის ცვლილების ნიშნები მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან შეიმჩნევა. ქვეყნაში რეგიონების მიხედვით კლიმატის ცვლილების ნიშნებიც განსხვავებულია. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი (UNFCCC) საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში [8] გამოკვლეულია კლიმატის ცვლილების ტენდენციები 1955-1970 და 1990-2005 წლებში. აღნიშნულ პერიოდებში, დასავლეთ საქართველოში საშუალო ტემპერატურამ მოიმატა დაახლოებით 0,2 °C-ით, ხოლო ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი შემცირებულია 27 მმ-ით. რაც შეეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, აქ საშუალო წლიური

ტემპერატურა გაიზარდა თითქმის 0,3 °C-ით, ასევე ფიქსირდება ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამის ზრდა 41 მმ-ით (ნახ.1).

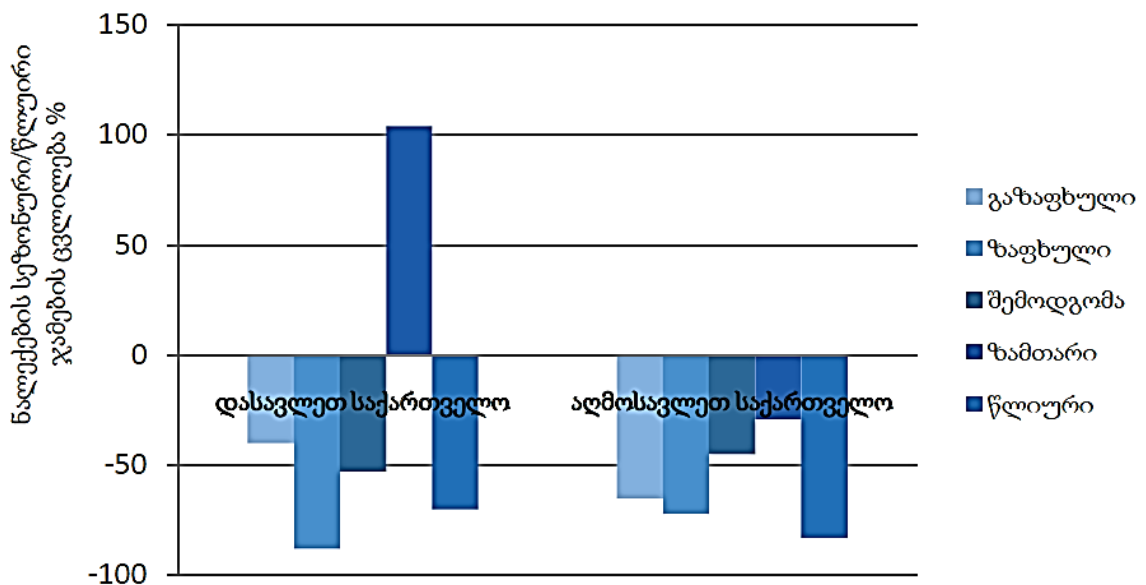
როგორც ზემოთ აღნიშნა, კლიმატის ცვლილების ნიშნები რეგიონების მიხედვით განსხვავებულია და აღნიშნული პარამეტრები, რომელიც მიღებულია მთლიანად საქართველოსთვის, ხშირად არ ემთხვევა კონკრეტულ რეგიონში ლოკალურად მიღებულ შედეგებს. აღნიშნულის მაგალითია ის, რომ ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების ცვლილება დასავლეთ საქართველოში ხასიათდება კლების ტენდენციით მაშინ, როდესაც დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რაიონებში (მაგ., ლენტეხი) ფიქსირდება ზრდის ტენდენცია [9].



ნახ.1. საშუალო ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ცვლილება 1960 წლამდე არსებულ საშუალო სიდიდესა და 1957-2006 წლების პერიოდის საშუალო მნიშვნელობას შორის

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, მე-20 საუკუნის 80-იანი წლებიდან განსაკუთრებით გაიზარდა, როგორც ჰაერის ტემპერატურის, ისე ატმოსფერული ნალექების ცვლილების სიჩქარე.

გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში [8] ასევე პროგნოზირებულია 2100 წლისთვის საქართველოში ნალექების როგორც სეზონული, ისე წლიური ჯამების ცვლილება (ნახ. 2.).

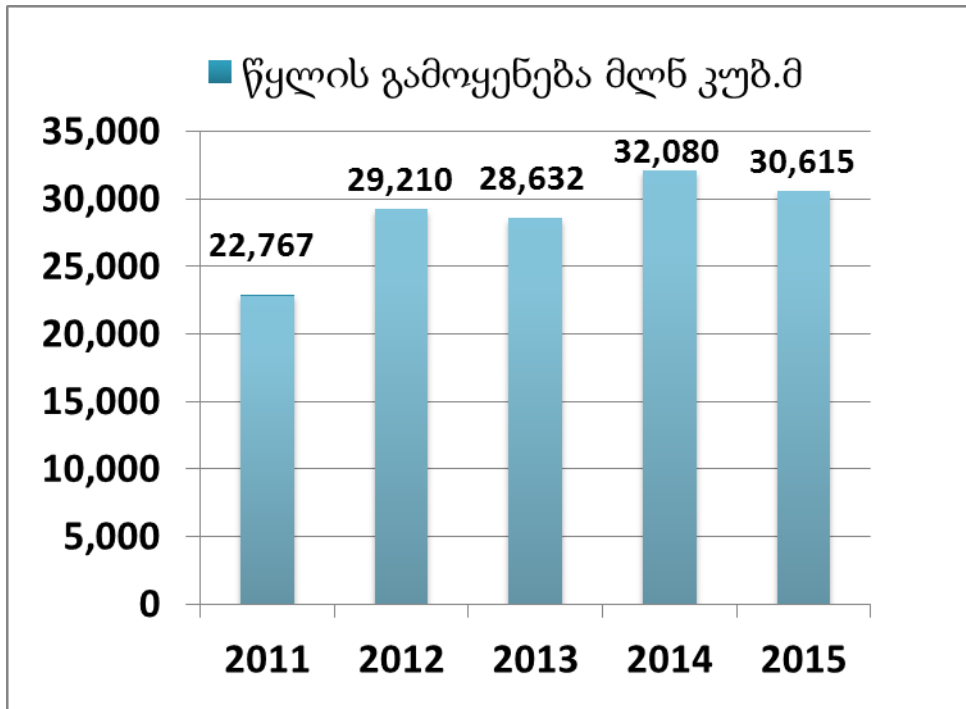


ნახ. 2. 2100 წლისთვის ნალექების ჯამების ცვლილება

საქართველოში წყლის რესურსების სიუხვის განმაპირობებელი ფაქტორები ქვეყნის ტერიტორიის მთიანი რელიეფი და ატმოსფერული ნალექებია. საქართველოს მდინარეების წლიური ჯამური ჩამონადენი 60 მლრდ მ³--ზე მეტია, საიდანაც საქართველოს ტერიტორიაზე ფორმირებული ჩამონადენი თითქმის 53 მლრდ მ³-ს შეადგეს.

ჰიდროელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის გენერაციისთვის წლის განმავლობაში გამოყენებული წყლის რაოდენობა მოყვანილთან შედარებით გაცილებით ნაკლებია. მაგალითად, 2015 წელს

წყლის გამოყენება, მათ შორის ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოყენებული წყლის ჩათვლით შეადგენდა 30 615 მლნ მ³-ს (ნახ. 3) [10].



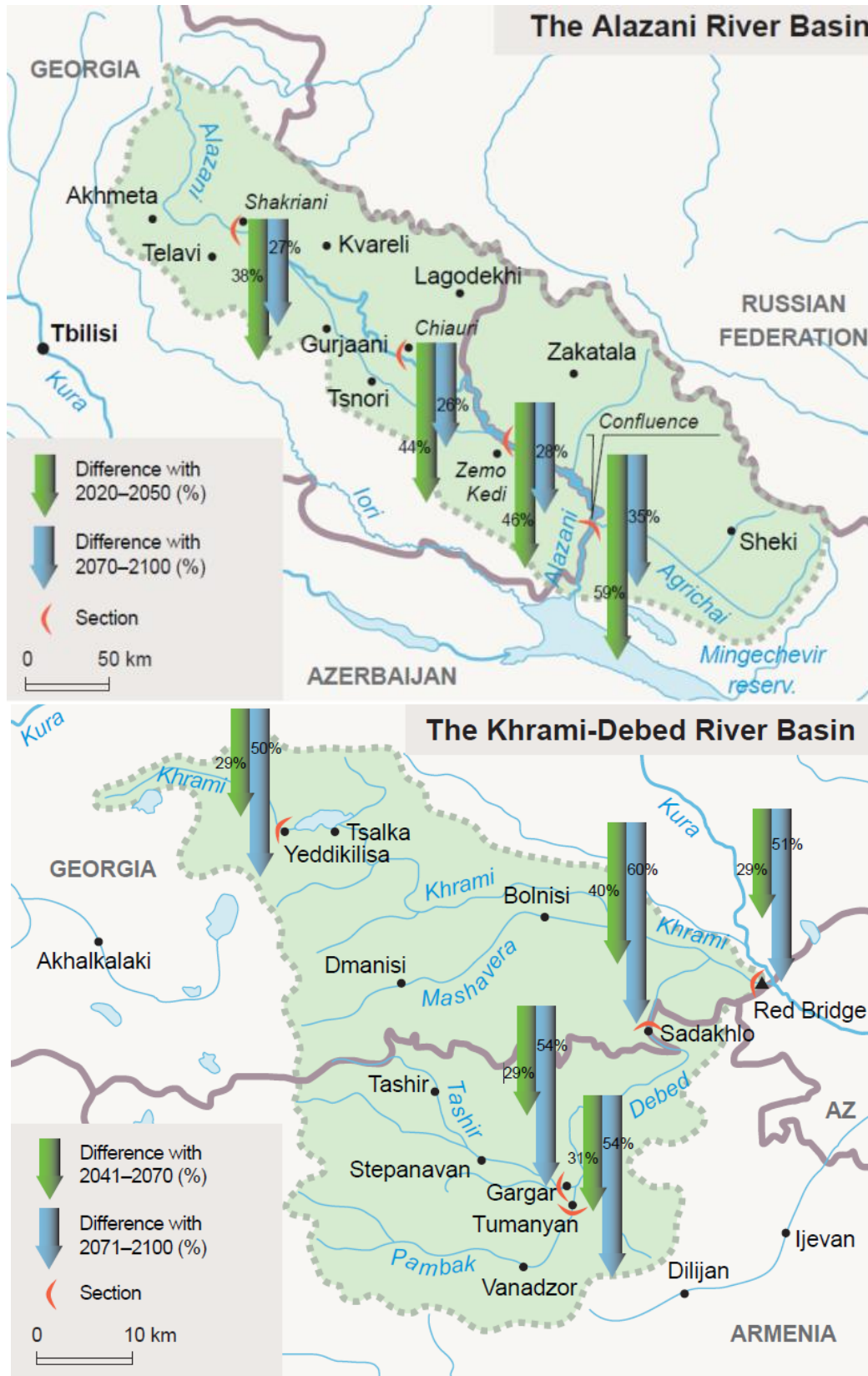
ნახ. 3. წყლის გამოყენება საქართველოში
(ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოყენებული წყლის ჩათვლით, მლნ. მ³/წ)

რასაკვირველია, მომავალში, ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებასთან ერთად, წყლის რესურსების გამოყენებაც გაიზრდება. კერძოდ, ჰიდროენერგეტიკის დარგის განვითარება, ასევე ტურიზმის მზარდი ინდუსტრია, წყალმომარაგების ქსელებისა და ირიგაციის სისტემების გაუმჯობესება რა თქმა უნდა გამოიწვევს წყალზე მოთხოვნის ზრდას.

ჩატარებული კვლევებით [11], საქართველოში კონკრეტული მდინარეების ჩამონადენზე კლიმატის ცვლილების შემდეგი ზეგავლენაა მოსალოდნელი: მაგალითად, საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდისა და ნალექების შემცირების ფონზე მდინარეების ალაზანისა და ხრამიდებედას აუზებში მოსალოდნელია ჩამონადენის შემცირება შესაბამისად 26-35%-ით და 45-65%-ით (ნახ. 4).

მდ. ალაზნის აუზში სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით წყალზე 10%-იანი მოთხოვნილების გაზრდისა და მოსახლეობის სავარაუდო ზრდის

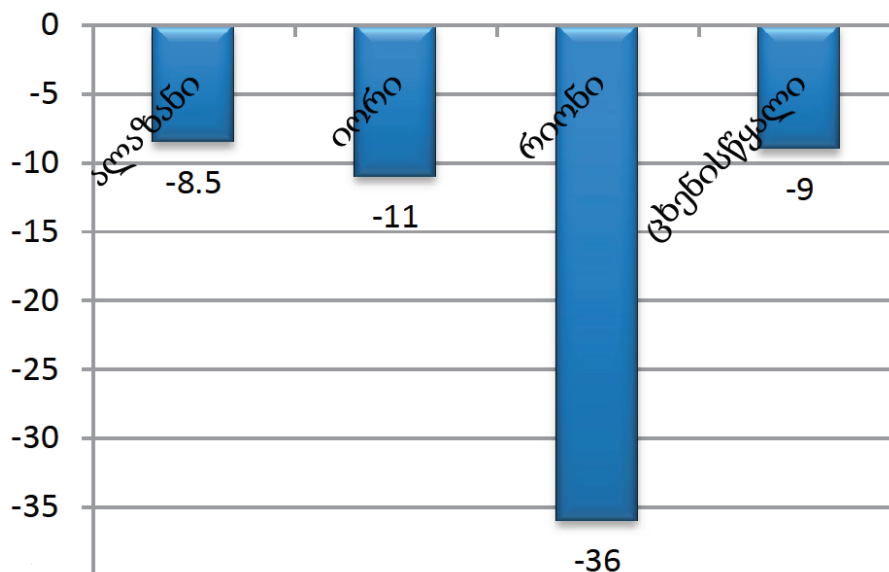
შემთხვევაში, მოსალოდნელია წყლის დეფიციტი ზაფხულში უკვე 2050 წლისთვის.



ნახ. 4. მდ. ალაზნისა და ხრამი-დებედას ჩამონადენის შესაძლო ცვლილებები 1990 წლამდე არსებულ ჩამონადენთან შედარებით [11]

კლიმატის ცვლილების პირობებში, მდინარეების ალაზნის, ხრამისა და დებედას აუზებში მოსალოდნელია მიწის დეგრადაციისა და გაუდაბნოების პროცესის გაძლიერება. გაეროს განვითარების პროგრამის მიერ ჩატარებული კვლევებით [11], ასევე შეფასებული იქნა ამ მდინარეების აუზების მოწყვლადობა წყლის ცვლილებისა და დაგეგმვის მოდელის გამოყენებით. აღნიშნული კვლევის შედეგები აჩვენებს, რომ აუცილებელია საადაპტაციო ღონისძიებების განხორციელება იმისთვის, რომ შემდგომში მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი შესაძლო ეკონომიკური დანაკარგები.

გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში [8] ასევე შეფასდა აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების ალაზნისა და იორის ზედაწელის კვეთებში ჩამონადენზე კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი გავლენა. მსგავსი კვლევა განხორციელდა ასევე დასავლეთ საართველოს მდინარეების - რიონისა და ცხენისწყლის შემთხვევაში. ჩატარებული კვლევები აჩვენებს, რომ შერჩეული ოთხი მდინარიდან ყველაზე მეტად ჩამონადენის შემცირება მოსალოდნელია მდ. რიონის ზედაწელის კვეთებში (ნახ. 5.).



ნახ. 5. კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი გავლენა საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე

საქართველოს მდინარეების წყლიანობის განხილვისას აუცილებლად უნდა აღინიშნოს კლიმატის ცვლილების ფაქტორის გავლენა მყინვართა დნობის პროცესზე, რადგანაც საქართველოს ძირითადი ენერგეტიკული პოტენციალის მქონე დიდი მდინარეების (ენგური, რიონი და სხვ.) კვებაში მყინვარული ჩამონადენის წილი საკმაოდ მაღალია. აქედან გამომდინარე, ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკის განვითარებისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია კლიმატის ცვლილების გავლენა მყინვარების დნობის პროცესზე, რადგანაც სწორედ ეს უკანასკნელი ზემოქმედებს მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.

მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებიდან მოყოლებული მყინვართა რაოდენობა საქართველოში 13%-ით შემცირდა, ხოლო ფართობი - 30%-ით. მყინვარების ფართობების შემცირების ძირითადი მიზეზი მოსული მყარი ნალექების (თოვლი) რაოდენობის შემცირება და ასვე საშუალო ტემპერატურის მატებაა. რა თქმა უნდა, მყინვარების დნობა პირდაპირ აისახება მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, მათი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის სიდიდეზე.

შეიძლება ითქვას, რომ მყინვარების ფართობის შემცირება (დნობა) გლობალური დათბობის ერთ-ერთ მთავარ ინდიკატორს წარმოადგენს. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში [12] მიმოხილული და გაანალიზებულია კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილების გავლენა მდინარე ენგურის აუზის მყინვარებზე და, შესაბამისად, მდ. ენგურის ჩამონადენზე.

ჩატარებული კვლევები ეფუძნება გაზომვებით დადგენილ იმ ფაქტს, რომ 1890-1965 წლებში მდ. ენგურის აუზში მყინვარების ფართობი შემცირებულია 13%-ით, ხოლო ამავე წლებში ზემო სვანეთში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა გაიზარდა 0,3°C-ით. ამ მონაცემების საფუძველზე დადგინდა, რომ მე-20 საუკუნის 60-იან წლებთან შედარებით

2100 წლისათვის, ზემო სვანეთში ჰაერის ტემპერატურა 4°C-ით მოიმატებს, ხოლო მდ. ენგურის აუზში არსებული მყინვარების ფართობი 100 კმ²-მდე შემცირდება. ჩატარებული კვლევებით, მდ. ენგურის აუზში მყინვართა ფართობის შემცირების შედეგად, 2100 წლისთვის მდ. ენგურის ჩამონადენი წელიწადში გაუტოლდება დაახლოებით 3 მლრდ მ³-ს, რაც იმას ნიშნავს, რომ არსებულთან შედარებით ენგურის ჩამონადენი 13%-ით დაიკლებს[13].

ყოველივე ზემოთ მოყვანილის გათვალისწინებით საფიქრებელია, რომ კლიმატის ფაქტორი აისახებოდა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის მდინარეების კვების რეჟიმზე და ჩამონადენის სიდიდეზე. ამგვარი გავლენის რაოდენობრივი შეფასებისთვის აუცილებელია მდინარეთა ჩამონადენის მახასიათებელი პარამეტრების (წყლის ხარჯი) ცოდნა, რომელთა შესახებ ინფორმაციას იძლევა საკვლევი მდინარის წყლის ხარჯებზე ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები.

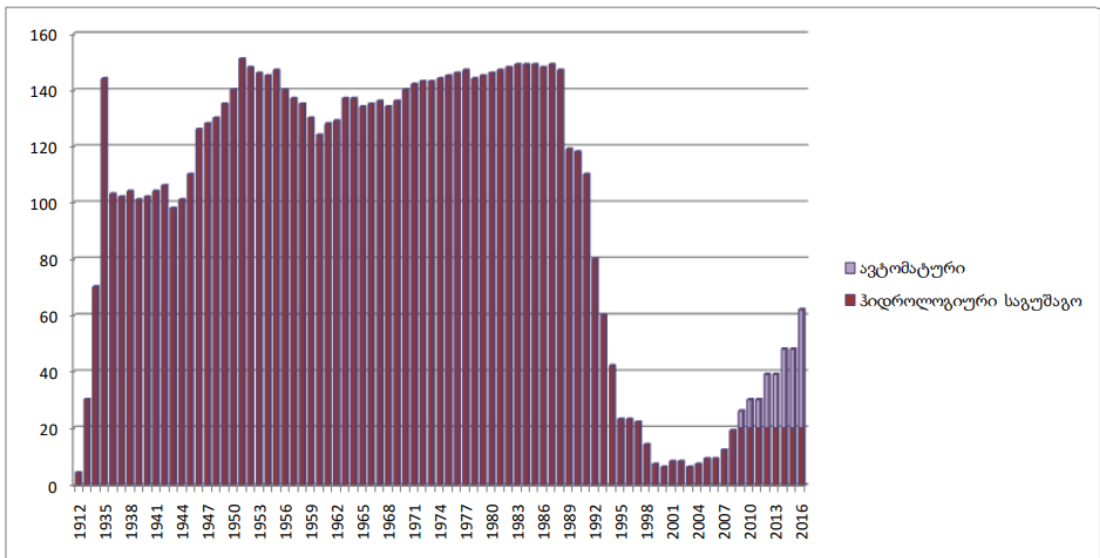
2.2. საქართველოს მდინარეებზე წარმოებული

ჰიდროლოგიური დაკვირვებები

საქართველოს მდინარეებზე ჰიდროლოგიური დაკვირვებები „გარემოს ეროვნული სააგენტოს“ ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე ხორციელდება. დროის სხვადასხვა პერიოდში, ჰიდროლოგიური ქსელი 470-მდე ჰიდროლოგიურ საგუშაგოს მოიცავდა, მაგრამ ერთდროულად მომუშავე ჰიდროსაგუშაგოების რიცხვი არასდროს აღემატებოდა 160-ს. ამჟამად, საქართველოს მდინარეებზე სხვადასხვა პუნქტებში ჰიდროლოგიური დაკვირვებები ხორციელდება 20 არავტომატური და 42 ავტომატური საგუშაგოს საშუალებით (ნახ. 6.) [14].

ნახ. 6.-დან ჩანს, რომ საქართველოს მდინარეებზე ყველაზე სრულყოფილად 1990 წლამდე ხორციელდებოდა ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, რის შემდეგაც ჰიდრომეტრიული საგუშაგოების, ანუ

მდინარეებზე ჰიდროლოგიური დაკვირვების პუნქტების რიცხვი საგრძნობლად შემცირებულია. შესაბამისად, აღნიშნული პერიოდის შემდეგ, საქართველოში არსებულ მდინარეთა უმეტესობაზე არ არსებობს ჰიდროლოგიური დაკვირვებების მონაცემები, ან ისინი არასრული სახით არის წარმოდგენილი. საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის დეფიციტის პირობებში არ არსებობს სარწმუნო წარმოდგენა იმასთან დაკავშირებითაც, თუ რა გავლენა იქონია კლიმატის ცვლილებამ მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.



ნახ. 6. ჰიდროლოგიური საგუშაგოების რაოდენობის დინამიკა 1932-2016 წლებში

ზოგიერთი ავტორი [7] მიიჩნევს, რომ ამჟამად საქართველოს წყლის რესურსების პრობლემა არა აქვს, მაგრამ მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე, გარკვეული პერიოდის შემდეგ შესაძლებელია ქვეყანას შეექმნას ასეთი პრობლემა.

აქედან გამომდინარე, კლიმატის ცვლილების ფონზე ენერგეტიკა შეიძლება აღმოჩნდეს დიდი გამოწვევების წინაშე, რადგანაც კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მდინარეების ჩამონადენის შემცირება აუცილებლად აისახება ჰესების მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე.

ზემოთ მითითებული იყო, რომ ამჟამად საყოველთაოდ მიღებული საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების პოტენციალის სიდიდე განსაზღვრულია მდინარეების 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების მიხედვით. ამავე დროს, უკანასკნელი სამ ათეულ წელზე მეტი პერიოდის განმავლობაში, კლიმატის ცვლილების ფონზე ჩატარებული კვლევებით დასტურდება საქართველოს ზოგიერთი მდინარის წყლიანობის ცვლილება, რაც ცხადყოფს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გადაანგარიშების აუცილებლობას, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვანია საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული სექტორის განვითარების პერსპექტიული დაგეგმარებისთვის.

ყოველივე აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ დღის წესრიგში დგება ქვეყანაში არსებული მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი შეფასების საკითხი, რაც უნდა განხორციელდეს არსებული (ფაქტობრივი) ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით.

