

მდინარე ხანისწყლის აუზის მოკლე ჰიდროგრაფიული დახასიათება

მდინარე ხანისწყალი სათავეს იღებს აჭარა-იმერეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე ციხისძირის მთიდან ჩრდილოეთით 2.2 კმ-ში, ზღვის დონიდან 2280 მ სიმაღლეზე და უერთდება მდინარე რიონს მარცხენა მხრიდან სოფელ ვარციხესთან. მდინარის სიგრძე 57 კმ-ია, საერთო ვარდნა 2000 მ, საშუალო ქანობი 35.1‰, წყალშემკრები აუზის ფართობი 914 კმ², საშუალო სიმაღლე 1180 მეტრი. მდინარეს ერთვის სხვადასხვა რიგის 413 შენაკადი, საერთო სიგრძით 858 კმ. მათ შორის მნიშვნელოვანია ლაიშურა (სიგრძით 18 კმ), ქერშავეთი (21 კმ), წაბლარისწყალი (29 კმ) და საკრეულა (52 კმ). დანარჩენი შენაკადებიდან თითოეულის სიგრძე 10 კმ-ზე ნაკლებია. მდინარის ქსელის სიხშირე 0.94 კმ/კმ²-ია. აუზს სიმეტრიული ფორმა გააჩნია და გადაჭიმულია სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო-დასავლეთისაკენ. აუზის სიგრძე 47 კმ-ია, ხოლო საშუალო სიგანე 19.4 კმ. მდინარე საზრდოობს თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლით. მისი წყლიანობის რეჟიმი ხასიათდება გაზაფხულის წყალდიდობითა და შემოდგომის წყალმოვარდნებით, ზამთრისა და ზაფხულის წყალმცირობით.

წყლის საშუალო წლიური ხარჯები

მდინარე ხანისწყლის ჩამონადენი სხვადასხვა დროით და სხვადასხვა პერიოდში შეისწავლებოდა სამ კვეთში: ჰ/ს ბაღდათი (მაიაკოვსკი), სადაც დაკვირვებები მიმდინარეობდა 1936 წლიდან 1997 წლის ჩათვლით არასრულად (1937-94, 1996, 1997 წწ); ჰ/ს დიდველა 1953 წლიდან 1958 წლის ჩათვლით და ჰ/ს როკითი 1972 წლიდან 1978 წლის ჩათვლით. ვინაიდან არსებული სადგურების ყველაზე გრძელი დაკვირვების მონაცემები არსებობს მხოლოდ ჰ/ს ბაღდათის შემთხვევაში, მდინარე ხანისწყლის წლის საშუალო ხარჯების დასადგენად საპროექტო არეალის კვეთში ანალოგად გამოყენებულია ჰ/ს ბაღდათის მრავალწლიური დაკვირვების მონაცემები.

აღნიშნულ პერიოდში მდინარე ხანისწყლის წლის საშუალო ხარჯები ჰ/ს ბაღდათის კვეთში მერყეობდნენ 8.49 მ³/წმ-დან (1969 წ) 23.7 მ³/წმ-მდე (1959 წ). ჰიდროლოგიურ საგუშაგო ბაღდათის კვეთში მდინარე ხანისწყლის წლის საშუალო ხარჯების 60 წლიანი ვარიაციული რიგი სტატისტიკურად დამუშავებულია საქართველოში მოქმედი ნორმატივების შესაბამისად მომენტების მეთოდით. დამუშავების შედეგად მიღებულია განაწილების მრუდის შემდეგი პარამეტრები:

- წლის საშუალო ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდე $\bar{Q}_0 = 15.8$ მ³/წმ;
- ვარიაციის კოეფიციენტი $C_v = 0.21$;
- ასიმეტრიის კოეფიციენტის სიდიდე $C_s = 2C_v$ -ს, მიღებულია ალბათობის უჯრედულაზე ემპირიული და თეორიული წერტილების უახლოესი თანხვედრით.

დადგენილია ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატიულობის შესაფასებელი პარამეტრები: წლის საშუალო ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის

შეფარდებითი საშუალო კვადრატული ცდომილება $\varepsilon_{Q_0} = 2.67\%$ და ვარიაციის კოეფიციენტის შეფარდებითი საშუალო კვადრატული ცდომილება $\varepsilon_{C_v} = 5.70\%$. მიღებული პარამეტრები დამაკმაყოფილებელია, რადგან სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების შესაბამისად $\varepsilon_{Q_0} \leq 5-10\%$ -ზე და $\varepsilon_{C_v} \leq 10-15\%$ -ზე, რაც მიუთითებს ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატიულობაზე ანუ დამაჯერებელ სანდოობაზე.

