

თბილისის სასმელი წყლის რესურსები და მათი ეკოლოგიური უსაფრთხოების ზოგიერთი პრობლემა

ქეთევან მახარაძე, აკადემიური დოქტორი
რუსუდან ფირცხალავა, ინჟინერ-ტექნოლოგი



წყალი ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის აუცილებელი და ამავედროულად შეზღუდული ბუნებრივი რესურსია. დედამიწაზე ჯერ კიდევ არის ადამიანების საყოფაცხოვრებო მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისათვის საკმარისი სუფთა წყალი, მაგრამსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის შეფასებით, 1,1 მლრდ-ზე მეტ ადამიანს არ აქვს ხელმისაწვდომობა უსაფრთხო სასმელ წყალზე; 2,6 მლრდ-ზე მეტი ადამიანი განიცდის აუცილებელი სანიტარიული პირობების ნაკლებობას; 2,3 მლრდ ადამიანი ყოველწლიურად ავადდება უსუფთაო წყლით გამოწვეული დაავადებებით. აღნიშნულის გათვალისწინებით, ცივილიზებული სამყარო შეთანხმდა, რომ უსაფრთხო სასმელ წყალსა და სანიტარიულ პირობებზე ხელმისაწვდომობა დღეისათვის ადამიანის ერთ-ერთი სასიცოცხლო მნიშვნელობის უფლებებაა.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია საქართველოს დედაქალაქის — თბილისისა და მისი შემოგარენის ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რესურსები მათისასმელ-სამეურნეო გამოყენების კუთხით და, ასევე ეკოლოგიური უსაფრთხოების პრობლემები.

წყლის რესურსებში განსაკუთრებული ადგილი უკავია ყოველწლიურად განახლებად მტკნარ მინისქვეშა წყლებს მათი სისუფთავისა და დებიტის მუდმივობის გამო. მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები საქართველოში შეადგენს 573 მ³/წმ, ანუ 18 კმ³, რომლის 33% მოდის ალმოსავლეთ საქართველოზე. ბუნებრივი მიწისქვეშა წყლების მოცულობა ატმოსფერული ნალექების 18,7%-ს და საქართველოს ტერიტორიიდან ჩამონადენის 31,6%-ს შეადგენს; პროგნოზულ-საექსპლუატაციო რესურსები 4,2 კმ³-ია, ანუ საქართველოს მთლიანი პროგნოზულ-საექსპლუატაციო რესურსების 39,5% [1, 2, 3].

საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების თანახმად, თბილისის ტერიტორია მიეკუთვნება თბილისის ნაპრალური და ნაპრალურ-კარსტული წყალწვევიანი სისტემის 1V₃ ჰიდროგეოლოგიურ რაიონს, რომელიც შედის აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწვევიანი სისტემების ოლქში. ჭოლქის ჰიდროგეოლოგიურ თავისებურებას წარმოადგენს ქანების განყოფილების მაღალი მაჩვენებლები ცენტრალურ და დასავლეთ ნაწილებში და დაბალი — აღმოსავლეთში, სადაც გამოიყოფა მინერალიზებული ქლორიდულ-ნატრიუმიანი წყლების დიდი არეალი [4].

მტკნარი მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი და პროგნოზულ-საექსპლუატაციო რესურსები ინტენ-

სიური წყალგაცვლის ზონაში ჰიდროგეოლოგიური ოლქისათვის, სადაც განთავსებულია თბილისის არტეზიული აუზი, შეადგენს: წყალშემცველი ჰორიზონტის ან კომპლექსის ფართობი — 1350 კმ², ბუნებრივი რესურსები — 3,1 მ³/წმ და პროგნოზულ-საექსპლუატაციო რესურსები — 2,5 მ³/წმ [1].

მიწისქვეშა წყლების ტერიტორიაზე განაწილების უთანაბრობა ართულებს მათ გამოყენებას. მსხვილი წყაროები განლაგებულია ძირითადად მთიან ნაწილში, მოშორებით დიდი დასახლებული პუნქტებიდან. მათი გამოყენება გაძნელებულია და ჯერჯერობით, ეკონომიკური თვალსაზრისით, არარენტაბელურია. ისეთი ქალაქები, როგორიცაა თბილისი, რუსთავი, მცხეთა და სხვ. დაშორებულია პროდუქტიული წყალუხვი კომპლექსებიდან; იგრძნობა სასმელი, ტექნიკური და სარწყავი წყლების მწვავე უკმარისობა, ამიტომ მდინარეთა ფილტრატების ბაზაზე აგებულია წყალასაღებ ნაგებობათა დიდი რაოდენობა, რომლებიც ნაწილობრივ უზრუნველყოფენ სამეურნეო და სასმელი წყლით დიდ ქალაქებსა და რაიონულ ცენტრებს.

თბილისის მიდამოებში წყალსიუხვის მიხედვით აღსანიშნავია მდ.არაგვის აუზი, რომლის დამტკიცებული სამრეწველო მარაგებია 912 ათასი მ³/დღე; მდ.ქსნის აუზში სასმელი წყლების დებიტი შეადგენს 172,8 ათას მ³/დღე. წყალშემცველი ჰორიზონტების განლაგების სიღრმე დამტკიცებული საექსპლუატაციო მარაგებისათვის აღმოსავლეთ საქართველოში 5-დან 250-300 მ-მდე იცვლება. ყველაზე ნაკლები სიღრმე გააჩნია მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტებს მდ.არაგვის აუზში (5-დან 20 მ-მდე).

მდ.არაგვის აუზში არსებული მძლარი წყაროების საექსპლუატაციო რესურსები, დამტკიცებული ქ.თბილისის სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგებისათვის, შემდეგია [3]:

საბადოები: ნატახტარი (ძველი)- მანძილი მომხმარებლიდან — 28 კმ; წყლიანი ჰორიზონტის სიღრმე — 20მ; ნატახტარი (ახალი)-მანძილი მომხმარებლიდან — 28 კმ;წყლიანი ჰორიზონტის სიღრმე — 5 მ; საგურამო - მანძილი მომხმარებლიდან — 28 კმ;წყლიანი ჰორიზონტის სიღრმე — 4 მ; ჭოპორტი - მანძილი მომხმარებლიდან — 35 კმ;წყლიანი ჰორიზონტის სიღრმე — 4 მ;ბულაჩაური - მანძილი მომხმარებლიდან — 45 კმ; წყლიანი ჰორიზონტის სიღრმე — 10 მ.