**თავი 3. მდინარეთა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების
განსაზღვრა და ჰიდროენერგეტიკული
გაანგარიშების მეთოდები**

**3.1. მდინარეთა საშუალო მრავალწლიური წყლის
ხარჯების განსაზღვრა**

ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოსათვლელად აუცილებელია მონაცემები მდინარის წყლის ხარჯის შესახებ. კერძოდ, იმისათვის, რომ მოვახდინოთ მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშება, საჭიროა შესაბამის კვეთებში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების დადგენა.

საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი მდინარის წელიწადის ერთ-ერთ მთავარ მახასიათებლად ითვლება. მდინარის საშუალო წლიური ხარჯები დაკვირვების წლების მიხედვით ცვალებადობას განიცდის, რაც არავითარ კანონზომიერებას არ ექვემდებარება. ორი მომდევნო წლის ჩამონადენს შორის არ არსებობს პრაქტიკულად დამოკიდებულება, რადგან მათი მნიშვნელობები ერთიმეორისაგან განსხვავებულ სიდიდეებს წარმოადგენს. ასეთ სიდიდეებს მათემატიკურ სტატისტიკაში შემთხვევით სიდიდეებს უწოდებენ, ხოლო მათ მიერ წარმოქმნილ რიგს - ვარიაციულ რიგს. შემთხვევითი სიდიდეების რიგის შესასწავლად სტატისტიკურ მათემატიკურ მეთოდს იყენებენ. ვარიაციული რიგის ძირითადი დამახასიათებელია რიგის წევრების საშუალო არითმეტიკული სიდიდე (საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი), რომელიც განისაზღვრება დამოკიდებულებით [15, 16]:

$$Q_0 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n} = \frac{\sum_n^i Q_n}{n} \quad (6)$$

სადაც, Q_0 საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯია, $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ვარიაციული რიგის წევრებია, ანუ საშუალო წლიური ხარჯების მნიშვნელობები, რომელთა სიდიდე აიღება კონკრეტულ მდინარეზე არსებული ჰიდროლოგიური დაკვირვების პუნქტების მონაცემების მიხედვით; $\sum_n^i Q_n$ ვარიაციული რიგის წევრთა ჯამია; n – ვარიაციის რიგის წევრთა რაოდენობა (დაკვირვების წლების რაოდენობა).

მრავალწლიურ პერიოდში მდინარეთა საშუალო წლიური ჩამონადენის ცვალებადობას ახასიათებენ ე. წ. ვარიაციის კოეფიციენტი C_v და ასიმეტრიის კოეფიციენტი C_s . რომელთა სიდიდე სხვადასხვა მდინარისათვის სხვადასხვაა [17].

$$\text{ვარიაციის კოეფიციენტი: } C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_0} - 1\right)^2}{n - 1}} \quad (7)$$

$$\text{ასიმეტრიის კოეფიციენტი: } C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_0} - 1\right)^3}{n \cdot C_v^3} \quad (8)$$

ცხადია, რაც უფრო ხანგრძლივი იქნება დაკვირვებათა მწკრივი, მით უფრო ზუსტი იქნება სტატისტიკური კანონზომიერება და მით უფრო საიმედო იქნება მომავლისათვის ჰიდროლოგიურ მახასიათებელთა პროგნოზი.

მდინარის ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებისას, როდესაც ხელმისაწვდომია მდინარის კონკრეტული კვეთის საშუალო წლიური ხარჯების რიგები, აუცილებელია ვარიაციული რიგების რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) განსაზღვრა, რისთვისაც გამოვიყენეთ ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატულობის შემაფასებელი შემდეგი პარამეტრები [18]:

- საშუალო წლიური ხარჯების მიხედვით განსაზღვრული საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100, \% \quad (9)$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100, \% \quad (10)$$

როგორც ცნობილია, საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად აღნიშნული სიდიდეები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნებს: $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$ [19].

მდინარის ჰიდროსაგუშაგოს კვეთში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის დადგენის შემდეგ (ზემოთ მოყვანილი მეთოდის მიხედვით), განისაზღვრება ამავე მდინარის საკვლევ კვეთებში წყლის ხარჯები. ეს პროცედურა უნდა განხორციელდეს გადამყვანი კოეფიციენტის საშუალებით, რომელიც მიიღება შესაბამის კვეთებში წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით შემდეგი გამოსახულებით:

$$K = \frac{F_{\text{საკვლევო}}}{F_{\text{ჰიდროსაგუშაგოს კვეთი}}} \quad (11)$$

სადაც, $F_{\text{საკვლევო}}$ არის წყალშემკრები აუზის ფართობი იმ კვეთში, რომელშიც უნდა განხორციელდეს წყლის ხარჯის გაანგარიშება.

$F_{\text{ჰიდროსაგუშაგოს კვეთი}}$ – მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი იმ კვეთში, სადაც გვაქვს ინფორმაცია მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის შესახებ.

მდინარის საკვლევ კვეთში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$Q_{\text{საკვლევო}} = K \cdot Q_{\text{ჰიდროსაგუშაგოს კვეთი}} \quad (12)$$

სადაც, $Q_{\text{ჰიდროსაგუშაგოს კვეთი}}$ – არის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი ჰიდრომეტრიული საგუშაგოს კვეთში.

ჩვენს შემთხვევაში, შერჩეული მდინარეების ჰიდროლოგიური გაანგარიშებები ეფუძნება ზემოთ მოყვანილ მეთოდს, რომელიც სამეცნიერო

და საინჟინრო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებული მეთოდია მდინარეთა წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგების დამუშავებისთვის.

3.2. ჰიდროენერგეტიკული რესურსების კლასიფიკაცია

ჰიდროენერგია არის ერთ-ერთი ყველაზე მძლავრი განახლებადი ენერგორესურსი დედამიწაზე. ის, მისი ფიზიკური თვისებების შეცლის გარეშე მრავალჯერ შეიძლება გამოყენებული იქნეს ელექტროენერგიის საწარმოებლად ძალიან მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით (90%-ის ფარგლებში). აღნიშნული არის არსებითი უპირატესობა ყველა სხვა არაგანახლებად და განახლებად ენერგორესურსებთან შედარებით, რომლითაც ხდება ელექტროენერგიის გენერაცია [20].

H (მ) სიმაღლეზე მყოფი წყლის W (მ³) მოცულობის ენერგეტიკული მიზნით გამოყენებისას, მიიღება ელექტროენერგია კვტ.სთ-ის ოდენობით:

$$\mathcal{E} = \frac{WH}{367} \text{ კვტ.სთ} \quad (13)$$

თუ წყლის მოცულობის ნაცვლად განვიხილავთ წყლის Q მ³/წმ ხარჯს, მაშინ წლიურად ამ ხარჯით გამომუშავებული სრული ენერგია (კვტ.სთ) იქნება:

$$\mathcal{E} = 8760 \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (14)$$

ხოლო, საშუალო სიმძლავრე (კვტ) იქნება:

$$N = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (15)$$

ამასთან, წლიური ჩამონადენის სიდიდე არ შეიძლება სრულად იქნეს გამოყენებული ელექტროენერგიის გენერაციისთვის. შესაბამისად, საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიისა-IEC [21] და ასევე, საქართველოში მიღებული კლასიფიკაციითაც, მდინარის ჩამონადენის ჰიდროენერგეტიკული რესურსები შემდეგ სახეობებად იყოფა:

- მდინარის ჩამონადენის პოტენციალური (თეორიული) ჰიდროენერგეტიკული რესურსი;
- მდინარის ჩამონადენის ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული რესურსი, რომელიც წარმოადგენს თეორიული პოტენციალის იმ ნაწილს, რომელიც ტექნიკურად შესაძლებელია გამოვიყენოთ წყლის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდასაქმნელად.
- ეკონომიკური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, რომელიც საერთო ტექნიკური პოტენციალის იმ ნაწილს წარმოადგენს, რომლის ათვისება დროის განსახილველ პერიოდში, ეკონომიკურად მიზანშეწონილია.

ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მნიშვნელობა არ არის მუდმივი, იგი დროთა განმავლობაში შეიძლება შეიცვალოს სხვადასხვა ფაქტორების გამო. მაგალითად, მოდიფიცირებული (სრულყოფილი) ჰიდროლოგიური გაანგარიშებების შედეგად, ასევე ბოლო პერიოდში ჩატარებული, ზემოთ მითითებული [8, 9, 11] კვლევების შედეგებით დასტურდება, რომ კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულმა მოვლენებმა გარკვეული გავლენა იქონია წყლის რესურსებზე, რაც საფიქრებელია რომ გავლენას მოახდენდა ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალზე.

ცხრილი. 1. საქართველოს ძირითადი მდინარეების პოტენციური სიმძლავრეები

მდინარის დასახელება	სიმძლავრე, ათასი კვტ	ყველა მდინარის ჯამური სიმძლავრე %	საშუალო კუთრი სიმძლავრე კვტ/კმ
ენგური	1414,7	9,05	6860
რიონი	1140,6	7,3	4325
მტკვარი	1073,0	6,87	3060
ცხენისწყალი	645,8	4,13	3500
კოდორი	610,9	3,91	7770
ბზიფი	503,2	3,22	4960
სულ	5388,2	34,49	4295

საქართველოს ჰიდროენერჯის დიდი პოტენციალი გააჩნია. მე-20 საუკუნიდან ჰიდროენერჯეტიკა ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოების ერთ-ერთი მამოძრავებელი ძალაა და პერსპექტივაშიც მისი განვითარება პრიორიტეტულად მოიაზრება. ამჟამად, გენერაციის მთლიანი დადგმული სიმძლავრე საქართველოში 3500 მვტ-ს აღემატება. საქართველოს ელექტროენერჯის ბალანსში ჰიდროენერჯიას 80%-ზე მეტი უკავია [22].

აგრეთვე აღსანიშნავია, რომ „საქართველოს ენერჯეტიკის დარგში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითად მიმართულებას“ ქვეყნის რესურსების ეფექტური გამოყენება წარმოადგენს. მომხმარებლების ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯით მომარაგებისთვის პრიორიტეტულია განახლებადი ენერჯეტიკული რესურსების ათვისება, რაც შეამცირებს იმპორტირებულ ელექტროენერჯიაზე დამოკიდებულებას და გაზრდის ქვეყნის ენერჯეტიკულ უსაფრთხოებას. ამ მიზნით, საქართველოს ენერჯეტიკის სექტორში ათეულობით ახალი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა არის დაგეგმილი [23, 24]. ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებების საფუძველზე, აუცილებელია ქვეყნის მდინარეთა ჰიდროენერჯეტიკული პოტენციალის მნიშვნელობათა დაზუსტება.

3.3. თეორიული ჰიდროენერჯეტიკული პოტენციალის განგარიშების მეთოდები

ჰიდროენერჯეტიკული პოტენციალის განგარიშების მეთოდიკა ეფუძნება ბერნულის განტოლებას, რომლის თანახმადაც, მდინარის ორ კვეთს (1 და 2) შორის არსებული უბნის თეორიული ჰიდროპოტენციალი გამოისახება მითითებული კვეთების შესაბამისი ენერჯის სიდიდეების სხვაობით[25]:

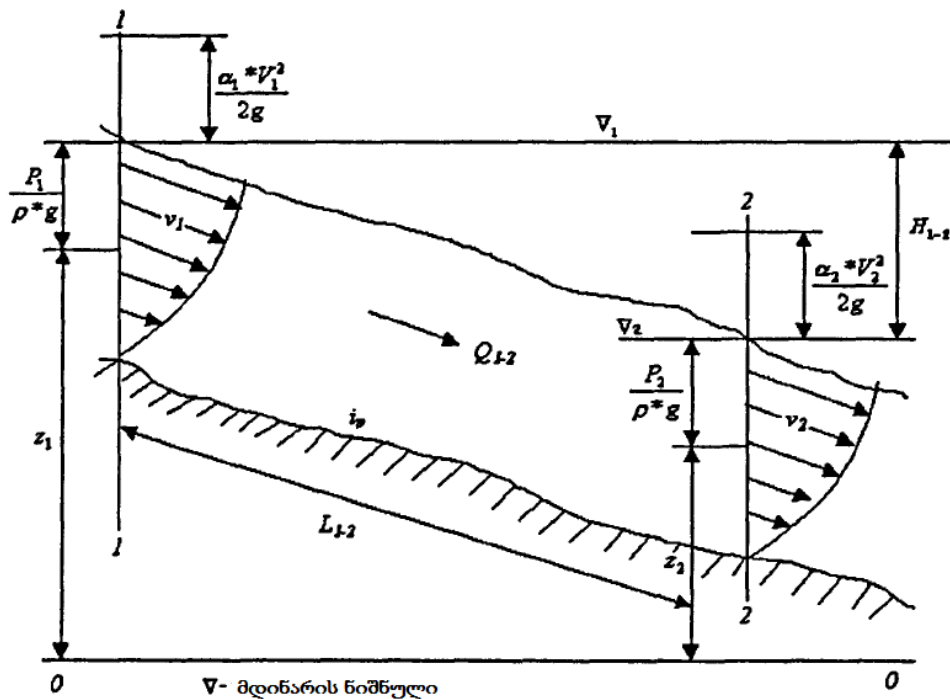
$$\Theta_{1-2} = \Theta_1 - \Theta_2 = \rho \cdot g \cdot W \left[\left(z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} \right) + \left(\frac{a_1 \cdot v_1^2 - a_2 \cdot v_2^2}{2g} \right) \right] \quad (16)$$

სადაც z (მ) არის კვეთის მაღლივი მდებარეობის ენერგია; $\frac{P_1}{\rho \cdot g}$ (მ) - წნევის ენერგია მდინარის ცოცხალი კვეთის სიმძიმის ცენტრში; ρ (კგ/მ³) - წყლის სიმკვრივე;

g (მ/წმ²) - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება; $\frac{a_1 \cdot v_1^2}{2g}$ - წყლის კინეტიკური ენერგია;

a_1 - კორიოლისის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნაკადის განივკვეთში სიჩქარის განაწილების უთანაბრობას;

v_1 - ნაკადის საშუალო სიჩქარე მოცემულ კვეთში;



ნახ. 7. მდინარის ჰიდროენერგიის საანგარიშო სქემა

აღნიშნულის გათვალისწინებით, 1-1 და 2-2 კვეთებს შორის სრული თეორიული პოტენციური ენერგიის მარაგი ტოლია:

$$\mathcal{E}_{1-2} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = \rho \cdot g \cdot W(\nabla_1 - \nabla_2) = \rho \cdot g \cdot W \cdot H_{1-2} \quad (17)$$

H_{1-2} არის ნაკადის დაწნევა.

მდინარის 1-2 უბანზე ნაკადის საშუალო სიმძლავრე (ვტ) მიიღება პოტენციური თეორიული ენერჯის \mathfrak{E}_{1-2} ფარდობით დროსთან T (წმ):

$$N_{1-2} = \frac{\mathfrak{E}_{1-2}}{T} = \rho \cdot g \cdot \frac{W}{T} \cdot H_{1-2} = \rho \cdot g \cdot Q_{1-2} \cdot H_{1-2} \quad (18)$$

ამ გამოსახულების გარდაქმნით და იმის გათვალისწინებით, რომ $\gamma = \rho g$ (წყლისთვის $\gamma = 9810$ ნ/მ³) მდინარის 1-2 უბნის სიმძლავრე გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$N_{1-2} = 9,81 \cdot Q_{1-2} \cdot H_{1-2}, \quad (\text{კვტ}) \quad (19)$$

ამ სიმძლავრის შესაბამისი ენერგოგამომუშავება T (სთ) დროში:

$$\mathfrak{E}_{1-2} = N_{1-2} \cdot T \quad (20)$$

ჩვეულებრივ გაანგარიშებები ტარდება, როგორც მიღებულია, საშუალო წლიური დროის ინტერვალისათვის, მაშინ მდინარის თეორიული ენერჯია $\mathfrak{E}_{1-2}^{\circ}$ 1-2 კვეთში საშუალო სიმძლავრის N_{1-2}° პირობებში იქნება [25, 26]:

$$\mathfrak{E}_{1-2}^{\circ} = 8760 \cdot N_{1-2}^{\circ} \quad (21)$$

ამდენად, თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გასაანგარიშებლად საჭიროა მთლიანი მდინარის გასწვრივ დაწნევისა და წყლის ხარჯის შესახებ ინფორმაციის არსებობა. შესაბამისად, არსებული ინფორმაციის სახეობის მიხედვით არსებობს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშების რამდენიმე მეთოდი.

მდინარეთა პოტენციალური რესურსების გასაანგარიშებლად არსებობს ბევრი ფორმულა (მეთოდი), რომლებიც გამოხატავს მდინარის აუზის ან მისი ცალკეული ელემენტების თეორიულ სიმძლავრეს ან ენერჯიას.

ყველა ეს ფორმულა (მეთოდი), მათი სტრუქტურის მიხედვით, შეიძლება დაიწყოს სამ ჯგუფად.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ფორმულები, რომლებშიც სიმძლავრე წყალდენის საკვლევი უბნის სიგრძეზე ან მის ვარდნაზე

დამოკიდებულებით არის გამოსახული და რომლებიც საშუალებას იძლევა ვაწარმოთ მდინარის რესურსების ხაზობრივი ანუ უბნობრივი აღრიცხვა.

მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ფორმულები, რომლებიც მდინარის თეორიულ სიმძლავრეს ან ენერგიას აუზის ფართობზე დამოკიდებულებით გამოხატავენ.

და ბოლოს, **მესამე ჯგუფს** განეკუთვნება ფორმულები, რომლებშიც მდინარის პოტენციალური რესურსები მოცემულია აუზის მოცულობაზე დამოკიდებულებით [27].

განვიხილოთ ეს მეთოდები.

3.3.1 მდინარის თეორიული რესურსების ხაზობრივი

აღრიცხვის მეთოდი

მდინარის უბნის პოტენციალური რესურსები შეიძლება დახასიათდეს სიმძლავრისა და ენერგიის საშუალებით ანალოგური გამოსახულებით შემდეგი სახით:

$$N_{\text{უბ}} = 9,81 \int_{H_1}^{H_2} Q_i \cdot dH, \quad \text{კვტ} \quad (22)$$

$$\mathcal{E}_{\text{უბ}} = \frac{1}{367} \int_{H_1}^{H_2} W_i \cdot dH, \quad \text{კვტ.სთ} \quad (23)$$

სადაც H_1 და H_2 წარმოადგენს წყლის დონეებს განსახილველი უბნის დასაწყისსა და ბოლოში;

Q_i და W_i – შესაბამისად მდინარის ჯამურ ხარჯს და საშუალო წლიურ ჩამონადენს.

იმის გამო, რომ ფუნქციები $Q = Q(L)$, $W = W(L)$ და $H = H(L)$ პრაქტიკულად არ შეიძლება იყოს მოცემული ანალიზური სახით, (22)-ე და (23)-ე ფორმულებით N და \mathcal{E} სიდიდეების განსაზღვრისათვის სარგებლობენ შემდეგი გრაფიკული მეთოდით.

სადაც $Q_{ისწ}$ და $W_{ისწ}$ შესაბამისად ხარჯის და ჩამონადენის საშუალო წლიურ მნიშვნელობათა ნახევარჯამებს წარმოადგენენ ელემენტარული ΔL_i უბნის დასაწყისსა და ბოლოში;

n -ელემენტარული უბნების რიცხვი, რომელთა გასწვრივ მდინარის ქანობი მუდმივადაა მიღებული, ხოლო ხარჯების ცვალებადობა სწორხაზოვნად;

ΔH_i - წყლის დონეთა სხვაობის სიდიდე ელემენტარულ უბანზე.

3.3.2. მდინარის თეორიული ჰიდრორესურსების განსაზღვრის მეთოდები

წყალშემკრები აუზის ფართობზე დამოკიდებულებით

ამ მეთოდით მდინარის წყალშემკრები აუზის შესაბამისი ენერჯის განსაზღვრა (უმცირესი ნაკადების ჩათვლით) წარმოებს შემდეგი ფორმულით [27, 28]:

$$\mathcal{E}_{აუზ} = 86 \int_0^F Hm \cdot dF \quad (26)$$

ხოლო, შესაბამისი სიმძლავრე (ვტ):

$$N_{აუზ} = 0,00981 \cdot \int_0^F mH \cdot dF \quad (27)$$

სადაც, F - წყალშემკრები აუზის ფართობი შესაბამისი კვეთისთვის, კმ²;

m - აუზის ელემენტარულ ფართობზე ჩამონადენის მოდული, ლ/წმ კმ²;

$\frac{m dF}{1000}$ - წყლის ხარჯი (მ³/წმ).

გ. სვანძე [29] აუზის ენერჯის განსაზღვრისათვის იძლევა შემდეგ ფორმულას, რომელიც ითვალისწინებს აუზის ენერჯის კავშირს ამ აუზისათვის დამახასიათებელი ჩამონადენის მოდულის და სიმაღლეთა სიდიდეებთან.

$$\mathcal{Q}_{\text{აუზ}} = 86FH_{\text{საშ}} \left[m_{\text{მინ}} + \frac{m_{\text{მაქს}} - m_{\text{მინ}}}{1 + k(1 - \frac{H_{\text{საანგ}}}{H_{\text{მაქს}}})} \right] \quad (28)$$

ანალოგიური გზით, სრული თეორიული სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$N_{\text{აუზ}} = 9,81FH_{\text{საშ}} \left[m_{\text{მინ}} + \frac{m_{\text{მაქ}} - m_{\text{მინ}}}{1 + k(1 - \frac{H_{\text{საშ}}}{H_{\text{მაქს}}})} \right] \quad (29)$$

სადაც $H_{\text{საშ}}$ და $H_{\text{მაქს}}$ აუზის საშუალო და მაქსიმალური ნიშნულებია მეტრობით;

K – მუდმივი კოეფიციენტი;

ჩამონადენის მოდულის მუდმივი მნიშვნელობისას (28)-ე ფორმულა დაიყვანება შემდეგ სახეზე:

$$\mathcal{Q}_{\text{აუზ}} = 86 \cdot F \cdot H_{\text{საშ}} \quad (30)$$

აქვე აღსანიშნავია, რომ შედარება მცირე წყალშემკრები აუზის მქონე ნაკადების და ფერდობის ჩამონადენის ენერჯიის განსაზღვრავად არსებობს მთელი რიგი სხვა ფორმულებიც.

3.3.3. მდინარის თეორიული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების განსაზღვრის მეთოდი წყალშემკრები აუზის ფიგურის მოცულობისგან დამოკიდებულებით

წყალშემკრები აუზის რელიეფის გათვალისწინებით [30] ელემენტარული $dV = HdF$ მოცულობის მიხედვით აუზის პოტენციური ენერჯიის განსაზღვრისათვის გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$\mathcal{Q}_{\text{აუზ}} = \frac{1}{367} \int_0^V mdV \quad \text{კვტ.სთ.} \quad (31)$$

სადაც m არის წყალშემკრები აუზის მოცულობის შესაბამისი განფენილობის ფართობიდან ჩამონადენის კერძო მოდული, მ³/წელ.კმ².

აღნიშნული ფორმულა გამოხატავს აუზის პოტენციალური (თეორიული) რესურსების ჯამურ მარაგს. უმცირესი შენაკადებისა და ფერდობის ჩამონადენის ჩათვლით.

იმ შემთხვევაში, თუ ჩამონადენის m მოდულს მუდმივად მივიჩნევთ მთელი აუზისათვის, მაშინ მე-(20) გამოსახულება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\mathcal{Q}_{\text{აუზ}} = 2,73MV_0 \quad (32)$$

სადაც V_0 აუზის ფიგურის მოცულობაა, რომელიც შემოსაზღვრულია: ზემოდან - აუზის ზედაპირით, ქვემოდან - საფარდი ჰორიზონტალური სიბრტყით, ხოლო გვერდებიდან - ისეთი ცილინდრის ვერტიკალური ზედაპირით, რომლის მსახველს აუზის წყალგამყოფი ხაზი წარმოადგენს. (32)-ე ფორმულა გამოხატავს აუზის ენერჯის ზღვრულ შესაძლო მარაგს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა მოყვანილი ფორმულიდან (მეთოდებიდან) ყველაზე ფართო გავრცელება ჰპოვა წყლის ნაკადების ენერჯისა და სიმძლავრის ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდმა, ანუ (22)-ე და (23)-ე ფორმულებმა. მათში შემავალი სიდიდეები ადვილად განისაზღვრება საწყისი ჰიდროლოგიური ინფორმაციის, მდინარის ოროგრაფიული მახასიათებლების და დროის საჭირო ინტერვალისთვის. ეს სიდიდეები ხელმისაწვდომია სახელმწიფო წყლის კადასტრის და ტოპოგრაფიული რუკებიდან, რომლებიც მაღალი საიმედოობის ხარისხით გამოირჩევიან. ამიტომ ჩვენი არჩევანიც ხაზობრივი აღრიცხვის მეთოდზე შეჩერდა, ამასთან ისიც გავითვალისწინეთ, რომ ამ მეთოდითაა გამოთვლილი საქართველოს მთავარი მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.

