

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-75-81

უკ 54.055, 54.064, 67.08, 504.4.054

**ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო-სორბენტებით ნაჟური წყლების გასუფთავების შეფასება, თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის მაგალითზე**  
**ნათელა ძევისაშვილი, დარეჯან დულაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი  
[n.dvalishvili@gtu.ge](mailto:n.dvalishvili@gtu.ge)

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი

*კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-21-12546]*

**რეზიუმე**

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო-მასალის/სორბენტის გამოყენებით თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების გასუფთავების ოპტიმალური პირობების შერჩევა. ამ მიზნით პირველ ეტაპზე 2022 წლის აპრილიდან 2024 წლის მარტამდე განხორციელდა ნაჟური წყლების ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა, რის საფუძველზე მოხდა ზოგიერთი დამაბინძურებლის იდენტიფიკაცია. კვლევის მეორე ეტაპი მოიცავდა ნაჟური წყლების სხვადასხვა ზომისა და ტიპის ნახშირბადოვანი სორბენტებით განსხვავებულ პირობებში დამუშავებას. კვლევის ფარგლებში შერჩეული ნანო-ზომის სორბენტის გამოყენება სტატიკურ პირობებში არ არის ეფექტიანი, ორგანულ ნაერთებთან ტერინგირების (შეფისვის) გამო. ნაჟური წყლების სტატიკურ პირობებში ნახშირბადოვანი მიკრო-სორბენტებით (ორი ტიპის: პოლიმერული და ცელულოზაშემცველი ნარჩენებიდან მიღებული) დამუშავებამ აჩვენა, რომ გამოყენებული ორივე ტიპის მიკრო-სორბენტებს ყველაზე მაღალი სელექტიურობა აქვთ შესწავლილ მძიმე მეტალებისა (Cd Cr, Pb და Hg: 60-99%) და არაფეკალური წარმოშობის მიკრობიოლოგიურ ინდიკატორების (98-99%) მიმართ. ამასთან დინამიკური პირობებში ნანო- და მიკრო-სორბენტის ერთობლივმა გამოყენებამ აჩვენა ოპტიმალური შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** ნაგავსაყრელი, ნაჟური წყლები, ნახშირბადოვანი მასალა, ნანო-სორბენტი, მიკრო-სორბენტი, გასუფთავება.

**შესავალი**

ნარჩენების სწორი და ეფექტიანი მართვა მთელი მსოფლიოსთვის გამოწვევაა და ამ მხრივ, არც საქართველოა გამონაკლისი. დღეისათვის მსოფლიოში მოსახლეობის რაოდენობის, მათი შემოსავლების და შესაბამისად, ამა თუ იმ პროდუქტზე მოთხოვნის ზრდასთან ერთად, იზრდება ნარჩენების რაოდენობაც. მოთხოვნილების ზრდა კი საჭიროებს სულ უფრო და უფრო მეტ რესურსს, რომლის რაოდენობაც დედამიწაზე შეზღუდულია. შესაბამისად, ძალიან მნიშვნელოვანია ნარჩენების რეციკლირება და რეციკლირების შედეგად აღდგენილი რესურსების წარმოების და მოხმარების პროცესში ჩაბრუნება [1,2,3] ამჟამად, ჩვენი ქვეყნის მასშტაბით წარმოქმნილი მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ძირითადი ნაწილი თავსდება ე.წ. ღია ნაგავსაყრელებზე (90%). საქართველოში ყველაზე დიდი ოფიციალური ნაგავსაყრელი ემსახურება ქ. თბილისს, რომელიც მდებარეობს ქ. თბილისის სამხრეთ აღმოსავლეთით, სოფ. დიდი ლილოს მიმდებარედ (ქ. თბილისიდან 30 კმ-ში). პოლიგონზე ნაჟური წყლების გაწმენდისათვის მოწყობილია უკუოსმოსის დანადგარი, რომლის წარმადობა შეადგენს 12 მ<sup>3</sup>/დღ-ში, რაც თავისთავად არასაკმარისია (2018 წელს მოწყობიდან მაქსიმუმ 1 წლის შემდეგ განოვიდა მწყობრიდან) და გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს აღნიშნული პრობლემის მოგვარება, რადგან ნაჟური წყლის გასუფთავება ვერ ხდება საკანონმდებლო ნორმების (საკანალიზაციო ქსელში ჩაშვებისათვის განკუთვნილი) შესაბამისად. მუნიციპალურ საკანალიზაციო ქსელში გაუწმენდავი ნაჟური წყლების გაშვების თავიდან აცილების მიზნით ნაჟური წყლები ტუმბო დანადგარების საშუალებით გადაიტუმბება მუშა უჯრედის ზედაპირზე, ანუ ხდება ნაჟური წყლის ცირკულირება: სალექარები-ნაგავსაყრელის სხეული. აღნიშნული აქტივობა ატენიანებს ნარჩენებს და შესაბამისად, იწვევს ბიოდეგრადაციის პროცესის გააქტიურებას, და აგრეთვე, მნიშვნელოვნად იზრდება ნაჟური წყლების დაბინძურების ხარისხი. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გარდა, არსებობს გარემოს დაბინძურების მაღალი რისკი, რაც უპირატესად დაკავშირებულია ნაჟური წყლების ზალპური ჩაშვების მაღალ ალბათობასთან, კერძოდ: უხვი ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში დიდი ალბათობით