აღნიშნული საბადოების საექსპლუატაციო წყლების ჯამური რესურსია 10,6 მ³/წმ. ჩვარდა ამისა, აღსანიშნავია მდ.ქსნის უბანი, რომლის პარამეტრებია: - მანძილი მომხმარებლიდან — 40 კმ; წყლიანი

ჰორიზონტის სიღრმე -1—10 მ; საექსპლუატაციო წყლის რესურსი — 0,58 მ³/წმ.

ცხრილში 1 მოყვანილია ბულაჩაური-ნატახტარის და მუხრანის ველის მტკნარი მინისქვეშა წყლების ზოგიერთი მახასიათებელი, მინისქვეშა ჰიდროსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტის ინფორმაციული ბიულეტენის მიხედვით [3].

ცხრილი 1

№	დასახელება	დებიტი ათ.მ³/დღ	მინერალ. გ/ლ	წყლის ტიპი
1.	ბულაჩაური- ნატახტარი	605	0.3-0.4	კალც- ჰიდრო კარბონ
2.	მუხრანის ველი	43.2	0.2-0.3	კალც- ჰიდრო კარბონ

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემების (2010წ.) თანახმად და ჩატარებული გათვლებით, თბილისის ტერიტორიის 1 კმ²-ზე მოდის 15,788 მლნ.მ³ მდინარეული ჩამონადენი, მოსახლეობის წყალუზრუნველყოფა ერთ სულზე შეადგენს 5370 მ³ ჩამონადენს წელიწადში.

თბილისისა და მის შემოგარენში მტკნარი წყლის რესურსები სხვადასხვა მიზნებისათვის გამოიყენება და მისი აღება ხდება როგორც ზედაპირული, ისე მინისქვეშა წყაროებიდან. აღებული წყლის უდიდესი ნაწილი გამოიყენება მუნიციპალური/საყოფაცხოვრებო (სასმელი წყლის მიწოდება და კომუნალური საჭიროებები) და ენერგეტიკის სექტორების მიერ. სხვა მსხვილი წყალმომხმარებლებია: მრეწველობა, ირიგაცია, სათევზე მეურნეობა და ა.შ.

ამჟამად თბილისის მოსახლეობას, დედაქალაქში განთავსებულ ორგანიზაციებს, სამრეწველო და კომერციულ ობიექტებს წყალმომარაგებისა და წყალარინების მომსახურებას უწევს კომპანია “ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერი”, რომელიც ჟინვალჰესისა და თეთრიხევჰესის საშუალებით ელექტროენერგიასაც გამოიმუშავებს. ორივე ჰესი საქართველოს ერთიან ელექტროსისტემაშია ჩართული. (მასალები მომზადებულია და GWP კომპანიის თანამშრომლები-ს.პ. ვეიდელის და თ. მაკარაძის მონაწილეობით).

სასმელი წყალი ყოველდღიური მოხმარების სასიცოცხლო მნიშვნელობის პროდუქტია, რომლის შექმნა-დამუშავებასა და მომხმარებელამდე მიტანას დიდი შრომითი და მატერიალური რესურსი ხმარდება. ამ საქმეს კომპანიის 1800-მდე თანამშრომელი ემსახურება. “ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერი” დედაქალაქის მასშტაბით 440 000-მდე აბონენტს ემსახურება. აქედან 2000-მდე საბიუჯეტო ორგანიზაციაა, 15 ათასამდე კომერციული ობიექტი, დანარჩენი კი მოსახლეობაა. ყოველდღიურად კომპანია 1 600 000 კუბ. მეტრ სასმელ წყალს გამოიმუშავებს, რაც წლიურად 600 მლნ კუბ. მეტრს შეადგენს.

“ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერის” მართვა საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით ხორციელდება. კომპანიამ ხარისხის მართვის საერთაშორისო სისტემის ISO 9001 სტანდარტების შესაბამისი სერთიფიკატი 2006 წელს მიიღო. ხარისხის მართვის სერთიფიკატის მოპოვება და მისი მოთხოვნების დაწერვა კომპანიას ავალდებულებს მუდმივად იყოს ორიენტირებული მომსახურების გაუმჯობესებაზე.

ონკანის წყლის სასმელად გამოყენება სრულიად უსაფრთხოა თბილისში. ეს ნიშნავს, რომ სასმელი წყლის ხარისხი დედაქალაქში მთლიანად აკმაყოფილებს ეროვნულ სტანდარტებსა და ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის რეკომენდაციებს.

თბილისის წყლით მომარაგება ხორციელდება სათავე ნაგებობებიდან. მათი საერთო სიმძლავრე შეადგენს 16-17 მ³/წმ. სათავე ნაგებობის სტრუქტურის საანგარიშო სიმძლავრეა: არაგვის ხეობა - 11 მ³/წმ; ღრმალელის საფილტრე სადგური - 5,5 მ³/წმ და სამგორის საფილტრე სადგური - 5,3 მ³/წმ.

ჟინვალის და თბილისის წყლის რეზერვუარები წარმოადგენს რეგულირებული ჰიდრორესურსების საცავებს, რომლებიც წყალს აგროვებენ მდ.მდ. არაგვიდან და იორიდან.

არაგვის ხეობის ჰიდრორესურსების წყალმომარაგების სისტემა წარმოდგენილია 2300 კმ² ფართობის მქონე წყალშემკრები აუზით. ამ კუთხით, მდ.არაგვის შენაკადებიდან აღსანიშნავია თეთრი არაგვი, მთიულეთის არაგვი და ფშავის არაგვი. მდ.არაგვი იკვებება მინისქვეშა წყლებით, წვიმებით, მდნარი თოვლისა და მყინვარების წყლებით. მინისქვეშა წყაროები არაგვის ხეობაში წარმოადგენილია ნატახტარის და მუხრანის ველის სათავე ნაგებობებით. წყალდიდობას ადგილი აქვს გაზაფხულის ბოლოს, ზაფხულის დასაწყისში. ამ დროს მდინარის ნაკადის სისწრაფე აღწევს 1500 მ³/წმ. ზამთარი წყალნაკულობის პერიოდია, ამიტომ წყლის ნაკადის სისწრაფე არ აღემატება 15 მ³/წმ.