თავი 4. საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების და თეორიული სიმძლავრის დადგენა საკვლევი მდინარეებისთვის

საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი ბოლოს 1987 წელს იქნა შეფასებული [5]. ამ პერიოდში ჩატარებული გაანგარიშებები ეფუძნებოდა 1980 წლამდე არსებულ ჰიდროლოგიურ მონაცემებს. აღნიშნული პერიოდის შემდეგ, საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არ განხორციელებულა.

ბოლო პერიოდში, საკმაოდ აქტუალური გახდა კლიმატის ცვლილების გავლენის საკითხები წყლის რესურსებთან მიმართებაში [33]. ამ კუთხით ჩატარებულია არაერთი კვლევა, მათ შორის საქართველოშიც, რომელმაც ცხადყო რომ კლიმატის ცვლილება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის რესურსებზე. როგორც ცნობილია, კლიმატის ცვლილება გავლენას ახდენს მდინარეების ჩამონადენზე, ანუ წყლიანობის რეჟიმზე, რაც განპირობებულია საშუალო ტემპერატურის ცვლილებით.

აქვე აღსანიშნავია ისიც, რომ საქართველოს მდინარეების უმეტესობაზე თითქმის ბოლო სამი ათეული წელია არ ხორციელდება ან არასრულად ხორციელდება ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, რაც იმას ნიშნავს, რომ არ არსებობს სრულყოფილი ინფორმაცია იმასთან დაკავშირებით, თუ რა გავლენა იქონია კლიმატის ცვლილებამ საქართველოს მდინარეების ჩამონადენზე და, შესაბამისად, ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალზე [34].

იმისათვის, რომ რაოდენობრივად შეფასდეს ქვეყნის ენერგეტიკული შესაძლებლობები, მნიშვნელოვანია გვექნოდეს სრულყოფილი ინფორმაცია საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ. მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შეფასების მიზნით

ფაქტობრივ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით და მის ტრანსფორმაციაზე კლიმატის ევოლუციის ფაქტორის გავლენის საილუსტრაციოდ. ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა საქართველოს განსხვავებული კვების სახეობის მქონე ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომლებისთვისაც განხორციელდა როგორც საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების განსაზღვრა, ისე გაანგარიშებები თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენის მიზნით.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული მდინარეები შესაბამის გასწორებში ხასიათდებიან ბუნებრივი ჩამონადენით, ე. ი. ისინი არ არიან დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

მდინარეების შერჩევისას გათვალისწინებულია წყლიანობის რეჟიმის განაწილება წლიურ ჭრილში, მათი წყალშემკრები აუზის ფართობი, მდინარეთა სიგრძე, წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე.

ჩამოთვლილი პარამეტრების ცვლილების ფართო დიაპაზონი საზოგადოდ საკმარისი სისრულით ახასიათებს სხვადასხვა რეგიონის მდინარეების ოროგრაფიულ, კლიმატურ, ჰიდროლოგიურ განსხვავებას და საშუალებას მოგვცემს საკვლევი მდინარეებისთვის მიღებული შედეგების მიხედვით პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტით ვიმსჯელოთ კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მდინარეთა წყლიანობის ტრანსფორმაციაზე.

4.1. კახეთის რეგიონი

4.1.1. მდ. სამყურისწყალი

მდინარე სამყურისწყალი სათავეს 2837 მეტრის სიამღლეზე იღებს. ის არის მდინარე ალაზნის მარცხენა შენაკადი. მდინარის სიგრძე 19 კმ-ს შეადგენს, საერთო ვარდნა 2017 მ-ს, ხოლო მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი 119,4 კმ²-ია.

მდინარე სამყურისწყალი იკვებება როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და გრუნტის წყლებით. უნდა აღინიშნოს, რომ მდინარის საზრდოობაში გრუნტის წყლების წილი მეორეხარისხოვანია. წლის თბილ პერიოდში, მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი ხასიათდება წყალუხვობით, ხოლო ცივ პერიოდში - წყალმცირობით. მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება შემდეგია: გაზაფხული - 30%, ზაფხული 42%, შემოდგომა 18%, ხოლო ზამთარი 10% [35].

ცხრილი 2. მდ. სამყურისწყალი - ჰ/ს ყადორის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. სამყურისწყალი - ჰ/ს ყადორი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1953	4,13		23	1975	5,49
2	1954	5,13		24	1976	7,06
3	1955	5,08		25	1977	6,86
4	1956	5,60		26	1978	5,77
5	1957	4,86		27	1979	5,87
6	1958	5,56		28	1980	5,42
7	1959	5,68		29	1981	5,46
8	1960	5,80		30	1982	6,52
9	1961	4,98		31	1983	5,62
10	1962	4,82		32	1984	8,33
11	1963	7,10		33	1985	5,16
12	1964	5,60		34	1986	4,37
13	1965	5,34		ჯამი		192,85
14	1966	4,04		საშ. მრ. წლიური ხარჯი (ჰ/ს ყადორი)		5.64
15	1967	6,03				
16	1968	6,81				
17	1969	4,46				
18	1970	6,29				
19	1971	5,79				
20	1972	5,48				
21	1973	5,12				
22	1974	6,22				

მდ. სამყურისწყლის ჰიდრომეტრიული საგუმზაგო (ჰ/ს) ყადორის კვეთში 38 წლის (1953-90 წწ) განმავლობაში წარმოებდა ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, საიდანაც ოფიციალურად გამოქვეყნებულია მხოლოდ 1986 წლის ჩათვლით და აღნიშნული მონაცემების მიხედვითაც ჰ/ს ყადორის

კვეთში მდინარის საშუალო წლიური ხარჯების სიდიდე მერყეობს 4,04 მ³/წმ-დან (1966 წ) 8,33 მ³/წმ-მდე (1984 წ).

ოფიციალურად გამოქვეყნებული 34 წლიანი (1953-86 წწ) ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, მე-(6) გამოსახულების მიხედვით გაანგარიშებული მდ. სამყურისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი ჰ/ს ყადორის კვეთში 5,64 მ³/წმ-ს შეადგენს.

34 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = 0,16$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,32$, როგორც ეს მიღებულია ჰიდროლოგიაში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების გამოთვლისას [16, 17].
- წყლის ხარჯის საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{\rho_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = 2,74\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = 12,3\%$$

მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე სამყურისწყალის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

გადასვლა ჰ/ს ყადორის კვეთიდან მდ. სამყურისწყალის სხვა საკვლევ კვეთებში განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტის მეშვეობით, რომელიც მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით - შემდეგი გამოსახულებით:

$$K = \frac{F_i}{F_{h/s}} \quad (33)$$

ხოლო

$$Q_i = K \cdot Q_{3/ს} \quad (34)$$

სადაც, F_i – მდინარე სამყურისწყალის წყალშემკრები აუზის ფართობია საკვლევ კვეთებში და ეს სიდიდეები კვეთების შესაბამისად 103,7კმ², 63,7კმ² და 21 კმ²-ს შეადგენს.

$F_{3/ს}$ – მდინარე სამყურისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია 3/ს ყადორის კვეთში, რაც ტოლია 119,4 კმ²-ის;

მაგალითად, განვსაზღვროთ საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „ნიშნული 1640“-სთვის:

$$K = \frac{F_{63.1640}}{F_{3/ს}} = \frac{103,7}{119,4} = 0,8685$$

$$Q_{63.1640} = K \cdot Q_{3/ს} = 0,8685 \cdot 5,64 = 4,9 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მარჯვენა შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 1950“:

$$K = \frac{F_{მარჯ. შენ. შემდ.}}{F_{3/ს}} = \frac{63,7}{119,4} = 0,5335$$

$$Q_{მარჯ. შენ. შემდ.} = K \cdot Q_{3/ს} = 0,5335 \cdot 5,64 = 3,0 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მარჯვენა შენაკადამდე - ნიშნული 1950“:

$$K = \frac{F_{მარჯ. შენ.-მდგ}}{F_{3/ს}} = \frac{21}{119,4} = 0,1758$$

$$Q_{მარჯ. შენ.-მდგ} = K \cdot Q_{3/ს} = 0,1758 \cdot 5,64 = 1,0 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ანგარიშების შედარების კორექტულობის მიზნით, მდ. სამყურისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები განისაზღვრა იმავე კვეთებში, რაც აკადემიკოს გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებული გამოთვლებისას.

ცხრილი. 3. მდ. სამყურისწყლის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში

მდ. სამყურისწყლის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2837	7,5	887		0	0,5	4,35
მარჯვ. შენაკადამდე	21	1950				2700		
მარჯვ. შენაკადის შემდეგ	63,7	1950	--	--	2640	3,0	3,95	12
ნიშნული 1940	103,7	1640	6,5	310	2600	4,9		
მდ. ალაზნის შესართავთან. ჰ/ს ყადორი	119,4	820	5,0	820	2590	5,64	5,27	42,4
ჯამი			19	2017				58,75

გაზრდილი ჰიდროლოგიური რიგის მონაცემების საფუძველზე ჩატარებულმა გაანგარიშებამ აჩვენა, რომ მდ. სამყურისწყლის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი შეადგენს 58,75 მგვტ-ს, რაც 12,85 მგვტ-ით (დაახლოებით 18%) ნაკლებია 1987 წელს გამოქვეყნებულ შედეგთან შედარებით.

4.1.2. მდ. ალაზანი

მდ. ალაზანი სათავეს იღებს საქართველოში, კავკასიონის ქედიდან ზღვის დონიდან 2750 მეტრის სიმაღლეზე. მდინარე ალაზნის აუზი მდებარეობს ნაწილობრივ საქართველოში, ნაწილობრივ აზრებაიჯანში. მდინარე მიედინება სამხრეთ-აღმოსავლეთით და ჩაედინება მინგეჩაურის წყალსაცავში.

ჰ/ს შაქრიანის კვეთში მდ. ალაზნის წყალშემკრები აუზის ფართობი 2202,8 კმ²-ს შეადგენს [36].

წლის განმავლობაში, მდ. ალაზნის ჩამონადენი შედარებით სტაბილურია, რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ ჩამონადენის ფორმირებაში დიდი

ნაწილი გრუნტის წყლებს უკავია (გრუნტის წყლების წილი დაახლოებით 40%-ია).

მდინარე ალაზნის წლიური ჯამური ჩამონადენის 37% გაზაფხულზე ჩამოედინება, ზაფხულში - 31%, შემოდგომის პერიოდში - 21%, ხოლო წლიური ჩამონადენის მხოლოდ 11% მოდის ზამთრის პერიოდზე [37].

ჰ/ს შაქრიანის კვეთში 49 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების შედეგად, რომელიც მოიცავს 1938-1986 წლებს, მდინარე ალაზნის საშუალო მრავალწლიურმა წყლის ხარჯმა 43,4 მ³/წმ შეადგინა.

ცხრილი .4. მდ. ალაზანი - ჰ/ს შაქრიანის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ალაზანი - ჰ/ს შაქრიანი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1938	41,1		28	1965	42,7
2	1939	40,1		29	1966	27,6
3	1940	64,7		30	1967	43,6
4	1941	40,9		31	1968	55,3
5	1942	50,6		32	1969	35,7
6	1943	51,4		33	1970	38,5
7	1944	48,4		34	1971	39,1
8	1945	46,0		35	1972	42,8
9	1946	47,1		36	1973	44,7
10	1947	35,3		37	1974	46,8
11	1948	43,8		38	1975	37,9
12	1949	43,9		39	1976	46,8
13	1950	39,1		40	1977	38,0
14	1951	42,7		41	1978	42,3
15	1952	49,3		42	1979	36,5
16	1953	36,6		43	1980	41,0
17	1954	44,0		44	1981	33,8
18	1955	47,2		45	1982	53,8
19	1956	53,7		46	1983	45,8
20	1957	37,0		47	1984	61,2
21	1958	39,6		48	1985	34,8
22	1959	49,4		49	1986	36,3
23	1960	49,5		ჯამი		2128,5
24	1961	29,8		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს შაქრიანი)		43,4
25	1962	27,6				
26	1963	59,4				
27	1964	45,5				

49 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_V = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,18$

- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_S = 2 \cdot C_V = 0,36$

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,18}{\sqrt{49}} \cdot 100 = 2,57\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_V} = \sqrt{\frac{1+C_V^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+0,18^2}{2 \cdot 49}} \cdot 100 = 10,2\%$$

ჩატარებული გამოთვლებიდან ჩანს, რომ მდინარე ალაზნის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_V} \leq 15\%$.

ამ შემთხვევაშიც, გადასვლა ანალოგიდან (ჰ/ს შაქრიანი) მდ. ალაზნის სხვა მოცემულ კვეთებში განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტის მეშვეობით, რომელიც მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით.

➤ საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 365“:

$$K = \frac{F_{\text{შენ. შემდეგ}}}{F_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}}} = \frac{2052,7}{2202,8} = 0,93$$

$$Q_{\text{შენ. შემდეგ}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}} = 0,93 \cdot 43,4 = 40,4 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. თურდოს შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. თურდოს შენაკ.}}}{F_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1938,5}{2202,8} = 0,88$$

$$Q_{\text{მდ. ტურდოს შენაკ.}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,88 \cdot 43,4 = 38,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ლოპოტას შენაკადის შემდეგ“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ლოპოტას შენ. შემდეგ}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1935}{2202,8} = 0,87$$

$$Q_{\text{მდ. ლოპოტას შენ. შემდეგ}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,87 \cdot 43,4 = 38,1 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ლოპოტას შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ლოპოტას შენაკადამდე}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1671,8}{2202,8} = 0,76$$

$$Q_{\text{მდ. ლოპოტას შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,76 \cdot 43,4 = 33 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 373“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 373}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1645}{2202,8} = 0,746$$

$$Q_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 373}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,746 \cdot 43,4 = 32,4 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. სტორის შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. სტორის შენაკადამდე}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1363,8}{2202,8} = 0,62$$

$$Q_{\text{მდ. სტორის შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,62 \cdot 43,4 = 26,9 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 397“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 397}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1177,9}{2202,8} = 0,53$$

$$Q_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 397}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,53 \cdot 43,4 = 23,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ხოდაშენისხევის შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ხოდაშენისხევის შენაკ.}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{1088,9}{2202,8} = 0,495$$

$$Q_{\text{მდ. ხოდაშენისხევის შენაკ.}} = K \cdot Q_{\text{ანალოგ}} = 0,494 \cdot 43,4 = 21,5 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი. 5. მდ. ალაზნის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ალაზნის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
პ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე		2750,0	16,0	1450,0		0,0	0,6	8,53
ნიშნული 1300	59,0	1300,0			2320	1,2		
მდ. სამყურის-წყალის შენაკადამდე	92,1	820,0	10,5	480,0	2140	1,8	1,5	7,1
შენაკადის შემდეგ	211,5	820,0	--	--	2400	4,2	3	--
პ/ს ჯოყოლო	276,1	729,2	10,0	90,8	2220	5,4	4,8	4,3
მდ. ხევისჭალას შენაკადამდე	452,2	495,0	16,0	234,3	1760	9	7,2	16,55
შენაკადის შემდეგ	543,3	495,0	--	--	1620	10,7	9,85	--
მდ. ილტოს შენაკადამდე	555,6	483,5	2,3	11,5	1600	11	10,85	1,22
შენაკადის შემდეგ	842,9	483,5	--	--	1460	16,6	13,8	--
მდ. ორვილის შენაკადამდე	860,0	471,0	5,2	12,5	1440	17	16,8	2,1
შენაკადის შემდეგ	950,7	471,0	--	--	1400	18,7	17,85	--
მდ. ხოდაშევის-ხევის შენაკადამდე	1088,9	397,0	14,0	74,0	1390	21,5	20,1	14,6
შენაკადის შემდეგ	1177,9	397,0	--	--	1380	23,2	22,35	--
მდ. სტორის შენაკადამდე	1363,8	373,0	6,1	24	1360	26,9	25,05	5,9
შენაკადის შემდეგ	1645,0	373,0	--	--	1320	32,4	29,65	--
მდ. ლოპოტას შენაკადამდე	1671,8	367,0	3,5	5,6	1310	33	32,7	1,8
შენაკადის შემდეგ	1935,0	367,0	--	--	1300	38,1	35,55	--
მდ. თურდოს შენაკადამდე	1938,5	365,0	0,5	2,0	1300	38,2	38,15	0,75
შენაკადის შემდეგ	2052,7	365,0	--	--	1300	40,4	39,3	--
პ/ს შაქრიანი	2202,8	340,0	7,5	25	1250	43,4	41,9	10,3
ჯამი								72,15

➤ საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 471“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 471}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{950,7}{2202,8} = 0,43$$

$$Q_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 471.}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,43 \cdot 43,4 = 18,7 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ორვილის შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ორვილის შენაკადამდე}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{860}{2202,8} = 0,39$$

$$Q_{\text{მდ. ორვილის შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,39 \cdot 43,4 = 17 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 483,5“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 483,5}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{842,9}{2202,8} = 0,38$$

$$Q_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 483,5.}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,38 \cdot 43,4 = 16,6 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ილტოს შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ილტოს შენაკადამდე}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{555,6}{2202,8} = 0,25$$

$$Q_{\text{მდ. ილტოს შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,25 \cdot 43,4 = 11 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 495“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 495}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{543,3}{2202,8} = 0,24$$

$$Q_{\text{შენაკ. შედეგ. ნშ 495.}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,24 \cdot 43,4 = 10,7 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. ხევსჭალას შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ხევსჭალას შენაკადამდე}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{452,2}{2202,8} = 0,21$$

$$Q_{\text{მდ. ხევსჭალას შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,21 \cdot 43,4 = 9 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი კვეთში: „პ/ს ჯოყოლო“:

$$K = \frac{F_{\text{პ/ს ჯოყოლო}}}{F_{\text{პ/ს შაქრიანი}}} = \frac{276,1}{2202,8} = 0,125$$

$$Q_{\text{პ/ს ჯოყოლო}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს შაქრიანი}} = 0,125 \cdot 43,4 = 5,4 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 820“:

$$K = \frac{F_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 820}}}{F_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}}} = \frac{211,5}{2202,8} = 0,097$$

$$Q_{\text{შენაკ. შემდეგ. ნშ 820.}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}} = 0,097 \cdot 43,4 = 4,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „მდ. სამყურისწყალის შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. სამყურისწყალის შენაკადამდე}}}{F_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}}} = \frac{92,1}{2202,8} = 0,04$$

$$Q_{\text{მდ. სამყურისწყალის შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}} = 0,04 \cdot 43,4 = 1,8 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი კვეთში: „ნიშნული 1300“:

$$K = \frac{F_{\text{ნშ 1300}}}{F_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}}} = \frac{59}{2202,8} = 0,03$$

$$Q_{\text{ნშ 1300.}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს შაქრიანი}} = 0,03 \cdot 43,4 = 1,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებების მიხედვით, ჰ/ს შაქრიანის კვეთში საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი შემცირდა დაახლოებით 2 მ³/წმ-ით. მდ. ალაზნის ზემო კვეთებში ფართობების მიხედვით ხარჯების გადაანგარიშების შედეგად აღნიშნულ კვეთებშიც რასაკვირველია გამოვლინდა წყლის ხარჯების შემცირება, რამაც საბოლოო ჯამში ასახვა ჰპოვა მდინარის ენერგეტიკულ პოტენციალზე. ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, 1938-1986 წწ ჰიდროლოგიური მონაცემების მიხედვით, მდ. ალაზნის ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა სათავიდან ჰ/ს შაქრიანის კვეთის ჩათვლით 73,15 მგვტ შეადგინა, რაც 59,65 მგვტ-ით ნაკლებია აკადემიკოს გივი სვანიძის ხელმძღვანელობით გამოთვლილ პოტენციალზე.

4.1.3. მდ. ილტო

მდ. ილტო, რომელიც ალაზნის მარჯვენა შენაკადია, კახეთის ქედის სამხრეთ აღმოსავლეთის კალთაზე - ზღვის დრონიდან 2133,6 მ სიმაღლეზე იღებს სათავეს. მდინარის სიგრძე 45 კილომეტრს შეადგენს, ხოლო წყალშემკრები აუზის ფართობი 337,3 კვადრატული კილომეტრს.

მდინარე ილტო საზრდოობს როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და მიწისქვეშა წყლით. გაზაფხულის პერიოდში მდინარე ხასიათდება უხვწყლიანობით, ხოლო ზამთარში - წყალმცირობით. აღსანიშნავია, რომ ზაფხულსა და შემოდგომაზე იცის წყალმოვარდები [38].

ჰიდროლოგიურ სადგურ საბუეს კვეთში მდ. ილტოს 50 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვების შედეგად, საშუალო მრავალწლიურმა წყლის ხარჯმა 5,1 მ³/წმ შეადგინა.

50 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,39$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,78$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = 5\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} \cdot 100 = 10,7\%$$

მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე ილტოს წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეკრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 6. მდ. ილტო - ჰ/ს საბუეს საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ილტო - ჰ/ს საბუე						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1936	10,7		30	1965	6,10
2	1937	9,20		31	1966	2,20
3	1938	4,10		32	1967	3,96
4	1939	3,90		33	1968	5,41
5	1940	7,30		34	1969	3,00
6	1941	4,10		35	1970	3,89
7	1942	5,51		36	1971	4,34
8	1943	5,90		37	1972	3,64
9	1944	5,41		38	1973	3,16
10	1945	5,82		39	1974	4,18
11	1946	5,55		40	1975	2,52
12	1947	2,84		41	1976	10,7
13	1948	4,77		42	1977	7,71
14	1949	3,06		43	1978	9,17
15	1950	3,54		44	1979	4,96
16	1951	5,12		45	1980	4,57
17	1952	5,69		46	1981	4,07
18	1953	3,49		47	1982	5,12
19	1954	5,74		48	1983	5,65
20	1955	5,28		--	1984	--
21	1956	6,70		49	1985	5,38
22	1957	2,68		50	1986	4,17
23	1958	4,31		ჯამი		255,23
24	1959	7,34		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს საბუე)		5,10
25	1960	3,91				
26	1961	2,66				
27	1962	3,27				
28	1963	7,76				
29	1964	5,68				

როგორც წინა შემთხვევებში, ანალოგი კვეთიდან გადავდივართ და ვანგარიშობთ მდ. ილტოს სხვა კვეთების წყლის საშუალო მრავალწლიურ ხარჯებს და აღნიშნულს ვახორციელებთ ფართობების ფარდობის მიხედვით:

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთი „მდ. ხევგრძელის შენაკადამდე“ იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{ხვევ. შენ-მდე}}}{F_{\text{პ/ს საბუე}}}} = \frac{226,6}{308,1} = 0,7355$$

$$Q_{\text{ხვევ. შენ-მდე}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს საბუე}} = 0,7355 \cdot 5,1 = 3,75 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი “ნიშნული 1200”-სთვის:

$$K = \frac{F_{\text{მ. 1200}}}{F_{\text{პ/ს საბუე}}}} = \frac{27,6}{308,1} = 0,09$$

$$Q_{\text{მ. 1200}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს საბუე}} = 0,09 \cdot 5,1 = 0,46 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთი „ალაზნის შესართავთან“:

ამ შემთხვევაში, ჩვენ გვიწევს ანალოგი კვეთიდან გადასვლა ქვედა კვეთში, რომელ შემთხვევაშიც, ზემოთ გამოყენებული ფორმულა განიცდის მცირე სახესხვაობას.

$$K = \left(\frac{F_{\text{ალაზ. შესართ.}}}{F_{\text{პ/ს საბუე}}}} \right)^{0,8} = \left(\frac{337,3}{308,1} \right)^{0,8} = 1,071$$

$$Q_{\text{ალაზ. შესართ.}} = K \cdot Q_{\text{პ/ს საბუე}} = 1,071 \cdot 5,1 = 5,46 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 7. მდ. ილტოს საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ილტოს ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
პ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2133,6	6,8	933,6	1900	0	0,23	2,1
ნიშნული 1200	27,6	1200				0,46		
მდ. ხევგრძელის შენაკადამდე	226,6	630	27,2	570,0	1370	3,75	2,1	11
შენაკადის შემდეგ	308,1	630	--	--	1260	5,1	--	--
ალაზნის შესართავთან	337,3	483,5	11	146,5	1250	5,46	5,28	7,58
ჯამი			45	1650,1				20,68

ჩვენს მიერ გამოანგარიშებულმა მდ. ილტოს ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა, რომელიც დაფუძნებული იყო 50 წლიან ჰიდროლოგიურ დაკვირვებაზე (1936-1986წწ), შეადგინა 20,68 მგვტ. აღნიშნული პოტენციალი დაახლოებით 38%-ით არის შემცირებული იმ პოტენციალთან შედარებით (33,6 მგვტ), რომელიც დათვლილი იყო 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით.

