

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მარგალიტა მარდალეიშვილი

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გადინებული  
გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა ეკოლოგიური  
ფაქტორების გათვალისწინებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0166, საქართველო

თებერვალი, 2021 წ.

საავტორო უფლება © 2021 წელი, მარგალიტა მარდალეიშვილი

თბილისი

2021 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მარგალიტა მარდალეიშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „**ჰიდროენერგეტიკული ობიექტიდან გადინებული გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით**“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

....., 2021 წელი

ხელმძღვანელი: ..... პროფესორი გ. ხელიძე

რეცენზენტი: ..... ასოც. პროფესორი ლ. შატაკიშვილი

რეცენზენტი: ..... პროფესორი რ. დიაკონიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2020

**ავტორი:** მარგალიტა მარდალეიშვილი

**თემის დასახელება:** „ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გადინებული გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით“

**ფაკულტეტი:** ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის

**აკადემიური ხარისხი:** აკადემიური დოქტორი

**სხდომა ჩატარდა:** ....., 2021 წ.

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი 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 წყალენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენება მოიაზრება ეკოლოგიური მოთხოვნების შესაძლო სრულად დაკმაყოფილებისა და ჰიდროენერგეტიკის რაციონალურად განვითარების პირობებში.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია დერივაციული ჰესების მდინარის გაუწყლოებულ მონაკვეთზე აუცილებელი წყალგაშვების რაოდენობრივი განსაზღვრის საკითხი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაცვის გათვალისწინებით. საქართველოში ამჟამად არ არის შემუშავებული საკანონმდებლო რეგულაციები ჰიდროკვანძების წყალაღების გასწორიდან ქვედა ბიეფში აუცილებლად მისაწოდებელი წყლის ხარჯების განსაზღვრის შესახებ. ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდედ მიიღება წყალმიმღები ნაგებობის კვეთში მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რომელიც ვერ ჩაითვლება კორექტულად, რადგან არ არის მხედველობაში მიღებული ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მდინარის საზრდოობის ტიპი და წყლიანობის რეჟიმი, გაუწყლოების არეალში ბიოლოგიური სისტემების და წყალსამეურნეო სუბიექტების მოთხოვნილება წყალზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად მითითებული ფაქტორების გათვალისწინებით. მსგავსი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს დაცული იყოს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობა ყველა გარემოსდაცვითი ფაქტორისა და ჰესის ეფექტური ფუნქციონირების პირობების ერთობლივი თანაბარი ხარისხით გათვალისწინებით, რაც ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების შედარებითი ეკოლოგიური ეფექტურობის დადგენას.

**I თავში** განხილულია შეფასების სხვადასხვა პრინციპზე დამყარებული, მსოფლიოს ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯების სიდიდეები. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობები, ძირითადად, გამოსახულია: საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის პროცენტებში, საშუალო წყლიანობის წლის 95% უზრუნველყოფის დღე-ღამური წყლის ხარჯით, 2 ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup>-ზე, 95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წყლიანი წლის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯით, ზაფხულის საშუალო წყლის ხარჯის 1/3-ით, საშუალო წყლიანობის წლის 347-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წყლის ხარჯით, მინიმალური ერთდღიანი და 30 დღიანი ზაფხულის და ზამთრის წყლის ხარჯებით. საქართველოს მდინარეებზე განსახორციელებელი პერსპექტიული ჰესების გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდეების

გამოთვლის შედეგებმა სხვადასხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული ზემოთ მოყვანილი დამოკიდებულებების მიხედვით აჩვენა გაფანტვის მაღალი დიაპაზონი, რაც ადასტურებს, რომ თითოეული ჰესიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდე უნდა იყოს დადგენილი ინდივიდუალურად—კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით.

**II თავში** საუბარია ეკოლოგიურ წყალგაშვებებზე, როგორც გარემოს სტაბილურობის შენარჩუნების არსებით ფაქტორზე. სამდინარო სისტემებში ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარისა და უსაფრთხო განვითარების პირობების შენარჩუნებისათვის აუცილებელია, რომ გარემოსდაცვითი ჩამონადენი უზრუნველყოფდეს მდინარის ეკოსისტემის ბუნებრივ მდგომარეობას და მიახლოებული უნდა იყოს მდინარის წყლიანობის ბუნებრივ რეჟიმთან. განხილულია ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრის მეთოდები, რომელთა დაყოფა შესაძლებელია შემდეგ ჯგუფებად: ჰიდროლოგიური დასაბუთების, ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულებით ასახვის, ჰიდრაულიკური ანალიზის, საარსებო გარემოს იმიტირების, კომპლექსური მიდგომის. კომპლექსური მიდგომა წარმოადგენს ჰიდროლოგიური, ჰიდრაულიკური მეთოდების, აგრეთვე ორგანიზმების საარსებო არეს ერთობლივი გამოსახვის მეთოდს. ხსენებული ხერხი ითვალისწინებს მთლიან ეკოსისტემურ მიდგომას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის პროცესში. ეს უკანასკნელი ხერხი ყველაზე სრულად ეხმიანება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების მოთხოვნების დაკმაყოფილებას სამდინარო ეკოსისტემის მდგრადი ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად.

**III თავში** მოყვანილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორები. გარემოსდაცვითი ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორებიდან აღსანიშნავია: უბნის სიგრძე, გავლენა ცხოველთა სამყაროზე, გავლენა მცენარეულ საფარზე, გავლენა იხტიოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, გავლენა წყალსადინარის სანიტარულ-ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ხოლო ტექნიკური ფაქტორებიდან სასმელ წყალზე მოთხოვნა და სარწყავ წყალზე მოთხოვნა გაუწყლოვანების არეში აგრეთვე გაუწყლოების გავლენა წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მოთხოვნილებაზე. ამავე თავში მოყვანილია საქართველოში მოქმედი მოსახლეობის წყლის მოხმარების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ცხოველებისა და ფრინველების, სამრეწველო საწარმოებისათვის წყალმიწოდებისა და წყლის დაბინძურებისაგან დაცვის ნორმები, აგრეთვე თევზების მიერ გადალახვას დაქვემდებარებული ნაკადის მოძრაობის საშუალო სიჩქარეების სიდიდეების დიაპაზონი.

**IV თავში** ჩატარებულია მდინარეთა წყლიანობის ანალიზი მდინარის ჰიდროგრაფების და საზრდოობის ტიპების მიხედვით. მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებას განაპირობებს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც განსაზღვრავს მდინარეთა საზრდოობის სახეობებს. საქართველოს მდინარეებისათვის დამახასიათებელია საზრდოობის განსხვავებული სახეობები. საზრდოობის 5 განსხვავებული ტიპი გამოიყოფა

დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეებს შორის, ხოლო დანარჩენი ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია საზრდოობის კიდევ სამი განსხვავებული რეჟიმი. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენისათვის შემოთავაზებული მიდგომა გარკვეულად კომპრომისულია, ითვალისწინებს რა წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა ინტერესებს და ძირითად გარემოსდაცვით პირობებს. კერძოდ, წყალუხვობის გამოკვეთილი პერიოდის მქონე მდინარეებისთვის ამ ინტერვალში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ით, ხოლო წყალმცირობის პერიოდში - დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო მნიშვნელობაზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 40%-ზე ნაკლებია, ან ამ პერიოდის თითოეული თვის მინიმალურ წყლის ხარჯზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 50%-ის ფარგლებშია. მდინარეებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შემოთავაზებული შეფასება, ძირითადად, ეყრდნობა მდინარეთა კვების სახეობით განპირობებულ წყლიანობის რეჟიმების დამახასიათებელ თავისებურებებს. იგი შეიძლება გამოყენებული იქნეს დაპროექტების წინასწარ სტადიაზე გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასების მიზნით.

**V თავში** მოცემულია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის რაოდენობრივი შეფასება ექსპლუატაციაში მყოფი და ასაშენებელი ჰესებისთვის დიფერენცირებულად. ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის, როცა ანგარიშით მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ცალკეული თვისათვის მეტია ამჟამად საპროექტო და საექსპლუატაციო საქმიანობაში საანგარიშოდ მიღებულზე (საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%), მაშინ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა დარჩეს საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%. ეს დაშვება ეყრდნობა იმას, რომ დაუშვებელია ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესის ელექტროენერჯის გამომუშავების შემცირება. რაც შეეხება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენას იმ თვეებისათვის (იმ პერიოდისათვის), როცა მისი ანგარიშით მიღებული სიდიდე ნაკლებია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ზე, იგი არ უნდა იყოს აღებული ნაკლები საშუალო დღიურ მინიმალურ წყლის ხარჯზე, რომლის მოცემაც ფაქტობრივად შეუძლია მდინარეს ყველაზე წყალმცირე წელს. დეფიციტის ყოველ შემთხვევაში მსგავს სიტუაციაში უნდა არსებობდეს ელექტროენერჯის შევსების ალტერნატიული ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად დასაბუთებული ვარიანტი. რაც შეეხება დასაპროექტებელი სადგურების გარემოსდაცვით წყლის ხარჯის განსაზღვრას იგი უნდა განხორციელდეს ყველა ზემოთ მოყვანილი ფაქტორის გათვალისწინებით და საპროექტო ჰესის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების ეფექტურობის მიზანშეწონილობის შეფასებით. ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის

ხარჯის განსაზღვრა განხილულია ზაჰესის, ხოლო პერსპექტიული ჰესებისათვის — მაჭახელჰესის მაგალითზე.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების დადგენა, ხელს შეუწყობს გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებას, ამასთან შესაძლებლობას მოგვცემს განისაზღვროს ჰიდროენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოსაყენებელი წყლის ხარჯის რაოდენობა, რაც არსებითად განაპირობებს პერსპექტიული ჰიდროელექტროსადგურების ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებლებს და განსაზღვრავს მათი განხორციელების ეკონომიკურ მიზანშეწონილობას.

## Abstract

The utilization of Georgia's hydropower potential is considered in terms of possible complete compliance with ecological requirements, as well as rational development of hydropower.

The thesis discusses the issue of quantitative determination of the necessary discharge of water into the dehydrated section of the derivation HPPs, taking into account the compliance with environmental requirements.

**Chapter I** discusses the environmental protection (ecological) values of water discharge based on different principles of assessment, calculated in other countries of the world. The results of calculating the environmental protection amount of culvert of prospective hydropower plants to be carried out on the rivers of Georgia according to the above-mentioned ratios in different countries showed a high scattering range, which confirms that the amount of environmental protection culvert from each HPP should be determined individually according to specific conditions.

**Chapter II** Methods for determining ecological surface runoff are discussed, which can be divided into the following groups: hydrological reasoning, functional interrelationship reflection, hydraulic analysis, living environment simulation, complex approach. The complex approach is a method of joint depiction of hydrological, hydraulic methods, as well as the living space of organisms. This approach envisages a whole ecosystem approach in the process of determining environmental protection water discharge. The latter approach most fully responds to meeting environmental protection discharge requirements to ensure the sustainable functioning of the river ecosystem.

**Chapter III** lists the environmental and technical factors determining environmental protection water discharge. Among the ecological factors determining the environmental protection discharge are: the length of the site, the impact on wildlife, the impact on vegetation, the impact on ichthyofauna and algae, the impact on the sanitary-ecological condition of the water conduit. As for the technical factors – the demand for drinking water and the demand for irrigation water in the area of drying-up as well as the impact of drying-up on the demand of other participants of the complex of water economy.

**Chapter IV** river water content analysis is conducted according to river hydrographs and sustenance types. The formation of river surface runoff is caused by surface and groundwater, which determine the types of river sustenance. Georgian rivers are characterized by different types of sustenance. For rivers with a pronounced high-water period, the environmental protection water discharge in this interval should be 10% of the average monthly water discharge, and in the low water period - not less than the average minimum water discharge observed when the surface runoff is less than 40% of the annual surface runoff or not less



than the minimum water discharge of each month of this period, when the low water runoff is within 50% of the annual runoff. For rivers which do not have a defined flood regime, environmental protection water discharge can be calculated as 10% of the average monthly water discharge for each month, but not less than the amount of the observed minimum water discharge. The proposed assessment of environmental protection water discharge is mainly based on the features of the water content regimes conditioned by the type of river feeding. It can be used at an early stage of design to assess environmental protection water discharge.

**Chapter V** presents a quantitative assessment of environmental protection water discharge with differentiation for operating and to be constructed hydropower plants. For operating hydropower plants, when the reported environmental protection water discharge for a particular month is higher than currently calculated for design and operation activities (10% of the average multi-year water discharge), then the environmental protection water discharge should remain at 10% of the average multi-year water discharge. This assumption is based on the fact that it is not permissible to reduce the electricity generation of the operating HPP. As for the determination of environmental protection water discharge for those months (for the period) when its reported amount is less than 10% of the average multi-year water discharge, it should not be calculated less than the average daily minimum water discharge that the river can actually produce in the low water year. In any case of shortage in a similar situation, there should be an economically and ecologically sound alternative to electricity replenishment. As for the determination of the environmental protection water discharge of the projected stations, it should be carried out taking into account all the above factors, as well as evaluating the feasibility of the efficiency of the technical-economic characteristics of the project HPP. The determination of environmental protection water discharge for operating hydropower plants is discussed on the example of Zemo-Avchala hydroelectric station (ZAHES), and for prospective hydropower plants - Matchakhel HPP.

Determining environmental water discharge will help maintain the ecological balance of the environment, while allowing us to determine the amount of water discharge for hydropower purposes, which will essentially determine the main technical and economic characteristics of prospective hydropower plants and their economic and objective characteristics.

## შინაარსი

|  |    |
|--|----|
|  | 88 |
| შესავალი.....  | 17 |
| თავი 1. საქართველოში და სხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯების სიდიდეები ..... | 21 |
| თავი 2. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ეკოსისტემის მდგრადობის შენარჩუნების მნიშვნელოვანი ფაქტორი.....                      | 40 |
| 2.1. მსოფლიოში მიღებული დამოკიდებულება ეკოლოგიური ჩამონადენის მიმართ.....  | 43 |
| 2.2. ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრის მეთოდები.....  | 46 |
| 2.2.1. ჰიდროლოგიური არგუმენტირების მეთოდები.....   | 47 |
| 2.2.2. ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულების აღწერის მეთოდი...  | 48 |
| 2.2.3. ჰიდრაულიკური ანალიზის მეთოდები.....   | 49 |
| 2.2.4. საარსებო გარემოს იმიტირება.....   | 49 |
| 2.2.5. კომპლექსური მიდგომა.....  | 50 |
| 2.3. გარემოსდაცვითი წყალგაშვების როლი კლიმატის ცვლილების შედეგების შერბილებაში.....                                    | 50 |
| 2.4. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები დარეგულირებულ მდინარეებზე .....  | 51 |
| 2.5. მსოფლიო გამოცდილება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების მართვაში....  | 54 |
| 2.5.1. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებისადმი წაყენებული მოთხოვნები ევროკავშირის ქვეყნებში.....                               | 54 |
| 2.5.2. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები აშშ-ში.....  | 56 |
| 2.5.3. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები ჩინეთში.....   | 57 |
| თავი 3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორები.....                               | 60 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>თავი 4. მდინარის ჰიდროგრაფების ტიპები კვების მიხედვით და მათი ანალიზი.....</b>  | <b>75</b>  |
| 4.1. დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების წყლიანობის რეჟიმები.....  | 78         |
| 4.1.1. მდინარეები ზაფხულის წყალდიდობით (პირველი ტიპი).....   | 78         |
| 4.1.2. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით (მე-2 ტიპი)..   | 81         |
| 4.1.3. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით და თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით წლის განმავლობაში (მე-3 ტიპი)..... | 84         |
| 4.1.4. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით და ზაფხულ-შემოდგომის წყალმოვარდნებით (მე-4 ტიპი) .....                                    | 86         |
| 4.1.5. მდინარეები წყალმოვარდნების რეჟიმით (მე-5 ტიპი).....   | 90         |
| 4.2. აღმოსავლეთ საქართველოს მდ. მტკვრის აუზის მდინარეების წყლიანობის რეჟიმები.....   | 92         |
| 4.2.1. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობით და შემოდგომის წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით (მე-6 ტიპი).....                          | 92         |
| 4.2.2. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით და ტბებიდან და გრუნტის წყლებით და წყაროებიდან (მე-7 ტიპი).....                            | 96         |
| 4.2.3. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით (მე-8 ტიპი).....  | 98         |
| <b>თავი 5. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის რაოდენობრივი შეფასება სხვადასხვა ფაქტორის გათვალისწინებით.....</b>                            | <b>102</b> |
| 5.1. ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედების ასპექტები.....   | 102        |
| 5.2. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება განსხვავებული ჰიდროგრაფის მქონე მდინარეებისათვის.....                                      | 106        |
| 5.3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის საფუძვლები ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის.....                                       | 108        |
| 5.4. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის.....   | 110        |
| 5.5. დასაპროექტებელი ჰიდროელექტროსადგურებიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების წყლის ხარჯის შეფასება.....                                 | 121        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| დასკვნა.....                 | 125 |
| გამოყენებული ლიტერატურა..... | 127 |

## ცხრილების ნუსხა

83

|   |    |
|---|----|
| ცხრილი 1. მდ. დუნაის აუზის წყლის რაიონის დახასიათება და კლასები..                                   | 29 |
| ცხრილი 2. კოეფიციენტი $f$ - დაბრუნებადი წყალაღების შემთხვევაში.....                                 | 30 |
| ცხრილი 3. $f$ ფაქტორის მნიშვნელობები არადაბრუნებადი წყალაღებისას. ....                              | 30 |
| ცხრილი 4. წყალმცირობისა და წყალდიდობის პერიოდები სლოვენის მეთოდოლოგიის მიხედვით.....                | 31 |
| ცხრილი 5. თევზების მიერ გადაღებული ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეები.....                                | 67 |
| ცხრილი 6. გარემოს დაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობა %-ში.....  | 73 |
| ცხრილი 7. მდ. მესტიაჭალას და მდ. ნაკრას საზრდობის წილი %-ში.....                                    | 80 |
| ცხრილი 8. მდ. ენგურისათვის საზრდობის წყაროების წილი %-ში.....                                       | 80 |
| ცხრილი 9. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ცხენისწყლისათვის (ჰ/ს ლუჯი).....            | 82 |
| ცხრილი 10. საზრდობის თითოეული წყაროს წილი %-ში მდ. ნენსკრასთვის (ჰ/ს ლახამი).....                   | 82 |
| ცხრილი 11. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ბზიფისთვის (მდ. რეშავას შესართავამდე)..... | 83 |

|   |    |
|---|----|
| ცხრილი 12. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. რიონისთვის (ჰ/ს ალპანა).....      | 85 |
| ცხრილი 13. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ხუბერი).....     | 85 |
| ცხრილი 14. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ლატა).....       | 86 |
| ცხრილი 15. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ყვირილასთვის (ჰ/ს ზესტაფონი)..... | 88 |
| ცხრილი 16. თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. აჭარისწყლისათვის (ჰ/ს აწჰესი).....           | 89 |
| ცხრილი 17. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ძირულასთვის (ჰ/ს წევა).....       | 89 |
| ცხრილი 18. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. გუმისთასთვის (ჰ/ს აჩაღარა).....   | 91 |
| ცხრილი 19. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ნატანებისთვის (ჰ/ს ნატანები)..... | 91 |
| ცხრილი 20. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ჩაქვისწყალისთვის (ჰ/ს ხალა).....  | 92 |
| ცხრილი 21. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ქობლიანისთვის (ჰ/ს მლაშე).....    | 94 |
| ცხრილი 22. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფოცხოვისთვის (ჰ/ს სხვილისი).....  | 95 |
| ცხრილი 23. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. დებედასთვის (ჰ/ს სადახლო).....    | 95 |
| ცხრილი 24. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. კორხისწყლისთვის (ჰ/ს არაკვა)..... | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| ცხრილი 25. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფარავანისთვის (ჰ/ს ხერთვისი).....                  | 97  |
| ცხრილი 26. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. სამყურისწყალისთვის (ჰ/ს ყადორი).....               | 98  |
| ცხრილი 27. საზრდოობის თითოეული წყაროს წილი %-ში მდ. იორისთვის (ჰ/ს ლელოვანი).....                            | 99  |
| ცხრილი 28. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. არაგვისთვის (ჰ/ს მლეთა).....                       | 100 |
| ცხრილი 29. თევზების მიერ ნაკადის გადასალახი ზღვრული სიჩქარეები მდ. მტკვრის ზაჰესის კვეთზე.....               | 113 |
| ცხრილი 30. წყლის ხარჯებისა და ნაკადის სიჩქარეების დამოკიდებულება.....  | 114 |
| ცხრილი 31. წყლის ქიმიური კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები....   | 118 |
| ცხრილი 32. სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p, %$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდისათვის..... | 120 |
| ცხრილი 33. სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p %$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზამთრის პერიოდისათვის.....            | 120 |
| ცხრილი 34. მდ. მაჭახლისწყლის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%.....  | 122 |
| ცხრილი 35. თევზების მიერ ნაკადის გადასალახი ზღვრული სიჩქარეები მდ. მაჭახლისწყლისთვის.....                    | 123 |

## ნახაზების ნუსხა

83

|   |    |
|---|----|
| ნახ. 1. მდ. ნაკრას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ნაკი).....                     | 79 |
| ნახ. 2. მდ. მესტიაჭალას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მესტია).....              | 80 |
| ნახ. 3. მდ. ენგურის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს იფარი).....                   | 80 |
| ნახ. 4. მდ. ცხენისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლუჯი).....                | 81 |
| ნახ. 5. მდ. ნენსკრას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლახამის კვეთი).....          | 82 |
| ნახ. 6. მდ. ბზიფის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მდ. რეშავას შესართავამდე)..... | 83 |
| ნახ. 7. მდ. რიონის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ალპანას კვეთი).....            | 84 |
| ნახ. 8. მდ. ენგურის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხუბერის კვეთი).....           | 85 |
| ნახ. 9. მდ. კოდორის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლატას კვეთი).....             | 86 |
| ნახ. 10. მდ. ყვირილას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ზესტაფონის კვეთი).....      | 87 |
| ნახ. 11. მდ. აჭარისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს აწჰესის კვეთი).....      | 88 |
| ნახ. 12. მდ. ძირულას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს წევის კვეთი).....            | 89 |
| ნახ. 13. მდ. გუმისთას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს აჩადარას კვეთი).....        | 90 |
| ნახ. 14. მდ. ნატანების ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ნატანების კვეთი).....      | 91 |
| ნახ. 15. მდ. ჩაქვისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხალას კვეთი).....        | 92 |
| ნახ. 16. მდ. ქობლიანის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მლაშეს კვეთი).....         | 94 |
| ნახ. 17. მდ. ფოცხოვის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს სხვილისის კვეთი).....       | 94 |
| ნახ. 18. მდ. დებედას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს სადახლოს კვეთი).....         | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| ნახ. 19. მდ. კორხისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს არაკვას კვეთი).....  | 96  |
| ნახ. 20. მდ. ფარავანის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხერთვისის კვეთი).....  | 97  |
| ნახ. 21. მდ. სამყურისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ყადორის კვეთი).....  | 98  |
| ნახ. 22. მდ. იორის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლელოვანის კვეთი).....  | 99  |
| ნახ. 23. მდ. არაგვის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მლეთას კვეთი).....   | 100 |
| ნახ. 24. მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის<br>ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ზაჰესის კვეთი).....                             | 111 |
| ნახ. 25. სამეურნეო მიზნით შესაძლო გამოსაყენებელი მდ. მტკვრის<br>წყლის ხარჯის ჰიდროგრაფი.....                              | 112 |
| ნახ. 26. დამოკიდებულება $Q = f(v)$ .....  | 115 |
| ნახ. 27. მდ. მტკვრის საკვლევ მონაკვეთზე წყლის სინჯების აღების<br>კვეთები.....   | 116 |
| ნახ. 28. ზაჰესის წყალმიმღების გასწორში დაკვირვებებით მიღებული<br>მდ. მტკვრის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯები..... | 120 |
| ნახ. 29. მდ. მაჭახლისწყლის ჰიდროგრაფი (კვეთი $\nabla$ 328 მ).....   | 123 |
| ნახ. 30. დამოკიდებულება $Q = f(v)$ .....  | 123 |



## შესავალი

**თემის აქტუალურობა.** საქართველოს ბუნებრივი სიმდიდრის — წყლის მარაგის მოხმარება სამეურნეო საქმიანობისათვის ტექნიკური პროგრესის განვითარებასთან ერთად განუხრელად იზრდება, რაც გარკვეულწილად აისახება გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ბუნებრივია, რომ საქართველოს მდიდარი ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ათვისებისას უნდა იყოს გათვალისწინებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნები.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში დღესდღეობით ჰიდროკვანძების წყალშემზღვევით ნაგებობებიდან ეკოლოგიური მიზნით გადინებული წყლის ხარჯების ნორმატიული სიდიდეების განმსაზღვრელი საკანონმდებლო ბაზისა და შესაბამისი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციის არ არსებობის გამო, წყლის რესურსების დაცვისა და მათი რაციონალური გამოყენების თვალსაზრისით სერიოზული წინააღმდეგობები იქმნება ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემების ერთობლივი გადაწყვეტის პროცესში, რაც ხელოვნურ ბარიერს უქმნის ქვეყნისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი სფეროს — ჰიდროენერგეტიკის დარგის განვითარებას. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე არსებითად განაპირობებს ენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოყენებული მდინარის ჩამონადენის რაოდენობას, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს ჰესის სიმძლავრეს, გამომუშავებას და მის სხვა ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რაც საბოლოო ჯამში მისი განხორციელების ეკონომიკური მიზანშეწონილობის დადგენის საფუძველია. აღნიშნული სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის პრობლემის

გადაწყვეტა მოითხოვს მის სამეცნიერო უზრუნველყოფას შესაბამისი კვლევების საფუძველზე, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების ისეთი სიდიდის დადგენა, რაც მისაღები იქნება ერთობლივად ენერგო-ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით.

ზემოთ მოყვანილზე დაყრდნობით, შეიძლება ითქვას, რომ ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გადინებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა აქტუალური საკითხია.

**მეცნიერული სიახლე.** წინამდებარე ნაშრომში პირველად არის შემოთავაზებული მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად—ჰესის სადერივაციო უბნის შესაბამისი მდინარის მონაკვეთის სიგრძის, ბუნებრივ-კლიმატური ზონის, ადგილობრივი ლანდშაფტის პირობების, მდინარეში ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების, დასახლებული პუნქტების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, აგრეთვე წყალშემზღუდავი ნაგებობის ქვედა ბიეფში წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა ობიექტების (წყალმომარაგება, მელიორაცია და სხვ.) არსებობის გათვალისწინებით. ამასთან, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების განსაზღვრის საკითხი განხილულია კომპლექსურად — თითოეული ობიექტის ენერგეტიკული მიზანშეწონილობისა და ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.

**სამუშაოს მიზანი.** სამუშაოს მიზანია მდინარის ჩამონადენის იმ ნაწილის დადგენის თეორიული ასპექტების და მეთოდოლოგიის შემუშავება, რომელიც გატარდება წყალშემზღუდავი ნაგებობების ქვედა ბიეფის კალაპოტში გარემოსდაცვითი მიზნებისათვის. წყლის ხარჯის განსაზღვრის საკითხის კომპლექსური შესწავლა ისე, რომ, ერთი მხრივ, მაქსიმალურად გამოყენებული იქნეს მდინარის მოცემულ გასწორში მთლიანი ენერგეტიკული რესურსი, და, მეორე მხრივ, დაცული იყოს ძირითადი ბუნებრივი პირობები. ასეთი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს,

რომ ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედება იქნეს მინიმუმის, ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** განხილულია საქართველოს განსხვავებულ ბუნებრივ-კლიმატურ ზონებში მდებარე მდინარეთა გასწორები, რომლებშიც თითოეული მდინარისათვის დამახასიათებელია საზრდოობის სპეციფიკური ტიპი, წყლიანობის რეჟიმი, წყალშემკრები აუზის ფართობი, წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე, საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი. ეს უკანასკნელი დადგენილია წყლის საშუალო წლიური ხარჯების წარმომადგენლობითი (რეპრეზენტატიული) რიგის მიხედვით.

კონკრეტული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს მისი განსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორების შესწავლა, როგორცაა: წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის მონაკვეთის უბნის ზონაში წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა მოთხოვნა სასმელ და სარწყავ წყალზე, მითითებულ არეალში მდინარის ბუნებრივი წყალდენის რეჟიმის ცვლილების გავლენა მცენარეულ საფარზე და ცხოველთა სამყაროზე, იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, ჩამდინარე წყლების გავლენა წყალსადინარის ეკოლოგიურ (დაბინძურების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებაზე) მდგომარეობაზე. ამასთან, გარემოსდაცვით წყლის ხარჯის განსაზღვრა გათვალისწინებულია ექსპლუატაციაში მყოფი და ასაშენებელი ჰესებისთვის დიფერენცირებულად.

**კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო.** მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპისთვის დამახასიათებელი, მათი განსხვავებული წყლიანობის რეჟიმების ამსახველი ჰიდროგრაფებისა და წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის მონაკვეთის უბნის ზონაში სამეურნეო საქმიანობისა და ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის აუცილებელი წყალმოთხოვნილების

ანალიზით დადგენილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე. აღნიშნულის პრაქტიკული რეალიზაცია საშუალებას მოგვცემს დაცული იყოს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობა ყველა გარემოსდაცვითი ფაქტორისა და ჰესის ეფექტური ფუნქციონირების პირობების ერთობლივი თანაბარი ხარისხით გათვალისწინებით. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა ხელს შეუწყობს ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენას.

**ნაშრომის აპრობაცია.** ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოსმენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვისას. ასევე, სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე — ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია, თბილისი 2017 წელი. 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“. აგრეთვე, 2021 წლის 9 ივნისს III საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატია, სადისერტაციო საბჭოს მიერ რეკომენდებულ გამოცემებში.

## თავი 1. საქართველოში და სხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯების სიდიდეები

საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის წყალს განსაკუთრებული ადგილი უკავია. იგი თანაბრად აუცილებელია, როგორც ადამიანის სასიცოცხლო მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად, ასევე მისი სამეურნეო საქმიანობისათვის. სამეურნეო საქმიანობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სფეროა წყლის რესურსების ენერგეტიკული მიზნით ათვისება – ჰიდროენერგეტიკა, რომელიც მოიაზრება ქვეყნის ეკონომიკის საბაზო დარგად და მისი განვითარება არსებითად ხელს უწყობს სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის სექტორების წინსვლას. ჰიდროენერგია უმნიშვნელოვანესი განახლებადი ენერგორესურსია, მაგრამ იგი ადგილობრივი ეკოლოგიური ზემოქმედებების რისკებს ქმნის.

საქართველოს მცირე მიწიანობისა და ბუნებრივი რელიეფის ტოპოგრაფიული თავისებურებების გათვალისწინებით ენერგეტიკულად ათვისებისათვის ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილია მდინარეთა სამთო და მთისწინა უბნების გამოყენება, რომელთა ენერგეტიკული ათვისება უპირატესად სადერივაციო ან შერეული სქემით უნდა განხორციელდეს. ამ პირობებში გარდაუვალია ჰესის სადერივაციო უბნის სიგრძის შესაბამის მდინარის მონაკვეთზე ჩამონადენის შემცირება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინება მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკული რესურსების უტილიზაციის პროცესში.

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ეკოლოგიური წყალგაშვებების აუცილებლობა ამცირებს მოცემულ წყალაღების გასწორში მდინარის ფაქტობრივ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, ანუ ჰიდრო-ელექტროსადგურის ენერგო-ეკონომიკურ მახასიათებლებს. თანამედროვე ეტაპზე, შექმნილია ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრის საჭიროება, რაც ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების შედარებითი ეკოლოგიური ეფექტურობის დადგენას. ცხადია, რომ ჰესების აგება უნდა მოხდეს მათი გარემოზე ზემოქმედების ყველა ფაქტორის დაწვრილებით, ობიექტური ანალიზისა და შეფასების შემდეგ.

უნდა ითქვას, რომ საქართველოში ამჟამად არ არის შემუშავებული საკანონმდებლო რეგულაციები ჰიდროკვანძების წყალაღების გასწორიდან ქვედა ბიეფში აუცილებლად მისაწოდებელი წყლის ხარჯების განსაზღვრის შესახებ. გამკაცრებული ეკოლოგიური მოთხოვნებისა და მოსახლეობის ნაწილის ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების მშენებლობისადმი უარყოფითი დამოკიდებულების ფონზე მნიშვნელოვანი დაბრკოლებები ექმნება ახალი ჰესების მშენებლობის განხორციელებას. აღნიშნული არსებითად ამცირებს ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტემპს, ხელოვნურად ზრდის ელექტროენერჯის დეფიციტს და უარყოფითად აისახება ქვეყნის ეკონომიკაზე. მნიშვნელოვანია იმ ზღვრული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა, სამდინარო ქსელის თავისებურების გათვალისწინებით, რაც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ ენერგეტიკულ ეფექტს მდინარის მონაკვეთის პოტენციალის ათვისებით.

საქართველოს წყალენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენება მოიაზრება, ეკოლოგიური მოთხოვნების შესაძლო სრულად დაკმაყოფილებისა და ჰიდროენერგეტიკის რაციონალურად განვითარების პირობებში.

საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდედ მიღება წყალმიმღები ნაგებობის

კვეთში მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რომელიც არ არის განსაზღვრული ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტების შესაბამისად [1].

აქვე უნდა ითქვას, რომ მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში დადგენილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების მნიშვნელობები. რუმინეთში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენისას [2] ითვალისწინებენ მდინარის კალაპოტის ფორმას, ნაკადის სიჩქარეს, თევზების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის აუცილებელ წყლის ხარჯის თანაზომადობას მდინარის მინიმალურ ხარჯთან. რუმინეთის მთელი ტერიტორიისათვის მოყვანილი ფაქტორების ერთობლივი გათვალისწინება ზოგადი მათემატიკური დამოკიდებულების შემუშავებით და მისი რეალიზაცია რთული აღმოჩნდა, ამიტომ რუმინეთის ყველა მდინარისათვის ეკოლოგიური წყლის ხარჯი მიღებულია 95%-იანი უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯის ტოლი. მიუხედავად აღნიშნულისა, რუმინეთში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის ერთიანი, კანონით განსაზღვრული, ნორმა არ არსებობს და პრაქტიკულად გამოიყენება სამი სხვადასხვა მიდგომა. პირველი მათგანის მიხედვით მინიმალურ ეკოლოგიურ წყლის ხარჯად ითვლება 95%-იანი უზრუნველყოფის წლიურ მინიმალურ საშუალო თვიურ ხარჯს და მრავალწლიური საშუალო წყლის ხარჯის 10%-ს შორის უმცირესი.

მეორე მიდგომა, რომლითაც სარგებლობენ ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის კანონით დადგენილი ნორმის არქონის პირობებში, გამოიყენება იმ მდინარეების აუზებისთვის, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობი ნაკლებია 3000 კმ<sup>2</sup>-ზე:

$$Q_{\text{გარემოსდაცვითი}} = Q_{95\%} + 0,1(\text{მ}^3 / \text{წმ}) , \text{ როცა } Q_{95\%} \geq 200(\text{ლ} / \text{წმ}) \quad (1)$$

ან

$$Q_{\text{გარემოსდაცვითი}} = 1,25Q_{95\%} + 0,05(\text{მ}^3 / \text{წმ}) , \text{ როცა } Q_{95\%} < 200(\text{ლ} / \text{წმ}) \quad (2)$$

ეს მეთოდი ითვალისწინებს მდინარის წყლის სიღრმეს და სიჩქარეს, რომელიც საჭიროა არსებული იხტიოფაუნის შენარჩუნებისთვის. მეთოდის საფუძველზე გამოითვლება განივი კვეთის ფართობი და წყლის ხარჯი (რომელიც წარმოადგენს გარემოსდაცვით წყლის ხარჯს). შემდეგ განისაზღვრება ეკოლოგიური ხარჯის ურთიერთკავშირი დამახასიათებელ მოდინებასთან ( $Q_{95\%}$ ), რის საფუძველზეც შედგენილია ზემოთ მოცემული ფორმულები. შესაბამისად, ეს მეთოდი შეიძლება გარემოსდაცვით მეთოდად ჩაითვალოს.