ჟინვალის ჰიდროკომპლექსი, რომელიც აგროვებს 470 მლნ. მ³ წყალს, აშენდა 1985 წელს და მისი მთავარი დანიშნულება იყო მცხეთის, გარდაბნის და დედაქალაქის წყალმომარაგება. წყალი ჟინვალის წყალსაცავიდან მიეწოდება ღრმალელის და სამგორის საფილტრე სადგურებს და, საჭიროების შემთხვევაში, თბილისის წყალსაცავს, მიზნობრივი დონის, მოცულობის (308 მლნ. მ³) შენარჩუნების მიზნით.

საჭიროების დროს ღრმალელის და სამგორის საფილტრე სადგურები წყალს იღებენ თბილისის წყალ-საცავიდან.

ამრიგად, თბილისის წყალმომარაგება ძირითადად ხორციელდება მდ.არაგვის ჭალის ტერასების თანამედროვე ალუვიური ნალექების გრუნტის წყლების, ჟინვალის მთავარი და ბოდორნის ბუფერული წყალ-საცავების და მდ.იორის ბაზაზე მოქმედი თბილისის ზღვის წყლების ხარჯზე, აგრეთვე მდინარეების არაგვისა და ქსნის ფილტრატებით. ეს წყლები გამოირჩევა კარგი სასმელი თვისებებით.

მდ.არაგვის ჭალაში განლაგებული წყალსადებიები – ბულაჩაური, ჭოპორტი—მისაქციელი, ნატახტარი-სანაპირო, ნატახტარი-სიფონური და საგურამო წარმოადგენენ არაგვის გასწვრივ განლაგებულ ჰორიზონტალურ გალერეებს, რომელთა წარმადობის გასაზრდელად ფუნქციონირებენ ხელოვნურად შექმნილი საინფილტრაციო აუზები.

მუხრანის ველზე ღრმად არის განლაგებული და ეკოლოგიურად დაცულია მიწისქვეშა წყლების მდიდარი რესურსები. ამ რეზერვუარში, პროგნოზული შეფასებით, განთავსებულია დიდი რაოდენობის, უმაღლესი ხარისხის სასმელი წყლის მარაგები, რაც სრულიად საკმარისია თბილისის ცენტრალიზებული სასმელი წყალმომარაგებისათვის, მისი რაციონალურად ათვისების პირობებში. ამ აუზის წნევიანი წყლები სავსებით პასუხობს სასმელი წყლისადმი წაყენებულ საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნებს და მის ბაზაზე საჩამომსხმელო ინდუსტრიის განვითარებას.

მდ.არაგვის აუზის, რომელიც თბილისისა და მისი შემოგარენის წყალუზრუნველყოფის ძირითადი უალტერნატივო წყაროა, ქვემო ნაწილში განთავსებულია წყალმომარაგების ნაგებობათა რთული კომპლექსი, რომელიც წარმოდგენილია შემდეგი ნაგებობებით: ნატახტარის, მუხრანის, ბულაჩაურის ჭაბურღილები; მიწისქვეშა წყლების საინფილტრაციო აუზები; სალექრები; წყალმიმღებები და სამიჯნე საკნები; სატუმბი სადგურები; საქლორატორები და სადრენაჟო მილგაყვანილობისა და წყალდენების მიწისქვეშა კომუნიკაციების ქსელი, რომელთა საშუალებითაც ხდება მაღალხარისხიანი სასმელი წყლის ტრანსპორტირება (11,0 მ³/წმ, 346 მლნ. მ³ წელიწადში).

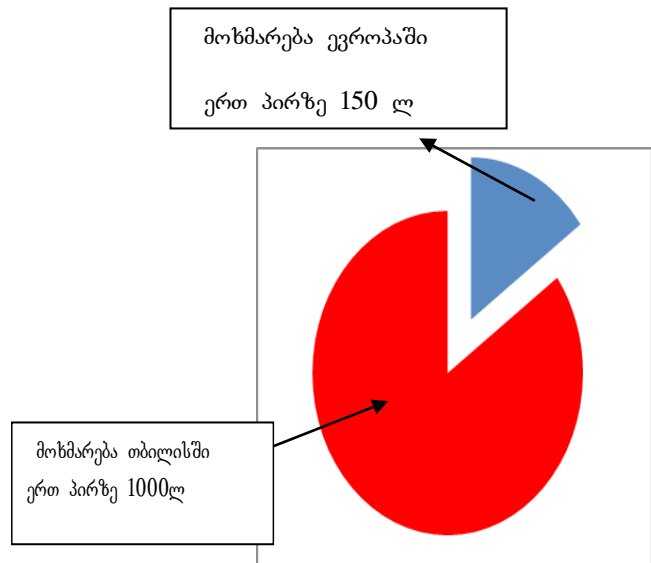
სასმელი წყალი მიეწოდება თბილისის წყალსადენს, რომლის წარმადობაა 21,5 მ³/წმ. წყლის ამ რაოდენობიდან 12,5 მ³/წმ ქალაქს მიეწოდება მდ.არაგვის ფილტრატების ბაზაზე მოქმედი სათავე ნაგებობებიდან; დანარჩენი 9 მ³/წმ არის ჟინვალის წყალსაცავიდან თბილისის ზღვაში გადმოგებული ზედაპირული წყალი, რომელიც იწმინდება ღრმალელისა და სამგორის გამწმენდ ნაგებობებზე და მიეწოდება ქალაქის მარცხენა სანაპიროს.

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოსა და ქ.თბილისში წყალმომარაგების ნორმები უფრო მაღალია, ვიდრე საშუალოდ საზღვარგარეთის რიგ ქვეყნებში, მოსახლეობა მთლიანად მაინც არ არის

წყლით უზრუნველყოფილი. ზაფხულის პერიოდში თბილისის განიცდის სასმელი წყლის ნაკლებობას. საორიენტაციოდ მოვიყვანთ წყალმომარაგების მაჩვენებლებს ზოგიერთი ქვეყნისათვის [1, 6]. ნორმა დღელამეში ერთ კაცზე შეადგენდა (ლ): ყოფ. საბჭოთა კავშირში—400, აშშ—425, დიდ ბრიტანეთში—200. საქართველოში (სხვადასხვა წყაროების მიხედვით) სასმელი წყლის კომპლექსური ხარჯი მოსახლეობის ერთ სულზე შეადგენდა 690-715 ლ/დღლ, თუმცა უკვე ამჟამად წყლის მიწოდება ქ.თბილისში შეადგენს 1200 ლ/დღლ კაცზე, ჩვენი გათვლებით კი, ეს რაოდენობა 1670 აღწევს.

