

**ღარული არხების გამტარუნარიანობის შემცირების მიზეზები**

**ერეკლე კენსოშვილი, ჰაიკ მაგლამიანი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, სს „საქწყალპროექტი“)

**რეზიუმე:** მოცემულია ღარული არხების დანერგვისა და ათვისების მოკლე ისტორია. დადგენილია საქართველოს პირობებისათვის მათი უპირატესობა სხვა სახის არხებთან შედარებით. განხილულია ექსპლუატაციის პროცესში საპროექტო გაანგარიშებებთან მიმართებაში ღარული არხების გამტარუნარიანობის შემცირების მიზეზები, გამოწვეული საყრდენების (დგარებისა და ფილების) არათანაბარი ჯდომითა და მასთან დაკავშირებული ცალკეული ღარების ქანობის ცვლილებით. ახსნილია ღარებიდან წყლის გადმოღვრის მიზეზები. ძირითადი მიზეზი სწორედ მომდევნო ღარის შემცირებული ქანობით განპირობებული წყლის გაზრდილი სიღრმეა ან ჰიდრაულიკური ნახტომის პირობებში წყლის ნაკადის მეორე შეუღლებული სიღრმის გადაჭარბება ღარის შესაბამის გაბარიტზე. შემუშავებულია რეკომენდაციები საყრდენების არათანაბარი ჯდომის მიზეზების აღმოსაფხვრელად როგორც მშენებლობის, ისე ექსპლუატაციის პროცესში.

**საკვანძო სიტყვები:** არათანაბარი ჯდომა; გამტარუნარიანობის შემცირება; ქანობის ცვლილება; ღარების შევსება; ღარული არხები; შეუღლებული სიღრმეები; წყლის გადმოღვრა; ჰიდრაულიკური ნახტომი.

**შესავალი**

სარწყავი არხებიდან წყლის დანაკარგების შემცირების საკითხი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს XXI საუკუნეში. კლიმატის გლობალური ცვლილება და მასთან დაკავშირებული ნალექების შემცირება იწვევს მდინარეთა ჩამონადენის კლებას და შედეგად – სარწყავი წყლის დეფიციტს [1, 2]. ამასთან, მოსახლეობის რაოდენობრივ მატებას თან უნდა ახლდეს სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოების ზრდაც. წყლის დანაკარგებთან ბრძოლა ყოველთვის იყო მელიორაციისა და წყალთა მეურნეობის სფეროს საპროექტო და საექსპლუატაციო ორგანიზაციების საქმიანობის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულება [3]. დღეს განსაკუთრებით მწვავედ დგას ეს საკითხი მცირეწყლიან არიდულ რეგიონებში. წლების განმავლობაში აღნიშნულ პრობლემაზე მუშაობს მრავალი ქვეყნის იმ რეგიონების სამეცნიერო-კვლევითი ორგანიზაციები, სადაც სარწყავი მიწათმოქმედება სოფლის მეურნეობის საფუძველს წარმოადგენს [4].

## ძირითადი ნაწილი

სარწყავი წყლის დანაკარგებთან ბრძოლის ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა ასაწყო რკინაბეტონის კონსტრუქციების გამოყენება არხების მოსაპირკეთებლად ან უშუალოდ კვეთის მოსაწობად [5]. XX საუკუნის შუა პერიოდისათვის ასაწყო რკინაბეტონის ღარების გამოყენება წარმოადგენდა ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას სარწყავი სისტემის შესაქმნელად. ასაწყო რკინაბეტონის კონსტრუქციები გამოირჩევა მაღალტექნოლოგიურობითა და მშენებლობის ვადების სიმცირით. გარდა ამისა, ხასიათდება მაღალი ხარისხითა და საექსპლუატაციო თვისებებით, რაც გარანტირებულია მათი ქარხნული წარმოებით.

ღარული არხების პირაპირების ჰერმეტიზაცია უზრუნველყოფილია მოქნილი სადებეებით, რომელთა შეკუმშვა ხდება ღარისა და მასში გამდინარე წყლის წონით. მიღებული სქემის შესაბამისად წყლის გაჟონვის თავიდან აცილების მიზნით ღარები უნდა მოეწყოს საყრდენებზე, რათა არსებული დატვირთვა გადაეცეს მხოლოდ პირაპირებს. ამასთან, საყრდენების სიმაღლის ცვალებადობა საშუალებას იძლევა გარკვეულ ფარგლებში უგულვებლყოფილ იქნეს არხის ტრასის გასწვრივ რელიეფის უსწორმასწორობა.