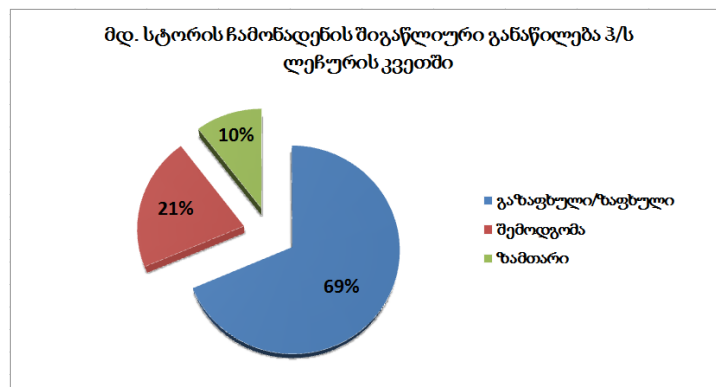
მდ. ილტოს შემთხვევაშიც ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ შეამცირა წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი და, შესაბამისად, მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი.

4.1.4. მდ. სტორი

მდინარე სტორი სათავეს კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობიდან იღებს. მდინარე სტორი მარცხენა მხრიდან უერთდება მდ. ალაზანს. მდინარის საერთო ვარდნა 2577 მეტრს შეადგენს [39].

მდინარე სტორის წყალშემკრები აუზის ფართობი 281 კმ²-ია.

მდინარე სტორის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე დაკვირვება ხდება 1945 წლიდან სოფელ ლეჩურთან განთავსებულ საგუმაგოზე. მდ. სტორი ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და გრუნტის წყლები. გრუნტის წყლების წილი ძალიან მცირე - მეორეხარისხოვანია და მისი წილი ძირითადად მნიშვნელოვანია აუზის ზედა ნაწილში.



ნახ. 9. მდ. სტორის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება

გაზაფხულის პერიოდში მდ. სტორის ჰიდროლოგიური რეჟიმი ხასიათდება წყალდიდობით, შემოდგომის პერიოდში - წყალმოვარდნით, ხოლო ზამთრის პერიოდში გამოირჩევა შედარებით მდგრადი წყალმცირობით.

გაზაფხული-ზაფხულის ჩამონადენი (ჰ/ს ლეჩურის კვეთი) შეადგენს წლიური ჩამონადენის 69%-ს. შემოდგომის ჩამონადენი 21%-ს, ხოლო ზამთრის 10%-ს (იხ. ნახ. 9.) [40].

მდ. სტორის ჰ/ს ლეჩურის კვეთის შემთხვევაში ხელმისაწვდომია 55 წლიანი დაკვირვების მონაცემები (1951-2005 წწ).

ჰ/ს ლეჩურის კვეთისთვის 55 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- მდინარის საშუალო მრავალწლიურმა წყლის ხარჯი ჰ/ს ლეჩურის კვეთში: 8,02 მ³/წმ.

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_V = \sqrt{\frac{\sum (K - 1)^2}{n - 1}} = 0,18$

- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_S = 2 \cdot C_V = 0,36$

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_V}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,18}{\sqrt{55}} \cdot 100 = 2,4\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_V} = \sqrt{\frac{1 + C_V^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 + 0,18^2}{2 \cdot 55}} \cdot 100 = 9,7\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე სტორის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც

სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$,
 ხოლო $\varepsilon_{c_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 8. მდ. სტორი - ჰ/ს ლეჩურის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. სტორი - ჰ/ს ლეჩური						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1951	11,04		31	1981	6,59
2	1952	6,63		32	1982	5,87
3	1953	7,55		33	1983	10,33
4	1954	9,35		34	1984	9,07
5	1955	8,23		35	1985	5,89
6	1956	9,67		36	1986	6,69
7	1957	6,99		37	1987	9,18
8	1958	8,20		38	1988	9,02
9	1959	10,02		39	1989	6,23
10	1960	7,28		40	1990	8,67
11	1961	5,80		41	1991	7,30
12	1962	6,56		42	1992	8,95
13	1963	10,63		43	1993	8,68
14	1964	8,51		44	1994	8,08
15	1965	8,61		45	1995	6,81
16	1966	5,00		46	1996	8,14
17	1967	7,33		47	1997	10,54
18	1968	8,37		48	1998	7,73
19	1969	6,16		49	1999	8,88
20	1970	7,26		50	2000	8,20
21	1971	7,49		51	2001	9,97
22	1972	7,23		52	2002	9,27
23	1973	6,54		53	2003	7,95
24	1974	7,49		54	2004	8,51
25	1975	5,63		55	2005	10,19
26	1976	10,14		ჯამი		441,15
27	1977	8,73		საშ. მრავალწლიური		
28	1978	8,58		წყლის ხარჯი		
29	1979	6,05		(ჰ/ს ლეჩური)		8,02
30	1980	7,34				

იმისათვის, რომ განვახორციელოთ მდინარე სტორის
 ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებები, საჭიროა მოცემული მდინარის

ზედა კვეთების წყლის ხარჯების დადგენა, რომელსაც ვახორციელებთ წყალშემკრები აუზის ფართობების ფარდობის მიხედვით.

ჰ/ს ლეჩურის კვეთს, რომლის წყალშემკრები აუზის ფართობი 211,8 კმ²-ს შეადგენს, ვიყენებთ ანალოგად და მდ. სტორის ზედა კვეთებში წყლის ხარჯების გადათვლას ვახორციელებთ აპრობირებული ფორმულით:

$$K = \frac{F_i}{F_{\text{ჰ/ს ლეჩური}}}; \quad Q_i = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლეჩური}}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ნიმნული 590“ (წყალშემკრები აუზის ფართობით 134,4 კმ²):

$$K = \frac{F_{\text{ნიმნული 590}}}{F_{\text{ჰ/ს ლეჩური}}} = \frac{134,4}{211,8} = 0,634$$

$$Q_{\text{ნიმნული 590}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლეჩური}} = 0,634 \cdot 8,02 = 5,08 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ნიმნული 590“ (წყალშემკრები აუზის ფართობით 78,4 კმ²):

$$K = \frac{F_{\text{ნიმნული 590}}}{F_{\text{ჰ/ს ლეჩური}}} = \frac{78,4}{211,8} = 0,37$$

$$Q_{\text{ნიმნული 590}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლეჩური}} = 0,37 \cdot 8,02 = 2,9 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ნიმნული 1200“:

$$K = \frac{F_{\text{ნიმნული 1200}}}{F_{\text{ჰ/ს ლეჩური}}} = \frac{41}{211,8} = 0,19$$

$$Q_{\text{ნიმნული 1200}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლეჩური}} = 0,19 \cdot 8,02 = 1,5 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგად, რომელიც დაფუძნებულია მდ. სტორის 55 წლიან ჰიდროლოგიურ დაკვირვების მონაცემებზე (1951-2005 წწ), მდინარის თეორიულმა ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა ჰ/ს ლეჩურის კვეთის ჩათვლით 37,6 მგვტ შეადგინა.

ჩვენს მიერ გამოთვლილი პოტენციალი 16,1 მგვტ-ით (დაახლოებით 30%-ით) ნაკლებია, მდ. სტორის 1980 წლამდე არსებული მონაცემებით გამოთვლილ პოტენციალზე.

ცხრილი 9. მდ. სტორის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. სტორის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
პ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ.წლიური ხარჯი, მ³/წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ³/წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2950	7	1250		0	0,75	9,2
ნიშნული 1700	41	1700			2500	1,5		
ნიშნული 590	78,4	590	8,5	1110	2280	2,9	2,2	23,9
ნიშნული 590	134,4	590	--	--	2200	5,08	--	--
პ/ს ლეჩური	211,8	520	9,5	70	1840	8,02	6,5	4,5
ჯამი								37,6

ზემოთ აღნიშნული ცხადყოფს, რომ კლიმატის ცვლილებამ შესაბამისი გავლენა მოახდინა როგორც მდინარის საშუალო მრავალწლიურ წყლის ხარჯის და, შესაბამისად, მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შემცირებაზე.

4.2. აჭარის რეგიონი

4.2.1. მდ. აჭარისწყალი

მდ. აჭარისწყალი სათავეს 2379 მეტრის სიმაღლეზე იღებს და მარჯვნიდან ერთვის მდინარე ჭოროხს. მდინარე აჭარისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობი 1540 კმ²-ს შეადგენს.

მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი გაზაფხულის პერიოდში ხასიათდება წყალდიდობით, შემოდგომის პერიოდში წყალმოვარდნებით, ხოლო ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდში - წყალმცირობით.

მდ. აჭარისწყლის წლიური ჯამური ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს როგორც თოვლის ნადნობი, წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება შემდეგია:

გაზაფხულის პერიოდზე მოდის წლიური ჩამონადენის 50%, ზაფხულის პერიოდზე - 17%, შემოდგომაზე 19%, ხოლო ზამთრის პერიოდზე - 14% [41, 42].

საქართველოს ბევრი სხვა მდინარის მსგავსად, მდ. აჭარისწყალზე და მის შენაკადებზეც მე-20 საუკუნის 90-იანი წლებიდან აღარ ხორციელდება ჰიდროლოგიური დაკვირვებები.

ხელმისაწვდომი მონაცემებით, მდ. აჭარისწყალის 3/ს ხულოს 45 წლიანი (1942-1986 წწ) ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემების მიხედვით, საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა აღნიშნულ კვეთში 8,28 მ³/წმ შეადგინა.

45 წლიანი ვარიაციული რიგის მომენტების მეთოდით სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = 0,21$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,42$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = 3,16\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = 10,9\%$$

მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე აჭარისწყალის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

მიღებული შედეგები, წყალშემკრები აუზების ფართობების გათვალისწინებით, გადანგარიშებული იქნა მდინარის სხვა გასწორებისათვის.

ცხრილი 10. მდ. აჭარისწყალი - ჰ/ს ხულოს საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. აჭარისწყალი - ჰ/ს ხულო						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1942	8,57		26	1967	7,68
2	1943	6,66		27	1968	10,2
3	1944	8,13		28	1969	5,28
4	1945	7,95		29	1970	8,76
5	1946	8,49		30	1971	8,38
6	1947	6,01		31	1972	8,8
7	1948	10,4		32	1973	9,48
8	1949	6,82		33	1974	5,88
9	1950	8,86		34	1975	10,0
10	1951	7,4		35	1976	7,81
11	1952	7,65		36	1977	5,67
12	1953	7,93		37	1978	12,1
13	1954	8,44		38	1979	11,7
14	1955	4,9		39	1980	6,14
15	1956	10,0		40	1981	6,61
16	1957	7,56		41	1982	8,71
17	1958	10,6		42	1983	7,59
18	1959	11,2		43	1984	5,8
19	1960	8,39		44	1985	8,22
20	1961	9,0		45	1986	7,66
21	1962	8,68		ჯამი		372,76
22	1963	9,69		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ხულო)		8,28
23	1964	10,7				
24	1965	8,5				
25	1966	6,76				

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 738“ იქნება:

$$K = \frac{F_{6\text{შ } 738}}{F_{\text{ჰ/ს ხულო}}} = \frac{200,1}{251,2} = 0,79$$

$$Q_{6\text{შ } 738} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ხულო}} = 0,79 \cdot 8,28 = 6,5 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. საციხურას შენაკადამდე“ იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. საციხ. შენ.}}}{F_{\text{ჰ/ს ხულო}}} = \frac{112}{308,1} = 0,44$$

$$Q_{\text{მდ. საციხ. შენ.}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ხულო}} = 0,44 \cdot 8,28 = 3,6 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1020“-სთვის:

$$K = \frac{F_{\text{გ.შ. 1020}}}{F_{\text{ჰ/ს ხულო}}} = \frac{79,2}{251,2} = 0,315$$

$$Q_{\text{გ.შ. 1020}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ხულო}} = 0,315 \cdot 8,28 = 2,6 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1180“-სთვის:

$$K = \frac{F_{\text{გ.შ. 1180}}}{F_{\text{ჰ/ს ხულო}}} = \frac{51}{251,2} = 0,2$$

$$Q_{\text{გ.შ. 1180}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ხულო}} = 0,2 \cdot 8,28 = 1,68 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 11. მდ. აჭარისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. აჭარისწყალის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2379	9,0	1199		0	0,84	9,9
ნიშნული 1180	51,0	1180				1940		
ნიშნული 1020	79,2	1020	3,0	160	1810	2,6	2,14	3,35
მდ. საციხურას შენაკადამდე	112,0	738	7,0	282	1660	3,6	3,1	8,6
შენაკადის შემდეგ	200,1	738	--	--	1650	6,5	5,05	--
ჰ/ს ხულო	251,2	650	4,5	88	1600	8,28	7,39	6,38
ჯამი								28,23

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებიდან, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ მდ. აჭარისწყალის შემთხვევაში დაფუძნებულია 45 წლიან ჰიდროლოგიურ დაკვირვებაზე, მდინარის ენერგეტიკულმა პოტენციალმა ჰ/ს ხულოს კვეთის ჩათვლით 28,23 მგვტ შეადგინა. მიღებული მაჩვენებელი 10%-ით ნაკლებია იმ მაჩვენებელზე, რომელიც დათვლილი იყო 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით (აღნიშნული

მონაცემებით, მდ. აჭარისწყალის ენერგეტიკული პოტენციალი ჰ/ს ხულოს კვეთის ჩათვლით 31,4 მგვტ იყო).

4.2.2. მდ. ჩირუხისწყალი

მდ. ჩირუხისწყალი სათავეს იღებს 2100 მ სიმაღლეზე და ერთვის მდ. აჭარისწყალს.

მდინარის სიგრძე 38 კმ-ს შეადგენს, საერთო ვარდნა 1718 მ-ს. ჩირუხისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს შუახვის კვეთში 328 კმ²-ია, ხოლო აუზის საშუალო სიმაღლე 1700 მეტრი.

მდინარე ჩირუხისწყლის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია გაზაფხულის წყადიდობები, შემოდგომის წყალმოვარდნები, ხოლო ზაფხულისა და ზამთრის წყალმცირობები [41].

მდინარე ჩირუხისწყლის საზრდოობაში ძირითადად მონაწილეობს თოვლისა და წვიმის წყლები, ხოლო მდინარის ჩამონადენში გრუნტის წყლების წილი მცირეა. მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება შემდეგია: გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდზე მოდის მთლიანი წლიური ჩამონადენის დაახლოებით 65%-მდე, შემოდგომის პერიოდზე - 25%-მდე, ხოლო ზამთარის პერიოდზე მხოლოდ 10%-მდე.

ისევე როგორც მდ. აჭარისწყალზე და საქართველოს სხვა მდინარეებზე, მდ. ჩირუხისწყალზეც თითქმის სამი ათეული წელია არ ფუნქციონირებს ჰიდროლოგიური საგუშაგო. ამჟამად ხელმისაწვდომია 44 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები (1943-1986 წწ), რომელთა მიხედვითაც მდ. ჩირუხისწყალის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა ჰ/ს შუახვის კვეთში 9,9 მ³/წმ შეადგინა.

44 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,31$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,62$

ცხრილი 12. მდ. ჩირუხისწყალი - ჰ/ს შუახევის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ჩირუხისწყალი - ჰ/ს შუახევი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1943	8,64		26	1968	23,8
2	1944	11,5		27	1969	6,64
3	1945	7,3		28	1970	9,22
4	1946	9,77		29	1971	9,91
5	1947	5,21		30	1972	10,2
6	1948	9,34		31	1973	9,64
7	1949	8,16		32	1974	6,39
8	1950	12,0		33	1975	10,3
9	1951	12,0		34	1976	9,78
10	1952	10,8		35	1977	6,34
11	1953	10,4		36	1978	12,1
12	1954	10,5		37	1979	8,96
13	1955	6,2		38	1980	8,54
14	1956	8,53		39	1981	8,81
15	1957	10,2		40	1982	9,53
16	1958	14,1		41	1983	9,8
17	1959	15,5		42	1984	6,44
18	1960	8,28		43	1985	6,26
19	1961	9,11		44	1986	9,46
20	1962	11,1		ჯამი		435,81
21	1963	11,9		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს შუახევი)		9,9
22	1964	13,4				
23	1965	11,1				
24	1966	7,75				
25	1967	10,9				

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = 4,6\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = 11,1\%$$

მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე ჩირუხისწყალის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს წარმომადგენლობითობის მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

მიღებული ჰიდროლოგიური მონაცემებიდან, წყალშემკრები აუზების ფართობების მიხედვით უნდა გადავიანგარიშოთ და გამოვთვალოთ წყლის ხარჯები მდინარის სხვა გასწორებისათვის.

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 420“ იქნება:

$$K = \frac{F_{6\text{მ } 420}}{F_{3/ს \text{ შუახევი}}} = \frac{327}{328} = 0,997$$

$$Q_{\text{შენაკადის შემდეგ}} = K \cdot Q_{3/ს \text{ შუახევი}} = 0,997 \cdot 9,9 = 9,87 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ტბეთის შენაკადამდე“ იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ტბეთის შემდეგ}}}{F_{3/ს \text{ შუახევი}}} = \frac{243}{328} = 0,74$$

$$Q_{\text{მდ. ტბეთის შემდეგ}} = K \cdot Q_{3/ს \text{ შუახევი}} = 0,74 \cdot 9,9 = 7,3 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „მოდულისწყალის შენაკადის შემდეგ“:

$$K = \frac{F_{\text{მოდულისწყალის შემდეგ}}}{F_{3/ს \text{ შუახევი}}} = \frac{214,2}{328} = 0,653$$

$$Q_{\text{მოდულისწყალის შემდეგ}} = K \cdot Q_{3/ს \text{ შუახევი}} = 0,653 \cdot 9,9 = 6,46 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „მდ. მოდულისწყალის შენაკადამდე“:

$$K = \frac{F_{\text{მოდულისწყალის შემდეგ}}}{F_{3/ს \text{ შუახევი}}} = \frac{156,2}{328} = 0,476$$

$$Q_{\text{მოდულისწყალის შემდეგ}} = K \cdot Q_{3/ს \text{ შუახევი}} = 0,476 \cdot 9,9 = 4,71 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1034,7-სთვის“:

$$K = \frac{F_{6.შ. 1034,7}}{F_{3/ს შუახვევი}} = \frac{103,2}{328} = 0,315$$

$$Q_{6.შ. 1034,7} = K \cdot Q_{3/ს შუახვევი} = 0,315 \cdot 9,9 = 3,12 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1600-სთვის“:

$$K = \frac{F_{6.შ. 1600}}{F_{3/ს შუახვევი}} = \frac{39,6}{328} = 0,12$$

$$Q_{6.შ. 1600} = K \cdot Q_{3/ს შუახვევი} = 0,12 \cdot 9,9 = 1,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 13. მდ. ჩირუხისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ჩირუხისწყალის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
3/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2100	7,0	500	2230	0	0,6	2,94
ნიშნული 1600	39,6	1600				1,2		
ნიშნული 1034,7	103,2	1034,7	9,2	565,3	2010	3,12	2,12	11,76
მდ. მოდულისწყალის შენაკადამდე	156,2	740	10,8	294,7	1890	4,71	3,915	11,32
შენაკადის შემდეგ	214,2	740	--	--	1870	6,46	5,585	--
მდ. ტბეთის შენაკადამდე	243	420	9,5	320	1820	7,3	6,88	21,6
შენაკადის შემდეგ	327	420	--	--	1700	9,87	8,6	--
3/ს შუახვევი	328	390	1,0	30	1700	9,9	9,885	2,9
ჯამი								50,52

ჩვენს მიერ ჩატარებული გამოთვლებით, მდ. ჩირუხისწყალის (3/ს შუახვევის კვეთის ჩათვლით) ენერგეტიკულმა პოტენციალმა 50,52 მგვტ შეადგინა. თავდაპირველი გათვლებით აღნიშნული სიდიდე 64,8 მგვტ იყო, შესაბამისად, ჰიდროლოგიური რიგების გაზრდამ (80-იანი წლების მონაცემები) შეამცირა მდინარის ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიური

მაჩვენებელი და აღნიშნულის შედეგად მდინარის პოტენციალი 14,28 მგვტ-ით, ანუ დაახლოებით 22%-ით შემცირდა.

4.3. იმერეთის რეგიონი

4.3.1. მდ. ყვირილა

მდინარე ყვირილა სათავეს იღებს 1898,9 მ-ის სიმაღლეზე. მდინარე ჩაედინება ვარციხის წყალსაცავში. მანამდე, სანამ მოხდებოდა ვარციხის წყალსაცავის მოწყობა, მდინარე ყვირილა იყო მდ. რიონის მარცხენა შენაკადი. მდინარის საერთო სიგრძე 140 კმ-ია, ხოლო წყალშემკრები აუზის ფართობი ჩვენთვის საინტერესო ჰ/ს ზესტაფონის კვეთში 2410 კმ²-ს შეადგენს.

მდინარის საზრდოობაში უდიდესი წილი წვიმის (45,0 %) წყლებზე მოდის, ხოლო მეორე და მესამე ადგილზე თოვლისა (32 %) და მიწისქვეშა (23%) წყლებია. მდინარე ყვირილას ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია გაზაფხულის წყალდიდობები, შემოდგომა-ზამთრის წყალმოვარდნები და ზაფხულის წყალმცირობი.

რაც შეეხება მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიურ განაწილებას, მდინარე ყვირილას შემთხვევაში გაზაფხულისა და ზაფხულიც ჩამონადენი თითქმის ერთმანეთის ტოლია და ის წლიური ჩამონადენის დაახლოებით 24%-ს შეადგენს. შემოდგომის პერიოდში ჩამოედინება ჯამური წლიური ჩამონადენის 22%, ხოლო ზამთარში 30%. მდინარე ყვირილა გამოიყენება როგორც ენერგეტიკული, ისე ირიგაციული მიზნებისათვის [43].

როგორც აღინიშნა, მდ. ყვირილას წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ზესტაფონის კვეთში 2410 კმ²-ს შეადგენს. აღნიშნული კვეთისთვის გვაქვს 50 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები.

ცხრილი 14. მდ. ყვირილა - ჰ/ს ზესტაფონის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ყვირილა - ჰ/ს ზესტაფონი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1937	58,8		29	1965	55,0
2	1938	64,4		30	1966	45,4
3	1939	78,8		31	1967	60,6
4	1940	77,1		32	1968	71,9
5	1941	67,9		33	1969	37,5
6	1942	61,3		34	1970	57,0
7	1943	39,0		35	1971	49,0
8	1944	70,5		36	1972	63,3
9	1945	64,2		37	1973	60,7
10	1946	81,0		38	1974	43,1
11	1947	46,7		39	1975	57,8
12	1948	67,6		40	1976	55,4
13	1949	53,4		41	1977	46,8
14	1950	69,1		42	1978	75,7
15	1951	53,8		43	1979	50,1
16	1952	59,5		44	1980	46,7
17	1953	67,3		45	1981	53,4
18	1954	63,5		46	1982	82,2
19	1955	40,1		47	1983	95,4
20	1956	64,6		48	1984	53,4
21	1957	44,8		49	1985	54,8
22	1958	59,1		50	1986	37,3
23	1959	73,1		ჯამი		2989,5
24	1960	54,3		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ზესტაფონი)		59,8
25	1961	63,4				
26	1962	47,4				
27	1963	67,4				
28	1964	78,9				

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, ჰ/ს ზესტაფონის კვეთისთვის წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა, რომელიც ეფუძნება 1937-1986 წლების დაკვირვების მონაცემებს, 59,8 მ³/წმ შეადგინა.