მესამე მეთოდი შემუშავებულია რუმინეთის ჰიდროლოგიისა და წყლის მენეჯმენტის ეროვნული ინსტიტუტის მიერ, რომლის შესაბამისად გარემოსდაცვით ხარჯად მიღებულ იქნა საშუალო დღეღამური მოდინების უზრუნველყოფის მრუდის საშუალო დღეღამური მოდინების მაჩვენებელი, რომელიც შეესაბამება 95%-იან ( $Q_{95\%}$ ) ალბათობას. ხსენებული მინიმალური მოდინება საჭიროა არსებული ეკოსისტემების საცხოვრებელი პირობების დაცვისათვის. შემუშავებულია ინსტრუქციები ეკოლოგიური წყლის ხარჯების გამოსათვლელად. ამჟამად ისინი გამოიყენება რუმინეთის ერთ-ერთი ადმინისტრაციული რაიონის 11 მდინარის აუზისთვის.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა იტალიაში [2] ძირითადად ხორციელდება მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობის პროპორციული საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების მონაცემებზე დაყრდნობით:

$$Q_{\text{გარემოსდაცვითი}} = Q_{\text{საშ. წლ.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (\text{ლ/წმ}) \quad (3)$$

სადაც  $Q_{\text{საშ. წლ.}}$  არის საშუალო მრავალწლიური წლიური წყლის ხარჯი, რომელიც საზოგადოდ საანგარიშო კვეთში მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობის პროპორციულია;

$K_1, \dots, K_n$  არის ეკოლოგიური შემასწორებელი კოეფიციენტები, რომლებიც გამოითვლება ეკოლოგიურ მოსაზრებებზე ან წყლის ობიექტების ეკოლოგიურ მოთხოვნებზე დაყრდნობით.



იტალიის კანონმდებლობის თანახმად, წყლის დაცვის რეგიონული გეგმები (შედგენილია 21 რეგიონისათვის) შეიცავს ობიექტისთვის დამახასიათებელი სპეციფიკური პარამეტრების გამოთვლის წესებს. მაგ., მდინარე პიავის აუზისთვის გამოყენებულ იქნა განტოლების (3) დაკონკრეტებული ვარიანტი:

$$Q_{\text{გარემოსდაცვითი}} = 177 \cdot (k_{\text{ბიოლოგ.}} + k_{\text{ბუნებრ.}}) \cdot S^{0,85} \cdot q_m \cdot 10^{-6} \quad , \text{ მ}^3/\text{წმ} \quad (4)$$

სადაც  $k_{\text{ბიოლოგ.}}$  არის ბიოლოგიური მაჩვენებელი. იგი ინტეგრალური პარამეტრია — აკორექტირებს გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდეს ეკოსისტემის მოთხოვნების შესაბამისად და წარმოადგენს სამი ქვემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლის შეჯამებას:

$k_{\text{ფსკერ.}}$  ითვალისწინებს ფსკერული ცოცხალი ორგანიზმების გავრცელების ზონის მიხედვით დადგენილი ეკოლოგიური ხარისხის ხუთ ჯუფს.

$$k_{\text{ფსკერ.}} = 0,2 \div 1;$$

$k_{\text{ისტოლოგ.}}$  არის ისტოლოგიური მაჩვენებელი, რომლითაც მხედველობაშია მიღებული მდინარეში არსებული თევზის სხვადასხვა სახეობა და შეფასებულია მათი სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნების პირობები. ამ კოეფიციენტით ხდება გაშვებული წყლის რაოდენობის ცვლილება თევზის კონკრეტული სახეობისათვის საჭიროების მიხედვით. იგი ნულის ტოლია, თუ თევზი მოცემულ ადგილას ბუნებრივად არ არსებობს;

$k_{\text{მორფოლ.}}$  გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შემასწორებელი კოეფიციენტი მდინარის კალაპოტის ფორმის და შედგენილობის მიხედვით. მისი სიდიდე დამოკიდებულია კალაპოტის გრუნტების გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე და, ახასიათებს კალაპოტის წარეცხვადობის პირობებს.

$$k_{\text{მორფოლ.}} = 0 \text{ მდინარის კალაპოტის ბეტონით მოპირკეთების შემთხვევაში};$$

$k_{\text{ბუნებრ.}}$  არის ბუნებრიობის მაჩვენებელი, რომელიც ზრდის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეს კონკრეტული წყალაღების კვეთის ბუნებრივი პირობების შესაბამისად;

S არის მოცემულ კვეთში მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი, კმ<sup>2</sup>;

$q_M$  — ჩამონადენის მოდული მოცემული წყალშემკრები აუზისათვის, ლ/წმ/კმ<sup>2</sup>.

ჩამოთვლილი კოეფიციენტები განსაზღვრულია მდინარის წყლიანობის მსგავსი პერიოდებისათვის, ამასთან ისინი განსხვავდებიან სეზონების მიხედვით. როგორც ზემოთ იყო მითითებული, ბიოლოგიური მაჩვენებელი  $k_{\text{ბიოლოგ.}}$  და ბუნებრიობის მაჩვენებელი  $k_{\text{ბუნებ.}}$  შესაბამისად ზრდის გარემოსდაცვით ხარჯს. უნდა აღინიშნოს, რომ იტალიის წყლის რესურსების მმართველი ორგანოს გადაწყვეტილებით, მდინარის წყალმცირობის პერიოდებში (ივნისი-აგვისტო და დეკემბერი - თებერვალი) გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა შემცირდეს და არ უნდა იყოს მდინარის მინიმალურ წყლის ხარჯზე მეტი. ამ შეზღუდვაში აისახება მდინარის მოდინების ბუნებრივი ცვალებადობა.

შესაბამისად, გაანგარიშება განხორციელდება გამოსახულების (4) ტრანსფორმაციით მცირე წყლიანი პერიოდებისათვის შემდეგი ფორმულით:

$$Q_{\text{გარემოსდაცვითი}} = 177 \cdot S^{0.85} \cdot q_M \cdot 10^{-6} \text{ , მ}^3/\text{წმ} \quad (5)$$

სადაც  $S$  არის მდინარის წყალშემკრები ფართობი, კმ<sup>2</sup>;

$q_M$  — ჩამონადენის მოდული მოცემული წყალშემკრები აუზისათვის, ლ/წმ/კმ<sup>2</sup>.

ავსტრიის რეგულაციები [2] ეფუძნება განსაზღვრებას საუკეთესო და კარგი ჰიდრომორფოლოგიური პირობების შესახებ. მდინარის საკვლევ კვეთში საუკეთესო გარემოსდაცვითი მდგომარეობის არსებობა ნიშნავს „ზღვრულ“ ეკოლოგიურ მახასიათებლებთან შესაბამისობას, ხოლო ხარისხის მოთხოვნები „კარგი“ ჰიდრომორფოლოგიური პირობებისთვის აისახება „წამყვან“ ეკოლოგიურ მახასიათებლებში. ამ მახასიათებლების არსებობის შემთხვევაში მდინარეში არსებული გარემოსდაცვითი პირობების კლასიფიკაცია შეიძლება შეფასდეს როგორც „კარგი“.

კარგი გარემოსდაცვითი მდგომარეობა ავსტრიის ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტებში განმარტებულია, როგორც მდინარის

საზრდობის ყველა სახეობის მიერ უზრუნველყოფილი მდინარის ის მინიმალური ჩამონადენი, რომელიც შექმნის გარანტირებულ პირობებს მდინარის ბიოლოგიური ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის.

ავსტრიაში მიღებული კრიტერიუმების მიხედვით ზემოთ მოყვანილი გულისხმობს, რომ წყლის ასეთი მინიმალური მოდინება პერმანენტულად არსებობს მდინარის კალაპოტში, კერძოდ:

ა)  $1 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ზე მეტი ბუნებრივი საშუალო წლიური წყლის ხარჯის პირობებში, როცა მდინარის ყველაზე დაბალი დღეღამური მინიმალური წყლის ხარჯი ნაკლებია ვიდრე წლიური ბუნებრივი მინიმალური წყლის ხარჯის მესამედი, მაშინ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა შეადგენდეს ბუნებრივი წლიური საშუალო წყლის ხარჯის ერთ მესამედს.

ბ) მდინარეებში, სადაც ბუნებრივი საშუალო წლიური წყლის ხარჯი ნაკლებია  $1 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ზე და მინიმალური დღეღამური ბუნებრივი წყლის ხარჯი ნაკლებია წლიური ბუნებრივი წყლის ხარჯის საშუალო მინიმუმზე, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი წარმოადგენს წლიური ბუნებრივი წყლის ხარჯის საშუალო მინიმუმს. ამასთან უზრუნველყოფილია მდინარის კალაპოტში წყლის მინიმალური სიღრმისა და დინების სიჩქარის აუცილებელი მნიშვნელობები. დიდი მდინარეებისათვის ეკოლოგიური წყალგაშვების ხარჯის სამეურნეო წილი ცალკე უნდა შეფასდეს. მდინარის საშუალო სიჩქარის  $0,3 \text{ მ}/\text{წმ}$ -ით (საშუალო ხარჯისთვის) შემცირება ანთროპოგენული ზემოქმედებით მხოლოდ დროებითი ხასიათისაა და მოკლე პერიოდებით ხასიათდება. ასეთ პირობებში ანთროპოგენური ბარიერები თევზიან მდინარეებში დამლევადია მთელი წლის განმავლობაში და მათი არსებობის პირობები უმნიშვნელოდ იცვლება.

სლოვენიაში კონკრეტული წყალსამეურნეო, მათ შორის ენერგეტიკული, ობიექტებისათვის არასაკმარისი ჰიდროლოგიური მონაცემების არსებობის პირობებში გარემოსდაცვითი ხარჯის [2] შეფასების მიზნით შეირჩა ე. წ. „სწრაფი შეფასების მეთოდი“, რომელიც ეყრდნობოდა

როგორც არსებული ძირითადი ჰიდროლოგიური მონაცემების, ასევე ობიექტის შესახებ ინფორმაციას, მათ შორის ცოცხალი ორგანიზმების საცხოვრებელი არეალის, ეკოლოგიური და მორფოლოგიური ინფორმაციის გამოყენებას.

მითითებული ხერხის გამოყენებით გამოთვლილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ( $Q_{\text{გარემოსდაცვ.}}$ ) ჰიდროლოგიური ელემენტების საფუძველზე შემდეგი ფორმულის გამოყენებით:

$$Q_{\text{გარემოსდაცვ.}} = f * Q_{\text{საშპონ.}} \quad (6)$$

სადაც  $f$  არის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია:

წყალაღების ტიპზე (იმისდა მიხედვით ჩამონადენი ბრუნდება მდინარეში თუ არა. ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ჩამონადენი ყოველთვის ბრუნდება მდინარეში, გარდა იმ შემთხვევისა, როცა ადგილი აქვს ერთი მდინარის მეორეში გადაგდებას), დაბრუნებადი წყალაღების სიგრძეზე (წერტილოვანი, მოკლე ან გრძელი), მდინარეების ეკოლოგიური ტიპების ჯგუფზე; საშუალო წყლის ხარჯს ( $Q_{\text{საშ.}}$ ) და საშუალო მინიმალურ ხარჯს ( $Q_{\text{საშპონ.}}$ ) შორის შეფარდების მაჩვენებელზე ( $Q_{\text{საშ.}} / Q_{\text{საშპონ.}}$ ), წყალაღების რაოდენობაზე წყლის საშუალო ხარჯთან შედარებით.

$Q_{\text{საშპონ.}}$  არის საშუალო მინიმალური წყლის ხარჯი, რომელიც წარმოადგენს წყლის ყველაზე დაბალი საშუალო დღეღამური ხარჯების ( $Q_{\text{მინ.}}$ ) საშუალო არითმეტიკულს გრძელვადიანი (სულ მცირე  $N=30$  წელი) დაკვირვების პერიოდისათვის:

$$Q_{\text{საშპონ.}} = \sum_{i=1}^N Q_{\text{მინ.},i} \quad (7)$$

სადაც  $Q_{\text{საშპონ.}}$  არის საშუალო მინიმალური წყლის ხარჯი;

$Q_{\text{მინ.},i}$  - მინიმალური საშუალო დღეღამური წყლის ხარჯი 'i'-ური კალენდარული წლისთვის;

$N$  - დაკვირვების პერიოდის ხანგრძლივობა.

განტოლებები (6) და (7) მიღებულ იქნა წინა წლის ეკოლოგიური ხარჯების მონაცემების შეფარდებით წყალაღების ობიექტზე მინიმალური წყლის ხარჯების საშუალო სიდიდეებთან.

სლოვენიაში შემუშავებულია მონაცემები მდინარეების ეკოლოგიური ტიპების და წყალშემკრების აუზის ფართობის ზომების შესახებ. ჰიდროეკორეგიონები) წარმოადგენს ეკოლოგიური დარაიონების სისტემას ეკორეგიონების საზღვრების და ზედაპირული წყლების ისეთი აუცილებელი პარამეტრების გამოყენებით, როგორცაა მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე, წყალშემკრები აუზის ფართობი და მდინარის აუზის გეოლოგიური აგებულება [2]. მაგალითის სახით მოგვყავს მდ. დუნაის აუზის წყლის რაიონის დახასიათება და კლასები შემუშავებული სლოვენის გარემოს დაცვის და სივრცობრივი დაგეგმარების სამინისტროს მიერ (ცხრილი 1) [2].

**ცხრილი 1. მდ. დუნაის აუზის წყლის რაიონის დახასიათება და კლასები**

|                                       |                  |  |
|---------------------------------------|------------------|--|
| ჰიდროეკორეგიონი                       | 1 <sup>(1)</sup> | მდინარე პოს დაბლობი (იტალია)                               |
|                                       | 2 <sup>(1)</sup> | ალპები   |
|                                       | 3                | დინარიდსი (დას. ბალკანები)                                 |
|                                       | 4                | პანონიის დაბლობი (უნგრეთის დაბლობი)                        |
| წყალშემკრები აუზის ფართობი            | M                | 10 კმ <sup>2</sup>   |
|                                       | SM               | 10-დან 100-მდე   |
|                                       | S                | 100-1000 კმ <sup>2</sup>                                   |
|                                       | SV               | 1000-10000 კმ <sup>2</sup>                                 |
|                                       | V                | 10000 კმ <sup>2</sup> და მეტი                              |
| წყალშემკრების აუზის ძირითადი გეოლოგია | A                | კირქვა (კარბონატები)                                       |
|                                       | S                | სილიკატები   |
|                                       | F                | ფლიში (ზღვიური თხელშრეებრივი დანალექი ქანების სქელი წყება) |

ცხრილში 2 [2] მოცემულია კოეფიციენტი  $f$  - დაბრუნებადი წყალაღების შემთხვევაში. პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს წყალშემკრები ფაქტორი და ეკოლოგიური ჯგუფის ტიპი ცხრილი 1-ის მიხედვით.

წერტილოვანი წყალაღება ნიშნავს იმას, რომ ჰესის შენობა კალაპოტური ან კაშხალთან მდებარეა, ხოლო მოკლე წყალაღების შემთხვევაში დერივაციის სიგრძე ნაკლებია ან ტოლია 10 მ ( ნაკლებია ან

ტოლი 500 მ-ის იმ შემთხვევაში, თუ წყალშემკრები აუზის ფართობი წყალაღების გასწორში 100 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტია), გრძელი წყალაღება ნიშნავს იმას, რომ დერივაცია მეტია ან ტოლია 100 მ-ისა (ან 500 მ-ისა თუ წყალშემკრები ფართობი წყალაღების გასწორში 100 კმ<sup>2</sup>-ს აჭარბებს). გრძელი წყალაღებისთვის  $f$  ფაქტორი დამოკიდებულია წლის პერიოდზე [2].

**ცხრილი 2. კოეფიციენტი  $f$  - დაბრუნებადი წყალაღების შემთხვევაში**

| ეკოლოგიური ჯგუფის ტიპი   | მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი |                        |                          |  |  |
|--|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|--|--|
|  | <10 კმ <sup>2</sup>                 | 10-100 კმ <sup>2</sup> | 100-1000 კმ <sup>2</sup> | 1000-2500 კმ <sup>2</sup><br>და<br>$Q_{საშ.} < 50$<br>მ <sup>3</sup> /წმ | >2500 კმ <sup>2</sup><br>ან<br>$Q_{საშ.} > 50$<br>მ <sup>3</sup> /წმ |
| <b>წერტილოვანი წყალაღება</b>   |                                     |                        |                          |  |  |
| 1 <sup>(1)</sup>   | 0,7                                 | 0,7                    | 0,5                      | 0,4  |  |
| 2 <sup>(1)</sup>   | 0,7                                 | 0,5                    | 0,4                      | 0,4  |  |
| 3  | 0,5                                 | 0,4                    | 0,3                      |  |  |
| 4  |                                     |                        |                          |  | 0,3  |
| <b>მოკლევადიანი წყალაღება მთელი წლის განმავლობაში ან გრძელვადიანი წყალაღება მხოლოდ წლის მშრალ პერიოდებში</b> |                                     |                        |                          |  |  |
| 1 <sup>(1)</sup>   | 1,2                                 | 1,2                    | 1,0                      | 0,8  |  |
| 2 <sup>(1)</sup>   | 1,2                                 | 1,0                    | 0,8                      | 0,8  |  |
| 3 <sup>(1)</sup>   | 1,0                                 | 0,8                    | 0,7                      |  |  |

ფაქტორი  $f$  მრავლდება 1,6-ზე თუ  $Q_{საშ.}$  -სა და  $Q_{საშ.მინ.}$  -ს შორის შეფარდება წყალაღების ადგილზე მეტია 20-ზე.

ცხრილში 3 მოცემულია  $f$  ფაქტორის მნიშვნელობები არადაბრუნებადი წყალაღების შემთხვევაში [2].

**ცხრილი 3.  $f$  ფაქტორის მნიშვნელობები არადაბრუნებადი წყალაღებისას**

| ეკოლოგიური ჯგუფის ტიპი   | მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი |                        |                          |  |  |
|--|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|--|--|
|  | <10 კმ <sup>2</sup>                 | 10-100 კმ <sup>2</sup> | 100-1000 კმ <sup>2</sup> | 1000-2500 კმ <sup>2</sup><br>და<br>$Q_{საშ.} < 50$<br>მ <sup>3</sup> /წმ | >2500 კმ <sup>2</sup><br>ან<br>$Q_{საშ.} > 50$<br>მ <sup>3</sup> /წმ |
| <b>მცირე წყალაღება მთელი წლის განმავლობაში ან დიდი წყალაღება წყალმცირობის პერიოდის დროს თუ <math>Q_{წყალაღება} \leq Q_{საშუალო}</math></b> |                                     |                        |                          |  |  |
| 1 <sup>(2)</sup>   | 2,0                                 | 2,0                    | 1,5                      | 1,2  |  |
| 2 <sup>(2)</sup>   | 2,0                                 | 1,5                    | 1,2                      | 1,2  |  |
| 3  | 1,5                                 | 1,2                    | 1,0                      |  |  |
| 4  |                                     |                        |                          |  | 1,0  |
| <b>დიდი წყალაღება წყალუხვობის პერიოდების</b>   |                                     |                        |                          |  |  |

| დროს თუ $Q_{\text{წყალდება}} > Q_{\text{საშუალო}}$ |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 <sup>(2)</sup>                                   | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 2,4 |     |
| 2 <sup>(2)</sup>                                   | 4,0 | 3,0 | 2,4 | 2,4 |     |
| 3  | 3,0 | 2,4 | 2,4 |     |     |
| 4  |     |     |     |     | 2,0 |

ცხრილში 4 წარმოდგენილია წყალმცრობისა და წყალდიდობის პერიოდები სლოვენის მეთოდოლოგიის მიხედვით [2].

**ცხრილი 4. წყალმცრობისა და წყალდიდობის პერიოდები სლოვენის მეთოდოლოგიის მიხედვით**

| ეკოლოგიური ჯგუფის ტიპი | იანვარი   | თებერვალი | მარტი    | აპრილი   | მაისი    | ივნისი    | ივლისი    | აგვისტო   | სექტემბერი | ოქტომბერი | ნოემბერი | დეკემბერი |
|------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
| 1                      | წყალმცირე | წყალმცირე | წყალუხვი | წყალუხვი | წყალუხვი | წყალმცირე | წყალმცირე | წყალმცირე | წყალმცირე  | წყალმცირე | წყალუხვი | წყალმცირე |
| 2, 3, 4                | წყალუხვი  | წყალუხვი  | წყალუხვი | წყალუხვი | წყალუხვი | წყალმცირე | წყალმცირე | წყალმცირე | წყალმცირე  | წყალუხვი  | წყალუხვი | წყალმცირე |

მოყვანილი მეთოდების ურთიერთშედარების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ პირველი და მესამე რუმინული მეთოდებით გათვალისწინებულია მხოლოდ ძირითადი მინიმალური მოთხოვნები წყლის ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების უზრუნველსაყოფად წყალმცრობის დროს. რუმინეთის მეორე მეთოდი უფრო სრულად ითვალისწინებს ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის აუცილებელ პირობების ერთობლიობას, განსაზღვრავს რა გარემოსდაცვით წყლის ხარჯს, მდინარეში წყლის სიღრმეს და ნაკადის სიჩქარეს მდინარის მოცემულ წყალაღების კვეთში.

იტალიური მეთოდი [2] ძირითადად მორგებულია წყალმცრობის პერიოდში ძირითადი ეკოლოგიური მოთხოვნების უზრუნველსაყოფი წყალგაშვების მნიშვნელობაზე.

მინიმალური ეკოლოგიური ხარჯი გამოითვლება ავსტრიული მეთოდით, ამასთან ავსტრიის კანონში აღნიშნულია დამატებითი მახასიათებლები მაგ., წყლის სიჩქარის სახით (ზოგ შემთხვევაში სპეციფიური სიგანე და სიღრმე) მდინარის ბუნებრივი მდგომარეობის (წყლის სიჩქარის, სიღრმისა და სიგანის ცვალებადობის) იმიტაციისათვის. მითითებული დამატებითი ინფორმაციით ოპერირება ართულებს გაანგარიშებებს.

სლოვენის მეთოდი ყველაზე უკეთესად ასახავს მიმდინარე პროცესებს მთლიანობაში, აკავშირებს რა ერთმანეთთან ეკოლოგიურ რეგიონებს, მდინარის წყლიანობის რეჟიმებს, წყალშემკრები აუზის ფართობსა და წყალაღების კვეთის გეოლოგიურ მახასიათებლებს, ამასთან იგი „სწრაფი შეფასების მეთოდი“. სლოვენური მეთოდით გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი წარმოდგენილია არა მხოლოდ როგორც წყალმცირე პერიოდის შესაბამისი მინიმალური წყლის ხარჯის თანაზომადი სიდიდე, არამედ იგი განისაზღვრება როგორც წყლის ხარჯი, რომელიც გარანტირებულად უზრუნველყოფს მდინარის ეკოსისტემის სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებას მდინარის წყლიანობის ცვალებადობის პირობებში. აღნიშნულის მიუხედავად, რთულია მისი სხვა ქვეყანაში გამოყენება, ვინაიდან ამისათვის აუცილებელია შესაბამისი შრომატევადი სამუშაოების შესრულება ჰიდრო-ეკოდარაიონებისა და ცალკეული წყალაღების გასწორების გეოლოგიური დახასიათების განსახორციელებლად.

ზემოთ განხილული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის მეთოდების შედარებამ აჩვენა, რომ:

იტალიური და ავსტრიული მეთოდებით განსაზღვრული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობები გაცილებით ნაკლებია სლოვენურთან და მეორე რუმინულ მეთოდთან შედარებით;



მეორე რუმინული მეთოდის (1) დამოკიდებულებით მიღებული ეკოლოგიური წყლის ხარჯი გაცილებით ნაკლებია სლოვენური და მეორე რუმინული მეთოდის (2) გამოსახულებით განსაზღვრულთან შედარებით;

რუმინული ფორმულა (2)-ის მიხედვით გამოთვლილი ეკოლოგიური წყლის ხარჯის სიდიდეები წყალმცირე და წყალუხვ პერიოდებისათვის ძლიერ განსხვავდება სლოვენური მეთოდით მიღებული შედეგებისაგან.

ჩვენს მიერ [3] შესწავლილი იქნა საბერძნეთში, დიდ ბრიტანეთში, შვეიცარიაში, გერმანიაში, დანიაში, საფრანგეთში, ნორვეგიაში, ესპანეთში, პორტუგალიაში, იტალიაში, ჩეხეთში, რუმინეთში, სლოვენიაში, ბულგარეთში, ლატვიაში, რუსეთში, აშშ-ში, კანადაში, ბრაზილიაში, ჩილეში, ავსტრალიაში და ახალ ზელანდიაში გამოყენებული ეკოლოგიური ხარჯის მნიშვნელობები, რომლის მიხედვით:

საბერძნეთში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის [4] სიდიდედ მიღებულია საშუალო ზაფხულის წყლის ხარჯის 1/3; დიდ ბრიტანეთში და შვეიცარიაში [4], [5], [6] — საშუალო წელიწადის წლის 347-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წყლის ხარჯი; გერმანიაში [4], [6] — მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯი; დანიაში [6] — წლიური ჩამონადენის მინიმალური წყლის ხარჯი; საფრანგეთში [5], [6] — საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 10-25% (მინიმუმ 5 წლიანი პერიოდისათვის) და საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 20%-ს, როცა საშუალო წლიური წყლის ხარჯი მეტია 80 მ<sup>3</sup>/წმ-ზე; ნორვეგიაში [4], [5], [6] — განისაზღვრება ინდივიდუალურ საფუძველზე, მცირე სიმძლავრის ჰესებისათვის მიღებულია საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 10%; ესპანეთში [5], [6] — საშუალო წელიწადის წლის 347-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წყლის ხარჯი, ან აგვისტოს თვის საშუალო ხარჯი, ან საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 10%; პორტუგალიაში [5], [6] — საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 2,5-5,0%; იტალიაში [4], [5], [6] — საშუალო წლიური წყლის ხარჯის 10% , ან წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წყლის ხარჯი 10 წლიანი განმეორადობით, ან

საშუალო წელიწადის წლის 347-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წელის ხარჯი; ავსტრიაში [4], [5], [6] — 1,0 მ<sup>3</sup>/წმ-ზე მეტი წელის ხარჯებისათვის საშუალო წლიური წელის ხარჯის 1/3 და საშუალო წლიური ხარჯის მინიმუმი 1,0 მ<sup>3</sup>/წმ-ზე ნაკლები წელის ხარჯებისათვის; ჩეხეთში [6] — საშუალო წელიწადის წლის 330 ან 355 ან 364-დღიანი უზრუნველყოფის (განმეორებადობის) წელის ხარჯი; ბულგარეთში [6] — საშუალო წლიური წელის ხარჯის 10%, ან 95%-იანი უზრუნველყოფის წლის მინიმალური საშუალო თვიური წელის ხარჯი; ლატვიაში [6] — ზაფხულის 30 დღიანი მინიმალური წელის ხარჯის 95%; რუსეთის ფედერაციაში [7] — მინიმალური ერთდღიანი (99 %-იანი) და 30 დღიანი (97 %-იანი) ზაფხულის და ზამთრის წელის ხარჯები; აშშ-ში [4] — წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წელის ხარჯი, განმეორებადობით 10 წელი, ან წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წელის ხარჯი, განმეორებადობით 2 წელი; კანადაში [4] — წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წელის ხარჯი, განმეორებადობით 10 წელი, ან წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წელის ხარჯი, განმეორებადობით 2 წელი, ან აგვისტოს თვის საშუალო თვიური წელის ხარჯი, ან საშუალო წლიური წელის ხარჯის 25%; ბრაზილიაში — წყალმცირობის პერიოდის 7 დღიანი საშუალო მინიმალური წელის ხარჯი, განმეორებადობით 10 წელი, ან 95%-იანი უზრუნველყოფის წლის მინიმალური საშუალო თვიური წელის ხარჯი, ჩილეში — საშუალო წლიური წელის ხარჯის 10%; ავსტრალიაში [4] — განისაზღვრება ინდივიდუალურ საფუძველზე, ახალ ზელანდიაში [4] — საშუალო წლიური წელის ხარჯის 10-30%, ან საშუალო თვიური წელის ხარჯის 30-70%, ან 5-წლიანი მინიმალური ხარჯი.

საერთო მაჩვენებელი წელის მეურნეობის დარგებისათვის, რომელიც განსაზღვრავდა მდინარის გარემოსდაცვითი (სსრკ-ში მას ეწოდებოდა სანიტარულ-ეკოლოგიური) წელის ხარჯის სიდიდეს, არ არსებობდა ყოფილ საბჭოთა კავშირში. შესაბამისი გადაწყვეტილებები მიიღებოდა წელით

მოსარგებლე და წყლის მომხმარებელი ორგანიზაციების მიერ. მაგ., წყალთა მეურნეობის სამინისტროს დაქვემდებარებული ობიექტებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განისაზღვრებოდა როგორც 95%-იანი უზრუნველყოფის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 75%, ხოლო 1985 წლის ნორმების [8] მიხედვით ჰესებისათვის მიღებული იყო, რომ წყალმიმღები ნაგებობის ქვედა ბიეფში, უნდა გატარებულიყო 95%-იანი უზრუნველყოფის მცირეწყლიანი წლის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯი.

მიუხედავად იმისა, თუ რა უზრუნველყოფით არის გამოსახული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი, ამ სიდიდის უნიფიცირებულად გამოყენება ყველა მდინარის ყველა გასწორისათვის არ იქნება მართებული [9]. უფრო კორექტული იქნება თითოეული მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა, ინდივიდუალურად — ჰესის სადერივაციო უბნის შესაბამისი მდინარის მონაკვეთის სიგრძის, ბუნებრივ-კლიმატური ზონის, ადგილობრივი ლანდშაფტის პირობების, მდინარეში ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების, დასახლებული პუნქტების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, აგრეთვე წყალშემზღვევა (წყალმიმღები) ნაგებობის ქვედა ბიეფში წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა ობიექტების (წყალმომარაგება, მელიორაცია და სხვ.) არსებობის გათვალისწინებით. მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნაც, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების განსაზღვრის საკითხი უნდა იყოს განხილული კომპლექსურად – თითოეული ობიექტის ენერგოეკონომიკური მიზანშეწონილობისა და ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.

მაგალითის სახით მოგვყავს მდინარეებზე მტკვარი (წყალმიმღები ფონიჭალაში), ნატანები (წყალმიმღების ნიშნული 762 მ), ყვირილა (წყალმიმღების ნიშნული 607,5 მ), მდ. მაჭახლისწყალი (წყალმიმღების ნიშნული 328 მ), მდ. ხანისწყალი (წყალმიმღების ნიშნული 141 მ) განსახორციელებელი პერსპექტიული ჰესების გარემოსდაცვითი

წყალგაშვების სიდიდეები სხვადასხვა ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული ზემოთ მოყვანილი დამოკიდებულებების მიხედვით.

მითითებული მდინარეებისათვის გამოანგარიშებულია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების შემდეგი სიდიდეები:

მდ. მტკვრისათვის:

—საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10% — 21 მ<sup>3</sup>/წმ;

—საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღეღამური წყლის ხარჯი — 44მ<sup>3</sup>/წმ;

—გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup> -ზე — 43,2მ<sup>3</sup>/წმ (წყალშემკრები აუზის ფართობი 21600 კმ<sup>2</sup>);

—95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წელიწადის წლის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯი — 54,1 მ<sup>3</sup>/წმ.

მდ. ნატანებისათვის:

—საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10% — 0,4 მ<sup>3</sup>/წმ;

—საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღეღამური წყლის ხარჯი — 0,43 მ<sup>3</sup>/წმ;

—გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup> -ზე — 0,12 მ<sup>3</sup>/წმ (წყალშემკრები აუზის ფართობი 58,8 კმ<sup>2</sup>);

—95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წელიწადის წლის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯი — 0,72 მ<sup>3</sup>/წმ.

მდ. ყვირილასათვის:

—საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10% — 1 მ<sup>3</sup>/წმ;

—საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღეღამური წყლის ხარჯი — 1,5 მ<sup>3</sup>/წმ;

—გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup> -ზე — 1,07 მ<sup>3</sup>/წმ (წყალშემკრები აუზის ფართობი 533 კმ<sup>2</sup>);

—95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წელიწადის წლის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯი — 3,01 მ<sup>3</sup>/წმ.

მდ. მაჭახლისწყლისათვის:

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10% — 1,54 მ<sup>3</sup>/წმ;
- საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღეღამური წყლის ხარჯი — 1,98 მ<sup>3</sup>/წმ;
- გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup> -ზე - 0,526 მ<sup>3</sup>/წმ (წყალშემკრები აუზის ფართობი 263 კმ<sup>2</sup>);
- 95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წელიწადის წლის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯი — 2,66 მ<sup>3</sup>/წმ.

მდ. ხანისწყლისათვის:

- საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10% — 2,03 მ<sup>3</sup>/წმ;
- საშუალო წელიწადის წლის 95% უზრუნველყოფის დღეღამური წყლის ხარჯი — 2მ<sup>3</sup>/წმ;
- გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განსაზღვრული 2ლ/წმ-ით წყალშემკრები აუზის 1,0 კმ<sup>2</sup> -ზე — 1,79 მ<sup>3</sup>/წმ (წყალშემკრები აუზის ფართობი 895 კმ<sup>2</sup>);
- 95%-იანი უზრუნველყოფის მცირე წელიწადის წლის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯი — 2,63 მ<sup>3</sup>/წმ.

თითოეული განხილული მდინარისათვის გაანგარიშებით მიღებულ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობებს ახასიათებს გაფანტვის მაღალი დიაპაზონი, რაც ადასტურებს, რომ თითოეული ჰესიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდე უნდა იყოს დადგენილი ინდივიდუალურად — კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე არსებითად განაპირობებს ენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოყენებული მდინარის ჩამონადენის რაოდენობას, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს ჰესის სიმძლავრეს, გამომუშავებას და მის სხვა ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რაც საბოლოო ჯამში მისი განხორციელების ეკონომიკური მიზანშეწონილობის დადგენის საფუძველია.

ამრიგად, განსახილველი საკითხის გადაწყვეტას დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიდროენერგეტიკის განვითარებისათვის, რაც ქვეყნის ეკონომიკის

საბაზო დარგი და ეკონომიკური აღმავლობის განმსაზღვრელი მნიშვნელოვანი ფაქტორია.

ჰიდროენერგეტიკის აღმავლობა არსებითია არა მხოლოდ ქვეყნის ენერგეტიკული პოტენციალის სრულად ათვისების კუთხით, არამედ იგი ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ენერგოსისტემის მდგრადი განვითარებისათვის, რაც გულისხმობს მისი საიმედოობის და მოწოდებული ელექტროენერგიის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლების გაზრდას.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილზე დაყრდნობით შეიძლება ითქვას, რომ მდინარეთა გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების ინდივიდუალურად განსაზღვრის თეორიული პრინციპისა და მეთოდის შემუშავება მნიშვნელოვანი საკითხია.

ცხადია, რომ ჰიდროენერგეტიკის განვითარება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს საქართველოსათვის, მაგრამ ის გარკვეულ წინააღმდეგობას აწყდება გარემოზე ზემოქმედების კუთხით - ეკოლოგიური წყალგაშვების რაოდენობის მალიმიტირებელი ნორმატიულ - ტექნიკური სიდიდეების განმსაზღვრელი საკანონმდებლო ბაზის არ არსებობის გამო.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის სტრატეგიაში უნდა აისახოს მდინარეების ტიპები საზრდოობის სახეობის მიხედვით და მათი ეკოლოგიური წყალგაშვების სიდიდის განმსაზღვრელი ტექნიკური და ეკოლოგიური შემდეგი ფაქტორები: სასმელ და სარწყავ წყალზე მოთხოვნა გაუწყლოვნების არეალში, გაუწყლოვნების გავლენა წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მოთხოვნებზე, გაუწყლოვნებული უბნის სიგრძე და ამ ზონაში მოსახლეობის სიმჭიდროვე. გაუწყლოვნების გავლენა მცენარეულ საფარზე. ცხოველთა სამყაროზე. იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე. წყალსადინარის სანიტარულ-ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე [3].

ბუნებრივია, ჩამოთვლილი ამოცანების განხორციელება შესაძლებელი იქნება თითოეული მდინარის შესახებ არსებული

ტოპოგრაფიული და ჰიდრომეტეოროლოგიური (კლიმატური და ჰიდროლოგიური) მასალების შესწავლით, რაც გულისხმობს სხვადასხვა კვეთებისათვის მათი წყალშემკრები აუზის ფართობების, აუზის საშუალო სიმაღლის სიდიდის, ჩამონადენის მოდულის, საშუალოთვიური და საშუალოდღიური წყლის ხარჯების მნიშვნელობათა დადგენას. ეს უკანასკნელი უნდა განხორციელდეს ან სახელმწიფო წყლის კადასტრებში მოყვანილი წყლის ხარჯების რიგების საშუალებით, ან მდინარე ანალოგების მიხედვით (იმ შემთხვევაში, როცა ასეთი რიგების წევრთა რაოდენობა არასაკმარისია ე. ი. რიგი არ არის რეპრეზენტატიული), ან კონკრეტული მდინარის შესახებ ჰიდროლოგიური ინფორმაცია სრულებით არ არსებობს). აღნიშნული ამოცანების გადაწყვეტა დაკავშირებულია დიდი რაოდენობის ინფორმაციის მოძიებასთან, მის მათემატიკურ დამუშავებასთან, სისტემატიზაციასთან, ანალიზთან და შესაბამისი კრიტერიუმების შემუშავებასთან.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების დადგენა, ხელს შეუწყობს გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებას, ამასთან შესაძლებლობას მოგვცემს განისაზღვროს ჰიდროენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოსაყენებელი წყლის ხარჯის რაოდენობა, რაც არსებითად განაპირობებს პერსპექტიული ჰიდროელექტროსადგურების ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებლებს და განსაზღვრავს მათი განხორციელების ეკონომიკურ მიზანშეწონილობას [3].