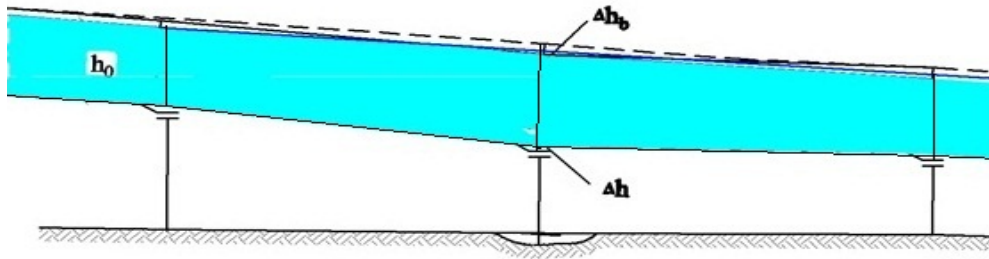
იტალიაში არსებული პრაქტიკის გაზიარებითა და გათვალისწინებით ყოფილ საბჭოთა სივრცეში პირველი ღარები გამოჩნდა გასული საუკუნის 60-იან წლებში. სხვადასხვა რეგიონში გამოყენებული იყო სხვადასხვა კონსტრუქციის, 0.3-დან 1.5 მ-მდე სიღრმის ნახევრად წრიული, ნახევრად ელიფსური, პარაბოლური ღარები, რომელთა საყრდენების სიმაღლე დაახლოებით 2.5–3.0 მ-ს შეადგენდა. სარწყავი არხების მოწყობის ამ პროგრესული მეთოდის ათვისების პიონერად ითვლება საქართველო, რომელიც გარკვეულწილად დაინტერესებული იყო იმით, რომ არხების ტრასები ნაკლებად ყოფილიყო დამოკიდებული უსწორმასწორო ადგილმდებარეობაზე.

XX საუკუნის 70-იან წლებში ჩატარდა ასაწყო რკინაბეტონის კონსტრუქციების უნიფიკაცია წყალსამეურნეო მშენებლობისათვის. ღარების მრავალფეროვანი კონსტრუქციებიდან, როგორც უფრო ტექნოლოგიური წარმოებასა და მონტაჟის დროს, შერჩეულ იქნა JIP მარკის (JIP-4, JIP-6, JIP-8, JIP-10) და, შესაბამისად, ოთხი ზომის (40, 60, 80 და 100 სმ სიღრმის) პარაბოლური ღარები. საყრდენებად გამოყენებული იყო ხიმინჯები, საძირკველებიანი დგარები და საყრდენი ფილები. აღსანიშნავია, რომ საქართველოს პირობებში უპირატესობა ენიჭებოდა დგარებსა და ფილებს.

80-იანი წლების დასაწყისში „საქსახწყალპროექტი“ (ამჟამად, სს „საქწყალპროექტი“), როგორც წამყვანი ორგანიზაცია, ახორციელებდა ღარული არხების დაპროექტების, წარმოებისა და ექსპლუატაციის გამოცდილების განზოგადებას [6]. სამუშაო პროცესში გაირკვა, რომ ექსპლუატაციაში მყოფი არხების ნაწილის გამტარუნარიანობა შედარებით ნაკლები იყო საპროექტო მნიშვნელობაზე, რაც იწვევდა წყლის გადმოდერას ზოგიერთ საყრდენზე. ეს ფაქტი შეინიშნებოდა როგორც კრიტიკულზე მეტი (ამიერკავკასიაში), ასევე კრიტიკულზე ნაკლები ქანობის (შუა აზიაში) შემთხვევაშიც. ამ არხების ნიველირებამ გამოავლინა მიზეზი. ეს იყო საყრდენების (დგარებისა და ფილების) არათანაბარი ჯდომა. არათანაბრობის სიდიდე აღწევდა 5-6 სმ-ს (საშუალო მნიშვნელობა – 3-4 სმ-ს), რაც შეესაბამებოდა ღარული არხებისათვის მიღებული მშრალი მარაგის სიდიდეს. ჯდომა გამოწვეული იყო ან საყრდენების ფუძის არასათანადო (არასაკმარისი) გამკვრივებით, ან ღარების პირაპირებიდან წყლის გაჟონვით, რის შედეგადაც მკვეთრად იცვლებოდა ფუძის გრუნტის მექანიკური მახასიათებლები [7].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, გაკეთდა დასკვნა, რომ გამტარუნარიანობის შემცირება საყრდენების მაქსიმალური ჯდომის ადგილებში ხდება წყლის დონის მომატების

გამო (ღარების ბორტებთან შედარებით) ღარული არხის სრული შევსებისას (ნახ. 1). ამ დასკვნის მიხედვით, რეკომენდაცია გაეწია ღარების შერჩევის მრუდების კორექტირებას მათი შემცირებული გამტარუნარიანობის გათვალისწინებით.