50 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,21$

ცხრილი 15. მდ. ყვირილას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ყვირილას ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ.წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	1898,9				0,0		
ნიშნული 1600	42,4	1600	11	298,9			0,55	1,61
ნიშნული 911	83,2	911	10	689	1930	1,1	1,6	10,81
მდ. ღვიზას შენაკადამდე	94,5	690	5,5	221	1830	2,1	2,22	4,8
შენაკადის შემდეგ	173,1	690	--	--	1750	2,34	3,32	--
მდ. გედურას შენაკადამდე	181,3	678,6	3,7	11,4	1620	4,3	4,4	0,5
შენაკადის შემდეგ	298	678,6	--	--	1590	4,5	5,95	--
მდ. ჭიხურას შენაკადამდე	442,7	422,4	17,5	256,2	1600	7,4	9,2	23,12
შენაკადის შემდეგ	562,9	422,4	--	--	1330	11	12,5	--
მდ. ჯრუჭულას შენაკადამდე	609,8	379,8	8,2	42,6	1340	14	14,56	6,1
შენაკადის შემდეგ	819,5	379,8	--	--	1280	15,13	17,72	--
ჰ/ს ჭიათურა	898,8	344	7	35,8	1260	20,3	21,3	7,5
მდ. სამალობევის შენაკადამდე	939,8	281,6	16,5	62,4	1210	22,3	22,8	14
შენაკადის შემდეგ	1032	281,6	--	--	1180	23,3	24,45	--
ჰ/ს რკვია	1066	265	6	16,6	1130	25,6	26,1	4,25
მდ. ძირულას შენაკადამდე	1123,6	170,7	23	94,3	1120	26,5	27,2	25,2
შენაკადის შემდეგ	2381,6	170,7	--	--	1060	27,9	43,5	--
ჰ/ს ზესტაფონი	2409,9	151,7	4	19	960	59,1	59,45	11,1
ჯამი						59,8		109

- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,42$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{\rho_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,21}{\sqrt{50}} \cdot 100 = 2,97\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 + 0,21^2}{2 \cdot 50}} \cdot 100 = 10,21\%$$

მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდინარე ყვირილას წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს წარმომადგენლობითობის მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ამ შემთხვევაშიც, ჰ/ს ზესტაფონის კვეთს ვიყენებთ ანალოგად და მდ. ყვირილას სხვა კონკრეტულ კვეთებში ხარჯების დასადგენად ვსარგებლობთ ფართობების დამოკიდებულებით, შესაბამისად, ამ გზით გადავითვლით შესაბამისი კვეთების წყლის საშუალო მრავალწლიურ ხარჯებს.

მდინარე ყვირილასთვის ჩვენს მიერ ჩატარებული ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებების შედეგად, რომელიც დაფუძნებული იყო 50 წლიან ჰიდროლოგიურ დაკვირვებაზე, მდინარის ენერგეტიკულმა პოტენციალმა ჰ/ს ზესტაფონის კვეთის ჩათვლით 109 მგვტ შეადგინა, რაც 17,8 მგვტ-ით (14%-ით) ნაკლებია იმ პოტენციალზე, რომელიც შეფასებული იყო „შედარებით ძველი“ ჰიდროლოგიურ რიგებზე დაყრდნობით (1987 წელს აკად. გივი სვანიძის მიერ) [5].

4.3.2. მდ. ხანისწყალი

მდ. ხანისწყალი სათავეს იღებს 2411 მეტრის სიმაღლეზე. მდინარე ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობი 914 კმ²-ია, ხოლო ჩვენთვის საინტერესო ჰ/ს ბაღდათის კვეთში აუზის ფართობი 657,7 კმ²-ს შეადგენს. მდინარე ხანისწყალის სიგრძე 57 კილომეტრია.

მდ. ხანისწყლის ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს, როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია გაზაფხულის წყალდიდობები, შემოდგომის წყალმოვარდნები, ხოლო ზაფხულისა და ზამთრის წყალმცირობები [44, 45].

ჩვენს მიერ შერჩეულ კვეთში (ჰ/ს ბაღდათი) მდ. ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობი 657,7კმ²-ია. ბაღდათის ჰიდროლოგიური საგუშაგოს შემთხვევაში არსებობს 50 წლიანი დაკვირვების მონაცემები, რომელიც მოიცავს 1937-1986 წლების პერიოდს.

აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგად, მდ. ხანისწყალის წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა ჰ/ს ბაღდათის კვეთში 15,8 მ³/წმ შეადგინა.

50 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = 0,2$

- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,4$

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{\rho_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,21}{\sqrt{50}} \cdot 100 = 2,8\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 + 0,2^2}{2 \cdot 50}} \cdot 100 = 10,2\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე ხანისწყალის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 16. მდ. ხანისწყალი - ჰ/ს ბაღდათის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ხანისწყალი - ჰ/ს ბაღდათი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1937	12,8		29	1965	17,5
2	1938	14,9		30	1966	11,9
3	1939	19,3		31	1967	15,7
4	1940	15,2		32	1968	20,0
5	1941	13,0		33	1969	8,5
6	1942	14,0		34	1970	15,4
7	1943	11,6		35	1971	15,3
8	1944	16,9		36	1972	13,9
9	1945	15,2		37	1973	17,2
10	1946	15,0		38	1974	10,0
11	1947	11,5		39	1975	15,7
12	1948	16,8		40	1976	21,2
13	1949	18,4		41	1977	9,3
14	1950	19,6		42	1978	14,9
15	1951	18,1		43	1979	17,6
16	1952	18,1		44	1980	13,9
17	1953	21,5		45	1981	16,0
18	1954	17,5		46	1982	19,2
19	1955	11,1		47	1983	20,0
20	1956	19,2		48	1984	15,7
21	1957	19,3		49	1985	18,6
22	1958	16,8		50	1986	14,7
23	1959	23,7		ჯამი		789,7
24	1960	16,0		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ბაღდათი)		15,8
25	1961	13,7				
26	1962	11,9				
27	1963	16,2				
28	1964	16,2				

საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალი ბოლო მონაცემების მიხედვით 1987 წელს გ. სვანიძის მიერ შეფასდა. ჰ/ს ბაღდათის კვეთში საშუალო მრავალწლიური ხარჯი 17,1 მ³/წმ იყო და ეს მაჩვენებელი ეფუძნებოდა 1980 წლამდე არსებულ ჰიდროლოგიურ რიგებს. ფაქტია, რომ ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ (კონკრეტულ კვეთში) შეცვალა საშუალო მრავალწლიური ხარჯი - კლების მიმართულებით, შესაბამისად, აუცილებელი შეიქმნა მდინარის სხვა კვეთების წყლის ხარჯების გადაანგარიშებაც.

სხვა მდინარეების მსგავსად, ამ შემთხვევაშიც, მდინარის სხვა კვეთებში წყლის ხარჯების გადათვლას ვახორციელებთ ფართობების თანაფარდობის მიხედვით:

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1567“-სთვის იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{ნ.შ. 1567}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{18,7}{657,7} = 0,028$$

$$Q_{\text{ნ.შ. 1567}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,028 \cdot 15,8 = 0,45 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი „ნიშნული 1167“-სთვის იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{ნ.შ. 1167}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{52,8}{657,7} = 0,08$$

$$Q_{\text{ნ.შ. 1167}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,08 \cdot 15,8 = 1,27 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ლაიშურას შენაკადამდე - ნიშნული 476“:

$$K = \frac{F_{\text{ლ.შურ. შენაკ-მდე}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{93}{657,6} = 0,1414$$

$$Q_{\text{ლ.შურ. შენაკ-მდე}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,1414 \cdot 15,8 = 2,23 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ლაიშურას შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 476“:

$$K = \frac{F_{\text{ლაიშ. შენ. შემდეგ}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{208}{657,7} = 0,316$$

$$Q_{\text{ლაიშ. შენ. შემდეგ}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,316 \cdot 15,8 = 5 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ქერშავეთის შენაკადამდე - ნიშნული 395“:

$$K = \frac{F_{\text{ქერშ. შენაკადამდე}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{215,3}{657,7} = 0,327$$

$$Q_{\text{ქერშ. შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,327 \cdot 15,8 = 5,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 17. მდ. ხანისწყალის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ხანისწყლის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2411	5,0	844	2200	0,0	0,225	1,86
ნიშნული 1567	18,7	1567						
ნიშნული 1167	52,8	1167	5,5	400	1950	1,27	0,86	3,4
მდ. ლაიშურას შენაკადამდე	93	476	10,3	691	1610	2,23	1,75	11,86
შენაკადის შემდეგ	208	476	--	--	1570	5	3,62	--
მდ. ქერშავეთის შენაკადამდე	215,3	395	2,5	81	1560	5,2	5,1	4,05
შენაკადის შემდეგ	336,3	395	--	--	1540	8,1	6,65	--
მდ. წაბლარის-წყალის შენაკადამდე	411,3	242	11,0	153	1439	9,9	9	13,5
შენაკადის შემდეგ	640,3	242	--	--	1490	15,4	12,65	--
ჰ/ს ბაღდათი	657,7	190	6,5	52	1460	15,8	15,6	7,96
ჯამი								42,63

➤ საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ქერშავეთის შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 395“:

$$K = \frac{F_{\text{ქრმ. შენ. შემდგ}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{36,3}{657,7} = 0,511$$

$$Q_{\text{ქრმ. შენ. შემდგ}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,511 \cdot 15,8 = 8,1 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავაწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. წაბლარისწყალის შენაკადამდე - ნიშნული 242“:

$$K = \frac{F_{\text{წაბლ. შენაკადამდე}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{411,3}{657,7} = 0,625$$

$$Q_{\text{წაბლ. შენაკადამდე}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,625 \cdot 15,8 = 9,9 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავაწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ.წაბლარისწყალის შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 242“:

$$K = \frac{F_{\text{წაბლ. შენ. შემდგ}}}{F_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}}} = \frac{640,3}{657,7} = 0,973$$

$$Q_{\text{წაბლ. შენ. შემდგ}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ბაღდათი}} = 0,973 \cdot 15,8 = 15,4 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

როგორც მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილიდან ჩანს, მდ. ხანისწყლის (ჰ/ს ბაღდათის კვეთის ჩათვლით) ენერგეტიკულმა პოტენციალმა 42,63 მგვტ შეადგინა და აღნიშნული მაჩვენებელი/სიდიდე 4,67 მგვტ-ით, დაახლოებით 10%-ით ნაკლებია 1980 წლამდე არსებული მონაცემებით გამოთვლილ სიდიდესთან შედარებით (47,3 მგვტ).

4.4. სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონი

4.4.1. მდ. ნენსკრა

მდინარე ნენსკრა სათავეს 2688 მეტრის სიმაღლეზე იღებს. მდინარე არის ენგურის მარჯვენა შენაკადი. მდ. ნენსკრას წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ლახამის კვეთში 473 კმ²-ია.

მდინარის აუზს გააჩნია ასიმეტრიული ფორმა, ხოლო აუზის ტერიტორიაზე 32 მყინვარია დაფიქსირებული.

მდ. ნენსკრას ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს მყინვარების, თოვლის, გრუნტისა და წვიმის წყლები. წელიწადის თბილ პერიოდში მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი ხასიათდება წყალდიდობით, ხოლო ცივ პერიოდში - წყალმცირობით. მდინარეზე წყალუხვობის პერიოდი ემთხვევა გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდს, რომლის დროსაც ჩამოედინება მდინარის წლიური ჩამონადენის დაახლოებით 73%, მათ შორის ჩამონადენის 50% მოდის ივნის-აგვისტოზე თვეებზე. ზამთარში წლიური ჩამონადენის მხოლოდ 7% ჩამოედინება [46].

ცხრილი 18. მდ. ნენსკრას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები ჰ/ს ლახამის კვეთში

მდ. ნენსკრა - ჰ/ს ლახამი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1931	34.6		23	1967	25.7
2	1934	28		24	1968	35
3	1935	22		25	1969	28.8
4	1936	28.1		26	1970	37.8
5	1937	27		27	1971	30
6	1938	26		28	1972	34.3
7	1939	30.4		29	1973	26.7
8	1940	32.4		30	1974	28.6
9	1941	57.7		31	1975	29.4
10	1942	34.2		32	1976	29
11	1943	18.9		33	1977	31.7
12	1956	32.8		34	1978	26.5
13	1957	25.5		35	1979	33.4
14	1958	29.1		36	1980	31.2
15	1959	28.2		ჯამი		1093,5
16	1960	31.6		საშ. მრ. წლიური ხარჯი (ჰ/ს ლახამი)		30,4
17	1961	28				
18	1962	26.4				
19	1963	35.7				
20	1964	27.5				
21	1965	26.6				
22	1966	34.7				

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, მდინარე ნენსკრას საშუალო მრავაწლიური წყლის ხარჯი ჰ/ს ლახამის კვეთში 30,4 მ³/წმ-ს

შეადგენს. აღნიშნული ეყრდნობა ჰიდროლოგიური საგუშაგო (ჰ/ს) ლახამის 36 წლიანი (1931, 1934-43, 1956-80 წწ) დაკვირვების მონაცემებს.

ჰ/ს ლახამისთვის 36 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,19$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 3 \cdot C_v = 0,57$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = 3,2\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{3}{2n(3 + C_v^2)}} \cdot 100 = 11,7\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე ნენსკრას წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

მდ. ნენსკრას შემთხვევაში, ჰიდროლოგიური რიგების წევრების დამატებამ გამოავლინა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების გაზრდა თითქმის 7%-ით - 28,3 მ³/წმ-დან 30,4 მ³/წმ-მდე. ჰ/ს ლახამის კვეთში წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯის განსაზღვრის შემდეგ შესაბამისი აპრობირებული მეთოდით გადავდივართ ჩვენთვის საინტერესო კვეთებში და ვსაზღვრავთ მოცემული კვეთების წყლის ხარჯებს. აღნიშნული სიდიდეები მოცემულია მდ. ნენსკრას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

ჰ/ს ლახამის კვეთი მიღებულ იქნა ანალოგად და ფართობების კანონის შესაბამისად განხორციელდა ხარჯების გადაანგარიშება მდ. ნენსკრას ზედა კვეთებში:

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „მდ. ლახამის შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 651,8“:

$$K = \frac{F_{\text{მდ. ლახამის შენაკად. შემდეგ}}}{F_{\text{ჰ/ს ლახამი}}} = \frac{457,6}{472,9} = 0,967$$

$$Q_{\text{მდ. ლახამის შენაკად. შემდეგ}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლახამი}} = 0,967 \cdot 30,4 = 29,4 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ მდ შენაკადის შემდეგ - ნიშნული 1649“:

$$K = \frac{F_{\text{ნშ 1649}}}{F_{\text{ჰ/ს ლახამი}}} = \frac{159,6}{472,9} = 0,337$$

$$Q_{\text{ნშ 1649}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლახამი}} = 0,337 \cdot 30,4 = 10,2 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 19. მდ. ნენსკრას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ნენსკრას ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2688	4,7	514	3050	0,0	0,85	4,3
ნიშნული 2174	27,2	2174				1,7		
მდ. დოღრას შენაკადის შემდეგ	159,6	1649	10,3	525	2820	10,2	5,95	30,5
მდ. ლახამის შენაკადის შემდეგ	457,6	651,8	26	997,2	2270	29,4	19,8	193,7
ჰ/ს ლახამი	472,9	612,3	2,9	39,5	2230	30,4	29,9	11,6
ჯამი								240,1

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ნიშნული 2174“:

$$K = \frac{F_{\text{ნოშნული 2174}}}{F_{\text{ჰ/ს ლახამი}}} = \frac{27,2}{472,9} = 0,057$$

$$Q_{\text{ნოშნული 2174}} = K \cdot Q_{\text{ჰ/ს ლახამი}} = 0,057 \cdot 30,4 = 1,7 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

შესრულებული გაანგარიშებების შედეგად, რომელიც ასახულია მდინარე ნენსკრას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში, გამოთვლილი იქნა ნენსკრას ენერგეტიკული პოტენციალი ჰ/ს ლახამის კვეთის ჩათვლით, რომელმაც 240,1 მგვტ შეადგინა და აღნიშნული სიდიდე დაახლოებით 7,2 %-ით არის გაზრდილი გ. სვანიძის მიერ ჩატარებულ გაანგარიშებებთან შედარებით.

4.4.2. მდ. მესტიაჭალა

მდინარე მესტიაჭალა მყინვარული კვების მქონე მდინარეა, რომელიც სათავეს ლეხზირას მყინვარიდან იღებს. მესტიაჭალას ძირითადი შენაკადი არის მდ. ჭალაათი, რომელიც სათავეს ჭალაათის მყინვარიდან იღებს [47].

მდ. მესტიაჭალას კვებაში მონაწილეობს მყინვარული, თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისთვის დამახასიათებელია წყალუხვობა აპრილი-ოქტომბრის პერიოდში, ხოლო წყალმცირობა - ოქტომბრიდან-აპრილამდე [48].

მდ. მესტიაჭალას შემთხვევაში, ჩვენთვის ხემისაწვდომია 39 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები, რის შედეგადაც მდ. მესტიაჭალას წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა ჰ/ს მესტიის კვეთში 12,8 მ³/წმ შეადგინა.

ჰ/ს მესტიისათვის 39 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,33$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 5 \cdot C_v = 1,65$

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 \approx 5\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{3}{2n(3 + C_v^2)}} \cdot 100 = 11,1\%$$

ცხრილი 20. მდ. მესტიაჭალას - ჰ/ს მესტიას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. მესტიაჭალა - ჰ/ს მესტია						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1943	7.28		25	1972	10.7
2	1947	11.8		26	1973	10.5
3	1949	18.3		27	1974	9.56
4	1950	12.6		28	1975	9.38
5	1952	15.5		29	1976	8.75
6	1953	17.3		30	1977	9.89
7	1954	14.4		31	1978	10.9
8	1955	23.8		32	1979	12.8
9	1956	22.2		33	1980	13.8
10	1957	18.9		34	1981	11.5
11	1958	20.1		35	1982	7.6
12	1959	19.8		36	1983	8.25
13	1960	19.1		37	1984	10.5
14	1961	12.5		38	1985	10.8
15	1962	13.4		39	1986	8.6
16	1963	11.3				
17	1964	9.55				
18	1965	9.68				
19	1966	9.52				
20	1967	9.8				
21	1968	10.6				
22	1969	14.6				
23	1970	13.3				
24	1971	10.6				
				ჯამი		499,46
				საშ. მრ. წლიური ხარჯი (ჰ/ს მესტია)		12,8

ჩატარებული გაანგარიშებებით, მდინარე მესტიაჭალას წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატიულობის

(წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 21. მდ. მესტიაჭალას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. მესტიაჭალას ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ³/წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ³/წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	31,2/ 86,4	1622	9,8	244	2900/ 3079	9,2	11	26,3
ჰ/ს მესტია	163,2	1378			2750	12,8		
ჯამი								26,3

მდ. მესტიაჭალას ენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი გადაანგარიშების შედეგად, მდინარის ენერგეტიკულმა პოტენციალმა 26,3 მგვტ შეადგინა, რაც 9,9 მგვტ-ით (დაახლოებით 60%-ით) მეტია იმ პოტენციალთან შედარებით, რომელიც დათვლილი იყო 1980 წლამდე არსებულ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით.

ჩატარებული გაანგარიშებებით მიღებული ჰიდროლოგიური და ჰიდროენერგეტიკული მახასიათებლები ასახულია მდ. მესტიაჭალას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

4.4.3. მდ. ნაკრა

მდინარე ნაკრა სათავეს 2710 მეტრის სიმაღლეზე იღებს და ის არის მდ. ენგურის მარჯვენა შენაკადი.

მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ნაკის კვეთში (ჩვენთვის საინტერესო კვეთი) 128 კმ²-ს შეადგენს. აღსანიშნავია, რომ მდინარის მთლიანი აუზის 3,4 კმ² დაფარულია მყივარებით [49].

მდინარე ნაკრას ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს მყინვარების, თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისთვის დამახასიათებელია გაზაფხული-ზაფხულის წყალუხვობა, რაც გამოწვეულია თოვლისა და მყინვართა დნობის შედეგად. ზამთრის პერიოდში მდინარის წყლიანობის რეჟიმი ხასიათდება წყალმცირობით [50].

როგორც ჰიდროლოგიური ლიტერატურიდან [15, 16, 18] არის ცნობილი, როდესაც ხდება ჰიდროლოგიური გაანგარიშების ჩატარება, აუცილებელია საანგარიშო პერიოდი მოიცავდეს როგორც უხვწყლიან, ისე მცირეწყლიან პერიოდებს. ჰ/ს ნაკის კვეთისთვის ჩვენთვის ხელმისაწვდომია 34 წლიანი უწყვეტი ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები (1953-1986 წლების პერიოდი), რომელიც მოიცავს მდინარის როგორც წყალუხვობის, ისე წყალმცირობის წლების მონაცემებს.

დაკვირვების მონაცემების 34 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, ჰ/ს ნაკის კვეთში მდინარის საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდემ 11,4 მ³/წმ შეადგინა, აგრეთვე მომენტების მეთოდით ვარიაციული რიგების დამუშავების შედეგად, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,27$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,54$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,27}{\sqrt{34}} \cdot 100 = 4,63\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 + 0,27^2}{2 \cdot 34}} \cdot 100 = 12,6\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებიდან ნათელია, რომ მდინარე ნაკრას წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_V} \leq 15\%$.

ცხრილი 22. მდ. ნაკრას - ჰ/ს ნაკის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ნაკრა - ჰ/ს ნაკი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1953	17		22	1974	9.19
2	1954	16.6		23	1975	10.6
3	1955	14.9		24	1976	9.84
4	1956	16.1		25	1977	10.4
5	1957	14		26	1978	10.4
6	1958	16.8		27	1979	11.9
7	1959	17.9		28	1980	9.17
8	1960	17.6		29	1981	11.4
9	1961	9.03		30	1982	9.82
10	1962	9.49		31	1983	9.77
11	1963	9.3		32	1984	12.3
12	1964	7.35		33	1985	11.8
13	1965	7.77		34	1986	10.9
14	1966	8.04		ჯამი		387,47
15	1967	7.29		საშ. მრ. წლიური ხარჯი (ჰ/ს ნაკი)		11,4
16	1968	9.11				
17	1969	8.87				
18	1970	12.1				
19	1971	11.2				
20	1972	10.8				
21	1973	8.73				

გადასვლა ჰ/ს ნაკიდან, ანუ ანალოგის კვეთიდან ჩვენთვის საინტერესო ზედა კვეთში, განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტის მეშვეობით, რომლის მნიშვნელობა მიიღება ჩვენთვის საჭირო და ანალოგის კვეთების წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით.

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთში „ნიშნული 1860“:

$$K = \frac{F_{\text{ნიშნული 1860}}}{F_{\text{3/ს ნაკი}}} = \frac{53,2}{128,2} = 0,415$$

$$Q_{\text{ნიშნული 1860}} = K \cdot Q_{\text{3/ს ნაკი}} = 0,415 \cdot 11,4 = 4,7 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები ასახულია მდ. ნაკრას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

ცხრილი 23. მდ. ნაკრას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ნაკრას ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
3/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე		2710	11,5	850	--	0	2,4	20
ნიშნული 1860	53,2	1860			2710	4,7		
3/ს ნაკი	128,2	1150			2520	11,4		
ჯამი								76,4

მდ. ნაკრას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ ჰიდროლოგიური რიგების დამატების შედეგად გაიზარდა როგორც მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი, ასევე ენერგეტიკული პოტენციალი. მაგალითად, მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი 3/ს ნაკის კვეთის ჩათვლით გ. სვანიძის მონაცემებით შეადგენდა 60 მგვტ-ს, ხოლო ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგად (ჰიდროლოგიური რიგების დამატება და შედგომში ხარჯების გადაანგარიშება სხვა კვეთებისთვის), პოტენციალმა 76,4 მგვტ შეადგინა. შესაბამისად, მოცემულ შემთხვევაში ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ გაზარდა მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი დაახლოებით 27%-ით - 16,4 მგვტ-ით.