შესაბამისი სამართლებრივი ბაზის არსებობა დაეხმარება პოტენციურ ინვესტორს მიიღოს მოტივირებული გადაწყვეტილება საკუთარი საფინანსო რესურსების განთავსებისათვის ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკულ სექტორში, რაც მდგრადი ეკონომიკური განვითარების ხელშემწყობი ფაქტორი იქნება [3].

ჰიდროენერგეტიკული რესურსების სრული და ეფექტური ათვისება ტექნიკური პროგრესის განუყოფელი ნაწილია, რომლისკენ სწრაფვას ვერაფერი შეაჩერებს. ამასთან, ამ პროცესში აუცილებელია

გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გონივრული გათვალისწინება, რათა ბუნებას რაც შეიძლება ნაკლები ზიანი მიაღდეს, ანუ მოკლედ რომ ვთქვათ უნდა მოხდეს ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური პრობლემების ერთობლივად გადაწყვეტის გზების ძიება.

## **თავი 2. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი ეკოსისტემის მდგრადობის შენარჩუნების მნიშვნელოვანი ფაქტორი**

გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) წყლის ხარჯის კვლევას საფუძველი ჩაეყარა მდინარეების წყლიანობის რეჟიმის ცვლილებით გამოწვეული შედეგების შეფასების მიზნით. ეკოლოგიური წყლის ხარჯის შეფასებისას გათვალისწინებულია წყლის რესურსების ფორმირების სხვადასხვა სცენარი, რომელთა ანალიზით მიიღწევა პროცესის განვითარების შესაძლო შედეგების პროგნოზირება. ამას გარდა, ეკოლოგიური ჩამონადენის რაოდენობრივი შეფასება შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყლის რეჟიმების ცვლილებებისას რაიმე კონკრეტული გარემოსდაცვითი პირობების შენარჩუნების მიზნით [10], [11].

ეკოლოგიური წყლის ხარჯის საერთაშორისო, საყოველთაოდ გავრცელებული განმარტება მოყვანილია ბრისბენის დეკლარაციაში: ეკოლოგიური წყლის ხარჯი განსაზღვრავს მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივ, ხარისხობრივ და დროით მაჩვენებლებს, რაც აუცილებელია მტკნარი წყლის ეკოსისტემების ფუნქციონირებისათვის, მოსახლეობის ნორმალური ცხოვრების პირობების შენარჩუნების უზრუნველსაყოფად, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ხსენებული ეკოსისტემების მდგრადობაზე [12].

ეკოლოგიური წყლის ხარჯი არის ბუნებრივი ჩამონადენის ნაწილი, რომელიც აუცილებლად უნდა დარჩეს მდინარეში, მისგან წყლის უკან დაუბრუნებლად წყალაღებისას, ან წყლის აღებისას და შემდგომ



წყალალების კვეთიდან გარკვეულ მანძილზე მისი მდინარეში დაბრუნებისას.

სამდინარო სისტემებში ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარისა და უსაფრთხო განვითარების პირობების შენარჩუნებისათვის აუცილებელია, რომ გარემოსდაცვითი ჩამონადენი უზრუნველყოფდეს მდინარის ეკოსისტემის ბუნებრივ მდგომარეობას და მიახლოებული უნდა იყოს მდინარის წყლიანობის ბუნებრივ რეჟიმთან [13].

ბუნებრივ პირობებში მდინარეებში მცირეწყლიანი პერიოდი იცვლება წყალდიდობებით, ან წყალმოვარდნებით გამოწვეული უხვწყლიანი პერიოდებით, რაც აყალიბებს სამდინარო სისტემის ეკოლოგიურ მდგომარეობას და განაპირობებს ცოცხალი ორგანიზმების ყოფაქცევას სხვადასხვა წყლიანობის ფაზაში.

მდინარის წყლიანობის განსხვავებული ფაზებისათვის წლის სხვადასხვა პერიოდში გარემოსდაცვითი წყალგაშვების უცვლელი რეჟიმის განხორციელება არაკორექტულია. გარემოსდაცვითი წყალგაშვება უნდა განხორციელდეს მდინარის წყლიანობის ფაზების შესაბამისად, წყალალების მოცემულ კვეთში მდინარის ჰიდროგრაფის მიხედვით.

ცოცხალი ორგანიზმების შენარჩუნებისა და განვითარებისათვის აუცილებელი გარემოს ჩამოყალიბებისათვის მდინარეების ჰიდროლოგიურ რეჟიმებთან კავშირში მრავალი ათეული წელია საჭირო. მდინარეების წყლიანობის, ტემპერატურული, ყინულის და ჰიდროქიმიური რეჟიმები ქმნის პირობებს წყლის და წყალთან მახლობელი ეკოსისტემების, ფლორისა და ფაუნის თანაარსებობისათვის. მდინარეთა წყლიანობის და მასთან დაკავშირებული სხვა ჰიდროლოგიური მახასიათებლების ცვალებადობა გარკვეულ დიაპაზონში მრავალწლიურ პერიოდში არ უქმნის საფრთხეს ცოცხალი ორგანიზმების არსებობას, ამასთან ხსენებული მახასიათებლების რყევა უნდა თავსდებოდეს მრავალწლიური დაკვირვებების ბუნებრივი რყევების ფარგლებში. წინააღმდეგ შემთხვევაში ეკოლოგიურ სისტემაში შეიძლება განვითარდეს შეუქცევადი პროცესები, რაც გამოიწვევს მის

გადასვლას თვისობრივად განსხვავებულ მდგომარეობაში. გარემოსდაცვითი ჩამონადენის რაოდენობრივი შეფასებისას ბუნებრივი ჩამონადენიდან იმ გადახრის სიდიდის განსაზღვრაა უმნიშვნელოვანესი, რაც კრიტიკულია ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებისათვის და ბუნებრივი მრავალფეროვნების შენარჩუნებისათვის [14]. არსებობს რიგი დებულებებისა, რაც საფუძვლად უდევს ეკოლოგიური ჩამონადენის კონცეფციას და რომელთა გათვალისწინება მიზანშეწონილია გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის რაოდენობრივი შეფასებისას:

- მდინარიდან წყალაღების სიდიდის დიაპაზონი უნდა უზრუნველყოფდეს ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნების პირობებს;
- ეკოსისტემაზე დესტრუქციული გავლენის შესამცირებლად წყალაღების განხორციელება დროში უნდა იყოს შეზღუდული;
- გარემოს ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების მიზნით, მდინარეში თვისობრივად უნდა შენარჩუნდეს ბუნებრივი წყლიანობის რეჟიმი;
- ცოცხალი ორგანიზმების მდგომარეობა უფრო მეტად დამოკიდებულია მდინარის ჰიდროლოგიურ და ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებზე, წყლის დაბინძურების ხარისხზე, სამდინარო ნატანის ტრანსპორტირების შესაძლებლობაზე, ვიდრე ისეთი ორგანული ფაქტორებისგან როგორცაა მტაცებლობა, სახეობათა შორის ბრძოლა და დაავადებები [15].

ეკოლოგიური ჩამონადენის კონცეფციიდან გამომდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისა და განვითარებისათვის აუცილებელი ჰიდროლოგიური მახასიათებლების არსი:

— მდინარის კალაპოტში მინიმალური ჩამონადენის არსებობა ქმნის ბუნებრივ ზღვრულ პირობებს წყლის ეკოსისტემის ფუნქციონირებისათვის;

— კრიტიკული ჩამონადენი უზრუნველყოფს ეკოსისტემის ფუნქციონირებას და ორგანიზმების კვლავწარმოქმნას;

— მაქსიმალური ჩამონადენის პროცესში ხდება ფსკერული და შეტივტივებული ნატანის ტრანსპორტირება, ჭალური კალაპოტების და ჭაობიანი ტერიტორიების დატბორვა, რაც მასტიმულირებელი საშუალებაა ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებისა და მათი სახეობრივი მრავალფეროვნების შენარჩუნებისათვის.

გარემოსდაცვითი წყალგაშვების და სამეურნეო საქმიანობისათვის აუცილებელი წყალაღების დასაშვებ მნიშვნელობებთან შეუსაბამობას მდინარეთა წყლიანობის სხვადასხვა ფაზაში შეუძლია ზიანი მიაყენოს წყლისა და წყალთან მახლობელ ეკოსისტემებს — ნაწილობრივ, ან სრულად აღმოფხვრას მათი მდგრადი და უსაფრთხო ფუნქციონირების პირობები. წყალაღებისას წყლის ხარჯის არანორმირებული გაზრდა იწვევს კალაპოტური წყლის ნაკადის საშუალო სიჩქარის შემცირებას, ბიოქიმიური და ჰიდროქიმიური რეჟიმების ცვლილებას და მდინარის ძირითადი და ჭალური კალაპოტების ფლორისა და ფაუნის ცხოველმყოფელობის რეჟიმების, თევზების საარსებო გარემოს გაუარესებას, დაბინძურების ხარისხის გაზრდას (შედეგად მდინარეების სანიტარული და ეკოლოგიური პირობების გაუარესება), მიწისქვეშა წყლების დონის დაწევას და ბუნებრივი წყაროების დებეტის შემცირებას, რასაც შეუძლია არსებითი გავლენა მოახდინოს გარემომცველი ლანდშაფტის საარსებო პირობებზე.

ერთიანი გარემოსდაცვითი ჩამონადენის რეჟიმის დაშვება სხვადასხვა წყლიანობის რეჟიმისა და სამეურნეო გამოყენების ტიპის მქონე მდინარეებისათვის არ იქნება კორექტული. მდინარეებიდან ან მათი რომელიმე მონაკვეთიდან წყალაღება წყლის უკან დაბრუნების გარეშე ყოველთვის მოახდენს მრავალმხრივ გავლენას გარემოს მდგომარეობაზე, ამიტომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება ეფუძნება დასაშვები წყალაღების მისაღები სიდიდის განსაზღვრას, რაც საშუალებას მისცემს მდინარეს შეინარჩუნოს მასზე ზემოქმედების შედეგად პერსპექტივაში მდგრადი ფუნქციონირების შესაძლებლობა.

## 2.1. მსოფლიოში მიღებული დამოკიდებულება ეკოლოგიური ჩამონადენის მიმართ

მეოცე საუკუნის 70-იანი წლებიდან ინტენსიურმა სამრეწველო განვითარებამ ისეთ დონეს მიაღწია, რომ არსებითი მნიშვნელობა შეიძინა გარემოს დაბინძურების და წყლის დეფიციტის პრობლემამ, რამაც, ბუნებრივია, სრული სიმწვავეთ დააყენა ამ პრობლემების გადაწყვეტის საკითხი. ინტენსიურად დაიწყო მუშაობა წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების კონცეფციების შესაქმნელად. მათ საფუძვლად ედო პრინციპი, რომლის თანახმად წყალაღების შემდეგ მდინარეში უნდა იყოს შენარჩუნებული ჩამონადენის მოცულობა იმ ოდენობით, რაც აუცილებელია სამდინარო ეკოსისტემის უსაფრთხო არსებობა-აღწარმოებისათვის. გარემოზე უარყოფითი ანთროპოლოგიური გავლენის შერბილების აუცილებლობიდან გამომდინარე, სხვა საკითხებთან ერთად, XX საუკუნის 80-იანი წლებიდან სამდინარო ჩამონადენის ეკოლოგიურ ასპექტში შესწავლა სახელმწიფოებრივი ზრუნვის საგანი გახდა და გარემოსდაცვითი პრობლემების სამეცნიერო და პრაქტიკული უზრუნველყოფის მიმართულებით ფართოდ გაიშალა მუშაობა. გარემოსდაცვითი წყალგაშვების რეჟიმები მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ასოცირდება წყლის რესურსების რაციონალურ მართვასთან, განსაკუთრებით წყლის რესურსების დეფიციტით გამორჩეულ რეგიონებში [15],[16].

გარემოსდაცვითი ჩამონადენის ცნება დაფიქსირებულია მსოფლიოს რიგი ქვეყნების საკანონმდებლო აქტებში — კერძოდ, ავსტრალიაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ევროკავშირის ქვეყნებში. გარემოსდაცვითი ჩამონადენის მალიმიტირებელი ნორმების შემუშავება მოითხოვს მრავალმხრივი საინჟინრო დისციპლინების სულ უფრო ფართო გამოყენებას ეკოლოგიური ჩამონადენის ოპტიმალური კონცეფციის დადგენისათვის.

აშშ-ს რიგ შტატებში შემოღებულია კანონები ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრისათვის. მენის, მიჩიგანის და ფლორიდის შტატებში არსებობს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების ნორმატივები. სხვა შტატებში მიმდინარეობს სტანდარტების შემუშავება — იგი სხვადასხვა დონეზეა, მუშავდება აგრეთვე გარემოსდაცვითი ჩამონადენის დადგენის დირექტიული პრინციპები. კანადის რამდენიმე პროვინციაში წყლის რესურსების განაწილებისა და მათი მართვის დაგეგმვის სრულყოფის მიზნით გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები გარემოსდაცვითი ჩამონადენის დებულების მიხედვით ხორციელდება [17],[18].

ავსტრალიასა და ახალ ზელანდიაში წყლის მარაგით გასატარებელი გარემოსდაცვითი ღონისძიებების უზრუნველსაყოფად ჩამოყალიბებულია რიგი ეროვნული პრინციპებისა. ამ პრინციპების უმრავლესობა ასახულია სახელმწიფო საკანონმდებლო წყლის აქტებში, აგრეთვე სახელმწიფო წყლის პოლიტიკის ჩარჩო დოკუმენტში - „კანონში წყლის შესახებ“, რომელიც მიღებული იქნა 2007 წელს.

სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკის „კანონი წყლის შესახებ“ მიუთითებს, რომ წყლის რესურსების სათანადო მდგომარეობაში არსებობა და მისი დაცვა არის მაღალი პრიორიტეტის მქონე გამოწვევა მოსახლეობის წყალზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილებასთან ერთად [19].

დებულება გარემოსდაცვითი წყალგაშვებისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის შესახებ ასახულია ჩილეს კანონში გარემოს შესახებ და ჩილეს წყლის კანონმდებლობაში [20].

ჩინეთის წყლის კანონმდებლობა მოითხოვს, რომ წყლის რესურსების შესაძლო გამოყენების დაგეგმვის პროცესში, ყურადღება მიექცეს მდინარის წყლის ჩამონადენის რაციონალიზაციას, აგრეთვე ტბების, წყალსაცავების და გრუნტის წყლების სათანადო დონის შენარჩუნებას მათი ბუნებრივი პოტენციალის რეგულირების მიზნით [21].

ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივა შეიცავს დაწვრილებით მითითებებს სამდინარო აუზების გარემოსდაცვითი მახასიათებლების

შეფასებისათვის, რათა მასში გაერთიანებულ ქვეყნებში ყველა მდინარეში მიღწეული იქნეს „წყლის კარგი მდგომარეობა“. მიუხედავად იმისა, რომ წყლის ჩარჩო დირექტივა არ შეიცავს უშუალოდ განმარტებას „გარემოსდაცვითი წყალგაშვება“, ამ უკანასკნელის განხორციელება მნიშვნელოვანია გარემოსდაცვითი ღონისძიებების გასატარებლად [20].

გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების რეგლამენტაციის საკითხები დაფიქსირებულია აგრეთვე კენისა და ტანზანიის საკანონმდებლო აქტებში. ინდოეთში, პაკისტანში, ვიეტნამში, კამბოჯაში, ტაილანდში, მექსიკაში, ბრაზილიაში, თურქეთში მიმდინარეობს ძირითადი საეურნეო დანიშნულებით გამოსაყენებელი მდინარეების გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების დადგენის პროცესი. რაც შეეხება ევროკავშირის ქვეყნებს, ისინი ვალდებული არიან დაიცვან წყლის ჩარჩო დირექტივა, რომლის თანახმად მოითხოვება მდინარეებში აუცილებელი ჩამონადენის უზრუნველყოფა გარემოსდაცვითი მიზნების განსახორციელებლად [20].

## **2.2. ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრის მეთოდები**

ამჟამად ცნობილია გარემოსდაცვითი წყალგაშვების შეფასების 200-მდე მეთოდი, რაც იმით აიხსნება, რომ რიგ ქვეყნებში (უწინარეს ყოვლისა ავსტრალია, აშშ და ევროკავშირის ქვეყნები) საკანონმდებლო დონეზე არის დაფიქსირებული ეკოლოგიური ჩამონადენის უზრუნველყოფის ვალდებულება [5],[22].

არსებობს ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრის ე. წ. „სწრაფი“ და ჩვეულებრივი ხერხები. პირველი მათგანი ეკოლოგიური წყლის ხარჯის იმიტაციის მიზნით იყენებს არსებულ მონაცემებს და არ საჭიროებს დამატებით მახასიათებლებს. სხვა მეთოდები მოითხოვს სავსე კვლევების ჩატარებას ჰიდროლოგების, ჰიდრობიოლოგების, იხტიოლოგების, ეკოლოგების და ა. შ. მონაწილეობით. კვლევის მეთოდის შერჩევას განაპირობებს სამუშაოს შესრულების ვადები, ანალიზის ჩატარებისათვის საჭირო ხელმისაწვდომი მონაცემების არსებობა, სადაც ასახული იქნება

სამეურნეო საქმიანობაში მოცემული მდინარის წვლილი და მისი მნიშვნელობა გარემოსდაცვით ასპექტში, წყლის მეურნეობის ობიექტებზე გარემოსდაცვითი წყალგაშვების განსაზღვრისა და შემდგომი პრაქტიკული რეალიზაციის სირთულე. გარემოსდაცვითი წყალგაშვების განსაზღვრის ხერხების განზოგადებისას ისინი შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად [23] :

- ჰიდროლოგიური არგუმენტირების;
- ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულების აღწერის;
- ჰიდრაულიკური ანალიზის;
- საარსებო გარემოს იმიტირების;
- კომპლექსური მიდგომის.

### **2.2.1. ჰიდროლოგიური არგუმენტირების მეთოდები**

ამ მეთოდებით ოპერირებისას სარგებლობენ მდინარის ჩამონადენის ბუნებრივი რეჟიმის შესაბამისი ჰიდროლოგიური რიგებით, რომლებიც სტატისტიკურ დამუშავებასა და ქვემდებარებული. ასეთი ხერხი ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია გარემოსდაცვითი წყალგაშვების შესაფასებლად ჰიდროლოგიურად შედარებით ნაკლებად შესწავლილ მდინარეებზე. ამ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განისაზღვრება, როგორც საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის ან საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ნაწილი. ხშირად, არასაკმარისი წარმომადგენლობის მქონე ჰიდროლოგიური რიგების დაგრძელებისათვის იყენებენ მდინარე-ანალოგის ჰიდროლოგიურ რიგებს. მსგავსი მიდგომის საფუძვლად მიღებულია დაშვება, რომ მდინარის კალაპოტში ბუნებრივი წყლის ხარჯის მხოლოდ გარკვეული ნაწილის მიწოდებისას შესაძლებელია ეკოლოგიური წონასწორობის დაცვა. მიუხედავად იმისა, რომ ჰიდროლოგიური მონაცემების შესაბამისი მახასიათებლების გამოყენება მარტივია, სხვადასხვა მდინარეებისათვის ისინი შეიძლება არ იყოს დასაბუთებული გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით. ცხადია, რომ ჰიდროლოგიური პრინციპების გარდა, ეკოლოგიური მდგომარეობის გათვალისწინება ზრდის

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გამოთვლილი მნიშვნელობის სარწმუნოების ხარისხს, ამასთან საჭირო მონაცემების მოძიება და დამუშავება მოითხოვს დიდ დროს და მატერიალურ დანახარჯებს. ჰიდროლოგიური არგუმენტირების მეთოდებს მიეკუთვნება დოკუმენტაციის ანალიზის ხერხი და სისტემატიზებული ცხრილური მონაცემების გამოყენება.

ცხრილური მონაცემების გამოყენება მოხმარებული ინფორმაციის სახეობის მიხედვით იყოფა ორ სახეობად. პირველი მათგანი მხოლოდ ჰიდროლოგიურ მონაცემებზეა დაფუძნებული და იყენებს ჰიდრავლიკურ ინფორმაციას (მაგ., კალაპოტის ფორმას, საშუალო სიღრმეს და საშუალო სიჩქარეს), მეორე — ეკოლოგიურ მონაცემებს. ამ პირობებში გამოიყენება ფაქტობრივი პერმანენტული ჰიდრომეტრიული დაკვირვებების მონაცემები (მაგ., ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე უშუალო გაზომვების შედეგების სტატისტიკური დამუშავებით მიღებული მონაცემები წყლის ხარჯის შესახებ). ჰიდროლოგიური მონაცემების გარდა, გამოიყენება ასევე მონაცემები ერთი და იმავე სახეობის თევზების ჯგუფების მდგომარეობისა და წყლის ხარისხის შესახებ და სხვ.

ჰიდროლოგიური ცხრილური მეთოდების ძირითადი პრინციპია მდინარის ჩამონადენის სეზონური ცვალებადობის შენარჩუნება. ამ ხერხით განისაზღვრება ბუნებრივი ჩამონადენის რეჟიმის კომპონენტები, რომლებიც იდენტიფიცირებულია წყლის მოცულობით (როგორც უხვწყლიან, ასევე წყალმცრობის პერიოდებში), დროით (ყოველთვიური სტატისტიკით — წყალმცრობის პერიოდის ხანგრძლივობით, წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის აწევის და დაცემის სიჩქარით და სხვ.), წყლიანობის გარკვეული პერიოდის სიხშირით და ხანგრძლივობით. ჰიდროლოგიური არგუმენტირების მეთოდის მიხედვით ეკოლოგიური ჩამონადენის განსაზღვრისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ჰიდრავლიკური მახასიათებლები, მაგ., კალაპოტის და ჭალის სველი პერიმეტრი, ცოცხალი კვეთის ფართობი.



### **2.2.2. ფუნქციონალური ურთიერთდამოკიდებულების აღწერის მეთოდი**

ამ მეთოდის საფუძველია სამდინარო ეკოლოგიური სისტემის ჰიდროლოგიურ და ეკოლოგიურ ფაქტორებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების ასახვა. ამ მეთოდის სახეობაა ე. წ. „ბლოკების აგების მეთოდოლოგია“, რომელიც შემუშავდა სამხრეთ აფრიკაში. ამ ხერხის არსი ისაა, რომ სამდინარო რეჟიმი დაყოფილია წყალმცირობის და წყალუხვობის პერიოდის მახასიათებლების შემცველ, ძირითად ელემენტებად (ბლოკებად), რომლებიც შეესაბამება მითითებული პერიოდებისათვის მდინარის აუზში მყარი ნატანის ჩამონადენის დინამიკის შენარჩუნებისა და კალაპოტური პროცესების აღმწერ მახასიათებლებს. ჩამონადენის დასაშვები რეჟიმი, რომელიც უზრუნველყოფს ეკოსისტემის შენარჩუნებას განისაზღვრება ამ ბლოკების გათვალისწინებით.

### **2.2.3. ჰიდრაგლიკური ანალიზის მეთოდები**

ისინი ემყარება ცნობებს წყლის ხარჯის ისტორიული მაქსიმუმისა და მინიმუმის შესახებ, რომელიც კრიტიკულია მოცემული წყალსადინარის არსებობის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ჩამოყალიბებული ფლორის ან ფაუნისათვის. აიგება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების ფუნქციონალური დამოკიდებულება ჰიდრაგლიკური პარამეტრებისაგან (სველი პერიმეტრი, ცოცხალი კვეთის ფართობი, წყლის დინების სიჩქარე). გარემოსდაცვითი ჩამონადენის მნიშვნელობა წარმოდგენილია ან წყლის ხარჯის სახით, რომელიც არის ოპტიმალური მინიმალური ხარჯი, ან წყალსადინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ფიქსირებული პროცენტით, რომლის ქვემოთ ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობები უარესდება ან მათი არსებობა-განვითარება შეწყვეტის საფრთხის ქვეშაა.

### **2.2.4. საარსებო გარემოს იმიტირება**

ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს წყლის ხარჯებისა და ცოცხალი ორგანიზმების სასიცოცხლო არეს შესაბამის პირობებს შორის კავშირის იმიტაციაში. სასიცოცხლო არეს პირობები უშუალოდ განსაზღვრავს მოთხოვნებს გარემოსდაცვითი ჩამონადენის მიმართ. ამ ტიპის მეთოდებიდან გამოირჩევა PHABSIM-ის (Physical Habitat Simulation System) მეთოდი. წყლიანობის რაოდენობრივ ცვლილებასა და სხვადასხვა ცოცხალი ორგანიზმების რეაქციას შორის დამოკიდებულების დასადგენად შემუშავებულია მიდგომა, რომლის საშუალებით სასიცოცხლო არეს შესახებ მონაცემებზე დაყრდნობით განისაზღვრება ცალკეული ცოცხალი ორგანიზმის მოთხოვნილება წყალზე. გარემოსდაცვით ჩამონადენს, სასიცოცხლო არეს და ცოცხალ ორგანიზმებს შორის ურთიერთკავშირი ასახულია მდინარის ფიზიკური თვისებების, მაგ., ნაკადის სიღრმის ან საშუალო სიჩქარის, კავშირით ფიზიკურ პირობებთან, რომლებიც საჭიროა ეკოსისტემის ნორმალური და მდგრადი ფუნქციონირებისათვის. ამ ურთიერთკავშირების განსაზღვრის შემდეგ მოდელირდება გარემოსდაცვითი ჩამონადენი. აღწერილის შესაბამისად განსაზღვრული ჩამონადენის მიხედვით ხორციელდება მისი შესაბამისი წყლის ეკოსისტემის ცვლილების მოდელირება [24].

#### **2.2.5. კომპლექსური მიდგომა**

იგი წარმოადგენს ჰიდროლოგიური, ჰიდრაულიკური მეთოდების, აგრეთვე ორგანიზმების საარსებო არეს ერთობლივი სიმულაციის მეთოდს. ხსენებული ხერხი განიხილავს ეკოსისტემას მთლიანობაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის პროცესში.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მიდგომა მიმართულია წყლის ნაკადის რაოდენობრივი მახასიათებლის განსაზღვრისაკენ, რაც აუცილებელია სამდინარო ეკოსისტემის მდგრადი ფუნქციონირებისათვის.

### 2.3. გარემოსდაცვითი წყალგაშვების როლი კლიმატის ცვლილების შედეგების შერბილებაში

მე-20 საუკუნის 80-იანი წლებიდან მიმდინარე კლიმატის გლობალური ტრანსფორმაციის პროცესს თან სდევს ანომალური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების: წყალდიდობების, ციკლონების რაოდენობისა და ინტენსიურობის ზრდა, ნალექების უთანაბრობის ხარისხის მატება, მაღალი ინტენსიურობის ნალექების პერიოდის გახშირება. იმავდროულად შეინიშნება გვალვების მასშტაბისა და ხანგრძლივობის გაზრდა. აღნიშნული პროცესის თანმდევი მოვლენები: ჰაერის ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლილება, მყინვარების ფართობების შემცირება დაფიქსირდა საქართველოშიც [25],[26].

გარემოსდაცვით წყალგაშვებას შეუძლია შეარბილოს გვალვით გამოწვეული უარყოფითი შედეგები. გარემოსდაცვითი წყალგაშვების რეჟიმების გონივრული მართვით შესაძლებელია ჭალური კალაპოტის პერიოდული დატბორვის განხორციელება, რაც ამ ტერიტორიებზე სამეურნეო საქმიანობის კონტროლირებად წარმართვასთან ერთად არის ხელშემწყობი ღონისძიება ამ ტერიტორიაზე მოხდეს კატასტროფული ჩამონადენის მინიმალური ნაწილის აკუმულირების მიზნით. აღნიშნული ღონისძიება ამცირებს ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფში მდინარის კალაპოტის მიმდებარე ტერიტორიის დატბორვის საფრთხეს წყალდიდობის გავლის პირობებში. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს გარემოსდაცვით წყალგაშვებას პერიოდულად განმეორებადი გვალვებისას. მისი საშუალებით რეგლამენტირებულია მოსახლეობისა და სამეურნეო საქმიანობისათვის აუცილებელი წყალაღების სიდიდე, ამასთან მდინარეში უნდა დარჩეს წყლის რაოდენობა, რაც საკმარისი იქნება მდინარის ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლის უნარის შენარჩუნებისათვის. ცხადია, რომ გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების ოპტიმიზაცია, ერთი მხრივ, ხელს უწყობს წყალდიდობების, ხოლო, მეორე მხრივ, გვალვების მავნე

შედეგების პრევენციას, მათ შორის, მდინარის ეკოსისტემის მდგრადი ფუნქციონირების უზრუნველყოფას.

#### **2.4. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები დარეგულირებულ მდინარეებზე**

ჰიდროენერგეტიკა განსხვავებით ენერგეტიკის სფეროს სხვა მიმართულებებისგან გამოირჩევა ორი საკვანძო უპირატესობით: მას ახასიათებს პირველადი ენერგეტიკული რესურსის ელექტროენერგიად გარდაქმნის ძალიან მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი (90%-ის ფარგლებში) და მაღალი მანევრულობა, ანუ სიმძლავრის სწრაფად ცვლილების (რეგულირების) შესაძლებლობა.

ენერგეტიკული ჰიდროკვანძების წყალსაცავებში შესაძლებელია წყალუხვ პერიოდებში წყლის აკუმულაცია, რაც ქვედა ბიეფში წყალმოვარდნებისა და წყალდიდობების რისკს ამცირებს. დაგროვილი წყლით შესაძლებელია საჭირო დროს აუცილებელი ელექტროენერგიის გამომუშავება — მოხმარების პიკების დაფარვა. მიუხედავად ამ დადებითი მხარისა, წყალსაცავებს შეუძლიათ გარკვეული ხარისხით უარყოფითი ზემოქმედება მოახდინონ გარემომცველ ტერიტორიებზე ცოცხალ ორგანიზმებთან მიმართებით. მითითებული გამოიხატება:

- წყალსაცავში დონის რყევის გამო ჭალური კალაპოტის დატბორვის ფართობი და დატბორვის პერიოდი მცირდება, რაც უარყოფითად აისახება ცოცხალ ორგანიზმებზე;
- წყალსაცავში მყარი ნატანის დალამვის გამო, ქვედა ბიეფში გაშვებული, მყარი ნაწილაკებით გაუჯერებელი, შედარებით დაბალი სიმკვრივის წყალი იწვევს ქვედა ბიეფის კალაპოტის ინტენსიურ წარეცხვას, რომელიც განსხვავდება ბუნებრივ პირობებში მიმდინარე ანალოგიური პროცესისაგან;
- წყალსაცავში წყალგაცვლის რეჟიმის რედუქცია იწვევს წყლის ჰიდრო-ბიოლოგიური თვისებების შეცვლას;

- მდინარის ბუნებრივი დინების არსებითი ცვლილებით, წყალსაცავიდან წყალგაშვებების ხშირი ცვლილების გამო ჰესის სიმძლავრის რეგულირებისას.

ბუნებრივ ჰიდროლოგიურ რეჟიმს გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით ოთხი ძირითადი ასპექტი გააჩნია [20]:

1. მდინარეში მცხოვრები ცოცხალი ორგანიზმები ისტორიულად მორგებული არიან წყლის სიჩქარის ცვლილებას გარკვეულ ფარგლებში, რაც განსაზღვრავს მათ სიცოცხლის უნარს. ამ პროცესის დარღვევა საფრთხეს უქმნის მათ და შესაძლო განადგურებით ემუქრება;
2. წყალსაცავის შემქმნელი წყალშემტბორი ნაგებობები უღობავს მიგრაციის გზას ცოცხალ ორგანიზმებს ქვედა ბიეფიდან ზედა ბიეფში;
3. წყალსაცავიდან წყალგაშვების ბუნებრივიდან განსხვავებული რეჟიმი ცვლის ქვედა ბიეფის კალაპოტის გეომორფოლოგიას, რაც ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო არეს ცვლილებას განაპირობებს;
4. მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ცვლილება ხშირად ნეგატიურად აისახება მკვიდრ სახეობებზე და ხელს უწყობს ახალ პირობებთან უკეთ მორგებული სხვა სახეობებით მათ ჩანაცვლებას.

წყალსაცავების წარმოქმნით აღარ ხდება ქვედა ბიეფის ჭალური კალაპოტის დატბორვა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში შეზღუდულია წყალგაშვება ქვედა ბიეფში. ამ არეალში ჩამონადენს ახასიათებს მკვეთრად ცვალებადი ინტენსიურობა ჰესის სიმძლავრის რეგულირების ხარისხის შესაბამისად. ქვედა ბიეფში განსაკუთრებით შესამჩნევია წყალმცირობა წყალსაცავების ავსების პერიოდში, რაც ხშირად არასაკმარისია გარემოსდაცვითი პირობების უზრუნველსაყოფად.

წყალსაცავების დესტრუქციული ზემოქმედების ზონა არსებითად დამოკიდებულია იმ გამაწონასწორებელ ღონისძიებებზე, რომლებიც მიიღება მათი შერბილებისათვის.

თანამედროვე პირობებში ფართო სახელმწიფოებრივი, სამეცნიერო, საინჟინრო და საფინანსო წრეები დაინტერესებული არიან გარემოსდაცვითი პრობლემების გადაჭრაში, მათ შორის სამეურნეო საქმიანობის ოპტიმიზაციისა და გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების ნორმატიული სიდიდეების შემუშავებით იმ მიმართულებით, რომ მოახდინონ გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების მაქსიმალური მიახლოება ბუნებრივ ჩამონადენთან, რაც წარმოადგენს მდინარის ეკოლოგიურად ჩამოყალიბებული ეკოსისტემის შენარჩუნებისა და მდგრადი განვითარების საფუძველს.

## **2.5. მსოფლიო გამოცდილება გარემოსდაცვითი წყალგაშვების მართვაში**

გარემოსდაცვითი წყალგაშვების ორგანიზება, რომელიც ხორციელდება სამდინარო სისტემის აუზისათვის, წარმოადგენს რთულ პრობლემას. ამ პრობლემის გადაწყვეტა მოიაზრება ისეთი სფეროების ინტერესების ერთობლივად და შეწონასწორებულად გადაწყვეტაში როგორცაა ეკოლოგიური მრავალფეროვნების, სოციალური მოთხოვნების, წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა მიზნების დაცვა. მხოლოდ ასეთ ვითარებაშია შესაძლებელი გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდის სწორი პროგნოზირება.

გარემოსდაცვითი წყალგაშვების ორგანიზება მოითხოვს საერთო თანხმობას, იურიდიული, ტექნიკური, ეკოლოგიური, ეკონომიკური საკითხების გადაჭრისას წყალსამეურნეო კომპლექსის ყველა სუბიექტის მონაწილეობით.

ჰიდროენერგეტიკის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემსუბუქების მიზნით განხორციელებული გარემოსდაცვითი

წყალგაშვებები წარმოადგენს თანამედროვე მდინარეების წყლის რესურსების მართვის აუცილებელ ნაწილს.

### **2.5.1. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებისადმი წაყენებული მოთხოვნები ევროკავშირის ქვეყნებში**

ევროკავშირის წყლის დირექტივის [19] მიხედვით წყალგაშვებები წყალსაცავებიდან და ცალკეული ჰიდროტექნიკური ნაგებობებიდან, აგრეთვე სამდინარო აუზის წყლის რესურსების რეჟიმების რეგულირება მრავალმხრივ მოთხოვნებს ექვემდებარება. მოყვანილი ღონისძიებების საბოლოო მიზანია სხვადასხვა დანიშნულების ჰიდროტექნიკური ნაგებობების იმგვარი ექსპლუატაცია, რომ მაქსიმალურად იყოს დაკმაყოფილებული ძირითადი ეკოლოგიური მოთხოვნები.

დირექტივაში ქვემოთ მოყვანილი სახითაა გაშუქებული წყალსაცავების უარყოფითი ზემოქმედების შემდეგი ძირითადი ასპექტები [19]:

1. წყალსაცავის ავსება-დაცლის ციკლი ცვლის ცოცხალი ორგანიზმების ისტორიულად ჩამოყალიბებულ საარსებო გარემოს, ამასთან წყალსაცავი გავლენას ახდენს წყლის ხარისხზე;
2. ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ბარიერის შექმნა ქვედა ბიეფიდან ზედა ბიეფში მოძრაობისას;
3. ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფში მყარი ნაწილაკების შემცველი წყლის ნაკადის ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების ცვლილება, რასაც თან სდევს ბუნებრივი პირობებისგან თვისობრივად განსხვავებული კალაპოტური პროცესების განვითარება.

წყლის დირექტივის მოთხოვნები შეიცავს:

- ა) წყალშემტბორი ნაგებობების გავლენის შემცირებას თევზსავალი ნაგებობების მოწყობით მდინარის დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით თევზების გადასაადგილებლად;
- ბ) ჰიდროელექტროსადგურების წყალსატარი ტრაქტების, წყალგადასაშვები ნაგებობების და ჰიდროტურბინების ისეთი კონსტრუქციების შექმნას, რომლებიც უზრუნველყოფს ბიოლოგიური ორგანიზმების უსაფრთხო მოძრაობას ზედა ბიეფიდან ქვედა ბიეფისაკენ, ამასთან ამავე მიმართულებით გადაადგილდება მყარი ნატანი და ორგანული ნარჩენები;
- გ) ზედა და ქვედა ბიეფების ჭალურ კალაპოტებში გაწყლოვანების უზრუნველყოფას თხევადი და მყარი ჩამონადენის ისეთი ცვალებადობის განხორციელებით, რაც შეინარჩუნებს ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო გარემოს ამ არეალში.