კომპანია “ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერის” (GWP) მონაცემები – თბილისის მოსახლეობის მიერ წყლის 24საათიანი მოხმარება ერთ სულ მოსახლეზე – წარმოდგენილია დიაგრამაზე:

არაგვის ხეობის სათავე ნაგებობა (ნატახტარის წყალდენი) გაშვებული იქნა ექსპლუატაციაში 1933წ., საანგარიშო სიმძლავრით 1283 ლ/წმ;სამგორის საფილტრე სადგური ექსპლუატაციაშია 1957 წლიდან, საანგარიშო სიმძლავრით 5300 ლ/წმ; ღრმალელის საფილტრე სადგური ექსპლუატაციაშია 1985 წლიდან, საანგარიშო სიმძლავრით 1200 ლ/წმ, ხოლო 1988წ. მისი საანგარიშო სიმძლავრე 5500 ლ/წმ-მდე



თბილისის სასმელ-სამეურნეო წყლის ეკონომიური და რაციონალური გამოყენების აუცილებლობა აშკარაა. დიდი დანაკარგებია ქალაქის ძველ წყალსადენ სისტემებში, ძირითადად წყალსადენის ქსელიდან და სანიტარიულ-ტექნიკური არმატურიდან საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში.

წყალმომარაგების ქსელების, საკანალიზაციო სისტემის და გამწმენდი ნაგებობების მდგომარეობა GWP-ის მონაცემებით, შემდეგია:

ქალაქში ცენტრალიზებული წყალმომარაგება ფუნქციონირებს 1862 წლიდან. მთავარი გამანაწილებელი ქსელის სიგრძეა 3600 კმ. არსებული ქსელების თითქმის 60% გაყვანილია 50 წლის წინ და მათი უმეტესობა გამოსაცვლელია.

გაიზარდა.

პრობლემის გადაჭრის გზას წარმოადგენს წყალ-მომარაგების ექსტენსიური განვითარებიდან ინტენსიურზე გადასვლა, რაც განაპირობებს წყლის დანაკარგებთან ბრძოლის ღონისძიებათა კომპლექსის გატარებას. პირველ რიგში, აუცილებელია წყალსადენის ქსელის მოდერნიზაცია და სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობის ეკონომიური მოდელებით შეცვლა, წყალსარგებლობის კულტურის დონის ამაღლება, წყლის მრიცხველების ფართოდ დანერგვა და საყოფაცხოვრებო პირობებში ტექნიკური წყლის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა და ა.შ.

საკანალიზაციო სისტემების მშენებლობა ჩამორჩება წყალმომარაგების განვითარების ტემპებს. კანალიზაციის კოლექტორებისა და ქსელების სიგრძე თბილისში 1990 წლისათვის შეადგენდა 1525 კმ. წლების მანძილზე არ ტარდებოდა ამ სისტემების სარეაბილიტაციო და სარემონტო სამუშაოები, რის გამოც მათი უმრავლესობა მოითხოვს მთლიან ან ნაწილობრივ რეკონსტრუქციას. რიგ შემთხვევებში წყალსადენისა და კანალიზაციის ქსელები განლაგებულია ახლოს ერთმანეთთან, რაც ქმნის საკანალიზაციო წყლის წყალსადენის ქსელში გაჟონვის საფრთხეს. თბილისის კანალიზაციის სისტემა მთლიანად თვითდინებით მუშაობს, რაც რელიეფს უკავშირდება. იგი ძირითადად მოქველებულია და ქუჩების კოლექტორების უმრავლესობა გამოსაცვლელია. მუნიციპალური ჩამდინარე წყლები (საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო და სანიაღვრე წყლები) ქალაქში გროვდება ცენტრალურ საკანალიზაციო კოლექტორში და გამყვანი კოლექტორის გავლით მიემართება გარდაბნის გამწმენდი ნაგებობისკენ. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ობიექტი ძალიან დაბალი სიმძლავრით მუშაობს და ამჟამად იქ მხოლოდ მექანიკური გაწმენდა წარმოებს [7, 8].

წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემები რთულ ნაგებობებს წარმოადგენენ და ამიტომ მათი აღჭურვა საკონტროლო საშუალებებით, ექსპლუატაციის ავტომატიზაციის დონე უნდა შეესაბამებოდეს რთული საინჟინრო სისტემებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს. ეს მოგვცემს ინფორმაციის ოპერატიულად მიღების საშუალებას ქსელის ნებისმიერი ნერტილიდან, რაც ხელს შეუწყობს დაზიანების კერის დადგენას და დასაბუთებული გადაწყვეტილების მიღებას ქსელის რეკონსტრუქციისა და განვითარების თაობაზე.

საწარმოო საჭიროებაზე წყლის რესურსების გამოყენების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სასმელი წყლის გამოყენების დაუმუშავლობას სამრეწველო წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესებში, გარდა ნორმატიულად აუცილებელი შემთხვევებისა. თბილისში, ისევე როგორც საერთოდ საქართველოში, საწარმოების უმეტესობას არ გააჩნია ტექნიკური წყალმომარაგების სისტემები და სასმელი წყლის სამრეწველო გამოყენების დონე მაღალია. ზოგიერთ წარმოებაში დაუსაბუთებლად დიდი რაოდენობის წყალი იხარჯებოდა, როგორც

ამას ადგილი ჰქონდა მეტალურგიისა და ლითონდამუშავების საწარმოებში. ამიტომ, აუცილებელია წყლის ხარჯვის ნორმირებისა და მკაცრი აღრიცხვის შემოღება. წინა წლებში შემუშავებული იყო რეკომენდაციები მსხვილ სამრეწველო საწარმოებში წყლის ხარჯვის ლიმიტების დასადგენად, რაც ამჟამად აქტუალურია.