განაწილების მრუდის მიღებული პარამეტრებისა და სამპარამეტრიანი გამანაწილების ნორმირებული ორდინატების მეშვეობით გაანგარიშებულია მდინარე ხანისწყლის წლის საშუალო ხარჯების სხვადასხვა უზრუნველყოფის სიდიდეები ჰ/ს ბალდათის კვეთში. გადასვლა ანალოგიდან, ანუ ჰ/ს ბალდათის კვეთიდან საპროექტო კვეთზე განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტების მეშვეობით, რომელთა მნიშვნელობა მიიღება გამოსახულებით

$$K = \left(\frac{F_{\text{sapr o eq.}}}{F_{\text{anal o g.}}} \right)^n$$

სადაც, $F_{\text{sapr o eq.}}$ - მდინარე ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია საპროექტო კვეთში; $F_{\text{anal o g.}}$ - მდინარე ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია ანალოგის, ანუ ჰ/ს ბალდათის კვეთში, რომლიც ტოლია 655 კმ²-ის; n - რედუქციის ხარისხის მაჩვენებელია, რომლის სიდიდე წლის საშუალო და მინიმალური ხარჯების შემთხვევაში მიიღება 0.8-ის ტოლი.

მოცემული რიცხვითი სიდიდეების შეყვანით ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებაში, მიიღება ანალოგიდან საპროექტო კვეთში გადამყვანი კოეფიციენტის სიდიდე. ჰ/ს ბალდათის კვეთში დადგენილი წლის საშუალო ხარჯების გადამრავლებით გადამყვან კოეფიციენტზე მიიღება წლის საშუალო ხარჯები საპროექტო კვეთში. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში.

მდინარე ხანისწყლის სხვადასხვა უზრუნველყოფის წლის საშუალო ხარჯები მ³/წმ-ში საპროექტო კვეთში, დადგენილი ჰ/ს ბალდათის ანალოგით

კვეთი	F კმ ²	Q ₀ მ ³ /წმ	Cv	Cs	K	უზრუნველყოფა P%						
						10	25	50	75	80	90	95
ჰ/ს ბალდათი	655	15.8	0.21	0.42	-	19.9	17.9	15.6	13.6	13.1	11.9	11.0
საპროექტო	907	20.5	-	-	1.297	25.8	23.2	20.2	17.6	17.0	15.5	14.3

მდინარე ხანისწყლის სხვადასხვა უზრუნველყოფის წლის საშუალო ხარჯების შიდაწლიური განაწილება საპროექტო კვეთში, დადგენილია ანალოგის კვეთში წლის საშუალო მრავალწლიური ხარჯების შიდაწლიური განაწილების სინქრონულად, რომელიც მოცემულია ცხრილში.

მდინარე ხანისწყლის შიდაწლიური განაწილება მ³/წმ-ში საპროექტო კვეთში

P%	თვეები												წლ.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
10	15.2	20.8	33.8	58.9	52.4	30.4	18.3	13.3	11.8	17.4	18.9	18.9	25.8
50	11.9	16.2	26.4	46.0	40.9	23.7	14.3	10.4	9.20	13.6	14.8	14.8	20.2
90	9.11	12.5	20.3	35.3	31.4	18.2	11.0	8.00	7.07	10.4	11.3	11.3	15.5

წყლის მაქსიმალური ხარჯები

მდინარე ხანისწყლის წყლის მაქსიმალური ხარჯები საპროექტო კვეთში, დადგენილია ანალოგის მეთოდით. ანალოგად შერჩეულია ჰიდროლოგიური საგუშაგო ბაღდათის მონაცემები.