ევროკავშირის დირექტივითა და ნორმატიული აქტებით რეკომენდებულია „კარგი ეკოლოგიური მდგომარეობის“ მიღწევის და მაჩვენებლების განსაზღვრა, ამასთან არ არის მოყვანილი კონკრეტული ღონისძიებების ნუსხა, რომლებიც დამოკიდებულია სამდინარო აუზის კონკრეტულ ფიზიკო-გეოგრაფიულ და სოციალურ-ეკონომიკურ თავისებურებებზე.

## 2.5.2. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები აშშ-ში

სამეცნიერო ლიტერატურაში [20] მოყვანილია რამდენიმე მაგალითი, საიდანაც ჩანს ჰიდროენერგეტიკისა და ეკოლოგიური ინტერესების ჰარმონიზაციის შედეგი.

1. მდ. პენობსკოტის აუზში ერთი საუკუნის წინ მოწყობილმა კაშხალმა საფრთხე შეუქმნა თევზის 12 გამავალ სახეობას - ბლოკავდა მის მიგრაციას მდინარის აღმავალი მიმართულებით.

გარემოსდაცვითი წყალგაშვების განხორციელების უზრუნველსაყოფად გადაწყდა სამი კაშხლის ექსპლუატაციის შეწყვეტა, ამასთან ელექტრო-



ენერჯის გამომუშავება განხორციელდება მდ. პენობსკოტის შენაკადებზე განლაგებულ ექვს ჰესზე, ამ ღონისძიებით უმნიშვნელოდ შემცირდა გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, სამაგიეროდ ნაკადის პარამეტრების დაახლოებით ბუნებრივ პირობებთან არსებითად გაუმჯობესდა თევზების საარსებო გარემო.

მდ. როანოკზე განლაგებული ორი ჰესით მოხმარების პიკური ნაწილის დაფარვის პროცესში ჰესზე გადამუშავებული წყალი ქვედა ბიეფის ჭალური კალაპოტის დატბორვისას ანადგურებდა ტყეებს, რაც არ იყო დამახასიათებელი მდინარის დინებისათვის ბუნებრივ პირობებში. ტყის დატბორვის პრობლემა მოიხსნა ჰესის რეჟიმების ოპტიმიზაციით — წყლის ხარჯისა და შესაბამისად დატბორილი ტერიტორიის შემცირებით.

მდ. სავანაზე მოწყობილი სამ ჰიდროკვანძიანი კასკადის მესამე საფეხურზე საფრთხე შეექმნა ზუთხის სახეობას. მიმდინარეობდა ზუთხის რაოდენობის და მიგრაციის მონიტორინგი. მონიტორინგის პროცესში ცხადი გახდა, რომ წყალგაშვებები დაკავშირებულია განსაზღვრულ ტემპერატურულ რეჟიმთან, რომლის უზრუნველსაყოფად შემცირდა წყალგაშვების ხარჯი, რომლის კომპენსირება განხორციელდა კასკადის სხვა წყალსაცავიდან.

### **2.5.3. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებები ჩინეთში**

ჩინეთის უდიდესი მდინარის იანძის ჩამონადენის ხელოვნური დარეგულირება კაშხლებით უარყოფითად აისახა ქვემო ბიეფის ბუნებრივი ბიომრავალფეროვნების დარღვევაში.

მდინარის დარეგულირებამდე იანძის ხეობა ასრულებდა წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის ჩამონადენის ბუნებრივი რეზერვუარის როლს. უნდა აღინიშნოს, რომ ხსენებული ჩამონადენის უდიდესი ნაწილი (60%) ყალიბდება ზაფხულის სეზონის პერიოდში მუსონური ნალექების ხარჯზე. ამავე პერიოდს ემთხვევა ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის მაქსიმუმი სამხრეთ ჩინეთის

პროვინციებში. იმის გამო, რომ წყალსაცავში მოსალოდნელი დიდი მოცულობის წყლის მასების შემოდინების პერიოდისათვის მიზანშეწონილია წყლის დონის დაბალი ნიშნულის შენარჩუნება, ზაფხულის პერიოდის დადგომამდე ხორციელდებოდა წყალსაცავის დონის ინტენსიური დამუშავება იმ პირობებში, როცა ელექტროენერგიაზე მოთხოვნა არ იყო მაქსიმალური. ასეთი წყალგაშვებები იწვევდა დანაკარგებს ელექტროგამომუშავებისას.

მდ. იანძის ხეობაში მიმდინარე პროცესების ბუნებრივ კალაპოტში დასაბრუნებლად შემუშავებული გარემოსდაცვითი ღონისძიებები ითვალისწინებს თევზების არსებობის პირობების შექმნას, წყლის გაჭუჭყიანების შემცირებას და დაცული ტერიტორიების ზონის დადგენას [5].

მოყვანილი მიზნების რეალიზაციის მიზნით განზრახულია ჰიდროკვანძის მშენებლობა მდ. იანძის ერთ-ერთ შენაკადზე, რომლის წყალსაცავის ექსპლუატაცია მხოლოდ ენერგეტიკული დანიშნულებით წარიმართება. წყალდიდობების შემაკაველ-რეგულატორის ფუნქციას შეასრულებს, როგორც ეს ბუნებრივ პირობებში ხდებოდა მდ. იანძის ხეობა მისი ჭალური კალაპოტების სახით. ყოველივე თქმული ხელს შეუწყობს ცოცხალი ორგანიზმების ბუნებრივი პირობების რესტავრაციას. ცხადია, რომ აღწერილი ღონისძიებების რეალიზაციამ ხანგრძლივი დრო (4 წელიწადი) და მნიშვნელოვანი მატერიალური დანახარჯები მოითხოვა.

მოყვანილი მაგალითიდან კარგად ჩანს, რომ მატერიალური საშუალებებით უზრუნველყოფილი შესაბამისი ნების არსებობისას შესაძლებელია ენერგეტიკული და გარემოსდაცვითი მიზნების გათვალისწინება ისე, რომ ორივე მათგანის მოთხოვნები მაქსიმალურად იყოს რეალიზებული.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან ცხადია ის დიდი მნიშვნელობა, რაც გააჩნია გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების უზრუნველყოფას და მის რაოდენობრივ შეფასებას კონკრეტული ცოცხალი ორგანიზმების ბუნებრივი

საარსებო გარემოს შენარჩუნებაში. ამასთან, გარემოსდაცვითი წყალგაშვების სიდიდე არსებით გავლენას ახდენს წყალსამეურნეო კომპლექსის დარგების ფუნქციონირებაზე, მათ შორის ჰიდროენერგეტიკაზე. მიუხედავად იმისა, რომ ჰიდროენერგეტიკა წყლით მოსარგებლე დარგებს მიეკუთვნება, მისი მიზნები წინააღმდეგობაში მოდის გარემოსდაცვით მოთხოვნებთან. მეორე მხრივ, საზოგადოებრივი პროგრესი განუწყვეტლივ მოითხოვს ელექტროენერჯის წარმოების გაზრდას. გარემოსდაცვითი წყალგაშვება ამცირებს ჰესის პოტენციურ სიმძლავრეს, მის ელექტროგამომუშავებას, რასაც თან ახლავს მის სხვა ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების კლება, რაც უარყოფითად აისახება ჰესის განხორციელების ეკონომიკურ მიზანშეწონილობაზე.

გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების ძირითადი მიზანია შეინარჩუნოს/არ დაარღვიოს ისტორიულად ჩამოყალიბებული ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო გარემო. გარემოსდაცვითი ჩამონადენი რეგლამენტირებულია რიგი ევროპის, ამერიკის, აზიის, აფრიკის ქვეყნების, ავსტრალიის საკანონმდებლო აქტებით, რაც ეკოლოგიური წყალგაშვებების მნიშვნელობაზე მეტყველებს. გარემოსდაცვითი წყალგაშვება გვევლინება როგორც კლიმატის გლობალური ევოლუციით გამოწვეული გახშირებული წყალდიდობა-წყალმოვარდნებისა და გვალვების შესაძლო უარყოფითი შედეგების შემსუბუქების მიმართულებით განხორციელებულ ღონისძიებათა ერთ-ერთი კომპონენტი. მსოფლიო პრაქტიკა იცნობს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების რაოდენობრივი შეფასების მრავალ მეთოდს, რომელთა შორის უნდა გამოიყოს კომპლექსური მოდგომა. ვფიქრობთ, რომ საქართველოს პირობებისათვის უმჯობესი იქნება გარემოსდაცვითი ჩამონადენი შეფასდეს კონკრეტული წყალაღების კვეთში მისი მაფორმირებელი ყველა ფაქტორის მოდელირებით.

ზემოთ მოყვანილი ევროკავშირის, აშშ-ს, ჩინეთის მაგალითები მკაფიოდ უჩვენებს იმ ფართო შესაძლებლობებს, რომელიც არსებობს გარემოსდაცვითი და ჰიდროენერგეტიკული მოთხოვნების

შეთანხმებულად დაკმაყოფილებისათვის. აქვე შევნიშნავთ, რომ ჩვენი აზრით, საქართველოს პირობებში გარემოსდაცვითი პრობლემების გადაწყვეტა არ მოითხოვს ისეთი რადიკალური ზომების მიღებას, რაც ზემოთ იყო მითითებული, ამასთან აუცილებელია გარემოსდაცვითი წყალგაშვების იმ რაოდენობის დადგენა თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში, რომლითაც მაქსიმალურად იქნება გათვალისწინებული ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების მოთხოვნა და თხევადი ჩამონადენის დარჩენილი ნაწილის ენერგეტიკული მიზნებით გამოყენება ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით მისაღები იქნება.

### **თავი 3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორები**

ცნობილია, რომ მდინარეების ჩამონადენის ენერგეტიკული გამოყენება შეიძლება განხორციელდეს კაშხალური, დერივაციული ან შერეული სქემებით. ამასთან თანამედროვე პირობებში ჰიდროკვანძები, როგორც წესი, კომპლექსური გამოენებისაა და წყლის მეურნეობების სხვადასხვა სუბიექტების მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად გამოიყენება.

ჰიდროკვანძის ნაგებობებიდან მდინარის ჩამონადენის ტრანსფორმაციაზე ყველაზე დიდი გავლენა აქვს კაშხლებს (წყალშემტბორ ნაგებობებს) და სადერივაციო ნაგებობებს. პირველ შემთხვევაში კაშხლების საშუალებით იქმნება წყალსაცავები, სადაც წყლის სიჩქარეები გაცილებით ნაკლებია მდინარის ნაკადის ბუნებრივ სიჩქარესთან შედარებით, იცვლება წყლის ტემპერატურული და ბიოქიმიური რეჟიმი, გარემომცველ გრუნტში იზრდება მიწისქვეშა წყლების დონე, რაც განაპირობებს ფილტრაციას კაშხლის ფუძეში და მისი გვერდითი საყრდენების ირგვლივ. წყალსაცავის ზედაპირიდან ადგილი აქვს აორთქლებას, წყალსაცავში ილექება მდინარის მყარი ნატანი, რასაც კაშხლის ქვედა ბიეფში ნატანისგან თავისუფალი ე. წ. „მშიერი“ ნაკადის გადინება ხდება და შედეგად მდინარის კალაპოტის წარეცხვა ქვედა ბიეფში, კაშხალი ხელს უშლის თევზის მიგრაციას.

მეორე შემთხვევაში სახეზეა მდინარის გარკვეული მონაკვეთის ნაწილობრივი გაუწყლოება, რაც იმითაა გამოხატული, რომ მდინარის ჩამონადენის გარკვეული ნაწილი ენერგეტიკული გამოყენების მიზნით სადერივაციო ნაგებობით მიემართება ჰესისაკენ, ხოლო მდინარის ბუნებრივ კალაპოტში წყალმიმღებსა და გამყვანი არხის მდინარესთან შესართავამდე მანძილზე მიედინება მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის შედარებით მცირე ნაწილი.

მდინარის გარკვეული სიგრძის მონაკვეთის გაუწყლოებამ შესაძლოა ლოკალური გავლენა მოახდინოს ადგილობრივ ცხოველებზე და ფრინველებზე, მცენარეებზე, წყალმცენარეებზე, იხტიოფაუნაზე, წყალსამეურნეო სუბიექტების წყალმოთხოვნილების დაკმაყოფილების პირობებზე — მდინარის აღნიშნული მონაკვეთის გასწვრივ განლაგებული დასახლებული პუნქტების, საწარმოების, სასოფლო სამეურნეო სავარგულების წყალმომარაგებაზე და სხვა.

ჰიდროენერგეტიკისათვის მნიშვნელოვანია გარემოზე ზემოქმედების განხილვა ორ ასპექტში: პირველი მდინარის რა ჩამონადენი დარჩება ენერგეტიკული გამოყენებისათვის გარემოს დაცვითი მოთხოვნების დაკმაყოფილების შემდეგ და რა ღონისძიებების გატარება იქნება აუცილებელი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაკმაყოფილებისთვის და როგორ აისახება იგი გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებაზე.

საქართველოს უპირატესად მთიანი რელიეფი და მცირემიწიანობა განაპირობებს სამდინარო ჩამონადენის ენერგეტიკული ათვისების თავისებურებებს: კაშხლიანი წყალსაცავების განხორციელება მიზანშეწონილია უმთავრესად მდინარეთა სამთო უბნებზე ვიწრო, ღრმა ხეობებში, სასოფლო-სამეურნეო მიწების სიმცირით გამორჩეულ მცირედ დასახლე-ბულ რაიონებში. აქვე აღვნიშნოთ, რომ მიუხედავად მოსახლეობის ნაწილის უარყოფითი დამოკიდებულების ასეთი ტიპის ჰიდროკვანძების განხორციელება აუცილებელია ენერგოსისტემის

მოთხოვნილებიდან გამომდინარე, ვინაიდან ისინი ახორციელებენ მდინარის ჩამონადენის გადანაწილებას (რეგულირებას) წლიურ, სეზონურ, კვირულ, დღელამურ ჭრილში, რითაც ხელს უწყობენ ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკის დაფარვას.

გარემოსდაცვითი პირობების გათვალისწინებით, ამჟამად საქართველოში უპირატესად დერივაციული ტიპის ჰიდროკვანძები ეწყობა, რომლებიც ძირითადად არ ახდენენ მდინარის ჩამონადენის რეგულირებას — ისინი მდინარეთა ბუნებრივ ჩამონადენზე მუშაობენ. უნდა ითქვას, რომ თანამედროვე პირობებში შემუშავებულია და განხორციელებულია მთელი რიგი საინჟინრო ღონისძიებები გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემსუბუქების მიზნით. მას მიეკუთვნება: წყალსაცავების ნატანისგან გაწმენდა და ტრანსპორტირება ქვედა ბიეფში მექანიკური ან ჰიდრაულიკური (წყალსაცავების გარეცხვა) გზით, თევზსავალების მშენებლობა, კაშხლის ფუძეში და შემოვლითი ფილტრაციის საწინააღმდეგო ფარდების მოწყობა, წყალსაცავის გარემომცველი გრუნტის ფერდობების დრენაჟების მოწყობა, რაც შეეხება წყალსაცავებში ტემპერატურული და ბიოქიმიური პირობების შექმნას, რაც მაქსიმალურად მიუახლოვებს მას მდინარის წყლის ბუნებრივ პირობებს, იგი შეიძლება განხორციელდეს წყალსაცავის წყლის ცირკულაციის ინტენსიურობის გაზრდით პერიოდული წყალგაშვების გზით, რაც წყლის ბუნებრივ აერაციას და შესაბამისად ცოცხალი ორგანიზმების სასიცოცხლო პირობებს გააუმჯობესებს. დერივაციული ტიპის ჰიდროკვანძების განხორციელებისას მოითხოვება წყლის იმ აუცილებელი რაოდენობის (გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი) დადგენა, რომელმაც უნდა გაიაროს მდინარის ბუნებრივ კალაპოტში წყალმიმღებსა და გამყვანი არხის მდინარესთან შეერთების კვეთებს შორის. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინებით: გაუწყლოვებული უბნის სიგრძე, გავლენა ცხოველთა და მცენარეთა სამყაროზე, გავლენა იხტიოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, მდინარის

გაჭუჭყიანების ხარისხით (მაგნე ნივთიერებების კონცენტრაციით), სასმელ, სამრეწველო და სარწყავ წყალზე, სასოფლო-სამეურნეო პირუტყვის წყლის მიწოდების, წყლის მეურნეობის კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მოთხოვნილებებით.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ საქართველოში ამ ეტაპზე საკანონმდებლო წესით არ არის დადგენილი გარემოსდაცვითი წყალგამწვების სიდიდე, ამასთან ქვეყანაში მოქმედი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტებით რეგლამენტირებულია გარემოსდაცვითი პირობების უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი ეკოლოგიური და ტექნიკური მოთხოვნები.

შეიძლება გამოვყოთ გარემოსდაცვითი წყალგამწვების მნიშვნელობაზე მოქმედი შემდეგი ფაქტორები:

გარემოსდაცვითი ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორები გაუწყლოვების მიხედვით:

- 1) უბნის სიგრძე და ამ ზონაში მოსახლეობის სიმჭიდროვე;
- 2) გავლენა ცხოველთა სამყაროზე;
- 3) გავლენა მცენარეულ საფარზე;
- 4) გავლენა იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე;
- 5) გავლენა წყალსადინარის სანიტარულ-ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

გარემოსდაცვითი ხარჯის განმსაზღვრელი ტექნიკური ფაქტორები:

- 1) სასმელ წყალზე მოთხოვნა გაუწყლოვანების არეში;
- 2) სარწყავ წყალზე მოთხოვნა გაუწყლოვანების არეში;
- 3) გაუწყლოვანების გავლენა წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მოთხოვნილებაზე.

განვიხილოთ თითოეული მათგანი: ცხადია, რომ გაუწყლოვებული უბნის სიგრძის ზრდასთან ერთად მატულობს გარემოსდაცვითი რისკ-ფაქტორების რაოდენობა, ამასთან არსებითი მნიშვნელობა გააჩნია მოსახლეობის სიმჭიდროვეს ამ არეალში, ვინაიდან ეს ფაქტორები სასმელ

წყალზე სულზე მოთხოვნილების გათვალისწინებით განაპირობებს წყალზე მოთხოვნილების მთლიან ოდენობას.

სასმელ-სამეურნეო წყალმომარება დასახლებულ პუნქტებში განისაზღვრება მოსახლეობის რაოდენობით და ერთ სულზე წყლის მოხმარების დღიური ნორმის მიხედვით, ეს უკანასკნელი იცვლება კლიმატური პირობების, ცხოვრების დონის, ადგილობრივი წყალმიწოდებელი სისტემის ხარისხის მიხედვით. კონკრეტულ შემთხვევაში წყალმომარებაზე არსებით გავლენას ახდენს ადამიანის წყლით სარგებლობის ინტენსიურობა, პროცედურის ხანგრძლიობა, აგრეთვე შენობის სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობებით აღჭურვის ხარისხზე (წყლის ეკონომიურად ხარჯვის მოწყობილობების, მათ შორის, წყალმიწოდების დროით შემზღუდველი ავტომატური ხელსაწყოების არსებობა და ა. შ.). და მათ ტექნიკურ მდგომარეობაზე.

მსოფლიოში წყლის საშუალო დღეღამური მოხმარება მნიშვნელოვნად იცვლება — მერყეობს რეგიონის და ქვეყნის ეკონომიკის დონის მიხედვით. მსოფლიოს ჯანმრთელობის დაცვის ორგანიზაციის მიხედვით დადგენილია წყლის ხარჯის ნორმა 1 სულ მოსახლეზე 450 ლ/დღე-ღამეში [27]. ეს არის წყლის რაოდენობა რაც აუცილებელია საცხოვრებელი სახლების, საავადმყოფოების, სკოლების, კომერციული საწარმოების და სხვა საზოგადოებრივი დაწესებულებების ყოფითი პირობების დასაკმაყოფილებლად. დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში, სადაც მოქალაქეთა სამოქალაქო პასუხისმგებლობა და წყლით სარგებლობის გადასახადი საკმაოდ მაღალია, წყლის ხარჯი მოყვანილ სიდიდესთან შედარებით გაცილებით ნაკლებია. შედარებისათვის მოგვყავს შემდეგი მონაცემები: მაგ., ერთ სულ მოსახლეზე წყლის მოხმარება დიდ ბრიტანეთში არის 140 ლ/დღე-ღამეში; გერმანიაში - 130 ლ/დღე-ღამეში, აშშ-ში დაახლოებით 200 ლ/დღე-ღამეში, რუსეთში - 400 ლ/დღე-ღამეში, არაბეთის გაერთიანებულ ემირატებში - 700 ლ/დღე-ღამეში [27].



საქართველოს პირობებისათვის ნორმატიული წყლის საშუალო ხარჯი 1 ადამიანზე (ქალაქის პირობებში) დღე-ღამეში მერყეობს 160 -350 ლ/დღე-ღამეში ფარგლებში, ამასთან იგი ხასიათდება უთანაბრობით დღე-ღამის და წლის სეზონის მიხედვით. კორექტირებას ითვალისწინებს დღელამური უთანაბრობის კოეფიციენტი. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს მაქსიმალური წყალმომხმარების ფარდობას საშუალო წყალმომხმარებასთან. იგი მიიღება 0,7-1,3-ის ფარგლებში [27].

წყლის საშუალო ხარჯი სოფელში მცხოვრებ 1 ადამიანზე დღე-ღამეში იცვლება 30 ლ/დღე-ღამეში - 250 ლ/დღე-ღამეში დიაპაზონში საცხოვრებლის სანკვანძების აღჭურვილობის მიხედვით [27].

დიდი ქალაქების ერთ სულ მოსახლეზე წყლის ხარჯის ნორმა ატარებს ზედმიწევნით ინდივიდუალურ ხასიათს, რადგან დამოკიდებულია მრავალ ადგილობრივ ფაქტორზე, კერძოდ კლიმატურ პირობებზე, ცხოვრებისეულ ტრადიციებზე, მრეწველობის განვითარების დონეზე და სხვა. საზოგადოდ, წყლის ხარჯს ორი ძირითადი მომხმარებელი განსაზღვრავს — მოსახლეობა და საწარმო ორგანიზაციები. მაგ., ერთ სულზე ქ. მცხეთაში მოსახლეობის წყლის ხარჯვის ნორმაა 392 ლ/დღე-ღამეში, ქ. რუსთავში - 244 ლ/დღე-ღამეში, თბილისში - 800 ლ/დღე-ღამეში [28].

სარწყავ წყალზე, სასოფლო სამეურნეო პირუტყვისათვის დასაწულეზღად, სამრეწველო და სასოფლო სამეურნეო საწარმოთა მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად საჭირო წყლის რაოდენობის განსაზღვრა შესაძლებელია ნორმების მიხედვით.

წყალი აუცილებელია მიწათმოქმედების განვითარებისათვის. სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურა მაღალი პროდუქტიულობის მისაღწევად დიდი რაოდენობის წყალს საჭიროებს. მაგ., მაღალი საჰექტარო მოსავლიანობის უზრუნველსაყოფად სიმინდის კულტურას ესაჭიროება 3,2 ტ. წყალი, კომბოსტოს — 8 ტ, ხოლო ყოველ კილოგრამ ხორბალს 750 ლ წყალი. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რწყვის ინტენსიურობას განსაზღვრავს კულტურის განვითარების აქტიური პერიოდის

განმავლობაში ფართობის ერთეულზე მიწოდებული სარწყავი წყლის რაოდენობა საანგარიშო მოსავლიანობის მისაღებად კონკრეტულ პირობებში — სარწყავი ნორმა. მისი საშუალო სიდიდე დამოკიდებულია ნიადაგის მახასიათებლებზე, სარწყავი ფართობების მდებარეობის რაიონის კლიმატურ პირობებზე, გრუნტის წყლის დონესა და სასოფლო სამეურნეო კულტურის სახეობაზე და მერყეობს 600-800 მ<sup>3</sup>/ჰა დიაპაზონში. სასოფლო სამეურნეო კულტურების სარწყავი წყლის ნორმა მოსარწყავი კულტურა სახეობის, სარწყავი ფართების სიდიდის, რწყვის თარიღის და მისი ხანგრძლიობის მიხედვით მიღებულია [29]-ის შესაბამისად.

წყალი ცხოველების და ფრინველებისათვის სასიცოცხლოდ აუცილებელია. ამ მიზნით მისი რაოდენობა განპირობებულია მათი სახეობის, რაოდენობის, დაწყურების ტიპის, მოვლის საჭიროების გათვალისწინებით. ერთი სული სასოფლო სამეურნეო ცხოველის და ფრინველის დაწყურების საქართველოში მიღებული ნორმები მოცემულია [30]-ში.

მძიმე და მსუბუქი მრეწველობის საწარმოების მოთხოვნილება წყალზე დამოკიდებულია წარმოებული პროდუქციის სახეობაზე. წყლის ხვედრითი ხარჯის ნორმები საწარმოებისათვის მოყვანილია [31]-ში. წყლის ხარჯი გაიანგარიშდება საწარმოს პროფილის, საწარმოს მწარმოებლურობის წარმადობის და წყალმიწოდების მიღებული სქემის შესაბამისად.

გაუწყლოვების გავლენა მცენარეულ საფარზე შეიძლება გამოიხატოს ნიადაგის ტენიანობის დაკლებით, რაც ხელს უწყობს ამ ზონაში ცალკეული ხის ჯიშების და ზოგადად მცენარეული საფარის არახელსაყრელი კვების პირობების შექმნას, ჭაობების ფართობების შემცირებით, რაც თავის მხრივ წინააღმდეგობას შეუქმნის მთელი რიგი ცოცხალი არსებების, მათ შორის წყალმცენარეების ბუნებრივი განვითარების პროცესს. აღნიშნულმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს ცხოველების და ფრინველების კვების პირობებზე.

მდინარეების ენერგეტიკული გამოყენებისას დერივაციული სქემით, თუნდაც მცირე სიმაღლის კაშხლების მოწყობისას, რაც აუცილებელია წყლის დერივაციაში შესასვლელად, უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი თევზის ორმხრივი გადაადგილება მდინარის დინებისა და მისი საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამ მიზნით ეწყობა თევზსავალი ნაგებობები, რომელთა ტიპისა და კონსტრუქციის შერჩევის ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა თევზის სახეობა და მისი გადაადგილებისთვის აუცილებელი ნაკადის დასაშვები სიჩქარე, რაც თავის მხრივ წყლის საჭირო ხარჯს განსაზღვრავს.

თევზების მიერ გადალახული ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეები განსხვავებულია სხვადასხვა სახეობის თევზისათვის, ამიტომ თევზსავალებში ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარე მიიღება გარკვეულ დიაპაზონში — იმ სიჩქარეზე ნაკლები რომელთა გადალახვა შეუძლიათ თევზებს ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად. ეს სიჩქარეები მოყვანილია ცხრილში 5 [32]:

**ცხრილი 5. თევზების მიერ გადალახული ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეები**

| თევზის სახეობა                    | თევზის მიერ გადასალახი ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ |
|-----------------------------------|--|
| ორაგული, კალამხი, ქარიყლაპია      | 2,3÷3,5  |
| მურწა                             | 1,8÷2,3  |
| ქაშაყი, სიგა, ბოლოწითელა          | 1,6÷1,8  |
| ზუთხი, თართი, ფარგა               | 1,2÷1,5  |
| კაპარჭინა, კობრი, ქორჭილა, ნაფოტა | 0,6÷1,2  |

ქვედა ბიეფიდან ზედა ბიეფში თევზის მოძრაობის ხელშემწყობი მრავალი სახის ნაგებობა და მოწყობილობაა ცნობილი, რომელთაგან ყველაზე ფართოდ თევზსავალებია გამოყენებული.

თევზსავალების კონსტრუქციას, ძირითადად, განსაზღვრავს ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ქვედა ბიეფიდან ზედა ბიეფისაკენ მოძრავი თევზის მიერ გადასალახი ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე.

საბჭოთა პერიოდში აშენებულ საქართველოს ენერგეტიკულ ჰიდროკვანძებზე მაგ., ზაჰესზე, რიონჰესზე, ორთაჭალჰესზე არსებობს თევზსავალები, თუმცა ამჟამად უმოქმედოა. ბოლო პერიოდში ექსპლუატაციაში შეყვანილ მაგ., ფარავანჰესის და ბახვი 3 ჰესის სათავო ნაგებობათა კომპლექსში საფეხურიანი თევზსავალები ნორმალურად ფუნქციონირებს.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თევზების მოძრაობა ზედა ბიეფიდან ქვედას მიმართულებით შეიძლება განხორციელდეს წყალგადასვებების, ჰიდროტურბინების ან თევზსავალების უკუმიმართულებით გავლით. ჰიდროტურბინებისათვის მოითხოვება განსაკუთრებული პირობების დაცვა, კერძოდ: დაწნევა 20,0 — 30,0 მ, მუშა თვლის დიდი დიამეტრი და დაბალი ბრუნთა რიცხვი, შედარებით დიდი ღრეჩო მუშა თვალსა და მუშა თვლის კამერას შორის.

ძალიან მნიშვნელოვანია მდინარეთა გაუწყლოვებულ უბანზე წყლის ჩანადენი წყლით დაბინძურების მაჩვენებლის დასაშვებ ნიშნულზე დაბალი დონის შენარჩუნება, რაც ამ უბანზე შესაბამისი სიდიდის წყალგაშვებით უნდა იყოს უზრუნველყოფილი. მდინარეებს თვითგაწმენდის ნორმალური პროცესისათვის უნდა გააჩნდეს საკმარისი ჩამონადენი, რომელიც განისაზღვრება გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გაზავებით საჭირო კონცენტრაციამდე, რითაც უზრუნველყოფილი იქნება ფლორისა და ფაუნის ბუნებრივი საარსებო გარემო.

საქართველოში წყლის დაბინძურებისგან დაცვის საკითხები რეგულირდება დოკუმენტებით: საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425 (2013 წლის 31 დეკემბერი) „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“ [33] და საქართველოს მთავრობის დადგენილება №17 (2014 წლის 3 იანვარი) „გარემოსდაცვითი ტექნიკური რეგლამენტების დამტკიცების თაობაზე“ [34]. ამ დოკუმენტების მიხედვით წყლის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლებია:

წყალბადის ინდექსი (pH), მინერალიზაცია (TDS ), წყალში გახსნილი ჟანგბადი (DO), ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება (ჟ.ქ.მ., COD), ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება (ჟ.ბ.მ.,BOD), ბუნებრივ წყლებში აზოტნაერთების (ნიტრიტი — NO<sub>2</sub>, ნიტრატი — NO<sub>3</sub> და ამონიუმი — NH<sub>3</sub>) და არსებული შეტივენარებული ჯამური ნაწილაკების (TSS) დასაშვებ ზღვრებში არსებობა.

მეორე მხრივ, მდინარის ჩამონადენის ის ნაწილი რომელიც გამოიყენება ელექტროენერჯის მისაღებად და რომელიც მდინარის მთლიან ჩამონადენსა და გარემოსდაცვითი ჩამონადენის სხვაობით განისაზღვრება უნდა იყოს ეკონომიკურად ეფექტური, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს ამა თუ იმ ჰესის განხორციელების მიზანშეწონილობას.

ცხადია, რომ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდის გამოსახვა შედარებით მარტივია მდინარის საშუალო მრავალწლიურ ან საშუალო თვიურ ხარჯზე დამოკიდებულებით, რაც ხელსაყრელია ჰიდროენერგეტიკულ საპროექტო პრაქტიკაში მისი გამოყენების უკეთესად აღქმისათვის.

წყლის რესურსებს მოიხმარს კომუნალური და სამეურნეო წყალმომარაგება, წყლის რესურსებით სარგებლობს ჰიდროენერგეტიკა, თევზის მეურნეობა, რეკრეაცია, ნაოსნობა. თითოეული მათგანი წყლის რესურსებს საკუთარი მიზნების რეალიზაციისათვის იყენებს, რომლებიც ზოგჯერ ერთმანეთის საწინააღმდეგოა. მაგ., წყლის ენერჯის ეფექტურად უტილიზაციისათვის მიზანშეწონილია ჰესის დაწნევის გაზრდა, რაც მიიღწევა ზედა ბიეფის მაქსიმალური დონის და იმავდროულად ქვედა ბიეფის მინიმალური დონის პირობებში. თევზის მეურნეობებისათვის კი — პირიქით, მნიშვნელოვანიაქვემო ბიეფში შესაძლო მაღალი დონის არსებობა.

წყალსამეურნეო კომპლექსის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის და განვითარების სცენარების პროგნოზირებისათვის უნდა არსებობდეს ფაქტობრივი ინფორმაცია ბუნებრივ წყლის რესურსების, წყალმოხმარების და წყლის რესურსების ხარისხობრივი მახასიათებლების შესახებ.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დასადგენად კონკრეტული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტისთვის თავდაპირველად განისაზღვრება გაუწყლოების ფართობი, მოსახლეობის რაოდენობა, საცხოვრებელი ადგილის სახეობა, საწარმოების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების და პირუტყვის სახეობა, მოცემულ ზონაში გავრცელებული ცხოველთა და ფრინველთა ჯიშები, მდინარის გაუწყლოვანებულ უბანზე თევზის სახეობები, მცენარეული საფარის ტიპი, შემდეგ დადგინდება ყველა ჩამოთვლილის მიერ მოხმარებული წყლის ნორმები ერთ ერთეულზე და მთლიანად და მათი შეჯამებით გამოითვლება ის წყლის ხარჯი, რომელიც უნდა დარჩეს მდინარის გაუწყლოვებულ უბანზე. ეს წყლის ხარჯი იქნება მოცემულ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი.

მეორე მხრივ, ჰიდროენერგეტიკული გაანგარიშებით მიღებული მდინარის 50%-იანი უზრუნველყოფის საშუალო მრავალწლიურ ხარჯს გამოაკლდება რა გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი მიიღება ჰესის წყლის ხარჯი. ეს უკანასკნელი შეიძლება შეფასდეს, როგორც მდინარის საშუალო მრავალწლიური ხარჯის ნაწილი, რომელიც დაპროექტებისას იქნება გათვალისწინებული. შემდგომი ეკონომიკური გაანგარიშება აჩვენებს რამდენად ეფექტური იქნება მიღებული ჰესის წყლის ხარჯი ელექტოენერჯის საწარმოებლად.

დერივაციული ტიპის ჰიდროკვანძები ძირითადად წყალდენის რეჟიმში მუშაობს. აღნიშნული ტიპის ჰიდროკვანძებს ახასიათებს ქვედა ბიეფის კალაპოტის გარკვეული ხარისხით გაუწყლოვება. ამიტომ საკითხი განხილული უნდა იყოს კომპლექსურად ისე, რომ ერთის მხრივ მაქსიმალურად გამოყენებული იქნეს მთლიანი ენერგეტიკული რესურსი და მეორეს მხრივ დაცული იყოს ძირითადი ბუნებრივი პირობები.

ამ საკითხის გადაწყვეტისათვის შესაძლებელია მდინარის ჩამონადენის იმ ნაწილის დადგენა, რომელიც გატარდება წყალშემზღვევით ნაგებობის ქვედა ბიეფის კალაპოტში გარემოსდაცვითი მიზნებისათვის. ყველაზე რეალისტურად მიგვაჩნია საკითხისადმი შემდეგი მიდგომა [35]:

უნდა დადგინდეს ის მინიმალური საშუალოთვიური წყლის ხარჯი, რომელიც აიღება საშუალო მრავალწლიური ჰიდროგრაფიდან შემდგომი ოპერირებისათვის. ასეთ წყლის ხარჯად შეიძლება მიღებული იქნეს მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯების 95%-იანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯი, რომელსაც ვუწოდებთ ეკოლოგიურ (გარემოსდაცვით) წყლის ხარჯს. საქმე ის გახლავთ, რომ ეს მინიმალური ხარჯი ბუნებრივად მიედინება მდინარეში იმისდა მიუხედავად აგებულია მასზე წყალშემზღვევით ნაგებობა თუ არა და ამ პირობებში ფორმირდება ეკოსისტემა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ხარჯი არ არის მუდმივი სიდიდე. იგი შეიძლება ცალკეული დღეების განმავლობაში სამჯერო-ოთხჯერ განსხვავდებოდეს (ნაკლები იყოს) ეკოლოგიური წყლის ხარჯისაგან, რაც დაუშვებელია გარემოსდაცვითი მოთხოვნებიდან გამომდინარე, მაგრამ ბუნებას მეტი გაცემა არ შეუძლია. პრაქტიკულად იგივე სიტუაცია შეიძლება შეიქმნას შედარებით ნაკლები უზრუნველყოფის პირობებში. აღნიშნულის გათვალისწინებით წყალაღების შეწყვეტამ წყალმცირობის პერიოდში შეიძლება გამოიწვიოს სამეურნეო-საწარმოო დარგის სრული პარალიზება. აქედან გამომდინარე, უნდა დადგინდეს ეკოლოგიური წყლის ხარჯების ის საბაზო მნიშვნელობები, რომლებიც შემდგომში გაკორექტირდება ბუნებისდამცავი მოთხოვნების გათვალისწინებით [27].