ნახ. 1. გამტარუნარიანობის შემცირების სქემა „ცოცხალი კვეთის“ შემცირებისას

შემდგომში გაირკვა, რომ წყლის გადმოღვრა ხდება არამარტო ღარის მაქსიმალური შევსების დროს და, რაც ყველაზე საინტერესოა, გადმოღვრის ადგილი შეიძლება სულაც არ ემთხვეოდეს საყრდენს და იყოს მისგან რამდენადმე მოშორებული დინების მიმართულებით.

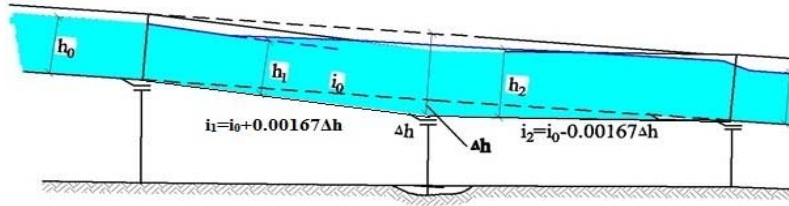
სამუშაოს ჩაბარების მიუხედავად, პრობლემის გადაწყვეტაზე მუშაობა გრძელდებოდა მრავალი წლის განმავლობაში. საქმეში ჩაერთვნენ საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის (ახლანდელი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი) მეცნიერებიც. ხანგრძლივი საველე დაკვირვებების შედეგად გამოვლინდა შემდეგი კანონზომიერებები:

- წყალი შეიძლება გადმოიღვაროს ღარის არანაკლებ 60 %-ით შევსებისას;
- გადმოღვრილი წყლის მოცულობა მით უფრო მეტია, რაც უფრო დიდია საყრდენის ჯდომა;
- წყლის გადმოღვრა ძირითადად შეინიშნება მაშინ, როცა ღარის ქანობის მნიშვნელობა ახლოს არის კრიტიკულთან (სხვა შემთხვევაში გადმოღვრა ხდება იშვიათად – მხოლოდ მაშინ, თუ საყრდენის ჯდომა აღწევს საშუალოზე მეტ სიდიდეს).

ამ კანონზომიერებების ანალიზისა და განმეორებითი ნიველირებით მიღებული მასალების დეტალური შესწავლის შედეგად შესაძლებელი გახდა გადმოღვრის (ღარული არხების გამტარუნარიანობის შემცირების) ნამდვილი მიზეზების დადგენა.

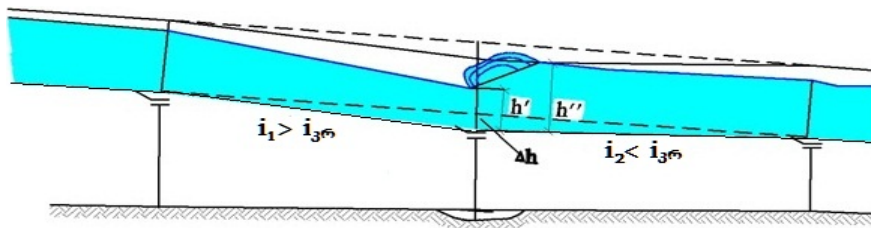
როგორც ცნობილია, ღარის სიგრძეა 6.0 მ. ცალკეული საყრდენების ჯდომა 1.0 სმ-ით იწვევს მიმდებარე ღარების ქანობის შეცვლას 0.00167-ით, საყრდენის ჯდომა  $\Delta h$  სიდიდეზე კი – მიმდებარე ღარებზე არხის  $i_0$  ქანობის ცვალილებას  $i_1$  და  $i_2$  სიდიდემდე, რაც ზოგ შემთხვევაში შეიძლება არხის ქანობს შევადაროთ (ნახ. 2).

აღსანიშნავია, რომ არხის დამჯდარი საყრდენის მონაკვეთზე ქანობის შემცირება უკუქანობის მნიშვნელობამდე იწვევს გამტარუნარიანობის შემცირებას და ნაკადის სიღრმის გაზრდას [8], რომელიც შეიძლება საყრდენის ჯდომის სიდიდისაგან საგრძნობლად განსხვავდებოდეს (ნაკადის სიღრმე შეიძლება გაიზარდოს უფრო დიდი ზომის ღარზე გადასვლის აუცილებლობამდე).