როგორც ცნობილია, მრეწველობაში წყლის ეკონომიის ერთ-ერთი ძირითადი რეზერვა წყალმომარაგების ბრუნვითი, განმეორებითი და თანმიმდევრული სისტემების დანერგვა, რის შედეგად შესაძლებელია სამრეწველო წყალმომარაგების საგრძნობი შემცირება.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია საწარმოებში ფასიანი წყალმომარაგების ფართოდ შემოღება. მრეწველობაში წყლის გადასახადი შემოღებული იყო ჯერ კიდევ 1979 წლიდან. როგორც პრაქტიკამ აჩვენა, ეს ღონისძიება იქცა მრეწველობაში წყლის რაციონალური გამოყენების სტიმულად.

ქვემოთ განხილულია წყლის რესურსების გამოყენების ზოგიერთი ეკოლოგიური პრობლემა. 21-ე საუკუნის დასაწყისში კაცობრიობის წინაშე წამოჭრილია ისეთი გლობალური პრობლემები, როგორიცაა გლობალური დათბობა, კლიმატის ცვლილება და ამ პროცესების ნეგატიური ზეგავლენა წყლის რესურსებსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ეს უკანასკნელი 2010წ. მსოფლიო ქვეყნების ლიდერთა კოპენჰაგენის შეხვედრის მწვავე განხილვის საგანი გახდა. ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, ადამიანის სხეულის 70% წყლისგან შედგება და მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია სასმელი წყლის ხარისხზე [10, 11].

ეკოლოგიური პრობლემები მჭიდროდ უკავშირდება ქალაქის მოსახლეობის სასიცოცხლო ინტერესებს; ქალაქის ძირითადი გარემოსდაცვითი გამოწვევების საპასუხოდ, ეფექტური და ქმედითი გარემოსდაცვითი მართვისათვის აუცილებელია ქალაქის გარემოს მდგომარეობის შესახებ სრულყოფილი ინფორმაციის ფლობა, უზრუნველყოფილი გარემოსძირითადი კომპონენტების დეტალური ანალიზი, როგორიცაა: ჰაერი, წყალი, ნარჩენები, ენერგია, მწვანე საფარი, ადამიანის ჯანმრთელობა და სხვ. [8].

გლობალურად მიმდინარე პროცესების მეცნიერული შესწავლისა და დაკვირვების შედეგების მიხედვით, მსოფლიოში ადგილი აქვს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მარაგების შემცირების ტენდენციებს. მრავალ ქვეყანაში პერმანენტულად აღინიშნება სხვადასხვა დანიშნულების წყლის ხარისხობრივი მდგომარეობის გაუარესება და წყლის დეფიციტი, განსაკუთრებით კი განვითარებადი ქვეყნების მსხვილ ქალაქებში.

გამომდინარე აღნიშნულიდან, წყლის დაბინძურების ხარისხის დადგენას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება და ის განეკუთვნება ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ამოცანებს, როგორც ნაციონალური უსაფრთხოების ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილი. რესურსების გამოყენებას თან უნდა

ახლდეს გარემოს და წყლის ობიექტების დაცვის ღონისძიებების გატარება. წყლის ეკოსისტემებს ახასიათებს სწრაფი აღდგენის უნარი პერიოდული ანთროპოგენური სტრესების შემდეგ, მაგრამ თუ ანთროპოგენური დატვირთვა ხანგრძლივი ან მუდმივია, მას შეუძლია გამოიწვიოს შეუქცევადი ნეგატიური შედეგები, მათ შორის ეროზიული და სელური პროცესების ინტენსიფიკაცია.

ზედაპირული წყლის ხარისხზე რეგულარული დაკვირვებები და წყლის ფაქტობრივი მდგომარეობის შესახებ ობიექტური ინფორმაციის ფლობა, ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტია ეფექტური გარემოსდაცვითი პოლიტიკის რეალიზაციისათვის. საქართველოს ტერიტორიაზე ზედაპირული წყლების ხარისხის მონიტორინგი გარემოს დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტოს ფუნქციაა. აღნიშნული სააგენტო აწარმოებს ყოველთვიურ და სეზონურ დაკვირვებებს, წყლის სხვა ობიექტებს შორის, მტკვარზე, კუს ტბაზე, ლისის ტბაზე და თბილისის ზღვაზე. საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურების ფონური მდგომარეობის ფაქტობრივი ინფორმაცია გროვდება მონაცემთა ბაზაში შესაბამისი ბიულეტენების, მიმოხილვების თუ ცნობების მომზადებისთვის. მონიტორინგი ხორციელდება მდინარეთაშერჩეულ პუნქტებში. დაბინძურების ფონური მდგომარეობის შეფასებისათვის ისაზღვრება 33 ინტენსივობა.

რაც შეეხება მდინარეების დაბინძურების ხარისხს, აქ ყურადღება მახვილდება ძირითად მდინარეებზე, მ.შ. თბილისის ფარგლებში მდ.მტკვარსა და მდ.ვერზე, სადაც ძირითადი დამაბინძურებელია თბილისის სამეურნეო-კომუნალური კანალიზაცია; მდინარეებში ჩაედინება დიდი რაოდენობით ჩამდინარე წყლები და მათთან ერთად – მრავალი დამაბინძურებელი კომპონენტი. მათი შემცირება შესაძლებელია ახალი უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვით და მაღალეფექტური გამწმენდი ნაგებობების ამოქმედებით, რომელთა უმეტესობა აშენებული იყო 1972-1986 წლების პერიოდში [11]. არსებული მონაცემების თანახმად, 2001 წლისათვის არც ერთ ნაგებობაზე არ ფუნქციონირებდა გაწმენდის ბიოლოგიური საფეხური, ხოლო ჩამდინარე წყლების მექანიკური გაწმენდა ხორციელდებოდა მხოლოდ თბილის-რუსთავის გამწმენდ ნაგებობაზე.

საწარმოო ჩამდინარე წყლების მხოლოდ 10%-მდე იწმინდება წყლის ობიექტებში ჩაშვების წინ. ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერებებია ნავთობპროდუქტები, ფენოლები, მძიმე ლითონები, აგრეთვე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ჩამონადენი, რომელიც შეიცავს პესტიციდებსა და სასუქების ნარჩენებს.