წყლის ჩამონადენის შესწავლის მიხედვით მდინარეები დაყოფილია სამ ჯგუფად [27]:

1. მდინარეები, რომელთა ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე არსებობს 15 —20 და მეტი წლის დაკვირვება;
2. მდინარეები რომელთა რეჟიმების შესახებ არსებობს მხოლოდ რამოდენიმე წლის დაკვირვება;
3. მდინარეები, რომელთა ჰიდროლოგიური რეჟიმების შესახებ მონაცემები არ არსებობს.

პირველი ჯგუფის მდინარეების ცალკეულ კვეთებში მინიმალური წყლის ხარჯების 95%-იანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯის დადგენის მიზნით თავდაპირველად განისაზღვრება ყოველი წლის მინიმალური საშუალო თვიური ხარჯები, შემდეგ ამ ხარჯების რანჟირების ხერხით — 95%-იანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯი.

მეორე ჯგუფის მდინარეებისთვის აუცილებელია არსებული წყლის ხარჯების რიგის დაგრძელება მდინარე ანალოგის წყლის ხარჯების მიხედვით. საკვლევი მდინარის მდინარე ანალოგი უნდა შეირჩეს ძირითადად შემდეგი პირობების გათვალისწინებით: წყალშემკრები აუზის შესაძლო გეოგრაფიული სიახლოვე; მათი კლიმატური პირობების მსგავსება; ჩამონადენის ფორმირების პირობების ერთგვაროვნება; ჰიდრაულიკური პირობების (გრუნტების) ერთტიპიურობა; შესაძლებლობის მიხედვით ტბიანობის, ტყიანობის, დაჭაობებულობის და მოხნულობის ხარისხის სიახლოვე; წყალშემკრები აუზის ფართობი არ უნდა განსხვავდებოდეს 10-ჯერ უფრო მეტად, ხოლო აუზის საშუალო სიმაღლეები (მთის მდინარეებისთვის) არაუმეტეს 300 მეტრით; ბუნებრივი ჩამონადენის არსებითად დამამახინჯებელი ფაქტორების (ჩამონადენის რეგულირება, წყალაღებები მორწყვის ან სხვა მიზნით) არ არსებობა [27].

მესამე ჯგუფის მდინარეების წყლის ხარჯები დადგინდება ზემოთ მითითებულის შესაბამისად შერჩეული მდინარე ანალოგის წყლის ხარჯების მიხედვით.

გაანგარიშების შემდეგ ეტაპზე უნდა განისაზღვროს მინიმალური გარემოსდაცვითი ხარჯის  $\alpha$  კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს მდინარის 95%-იანი უზრუნველყოფის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ფარდობას მდინარის საშუალო მრავალწლიური ჰიდროგრაფის მინიმალურ საშუალო თვიურ ხარჯთან. ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია მდინარის ჩამონადენის საშუალო წლიურ განაწილებაზე და მდინარე ანალოგისთვის მისი საშუალებით შესაძლებელია საკვლევი



მდინარის ცნობილი სიდიდის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა [27].

მაგალითის სახით, ჩვენს მიერ განხილული იქნა [27]:

ა) ჰიდროლოგიურად შესწავლილი შემდეგი მდინარეები: მდ. რიონი (ჰ/ს ალპანა, 64 წ.), მდ. კინტრიში (ჰ/ს ჭახათი, 46 წ.), მდ. ენგური (ჰ/ს ხაიში, 45 წ.), მდ. ჯეჯორა (ჰ/ს პიპილეთი, 45 წ.), მდ. ხანისწყალი (ჰ/ს ბაღდათი, 50 წ.);

ბ) ჰიდროლოგიურად ნაწილობრივ შესწავლილი მდინარეები: მდ. ნატანები (∇ 780,0 მ, 7 წ.) — ანალოგი მდ. ბახვისწყალი (ჰ/ს ბახმარო, 47 წ.), მდ. ჭოჭიანი (∇ 1465,0 მ, 3 წ.) — ანალოგი მდ. ჭოჭიანი (ჰ/ს თრიალეთი, 34 წ.), მდ. გუბაზეული (∇ 960,0 მ, 2 წ.) — ანალოგი მდ. გუბაზეული (ჰ/ს ხიდისთავი, 44 წ.)

გ) ჰიდროლოგიურად შეუსწავლელი მდ. ბარამიძის წყალი (∇ 728,0 მ) — ანალოგი მდ. სუფსა (ჰ/ს ჩოხატაური, 50 წ.), მდ. ცხენისწყალი (∇ 1340,0 მ) — ანალოგი მდ. ცხენისწყალი (ჰ/ს ლუჯი, 47 წ.), მდ. სტორი (∇ 1250,0 მ) — ანალოგი მდ. სტორი (ჰ/ს ლეჩური, 51 წ.)

საბაზო გარემოსდაცვითი და საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები ( $Q_0$ ) წარმოდგენილია ცხრილში 6. აქვე ცხრილში მოყვანილია გარემოს დაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობა %-ში საშუალო მრავალწლიურ წყლის ხარჯთან შედარებით  $K$  კოეფიციენტის სახით [27].

**ცხრილი 6. გარემოს დაცვითი წყლის ხარჯის მნიშვნელობა %-ში**

| მდინარე    | $Q_0$ , მ <sup>3</sup> /წმ | $Q_{საშ.}^{მინ.}$ ,<br>მ <sup>3</sup> /წმ | $Q_{საშ.} = Q_{95\%}$ ,<br>მ <sup>3</sup> /წმ | $\alpha = \frac{Q_{95\%}}{Q_{საშ.}^{მინ.}}$ | $K = \frac{Q_{95\%}}{Q_0}$ ,<br>% |
|------------|----------------------------|---|---|---|-----------------------------------|
| რიონი      | 102,0                      | 35,1                                      | 15,1  | 0,43  | 14,8                              |
| კინტრიში   | 9,36                       | 7,23                                      | 1,54  | 0,21  | 16,5                              |
| ენგური     | 114,0                      | 25,6                                      | 11,7  | 0,46  | 10,3                              |
| ჯეჯორა     | 12,7                       | 2,28                                      | 1,46  | 0,64  | 11,5                              |
| ხანისწყალი | 15,8                       | 8,9                                       | 2,29  | 0,26  | 14,5                              |
| ნატანები   | 3,88                       | 1,30                                      | 0,41  | 0,32  | 10,6                              |
| ჭოჭიანი    | 0,57                       | 0,11                                      | 0,02  | 0,18  | 3,5                               |
| გუბაზეული  | 4,14                       | 2,28                                      | 0,38  | 0,17  | 9,2                               |

|                 |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| ბარამიდის წყალი | 3,01 | 1,63 | 0,31 | 0,19 | 10,3 |
| ცხენისწყალი     | 13,7 | 3,99 | 2,12 | 0,53 | 15,5 |
| სტორი           | 2,31 | 0,88 | 0,39 | 0,44 | 16,8 |

ცხრილი 6-დან ჩანს, რომ *K* კოეფიციენტის სიდიდე იცვლება 3,5 %-დან 16,8 %-მდე ფარგლებში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ამჟამად საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდე არ შეესაბამება რეალობას. იგი ყოველი კონკრეტული მდინარისთვის უნდა იყოს აღებული ინდივიდუალურად.

აღსანიშნავია, რომ ცხრილში 6 წარმოდგენილი მდინარეებისათვის არ არის გათვალისწინებული მათი საზრდოობის ტიპი, ამასთან მდინარეთა წყლიანობის რეჟიმების ინდივიდუალობა ასოცირდება მათ საზრდოობის რეჟიმთან, რაც ქვემოთ იქნება განხილული

შევნიშნავთ, რომ მითითებული წყლის ხარჯების დადგენისას გამოყენებულ იქნა მასალები საქართველოს წყლის რესურსების [36], [37], [38] შესახებ და ზოგიერთი მონაცემები, რომლებიც მოცემულია საპროექტო და სამეცნიერო-კვლევითი ორგანიზაციების ტექნიკურ ანგარიშებში [39].

#### თავი 4. მდინარის ჰიდროგრაფების ტიპები კვების მიხედვით და მათი ანალიზი

მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებას განაპირობებს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც განსაზღვრავს მდინარეთა საზრდოობის სახეობებს.

ცნობილია მდინარეთა საზრდოობის შემდეგი სახეობები: მყინვარებით, თოვლით, წვიმებით, გრუნტის წყლებით, შერეული. ცხადია, რომ საზრდოობის პირველი სამი სახეობა ასოცირდება ატმოსფერულ ნალექებთან, ხოლო რაც შეეხება გრუნტის წყლებით საზრდოობას, მისი ჩამოყალიბება მდინარის გარკვეული ჰიდროლოგიური რეჟიმების პირობებში განპირობებულია ატმოსფერული ნალექებით, ხოლო ძალიან იშვიათად მიწისქვეშა წარმოშობის წყლებით [40], [41].

ყველაზე მეტი მდინარე საზრდოობს წვიმებით, მას მოჰყვება თოვლით საზრდოობა, რომელიც ძირითადად დამახასიათებელია ზომიერი კლიმატის რეგიონებისთვის. შემდეგ მოდის მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობა, რომელიც გამოირჩევა მდინარის სტაბილური წყლიანობის რეჟიმის უზრუნველყოფით. მყინვარებით საზრდოობას მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებაში მეოთხე ადგილი უჭირავს. მდინარეთა საზრდოობის შერეული სახეობა აერთიანებს მდინარეთა საზრდოობის

ოთხი ძირითადი სახეობიდან რამდენიმეს, რასაც პრაქტიკულად აქვს ადგილი მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმების ფორმირებაში, ამიტომ იგი ცალკე სახეობად არ განიხილება. შერეული საზრდოობის დახასიათებისას მნიშვნელოვანია დომინანტი საზრდოობის სახეობის გამოყოფა.

ყველაზე უფრო გავრცელებულ, მდინარეთა წვიმების წყლებით საზრდოობის განმსაზღვრელია თავსხმა ან შემორტყმული წვიმების რაოდენობრივი მახასიათებლები: ნალექების ხანგრძლივობა, ფენის სიმაღლე, წვიმების ინტენსიურობა, განფენილობა.

ამ მახასიათებლებს არსებითი წვლილი შეაქვთ მდინარეთა წყლიანობის და წვიმის გავლენით გრუნტის წყლების ჩამოყალიბებაზე. მდინარეთა წყლიანობას დიდწილად განაპირობებს წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნები, რომელთა მასშტაბი, თავის მხრივ, დამოკიდებულია წვიმების ინტენსიურობაზე, ხანგრძლივობაზე, წყალშემკრები აუზის ფართობზე, კალაპოტის ქანობზე, ტყიანობაზე, ნიადაგურ საფარზე და სხვ.. აღნიშნული ფაქტორები განაპირობებს მცირე მდინარეებზე კატასტროფულ წყალმოვარდნებს. გრუნტის წყლების საზრდოობის ერთერთი წყაროა შემორტყმული ხანგრძლივი წვიმები. საზოგადოდ, გრუნტის წყლების ჩამონადენი დამოკიდებულია გრუნტის ტენიანობაზე და ატმოსფერული ჰაერის ტემპერატურაზე. პირველ შემთხვევაში შემორტყმული წვიმა შეიძლება იყოს მიწისქვეშა წყლების მაფორმირებელი ფაქტორი, მეორეში — არა.

როგორც აღინიშნა, ზომიერი კლიმატის რეგიონებში მდინარეთა თოვლით საზრდოობა მათი ჩამონადენის მაფორმირებელი ძირითადი კომპონენტია. თოვლში წყლის მარაგს განსაზღვრავს კლიმატური, ტოპოგრაფიული პირობები, ადგილზე მწვანე საფარის არსებობა, ფერდობების მზისადმი ორიენტაცია. თოვლის დნობა იწყება ჰაერის დადებითი ტემპერატურისას, რომელიც გრძელდება თოვლის ფენის მიერ წყლის გაცემით. პროცესის ინტენსიურობა დამოკიდებულია გარემოს

ტემპერატურასა და დედამიწის ზედაპირის ტოპოგრაფიულ მახასიათებლებზე. თოვლის დნობასთან ასოცირდება წყალდიდობები. მიწისქვეშა წყლების რესურსზე თოვლის ნადნობი წყლების ზემოქმედების სიდიდე დამოკიდებულია ზედაპირული ქანების წყალშელწევადობასა და თოვლის დნობის ინტენსიურობაზე.

მდინარის წყლის რესურსის შევსება მიწისქვეშა წყლებით ხდება უდაწნეო ან სადაწნეო რეჟიმებში მდინარეში წყლის დონესთან გრუნტის წყლების დონის მდებარეობის მიხედვით. კლიმატური და ტოპოგრაფიული პირობების შესაბამისად გრუნტის წყლების რესურსის შევსებას შეიძლება ექნეს შემდეგი ხასიათი: სეზონური — გაზაფხულზე და შემოდგომაზე, ხანმოკლე — ზაფხულში, წლიური — ზამთარ-გაზაფხულზე. საქართველოს მდინარეების უმეტესობისთვის დამახასიათებელია გრუნტის წყლების სეზონური რეჟიმი.

მყინვარებით საზრდოობას დაქვემდებარებული მდინარეების სათავე მდებარეობს მყინვარების სარტყელში. საქართველოს მდინარეებიდან ამ ტიპის საზრდოობის მქონე მდინარეები სათავეს იღებს, როგორც წესი, ზღვის დონიდან 3000 მ და უფრო მაღალი ნიშნულებიდან. საზოგადოდ მდინარეთა კვებაში მყინვარების წილი განპირობებულია გამყინვარების ზონით მოცული წყალშემკრები აუზის ფართობის სიდიდით.

მყინვარების ზემოქმედება მდინარის წყლიანობაზე აისახება: ზაფხულის ჩამონადენის გაზრდით ტემპერატურის მატებით გამოწვეული მყინვარების დნობით; მდინარის წყალდიდობის პერიოდის წანაცვლებით წლის უფრო თბილი პერიოდისკენ (ზაფხული); მდინარის წყლიანობის ცვალებადობით დღეღამურ ჭრილში, რაც ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური რყევით არის განპირობებული (წყლიანობა იზრდება დღის პერიოდში, როცა ტემპერატურა მაღალია და მყინვარის დნობას ადგილი აქვს და მცირდება ღამით ტემპერატურის დაწვეასთან ერთად).

მდინარეების წყლის მარაგის შევსება საზრდოობის განსხვავებული ტიპებით ხდება. მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი განპირობებულია

საზრდობის ცალკეული სახეობის მიერ შეტანილი წილით მისი ჩამონადენის ჩამოყალიბებაში. წილის დადგენა რთული პროცესია და ეყრდნობა ძვირადღირებულ, პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტის მქონე რადიოაქტიური და იზოტოპული ანალიზის ექსპერიმენტულ მეთოდებს. შედარებით მარტივი, მაგრამ მიახობითი მეთოდი, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია მდინარის საზრდობის სხვადასხვა სახეობების გამოყოფა არის მდინარის ჰიდროგრაფის გრაფიკული დანაწევრება.

საქართველოს მდინარეებისათვის დამახასიათებელია საზრდობის განსხვავებული სახეობები. საზრდობის 5 განსხვავებული ტიპი გამოიყოფა დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეებს შორის, ხოლო დანარჩენი ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია საზრდობის კიდევ სამი განსხვავებული რეჟიმი.

#### **4.1. დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების წყლიანობის რეჟიმები**

##### **4.1.1. მდინარეები ზაფხულის წყალდიდობით (პირველი ტიპი)**

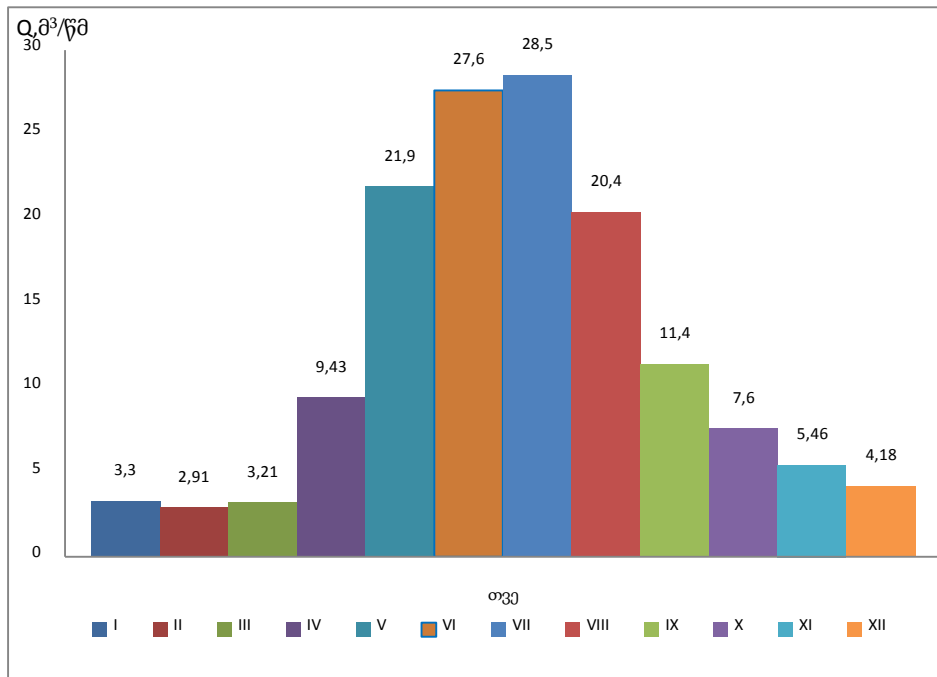
ზაფხულის წყალდიდობის რეჟიმის მქონე მდინარეების წყლის რესურს მყინვარული წყლები უზრუნველყოფს, რომლებსაც ავსებს მდინარეთა წყალშემკრები აუზში მდებარე მყინვარების ზონაში მოსული ნალექები წვიმების და თოვლის სახით. ამ ტიპის მდინარეებს მიეკუთვნება გვანდრა, მულხურა, ნაკრა, მესტიაჭალა და ენგური ჰიდრომეტრიული საგუშაგო (ჰ/ს) იფარის კვეთში და სხვ.. ნახაზებზე 1 [42], 2 და 3 ამ ტიპის მდინარეების დამახასიათებელი ჰიდროგრაფებია წარმოდგენილი მდ. ნაკრას, მდ. მესტიაჭალას და მდ. ენგურის საშუალო თვიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფების სახით შესაბამისად ჰ/ს ნაკის, ჰ/ს მესტიას ჰ/ს იფარის კვეთებში. მდ. ნაკრასათვის ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემების რიგის ხანგრძლივობა 44 წელია, მდ. მესტიაჭალასათვის — 38 წელი, მდ. ენგურისათვის — 14 წელი.

ჰ/ს ნაკის კვეთში მდ. ნაკრას წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 126$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2620$  მ. წყალდიდობა გრძელდება აპრილიდან აგვისტომდე. ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია ივლისში (28,5 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (2,91 მ<sup>3</sup>/წმ). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 21,16 მ<sup>3</sup>/წმ [42].

ჰ/ს მესტიას კვეთში მდ. მესტიაჭალას წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 144$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2790$  მ. წყალდიდობა გრძელდება აპრილიდან აგვისტომდე. ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია ივლისში (36,5 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (2,6 მ<sup>3</sup>/წმ). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 13,66 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 422 მლნ.მ<sup>3</sup>.

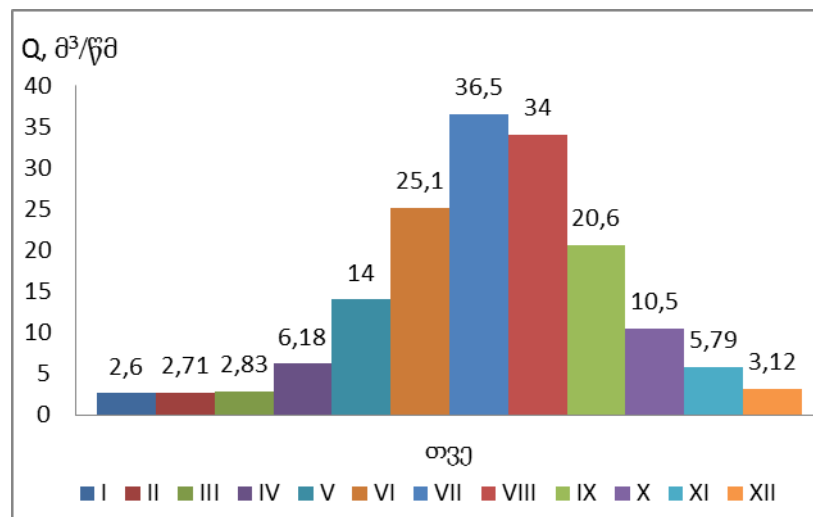
ჰ/ს იფარის კვეთში მდ. ენგურის წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 362$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2895$  მ. წყალდიდობა გრძელდება აპრილიდან აგვისტომდე. ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია ივლისში (28,9 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (2,94 მ<sup>3</sup>/წმ). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 12,53 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური — ჩამონადენი 391 მლნ.მ<sup>3</sup>.

წყალდიდობა ჩვეულებრივ აპრილში იწყება, მაქსიმუმს აღწევს ივლისში და მთავრდება აგვისტოს ბოლოს სექტემბრის დასაწყისში (ნაკრა), ზოგ მდინარეზე ოქტომბერში (მესტიაჭალა).



ნახ.1. მდ. ნაკრას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ნაკი)

ცხრილში 7 მოყვანილია მდ. ნაკრას და მდ. მესტიაქალას საზრდოობის წყაროების პროცენტული წილი მათი ჩამონადენის ფორმირებაში, ცხრილში 8 — მდ. ენგურისათვის (ჰ/ს ივარი).



ნახ.2. მდ. მესტიაქალას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მესტია)

ცხრილი 7. მდ. მესტიაქალას და მდ. ნაკრას საზრდოობის წილი %-ში

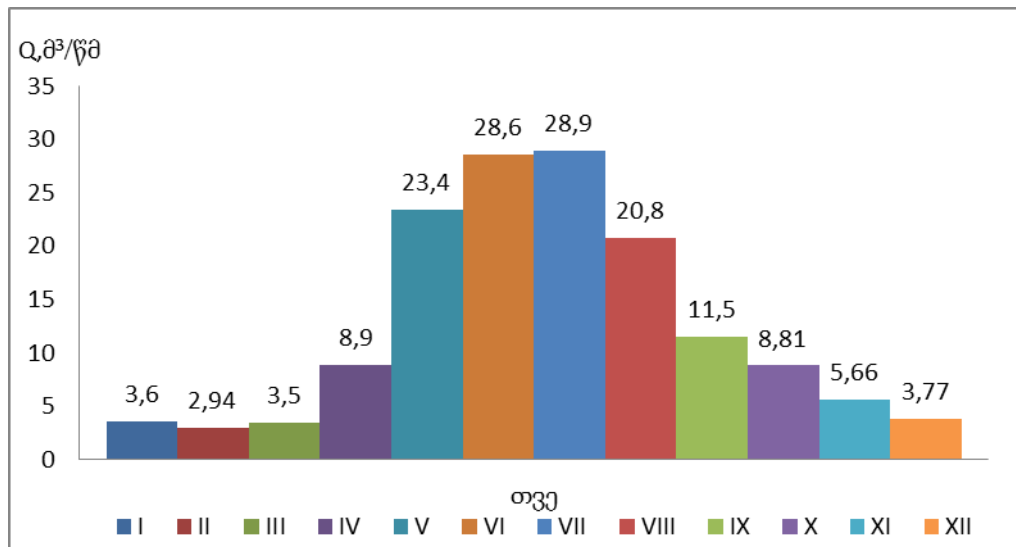
| საზრდოობის | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის |
|------------|----------|-------|-------|---------|
|------------|----------|-------|-------|---------|



|                    |    |    |    |       |
|--------------------|----|----|----|-------|
| წყარო              |    |    |    | წყალი |
| პროცენტული წილი, % | 53 | 15 | 13 | 19    |

**ცხრილი 8. მდ. ენგურისათვის საზრდოობის წყაროების წილი %-ში**

|                    |          |       |       |               |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
| პროცენტული წილი, % | 39       | 29    | 6     | 24            |



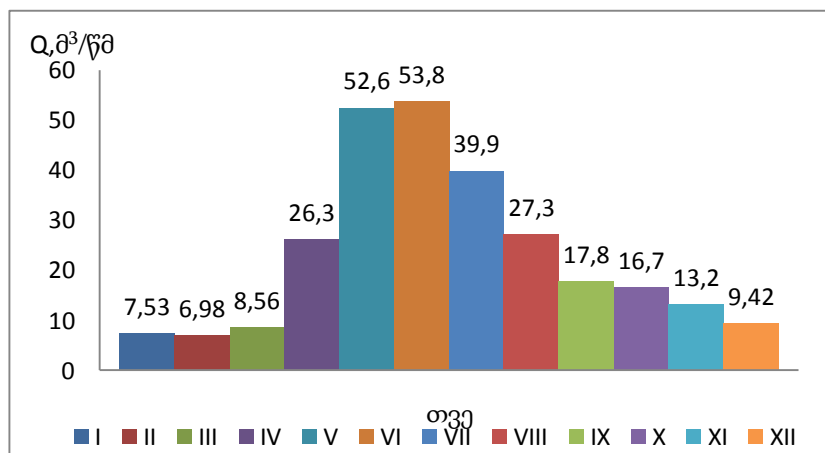
**ნახ. 3. მდ. ენგურის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ივარი)**

ამ მდინარეებზე თავსხმა წვიმებით გამოწვეულ წყალმოვარდნებს ადგილი არა აქვს.

#### 4.1.2. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით (მე-2 ტიპი)

ამ ტიპის მდინარეები სათავეს იღებს მუდმივი ან სეზონური თოვლის ზონაში მათი საზრდოობა შერეული წყაროდან (მყინვარების და თოვლის დნობის და წვიმის წყლებით) ხდება. თავსხმა წვიმებით გამოწვეულ წყალმოვარდნებს ადგილი არა აქვს. ამ ტიპის მდინარეებს მიეკუთვნება მდ. კოდორი, ცხენისწყალი, ბზიფი (მდ. რეშავას შესართავამდე), ნენსკრა (ჰ/ს ლახამი) და სხვა. ამ მდინარეების ზემოწელში წყალდიდობა იწყება მარტის ბოლოს — აპრილის დასაწყისში, მაქსიმალური წყლის ხარჯებია ზაფხულის დასაწყისში ივნისში, წყალდიდობის დასასრული აგვისტოს განმავლობაში.

ჰ/ს ლუჯის კვეთში მდ. ცხენისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 506 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2240 \text{ მ}$ . 35 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია ივნისში ( $53,8 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში ( $6,98 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ) (ნახ. 4). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს  $23,35 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ . საშუალო წლიური ჩამონადენი —  $737 \text{ მლნ.მ}^3$  [42]. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ცხენისწყლისათვის (ჰ/ს ლუჯი) მოყვანილია ცხრილში 9.

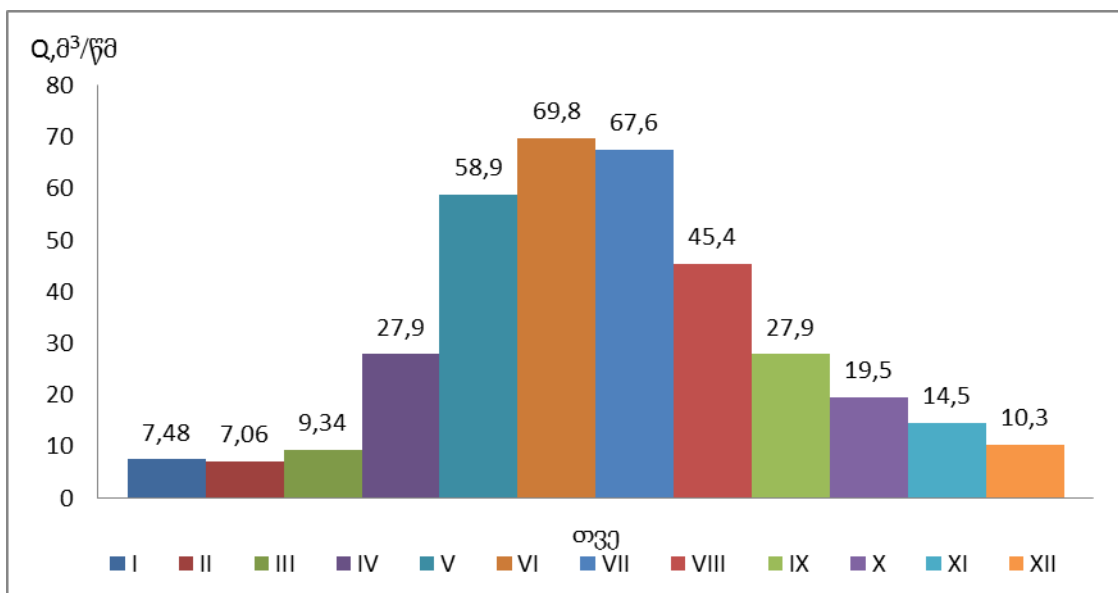


ნახ. 4. მდ. ცხენისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლუჯი)

ცხრილი 9. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ცხენისწყლისათვის (ჰ/ს ლუჯი)

| საზრდობის წყარო    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 41    | 24    | 35            |

ჰ/ს ლახამის კვეთში მდ. ნენსკრას წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 468 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2300 \text{ მ}$ . 40 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია ივნისში ( $69,8 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში ( $7,06 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ) (ნახ. 5). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს  $30,4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ . საშუალო წლიური ჩამონადენი —  $958 \text{ მლნ.მ}^3$ . საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ნენსკრასთვის (ჰ/ს ლახამი) მოყვანილია ცხრილში 10.

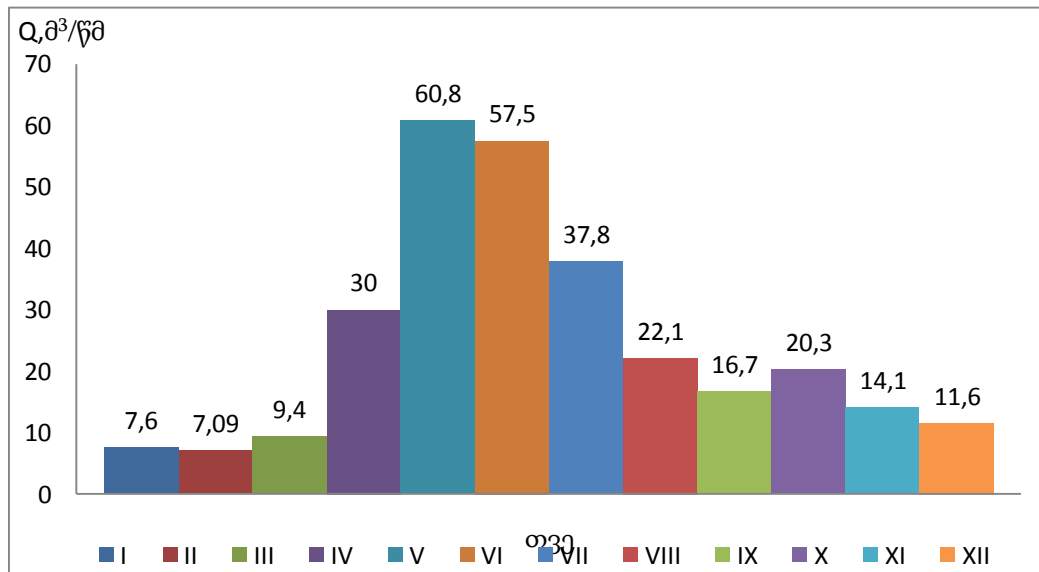


ნახ. 5. მდ. ნენსკრას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლახამის კვეთი)

ცხრილი 10. საზრდობის თითოეული წყაროს წილი %-ში მდ. ნენსკრასთვის (ჰ/ს ლახამი)

| საზრდობის წყარო   | მცირე | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|-------------------|-------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი % | 19,3  | 40,2  | 14,3  | 26,2          |

მდ. ბზიფის (მდ. რეშავას შესართავამდე) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 337 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2010 \text{ მ}$ . 25 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური ხარჯია მაისში (60,8 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (7,09 მ<sup>3</sup>/წმ) ნახ. 6). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 24,4 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 771 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ბზიფისთვის (მდ. რეშავას შესართავამდე) მოყვანილია ცხრილში 11. ნიშანდობლივია, რომ წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლის შემცირებასთან ერთად ამ ტიპის მდინარეებში დომინანტური საზრდობის წყაროდ გვევლინება თოვლის ნადნობი წყლები.



ნახ. 6. მდ. ბზიფის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მდ. რეშავას შესართავამდე)

ცხრილი 11. . საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ბზიფისთვის (მდ. რეშავას შესართავამდე)

| საზრდობის წყარო | მცინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|-----------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი | -        | 44,7  | 30,8  | 24,5          |

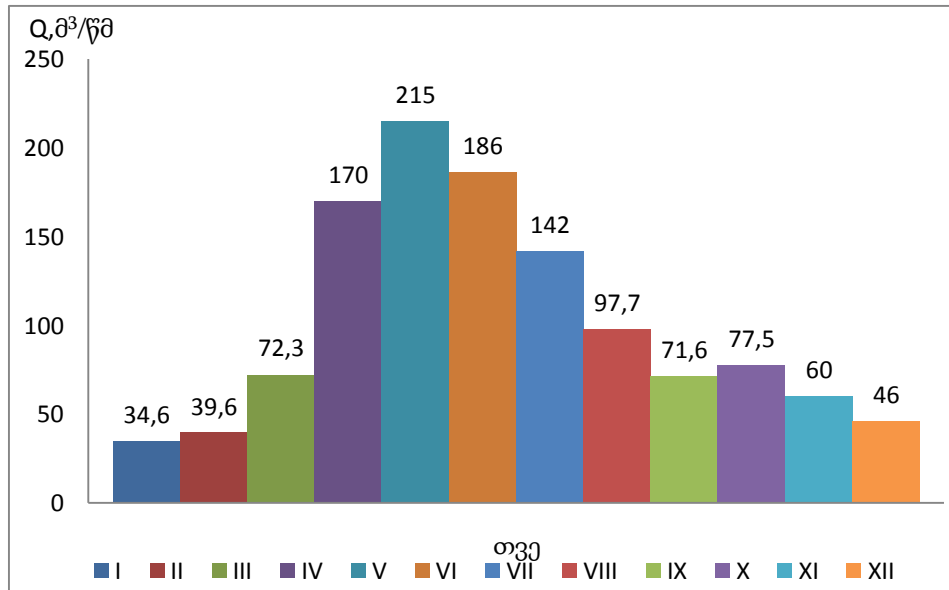
#### 4.1.3. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით და თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით წლის განმავლობაში (მე-3 ტიპი)

მდინარეების ეს ტიპი ხასიათდება შერეული: მცინვარებით, თოვლით და წვიმებით საზრდობით; თუმცა მცინვარებით კვების შემდგენი უმნიშვნელოა. ასეთი წყლის რეჟიმი ახასიათებს მდინარეებს: ბზიფს, კოდორს, ენგურს და რიონს, ცხენისწყალს დინების შუაწელში და ამ მდინარეების შენაკადებს.

წყალდიდობა იწყება მარტ-აპრილში, მთავრდება აგვისტოში, წყლის მაქსიმალური ხარჯი ძირითადად არის მაისში და ივნისში.

მდ. რიონის (ჰ/ს ალპანა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 2830 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 1810 \text{ მ}$ . 58 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალოთვიური

ხარჯია მაისში (215 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (34,6 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 7) საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 24,4 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 3180 მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. რიონისთვის (ჰ/ს ალპანა) მოყვანილია ცხრილში 12.

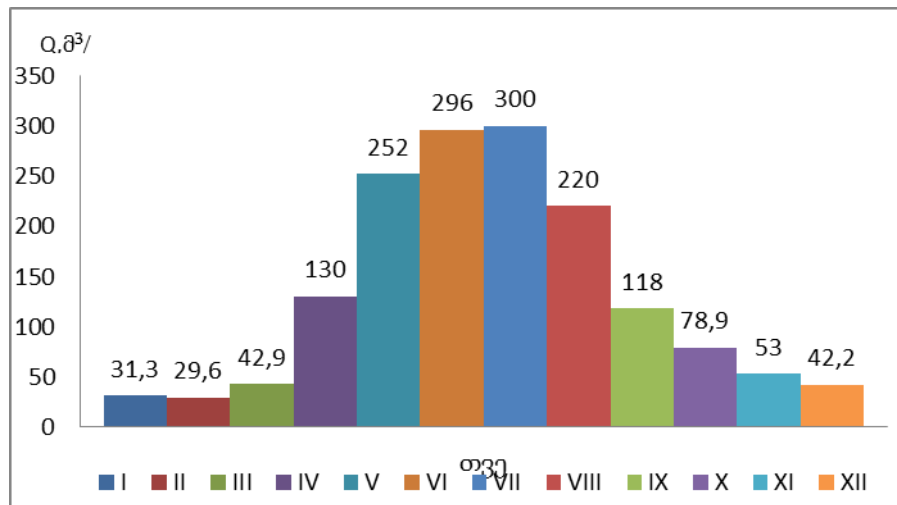


ნახ. 7. მდ. რიონის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ალპანას კვეთი)  
 ცხრილი 12. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. რიონისთვის (ჰ/ს ალპანა)

| საზრდოობის ტიპი    | მეინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | 5,6      | 28,1  | 32,4  | 33,9          |

მდ. ენგურის (ჰ/ს ხუბერი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 2830$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2270$  მ. 24 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია ივლისში (300 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (29,6 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 8). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 133 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 4190 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული

წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ხუბერი) მოყვანილია ცხრილში 13.