მდინარე ხანისწყალზე დაკვირვებები მდინარის ჩამონადენზე მიმდინარეობდა ჰ/ს ბაღდათის კვეთში 1936 წლიდან 1997 წლის ჩათვლით არასრულად (1937-94, 1996, 1997 წწ); ჰ/ს დიდველას კვეთში 1953 წლიდან 1958 წლის ჩათვლით და ჰ/ს როკითის კვეთში 1972 წლიდან 1978 წლის ჩათვლით. ვინაიდან მდინარე ხანისწყალზე დაკვირვებათა შედარებით გრძელი და საიმედო რიგი გააჩნია ჰ/ს ბაღდათს, მიზანშეწონილად იქნა მიჩნეული მისი მონაცემების გამოყენება ანალოგად. 59 წლიანი დაკვირვების პეროდში მდინარე ხანისწყლის წყლის მაქსიმალური ხარჯების დაკვირვებული სიდიდეები ჰ/ს ბაღდათის კვეთში მერყეობდნენ 42.0 მ³/წმ-დან (1969 წ) 213 მ³/წმ-მდე (1997 წ). ჰიდროლოგიურ საგუშაგო ბაღდათის კვეთში მდინარე ხანისწყალის მაქსიმალური ხარჯების 59 წლიანი ვარიაციული რიგი სტატისტიკურად დამუშავებულია საქართველოში მოქმედი ნორმატივების შესაბამისად მომენტების მეთოდით. დამუშავების შედეგად მიღებულია განაწილების მრუდის შემდეგი პარამეტრები:

- მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდე $\bar{Q}_0 = 111$ მ³/წმ;
- ვარიაციის კოეფიციენტი $Cv = 0.41$;
- ასიმეტრიის კოეფიციენტის სიდიდე $Cs = 4Cv$ -ს.

დადგენილია ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატიულობის შესაფასებელი პარამეტრები: მაქსიმალური ხარჯების საშუალო მრავალწლიური სიდიდის შეფარდებითი საშუალო კვადრატული ცდომილება $\varepsilon_{Q_0} = 5.31\%$ ($\varepsilon_{Q_0} \leq 5-10\%$) და ვარიაციის კოეფიციენტის შეფარდებითი საშუალო კვადრატული ცდომილება $\varepsilon_{Cv} = 11.6\%$ ($\varepsilon_{Cv} \leq 10-15\%$), რაც მიუთითებს ვარიაციული რიგის რეპრეზენტატიულობაზე ანუ დამაჯერებელ სანდოობაზე.

განაწილების მრუდის მიღებული პარამეტრებისა და სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების ნორმირებული ორდინატების მეშვეობით გაანგარიშებულია მდინარე ხანისწყლის მაქსიმალური ხარჯების სხვადასხვა უზრუნველყოფის სიდიდეები ჰ/ს

ბაღდათის კვეთში. გადასვლა ანალოგიდან, ანუ ჰ/ს ბაღდათის კვეთიდან საპროექტო კვეთზე განხორციელებულია გადამყვანი კოეფიციენტების მეშვეობით, რომელთა მნიშვნელობა მიიღება გამოსახულებით: $K = \left(\frac{F_{\text{sapr o eq.}}}{F_{\text{anal o.g.}}} \right)^n$, სადაც $F_{\text{sapr o eq.}}$ - მდინარე

ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია საპროექტო კვეთში 655 კმ²; $F_{\text{anal o.g.}}$ - მდინარე ხანისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია ანალოგის, ანუ ჰ/ს ბაღდათის კვეთში 907 კმ²; n - რედუქციის ხარისხის მაჩვენებელია, რომელიც მაქსიმალური ხარჯების შემთხვევაში მიიღება 0.5-ის ტოლად.

მოცემული რიცხვითი სიდიდეების შეყვანით ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებაში, მიიღება ანალოგიდან საპროექტო კვეთში გადამყვანი კოეფიციენტის სიდიდე 1.177-ის ტოლი. ჰ/ს ბაღდათის კვეთში დადგენილი წყლის მაქსიმალური ხარჯების გადამრავლებით გადამყვან კოეფიციენტზე, მიიღება წყლის მაქსიმალური ხარჯები საპროექტო კვეთში.

მდინარე ხანისწყლის მაქსიმალური ხარჯების სხვადასხვა უზრუნველყოფის სიდიდეები ანალოგისა საპროექტო კვეთებში, დადგენილი ანალოგის მიხედვით, მოცემულია ცხრილში.

კვეთი	F კმ ²	Q ₀ მ ³ /წმ	C _v	C _s	K	უზრუნველყოფა P%					
						0.5	1	2	5	10	20
ჰ/ს ბაღდათი	655	111	0,41	1,64	-	290	256	239	194	168	141
საპროექტო	907	131	-	-	1.177	341	301	281	228	198	166

მდინარე ხანისწყლის წყლის მაქსიმალური ხარჯები, მოცემული ზემოაღნიშნულ ცხრილში, მიღებულია საანგარიშო სიდიდეებად საპროექტო კვეთში.