ნახ. 2. გამტარუნარიანობის შემცირების სქემა ღარის ქანობის შემცირებისას

როდესაც ღარული არხის ქანობის მნიშვნელობა ახლოსაა კრიტიკულთან, საყრდენის ჯდომის დროს წინა ღარის ქანობის გაზრდისა და მომდევნო ღარის ქანობის შემცირების გამო ხდება ერთ-ერთი ღარის ქანობის შეცვლა კრიტიკულთან მიმართებაში (ნახ. 3), რაც ცვლის წყლის დინების ხასიათს [9].



ნახ. 3. გამტარუნარიანობის შემცირების სქემა ღარში ჰიდრაულიკური ნახტომის დროს

ცნობილია, რომ მძაფრი და წყნარი დინებების შეუღლება ხდება ჰიდრაულიკური ნახტომის სახით [10] ურთიერთდაკავშირებული შეუღლებული სიღრმეებით:

$$h'' = 0,5h' \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{კრ}}{h'} \right)^3} - 1 \right] \text{ და } h' = 0,5h'' \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{კრ}}{h''} \right)^3} - 1 \right],$$

სადაც  $h'$  და  $h''$  არის ჰიდრაულიკური ნახტომის შეუღლებული სიღრმეები;

$h_{კრ}$  – ნაკადის კრიტიკული სიღრმე.

მართლაც, რაც უფრო მეტია საყრდენის ჯდომა, მით უფრო მეტია ქანობის მნიშვნელობების სხვაობა და კიდევ უფრო მეტი უნდა იყოს ჰიდრაულიკური ნახტომის მეორე შეუღლებული სიღრმე და, შესაბამისად, წყლის გადმოღვრილი შრის სიდიდეც.

წყლის მცირე ხარჯების შემთხვევაში, როდესაც არხის შევსება ნაკლებია 60 %-ზე, და მეორე შეუღლებული სიღრმის მნიშვნელობა ძირითადად არ აღემატება ღარის (განსაკუთრებით ЛП-8 და ЛП-10 ღარების) გაბარიტებს, წყლის გადმოღვრა არ ხდება.

თუ ღარული არხის ქანობი შესამჩნევად განსხვავდება კრიტიკულისაგან, საყრდენის ჯდომა არ გამოიწვევს წყლის დინების ხასიათის შეცვლას და ნაკადის შეუღლება დამჯდარ საყრდენზე იქნება ნახტომის გარეშე. საყრდენის შემდეგ ღარში დინების სიღრმის ზრდა შეიძლება კომპენსირდეს მშრალი მარაგით. წყლის გადმოღვრა მოსალოდნელია, თუ საყრდენის ჯდომა მნიშვნელოვანია.

დაბოლოს, წყლის გადმოღვრის ადგილი დამოკიდებულია ჰიდრაულიკური ნახტომის სახეზე. მაგალითად, როცა ნახტომი შეტბორილი ან დაძირულია, წყლის გადმოღვრა შეიძლება მოხდეს საყრდენზე, ხოლო თუ ნახტომი განდევნილია – წყლის გადმოღვრის ადგილი დაცილებულია ქანობის შეცვლის ადგილიდან ნახტომის სიგრძით.

## დასკვნა

- ღარული არხების ექსპლუატაციის პროცესში ხდება საყრდენების არათანაბარი ჯდომა, რაც გამოწვეულია ან საყრდენის ფუძის არასათანადო გამკვრივებით, ან წყლის გაჟონვით ღარების პირაპირიდან;
- საყრდენების არათანაბარი ჯდომის გამო იცვლება ღარების ქანობი – წინა ღარის ქანობი იზრდება, ხოლო მომდევნოსი – მცირდება;
- მიწოდებული ხარჯის შემცირება და ღარული არხებიდან წყლის გადმოდერა ხდება მომდევნო ღარის ქანობის შემცირების და წყლის სიღრმის ზრდის ან ჰიდრაულიკური ნახტომის სახით მძაფრი და წყნარი ნაკადების შეუღლების შედეგად;
- ჯდომის თავიდან ასაცილებლად ღარული არხების მშენებლობის დროს მკაცრი კონტროლი უნდა გაეწიოს საყრდენებისათვის ფუძის ხარისხოვან მომზადებას. ექსპლუატაციის პროცესში აუცილებელია მუდმივი დაკვირვება ღარების პირაპირების მდგომარეობაზე წყლის გაჟონვის გამოსარიცხად.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛІТЕРАТУРА

1. T. Odilavadze, K. Bziava, A. Bagration-Davitashvili, I. Inashvili. Ecological Strategy for Rational use of Water Resources. VII International Scientific and Technical Conference „Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Agriculture and Construction”. Collected Papers, Tsothne Mirtskhulava Water Management Institute of the Georgian Technical University, 2017.
2. D. Gubeladze, I. Kruashvili, M. Natsvlishvili, I. Inashvili & A. Davitashvili. Measures of the Optimal Use of Water Resources and Effective Protection of the Environment of Georgia. GTU// Hydroengineering, №1-2 (17-18), 2014 (in Georgian language).
3. M.Vartanov. Technical Operation of Georgian Melioration Systems Considering Modern Requirements. Tb.: Publishing house of Georgian Technical University, 2016, - 195 p. (in Georgian language).
4. G. Gavardashvili. Irrigation, Drainage, Errosion (second edition). Tb.: Publishing house „Universali”, 2018 (in Georgian language).
5. O. Natishvili, I. Kruashvili & I. Inashvili. Water Erosion Problems in Agriculture (Ecological aspects). Monograph. Georgian National Academy of Sciences & GTU. LAP Lambert Academic Publishing, Germany, Tb., 2016. - 100 p. (in Russian language);
6. Generalization of Experience in Flumes Designing, Producing, Construction and Operation. „Gruzgiprovodkhoz” (State Institute of Georgia for Water Facilities Designing), Tb., 1982 (in Russian language).
7. T. Kikava. Grounds Mechanic and Basis-Foundations, Batumi: Publishing house of Batumi State University, 2012 (in Georgian language);
8. L.Klimiashvili, D.Gubeladze, D.Gurgenidze, I. Inashvili. Establishing of Integral Characteristics of Channels Capacity//GTU, Hydroengineering, № 1-2 (17-18), 2014 (in Georgian language).
9. R .I. Vagapov. Methods of Hydraulic Calculation of Water Conducting Tracts and Structures of Open Irrigation Systems in Upper Flow Regime, synopsis PhD thesis, Hydro Amelioration Institute, M., 1994 (in Russian language);
10. R.R. Chugaev. Hydraulics. M., 1982 (in Russian language).

### REASONS OF FLUMES CONDUCTIVITY REDUCTION

**E. Kechkhoshvili, H. Maglamian**

(Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of the Georgian Technical University, GSC „Georgian Water Project“ )

**Resume:** The article involves brief history of flumes implementation and assimilation, explains their advantages for conditions in Georgia in comparison with other types of channels. There is reviewed the issue of flumes conductivity reduction in the process of operation compared with the design calculation, that is caused by uneven sagging of supports (stands and slabs) and related changes of inclination of certain flumes. There is explained the reason of water overflow from the flumes, related with increasing of the flow depth in the next flume due to the new, reduced inclination or increasing of the second sequent depth in the conditions of a hydraulic jump in comparison with the corresponding size of the flume. There are given recommendations for elimination of the reasons for differential sagging of the supports, as in the process of construction, so in the process of operation.

**Key words:** conductivity reduction; differential sagging; filling of flumes; flumes; hydraulic jump inclination change; sequent depth; water overflow.

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ

### ПРИЧИНЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

**Кечхошвили Э. М., Магламян Г. Р.**

(Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета, ОО „ГРУЗВОДПРОЕКТ“)

**Резюме.** Приведена краткая история внедрения и освоения лотковых каналов. Описаны их преимущества для условий Грузии по сравнению с другими видами каналов. Рассмотрены причины уменьшения пропускной способности эксплуатируемых лотковых каналов по сравнению с проектными расчётами, что вызвано неравномерной просадкой опор (стоек и плит) и связанным с этим изменением уклона отдельных лотков. Объяснены причины перелива воды через борта лотков, связанные с увеличением глубины потока в последующем лотке из-за нового, уменьшённого уклона, или превышением второй сопряжённой глубины в условиях гидравлического прыжка по сравнению с соответствующим габаритом лотка. Даны рекомендации для исключения неравномерной просадки опор как при строительстве лотковых каналов, так и в эксплуатационных условиях.

**Ключевые слова:** гидравлический прыжок; заполнение лотков; изменение уклона; лотковые каналы; неравномерная просадка; перелив воды; сопряжённые глубины; уменьшение пропускной способности.