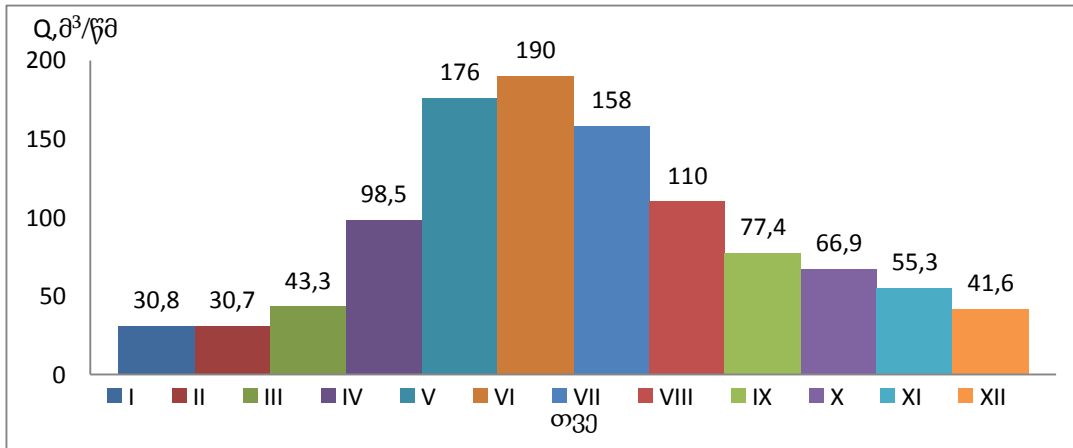


ნახ. 8. მდ. ენგურის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხუბერის კვეთი)

ცხრილი 13. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ხუბერი)

| საზრდოობის ტიპი   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|-------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი % | 21       | 32    | 17    | 30            |

მდ. კოდორის (ჰ/ს ლატა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 1420$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 1920$  მ. 50 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია ივნისში (290 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (30,7 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 9). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 90,7 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 2840 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ლატა) მოყვანილია ცხრილში 14. ამ ტიპის მდინარეების წყლიანობის მარაგი 60%-ით და მეტად ივსება თოვლისა და გრუნტის წყლების ხარჯზე.



ნახ. 9. მდ. კოდორის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლატას კვეთი)

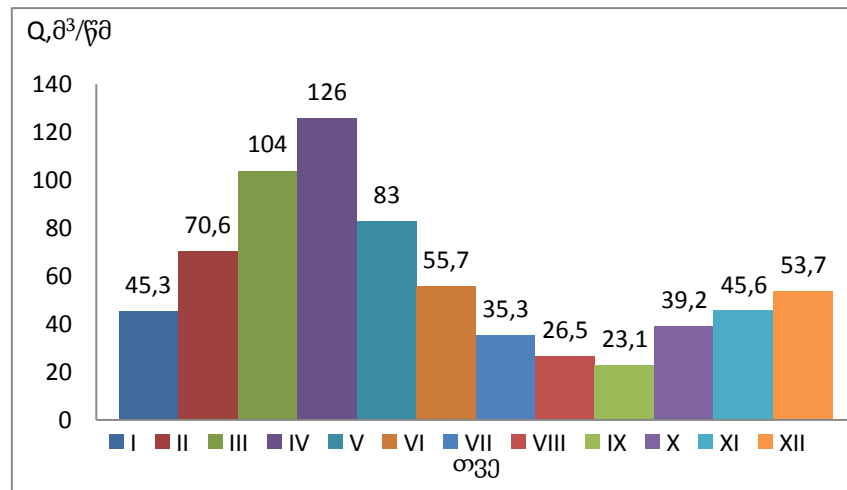
ცხრილი 14. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ენგურისთვის (ჰ/ს ლატა)

| საზრდოობის ტიპი    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | 18,3     | 32    | 25    | 31            |

#### 4.1.4. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით და ზაფხულ-შემოდგომის წყალმოვარდნებით (მე-4 ტიპი)

ასეთი მდინარეების წყალშემკრები აუზის საშუალო სიდიდე 1500-900 მ ფარგლებშია. მათ მიეკუთვნება: ისინი, ძირითადად, თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლებით საზრდოობენ, რაც მდინარეთა ჩამონადენის 75 %-ის მაფორმირებელია, თუმცა აქ არსებითი როლი წვიმებს ეკუთვნის, რომელიც წყლის მარაგის 50%-მდე შევსების წყაროა. წყალუხვი პერიოდი ადრე გაზაფხულზე იწყება და შუა ზაფხულამდე გრძელდება. უდიდესი ხარჯი აღინიშნება მარტში ან აპრილში. ინტენსიური ნალექების გამოვლინების პერიოდის მიხედვით წყალმოვარდნას ადგილი აქვს ზაფხულში ან შემოდგომაზე, ზოგჯერ ზამთარშიც. ასეთი რეჟიმი ახასიათებს მდ. ყვირილას, ძირულას, ჩიხურას, ჩხერიმელას, ხანისწყალს, წაბლარისწყალს. ამავე ტიპს მიეკუთვნება მდ. აჭარისწყალი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია შემოდგომის წყალმოვარდნები.

მდ. ყვირილას (ჰ/ს ზესტაფონი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 2490$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 960$  მ. 51 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (126 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — სექტემბერში (23,1 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 10). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 59,4 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 1870 მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ყვირილასთვის (ჰ/ს ზესტაფონი) მოყვანილია ცხრილში 15 .



ნახ. 10. მდ. ყვირილას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ზესტაფონის კვეთი)

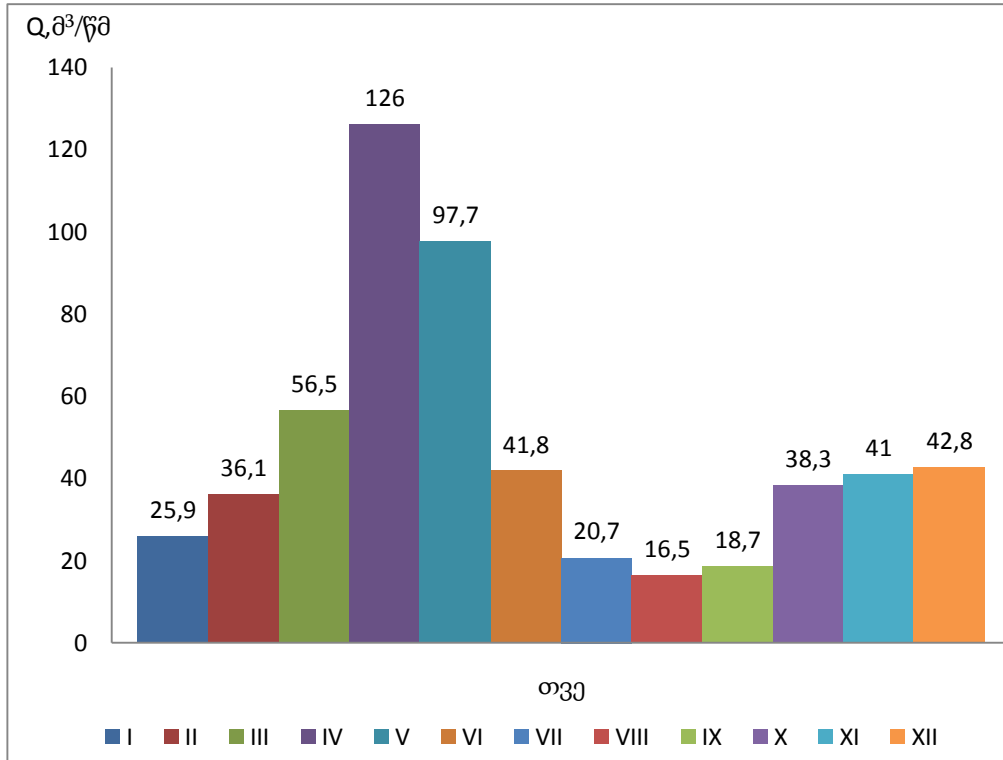
ცხრილი 15. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ყვირილასთვის (ჰ/ს ზესტაფონი)

| საზრდობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|-------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი % | -        | 31,8  | 45    | 23,2          |

მდ. აჭარისწყალის (ჰ/ს აწჰესი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 1470$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 1430$  მ. 27 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (126 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — აგვისტოში (16,5 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 11). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 47,4 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 1490 მლნ.მ<sup>3</sup> .



საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. აჭარისწყლისათვის (ჰ/ს აწვესი) მოყვანილია ცხრილში 16 .



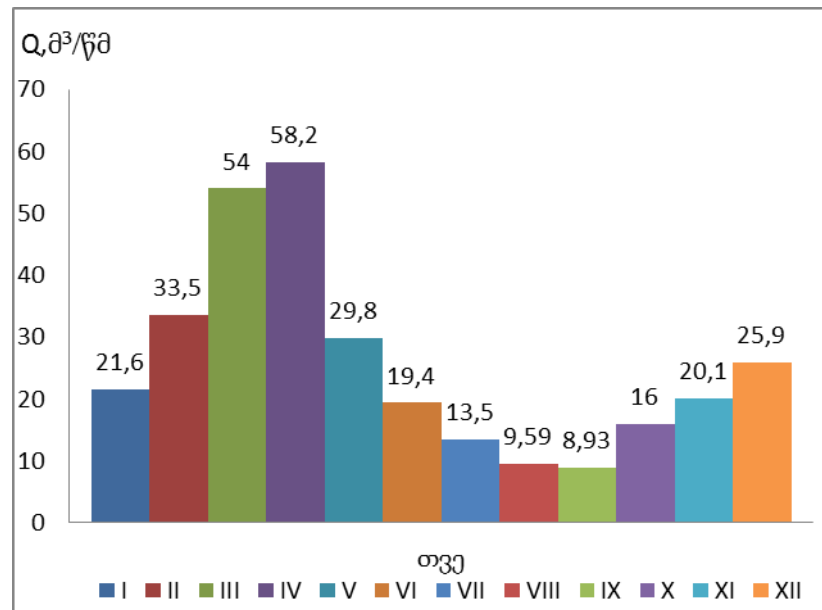
ნახ. 11. მდ. აჭარისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს აწვესის კვეთი)

ცხრილი 16. თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. აჭარისწყლისათვის (ჰ/ს აწვესი)

| საზრდობის წყარო    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 25    | 51    | 24            |

მდ. ძირულას (ჰ/ს წვეა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 1190 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{ს.ა.შ} = 880 \text{ მ}$ . 49 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (58,2 მ³/წმ), ხოლო წყალმცირე — სექტემბერში (8,43 მ³/წმ) (ნახ. 12). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 26,0 მ³/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 819 მლნ.მ³. საზრდობის თითოეული

წყაროს პროცენტული წილი მდ. ძირულასთვის (ჰ/ს წევა) მოყვანილია ცხრილში 17.



ნახ. 12. მდ. ძირულას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს წევას კვეთი)

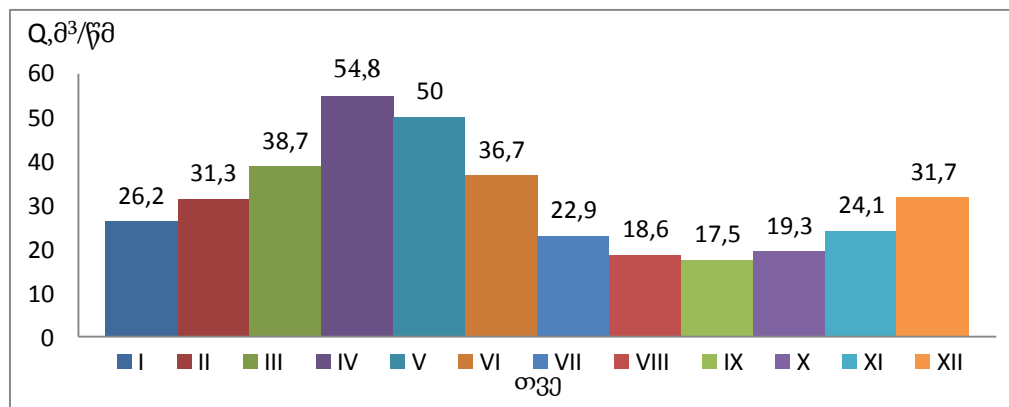
ცხრილი 17. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ძირულასთვის (ჰ/ს წევა)

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 22,9  | 48,2  | 28,9          |

#### 4.1.5. მდინარეები წყალმოვარდნების რეჟიმით (მე-5 ტიპი)

ამ ტიპის მდინარეების ჰიდროგრაფში არ შეიმჩნევა ცალკე გამოყოფილი წყალდიდობის რეჟიმი. მათი წყლის რესურსის უმეტესი ნაწილი წვიმის და თოვლის ნადნობი წყლებით საზრდოობაზე მოდის, ამასთან ზოგიერთი მდინარის ჩამონადენის ფორმირებაში გრუნტის წყლები საერთოდ არ მონაწილეობს, ძირითად როლს კი წვიმის წყალი ასრულებს. წლიურ ჭრილში მათი დონე არამდგრადია, რაც წვიმების ინტენსიურობასთან უშუალო კავშირშია. მათ მიეკუთვნება შავ ზღვაში ჩამდინარე მცირე მდინარეები: ნატანები, სუფსა, ჩაქვისწყალი, ერისწყალი, კელასური, გუმისთა, ღალიძგა და სხვ., აგრეთვე მდ. რიონის და ენგურის ქვემოწელის შენაკადები.

მდ. გუმისთას (ჰ/ს აჩადარა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 556$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 1070$  მ. 34 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (54,8 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — სექტემბერში (17,5 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 13). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 31,1 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 980 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. გუმისთასთვის (ჰ/ს აჩადარა) მოყვანილია ცხრილში 18.



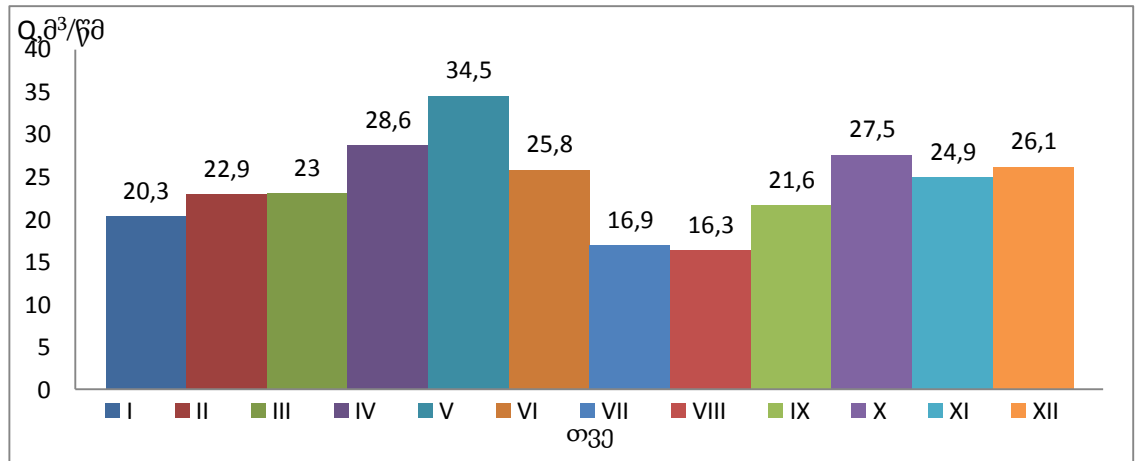
ნახ. 13. მდ. გუმისთას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს აჩადარას კვეთი)

ცხრილი 18. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. გუმისთასთვის (ჰ/ს აჩადარა)

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 22,7  | 48,6  | -             |

მდ. ნატანების (ჰ/ს ნატანები) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 469$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 880$  მ. 50 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (34,5 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — აგვისტოში (16,3 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 14). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 24,0 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 756 მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდოობის თითოეული წყაროს

პროცენტული წილი მდ. ნატანებისთვის (ჰ/ს ნატანები) მოყვანილია ცხრილში 19.

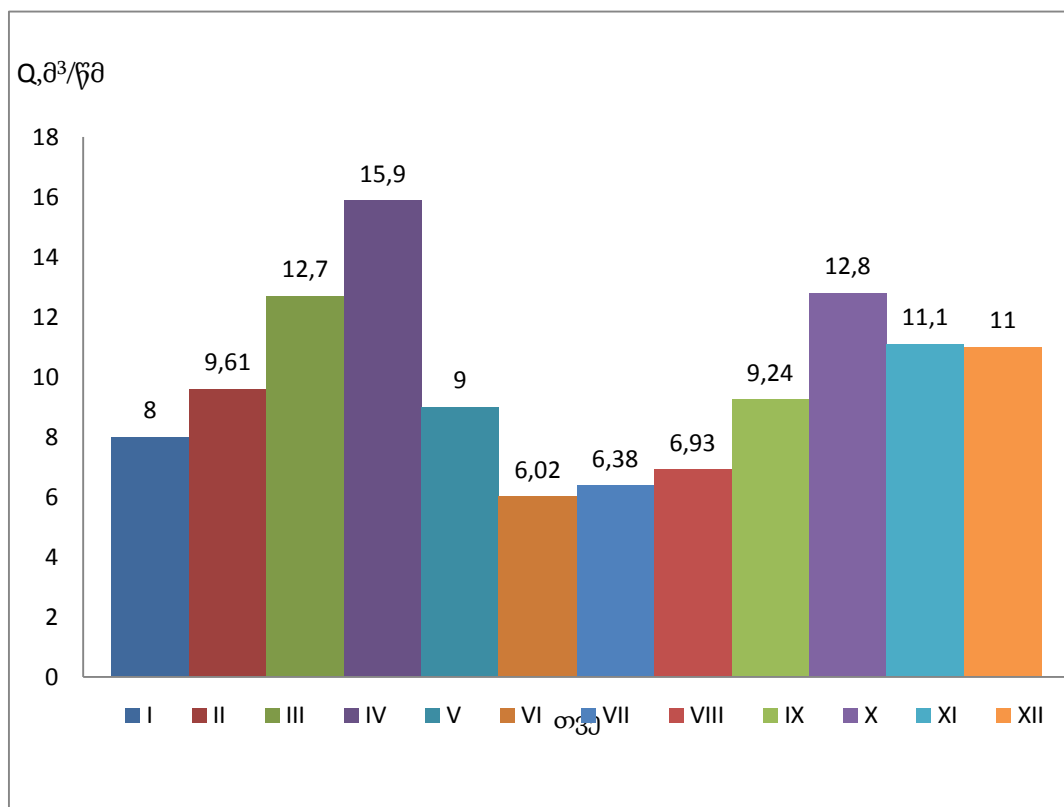


ნახ. 14. მდ. ნატანების ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ნატანების კვეთი)

ცხრილი 19. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ნატანებისთვის (ჰ/ს ნატანები)

| საზრდოობის ტიპი    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 17,3  | 58,9  | 23,8          |

მდ. ჩაქვისწყალის (ჰ/ს ხალა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 120$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 880$  მ. 41 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუბვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (15,9 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — ივნისში (6,82 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 15). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 9,89 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 312 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ჩაქვისწყალისთვის (ჰ/ს ხალა) მოყვანილია ცხრილში 20.



ნახ. 15. მდ. ჩაქვისწყლის ჰიდროგრაფი (3/ს ხალას კვეთი)

ცხრილი 20. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ჩაქვისწყლისთვის (3/ს ხალა)

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 27,8  | 44,2  | 28,9          |

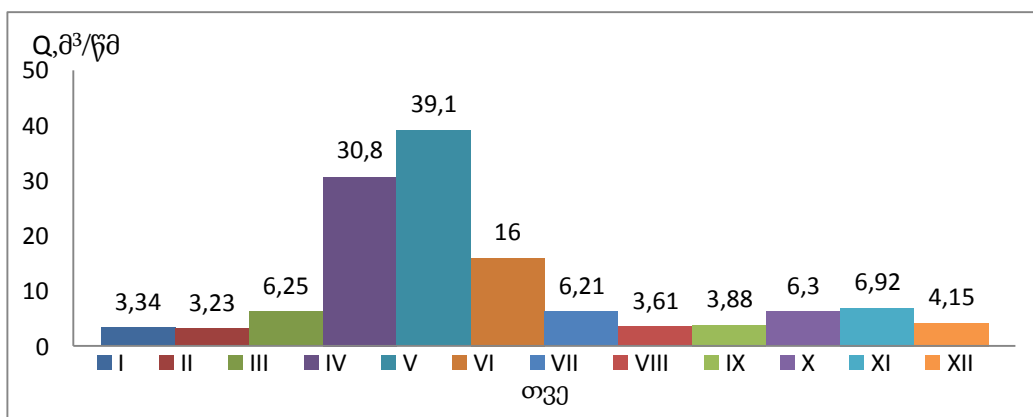
**4.2. აღმოსავლეთ საქართველოს მდ. მტკვრის აუზის მდინარეების წყლიანობის რეჟიმები**

აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების უმრავლესობა ჩაედინება მდ. მტკვრის წყალშემკრებ აუზში, რომელთა რეჟიმების რანჟირება შესაძლებელია საერთო დამახასიათებელი თვისებების მქონე ჰიდროგრაფების სამი ჯგუფის სახით.

**4.2.1. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობით და შემოდგომის წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებით (მე-6 ტიპი)**

თოვლით ნადნობი და წვიმის წყლები ამ მდინარეების საზრდოობაში გადამწყვეტია. წყალუხვი პერიოდი მარტიდან ივლის-აგვისტომდე გრძელდება, ხოლო წყლის ხარჯის მაქსიმალური სიდიდე ივნისში აღინიშნება. ასეთი ჰიდროგრაფი ახასიათებს მდინარეებს: ფოცხოვი, ქობლიანი ალგეთი, აბასთუმანი, ქცია-ხრამი, დებედა, მდ. მტკვრის ზემოწელის მდინარეებს. ამ მდინარეების მახასიათებელია ის, რომ წყალუხვი პერიოდის ფონზე აქ გამოირჩევა მკვეთრი წყალმოვარდნის პიკები. მართალია, თოვლის კომპონენტი ყველაზე წონადია ამ ტიპის მდინარეების წყლის რესურსის შევსებისათვის, მასთან რაოდენობრივად დაახლოებულია პრაქტიკულად ერთმანეთის ტოლი წვიმისა და გრუნტის წყლების კომპონენტები.

მდ. ქობლიანის (ჰ/ს მლაშე) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 468$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{ს.შ.} = 1970$  მ. 40 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (39,1 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — აგვისტოში (3,61 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 16). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 10,9 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 343 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ქობლიანისთვის (ჰ/ს მლაშე) მოყვანილია ცხრილში 21.

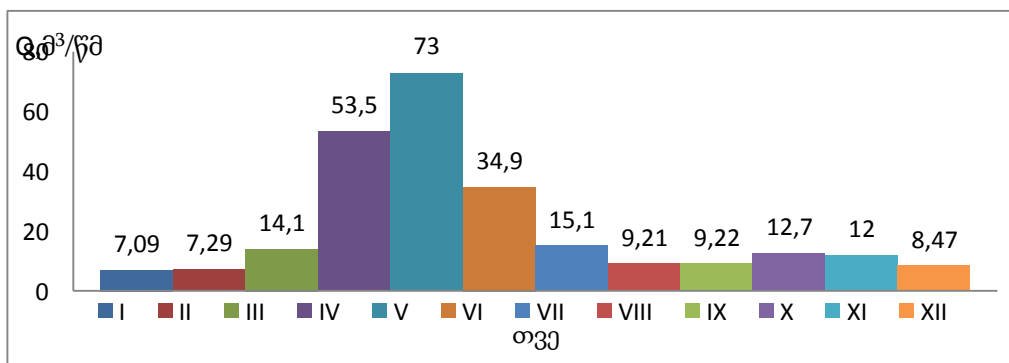


ნახ. 16. მდ. ქობლიანის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მლაშეს კვეთი)

**ცხრილი 21. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ქობლიანისთვის (ჰ/ს მლაშე)**

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 37,3  | 31,1  | 31,6          |

მდ. ფოცხოვის (ჰ/ს სხვილისი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 1730$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{ს.ა} = 1870$  მ. 54 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (73 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (7,09 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 17). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 21,3 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 671 მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფოცხოვისთვის (ჰ/ს სხვილისი) მოყვანილია ცხრილში 22.



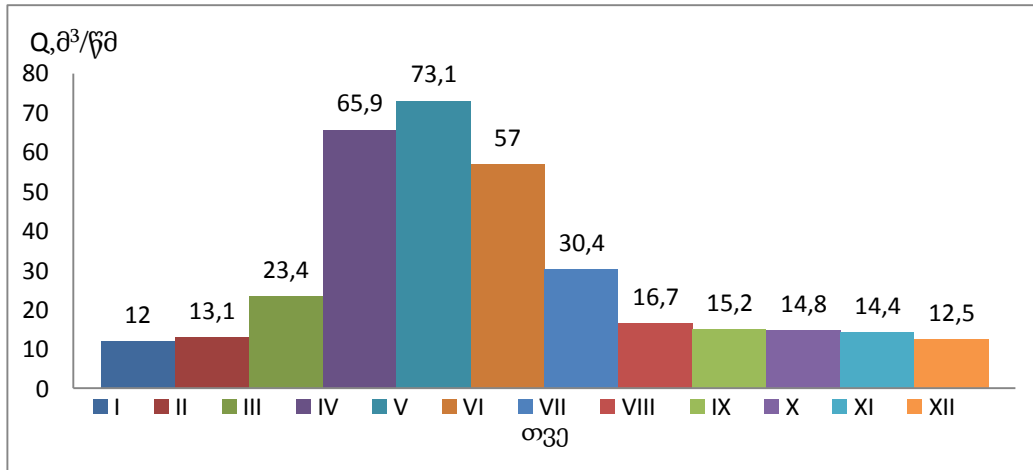
**ნახ. 17. მდ. ფოცხოვის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს სხვილისის კვეთი)**

**ცხრილი 22. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფოცხოვისთვის (ჰ/ს სხვილისი)**

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 38    | 31    | 31            |

მდ. დებედას (ჰ/ს სადახლო) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 1730$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{ს.ა} = 1680$  მ. 34 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (73,1 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (12 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 18). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 29,2 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო

წლიური ჩამონადენი — 920 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. დებედასთვის (ჰ/ს სადახლო) მოყვანილია ცხრილში 23 .



ნახ. 18. მდ. დებედას ჰიდროგრაფი (ჰ/ს სადახლოს კვეთი)

ცხრილი 23. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. დებედასთვის (ჰ/ს სადახლო)

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 40    | 30    | 30            |

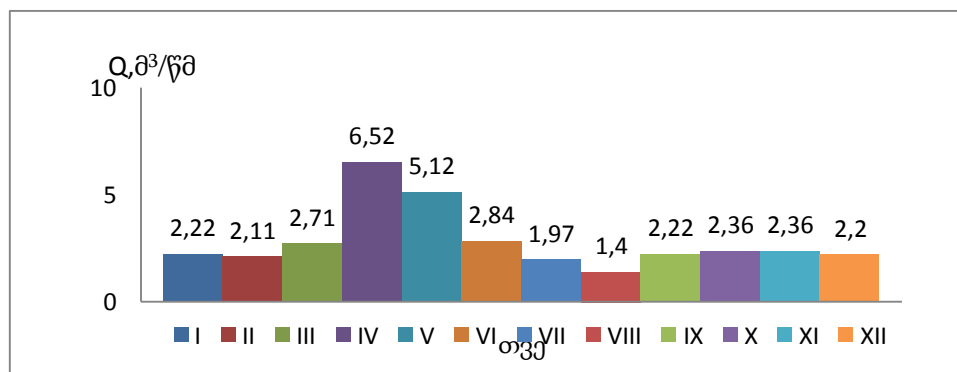
#### 4.2.2. მდინარეები გაზაფხულის წყალდიდობებით, ტბებიდან, გრუნტის წყლებით და წყაროებიდან საზრდოობით (მე-7 ტიპი)

ამ მდინარეებზე წყალუხვობის პერიოდი გრძელდება აპრილიდან ივნისამდე. წყლის მაქსიმალური ხარჯებია მაის-ივნისში. ასეთი ტიპის მდინარეებია კორხისწყალი, ფარავანი, ქსანი. ამ მდინარეების მთავარი მასაზრდოებელია გრუნტის წყლები, თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლებით კვება მეორეხარისხოვანია.

მდ. კორხისწყლის (ჰ/ს არაკვა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 380$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2100$  მ. 49 წლიანი ჰიდროლოგიური



დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია აპრილში (6,52 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (2,11 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 19). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 2,85 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 90 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. კორხისწყლისთვის (ჰ/ს არაკვა) მოყვანილია ცხრილში 24 .

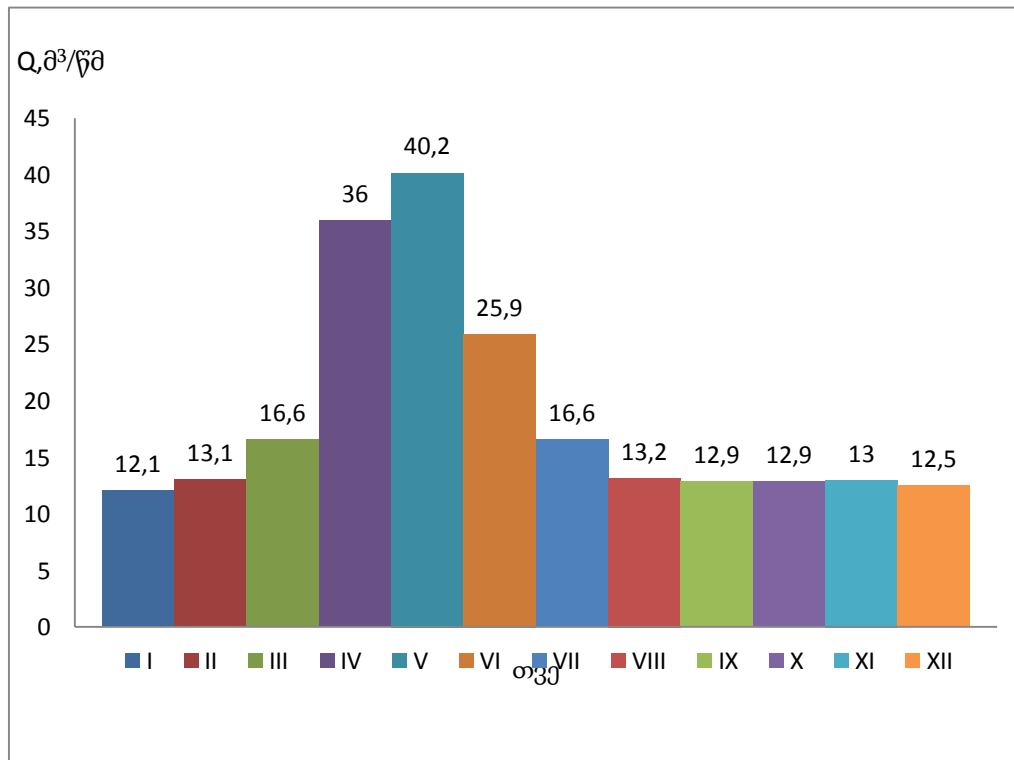


ნახ. 19. მდ. კორხისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს არაკვას კვეთი)

ცხრილი 24. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. კორხისწყლისთვის (ჰ/ს არაკვა)

| საზრდობის წყარო    | მეინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 17,6  | 15,2  | 67,2          |

მდ. ფარავანის (ჰ/ს ხერთვისი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 2350$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2120$  მ. 45 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (40,2 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (12,1 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 20). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 18,7 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 589 მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფარავანისთვის (ჰ/ს ხერთვისი) მოყვანილია ცხრილში 25 .



ნახ. 20. მდ. ფარავანის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ხერთვისის კვეთი)

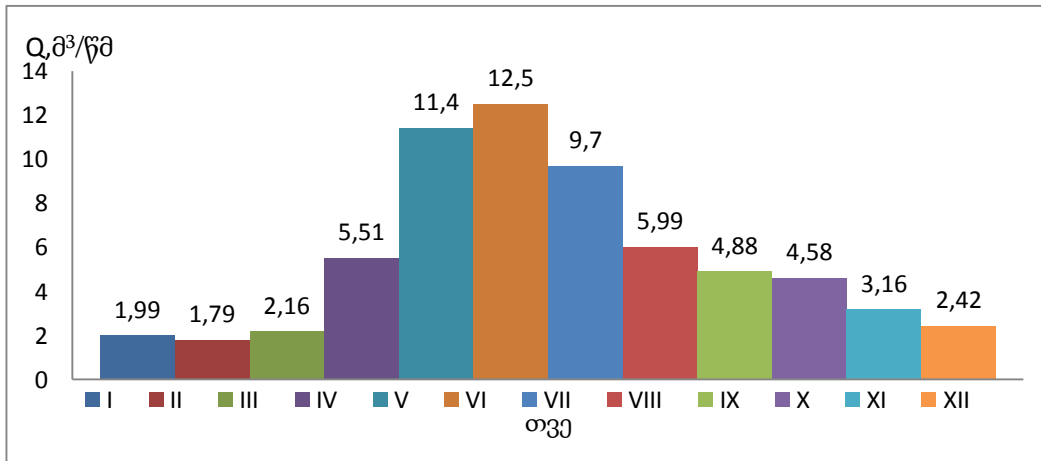
ცხრილი 25. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. ფარავანისთვის (ჰ/ს ხერთვისი)

| საზრდოობის წყარო   | მცინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 23,8  | 13    | 63,2          |

#### 4.2.3. მდინარეები გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით (მე-8 ტიპი)

ამ ტიპის მდინარეებს დასავლეთ საქართველოს მდინარეების მსგავსად (მდ. ენგურის ზემოწელი, მდ. ცხენისწყალი) მიეკუთვნება მდ. არაგვი, მდ. იორი და მდ. ალაზნის ზემოწელში მდებარე მდინარეები. მათ ახასიათებთ წყალუხვობის ფაზა წლის თბილ პერიოდში. მდ. სამყურისწყალის (ჰ/ს ყადორი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 121 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{საშ} = 2590 \text{ მ}$ . 31 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუხვი საშუალო თვიური ხარჯია ივნისში (12,5

მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — თებერვალში (1,79 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 21). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 5,55 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 175მლნ.მ<sup>3</sup> [42]. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. სამყურისწყალისთვის (ჰ/ს ყადორი) მოყვანილია ცხრილში 26 .

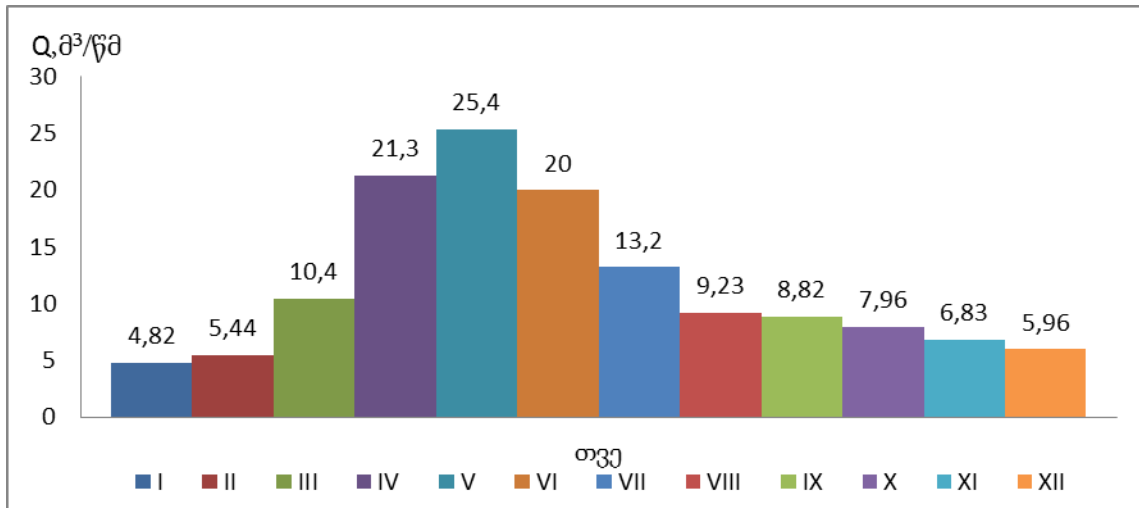


ნახ. 21. მდ. სამყურისწყალის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ყადორის კვეთი)

ცხრილი 26. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. სამყურისწყალისთვის (ჰ/ს ყადორი)

| საზრდობის წყარო    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 47    | 11    | 42            |

მდ. იორის (ჰ/ს ლელოვანი) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 494$  კმ<sup>2</sup>, საშუალო სიმაღლე —  $H_{ს.შ} = 1640$  მ. 59 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუბვი საშუალო თვიური ხარჯია მაისში (25,0 მ<sup>3</sup>/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (4,36 მ<sup>3</sup>/წმ) (ნახ. 22). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 11,1 მ<sup>3</sup>/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 350 მლნ.მ<sup>3</sup>. საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. იორისთვის (ჰ/ს ლელოვანი) მოყვანილია ცხრილში 27.