ზედაპირული წყლების დიფუზური დაბინძურების წყაროა საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელები და სამრეწველო ნარჩენების შემგროვებლები, რომლებიც უმეტესად განლაგებულია მდინარეთა ნაპირებზე და, როგორც წესი, არ პასუხობენ წყალდაცვით მოთხოვნებს. სამრეწველო ნარჩენები განთავსებულია

საწარმოების და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე. მრეწველობის სექტორის სრული დატვირთვით მუშაობის დროს განსაკუთრებით დიდი რაოდენობის ნარჩენები წარმოიქმნა. პოლიგონებზე არსებული ნარჩენები ატმოსფერული ნალექების, მათი სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო დანიშნულებით მეორადი გამოყენებისა და სხვა პროცესების გამო, გარკვეულ გავლენას ახდენენ ჰაერის, ნიადაგის, მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების ტოქსიკური ელემენტებით (მანგანუმი, თუთია, სპილენძი, ნიკელი, ტყვია, ვერცხლისწყალი და სხვ.) დაბინძურებაზე.

ურბანიზაციის პროცესების უარყოფითი გავლენა ბუნებრივი წყლების ხარისხზე გამოწვეულია გაჭუჭყიანებული სამრეწველო და სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების, აგრეთვე დასახლებული ტერიტორიებიდან ზედაპირული ჩამონადენის უშუალო ჩალვრით წყლის ობიექტებში. ბუნებრივი წყლების გაჭუჭყიანებაში არსებითი წვლილი შეაქვს მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის მეურნეობათა ჩამდინარე წყლებსაც. მდინარეებში ჩამდინარე წყლების ჩალვრასთან დაკავშირებით ხდება ჩამონადენის რაოდენობრივი მატება, მაგრამ მკვეთრად უარესდება წყლის ხარისხი და, აქედან გამომდინარე, ადგილი აქვს წყლის რესურსების გამოფიტვას.

თბილისის ტერიტორიაზე, რომლის მოსახლეობის რაოდენობა 90-იან წლებში შეადგენდა 1275 ათას კაცს, ჩამდინარე წყლების მაჩვენებლები 1990 წლის დონეზე იყო სულ 103,7 მლნ.მ³, ერთ კაცზე კი წელიწადში – 81,33 მ³. სამრეწველო საწარმოებიდან მდ.მტკვარში უშვებდნენ ნარჩენებს, რომლებიც შეიცავდა 70-მდე გამჭუჭყიანებელ ნივთიერებას, მათ შორის ტოქსიკურსაც. მეტალურგიული და ქიმიური საწარმოებიდან ჩამდინარე წყლები ჩვეულებრივ შეიცავს 10 ათას მგ/ლ შენონილ ნივთიერებებს, 30 მგ/ლ ამიაკს, 2 მგ/ლ ფენოლებს, 0,3 მგ/ლ პირიდინებს, 0,1 მგ/ლ ციანიდებს. ეს შედგენილობა 100-ჯერ და 1000-ჯერ აღემატება ზღვ-ს [1, 6].

”GEO - ქალაქები: თბილისი” 2011წ. ანგარიშის მონაცემებით, თბილისში მდ.მტკვარი ძირითადად ნუტრიენტებით – ამონიუმის იონებით და ნატრიუმის ნიტრიტით ბინძურდება, რომლის კონცენტრაცია რამდენჯერმე აჭარბებს ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის სტანდარტებს, საქართველოსა და ასევე ევროკავშირის ლიმიტებს თევზის ეკოსისტემების შენარჩუნებისათვის. მდ.მტკვარში დაკვირვების ყველა წერტილში შეინიშნება ბიოლოგიური ჟანგბადის მოთხოვნის მაღალი მაჩვენებლები.

მძიმე მდგომარეობაშია მცირე მდინარეები, რომლებიც თბილისის ტერიტორიაზე მიედინება. მაგალითად, მდ.ვერე, დაბა წყნეთისა და ვაკის ფეკალური წყლებით გაჭუჭყიანების გარდა, ქალაქის ფარგლებში იღებს სხვადასხვა საწარმოებიდან ჩამდინარე წყლებს. ამის შედეგად მდინარის წყლებში აღმოჩენილია: ამონიუმის ნაერთები (8-27 ზდკ), ნავთობპროდუქტები (60 ზდკ-მდე), სულფატები (10 ზდკ-მდე), ფენოლები (30 ზდკ-მდე), სპილენძის ნაერთები (25 ზდკ), ბაქტერიოლოგიური ნივთიერებები

(ნაწლავის ჩხირი, საპროფილური ბაქტერიები). მდ. დილმისწყალი (დილმულა) ვაშლისფერიდან შესართავამდე გადაქცეულია ღია საკანალიზაციო თხრილად, რომელიც სავსეა სამრეწველო, სამშენებლო და საყოფაცხოვრებო ნაგავით. მდ.ლოჭინი გაჭუჭყიანებულია ჩამდინარე წყლებით ნავთობისა და ავტოსატრანსპორტო ბაზებიდან, მეფრინველეობის ფაბრიკიდან და რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების ქარხნიდან.

ამასთან ერთად, თბილისის ტბებსა და რეზერვუარებში აღინიშნება ბაქტერიული და მიკრობიოლოგიური დაბინძურების მაღალი დონე (საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტრო. ეროვნული ანგარიში საქართველოს გარემოს მდგომარეობის შესახებ, 2007,2009), რაც საჭიროებს პირველი რიგის გადაუდებელ ბუნებადაცვით ღონისძიებებს.

არანაკლებ საგანგაშოა მინისქვეშა წყლების დაბინძურება, რაც მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობით, კერძოდ, – მინის ზედაპირის (ნიადაგების), ზედაპირული წყლების, ატმოსფერული ნალექების გაჭუჭყიანებით.

განსაკუთრებით საყურადღებოა მდ.არაგვის ქალის ტერასების თანამედროვე ალუვიური ნალექების გრუნტის წყლების, ჟინვალის მთავარი და ბოდორნის ბუფერული წყალსაცავების წყლის ხარჯის მდგომარეობა. მკვებავი მდინარის დაბინძურების შემთხვევაში დიდია გრუნტის წყლებში ეკოტოქსიკანტების მოხვედრისა და სასმელი წყლების ხარისხის მკვეთრი გაუარესების ალბათობა.

90-იანი წლების შემდეგ გამოვლინდა წყალგასაყვანი მოცულობების შემცირების ტენდენცია, სანარმოთა დიდი ნაწილის გაჩერების გამო. მაგალითად, თბილისის ზონაში წყალგაყვანის მოცულობა შემცირდა 274 მლნ. მ³-დან 128 მლნ. მ³-მდე, ანუ 53%-ით. ამ გარემოებას შეეძლო ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესება, მაგრამ ასე არ მოხდა, გამწმენდი ნაგებობების არაფექტური მუშაობის ან საერთოდ მათი არარსებობის გამო.