წყლის მაქსიმალური დონეები

წყლის მაქსიმალური ხარჯების შესაბამისი დონეების ნიშნულების დადგენის მიზნით საპროექტო უბანზე გადაღებულ იქნა საკვლევი მდინარის კალაპოტის განივი კვეთები, რომელთა საფუძველზე დადგენილ იქნა ჰიდრავლიკური ელემენტები. აღნიშნული ჰიდრავლიკური ელემენტებით მიღებულ იქნა კალაპოტში წყლის სიღრმეები წყლის სხვადასხვა ხარჯისათვის. ხარჯის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა $Q = \omega v$, სადაც ω - განიკვეთის ფართობი მ²-ში, v - სიჩქარე მ/წმ-ში. კვეთში ნაკადის საშუალო სიჩქარე გამოანგარიშებულია შეზი-მანინგის ფორმულის საშუალებით, რომელსაც შემდეგი სახე გააჩნია $v = \frac{h^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$, სადაც h - ნაკადის საშუალო სიღრმეა კვეთში მ-ში; i - ნაკადის ჰიდრავლიკური ქანობია საპროექტო უბანზე; n - სიმქისის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დადგენილია გათვლებით და მერყეობს 0.035-0.050-ის ფარგლებში. გამოთვლები მოცემულია ცხრილში.

**მდინარე ხანისწყლის წყლის მაქსიმალური ხარჯების შესაბამისი დონეების
ნიშნულები საპროექტო კვეთში**

კვეთი	წყლის ნაპირის ნიშნული მ. აბს.	ფსკერის უდაბლესი ნიშნული მ. აბს.	წ. მ. დ.				
			$\tau=100$ წელს, Q=301 მ ³ /წმ	$\tau=50$ წელს, Q=281 მ ³ /წმ	$\tau=20$ წელს, Q=228 მ ³ /წმ	$\tau=10$ წელს, Q=198 მ ³ /წმ	$\tau=5$ წელს, Q=166 მ ³ /წმ
N3	111.48	110.50	113.27	113.26	113.12	112.98	112.79
N2	110.50	109.40	112.00	111.90	111.70	111.60	111.40
N1	109.80	109.00	111.19	111.17	111.03	110.92	110.76

მდინარის ჰიდრავლიკური ელემენტები, რომელთა საფუძველზე განხორციელდა წყლის მაქსიმალურ ხარჯებისა და დონეების ნიშნულების დადგენა საპროექტო კვეთში.

წყლის მაქსიმალურ ხარჯები და დონეები

ნიშნულები მ.აბს.	კვეთის ფართობი აბ ²	ნაკადის სიგანე Bმ	საშუალო სიღრმე h მ	ნაკადის ქანობი i	ნაკადის სიჩქარე v მ/წმ	წყლის ხარჯი Qმ ³ /წმ
კვეთი N1						
109.80	26.7	47.5	0.74	0.0075	1.39	37.0
110.30	49.2	53.0	0.84	0.0075	1.93	95.0
111.20	122	57.0	2.33	0.0075	2.75	336
კვეთი N2						
110.50	27.0	32.5	0.83	0.0053	1.37	37.0
111.30	62.0	55.0	1.13	0.0058	1.76	109
112.00	101	56.0	1.80	0.0065	2.98	301
კვეთი N3						
111.48	35.1	47.5	0.74	0.0042	1.06	37.0
111.67	44.7	53.0	0.84	0.0042	1.16	51.7
113.27	133	57.0	2.83	0.0042	2.28	302

კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე

კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე დადგენილია მეთოდით, რომელიც მოცემულია „მდინარეების ალუვიურ კალაპოტებში ჰიდროტექნიკური ნაგებობების პროექტირებისას მდგრადი კალაპოტის საანგარიშო მეთოდურ მითითებაში“. აღნიშნული მეთოდის თანახმად, კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე მდინარის სწორხაზოვან უბანზე იანგარიშება ქვემოთ მოყვანილი ფორმულით:

$$H_s = \frac{0.4}{i^{0.003}} \left(\frac{Q_{p\%}}{\sqrt{g}} \right)^{0.4}$$

სადაც, $Q_{p\%}$ - საანგარიშო უზრუნველყოფის (100 წლიანი განმეორადობის) წყლის მაქსიმალური ხარჯია, ჩვენ შემთხვევაში 1%-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი ტოლია 301 მ³/წმ-ის; g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა; i - ნაკადის ქანობია საპროექტო უბანზე, რომელიც ტოლია 0.0075-ის.

მოცემული რიცხვითი სიდიდეების შეყვანით ზემოთ მოყვანილ ფორმულაში მიიღება მდინარე ხანისწყლის კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის სიღრმე 2,90 მეტრის ტოლი. კალაპოტის გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე მიიღება დამოკიდებულებით $H_{\max} = 1.6 \cdot H_{\text{saS}}$. მოყვანილი გამოსახულების შესაბამისად, კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე ტოლია 4.65 მ-ის.

კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის მაქსიმალური სიღრმე (4.65 მ) უნდა გადაიზომოს მდინარის 100 წლიანი განმეორებადობის წყლის მაქსიმალური ხარჯის შესაბამისი დონის ნიშნულიდან ქვემოთ ან მდინარის კალაპოტის უმცირესი ნიშნულიდან ქვემოთ $4.65 - 2.60 = 2.05$ მ.

აქვე აღსანიშნავია, რომ ზემოთ მოყვანილი მეთოდით კალაპოტის ზოგადი გარეცხვის სიღრმე იანგარიშება მხოლოდ ალუვიურ კალაპოტებში წყლის მაქსიმალური ხარჯების გავლისას. მეთოდი არ ითვალისწინებს მდინარეების სიღრმული ეროზიის პარამეტრების დადგენას ძირითად, კლდოვან ქანებში, სადაც სიღრმული ეროზიის განვითარება საკმაოდ ხანგრძლივი პროცესია. ამრიგად, თუ ნაგებობის კვეთში დაფიქსირდება ძირითადი ქანები გარეცხვის სიღრმეზე მაღლა, ნაგებობა უნდა დაეფუძნოს ძირითად ქანებს.

მყარი ხარჯი

მყარი ჩამონადენი საპროექტო კვეთში დადგენილია მეთოდით, რომელიც მოცემულია ჰიდროლოგიურ ცნობარში „სსრ კავშირის ზედაპირული წყლის რესურსები, ტომი IX, გამოშვება I“. აღნიშნული მეთოდის თანახმად, თავდაპირველად განისაზღვრება წყლის სიმღვრივე შემდეგი გამოსახულებით:

$$\rho_{\text{saS}} = 10^3 \cdot \alpha \cdot \sqrt{i_{\text{auz}}} \text{ გრ/მ}^3$$

სადაც, α - მდინარის აუზის ეროზიულობის კოეფიციენტი. მისი მნიშვნელობა აიღება სპეციალურად დამუშავებული რუკიდან და მდინარე ხანიწყლისათვის ტოლია 0.38-ის; i_{auz} - მდინარის წყალშემკრები აუზის ქანობია, რომლის მნიშვნელობა განისაზღვრება ტოპოგრაფიული რუკიდან და ჩვენ შემთხვევაში 0.322-ის.

მოცემული რიცხვითი სიდიდეების შეყვანით ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებაში მიიღება მდინარის სიმღვრივე:

$$\rho_{\text{saS}} = 10^3 \cdot 0.38 \cdot \sqrt{0.322} = 215 \text{ გრ/მ}^3$$

აქედან, მყარი ხარჯის საშუალო მრავალწლიური სიდიდე ტოლი იქნება:

$$R_0 = \rho_{\text{saS}} \cdot Q_0 = 0.215 \cdot 20.5 = 4.41 \text{ კგ/წმ}$$

მყარი ხარჯის საშუალო მრავალწლიური ჩამონადენი ტოლია:

$$W = R_0 \cdot T = 4.41 \cdot 31.5 \cdot 10^6 = 138915 \text{ ტონა/წელი}$$

ფსკერული ნატანი შესაძლებელია აღებულ იქნეს მყარი ხარჯის 50%-ის ტოლი. მაშინ ატივნარებული მყარი ხარჯისა და ფსკერული ნატანის წლიური ჩამონადენი ტოლია:

$$W_1 = W \cdot 1.5 = 208373 \text{ ტონა/წელი}$$

ლიტერატურა:

1. დ. კერესელიძე, ვ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე „ჰიდროლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდები“, გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, 2009.
2. მ. ალავერდაშვილი, გ. ბრეგვაძე „ჰიდრომეტრია“, თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 2014.
3. Технические указания по расчету максимального стока рек в условиях кавказа, ЗакНИИ, Тб., 1980.
4. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик, Гидрометеоиздат, Л., 1984.
5. სსრ კავშირის ზედაპირული წყლის რესურსები, ტომი IX, გამოშვება I. 1969, (რუსულ ენაზე)
6. „მთის მდინარეების ალუვიურ კალაპოტებში ჰიდროტექნიკური ნაგებობების პროექტირებისას მდგრადი კალაპოტის საანგარიშო მეთოდური მითითებები“, 1972 (რუსულ ენაზე)