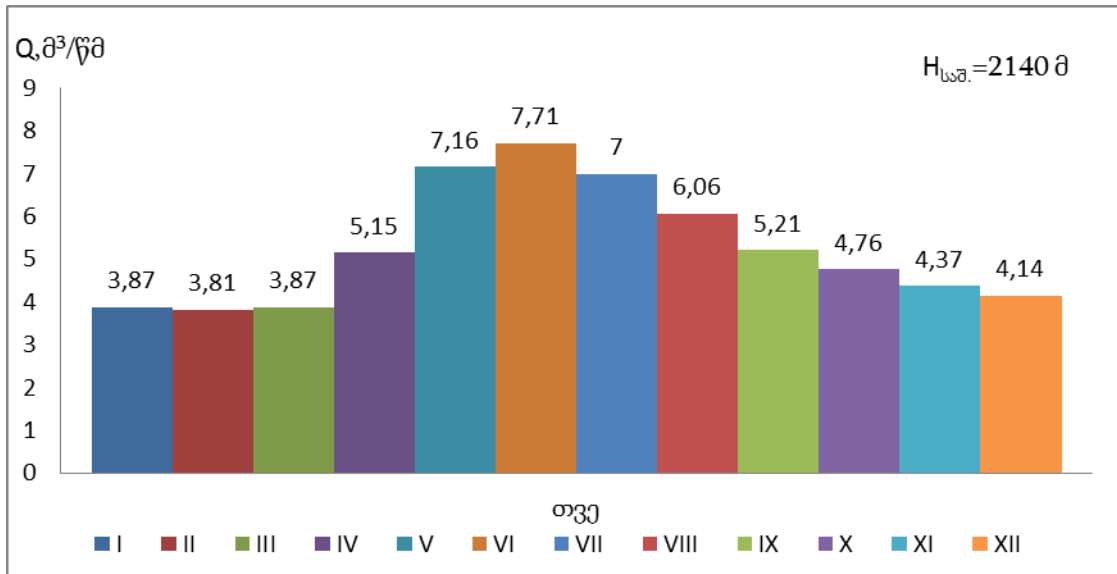


ნახ. 22. მდ. იორის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ლელოვანის კვეთი)

ცხრილი 27. საზრდობის თითოეული წყაროს წილი %-ში მდ. იორისთვის (ჰ/ს ლელოვანი)

| საზრდობის წყარო    | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 28    | 33,3  | 38,7          |

მდ. თეთრი არაგვის (ჰ/ს მლეთა) წყალშემკრები აუზის ფართობია  $F = 107 \text{ კმ}^2$ , საშუალო სიმაღლე —  $H_{\text{სშ}} = 2140 \text{ მ}$ . 41 წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუბვი საშუალო თვიური ხარჯია ივნისში ( $7,71 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ), ხოლო წყალმცირე - თებერვალში ( $3,81 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ) (ნახ. 23). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს  $5,34 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ . საშუალო წლიური ჩამონადენი —  $168 \text{ მლნ.მ}^3$ . საზრდობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. არაგვისთვის (ჰ/ს მლეთა) მოყვანილია ცხრილში 28.



ნახ. 23. მდ. არაგვის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს მლეთას კვეთი)

ცხრილი 28. საზრდოობის თითოეული წყაროს პროცენტული წილი მდ. არაგვისთვის (ჰ/ს მლეთა)

| საზრდოობის წყარო   | მყინვარი | თოვლი | წვიმა | გრუნტის წყალი |
|--------------------|----------|-------|-------|---------------|
| პროცენტული წილი, % | -        | 12,5  | 14,1  | 72,4          |

ამ ტიპის კახეთის რეგიონის მდინარეების თოვლით საზრდოობის კომპონენტის პროცენტული წილი კლებულობს წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლის შემცირებასთან ერთად წვიმების კომპონენტი მატულობს, ხოლო გრუნტის წყლების - პრაქტიკულად უცვლელი რჩება. რაც შეეხება მდინარე თეთრ არაგვს (ჰ/ს მლეთა) ამ რეგიონში გრუნტის წყლების წყაროების მრავლად არსებობის გამო ისინი მდინარის საზრდოობისათვის ძირითადია, ხოლო თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლებით კვება ჯამურად გრუნტის წყლებით საზრდოობას სამჯერ ჩამორჩება.

შევნიშნავთ, რომ მდინარეთა ჰიდროგრაფების ასაგებად გამოყენებული იქნა [38]-ში მოყვანილი მონაცემები, ხოლო კვების სახეობების პროცენტული თანაფარდობა მოცემულია [43]-ის მიხედვით.

წარმოდგენილი მდინარეების კვების სახეობების და წყლიანობის რეჟიმების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოს მდინარეებისთვის დამახასიათებელია 8 სხვადასხვა ტიპის წყლიანობის რეჟიმი, შესაბამისად საზრდოობის დომინანტური ტიპები სხვადასხვა რეჟიმის მქონე მდინარეებისთვის განსხვავებულია. აქედან გამომდინარე მდინარეთა ჰიდროგრაფებიც განსხვავდება ერთმანეთისგან. მდინარეთა გაუწყლოების უბანზე ძირითადი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაკმაყოფილება, უნდა განხორციელდეს იმის მიხედვით თუ წყლიანობის რა რეჟიმი ახასიათებს თითოეულ მდინარეს.

ზემოთ მოცემული მდინარეთა ჰიდროგრაფების განხილვა საშუალებას იძლევა გამოითქვას შემდეგი მოსაზრებები, რომელებიც, ჩვენი აზრით, მისაღები უნდა იყოს ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის და გარემოსდაცვითი თვალსაზრისითაც:

1) მდინარეებისთვის რომელთა წყალდიდობის პერიოდის წყლის ხარჯები 3-ჯერ და მეტჯერ აჭარბებს მცირეწყლიანი პერიოდის წყლის ხარჯებს წყალდიდობის პერიოდში, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი დაინიშნოს წყალდიდობის ყოველი თვის საშუალო თვიური მინიმალური, ხოლო წყალმცრობის პერიოდში — დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის ოდენობის მიხედვით;

2) მდინარეებისთვის რომლებსაც არ გააჩნია გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა იქნეს მიღებული თითოეული თვისთვის დაკვირვებული მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ოდენობით.

## **თავი 5. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის რაოდენობრივი შეფასება სხვადასხვა ფაქტორის გათვალისწინებით**

ელექტროენერგიაზე სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის უზრუნველყოფა თანამედროვეობის მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც მილევადი ენერჯის არაგანახლებადი რესურსების ფონზე მწვავედ იჩენს თავს. ასეთ პირობებში ბუნებრივია ის განსაკუთრებული ყურადღება, რაც ენერჯის წარმოების განახლებადი სახეობებისკენ არის მიმართული. ენერგოგენერაციის განხორციელებისას უმნიშვნელოვანესია გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინება, რაც თავის მხრივ კაცობრიობის სასიცოცხლო პირობების შენარჩუნებისათვის არის აუცილებელი.

ჩვენი ინტერესის საგანია ჰიდროენერგეტიკის გავლენა გარემოზე. გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ ჰიდროელექტროსადგურის ექსპლუატაციისას არა აქვს ადგილი მდინარის წყლის მასშტაბურ დაბინძურებას, ან მასში ტოქსიკურ ნივთიერებათა მოხვედრას.

ამასთან ერთად, აუცილებელია მიეთითოს იმ ნაკლოვანებების შესახებ, რაც, საზოგადოდ, ახასიათებს ჰიდროენერგეტიკას გარემოზე ზემოქმედების ასპექტში, თუმცა აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ეს ზემოქმედება არის ლოკალური და მისი გავლენა რეგიონის მასშტაბით შემოიფარგლება.

### **5.1. ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედების ასპექტები**

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედებისას ორი ეტაპი გამოიყოფა: პირველი სამშენებლო პერიოდი და მეორე ექსპლუატაციის პერიოდი.

პირველ პერიოდში გარემოზე ზემოქმედება შედარებით ხანმოკლეა და ხასიათდება ტერიტორიის ბუნებრივი პირობების დარღვევით, კერძოდ, სამშენებლო ინფრასტრუქტურის მოწყობისას მკვეთრად იზრდება ხმაურის დონე, წყალი, რომელიც გამოიყენება სამშენებლო სამუშაოებისთვის

მდინარეს უზრუნდება მექანიკური მინარევებით, შესაძლებელია წყლის დაბინძურება კომუნალური ჩამდინარე წყლებით.

ექსპლუატაციის განმავლობაში ჰიდროენერგეობიექტმა შესაძლოა გარემოზე მოახდინოს სხვადასხვა სახის გავლენა, რომელთა შორის გამოიყოფა [44]:

1. ტერიტორიის დატბორვა ზედა ბიეფში, რაც დაკავშირებულია წყალსაცავების შექმნასთან. მიზანშეწონილია წყალსაცავების შექმნა ვიწრო, ღრმა ხეობებში მდინარეთა სამთო, მოსახლეობის დაბალი სიმჭიდროვით გამორჩეულ უბნებზე, სადაც ადამიანის სამეურნეო აქტივობა უკიდურესად დაბალია;

2. წყალსაცავის აკვატორიის გარემომცველი მასივის შეტბორვა, რასაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გრუნტის წყლების დონის აწევას და შედეგად გამოიწვიოს მიმდებარე ტერიტორიების გადაჭარბებული დატენიანება და უარყოფითად იმოქმედოს მცენარეებზე, გამოიწვიოს ნიადაგის დაჭაობება. ამ ნეგატიური ზემოქმედების შედეგების შესამსუბუქებლად წარმატებით გამოიყენება სადრენაჟო სისტემები;

3. ნაპირების გადამუშავება უკავშირდება წყალსაცავებში წყლის დონის პერიოდულ რყევას და ტალღურ მოვლენებს, როგორც წესი ეს პროცესი წყალსაცავის ექსპლუატაციის დაწყებიდან 20 წელიწადში სტაბილური ხდება. ამ პროცესის მართვა შესაძლებელია წყალსაცავის დონის რყევის რაციონალური რეჟიმების შემუშავებით, რაც ითვალისწინებს წყალსაცავის დამუშავების ისეთი სიჩქარის შერჩევას, რომლის დროსაც ნაპირების გადამუშავება მინიმალურია;

4. წყალსაცავების შექმნისას იცვლება წყლის ხარისხი ბუნებრივთან მიმართებაში, რაც ძირითადად აისახება მისი ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლების ცვლილებაში. წყლის ხარისხზე გავლენას ახდენს წყალსაცავის მიმდებარე რაიონის მოსახლეობის სიმჭიდროვე, სამრეწველო და სასოფლო სამეურნეო საქმიანობისას გამოყენებული ჩამდინარე წყლები. წყალში ორგანული და ბიოლოგიური წარმოშობის ნივთიერებების ჭარბი



რაოდენობით მოხვედრა. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია წყლის ხარისხის მუდმივი კონტროლი და სტანდარტებთან შესაბამისობის დაცვა, ხოლო ახალი წყალსაცავების შექმნის შემთხვევაში წყლის ხარისხის უზრუნველყოფის დაგეგმვა;

5. წყალსაცავების გავლენა მიკროკლიმატზე, გამოიხატება ჰაერის ტენიანობაზე და ტემპერატურაზე, სანაპირო ზოლის ქარის, აგრეთვე წყლის ბუნებრივ ტემპერატურულ და ყინულოვან რეჟიმებზე გავლენით, რაც ლოკალურად წყალსაცავის აკვატორიის ირგვლივ ვიწრო ზოლში შეინიშნება;

6. წყალსაცავების გავლენა ფაუნაზე გამოიხატება იმაში, რომ ზოგიერთი სახეობის ცხოველები ტოვებენ დატბორვის ზონას, რაც იწვევს მათი სახეობების და რაოდენობის შემცირებას. თუმცა ცალკეულ შემთხვევებში წყალსაცავებში შესაძლებელია წყალმცურავი ფრინველების და თევზების ხელოვნურად გამრავლება;

7. წყალსაცავებში ნატანის აკუმულაცია ხელს უწყობს ქვედა ბიეფში კალაპოტის წარეცხვის პროცესის ინტენსიფიკაციას წყალსაცავებიდან წყალგაშვებებისას.

ყველა აღნიშნული ნაკლოვანება ახასიათებს საშუალო ან მაღალი კაშხლებით შექმნილ წყალსაცავიან ჰესებს. ამ ნაკლოვანებების უმრავლესობიდან ძირითადად თავისუფალია ისეთი საშუალო და მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურები, რომლებიც უმეტესად მდინარის წყალდენის რეჟიმში ფუნქციონირებს და მას არ გააჩნია ჩამონადენის რეგულირების ფუნქცია.

გასათვალისწინებელია ის გარემოება რომ მსგავსი სადგურები ხორციელდება სადერივაციო სქემით, პრაქტიკულად მათ არ გააჩნიათ რაიმე არსებითი სიდიდის წყალსაცავი, წყალაღება ხორციელდება დაბალდაწნევიანი დასაშლელი კაშხლებით დაკომპლექტებული სათავე ნაგებობებით ან ფსკერული წყალმიმღებით („ტიროლის“ ტიპის), რაც უზრუნველყოფს სამდინარო ნატანის გადაადგილებას ქვედა ბიეფში.

ასეთი სადგურები გარემოზე მოკლე ვადიან, პრაქტიკულად უმნიშვნელო, ზემოქმედებას ახდენს მშენებლობის პერიოდში, ხოლო რაც შეეხება საექსპლუატაციო პერიოდს, აქ ძირითადია წყალმიმღების ქვედა ბიეფში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯების გატარების უზრუნველყოფა, რათა წყალმიმღებისა და ჰესიდან მდინარეში წყლის ჩადინების კვეთებს შორის უბანზე (გაუწყლოვების უბანი) მიწოდებული იქნეს ის აუცილებელი რაოდენობის წყლის ხარჯი, რაც არ დაარღვევს ეკოლოგიურ წონასწორობას — შეინარჩუნებს საარსებო პირობებს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, ასევე გაითვალისწინებს სასმელ და სამეურნეო წყალზე მოთხოვნილებას.

თევზებზე ჰესების ჰიდროენერგეტიკული მოწყობილობების, კერძოდ ჰიდროტურბინების გავლენა გამოიხატება შემდეგში: მექანიკური ზემოქმედება გამდინარე ტრაქტის კონსტრუქციულ ელემენტებთან შეჯახებისას, წნევის ვარდნილის, კავიტაციის, ტურბულენტობისა და ძვრის ძაბვების ზემოქმედება, რაც აღიძვრება ნაკადის სიჩქარისა და მიმართულების შეცვლისას. არსებითი მნიშვნელობისაა ჰიდროსტატიკური დაწნევის ვარდნილის სიდიდე და მისი ცვლილების ტემპი, რომელიც აჭარბებს ამ სიდიდეებს ბუნებრივ პირობებში და მასთან არ არის ადაპტირებული იხტიოფაუნის წარმომადგენლები. ამასთან ერთად ტურბინების გამდინარე ტრაქტში აღძრული ნაკადის ტურბულიზაცია თანმხვედრი ძვრის ძაბვებით და კავიტაციით ასევე გავლენას ახდენს თევზის ტრამვირებაზე და განადგურებაზე [45].

ჰიდროტურბინების გამდინარე ტრაქტში თევზის მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია ჰესების აღჭურვა თევზდამცავი ნაგებობებით. ასეთი ნაგებობების სახეობა უნდა შეირჩეს თევზების სახეობებისა და ზომების მიხედვით დასაცავი თევზების მინიმალური ზომის გათვალისწინებით.

ცხადია, რომ ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების გარემოზე ზემოქმედება უნდა იქნეს მინიმუმის, ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში. ერთი შეხედვით ამ

თითქმის ერთმანეთის გამომრიცხავი პირობების გადაწყვეტა აუცილებელია და იგი შესაძლებელია წყლის მოდენის რეჟიმში მომუშავე ჰესებისთვის. ამ შემთხვევაში უნდა იყოს დაცული გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობა, რომელიც გაანგარიშებული იქნება ყველა გარემოსდაცვითი ფაქტორისა და ჰესის ეფექტური ფუნქციონირების პირობების ერთობლივი თანაბარი ხარისხით გათვალისწინებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება საფრთხე შეექმნას ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას და მეტიც, აქედან გამომდინარე, საწარმო-საყოფაცხოვრებო სფეროს ნორმალურ ფუნქციონირებას, ანუ საზოგადოების მდგრად განვითარებას. ჰიდროენერგეტიკის განვითარება უნდა განხორციელდეს ისე, რომ ბუნებას რაც შეიძლება ნაკლები ზიანი მიადგეს.

## **5.2. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება განსხვავებული**

### **ჰიდროგრაფის მქონე მდინარეებისათვის**

ნაშრომის მე-4 თავში განხილულ მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპებისთვის დამახასიათებელი მდინარეთა ჰიდროგრაფები ასახავს მდინარეთა სხვადასხვა წყლიანობის რეჟიმებს, რომელთა ანალიზიდან ჩანს, რომ პირველი, მე-2, მე-3, მე-6 და მე-8 ტიპის მდინარეებისათვის წყალუხვი პერიოდის ჩამონადენი შეადგენს წლიური ჩამონადენის არანაკლებ 60%-ს და კონცენტრირებულია გაზაფხულ-ზაფხულში და, ამასთან, წყალუხვობის პერიოდის წყლის ხარჯები მნიშვნელოვნად აჭარბებს წლის დანარჩენი პერიოდის წყლის ხარჯებს [42].

ამ ტიპის მდინარეებისთვის წყალმცრობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შესაძლებელია მიღებული იქნეს დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო მნიშვნელობაზე (არსებული დაკვირვებების რიგის შესაბამისად), ხოლო წყალუხვობის პერიოდში — ამავე პერიოდის თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ზე არანაკლები [42].

მე-4 და მე-7 ტიპის მდინარეებისთვის რომელთა წყალუხვი პერიოდის ჩამონადენი სრული წლიური ჩამონადენის 50%-ის ფარგლებშია, წყალმცირობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შესაძლებელია მიღებული იქნეს ამ პერიოდის თითოეული თვის მინიმალურ წყლის ხარჯზე (არსებული დაკვირვებების რიგის შესაბამისად), ხოლო წყალუხვობის პერიოდში — ამავე პერიოდის თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ზე არანაკლები [42].

მე-5 ტიპის მდინარეებისთვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე [42].

შემოთავაზებული მიდგომა ეფუძნება გონიერი საკმარისობის პრინციპს, კერძოდ: წყალუხვობის პერიოდში წყალაღების კვეთის ქვედა უბანზე შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ის დატოვება არსებით გავლენას ვერ მოახდენს ჰესის გამომუშავებაზე. აქვე უნდა გავითვალისწინოთ, რომ წყალდიდობა ემთხვევა წლის თბილ პერიოდს და მოთხოვნა ელექტროენერგიაზე შემცირებულია, ამასთან ქვედა ბიეფში გაშვებული აღნიშნული წყლის ხარჯი მეტი იქნება, ვიდრე ამჟამად საპროექტო პრაქტიკაში მიღებული საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რაც დადებით გავლენას იქონიებს მდინარის წყალში დაბინძურების კონცენტრაციის შემცირებაზე. ეს მნიშვნელოვანია სანიტარული მოთხოვნების დაცვის და ეპიდემიოლოგიური თვალსაზრისით იმის გათვალისწინებით, რომ წყალდიდობის პერიოდი, ძირითადად, ემთხვევა გარემო ტემპერატურის მატებას. ხსენებული გარემოება ხელსაყრელ პირობებს შექმნის ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა-განვითარებისათვის. რაც შეეხება მოთხოვნას, რომ წყალმცირობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი განისაზღვროს საშუალო მინიმალური ან მინიმალური დაკვირვებული წყლის ხარჯის ოდენობით,

იგი გამომდინარეობს იქიდან, რომ იძლევა ჩამონადენზე მომუშავე ჰესის ფუნქციონირების საშუალებას — მდინარის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ყოველთვის მეტია დაკვირვებულ მინიმალურ წყლის ხარჯზე, რომელზე მეტის მოცემა მდინარეს არ შეუძლია და ამ პირობებში მდინარის ეკოსისტემა შენარჩუნებულია [42].

ყოველივე ზემოთ მოყვანილი არის გარკვეულად კომპრომისული მიდგომა, ვინაიდან იგი ითვალისწინებს როგორც წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა ინტერესებს, ასევე ძირითად გარემოსდაცვით პირობებს [42].

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შემოთავაზებული შეფასება, ძირითადად, ეყრდნობა მდინარეთა კვების სახეობით განპირობებულ წყლიანობის რეჟიმების დამახასიათებელ თავისებურებებს. იგი შეიძლება გამოყენებული იქნეს დაპროექტების წინასწარ სტადიაზე გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასების მიზნით [42].

### **5.3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის საფუძვლები**

#### **ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის**

კონკრეტული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გაანგარიშებას, როგორც ზემოთ აღინიშნა, საფუძვლად უნდა დაედოს მისი განმსაზღვრელი ეკოლოგიური ფაქტორების შესწავლა, როგორცაა: წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის მონაკვეთის უბნის ზონაში წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა მოთხოვნა სასმელ და სარწყავ წყალზე, მდინარის ბუნებრივი წყალდენის რეჟიმის ცვლილების გავლენა მცენარეულ საფარზე და ცხოველთა სამყაროზე, იხტოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, ჩამდინარე წყლების გავლენა წყალსადინარის ეკოლოგიურ (დაბინძურების დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნებაზე) მდგომარეობაზე.

გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ეს სიდიდე უნდა განსაზღვრული იქნეს

ექსპლუატაციაში მყოფი და ასაშენებელი ჰესებისთვის დიფერენცირებულად.

ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სახით იმ შემთხვევაში თუ ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით ცალკეული თვისათვის იგი განისაზღვრება მეტი, ვიდრე არის ამჟამად საპროექტო და საექსპლუატაციო საქმიანობაში საანგარიშოდ მიღებული საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, მაშინ გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა დარჩეს საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%. ეს დაშვება ეყრდნობა იმას, რომ დაუშვებელია ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესის ელექტროენერჯის გამომუშავების შემცირება ვინაიდან, მან შესაძლოა ვერ დააკმაყოფილოს ეკონომიკური ეფექტურობის მოთხოვნები. რაც შეეხება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენას იმ თვეებისათვის (იმ პერიოდისათვის), როცა მისი ანგარიშით მიღებული სიდიდე ნაკლებია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ზე, იგი არ უნდა იყოს ნაკლები საშუალო დღიურ მინიმალურ წყლის ხარჯზე, რომლის მოცემაც ფაქტობრივად შეუძლია მდინარეს ყველაზე წყალმცირე წელს. დეფიციტის ყოველ შემთხვევაში მსგავს სიტუაციაში უნდა არსებობდეს ელექტროენერჯის შევსების ალტერნატიული ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად დასაბუთებული ვარიანტი.

რაც შეეხება დასაპროექტებელი სადგურების გარემოსდაცვით წყლის ხარჯის განსაზღვრას იგი უნდა განხორციელდეს ყველა ზემოთ მოყვანილი ფაქტორის გათვალისწინებით და საპროექტო ჰესის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების ეფექტურობის მიზანშეწონილობის შეფასებით.

იმ ჰიდროკვანძზე, სადაც მდინარის უბნის ენერგეტიკული გამოყენება ხორციელდება შერეული კაშხლურ-დერივაციული სქემით, გარემოსდაცვითი წყალგაშვება შეიძლება განხორციელდეს კაშხალთან მცირე სიმძლავრის ჰესის მოწყობით, რომელიც აღჭურვილი იქნება ეკოლოგიურად უსაფრთხო (თევზის მოძრაობასთან მიმართებაში)

ჰიდროტურბინებით (მაგ. კავსულური [45], „შნეკური“ [46], ტურბულენტური [46] და სხვ.), რაც, ერთი მხრივ, არ გამოიწვევს თევზის განადგურებას, მეორე მხრივ — მოახდენს ელექტროენერჯის გამომუშავებას ბაზისურ რეჟიმში, ვინაიდან გარემოსდაცვითი წყალგამება პერმანენტულად უნდა განხორციელდეს.

#### 5.4. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა ექსპლუატაციაში

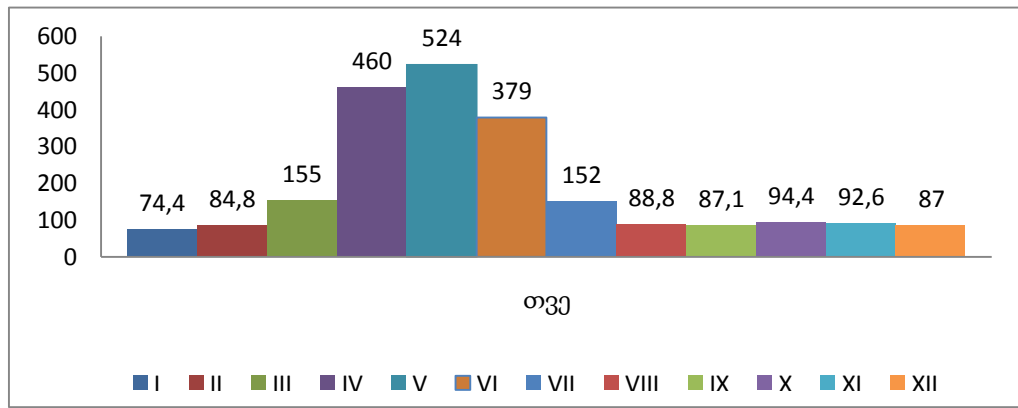
##### მყოფი ჰესებისათვის

ექსპლუატაციაში მყოფი ჰესებისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა განვიხილოთ ზაჰესის მაგალითზე. მდინარე მტკვარზე მდებარე ზემო ავჭალის ჰიდროელექტროსადგური (ზაჰესი) წარმოადგენს დერივაციული ტიპის ჰესს, რომლის დერივაცია განხორციელებულია ღია არხის ფორმით.

დაბალდაწნევიანი კაშხალი სიმაღლით 24,0 მ ქმნის 0,8 მლნ.მ<sup>3</sup> სასარგებლო მოცულობის (საპროექტო სიდიდე) წყალსაცავს, რომლის მოცულობა ამჟამად 0,3 მლნ.მ<sup>3</sup>-ის ფარგლებშია. წყალმიმღები განთავსებულია კაშხლის მარცხენა ბორტზე. მისგან სათავეს იღებს სადერივაციო არხი სიგრძით 3,3 კმ, რომელიც კვებავს დღედამური რეგულირების აუზს და შესაბამისად ჰესის ექვს ჰიდროაგრეგატს. კაშხლის მარჯვენა მხრიდან მოწყობილია ოთხსაფეხურიანი თევზსავალი.

წყალმიმღების გასწორში მდინარე მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი შეადგენს 191 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო საშუალო წლიური ხარჯის ჰიდროგრაფი მოყვანილია ნახაზზე 24 [38].

ჰესის შენობაში დამონტაჟებული ექვსი ჰიდროაგრეგატიდან ოთხი ფრენსისის სისტემის ჰიდროტურბინებით არის აღჭურვილი, ხოლო ორი — კაპლანის. ფრენსისის თითოეული ჰიდროტურბინის საანგარიშო წყლის ხარჯია 21,2 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო კაპლანის — 75 მ<sup>3</sup>/წმ.



ნახ. 24. მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს ზაჰისის კვეთი)

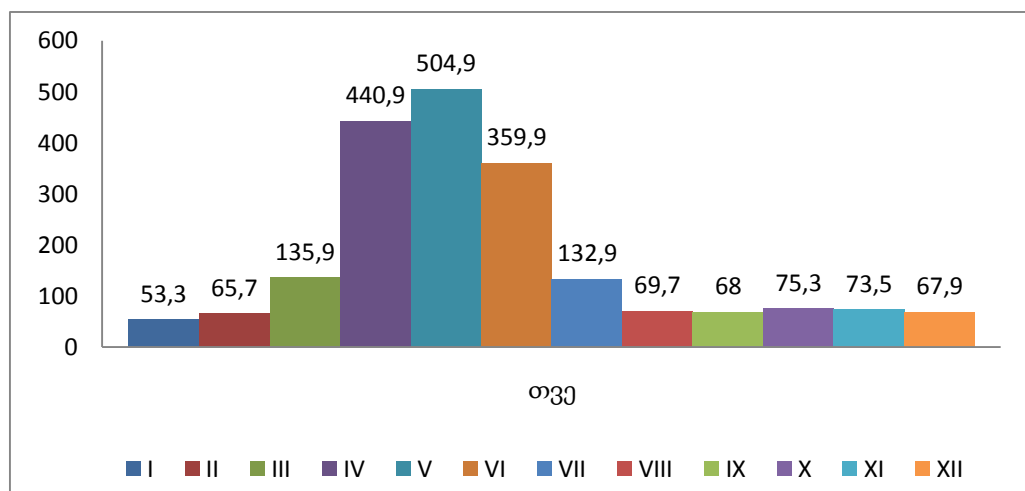
ჰიდროტურბინების საანგარიშო დაწნევაა 20 მ. ჰესის საანგარიშო წყლის ხარჯი შეადგენს 234,8 მ<sup>3</sup>/წმ. ამ სიდიდის საშუალო წლიური ხარჯების ჰიდროგრაფთან შედარებით ჩანს, რომ ჰესს დადგმული სიმძლავრით მუშაობა შეუძლია მხოლოდ აპრილ-ივნისში. შესაბამისად, ამ თვეებში ჰესიდან ქვემო ბიეფში გაშვებული წყლის ხარჯია 225,2 მ<sup>3</sup>/წმ, 289,2 მ<sup>3</sup>/წმ, 144,2 მ<sup>3</sup>/წმ.

მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება, რომ არსებული მიდგომით კაშხლის ქვედა ბიეფში, წყალმიმღებსა და ჰესის შენობას შორის მდებარე მდ. მტკვრის მონაკვეთზე უნდა იყოს უზრუნველყოფილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ის ე. ი. 19,0 მ<sup>3</sup>/წმ-ის ოდენობით, მაშინ შესაბამისად სამეურნეო მიზნით შესაძლო გამოსაყენებელი მდ. მტკვრის წყლის ხარჯის ჰიდროგრაფი გამოსახულია ნახაზზე 25. გარემოსდაცვითი წყალგაშვება წარმოებს ავტომატურად მომქმედი ნაგებობით — სიფონური წყალსაგდებით და 13,0 მეტრი მაღის მქონე თავისუფალი (2 ცალი), და ფარებით (3 ცალი, სიმაღლე 8,0 მ) აღჭურვილი წყალსაგდებით, რომლებიც უზრუნველყოფს წყლის გადაგდებას ქვედა ბიეფში. ხუთი ცალი სიფონური წყალსაგდები განხორციელებულია რკინაბეტონის, მართკუთხა განივკვეთის მქონე მილის სახით. თითოეული მილის სიმაღლეა 1,0 მ, სიგანე — 2,2 მ.



ზემო ავჭალის ჰიდროელექტროსადგურის შენობამდე, სადაც მასზე გადამუშავებული წყალი უბრუნდება მდ. მტკვრის კალაპოტს, წყალმიმღების კვეთიდან მანძილა 3,7 კმ. ამ უბანზე მდინარის კალაპოტის მარჯვენა ნაპირზე გადის საქართველოს სამხედრო გზის მონაკვეთი, ხოლო მარცხენა ნაპირზე სადერივაციო არხი.

მდ. მტკვრის ხსენებული უბნიდან არ ხორციელდება წყალაღება სამრეწველო საწარმოების მომარაგების. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის, შინაური ცხოველების (მეცხოველეობის კომპლექსების) დარწყულების მიზნით. მდ. მტკვრის ამ უბნიდან არ ხდება წყალაღება დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებისთვის. ე. ი. ამ უბანზე მდ. მტკვრის წყალი არ გამოიყენება წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეების შეუქცევადი წყალმომარაგებისთვის. წყალმიმღებსა და ზაჰესის შენობას შორის მდ. მტკვრის უბანზე გასატარებელი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს არსებული თევზების გადასაადგილებლად აუცილებელი და მასში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის დაბინძურების დასაშვები ნორმების ფარგლებში დარჩენის პირობიდან გამომდინარე.



ნახ. 25. სამეურნეო მიზნით შესაძლო გამოსაყენებელი მდ. მტკვრის წყლის ხარჯის ჰიდროგრაფი

განვიხილოთ მითითებული წყლის ხარჯები ცალ-ცალკე.

მდ. მტკვრის უბანზე წყალმიმღებსა და ზაჰესის შენობას შორის ბინადრობს შემდეგი ჯიშის თევზები: გველანა, კალმახი, კობრი, ლოქო, ნაფოტა, ქაშაპი, შამაია, ციმორი, წვერა, ჭანარი, ჭერეხი, ხრამული [47], რომელთათვის ნაკადის გადასალახი ზღვრული სიჩქარეები მოყვანილია ცხრილში 29 [32]. ამ უბანზე აუცილებელია შეიქმნას ისეთი პირობები, რომ დამყარებული იქნეს შესაბამისი წყლის ნაკადის სიჩქარეები, რომელთა გადალახვაც შეუძლიათ ამ კონკრეტულ უბანზე მობინადრე თევზებს, ამასთან მდინარეში წყლის სიღრმე უნდა იყოს საკმარისი წყალმცენარეების არსებობისათვის.

ამ სიჩქარეთაგან უნდა ავიღოთ მინიმალური, რომ ყველა სახეობის თევზმა შეძლოს მისი გადალახვა და ჰესის ზემო ბიეფში მოხვედრა ტოფობის პერიოდში. მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ხსენებული სიჩქარე უნდა იყოს უზრუნველყოფილი აუცილებლად.

**ცხრილი 29. თევზების მიერ ნაკადის გადასალახი ზღვრული სიჩქარეები მდ. მტკვრის ზაჰესის კვეთზე**

| წყლის ნაკადის სიჩქარეები, რომელთა გადალახვაც შეუძლიათ თევზებს |                                     |
|---|-------------------------------------|
| თევზის სახეობა  | ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეები, მ/წმ. |
| კალმახი, ჭერეხი   | 2,3—3,5                             |
| წვერა   | 1,8—2,3                             |
| ქაშაპი  | 1,5—1,8                             |
| ქორჭილა, ნაფოტა   | 1,2—1,5                             |
| ჭანარი  | 0,6—1,2                             |

როგორც ცხრილიდან 29 ჩანს, მინიმალური სიჩქარე, რომლის გადალახვაც უნდა შეძლოს თევზმა არის 0,6 მ/წმ .

წყლის ხარჯის დასადგენად ვისარგებლოთ შეზის ფორმულით ღია კალაპოტებისათვის [48]:

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (8)$$

სადაც,  $\omega$  არის მდინარის განივკვეთის ფართობი ხსენებულ უბანზე;

$C$  -შეზის კოეფიციენტი:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (9)$$

$n$  - მდინარის კალაპოტის სიმქისის კოეფიციენტი,  $n=0,04$  [48];

$i$  - მდინარის უბნის ფსკერის ქანობი  $i=0,0024$ ;

$R$  - ჰიდრაულიკური რადიუსი:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (10)$$

$\chi$  - სველი პერიმეტრი:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) \quad (11)$$

განსახილველ უბანზე მდ. მტკვრის კვეთი შეიძლება მიღებული იქნეს

პარაბოლურად, მაშინ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ  $R = \frac{2}{3}h$ ,  $\omega = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h$ , სადაც

$b$  მდინარის კალაპოტის სიგანეა განსახილველ კვეთში.

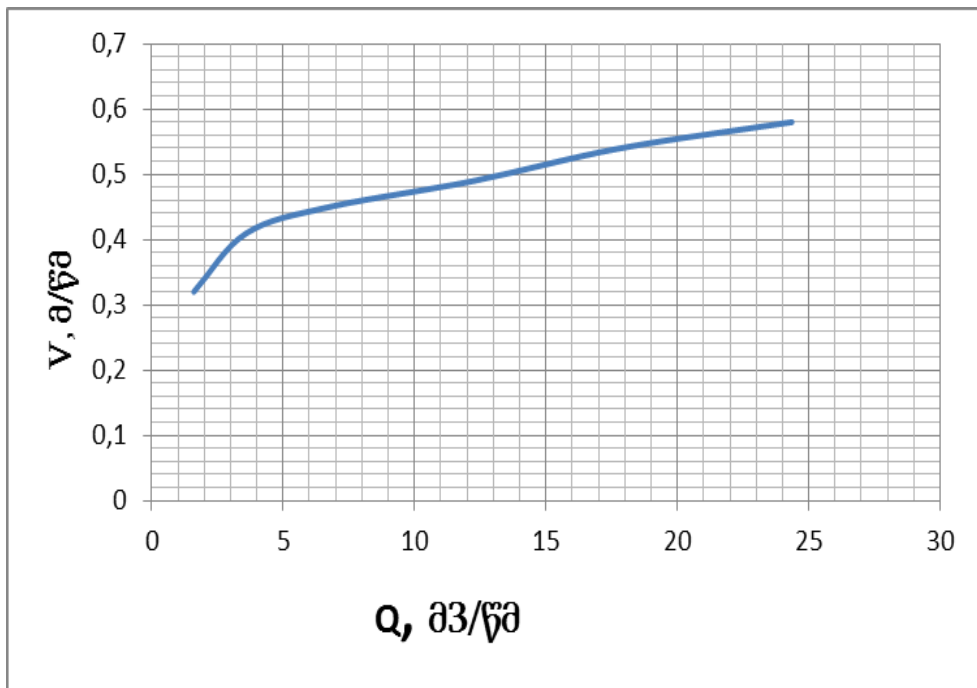
ანგარიში წარმოებს ცხრილური ფორმით (იხ. ცხრილი 30)

**ცხრილი 30. წყლის ხარჯებისა და ნაკადის სიჩქარეების დამოკიდებულება**

| რიგითი № | $h$ , მ | $b$ , მ | $\omega$ , მ <sup>2</sup> | $R$ , მ | $y$   | $C$ , მ <sup>0,5</sup> /წმ | $v = C\sqrt{Ri}$ , მ/წმ | $Q = \omega \times v$ , მ <sup>3</sup> /წმ |
|----------|---------|---------|---------------------------|---------|-------|----------------------------|-------------------------|--|
| 1        | 0,3     | 25,0    | 5,0                       | 0,2     | 0,336 | 14,56                      | 0,32                    | 1,6  |
| 2        | 0,4     | 33,0    | 8,8                       | 0,27    | 0,33  | 16,23                      | 0,41                    | 3,61                                       |
| 3        | 0,45    | 50,0    | 15,0                      | 0,3     | 0,329 | 16,82                      | 0,45                    | 6,75                                       |
| 4        | 0,5     | 80,0    | 26,67                     | 0,33    | 0,327 | 17,40                      | 0,49                    | 13,07                                      |
| 5        | 0,55    | 95,0    | 34,83                     | 0,37    | 0,324 | 18,11                      | 0,54                    | 18,81                                      |
| 6        | 0,6     | 105,0   | 42,0                      | 0,4     | 0,323 | 18,60                      | 0,58                    | 24,36                                      |

ცხრილის 30 მონაცემების მიხედვით აიგება დამოკიდებულება  $Q = f(v)$  (იხ. ნახ. 26), საიდანაც ჩანს, რომ 19,0 მ<sup>3</sup>/წმ წყლის ხარჯის დროს ნაკადის საშუალო სიჩქარე ტოლია 0,55 მ/წმ, რაც საშუალებას მისცემს თევზებს გადაადგილდეს მდინარის დინების საწინააღმდეგოდ.