წყალმომარაგების სფეროში ერთ-ერთ უმძაფრეს პრობლემას სასმელი წყლის ხარისხი წარმოადგენს. 2001 წლის მონაცემებით [11], სასმელი წყლით მომარაგების მდგომარეობა და სასმელი წყლის ხარისხი ქვეყნის მასშტაბით არ იყო დამაკმაყოფილებელი. ქ.თბილისშიც კი რეგისტრირებული იყო სასმელი წყლის დაბინძურების შემთხვევები, რაც პირველ რიგში, წყალსადენისა და საკანალიზაციო სისტემის არადაამაკმაყოფილებელ ტექნიკურ მდგომარეობას უკავშირდებოდა. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს დაავადებათა კონტროლის ცენტრის მონაცემებით, თბილისში 2001 წელს აღინიშნა ამეზიოზის 115 შემთხვევა, ხოლო სოფლებში წყლის ხარისხთან დაკავშირებული დაავადებების რეგისტრაცია საერთოდ არ ხდებოდა.

შექმნილი მდგომარეობა ნათლად გვიჩვენებს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ზედაპირული წყაროების დაბინძურების ინგრედიენტული მონიტორინგი,

რისთვისაც მეცნიერთა ჯგუფის მიერ დამუშავებული და დანერგულია წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროების დაბინძურების ხარისხობრივი შეფასებისა და პროგნოზირების ბაზური დესკრიფციული მოდელები [12]. მათი გამოყენება წყლის ნებისმიერი ობიექტის ეკოლოგიური მდგომარეობის კლასიფიკაციის შესაძლებლობას იძლევა. აღნიშნული დესკრიფციული მოდელების ანალიზური ბაზის საფუძველზე შექმნილია ნებისმიერი ზედაპირული წყლის ობიექტის ინგრედიენტული მონიტორინგის მრავალმიზნიანი საინფორმაციო-კომპიუტერული სისტემა, რომლის ფუნქციონირებაც შესაძლებელია თანამედროვე საერთაშორისო კომუნიკაციური (ინტერნეტ) ქსელების დახმარებით.

ამჟამად დედაქალაქის მოსახლეობის სასმელი წყლის ხარისხის მონიტორინგი ხორციელდება კომპანია GWP ცენტრალური ლაბორატორიის მიერ იმ მოთხოვნების შესაბამისად, რომლებიც გათვალისწინებულია სასმელი წყლის ტექნიკურ რეგლამენტში. არსებული ტექნიკური რეგლამენტი შემუშავებულია საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის კანონმდებლობის შესაბამისად, ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHOO) რეკომენდაციების, ევროდირექტივის მოთხოვნებისა და კლიმატურ-გეოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით. იგი ადგენს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო სასმელი წყლის სანიტარიულ ნორმებს.

სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი დამტკიცებულია საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობის და სოციალური დაცვის სამინისტროს მიერ (დეკემბერი, 2007) და განსაზღვრავს წყლის ხარისხის მაჩვენებლებს და პარამეტრებს, ადგენს მათი შეფასების ჯერადობას, გამოსაკვლევი სინჯების რაოდენობას, სასმელი წყლის კონტროლის და მონიტორინგის სქემას.

დედაქალაქის სასმელი წყლის ხარისხის მონიტორინგს ახორციელებენ კომპანია GWP-ის ლაბორატორიები, რომლებიც განლაგებულია სათავე ნაგებობებზე და iso/iek 17025:2010 სტანდარტით აკრედიტებული ცენტრალური ლაბორატორია, რომელიც მდებარეობს ღრმალელში, თბილისის წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ლაბორატორიები მუშაობენ უწყვეტი ციკლით, 24-საათიან რეჟიმში.

კომპანიის ლაბორატორიებში სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის მიხედვით განისაზღვრება შემდეგი მაჩვენებლები: ზოგადი, ორგანოლექტიკური, არაორგანული და ორგანული ნივთიერებები, მიკრობიოლოგიური, პარაზიტოლოგიური და ვირუსოლოგიური და რადიოლოგიური მაჩვენებლები.

ცენტრალური ლაბორატორიის მიერ ჩატარებული ქიმიურ-მიკრობიოლოგიური ანალიზების რაოდენობა შეადგენს: ქალაქის ქსელიდან ყოველთვიურად 400-450 ანალიზს; სათავე ნაგებობებიდან ნედლი წყლის ანალიზი ყოველთვიურად – 29; სათავე ნაგებობებიდან (არაგვის ხეობა, ღრმალელე და სამგორი) – 5-5 (სულ 15) მიკრობიოლოგიური ანალიზი; ანალიზები ქალაქის რეზერვუარებიდან საჭიროების მიხედვით

(ძირითადად გარეცხვის შემდეგ). წყალმომარაგების სათავეების წყლებზე ტარდება რუტინული და სრული ქიმიურ-მიკრობიოლოგიური მონიტორინგი: სამგორში, ბულაჩაურში, ღრმაღელეში, საგურამოში და ნატახტარში.

ქვემოთ მოყვანილია რუტინული ანალიზის პარამეტრები, რომელთა ყოველდღიური გამოკვლევა ტარდება წყალმომარაგების სათავეების ლაბორატორიებში (გარდა მიკრობიოლოგიური კვლევებისა, რომლებსაც ატარებს ყოველდღიურად ცენტრალური ლაბორატორია). სათავე ნაგებობათა ლაბორატორიებს ფორს-მაჟორული სიტუაციების დროს (წყალდიდობები, წყალმოვარდნები და სხვა საგანგებო შემთხვევები) უხდებთ დამატებითი ანალიზების ჩატარება წყლის დამუშავების დამატებითი ღონისძიებების გატარებასთან დაკავშირებით, როგორცაა, მაგალითად, გააქტიურებული ნახშირის და ქარბი კოაგულანტის გამოყენება.