4.4.4. მდ. ენგური

მდ. ენგური სათავეს იღებს კავკასიონის ქედზე არსებული მთებიდან, შხარისა და ნამყუნის მყინვარებიდან გამომავალი ორი ნაკადულის შეერთებით, ზღვის დონიდან 2520 მ-ის სიმაღლეზე. მდინარე ენგური ერთვის შავ ზღვას.

მდ. ენგურის წყალშემკრები აუზის ფართობი – 4,060 კმ², ხოლო ჩვენთვის საინტერესო ჰ/ს ხაიშის კვეთში წყალშემკრები აუზის ფართობი 2781,4 კმ²-ს შეადგენს. ენგურის აუზის მაღალმთიან ზონაში გვხვდება 170-ზე მეტი მყინვარი, რომელთა საერთო ფართობი – 330 კვადრატულ კილომეტრს აღემატება.

მდ. ენგურის კვებაში მონაწილეობს როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და მყინვარების წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია წყალუხვობა წელიწადის თბილ პერიოდში, ხოლო წყალმცირობა – წლის ცივ პერიოდში.

მდ. ენგურის წლიური ჩამონადენის დაახლოებით 80% ჩამოედინება წლის თბილ პერიოდში, რაც ემთხვევა მყინვარებისა და თოვლის დნობის პროცესს, ხოლო წლის ცივ პერიოდში ჩამოედინება წლიური ჯამური ჩამონადენის მაქსიმუმ 10%.

მყინვარული კვების წილზე მდინარე ენგურის შემთხვევაში უნდა აღინიშნოს, რომ მყინვარების ნადნობი წყალი მონაწილეობს მხოლოდ ზაფხულის ჩამონადენის ფორმირებაში და ამ პერიოდში მისი წილი მხოლოდ 30%-მდეა. წლის სხვა პერიოდში, მდინარე ენგურის ჩამონადენის 60% მოდის თოვლის ნადნობ წყალზე, ხოლო დანარჩენი წვიმის და გრუნტის წყლებზე [51].

მდ. ენგურის შემთხვევაში ჩვენთვის საინტერესო კვეთია ჰ/ს ხაიში. მოცემული კვეთისთვის ხელმისაწვდომია წყვეტილი პერიოდის მქონე დაკვირვების მონაცემები (1938-1991 წწ). 1938-1991 წლიან პერიოდში, 1944, 1953 და 1955 წლების ინფორმაცია არ არის ხელმისაწვდომი, შესაბამისად აღნიშნული წლების ხარჯების სიდიდეების აღდგენა განხორციელდა მდ.

ენგურის ჰ/ს ჯვარის მონაცემებით. რაც შეეხება 1941, 46, 48 და 1956 წლებს, ამ კონკრეტული წლების საშუალო წლიური ხარჯების აღდგენა ვერ მოხერხდა იმის გამო, რომ იმავე პერიოდის მონაცემები სხვა ჰიდროსაგუშაგობზეც არ არსებობს.

აქედან გამომდინარე, ჰ/ს ხაიშის კვეთისთვის არსებობს 50-წლიანი დაკვირვების მონაცემი, რომლის მიხედვითაც, აღნიშნულ პერიოდში წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა 117 მ³/წმ შეადგინა [52].

ცხრილი 24. მდ. ენგურის - ჰ.ს ხაიშის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ენგური - ჰ/ს ხაიში						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1938	105		29	1970	128
2	1939	98.4		30	1971	113
3	1940	98.3		31	1972	132
4	1942	86.3		32	1973	96.1
5	1943	59.2		33	1974	100
6	1944	94.3		34	1975	108
7	1945	70.8		35	1976	108
8	1947	108		36	1977	114
9	1949	93.4		37	1978	149
10	1950	103		38	1979	158
11	1951	98		39	1980	103
12	1952	127		40	1981	110
13	1953	144		41	1982	148
14	1954	142		42	1983	158
15	1955	89.9		43	1984	137
16	1957	129		44	1985	125
17	1958	134		45	1986	123
18	1959	138		46	1987	202
19	1960	124		47	1988	138
20	1961	93.3		48	1989	142
21	1962	95.2		49	1990	138
22	1963	130		50	1991	132
23	1964	113		ჯამი		5865
24	1965	117				
25	1966	123		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ხაიში)		117
26	1967	104				
27	1968	102				
28	1969	83.5				

დაკვირვების მონაცემების 50 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, რომელიც განხორციელებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,21$

- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,42$

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{\rho_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,2}{\sqrt{50}} \cdot 100 = 2,83\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+0,2^2}{2 \cdot 50}} \cdot 100 = 10,2\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე ენგურის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ჰ/ს ხაიშის კვეთიდან მდ. ენგურის ზედა კვეთებში წყლის ხარჯების გამოსათვლელად გადასვლა განვახორციელეთ ფართობების კანონის შესაბამისად, რომელიც ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებებში აპრობირებული მეთოდია.

ჰ/ს ხაიშის კვეთში წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი შემცირებულია გ. სვანიძის მონაცემებთან შედარებით 13,5 მ³/წმ-ით, რამაც შესაბამისი გავლენა მოახდინა მდინარის ენერგეტიკულ პოტენციალზე - შემცირების კუთხით.

ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები მოცემულია მდ. ენგურის ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

ცხრილი 25. მდ. ენგურის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ენგურის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე		2520,7						
მდ. შავწყალა-ქვიშარას შენაკადამდე	63,8	2070	10,9	543,7	3060	2,6	1,3	6,9
შენაკადის შემდეგ	96,2	2070	--	--	2920	4	--	--
მდ. ხალდეს-ჭალას შენაკადამდე	145,8	1780	8,5	290	2870	6	5	14,2
შენაკადის შემდეგ	196,2	1780	--	--	2770	8,1	--	--
მდ. ჰადისჭალას შენაკადამდე	286,5	1520	13,5	260	2540	11,9	10	25,5
შენაკადის შემდეგ	366	1520	--	--	2640	15,2	--	--
მდ. ლასილის შენაკადამდე	371,4	1475	2,1	45	2640	15,5	15,4	6,8
შენაკადის შემდეგ	407,4	1475	--	--	2620	17	--	--
მდ. არშირას შენაკადამდე	461,8	1310	10,5	165	2580	19,2	18,1	29,3
შენაკადის შემდეგ	530,2	1310	--	--	2570	22,1	--	--
მდ. მულხრას შენაკადამდე	564	1185,5	7,3	124,5	2500	23,5	22,8	27,8
შენაკადის შემდეგ	999,1	1185,5	--	--	2570	41,7	--	--
მდ. ლაილჭალას შენაკადამდე	1009	1155	2,8	30,5	2570	42,1	41,9	12,5
შენაკადის შემდეგ	1064,5	1155	--	--	2550	44,4	--	--
მდ. დოღრას შენაკადამდე	1078,8	1113,4	3,9	41,6	2550	45	44,7	18,2
შენაკადის შემდეგ	1270,3	1113,4	--	--	2570	53,1	--	--
ჰ/ს ლახამულა	1374,4	963	12,4	150	2520	57,5	55,3	81,4
მდ. ნაკრას შენაკადამდე	1443,3	883	5,7	80	2490	60,4	58,9	46,2
შენაკადის შემდეგ	1595	883	--	--	2490	66,8	--	--
მდ. ხუმფრერის შენაკადამდე	1615,9	858,1	2,9	24,9	2490	67,7	67,3	16,4
შენაკადის შემდეგ	1777,7	858,1	--	--	2470	74,5	--	--
მდ. ნენსკრას შენაკადამდე	1926,7	565,7	18	292,4	2410	80,8	77,6	222,6
შენაკადის შემდეგ	2552,7	565,7	--	--	2350	107	--	--

მდ. თხეიშის შენაკადამდე	2557,1	547,8	1,9	17,9	2350	107	107	18,8
ჰ/ს ხაიში	2781,4	547,8	--	--	2320	117	--	--
ჰ/ს სკორმეთი	2801,2	521,4	3,3	26,4	2310	118	117,5	30,4
ჯამი								557

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, მდ. ენგურის თეორიულმა ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა ჰ/ს სკორმეთის კვეთის ჩათვლით (2801,2 კმ² წყალშემკრები აუზით) 557 მგვტ შეადგინა, რაც 72,5 მგვტ-ით ნაკლებია გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებულ გაანგარიშებაზე. ცნობისთვის, საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის ბოლო გადაანგარიშებით, მდ. ენგურის თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი ჰ/ს სკორმეთის კვეთის ჩათვლით 629,5 მგვტ იყო, შესაბამისად, ბოლო წლების ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ შეამცირა მდინარის მრავალწლიური წყლის ხარჯები, რამაც თითქმის 12%-ით შეამცირა მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი.

4.4.5. მდ. აბაშა

მდინარე აბაშა სათავეს 1600 მეტრის სიმაღლეზე იღებს და უერთდება მდ. ტეხურს. მდინარის სიგრძე 69 კმ-ს შეადგენს, ხოლო წყალშემკრები აუზის ფართობი 350 კმ²-ს.

მდინარე აბაშის კვებაში მონაწილეობს როგორც თოვლის, ისე წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარე აბაშა ყველაზე წყალუბვია გაზაფხულის პერიოდში, როცა მდინარის წლიური ჯამური ჩამონადენის 30-45% ჩამოედინება. ზაფხულის პერიოდში 16-18%, შემოდგომაზე 20-30%, ხოლო ზამთრის პერიოდში დაახლოებით 20-25%.

აღსანიშნავია, რომ მდინარე აბაშა გამოიყენება ენერგეტიკული დანიშნულებითაც. მდინარეზე ფუნქციონირებს 2,7 მგვტ-ის სიმძლავრის

აბჰესი, რომელიც იყო ერთ-ერთი პირველი მძლავრი ჰიდროელექტროსადგური საქართველოში [22].

მდ. აბაშის შემთხვევაში ჩვენთვის ხელმისაწვდომია მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი მდ. ტეხურის შესართავთან, სადაც მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი 350 კმ²-ია [53, 54]. მოცემულ კვეთში, მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი 11,9 მ³/წმ-ს შეადგენს, რაც 2,1 მ³/წმ-ით ნაკლებია გ. სვანიძის მონაცემებზე [5], რომლის მიხედვითაც გაანგარიშებული იყო მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი.

მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი გადაანგარიშებისათვის აუცილებელია მდინარის ზედა კვეთების საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების დადგენა. მდინარის ანალოგი კვეთიდან გადასვლას ჩვენთვის საჭირო კვეთებზე ვახორციელებთ ფართობების კანონის მიხედვით.

$$F_{\text{მდ. ტეხურის შესართ.}} = F_{\text{ანალოგ}} = 350 \text{ კმ}^2.$$

$$Q_{\text{ანალოგ}} = Q_{\text{მდ. ტეხურის შესართავთან}} = 11,9 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი კვეთი „ჰ/ს აბაშა“-ში იქნება:

$$K = \frac{F_{\text{ჰ/ს აბაშა}}}{F_{\text{ანალოგ}}} = \frac{338,4}{350} = 0,967$$

$$Q_{\text{ჰ/ს აბაშა}} = K \cdot Q_{\text{ანალოგ}} = 0,967 \cdot 11,9 = 11,5 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი “ნიშნული 78”-სთვის:

$$K = \frac{F_{\text{ნიშ. 78}}}{F_{\text{ანალოგ}}} = \frac{174,7}{350} = 0,5$$

$$Q_{\text{ნიშ. 78}} = K \cdot Q_{\text{ანალოგ}} = 0,5 \cdot 11,9 = 5,9 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი “ნიშნული 155”-სთვის:

$$K = \frac{F_{\text{ნიშ. 155}}}{F_{\text{ანალოგ}}} = 0,21$$

$$Q_{\text{ნიშ. 155}} = K \cdot Q_{\text{ანალოგ}} = 0,21 \cdot 11,9 = 2,5 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი “ნიშნული 285”-სთვის:

$$K = \frac{F_{6\text{მ. 285}}}{F_{\text{ანალოგ}}} = \frac{73,1}{350} = 0,21$$

$$Q_{6\text{მ. 78}} = K \cdot Q_{\text{ანალოგ}} = 0,21 \cdot 11,9 = 2,5 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი 26. მდ. აბაშას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. აბაშის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ³/წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ³/წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	1600	8,5	1315		0	1,25	16,1
ნიშნული 285	73,1	285				960		
ნიშნული 155	--	155	13,5	130	--	2,5	--	--
ნიშნული 78	174,7	78	16	77		620	4,2	8,5
ჰ/ს აბაშა	338,5	20	19	58		390	8,7	4,95
მდ. ტეხურის შესართავამდე	350	10,6	12	9,4		380	11,7	1,1
ჯამი								30,65

მდ. აბაშის ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშების შედეგად, მოცემული მდინარის ენერგეტიკულმა პოტენციალმა 30,65 მგვტ შეადგინა. გ. სვანიძის მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი 45,7 მგვტ იყო. შესაბამისად, პოტენციალის ხელახალმა გადაანგარიშებამ ცხადყო, რომ დღეს არსებული მონაცემებით (მდინარის წყლის ხარჯები) მდინარის პოტენციალი შემცირებულია 15,05 მგვტ-ით, დაახლოებით 33%-ით.

4.4.6. მდ. კასლეთი

მდ. კასლეთი სათავეს მცირე ტბიდან იღებს - 2800 მეტრის სიმაღლეზე. კასლეთი ერთვის მდ. თხეიშს. მდინარე კასლეთის სიგრძე 21,8

კმ-ს შეადგენს. მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი 75,1 კმ²-ია, ხოლო აუზის საშუალო სიმაღლე 2210 მეტრი.

მდინარე კასლეთის საერთო ვარდნა 2180 მეტრია. მდინარის ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისთვის დამახასიათებელია გაზაფხულისა და ზაფხულის პერიოდში წყალდიდობები. შემოდგომის პერიოდში მდინარეს ახასიათებს წყალმოვარდნები, ხოლო ზამთრის პერიოდისთვის დამახასიათებელია შედარებით მდგრადი წყალმცირობა.

მდინარე კასლეთის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების დადგენა მდ. თხეიშის შესართავთან განხორციელდა ანალოგის მეთოდით. ანალოგად აღებული იქნა მდინარე თხეიშის (ხაიშურა) ჰიდროსაგუშაგო ხაიშის დაკვირვების მონაცემები [55].

აღნიშნული ინფორმაციის დამუშავების შედეგად, მდ. კასლეთის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა ბოლო კვეთში (მდ. თხეიშის შესართავთან) 3,56 მ³/წმ შეადგინა. აღნიშნული წყლის ხარჯი გ. სვანიძის მონაცემებთან შედარებით შემცირებულია დაახლოებით 20%-ით [56].

მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოსათვლელად აუცილებელია მდინარის ზედა კვეთებშიც წყლის ხარჯების გადათვლა, რომელსაც ვახორციელებთ გადამყვანი კოეფიციენტით, რომელიც მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული მიდგომით საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების გამოთვლა საკმაოდ აპრობირებული მეთოდია და ის იძლევა ძალიან დიდ სიზუსტეს.

მაგალითად, განვსაზღვროთ საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „ნიშნული 1566“-სთვის:

$$K = \frac{F_{6\text{წ. 1566}}}{F_{3/6}} = \frac{61,1}{75,1} = 0,81$$

$$Q_{6\text{წ. 1566}} = K \cdot Q_{3/6} = 0,81 \cdot 3,56 = 2,9 \text{ მ}^3/\text{წმ}.$$

- საშუალო მრავალწლიური ხარჯი „ნიშნული 2030“-სთვის:

$$K = \frac{F_{6\text{წ. 2030}}}{F_{3/ს}} = \frac{30,2}{75,1} = 0,4$$

$$Q_{6\text{წ. 2030}} = K \cdot Q_{3/ს} = 0,4 \cdot 3,56 = 1,43 \text{ მ}^3/\text{წმ.}$$

ცხრილი. 27. მდ. კასლეთის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. კასლეთის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე	-	2800	9	770	2600	0	0,715	5,4
ნიშნული 2030	30,2	2030						
ნიშნული 1566	61,1	1566	6	464	2280	2,9	2,16	9,83
მდ. თხემის (ხაიშურას) შესართავთან	75,1	620	6,8	946	2210	3,56	3,23	30
ჯამი			21,8	2017				45,23

ჩვენს მიერ ჩატარებული გაანგარიშებებით, მდ. კასლეთის ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა ბოლო კვეთის ჩათვლით 45,23 მგვტ შეადგინა. აღნიშნული სიდიდე 24,1%-ით არის შემცირებული (14,37 მგვტ-ით) დღეისათვის საანგარიშოდ მიღებულ მდინარის ენერგეტიკულ პოტენციალთან შედარებით.

4.5. გურიის რეგიონი

4.5.1. მდ. ნატანები

მდინარე ნატანები სათავეს ზღვის დონიდან 2475 მეტრ სიმაღლეზე იღებს. მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ვაკიჯვარის კვეთში 79,9 კმ²-ია.

მდინარე ნატანების კვებაში მონაწილეობს თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია მთელი წლის განმავლობაში ძლიერი წყალმოვარდნები, რომელთა ინტენსივობა განსაკუთრებით მაღალია გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში. მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება თითქმის თანაბარია, მაგალითად, გაზაფხულის პერიოდში ჩამოედინება წლიური ჩამონადენის 31%, ზაფხულის პერიოდში 20%, შემოდგომაზე 25% და ზამთრის პერიოდში - 24% [57].

მდ. ნატანების ჰ/ს ვაკიჯვარის საშუალო წლიური ხარჯები აღდგენილია ჰ/ს ქორისბუდეს მონაცემების მიხედვით. შესაბამისად, ჰ/ს ვაკიჯვარის კვეთში მდინარის წყლის საშუალო მავაწლიურმა ხარჯმა 4,7 მ³/წმ შეადგინა.

ჰ/ს ვაკიჯვარისთვის აღდგენილი, 47 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, რომელიც ჩატარებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,21$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,42$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,21}{\sqrt{47}} \cdot 100 = 3,06\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+0,21^2}{2 \cdot 47}} \cdot 100 = 10,5\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე ნატანების წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც

სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$,
 ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 28. მდ. ნატანები - ჰ/ს ვაკიჯვარის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. ნატანები - ჰ/ს ვაკიჯვარი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1940	4.78		27	1966	3.47
2	1941	5.06		28	1967	5.12
3	1942	5.4		29	1968	5.52
4	1943	3.95		30	1969	4.41
5	1944	4.64		31	1970	7.67
6	1945	4.52		32	1971	7.41
7	1946	5.76		33	1972	4.9
8	1947	5.02		34	1973	3.82
9	1948	4.34		35	1974	3.52
10	1949	4.57		36	1975	6.22
11	1950	4.79		37	1976	4.17
12	1951	4.83		38	1977	3.32
13	1952	4.26		39	1978	6.71
14	1953	4.48		40	1979	5.2
15	1954	4.44		41	1980	4.47
16	1955	5.1		42	1981	4.35
17	1956	4.64		43	1982	3.77
18	1957	5.85		44	1983	3.75
19	1958	4.68		45	1984	3.48
20	1959	5.75		46	1985	3.68
21	1960	4.03		47	1986	3.6
22	1961	5.33		ჯამი		221,01
23	1962	4.16		საშ. მრავალწლიური		
24	1963	3.87		წყლის ხარჯი		
25	1964	4.37		(ჰ/ს ვაკიჯვარი)		4,7
26	1965	3.83				

აღსანიშნავია, რომ მდ. ნატანების ჩვენთვის საინტერესო ზედა კვეთებში წყლის ხარჯების დასადგენად გამოყენებულია ანალოგის მეთოდი. ანალოგად აღებულია ჰ/ს ვაკიჯვარის მონაცემები.

გადასვლა ანალოგიდან, ანუ ჰ/ს ვაკიჯვარის კვეთიდან მდინარის ზედა კვეთებში განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტის მეშვეობით, რომლის სიდიდე მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების

ფარდობით. ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები ასახულია მდ. ნატანების ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

ცხრილი 29. მდ. ნატანების საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. ნატანების ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში										
პ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ		
სათავე		2475	7	1095	--	0	1	10,7		
ნიშნული 1380	34,4	1380			2110	2				
პ/ს ქორისბუდე	58	790			5,5	590	1940		3,4	2,7
პ/ს ვაკიჯვარი	79,9	380			6,5	410	1670		4,7	4,1
ჯამი								42,8		

მდ. ნატანების 1980 წლამდე არსებულ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით გამოანგარიშებული ენერგეტიკული პოტენციალი 48,7 მგვტ იყო. ჩვენ მიერ ბოლო წლების მონაცემების დამატებით, შემცირდა საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი, რამაც გამოიწვია მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის შემცირება 5,9 მგვტ-ით და 42,8 მგვტ შეადგინა.

4.5.2. მდ. გუბაზეული

მდინარე გუბაზეული სათავეს ზღვის დონიდან 2240 მეტრ სიმაღლეზე იღებს და ერთვის მდინარე სუფსას. მდ. გუბაზეულის წყალშემკრები აუზის ფართობი პ/ს ხიდისთავის კვეთში 338 კმ²-ია.

მდინარე გუბაზეულის საზრდოობაში მონაწილეობს როგორც წვიმის, ისე თოვლისა და გრუნტის წყლები. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია გაზაფხულის პერიოდში წყალდიდობები, შემოდგომის პერიოდში წყალმოვარდნები, ხოლო

ზაფხულისა და ზამთრის პერიოდში წყალმცირობები. რაც შეეხება მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიურ განაწილებას, მდ. გუბაზეულის შემთხვევაში გაზაფხულზე ჩამოედინება წლიური ჯამური ჩამონადენის 40%, ზაფხულის პერიოდში 18%, შემოდგომის პერიოდში 25%, ხოლო ზამთარში - 17% [58].

მდინარე გუბაზეულზე, სოფელ ხიდისთავთან ფუნქციონირებდა 162 კვტ-ის სიმძლავრის ჰესი.

მდ. გუბაზეულის შემთხვევაში ჰიდროლოგიური ანალიზი ეყრდნობა ხიდისთავის ძველი ჰიდროლოგიური საგუშაგოს მონაცემებს. წყალშემკრები აუზით 338,3 კმ². 1929-1991 წლების პერიოდის, 60 წლიანი დაკვირვების მონაცემებით, ჰ/ს ხიდისთავის კვეთში მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა 15,7 მ³/წმ შეადგინა, რაც 13%-ით მეტია გ. სვანიძის მონაცემებთან შედარებით, რომლის მიხედვითაც არის გამოანგარიშებული მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი.