ამას გარდა, უნდა იქნეს გათვალისწინებული წყალაღების კვეთსა და ჰესის შენობას შორის მდინარის წყლის ჩამდინარე წყლებით დაბინძურების მაჩვენებლის ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე დაბალი მაჩვენებლის შენარჩუნება, რაც ამ უბანზე უნდა იყოს უზრუნველყოფილი შესაბამისი სიდიდის წყალგაშვებით.



ნახ.26. დამოკიდებულება  $Q = f(v)$

დამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციის დადგენის მიზნით მდ. მტკვრის საკვლევ უბანზე წყლის სინჯების აღება განხორციელდა შემდეგ კვეთებში (ნახაზი 27 [49]):

- 1) ზაჰესის კაშხლის ზედა ბიეფში (წყალსაცავში), კაშხლის მიმდებარედ (კვეთი I-I);
- 2) ზაჰესის კაშხლიდან მდინარის დინების მიმართულებით 2200 მ მანძილზე (კვეთი II-II). მდინარის ამ მონაკვეთის გასწვრივ (მარჯვენა ნაპირზე) არის განლაგებული საზოგადოებრივი კვების ობიექტების უმრავლესობა;
- 3) ზაჰესის კაშხლიდან მდინარის დინების მიმართულებით 3400 მ მანძილზე (კვეთი III-III) საზოგადოებრივი კვების ობიექტების და რკინა ბეტონის ნაკეთობათა საამქროს განლაგების ზონაში;
- 4) ზაჰესის შენობის ქვედა ბიეფში მდ. მტკვრის კალაპოტში.

სინჯის ასაღები კვეთების განლაგება დაინიშნა იმ მოსაზრებით, რომ ზუსტად აღრიცხულიყო ჩამდინარე წყლებში არსებული დამაბინძურებელი

ნივთიერებების კონცენტრაციის შესაბამისობა სათანადო ნორმებით და წესებით მოთხოვნილ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებთან.



ნახ. 27. მდ. მტკვრის საკვლევ მონაკვეთზე წყლის სინჯების აღების კვითები

ჩვენი მონაწილეობით, „დეჯ კონსალტინგის“ სპეციალისტების მიერ ადგილზე გაიზომა წყალბადის ინდექსი pH, წყლის მინერალიზაცია, გახსნილი ჟანგბადი, ტემპერატურა, ხოლო ლაბორატორიული კვლევებისთვის აღებულ იქნა წყლის ნიმუშები. ლაბორატორიული ქიმიური კვლევა მოიცავდა ჟანგბადის ქიმიური და ბიოლოგიური მოხმარების, ბუნებრივ წყლებში აზოტნაერთების (ნიტრიტი —  $\text{NO}_2$ , ნიტრატი —  $\text{NO}_3$  და ამონიუმი —  $\text{NH}_3$ ), შეტივნარებული ნაწილაკების განსაზღვრას.

წყალბადის ინდექსი (pH) — წყალბად იონების კონცენტრაციის მაჩვენებელია წყალში და გვიჩვენებს წყლის მჟავიანობის ან ტუტეიანობის ხარისხს.

მინერალიზაცია (TDS) არის წყალში გახსნილი მარილების რაოდენობრივი საზომი, რომელიც გამოისახება მგ/ლ-ში.

წყალში გახსნილი ჟანგბადი (DO). ჟანგბადი წყალში პირდაპირ ადსორბირდება ატმოსფეროდან, ასევე მცენარეული ფოტოსინთეზის ნარჩენების სახით. გახსნილი ჟანგბადი წყალში არსებული მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ბინადართათვის სიცოცხლისუნარიანობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კრიტერიუმია.

ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება (ჟ.ქ.მ., COD) არის ბუნებრივი წყაროების დაბინძურების ერთ-ერთი არსებითი მაჩვენებელი. ის გვიჩვენებს ორგანული ნაერთების დაჟანგვაზე დახარჯული ჟანგბადის შემცველობას 1 ლ წყალში.

ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება (ჟ.ბ.მ., BOD) ჟანგბადის ის რაოდენობაა, რომელიც მიკროორგანიზმების არსებობისას, საკვლევ ხსნარში არსებული არამდგრადი ორგანული ნივთიერებების დაშლაზე და აერობული ბიოლოგიური ჟანგვის პროცესებზე იხარჯება. ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია, რომელითაც წყლის დაბინძურების ხარისხი დგინდება.

ბუნებრივ წყლებში აზოტნაერთები (ნიტრიტი- $\text{NO}_2$ , ნიტრატი- $\text{NO}_3$  და ამონიუმი- $\text{NH}_3$ ) წარმოიქმნება წყალში არსებული ცილოვანი ნაერთებიდან, რომელთა წარმოქმნის წყარო, ძირითადად, ჩამდინარე წყლებია.

ბუნებრივ წყლებში არსებული შეტივნარებული ჯამური ნაწილაკები (TSS) მოიცავს თიხას, ქვიშას, სუსპენზირებულ ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებს და სხვადასხვა მიკრო ორგანიზმებს. შეტივნარებული ნაწილაკების კონცენტრაციაზე დამოკიდებულია წყალში არსებული ორგანიზმების სიცოცხლის უნარიანობა.

ქვემოთ ცხრილში 31, შესაბამისად I-I, II-II, III-III, IV-IV კვეთებისათვის, მოგვყავს წყლის ნიმუშებში ზემოთ ხსენებული მახასიათებლების ქიმიური კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები და შესაბამისი ნორმებით და წესებით დადგენილი ამ მაჩვენებლების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები, რომლებიც მიიღება [33], [34]-ის მიხედვით.

**ცხრილი 31. წყლის ქიმიური კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები**

| ქიმიური მაჩვენებლის დასახელება | საზომი ერთეული      | ქიმიური მაჩვენებლის სიდიდე |       |         |       | ქიმიური მაჩვენებლის ზღვრულად დასაშვები სიდიდე |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|-------|---------|-------|---|
|                                |                     | I-I                        | II-II | III-III | IV-IV |   |
| 1                              | 2                   | 3                          | 4     | 5       | 6     | 7   |
| ტემპერატურა                    | °C                  | 7                          | 7     | 6,8     | 6     | -   |
| pH                             | -                   | 8,26                       | 8,52  | 8,56    | 8,36  | 6,5 – 8,5                                     |
| მინერალიზაცია                  | მგ/ლ                | 316                        | 326   | 325     | 320   | 1000 მგ/ლ                                     |
| გახსნილი ჟანგბადი              | მგ/ლ O <sub>2</sub> | 7,76                       | 8,06  | 7,85    | 7,88  | ≥ 6 მგ/ლ                                      |
| ნიტრატი (NO <sub>3</sub> )     | მგ/ლ                | 3,03                       | 3,04  | 3,16    | 3,21  | 40 მგ/ლ                                       |
| ნიტრიტი (NO <sub>2</sub> )     | მგ/ლ                | 0,05                       | 0,05  | 0,05    | 0,05  | 0,08 მგ/ლ                                     |
| ამონიუმი (NH <sub>4</sub> )    | მგ/ლ                | 0,2                        | 0,2   | 0,2     | 0,2   | 0,39 მგ/ლ                                     |
| ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება | მგ/ლ O <sub>2</sub> | <3                         | <3    | <3      | <3    | 6 მგ/ლ  |
| ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება    | მგ/ლ O <sub>2</sub> | 21,33                      | 17,5  | 18,33   | 20,0  | 30 მგ/ლ                                       |
| შეტივენარებული ნაწილაკები      | მგ/ლ                | <2                         | <2    | <2      | <2    | 30 მგ/ლ                                       |

მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, რომ მდ. მტკვრის ზაჰესის კაშხალსა და ჰესის შენობას შორის უბანზე ამჟამად არსებული ნორმების მიხედვით დადგენილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის გატარებისას წყლის ქიმიური მაჩვენებლები მოქმედი ნორმის ფარგლებშია.

დავადგინოთ სხვადასხვა უზრუნველყოფის მინიმალური წყლის ხარჯები იმ მიზნით, რომ განვსაზღვროთ მათი შესაბამისობა თევზის გადაადგილებისათვის და მდინარის დაბინძურების დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში დარჩენისათვის აუცილებელ გარემოსდაცვით წყლის ხარჯთან მიმართებაში.

ნახაზზე 28 გამოსახულია ზაჰესის წყალმიმღების გასწორში დაკვირვებებით მიღებული მდ. მტკვრის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯები.

გავიანგარიშოთ მინიმალური წყლის ხარჯები ზაფხულ-შემოდგომისა და ზამთრის პერიოდებისათვის ზაჰესის წყალმიმღების გასწორის კვეთში [36]-ში მოყვანილი მეთოდოლოგიის მიხედვით. წყალშემკრები აუზის

ფართობი  $F = 20800$  კმ<sup>2</sup>; წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე 1200 მ.  
 მდინარის წყალშემკრები აუზის ჩამონადენის მოდული:

$$M_0 = \frac{191 \times 1000}{20800} = 9,18 \text{ ლ/წმ კმ}^2 \quad (12)$$

განისაზღვრება ჩამონადენის ბუნებრივი დარეგულირების კოეფიციენტი მდ. მტკვრის ზაჰესის გასწორისათვის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლის მიხედვით. XIII რეგიონისათვის (ნახ. 40,  $\varphi = 0,60$  ([36], ცხრ. 40, [36]) , რომელსაც მიეკუთვნება საკვლევი რაიონი.

75 %-იანი უზრუნველყოფის 10 დღიანი მინიმალური წყლის ხარჯის მოდული განისაზღვრება წლიური ჩამონადენის ნორმისაგან  $M_0$  დამოკიდებულებით და ბუნებრივი დარეგულირების კოეფიციენტის  $\varphi$  მიხედვით:

$$m_{75\%} = M_0 \left( \frac{b}{1 - a\varphi} \right) \text{ ლ/წმ. კმ}^2\text{-დან} \quad (13)$$

$a$  და  $b$  არის რაიონის პარამეტრები, რომლებიც მიიღება დარაიონების სქემის მიხედვით საკვლევი IX რაიონისათვის (ნახ. 54, [36]), (ცხრ. 53, [36]) .

ზაფხული-შემოდგომის პერიოდისათვის  $a = 1,20$   $b = 0,056$

ზამთრის პერიოდისათვის  $a = 1,08$   $b = 0,067$  . შესაბამისად

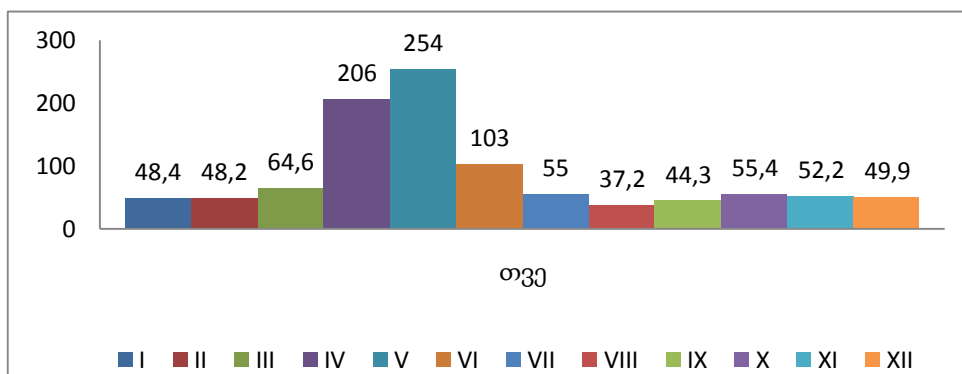
$$m_{75\% \text{ ზაფხული}} = 9,18 \left( \frac{0,056}{1 - 1,2 \cdot 0,6} \right) = 1,84 \text{ ლ/წმ-კმ}^2; \quad (14)$$

$$m_{75\% \text{ ზამთარი}} = 9,18 \left( \frac{0,067}{1 - 1,08 \cdot 0,6} \right) = 1,75 \text{ ლ/წმ -კმ}^2 \quad (15)$$

$$Q_{75\% \text{ ზაფხული}} = \frac{1,84 \times 20800}{1000} = 38,2 \text{ მ}^3/\text{წმ} \quad (16)$$

$$Q_{75\% \text{ ზამთარი}} = \frac{1,75 \times 20800}{1000} = 36,4 \text{ მ}^3/\text{წმ}. \quad (17)$$





ნახ. 28. ზაჰესის წყალმიმღების გასწორში დაკვირვებებით მიღებული მდ. მტკვრის მინიმალური საშუალო თვიური წყლის ხარჯები

სხვადასხვა უზრუნველყოფის მინიმალური დღელამური და 30 დღიანი წყლის ხარჯების მისაღებად ვსარგებლობთ შემასწორებელი კოეფიციენტებით (ცხრ. 58, [36], ნახ. 59, [36]).

ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილებში 32 და 33.

ცხრილი 32. სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p, \%$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდისათვის

| სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p, \%$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზაფხულ-შემოდგომის პერიოდისათვის |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| $p, \%$   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | 97   | 99   |
| დღე-ღამური  | 35,1 | 33,0 | 31,6 | 28,8 | 26,7 | 24,6 | 22,7 |
| 10 დღიანი   | 38,2 | 35,9 | 34,4 | 31,3 | 29,0 | 26,7 | 24,7 |
| 30 დღიანი   | 42,0 | 40,2 | 38,5 | 35,0 | 32,5 | 29,9 | 27,3 |

ცხრილი 33. სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p \%$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზამთრის პერიოდისათვის

| სხვადასხვა უზრუნველყოფის ( $p \%$ ) მინიმალური წყლის ხარჯები ზამთრის პერიოდისათვის |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| $p, \%$  | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | 97   | 99   |
| დღე-ღამური   | 32,8 | 31,1 | 30,2 | 28,8 | 27,5 | 24,9 | 22,3 |
| 10 დღიანი  | 36,4 | 34,6 | 33,5 | 32,0 | 30,6 | 27,7 | 24,8 |
| 30 დღიანი  | 39,3 | 37,4 | 36,2 | 34,6 | 33,0 | 29,9 | 27,8 |

ცხრილებში 32 და 33 მოცემული სხვადასხვა უზრუნველყოფის ზაფხულ-შემოდგომისა და ზამთრის მინიმალური წყლის ხარჯები მეტია საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%-ზე, ანუ შესაძლებელია გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობის დაკმაყოფილება წყალმცირობის პერიოდში.

### 5.5. დასაპროექტებელი ჰიდროელექტროსადგურებიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების წყლის ხარჯის შეფასება

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ დასაპროექტებელი ჰიდროელექტროსადგურებიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს ყველა ზემოთ მოყვანილი ფაქტორის გათვალისწინებით, ამასთან მდინარის წყლის შესაძლო დამაბინძურებელი წყაროს სახით უნდა იქნას შეფასებული სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების პერსპექტიული ოდენობა და დაიგეგმოს მისი სიდიდე ამ მონაცემების საფუძველზე.

მაგალითის სახით განვიხილოთ აჭარის რეგიონში მდ. მაჭახლისწყალზე ასაშენებელი პერსპექტიული ჰესი, რომლის წყალმიმღები განლაგებული იქნება 328 მ ნიშნულზე ზღვის დონიდან. მდინარის გაუწყლოებული უბნის სიგრძე 7000 მ-ს უტოლდება.

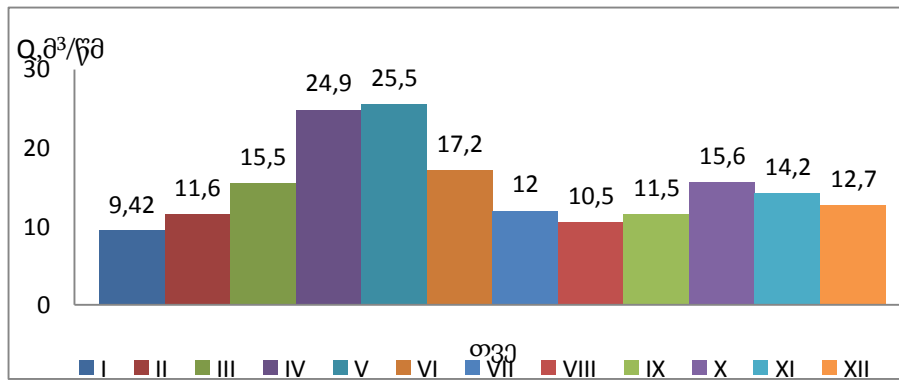
მეოთხე თავში მოყვანილი კლასიფიკაციით მდ. მაჭახლისწყალი მიეკუთვნება მდინარეების მე-5 ტიპს დამახასიათებელი წყალმოვარდნის რეჟიმით. მისი საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯების ჰიდროგრაფი (კვეთი  $\nabla$  328 მ) მოყვანილია ნახაზზე 29. მდინარის ჩამონადენის ფორმირებაში წამყვანია წვიმები. მდ. მაჭახლისწყლისთვის რომელსაც არ გააჩნია გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე. ეს უკანასკნელი 1,09 მ<sup>3</sup>/წმ-ის ტოლია [38]. საშუალო თვიური წყლის ხარჯების 10%,-ით გაანგარიშებული მდ.

მაჭახლისწყლის გაუწყლოებულ კალაპოტში მისაწოდებელი საშუალო თვიური გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეები მოცემულია ცხრილში 34.

**ცხრილი 34. მდ. მაჭახლისწყლის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%**

| თვე                             | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| წყლის ხარჯი, მ <sup>3</sup> /წმ | 0,95 | 1,16 | 1,55 | 2,49 | 2,55 | 1,72 | 1,20 | 1,05 | 1,15 | 1,56 | 1,42 | 1,27 |

მითითებულ მონაკვეთზე მდინარის წყალი არ გამოიყენება სამელიორაციო და საწარმოების წყალმომარაგების მიზნით. მდინარის ბინადარი თევზების სახეობებია: კობრი, ორაგული, ხრამული [47]. ცხრილი 29-ის მიხედვით თევზების ამ სახეობების მიგრაციის უზრუნველსაყოფად მდინარის მონაკვეთზე წყალმიღებსა და ჰესის შენობას შორის ნაკადის მინიმალური ზღვრული სიჩქარე უნდა იყოს არაუმეტეს 0,6 —1,2 მ/წმ. თევზის მიგრაციას მდინარის დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით ადგილი აქვს მაის-სექტემბრის პერიოდში, რომელსაც შეესაბამება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მინიმალური სიდიდე (საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%) 1,05 მ<sup>3</sup>/წმ, ამასთან იგი ნაკლებია ამ კვეთში დაკვირვებულ მინიმალურ წყლის ხარჯზე — 1,09 მ<sup>3</sup>/წმ. ამიტომ საანგარიშოდ უნდა იქნეს მიღებული ეს უკანასკნელი. განვსაზღვროთ ნაკადის სიჩქარე მდინარის გაუწყლოებულ უბანზე მაის-სექტემბრის პერიოდის მინიმალური 1,09 მ<sup>3</sup>/წმ და მაქსიმალური 2,55 მ<sup>3</sup>/წმ წყლის ხარჯებისათვის. განსახილველ უბანზე მდ. მაჭახლისწყლის განივი კვეთი შეიძლება მიღებული იქნეს პარაბოლურად, მაშინ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ  $R = \frac{2}{3}h$ ,  $\omega = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h$ , სადაც  $b = 15,0$  მ მდინარის კალაპოტის სიგანეა განსახილველ კვეთში. ამ უბანზე ფსკერის საშუალო ქანობია  $i=0,032$ , სიმქისის კოეფიციენტი  $n=0,065$  [48]. ანგარიში წარმოებს პარაგრაფ 5.4-ში მოყვანილი მიმდევრობით. შედეგები ცხრილში 35 არის ასახული.

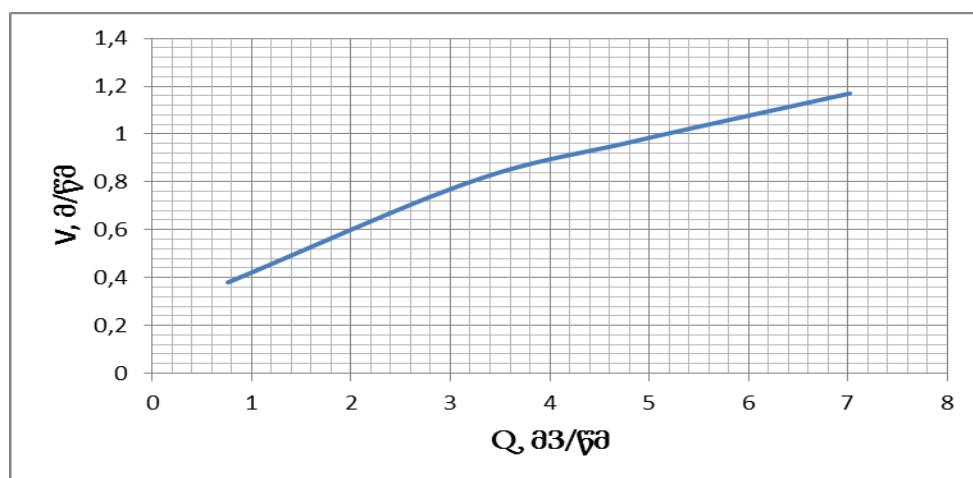


ნახ. 29. მდ. მაჭახლისწყლის ჰიდროგრაფი (კვეთი  $\nabla$  328 მ)

ცხრილი 35. თევზების მიერ ნაკადის გადასალახი ზღვრული სიჩქარეები მდ. მაჭახლისწყლისთვის

| რიგითი № | $h$ , მ | $\omega$ , მ <sup>2</sup> | $R$ , მ | $\gamma$ | $C$ , მ <sup>0.5</sup> /წმ | $v = C\sqrt{Ri}$ , მ/წმ | $Q = \omega \times v$ , მ <sup>3</sup> /წმ |
|----------|---------|---------------------------|---------|----------|----------------------------|-------------------------|--|
| 1        | 0,2     | 2,0                       | 0,13    | 0,465    | 5,96                       | 0,38                    | 0,76                                       |
| 2        | 0,4     | 4,0                       | 0,27    | 0,447    | 8,57                       | 0,80                    | 3,2  |
| 3        | 0,5     | 5,0                       | 0,33    | 0,440    | 9,45                       | 0,97                    | 4,85                                       |
| 4        | 0,6     | 6,0                       | 0,40    | 0,434    | 10,34                      | 1,17                    | 7,02                                       |

ცხრილის 35 მონაცემების მიხედვით აგებული  $Q = f(v)$  (იხ. ნახ. 30.) გრაფიკიდან ჩანს, რომ 1,09 მ<sup>3</sup>/წმ წყლის ხარჯის დროს ნაკადის საშუალო სიჩქარე ტოლია 0,44 მ/წმ, 2,55 მ<sup>3</sup>/წმ-ისას - 0,7 მ/წმ, რაც საშუალებას მისცემს თევზებს გადაადგილდეს მდინარის დინების საწინააღმდეგოდ.



ნახ. 30. დამოკიდებულება  $Q = f(v)$

ყოველივე მოყვანილის გარდა, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდის 1,09 მ<sup>3</sup>/წმ პირობებში უნდა იყოს უზრუნველყოფილი საქართველოში მოქმედი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების [33], [34] შესაბამისად მდინარის წყლის ბიოქიმიური მაჩვენებლების მნიშვნელობების შენარჩუნება შემდეგი ზღვრულად დასაშვები სიდიდეების შესაბამის ფარგლებში: pH – 6,5 – 8,5, მინერალიზაცია – 1000 მგ/ლ, წყალში გახსნილი ჟანგბადი -  $\geq 6$  მგ/ლ, ნიტრატი (NO<sub>3</sub>) – 40 მგ/ლ, ნიტრიტი (NO<sub>2</sub>) – 0,08 მგ/ლ, ამონიუმი (NH<sub>4</sub>) – 0,39 მგ/ლ, ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება – 6 მგ/ლ, ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება – 30 მგ/ლ, შეტივნარებული ნაწილაკები – 30 მგ/ლ. მდინარის გაუწყლოებულ მონაკვეთზე სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტებიდან წყლის ჩაშვებისას მდინარის წყლის ხარისხი უნდა აკმაყოფილებდეს აღნიშნული ნორმების მოთხოვნებს.

## დასკვნა

1. მსოფლიოს რიგ ქვეყნებში საანგარიშოდ მიღებული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდეების ანალიზის და მათ შესაბამისად საქართველოს პირობებისათვის ჩატარებული გამოთვლებით მიღებული შედეგები ხასიათდება დიდი გაფანტვით, რაც ცხადყოფს, რომ მიუხედავად იმისა, თუ რა უზრუნველყოფით არის გამოსახული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი, ამ სიდიდის უნიფიცირებულად გამოყენება ყველა მდინარის ყველა გასწორისათვის არ იქნება კორექტული.
2. გარემოსდაცვითი წყალგაშვებების შეფასების სხვადასხვა მეთოდების შესწავლამ აჩვენა, რომ კორექტული იქნება თითოეული მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად, თითოეული ობიექტის ენერგო-ეკონომიკური მიზანშეწონილობისა და ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.
3. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განმსაზღვრელი ეკოლოგიური და ტექნიკური ფაქტორების სახით უნდა იქნეს განხილული: გაუწყლოებული უბნის სიგრძე, ხსენებული უბნის გავლენა ცხოველთა სამყაროზე, მცენარეულ საფარზე, იბტიოფაუნაზე და წყალმცენარეებზე, წყალსადინარის სანიტარულ მდგომარეობაზე, გაუწყლოების არეალში მოთხოვნა სასმელ, სარწყავ და სამრეწველო წყალმომარაგებაზე.
4. მდინარეთა საზრდოობის სხვადასხვა ტიპებისთვის დამახასიათებელი ჰიდროგრაფების ანალიზიდან ჩანს, რომ წყალუხვობის გამოკვეთილი პერიოდის მქონე მდინარეებისთვის ამ ინტერვალში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ით, ხოლო წყალმცირობის პერიოდში — დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო

მნიშვნელობაზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 40%-ზე ნაკლებია, ან ამ პერიოდის თითოეული თვის მინიმალურ წყლის ხარჯზე არანაკლები, როცა წყალმცირობის ჩამონადენი წლიური ჩამონადენის 50%-ის ფარგლებშია.

5. მდინარეებისათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ გამოკვეთილი წყალდიდობის რეჟიმი, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შეიძლება მიღებულ იქნეს თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%, მაგრამ არანაკლები დაკვირვებული მინიმალური წყლის ხარჯის მნიშვნელობაზე.
6. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი უნდა განისაზღვროს ექსპლუატაციაში მყოფი და პერსპექტიული ჰესებისთვის დიფერენცირებულად, ამასთან იგი უნდა უზრუნველყოფდეს მდინარეში თევზების დინების საწინააღმდეგოდ გადაადგილებისათვის აუცილებელ სიჩქარეს და დაბინძურების მახასიათებლების შენარჩუნებას ნორმებით დასაშვებ ზღვრულ სიდიდეების ფარგლებში. ამ პირობების დაცვით გაანგარიშებები შესრულებულია ექსპლუატაციაში მყოფი ზაჰესის და პერსპექტიული მაჭახელჰესისათვის.
7. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრა ხელს შეუწყობს ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენას, რაც მნიშვნელოვანია პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების შედარებითი ეკოლოგიური ეფექტურობის შეფასებისათვის.

## გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა

1. Ломидзе Ю. Б., Патарая Р. И., Хелидзе Г. К., Аршба Т. К.. К вопросу установления санитарно-экологического попуска из ГЭС. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2013, №2, გვ.99-101.
2. Gaile Andreea-Cristina G. A., Tanase I., Lazarine T., Popa B.. BALWOIS 2012 – Ohrid, Republic of Macedonia – 28 May, 2 June 2012.
3. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ჩოხელი ხ., მარდალეიშვილი მ.. ეკოლოგიური წყლის ხარჯი და მისი განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, 2017, №3, გვ. 65-67.
4. Shofiul Islam Md. Nature and limitations of environmental flow methodologies and its global trends. *Journal of Civil Engineering (IEB)*, 2010, №38(2), pp.141-152.
5. RESERVED FLOW – SHORT CRITICAL REVIEW OF THE METHODS OF CALCULATION- ENVIRONMENTAL GROUP. <http://www.surna.no/web/NettskoleRessurs.axd?id=4aa21e26-93fc-474a-8ee2-c2aff3766fab>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
6. Review of approaches and methods to assess Environmental Flows across Canada and internationally – *Appendix B. The current method of establishing minimum or environmental flows in some European countries*. Environment Canada, Canadian Rivers Institute, University of New Brunswick, Department of Biology, P.O. Box 4400, Fredericton, New Brunswick, E3B 5A3 Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2013, 83 p.
7. ОБ УТВЕРЖДЕНИИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ. ПРИКАЗ N 17 от 26 января 2011 г. МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РФ.
8. <http://www.omegametall.ru/Index2/1/4293806/4293806974.htm>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
9. THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FLOWS FOR THE RIVERS AND STREAMS OF GEORGIA. [geo.org.ge/wp-content/uploads/2019/02/ENVIRONMENTAL-FLOWS-FOR-THE-RIVERS-AND-STREAMS-OF-GEORGIA-1.pdf](http://geo.org.ge/wp-content/uploads/2019/02/ENVIRONMENTAL-FLOWS-FOR-THE-RIVERS-AND-STREAMS-OF-GEORGIA-1.pdf).
10. Acreman M., Dunbar M. J. Defining environmental river flow requirements- a review. <https://hess.copernicus.org/articles/8/861/2004/hess-8-861-2004.pdf>.
11. RICHARD DAVIS, RAFIK HIRJI. Environmental Flows: Flood Flows; WATER RESOURCES AND ENVIRONMENT TECHNICAL NOTE C.3. The



International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK, Washington, D.C. U.S.A. 2003, 21 p.

12. Brisbane Declaration 2007. <http://www.watercentre.org/news/declaration>. უკანასკნელად ნანახია 20.12.2020.

13. Environmental Flows for Hydropower Projects Guidance for the Private Sector in Emerging Markets. pp. 23-30. Date published: February 2018.

14. Joshi P, Pande V, Joshi P. Microbial diversity of aquatic ecosystem and its industrial potential. *J Bacteriol Mycol Open Access*. 2016;3(1):177-179

15. O'Keeffe J., Le Quesne T.. WWF Water Security Series 2 Keeping Rivers Alive A primer on environmental flows February 2009, 39 p.

16. Schofield, N., A. Burt and D. Connell,. Environmental water allocation: principles, policies and practices. Land & Water Australia. 2003, 38 p.

17. SECURE Water Act Report - Bureau of Reclamation, 2009. <https://www.usbr.gov/climate/secure>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.

18. Securing Water for Ecosystems and Human Well-being: The Importance of Environmental Flows, 2009, Swedish Water House (SWH). 51p.

19. "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy.[http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html) უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.

20. Никитина О. Экологический сток и его значение для пресноводных экосистем. Пилотный проект по экологическим проблемам речных бассейнов Даурии и Амура «Высыхающая Даурия». Москва, 2015. 97 с.

21. Water Law of the People's Republic of China. [http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/12/content\\_1383920.htm](http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/12/content_1383920.htm). უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.

22. Methods and tools for defining Environmental Flows., GEF IW:LEARN Regional Workshop on Application of Environmental Flows in River Basin Management, February, pp. 11-15, 2008.

23. Zeiringer B., Seliger C., Greimel F., Schmutz S. (2018) River Hydrology, Flow Alteration, and Environmental Flow. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8, pp. 19-90. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_4).

24. Armas-Vargas F., O. Escolero, D. García de Jalón, L. Zambrano, M. González del Tánago and S. Kralisch. 2017. Proposing environmental flows based on physical habitat simulation for five fish species in the Lower Duero River Basin, Mexico. *Hidrobiológica* 27 (2): pp.185-200.
25. საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისადმი, თბილისი 2015.
26. ინაშვილი მ. კლიმატის ცვლილება და ენერგეტიკის წინაშე მდგარი გამოწვევები საქართველოში და მათი გადაჭრის გზები, 2011, გვ. 11.
27. Standard water consumption per person per day by WHO. [https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief.pdf). უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
28. ტრაპაიძე ვ. წყლის რესურსები. თსუ, 2012, გვ. 133.
29. მეხრიშვილი გ. „საქართველოს სარწყავი სისტემების ტექნიკური ეფექტიანობის ამაღლების გზები კასპის მუნიციპალიტეტის მდ. თეძამის აუზის მაგალითზე“; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი 2016 წ.
30. აბუსერიძე ფ. „მცირე სიმძლავრიანი სათიბელების მოდერნიზაცია ახალი ტიპის მჭრელი აპარატის გამოყენებით“; დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად; ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ბათუმი-2013 წ.
31. WATER QUALITY AND STANDARDS – Vol. I - Industrial Water - Yasumoto Magara. <https://www.eolss.net/sample-chapters/C07/E2-19-02-04.pdf>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
32. <http://www.fao.org/3/y4454e/y4454e02.pdf> Technical fish passes. Table 5.1, p.72. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
33. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425 (2013 წლის 31 დეკემბერი) „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“.
34. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №17 (2014 წლის 3 იანვარი) „გარემოსდაცვითი ტექნიკური რეგლამენტების დამტკიცების თაობაზე“.
35. ლომიძე ი., ხელიძე გ., პატარაია კ., მარდალეიშვილი მ.. საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის პრინციპები ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის. „ენერჯია“, 2018, №2(86), გვ. 49-54.
36. Ресурсы поверхностных вод СССР. т.9 Закавказье и Дагестан., вып.1., западное Закавказье., Л., Гидрометеоиздат., 1969., 302 с.

37. Ресурсы поверхностных вод СССР., Основные гидрологические характеристики.. т.9, вып. 1., П., Гидрометеиздат., 1978.
38. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши.,т.VI., ГрузССР. Л.: Гидрометеиздат., 1987.
39. „საქართველოს მდინარეების ტექნიკური და ეკონომიკური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრა და ლოკალური ენერგორაიონის შექმნის საკითხის დამუშავება“. საქართველოს ენერგეტიკის ინსტიტუტის ფონდები, თბილისი, 1992.
40. Ezugwu C. N., Apeh S. Ground Water and Surface Water as One Resource: Connectivity and Interaction. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 3 Ver. VII (May - June 2017), PP 54-59 www.iosrjournals.org DOI: 10.9790/1684-1403075459*
41. Шестаков В. М., Поздняков С. П. Геогидрология. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2003, 176 с.
42. ხელიძე გ., მარდალეიშვილი მ. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება საქართველოს განსხვავებული წელიწადების რეჟიმის მდინარეებისათვის. „ენერჯია“, 2019, №1(89), გვ. 61-70.
43. Владимиров Л.А., Гигинейшвили Г.Н., Джавахишвили А.И., Закарашвили Н.Н. Водный баланс Кавказа и его географические закономерности. Тбилиси: Мецниереба, 1991. 141 с.
44. ხელიძე გ., ფიფია ბ., მარდალეიშვილი მ. ენერგეტიკული წყალსაცავების მოწყობის ეკოლოგიური ასპექტები. „ენერჯია“, 2020, №2/3(94/95), გვ. 5-15.
45. <https://www.andritz.com/resource/blob/242016/dd267cf6fa5a5c2f32608-dc5ac4f46a2/hn31-ru-data.pdf>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
46. <https://www.h2o-initiative.org/sustainable-hydropower/Sustainable>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
47. <https://bit.ly/3z6L9te>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.
48. დანელია ზ., ამბროლაძე თ., თოფურია მ. ჰიდრაულიკა, ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია. თბილისი: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013. გვ. 123-131.
49. <http://mygeorgia.ge/#13/41.7300/44.7800>; უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.12.2020.