კომპანიაში ფუნქციონირებს წყლის ხარისხისა და ცენტრალური ლაბორატორიის აკრედიტების მუდმივმოქმედი კომისია, რომელიც კოორდინაციას უწევს სასმელი წყლის ხარისხთან დაკავშირებულ ყველა საკითხს, განსაზღვრავს ლაბორატორიის ხარისხის მენეჯმენტის პოლიტიკას მოქმედი რეგლამენტების, სტანდარტების და სხვა ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად, აწარმოებს ლაბორატორიის ფუნქციონირებაზე სისტემატურ მონიტორინგს.

ეკონომიკის აღორძინება და შემდგომი განვითარება გამოიწვევს ქვეყანაში და კერძოდ, დედაქალაქში, სადაც თავმოყრილია მოსახლეობისა და საწარმოთა დიდი ნაწილი, წყლის ობიექტების გაჭუჭყიანების ზრდას, რომლისაგან დაცვისათვის მიზანშეწონილად უნდა იქნეს მიჩნეული: ჩამდინარე წყლების ხარისხისა და რაოდენობის აღრიცხვისა და კონტროლის რაციონალური სისტემის შექმნა; წყალტევად წარმოებათა განლაგება წყლის რესურსების რაოდენობისა და ხარისხის გათვალისწინებით; გამწმენდი სისტემების მოდერნიზაცია და თანამედროვე ტექნიკურ-ტექნოლოგიური დონის გამწმენდ ნაგებობათა ეტაპობრივი მშენებლობა; წყლის რესურსების დაბინძურების და წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირებაში დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელირების გამოყენება წყალსარგებლობის კატეგორიების შესაბამისად და სხვ. ერთ-ერთი ძირითადი გამოწვევა, რომლის წინაშეც დადგება წყლის მართვის სექტორი უახლოესი წლების განმავლობაში, არის წყლის რესურსების მართვის არსებული ცენტრალიზებული სისტემის შეცვლა ინტეგრირებული და მდინარის აუზზე ორიენტირებული მიდგომით.

ცხრილი 2
თბილისის წყლის ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები და ნორმატივები

№	ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები	საზომი ერთეული	ნორმატივი
1	ფერიანობა	ხარისხი	15
2	სუნი 20° C ; 60° C	ბალი	
3	გემო 20° C	ბალი	
4	სიმღვრივე	მგ/ლ	
5	წყალბადის მაჩვენებელი	პ	
6	ამონიუმი	მგ/ლ	
7	ნიტრიტები (NO2)	მგ/ლ	
8	ნიტრატები (NO3)	მგ/ლ	
9	პერმანგანატული ჟანგვალობა, O2	მგ/ლ	
10	ქლორი ნარჩენი თავისუფალი	მგ/ლ	
11	ქლორიდები (Cl-)	მგ/ლ	250
12	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კნე 1 მლ-ში 37° C 22° C	20 100
13	E- coli		არ დაიშვება
14	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	ბაქტერიების რაოდ. 300 მლ-ში	არ დაიშვება

K. Makharadze
R. Pirtskhalava

Tbilisi drinking water resources and some problems
of their ecological safety

The drinking water supply of Tbilisi is mainly carried out from underground springs represented by Natakhtari and Mukhrani headwaters located in the Aragvi gorge. The total capacity of both ones is 16-17 m³/sec. Totally 21.0m³/sec (660 million m³ annually) is piped to the city water-supply network. There are serious water losses in the old city water supply systems, mainly in water pipes and sanitary facilities of dwelling houses and social building. Almost 60% of the existed water pipes were built 50 years ago and most of them should be renewed. Tbilisi sewerage system and most street manifolds are very old and should be renewed as well. The problem should be solved by means of modernization of water-supply network and replacement of the existent equipment with water-saving models, as well as raising of water consumption culture among the citizens, country-wide installation of water-meters, etc.

It is vitally important to keep and improve the quality of drinking water that requires the incessant sanitary protection of water objects with permanent monitoring, modernization of water-treating facilities, implementation of modern technical-technological equipment, etc.

1. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. КЕПС при Президиуме АН Грузии. Мецниереба, Тбилиси, 1991

2. კბეთანელი, მ.ჩიჯავაძე, ქ.მახარაძე. საქართველოს სასმელი წყლის რესურსები, მათი რაოდენობრივი, თვისებრივი და ტექნიკური მაჩვენებლები. უ. მეცნიერება და ტექნოლოგიები "№1-3, 2002

3. ინფორმაციული ბიულეტენი მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს ეკოლოგიური მდგომარეობის და საშიში გეოლოგიური პროცესების შესწავლის და პროგნოზირების შესახებ. საქართველოს გეოლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტი. თბილისი, 2000

4. Гидрогеология СССР.Т.Х.Грузинская ССР. М.Недра, 1970

5. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და გარემოს დაცვა. სტატისტიკური კრებული. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური-საქსტატი. თბილისი, 2011

6. ირ.ჟორდანი, თ.ურუშაძე, ქ.მახარაძე, რ.ფირცხალავა. თბილისის ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები (წყლის რესურსები). საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, სტუ-ს საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი. თბილისი, 2012

7. ი.ჟორდანი, მ.ჩიჯავაძე, გ.გობეჩია, ქ.მახარაძე. ქვემო ქართლის ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები (წყლის რესურსები). საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი. თბილისი, 2003

8. GEO-ქალაქები: თბილისი. ანგარიშის რეზიუმე გადანაცვლებების მიმღებთათვის, 2011

9. გ. გობეჩია, ქ. მახარაძე. მტკნარი წყლის რესურსები - ქვეყნის მდგრადი განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი. უ. მეცნიერება და ტექნოლოგიები №4-6, 2007

10. ა.მინდორაშვილი. წყალი და ჯანმრთელობის პრობლემები საქართველოში. საქართველოს სტრატეგიული კვლევებისა და განვითარების ცენტრი. ბიულეტენი" №117, 2010

11. სასმელი წყლის ხარისხის და მომარაგების სტრატეგია. UN-ECE/WHO პროექტი "წყალი და ჯანმრთელობა" ოქმის განხორციელება საქართველოში. დანიის გარემოს დაცვის სააგენტო, დანიის ჰიდროლოგიის ინსტიტუტი. საქართველოს გარემოს და ბუნებრივი რესურსების, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის, მშენებლობისა და ურბანიზაციის სამინისტროები, 2003

12. ზ.ციხელაშვილი, ბ.ჭურჭელაური, გ. მეტრეველი. წყლის დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება. უ.მშენებლობა, "№2(13), 2009