ჰ/ს ხიდისთავის დაკვირვების მონაცემების 60 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, რომელიც ჩატარებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K - 1)^2}{n - 1}} = 0,28$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,56$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,28}{\sqrt{60}} \cdot 100 = 3,6\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1 + 0,28^2}{2 \cdot 60}} \cdot 100 = 9,48\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე გუბაზეულის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს

რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 30. მდ. გუბაზეული - ჰ/ს ხიდისთვის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. გუბაზეული - ჰ/ს ხიდისთვის						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1929	8.78		34	1965	17.9
2	1930	10		35	1966	10.7
3	1931	13.8		36	1967	14.5
4	1934	12.2		37	1968	21.8
5	1935	9.38		38	1969	10.1
6	1936	12.1		39	1970	14.6
7	1937	10.1		40	1971	17.7
8	1938	11.3		41	1972	16.5
9	1939	15.3		42	1973	19.8
10	1940	15.4		43	1974	12.7
11	1941	13.9		44	1975	18.9
12	1942	13.28		45	1976	20.7
13	1943	9.76		46	1977	11.5
14	1944	9.1		47	1978	15.6
15	1945	9.57		48	1979	20.5
16	1946	13		49	1980	18.2
17	1947	8.37		50	1981	21.6
18	1949	9.58		51	1982	22.5
19	1950	15.3		52	1983	20.32
20	1951	14.8		53	1984	16.6
21	1952	11.9		54	1985	25.6
22	1953	14.3		55	1986	16.7
23	1954	13.2		56	1987	24.6
24	1955	8.87		57	1988	29.6
25	1956	15.5		58	1989	28.9
26	1957	13		59	1990	27.9
27	1958	14.3		60	1991	26.8
28	1959	20.3		ჯამი		944
29	1960	14.3				
30	1961	15.6		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ხიდისთვის)		15,7
31	1962	12.1				
32	1963	15.1				
33	1964	17.8				

ცხრილი 31. მდ. გუბაზეულის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. გუბაზეულის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალშ. აუზის ფართობი, კმ²	აბს. ნიშნუ-ლი, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალშ. აუზის საშ. სიმაღ-ლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ³/წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ³/წმ	სიმძლავ-რე, ათასი კვტ
სათავე		2240,3	10	1285,3		0	2,1	26,5
მდ. ხანისწყალის შენაკადამდე	--	955						
შენაკადის შემდეგ	88,4	955	--	--	1750	4,1	--	--
მდ. კვირის-წყალის შენაკადამდე	104	750	5,5	205	1630	4,8	4,4	8,8
შენაკადის შემდეგ	150	750	--	--	1710	6,9	--	--
ნიშნული 480	166	495	5	255	1500	7,7	7,3	18,3
მდ. კალაშას შენაკადამდე	246,8	177	20,3	318	1470	11,5	9,6	30
შენაკადის შემდეგ	335,9	177	--	--	1390	15,6	--	--
ჰ/ს ხიდისთავი	338,3	150	1	27	1330	15,7	15,65	4,1
ჯამი								87,7

როგორც სხვა მდინარეების შემთხვევაში, აქაც მდინარის ზედა კვეთებში წყლის ხარჯების დასადგენად ჰ/ს ხიდისთავის კვეთს ვიღებთ ანალოგად, შესაბამისად, მდინარის ზედა კვეთებში გადავდივართ წყალშემკრები აუზის ფართობების ფარდობით. მოცემული გაანგარიშების შედეგები ასახულია მდინარე გუბაზეულის ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

მდ. გუბაზეულის ენერგეტიკულმა პოტენციალმა ჰ/ს ხიდისთავის კვეთის ჩათვლით 87,7 მგვტ შეადგინა. აღნიშნული პოტენციალი გამოთვლილია მდინარის 60 წლიანი დაკვირვების მონაცემებზე დაყრდნობით. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ გამოთვლილი პოტენციალი 10,6 მგვტ-ით მეტია გ. სვანიძის მიერ გამოთვლილ

პოტენციალზე, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ჩვენს მიერ განხორციელდა ჰიდროლოგიური რიგების დამატება, რამაც საბოლოო ჯამში მოახდინა მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯების ზრდა.

4.5.3. მდ. სუფსა

მდინარე სუფსა სათავეს ზღვის დონიდან 2710 მეტრის სიმაღლეზე იღებს და ერთვის შავ ზღვას. მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ხიდმაღალას კვეთში 1100 კმ²-ს შეადგენს [59].

მდ. სუფსას ჰიდროლოგიური რეჟიმი დიდწილად დამოკიდებულია მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობასა და მის ინტენსიურობაზე. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი გაზაფხულისა და შემოდგომის პერიოდში ხასიათდება უხვწყლიანობით. გაზაფხულის პერიოდში უხვწყლიანობა გამოწვეულია თოვლის დნობის შედეგად, ხოლო შემოდგომის პერიოდში - წვიმებით. მდინარე სუფსას წლიური ჯამური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება შემდეგია: გაზაფხული - 36-50%, ზაფხული - 18-25%, შემოდგომა - 17-23%, ზამთარი - 15-17%.

მდ. სუფსას ჰ/ს ხიდმაღალას კვეთში ჩვენთვის ხელმისაწვდომია 46 წლიანი დაკვირვების მონაცემები, რომელიც მოიცავს 1941-1986 წლებს. ჰიდროლოგიური რიგის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად აღნიშნულ ჩამკეტ კვეთში მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა 47,7 მ³/წმ შეადგინა.

ჰ/ს ხიდმაღალას კვეთში დაკვირვების მონაცემების 46 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, რომელიც ჩატარებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = 0,2$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,4$

ცხრილი 32. მდ. სუფსა - ჰ/ს ხიდმაღალას საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. სუფსა - ჰ/ს ხიდმაღალა						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1941	54.4		27	1967	52
2	1942	61.2		28	1968	48.5
3	1943	39.5		29	1969	36.8
4	1944	42.1		30	1970	49.5
5	1945	42.4		31	1971	50.5
6	1946	46.8		32	1972	51.9
7	1947	29.5		33	1973	49.8
8	1948	73.1		34	1974	38.8
9	1949	39.5		35	1975	42.4
10	1950	51.2		36	1976	41
11	1951	45.1		37	1977	33.9
12	1952	38.8		38	1978	51.4
13	1953	43.7		39	1979	49.8
14	1954	42.5		40	1980	56.6
15	1955	36.5		41	1981	57.3
16	1956	49.6		42	1982	52.5
17	1957	34		43	1983	47.6
18	1958	50.3		44	1984	57.4
19	1959	60.2		45	1985	75.1
20	1960	47.7		46	1986	60.8
21	1961	44.6		ჯამი		2192,7
22	1962	42.8				
23	1963	46.9		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ხიდმაღალა)		47,7
24	1964	46.4				
25	1965	48.4				
26	1966	31.9				

- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,2}{\sqrt{46}} \cdot 100 = 2,95\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+0,2^2}{2 \cdot 46}} \cdot 100 = 10,6\%$$

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ნათელია, რომ მდინარე სუფსას წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს

რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{C_v} \leq 15\%$.

ცხრილი 33. მდ. სუფსას საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრეები საკვლევ კვეთებში

მდ. სუფსას ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე		2709,7	15	1372,1		0	1,2	16,1
ნიშნული 1337,6	54	1337,6						
ნიშნული 795,8	82	795,8	7	541,8	1600	3,6	3	15,9
მდ. ბარამიძის-წყალის შენაკადის შემდეგ	176,5	480	7,5	315,8	1580	7,8	5,7	17,66
ჰ/ს ზემო სურები	186,5	400	2	80			8	6,3
ნიშნული 300	254	300	7	100	1570	8,2	9,7	9,5
ნიშნული 259,8	277	259,8	4,5	40,2	1300	11,2	11,7	4,6
ჰ/ს ჩოხატაური	308	130	10,5	129,8	1250	13,6	12,9	16,4
მდ. გუბაზეულის შენაკადის შემდეგ	722,4	90	8	40	1200	31,3	22,45	8,8
მდ. ბახვის-წყალის შენაკადის შემდეგ	958,6	44,8	13	55,2	1095	41,6	36,45	19,4
ჰ/ს სუფსა	1090,5	8	34,5	26,8	980	47,3	44,5	11,7
ჰ/ს ხიდმაღალა	1099,3	7	4	3,3	970	47,7	47,5	1,6
ბოლო კვეთი/ შავი ზღვის შესართავი	1105,5	0	5	4,7	970	48	47,85	2,21
ჯამი								130,17

მდ. სუფსას შემთხვევაში, ჩვენთვის ასევე ხელმისაწვდომი იყო ჰ/ს ჩოხატაურის დაკვირვების მონაცემები. მდინარე სუფსას ჩამონადენზე ჰ/ს ჩოხატაურის კვეთში დაკვირვებები წარმოებდა 50 წლის (1941-90 წწ) განმავლობაში, მაგრამ ოფიციალურად გამოქვეყნებულია მხოლოდ 1986 წლის ჩათვლით. შესაბამისად, ოფიციალურად გამოქვეყნებული 46 წლიანი დაკვირვების მონაცემების მიხედვით, მდ. სუფსას საშუალო მრავალწლიურმა ხარჯმა ჰ/ს ჩოხატაურის კვეთში 13,6 მ³/წმ შეადგინა.

გადასვლა ანალოგი ჰ/ს ხიდმაღალას კვეთიდან ვაწარმოებთ ფართობების ფარდობის მიხედვით და აღსანიშნავია, რომ მოცემული მეთოდის გამოყენებით გამოთვლილი წყლის ხარჯი ჰ/ს ჩოხატაურის კვეთისთვის დამეთხვა დაკვირვების ოფიციალურ მონაცემებს. აქედან გამომდინარე, მდინარის ჰიდროლოგიური გაანგარიშების აღნიშნული მეთოდის გამოყენება იძლევა დიდ სიზუსტეს.

მდინარე სუფსას წყლის ხარჯები საკვლევ კვეთებში, რომლებიც გამოანგარიშებულია ფართობების ფარდობის მიხედვით, მოცემულია მდინარე სუფსას ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში, საიდანაც ჩანს, ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ გაზარდა მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი და, შესაბამისად, მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი, რომლის სიდიდემაც ხელახალი შეფასებით 130,17 მგვტ შეადგინა.

4.6. რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონი

4.6.1. მდ. რიონი

მდინარე რიონი სათავეს იღებს ზღვის დონიდან 2347 მეტრ სიმაღლეზე და ერთვის შავ ზღვას. მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი 13 400 კმ²-ის ტოლია, ხოლო ჩვენთვის საინტერესო ჰ/ს ხიდიკარის კვეთში აუზის ფართობი 2002 კმ²-ს შეადგენს [60].

მდინარე რიონის ჩამონადენის ფორმირებაში მონაწილეობს მყინვარები, თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლები. აქედან კვებაში უდიდესი წილი უკავია თოვლისა და წვიმის წყლებს. რიონის ჰიდროლოგიური რეჟიმისათვის დამახასიათებელია წყალდიდობები გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში. მდინარის წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება ასეთია: გაზაფხულზე ჩამოედინება წლიური ჯამური ჩამონადენის 39%, შემოდგომაზე 18%, ხოლო ზამთარში - 20%-მდე [61].

მდ. რიონის შემთხვევაში ჩვენთვის ხელმისაწვდომია ჰ/ს ხიდკარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები, რომელიც ეფუძნება 1927-1990 წლების დაკვირვების მონაცემებს.

მდინარე რიონის წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰ/ს ხიდკარის კვეთში 2001,8 კმ²-ია. 64 წლიან დაკვირვების მონაცემებზე დაყრდნობით, მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი ჰ/ს ხიდკარის კვეთში 74,3 მ³/წმ-ს შეადგენს.

ჰ/ს ხიდკარის კვეთის 64 წლიანი ვარიაციული რიგის სტატისტიკურად დამუშავების შედეგად, რომელიც ჩატარებულია მომენტების მეთოდით, მიღებულია შემდეგი პარამეტრები:

- ვარიაციის კოეფიციენტი: $C_v = \sqrt{\frac{\sum (K-1)^2}{n-1}} = 0,175$
- ასიმეტრიის კოეფიციენტი: $C_s = 2 \cdot C_v = 0,35$
- საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{Q_0} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,175}{\sqrt{64}} \cdot 100 = 2,18\%$$

- ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება:

$$\varepsilon_{C_v} = \sqrt{\frac{1+C_v^2}{2n}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+0,175^2}{2 \cdot 64}} \cdot 100 = 8,97\%$$

ცხრილი 34. მდ. რიონი - ჰ/ს ხიდიკარის საშუალო წლიური წყლის ხარჯები

მდ. რიონი - ჰ/ს ხიდიკარი						
#	წლები	Q მ ³ /წმ		#	წლები	Q მ ³ /წმ
1	1927	72.6		36	1962	60.7
2	1928	74.1		37	1963	91.4
3	1929	69.7		38	1964	82.6
4	1930	52.3		39	1965	89.8
5	1931	74.8		40	1966	84.1
6	1932	80.5		41	1967	67
7	1933	65.2		42	1968	86.4
8	1934	63		43	1969	58.4
9	1935	64.4		44	1970	84.2
10	1936	81.9		45	1971	71.2
11	1937	83.3		46	1972	81.4
12	1938	79.3		47	1973	52.3
13	1939	97.8		48	1974	62.6
14	1940	99.1		49	1975	68.8
15	1941	102		50	1976	66.5
16	1942	75.5		51	1977	58.9
17	1943	43.7		52	1978	90.4
18	1944	76.6		53	1979	74.7
19	1945	74		54	1980	74.8
20	1946	61		55	1981	84.8
21	1947	59.9		56	1982	74.1
22	1948	79.1		57	1983	79.3
23	1949	75.5		58	1984	70
24	1950	71.9		59	1985	53.9
25	1951	77.2		60	1986	64.6
26	1952	80.1		61	1987	98.5
27	1953	89.7		62	1988	97.1
28	1954	59.1		63	1989	91.3
29	1955	54		64	1990	81.2
30	1956	88.6		ჯამი		4756
31	1957	64.3		საშ. მრავალწლიური წყლის ხარჯი (ჰ/ს ხიდიკარი)		74,3
32	1958	69.6				
33	1959	64.6				
34	1960	68				
35	1961	62.6				

ჩატარებული გაანგარიშებებიდან ცხადია, რომ მდინარე რიონის წყლის ხარჯების ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს

რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს, რადგანაც სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{\rho_0} \leq 5\%$, ხოლო $\varepsilon_{c_v} \leq 15\%$.

გ. სვანიძის მონაცემებით, ჰ/ს ხიდის კვეთში მდ. რიონის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი 86,5 მ³/წმ იყო. ეს უკანასკნელი მონაცემი დაფუძნებული იყო შედარებით ძველ და მოკლე ჰიდროლოგიურ რიგებზე. შესაბამისად, ჰიდროლოგიური რიგების დამატებამ, ჰ/ს ხიდის კვეთში შეამცირა მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი.

მდ. რიონის ენერგეტიკული პოტენციალის გასაანგარიშებლად (ჰ/ს ხიდის კვეთის ჩათვლით) აუცილებელია მდინარის ზედა კვეთების წყლის ხარჯების დადგენა, რასაც ვახორციელებთ გადამყვანი კოეფიციენტის მეშვეობით. ჰ/ს ხიდის კვეთს ვიღებთ, როგორც ანალოგ კვეთს და ჩვენთვის საჭირო ზედა კვეთებში გადასვლას ვახორციელებთ ე.წ. ფართობების ფარდობის შესაბამისად.

ჩატარებული ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებებიდან, რომელიც ასახულია მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში, გამოვლინდა რომ მდინარე რიონის ენერგეტიკული პოტენციალი ჰ/ს ხიდის კვეთის ჩათვლით შეადგენს 262,1 მგვტ-ს. აღსანიშნავია, რომ მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი გადამანგარიშების შედეგად (სადაც გათვალისწინებული იყო შედარებით ბოლო წლების წყლის ხარჯების დაკვირვების მონაცემები), მდინარის ჰიდროპოტენციალი შემცირებულია 79,2 მგვტ-ით, დაახლოებით 23,2%-ით, იმ პოტენციალთა შედარებით, რომელიც გამოთვლილი იყო გ. სვანიძის მიერ 1987 წელს.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ჰიდროლოგიური და ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშების შედეგები ასახულია მდ. რიონის ენერგეტიკული პოტენციალის საანგარიშო ცხრილში.

ცხრილი 35. მდ. რიონის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები და თეორიული სიმძლავრები საკვლევ კვეთებში

მდ. რიონის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში								
ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	უბნის სიგრძე, კმ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყალმ. აუზის საშ. სიმაღლე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
სათავე		2347	8,5	665		0,0	1	6,5
ნიშნული 1892	54,4	1892	8	342	2660	2,0	2,6	8,7
მდ. ზიფხიტურას შენაკადამდე	85,3	1550	--	--	2490	3,2	--	--
შენაკადის შემდეგ	134,5	1550	10	206	2640	5,0	6,5	13,1
მდ. ჩეშურას შენაკადამდე	216,5	1344	--	--	2430	8,0	--	--
შენაკადის შემდეგ	318,4	1344	11,5	232	2500	11,8	14,1	32,1
მდ. ჭანჭახი შენაკადამდე	442,8	1112	--	--	2400	16,4	--	--
შენაკადის შემდეგ, ჰ/ს გლოლა	626,9	1112	17,5	293,2	2430	23,3	25,25	72,6
მდ. საკაოს შენაკადამდე	731,9	818,8	--	--	2420	27,2	--	--
შენაკადის შემდეგ	893,7	818,8	1,2	12,5	2280	33,1	33,15	4,1
მდ. დარულას შენაკადამდე	895,1	806,3	--	--	2280	33,2	--	--
შენაკადის შემდეგ	1002,9	806,3	1,8	21,3	2220	37,2	37,3	7,8
ჰ/ს ონი	1008,9	785	1,7	16,9	2210	37,4	38	6,3
მდ. ჯეჯორას შენაკადამდე	1040,1	768,1	--	--	2200	38,6	--	--
შენაკადის შემდეგ	1465,4	768,1	3,6	33,1	2100	54,4	54,6	18,1
მდ. ხარის შენაკადამდე	1476	735	--	--	2090	54,8	--	--
შენაკადის შემდეგ	1546	735	8,5	73,6	2080	57,4	58,3	42,1
მდ. სანტარულას შენაკადამდე	1594,5	661,4	--	--	2050	59,2	--	--
შენაკადის შემდეგ	1637,7	661,4	6	49,4	2030	60,8	61,75	30,0
მდ. ლუხუნის შენაკადამდე	1688,4	612	--	--	1980	62,7	--	--
შენაკადის შემდეგ	1981,4	612	3,2	30	1950	73,5	73,9	21,7
ჰ/ს ხიდიკარი	2001,8	582			1940	74,3		
ჯამი								262,1

4.7. ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები და მისი ანალიზი

როგორც ზემოთ აღინიშნა, საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი შეფასების მიზნით არსებულ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზე დაყრდნობით, შერჩეული იქნა საქართველოს განსხვავებული კვების სახეობის მქონე ექვსი რეგიონის 18 მდინარე, რომელთა ბუნებრივი პირობები და ჰიდროლოგიური პარამეტრები ერთმანეთისგან განსხვავებულია, ამასთან საკვლევ გასწორებში ხასიათდებიან ბუნებრივი ჩამონადენით, ე. ი. ისინი არ არიან დაქვემდებარებული ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოსათვლელად, პირველ ეტაპზე გამოვლენილია საწყისი ინფორმაცია მდინარის წყლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯების სახით.

მეორე ეტაპზე მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის განსაზღვრისას დგინდება წყლის ხარჯების საწყისი ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატულობის შესაფასებელი პარამეტრები, კერძოდ საშუალო მრავალწლიური სიდიდის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება ε_{θ_0} და ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება ε_{c_v} . სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების მიხედვით, თითოეული მათგანი შესაბამისად არ უნდა აღემატებოდეს $\varepsilon_{\theta_0} \leq 5\%$ -ს და $\varepsilon_{c_v} \leq 15\%$ -ს [19, 62]. ჩვენს მიერ შერჩეული ყველა მდინარის საწყისი ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის მოთხოვნებს.

მესამე ეტაპზე განხორციელდა საკვლევ მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის გამოთვლა შესაბამისი კვითების ჰიდროლოგიური მახასიათებლების მიხედვით. შერჩეული მდინარეების შემთხვევაში, ჩატარებულმა გაანგარიშებამ გამოავლინა მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის როგორც შემცირება, ასევე ზრდა.

ცხრილი 36. საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი

№	მდინარე	კვეთი, ჰ/ს	კვების მირითადი სახეობა	წყალმ. აუზის ფართობი , კმ ² /აუზის საშ. სიმაღლე, მ	საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ		განსხვავება %	მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, მგვტ		განსხვავება %
					აკად. გ. სვანიძე	ავტორი		ავტორი, მგვტ	აკად. გ. სვანიძე, მგვტ	
1	სამყურისწყალი	ყადორი	თოვლიწვიმა	119,4/2590	6,81	5,64	17,2 ↓	58,75	71,6	18 ↓
2	ალაზანი	შაქრიანი	თოვლიწვიმა	2202/1250	45,5	43,4	4,6 ↓	73,15	132,8	45 ↓
3	ილტო	საბუე	თოვლიწვიმა	308/1250	5,44	5,1	6,26 ↓	20,68	33,6	38 ↓
4	სტორი	ლეჭური	თოვლიწვიმა	211,8/1840	8,7	8,02	7,82 ↓	37,6	53,7	30 ↓
5	აქარისწყალი	ხულო	თოვლიწვიმა	251/1600	8,54	8,26	3,28 ↓	28,23	31,4	10 ↓
6	ჩირუხისწყალი	შუახევი	თოვლიწვიმა	328/1700	11,6	9,9	14,7 ↓	50,52	64,8	22 ↓
7	ყვირილა	ზესტაფონი	თოვლიწვიმა	2410/950	62,65	59,8	4,55 ↓	109	126,8	14 ↓
8	ხანისწყალი	ბაღდათი	თოვლიწვიმა	658/1460	17,1	15,9	7,02 ↓	42,63	47,3	10 ↓
9	ნენსკრა	ლახამი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	458/2270	27,9	30,3	8,6 ↑	240,1	224	7,2 ↑
10	მესტიაქალა	მესტია	მყინვარული	163,2/2750	8,24	12,8	55,3 ↑	26,3	16,4	60 ↑
11	ნაკრა	ნაკი	მყინვარული	128,2/2520	8,72	11,4	30,7 ↑	76,4	60	27 ↑
12	ენგური	სკორმეთი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	2800/2310	132	118	10,6 ↓	557	629,5	12 ↓
13	აბაშა	მდ. ტეხურის შესართავამდე	თოვლიწვიმა	350/380	14	11,9	15 ↓	30,65	45,7	33 ↓
14	კასლეთი	მდ. თხეიშის შესართავთან	თოვლიწვიმა	75,1/2210	3,56	4,47	20 ↓	45,23	59,6	24,1 ↓
15	ნატანები	ვაკიჯვარი	თოვლიწვიმა	80/1670	5,03	4,7	6,56 ↓	42,8	48,7	12,1 ↓
16	გუბაზეული	ხიდისთავი	თოვლიწვიმა	338/1330	13,9	15,7	18,9 ↑	87,7	77,1	13,7 ↑
17	სუფსა	ხიდმაღალა	თოვლიწვიმა	1100/970	45	47,6	5,78 ↑	130,17	128,8	1,1 ↑
18	რიონი	ხიდიკარი	თოვლიწვიმა-მყინვარული	2002/1940	86,5	74,3	14,1 ↓	262,1	341,3	23,2 ↓
ჯამი								1919,01	2193,1	12,5 ↓

- მყინვარული კვების არმქონე მდინარეების ჩამონადენის შემცირება (ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის) უნდა აიხსნას საშუალო წლიური ტემპერატურის მატებით და ბოლო ათწლეულებში უხვთოვლიანი ზამთრების არქონით (მყარი ნალექების შემცირებით).
- მყინვარული კვების მქონე მდინარეები უნდა განვასხვაოთ მათი წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლის მიხედვით, კერძოდ აუზის საშუალო სიმაღლით 2500 მეტრი და მეტი და 2500 მ-ზე ნაკლები.
- როგორც ცხრილი 36-დან ჩანს, პირველ ჯგუფში შედის მდინარეები ნაკრა და მესტიაჭალა, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე შესაბამისად 2520 მ და 2750 მ-ია. ამ მდინარეებისთვის შეიმჩნევა ჩამონადენის გაზრდა, რაც უკავშირდება ტემპერატურის ზრდის გამო მყინვარების დნობის პროცესს, რომელიც უფრო და უფრო მაღალი ნიშნულებისკენ ვრცელდება.
- მყინვარული კვების მქონე მდინარეების მეორე ჯგუფი: მდ. ენგური და რიონი, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე საკვლევ კვებებში შესაბამისად არის 2310, 1940 მეტრი. ამ ჯგუფის მდინარეებში მყინვარული კვების წილი გაცილებით (დაახლოებით 2,5-ჯერ) ნაკლებია პირველი ჯგუფის მდინარეებთან შედარებით, ამიტომ მყინვარების დნობის გავლენა ნაკლებია [63, 64].
- გურიის რეგიონში არსებული მდ. გუბაზეულის შემთხვევაში დაფიქსირდა ჩამონადენის შემცირება. ჰ/ს ხიდისთავის კვეთისთვის ჩატარებული გაანგარიშებები ეფუძნება 1929-91 წლების დაკვირვების მონაცემებს. როგორც ცხრილი 29-დან ჩანს ჰ/ს ხიდისთავის კვეთში ჩამონადენის ზრდის ტენდენცია 1970-იანი წლებიდან შეიმჩნევა. აღნიშნული ტენდენცია ბუნებრივი მიზეზებით ვერ აიხსნება, რადგანაც აღნიშნულ პერიოდში, არსებულ საგუშაგოებზე არ ფიქსირდება ნალექების ზრდის ტენდენცია, მეტიც მდინარის

ჩამონადენის ზრდის ტენდენციაც არ არის დაფიქსირებული ჰ/ს ბახმაროს კვეთში. ჩვენი მოსაზრებით, ჰ/ს ხიდისთავის კვეთში, სადაც ხორციელდებოდა მდინარის ჰიდროლოგიური დაკვირვებები, ადგილი ჰქონდა ან მდინარის კალაპოტის დაღეჟვას, რაც არ არის გათვალისწინებული ხარჯის მრუდით, ან მოპოვებული (გარემოს ეროვნული სააგენტო) მონაცემები არ არის ზუსტი.

შერჩეული მდინარეების თეორიულმა ჰიდროენერგეტიკულმა პოტენციალმა 1919,01 მგვტ შეადგინა, ხოლო გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით ჩატარებული გაანგარიშებებით მოცემული 18 მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალი (შესაბამისი კვეთების ჩათვლით) 2193,1 მგვტ-ს შეადგენდა, ანუ 18 მდინარის შემთხვევაში დაფიქსირდა თეორიული ენერგეტიკული პოტენციალის საშუალოდ 12.5%-იანი შემცირება.

ჩვენს მიერ შერჩეული მდინარეები განსხვავდება ერთმანეთისგან ტოპოგრაფიული, ჰიდროლოგიური, კლიმატური პირობებით, წყალშემკრები აუზის სიდიდით, მისი განლაგების საშუალო სიმაღლით, მდინარეთა კვებისა და წყლიანობის რეჟიმით, ამასთან ჩატარებული გაანგარიშების შედეგები განსხვავდება ადრე შესრულებული გამოთვლების რეზულტატებისგან. ეს ყოველივე მიუთითებს იმას, რომ მიზანშეწონილია საქართველოს მდინარეების თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ხელახალი გადათვლა იმ ფაქტობრივი ჩამონადენის მიხედვით, რომელშიც ასახულია კლიმატის ევოლუციის გავლენა.

წინასწარ შეიძლება იმის თქმა, რომ ეს იქნება მეტად შრომატევადი, მაგრამ ამასთან ერთად მეტად მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-პრაქტიკული ღირებულების მქონე სამუშაო, რომლის შედეგები ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული პროექტების სწორად დაგეგმვას მათი ენერგეტიკული შესაძლებლობების რეალიზაციის კუთხით.

თავი 5. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი

ელექტროენერგიაზე მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება თანამედროვე საზოგადოების ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა, რომელიც განსაკუთრებული სისწრაფით იჩენს თავს არაგანახლებადი ენერგეტიკული რესურსების შემცირების კვალობაზე. ამ პირობებში განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების უფრო სრულად ათვისებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს.

ჰიდროენერგეტიკა ენერჯის ერთ-ერთი განახლებადი სახეობაა, რომელსაც გამოარჩევს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ელექტროენერგიად გარდაქმნის მაღალი კოეფიციენტი (90%-ის ფარგლებში) და მართვის მოქნილობა, რაც ემყარება ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების მიერ დატვირთვის სწრაფად აღებისა და მოხსნის საშუალებას, რომელიც ძალიან მნიშვნელოვანია ენერგოსისტემის ფუნქციონირებისთვის.

მიუხედავად ხსენებული დადებითი მხარეებისა ჰიდროენერგეტიკა გარკვეულ უარყოფით გავლენას ახდენს გარემოზე, რაც მოკლედ შეილება ასე ჩამოყალიბდეს:

- ზედა ბიეფის დატბორვა;
- წყალსაცავის გარემომცველი სამთო მასივის შეტბორვა გრუნტის წყლების დონის აწევით;
- წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება; წყლის ხარისხის გაუარესება;
- წყალსაცავში ნატანის აკუმულაცია;
- წყალსაცავის ზემოქმედება მიკროკლიმატზე;
- ზემოქმედება ფლორასა და ფაუნაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ მითითებულ ზემოქმედებას აქვს ლოკალური ხასიათი და იგი წყალსაცავის ირგვლივ არსებული ზოლით შემოიფარგლება, ამასთან ამჟამად შემუშავებულია საინჟინრო-ტექნიკური

ლონისძიებების კომპლექსი, რაც საშუალებას იძლევა რომ წყალსაცავების უარყოფითი გავლენა შემსუბუქებული იქნეს.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარება დაკავშირებულია არა მარტო წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობასთან, არამედ ჩამონადენის რეჟიმში მომუშავე სადგურების განხორციელებასთან, რომლებიც არ საჭიროებენ წყალსაცავებს და რომლებიც ძირითადად ხორციელდება კალაპოტური ან დერივაციული სქემით. მსგავსი ჰესების შემადგენლობაშია დასაშლელი კაშხლები (მცირე სიმაღლის < 10 მ), ან სულაც კაშხლების გარეშე ფსკერული წყალმიმღებები. ამ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით პრობლემაა დერივაციის გასწვრივ არსებული მდინარის მონაკვეთის სათანადო რაოდენობის წყლით უზრუნველყოფა, რაც აუცილებელია ფლორისა და ფაუნის ძირითადი სასიცოცხლო პირობების შენარჩუნებისათვის, ასევე წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა (წყალმომარაგება, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო მელიორაცია) წყალმოთხოვნილების დაკმაყოფილება, ჩამდინარე წყლების დაბინძურების დასაშვები ნორმების ფარგლებში არსებობა.

ცხადია, რომ ჩამოთვლილი გარემოსდაცვითი, სამეურნეო და ჰიდროენერგეტიკული მოთხოვნების ერთდროულად შესრულება რთული ამოცანაა, რომელიც განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს გამკაცრებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გამკაცრების ფონზე.

ყოველივე მითითებული აუცილებელს ხდის ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ქვემო ბიეფში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის უზრუნველყოფას, რომლის სიდიდე განისაზღვრება საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული ნორმატივებით. აღნიშნული უნდა იქნეს გათვალისწინებული მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისას, რაც მოგვცემს საშუალებას დავაზუსტოთ მდინარის პოტენციალი, რომლის ფაქტობრივი გამოყენება იქნება შესაძლებელი ენერგეტიკული მიზნებისათვის. ეს მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს ობიექტის ენერგეტიკული

მახასიათებლები და, შესაბამისად, მისი განხორციელების ტექნიკურ-ეკონომიკური მიზანშეწონილობა.

საქართველოში არ არსებობს გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯის მარეგულირებელი კანონი და, შესაბამისად, არ არსებობს რაიმე დირექტივები სანიტარული ხარჯის გამოსათვლელად [65].

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს არ წარმოადგენს უშუალოდ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა, რაც თავის მხრის მეტად მნიშვნელოვანი, მრავალ ფაქტორზე დამოკიდებული ამოცანაა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოში ამჟამად ხდება საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის %-ის მიხედვით. კერძოდ, საქართველოში საინჟინრო პრაქტიკაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე მიღებულია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ის ოდენობით, რომლის გაშვება უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი. მოცემული წყლის ხარჯი და ამ ხარჯზე მოსული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი ფაქტობრივად ვერ გამოიყენება ელექტროენერჯის საწარმოებლად.

ჩვენი კვლევის საგანს არ წარმოადგენს იმის კომენტირება, თუ რამდენად დასაბუთებულად არის მიღებული ეს ციფრი, მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის ეს სიდიდე ფიგურირებს უკანასკნელ პერიოდში საქართველოში შემუშავებული და განხორციელებული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების საპროექტო დოკუმენტაციაში.

გამომდინარე ზემოთ თქმულიდან, შესაძლებელია შემოდებული იქნეს მდინარის ენერგეტიკული პოტენციალის ცნება გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით, ან უბრალოდ გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება, რომელიც ასახავს ფაქტობრივ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რაც თავის მხრივ ძალიან მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკული სექტორის შესაძლებლობების

პროგნოზირებისთვის, როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

ცხრილი 37. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი

#	მდინარე	ბოლო კვეთი	მდინარის თეორიული ჰიდრო-ენერგეტიკული პოტენციალი, მგვტ	მდინარის ჰიდრო-ენერგეტიკული პოტენციალი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით, მგვტ
1	სამყურის-წყალი	ყადორი	58,75	52.87
2	ალაზანი	შაქრიანი	73,15	65.83
3	ილტო	ალაზნის შესართავთან	20,68	18.61
4	სტორი	ლეჩური	37,6	33.84
5	აჭარის-წყალი	ხულო	28,23	25.40
6	ჩირუხის-წყალი	შუახევი	50,52	45.47
7	ყვირილა	ზესტაფონი	109	98.1
8	ხანისწყალი	ბაღდათი	42,63	38.367
9	ნენსკრა	ლახამი	240,1	216.09
10	მესტია-ჭალა	მესტია	26,3	23.67
11	ნაკრა	ნაკი	76,4	68.76
12	ენგური	სკომრეთი	557	501.3
13	აბაშა	მდ. ტეხურის შესართავამდე	30,65	27.58
14	კასლეთი	მდ. თხეიშის შესართავთან	45,23	40,7
15	ნატანები	ვაკიჯვარი	42,8	38.52
16	გუბაზე-ული	ხიდისთავი	87,7	78.93
17	სუფსა	ბოლო კვეთი/ შავი ზღვის შესართავი	130,17	117.15
18	რიონი	ხიდიკარი	262,1	235.89
ჯამი			1919,01	1727,1

ცხრილი.37-ში მოგვყავს შერჩეული მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის მნიშვნელობები გამოთვლილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გათვალისწინებით.

აუცილებელია იმის აღნიშვნაც, რომ მომავალში, როცა შემუშავებული იქნება და საკანონმდებლო აქტით გაფორმდება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მხედველობაში მიღება უნდა მოხდეს კონკრეტული მდინარის კონკრეტული გასწორისათვის ხარჯის სიდიდეზე მოქმედი ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით.

დასკვნა

1. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი დადგენილია 1980 წლამდე არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით.
2. სამეცნიერო-ტექნიკურ ლიტერატურაში მოყვანილი მეტეოროლოგიური მონაცემები ადასტურებს XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან დაწყებული კლიმატის ევოლუციის გლობალურ ტენდენციას, რომელიც აისახა მდინარეთა წყლიანობის ცვლილებაში.
3. საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების გავლენით შემცირდა მყინვარების ფართობი და შეიცვალა ტენიანობა რეგიონების მიხედვით განსხვავებულად, რამაც მოახდინა ზეგავლენა მდინარეთა ჩამონადენზე.
4. საქართველოს მდინარეების წყლიანობის ტრანსფორმაციის რაოდენობრივი შეფასებისათვის შერჩეული იქნა ქვეყნის ბუნებრივ-კლიმატური პირობებით და კვების სახეობებით განსხვავებული მდინარეთა ისეთი გასწორები, რომლებიც არ იყო დაქვემდებარებული სამეურნეო საქმიანობას, ანუ რომლებშიც მდინარის ბუნებრივ ჩამონადენზე არ ხორციელდებოდა ანთროპოგენური ზემოქმედება. ამასთან, ამ განსწორებისთვის არსებობდა დაკვირვებული წყლის ხარჯების წარმომადგენლობითი რიგი.
5. საერთაშორისო პრაქტიკაში კარგად აპრობირებული მეთოდებით ჩატარებული გაანგარიშებებით განსაზღვრული იქნა მე-4 პუნქტში მითითებული პრინციპით შერჩეული მდინარეების საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები ამჟამად საქართველოს ჰიდრომეტრცენტრში არსებული ჰიდროლოგიური დაკვირვებების მონაცემებით (1991 წლის ჩათვლით), რომელმაც აჩვენა წყლის

ხარჯების არსებითი განსხვავება, 1980 წლამდე არსებულ მონაცემებთან შედარებით, რაც ადასტურებს კლიმატის ცვლილების გავლენას მათ წყლიანობაზე.

6. მე-5 პუნქტში ხსენებული ამჟამად არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემებით განსაზღვრული წყლის ხარჯების მიხედვით და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშების მეთოდის საშუალებით დადგენილი იქნა შერჩეული მდინარეების საკვლევ კვეთებში ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, რომელიც განსხვავდება ამჟამად საანგარიშოდ მიღებულისაგან.
7. ვინაიდან მე-4 პუნქტში მოყვანილი პრინციპით შერჩეული მდინარეებისთვის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის სიდიდის ცვლილება ცხადყოფს, რომ იგი შესაძლოა შეიცვალოს სხვა მდინარეებისთვისაც. აქედან გამომდინარე, დღის წესრიგში დგება საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დაზუსტების საკითხი.
8. თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნები განაპირობებს მდინარეთა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გათვალისწინების აუცილებლობას, ამიტომაც შემოთავაზებულია ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ცნება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Эссен А.М. Гидрография Закавказья. Гидрометеорологическая часть при водном управлении ОЗУ на Кавказе . Тифлис. 1913.
2. Шенгелия П. Г., Швелидзе Т. В., О потенциальных гидроэнергетических ресурсах Грузии. Труды Института Энергетики АН ГССР , т. XVIII, 1969. 253-257с.
3. Владимиров Л.А. Питание рек и внутригодовое распределение речного стока на территории Грузии. Тбилиси.: йзд-во Мецниереба, Тбилиси; 1964, 249 с.
4. Природные ресурсы Грузинской ССР: Т. 4 : Гидроэнергетические ресурсы; йзд-во АН СССР; Москва; 1962.
5. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Л.; Гидрометеоиздат. 1987.
6. სოლომონია ო., დადიანი მ., ცაბაძე ნ., პატარაია რ. და სხვ. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი. საქ. ენერგეტიკისა და ენერგეტ. ნაგებობათა ს.-კ. ინ-ტი. - თბ., 2006. - 480გვ.
7. ინაშვილი მ. კლიმატის ცვლილება და ენერგეტიკის წინაშე მდგარი გამოწვევები საქართველოში და მათი გადაჭრის გზები, 2011წ.
8. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი, თბილისი 2009.
9. კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის შეფასება, საქართველოს ანგარიში. საქართველოს წითელი ჯვრის საზოგადოება, თებერვალი 2014.
10. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური; <http://geostat.ge/>
11. Regional Climate Change Impacts Study for the South Caucasus Region, UNDP/ ENVSEC, 2011, http://www.envsec.org/publications/cc_report.pdf
12. საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი, თბილისი 2015.
13. მარგველაშვილი მ., ინაშვილი მ., მაღალაშვილი ა. და სხვ.; კლიმატის ცვლილება და მდგრადი განვითარება, სალექციო მასალების კრებული, 2016.
14. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციით ნაკისრი ვალდებულებების ინტეგრაციისთვის სახელმწიფო უწყებების მანდატების (როლი და პასუხისმგებლობა) ჰარმონიზება. თბილისი 2016.

15. უკლება ნ. ზოგადი ჰიდროლოგია. „თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა“; თბილისი, 1967. 404 გვ.
16. ჩიკვაშვილი ბ. ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია, ჩამონადენის რეგულირება; „განათლება“; თბილისი, 1986. 390 გვ.
17. გედენიძე ზ., ამბროლაძე თ. წყლის მეურნეობა. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“; თბილისი, 2009. 390 გვ.
18. ხელიძე გ., უკლება ბ. ჰიდროენერგეტიკის ჰიდროლოგიური საფუძვლები; „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2017. 129 გვ.
19. СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик; СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА; Дата введения 1984-07-01.
20. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2-1>, ბოლოს გადამოწმებული იქნა 03.03.2019.
21. IEC - International Electrotechnical Commission <http://www.iec.ch/>
22. ელექტროენერგეტიკული სისტემის კომერციული ოპერატორი, <https://esco.ge/>
23. „საქართველოს ენერგეტიკულ დარგში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებები“, საქართველოს პარლამენტის N3259 დადგენილება.
24. მიმდინარე განახლებადი საინვესტიციო პროექტები (29 დეკემბერი 2017 წელი), <http://energy.gov.ge/>
25. Малинин Н.К. Теоретические основы гидроэнергетики. М.: Энергоатомиздат -1985. 306 стр.
26. Безруких П.П., Виссарионов В.И., Малинин Н.К. и другие. Ресурсы и Эффективность Исполнения Возобновляемых Источников Энергии в России. Издательство Наука — 2002.
27. შენგელია პ. ჰიდროელექტრული სადგურები, „განათლება“, თბილისი, 1967.
28. Григорович Н.А. Гидроэнергетический кадастр. Кадастровая мощность водотоков и ее использование.-М.Гидроэнергопроект,1937. 31с.
29. სვანიძე გ. ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ათვისების მეთოდოლოგია, ენერგეტიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. V, 1950.
30. მოსტოვი მ. ჰიდრავლიკური ენერჯის ტერიტორიაზე განაწილების გამოკვლევის მეთოდოლოგია; ენერგეტიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. V, 1950.

31. <http://helpiks.org/7-45432.html> , ბოლოს გადამოწმებული იქნა 03/03/2019.
32. Мостков М.А. Основы теории гидроэнергетического проектирования. - Госэнергоиздат.,1948. 351с.
33. Изменение глобального климата и водные ресурсы, UNEP, <http://eco-project.org/upload/waterc/project/prilozhenie7.pdf>
34. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხელახალი შეფასების მიზანშეწონილობის შესახებ. "საქართველოს საინჟინრო სიახლენი - GEN". 2017წ. №3, 61-64გვ.
35. ახმეტის მუნიციპალიტეტში მდ. სამყურისწყალზე „სამყურისწყალი 2 ჰესის“ (I და II საფეხური) მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში; თბილისი, 2016.
36. ანსბეკი ჯ., პიჩიუგინი ა., რონჩაკი პ., არევამე ნ., მიქელაძე გ., გელაძე ვ. საპილოტე მდინარის აუზის მართვის გეგმა მდინარე ალაზნისთვის - საქართველო. ოქტომბერი, 2011.
37. Integrated River Basin Planning Alazani Watershed; "Alazani Watershed Consortium"; Tbilisi, Georgia. September 2002.
38. Climate Change and Agriculture in Kakheti. UNDP Georgia, Tbilisi, 2014 <http://bit.ly/2tLEmUh>
39. თელავის მუნიციპალიტეტში, მდ. სტორზე 20.1 მგვტ/სთ დადგმული სიმძლავრის სტორი ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი, გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში, GAMMA Consulting, თბილისი 2017.
40. ჰიდროელექტროსადგური მდ. სტორზე (თელავის რ-ნი), გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში (წინასწარი ვერსია), შპს "სტორი", თბილისი 2016.
41. მდ. აჭარისწყალზე შუახევი ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში; Mott MacDonald Limited, შპს „გამა კონსალტინგი“; 2013 წელი.
42. ჭოროხი-აჭარისწყლის მდინარის აუზის მართვის გეგმა 2016-2021, საერთაშორისო მდინარეთა აუზების გარემოსდაცვითი პროექტი; რეზიუმე; თბილისი. მარტი, 2016.
43. ზესტაფონი-ქუთაისის 700 მმ დიამეტრის 23 კმ-იანი მონაკვეთის მშენებლობის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში; საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაცია, საქართველო.

44. კლიმატის ცვლილებისადმი ადაპტაცია და ზემოქმედების შერბილება ადგილობრივ დონეზე; ბაღდათის მუნიციპალიტეტში არსებული მდგომარეობა; USAID; <http://nala.ge/uploads/bagdati.pdf>
45. KHANI 1 HPP; PRE-FEASIBILITY STUD; YUPPER KHANISTSKALI RIVER BASIN; USAID HYDROPOWER INVESTMENT PROMOTION PROJECT (HIPP); APRIL 26, 2013.
46. სს "ნენსკრა", ნენსკრ ჰეს-ის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი, გზმ; I ტომი; თბილისი, 2015.
47. გზმ - მესტიის მუნიციპალიტეტში მესტიაჭალა-2 ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; შპს „გამა კონსალტინგი“, 2015 წელი.
48. გზმ - მესტიის მუნიციპალიტეტში მესტიაჭალა-1 ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი ; შპს „გამა კონსალტინგი“, 2016 წელი.
49. გზმ - მესტიის მუნიციპალიტეტში მდ. ნაკრაზე 7,4 მგვტ დადგმული სიმძლავრის ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; შპს „აკვაჰიდრო“; თბილისი 2017.
50. გზმ - მესტიის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე, მდ. ნაკრაზე სამ საფეხურიანი კასკადური ტიპის ჰესის მშენებლობა-ექსპლუატაცია; შპს „ეკოჰიდრო“; თბილისი 2017.
51. ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის პროექტის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება, წინასწარი ვარიანტი, ნაწილი II, ივლისი 2013.
52. სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ ოფიციალურად მოწოდებული მდ. ენგურის წყლის საშუალო წლიური ხარჯები. 06.06.2018
53. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო. მონიტორინგისა და პროგნოზირების ცენტრი. 2008 წელი. სქემა - გელაძე ვ., გელაძე გ.
54. სსიპ გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრი. <http://eiec.gov.ge/>
55. მესტიის მუნიციპალიტეტში მდ. კასლეთზე 9.13 მგვტ დადგმული სიმძლავრის კასლეთი 2 ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი. შპს „გამა კონსალტინგი“. თბილისი 2015. გვ. 315.
56. მესტიის მუნიციპალიტეტში, მდ. კასლეთზე 7.6 მგვტ სიმძლავრის ჰესის (კასლეთი 1 ჰესი) მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი. შპს „გამა კონსალტინგი“. 2018 წელი, გვ. 353.

57. მდინარე ნატანებზე ("ქუთაისი-სენაკის" მაგისტრალური გაზსადენის ეობულეთის განშტოება) საჰაერო გადასასვლელის რეკონსტრუქციის პროექტი; საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაცია; თბილისი 2013.
58. ჩოხატაურის მუნიციპალიტეტში ზოტის ჰესების კასკადის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი -გზშ; ტომი I; "გამა კონსალტინგი", 2017 წელი.
59. ჩოხატაურის მუნიციპალიტეტში, მდ. ბარამიძისწყალზე ბარამიძე ჰესის მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; გზშ; 2017 წელი.
http://moe.gov.ge/res/images/file-manager/baramidze_hesi/EIA.pdf
60. საექსპლუატაციო პარამეტრების შეცვლის პირობებში რიონის ჰიდროელექტროსადგურის ფუნქციონირების ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე ზემოქმედების შეფასება; სს „ენერგო-პრო ჯორჯია გენერაცია“, თბილისი 2017.
61. სს „ნამახვანი“; მდ. რიონზე ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის (ტვიში ჰესი 100 მგვტ, ნამახვანი ჰესი-333 მგვტ) მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროექტი; გზშ, ტომი 1, თბილისი 2015.
62. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეთა წყლიანობის რაოდენობრივი შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით. "ენერგია". №2(86), 2018. 40-44 გვ.
63. Khelidze G., Pipia B. Impact of Climate Change on the Flow of Georgian Rivers. GTU AND UNIFG 1ST JOINT R&D INTERNATIONAL CONFERENCE., Book of Abstracts, Publishing House "Technical University", 2018. 89-91p.
64. ხელიძე გ., ფიფია ბ. საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება კლიმატის ცვლილების ფაქტორის გათვალისწინებით. "ენერგია", 2019, №1 (89), გვ. 71-75.
65. Dhillion, S.S., Bakhtadze, M. 2014. A Trainer's Citizen Awareness Guide - Communication, EIA and Hydropower. Sustainable Hydropower Development in Georgia. Report No.3a, Norsk Energi, Oslo. 36 p.