მოხდება რეზერვუარების (სალექარების) გადავსება და დაბინძურებული წყლის ავარიული ჩაშვება საერთო კოლექტორში.

მსოფლიოში არსებული გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ უკუოსმოსის მეთოდოლოგიით ნაჭური წყლის გაწმენდა საკმაოდ ეფექტურია, თუმცა აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება უმჯობესია კომპლექსური მიდგომით, რომელიც გულისხმობს როგორც ქიმიური, ბიოლოგიური, ისე სორბციული პროცესების გამოყენებას. არსებული გამწმენდი ტექნოლოგიები საკმაოდ ძვირადღირებულია, როგორც რთული კონსტრუქციისა და სახარჯი მასალების კუთხით, ისე ნედლეულის მაღალი ფასითა და წარმოების დიდი ენერგო-დანახარჯებით.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ისეთი მეთოდოლოგიის შემუშავება, რომელიც ორიენტირებულია ღია ტიპის ნაგავსაყრელებზე წარმოქმნილი ნაჭური წყლების კომპლექსურ, ხელმისაწვდომ და ეფექტურ ალტერნატიულ გაწმენდაზე საკანონმდებლო რეგულაციებისა და ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად, არამარტო შესწავლილი, არამედ მსგავსი ტიპის ნაგავსაყრელებისთვისაც. შემოთავაზებული კვლევის მთავარი ამოცანაა - ნაგავსაყრელზე არსებული სალექარების (ნაჭური წყლების ავზი/რეზერვუარი) ნაჭური წყლების სორბენტებით დამუშავება, და უკუოსმოსის არიდებით ნაგავსაყრელის სხეულიდან გამოსული ნაჭური წყლის გასუფთავების და სახელმწიფო რეგულაციების შესაბამისად გასუფთავებული წყლის მუნიციპალურ არინების სისტემაში ჩაშვების შესაძლებლობების დადგენა. ჩვენი კვლევის ორიენტირებულია ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების დაცვასა და განვითარებაზე, რაც გულისხმობს ისეთი რთული საკითხების გადაჭრას, როგორცაა, ერთის მხრივ ნარჩენების გადამუშავება (ნარჩენებისგან სორბენტის მიღება) და, მეორეს მხრივ, ძალზე დაბინძურებული წყლების უსაფრთხო და ხელმისაწვდომი გაწმენდის გზების შემუშავება საერთაშორისო და ეროვნული გარემოდაცვითი რეგულაციების გათვალისწინებით.

### ძირითადი ნაწილი

**ნაჭური წყალი** - წარმოიქმნება როგორც მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მაღალი ტენიანობის შედეგად, ისე ღია ნაგავსაყრელის „სხეულში“ წყლის შეღწევის (ატმოსფერული ნალექები) და ნივთიერებების „დაგროვების“ შედეგად.

როგორც აღინიშნა საქართველოში ყველაზე დიდი ოფიციალური ნაგავსაყრელი ემსახურება ქ. თბილისს [4,5,6,7]. პოლიგონის ტერიტორიის მთლიანი ფართობი შეადგენს 84 ჰა-ს (ნახ.1) და მისი ძირითადი ობიექტებია (ნახ.1):

- უჯრედები, სადაც ხდება ნარჩენების განთავსება (ფსკერი დაფარულია ჰიდროიზოლაციით - 2 მმ-იანი Geo-Membrane და მოწყობილია სადრენაჟო არხები);
- ფილტრატის რეზერვუარი და მისი გამწმენდი ნაგებობა (არ ფუნქციონირებს);
- დასაყოვნებელი, მოწყობილი გუბურები ნაჭური წყლებისთვის - ღია ავზები/რეზერვუარები 2მმ-ანი GeoMembrane-ით დაფარული ფსკერით.

ეტაპობრივად მოწყობილი უჯრედების (დღეისათვის ნაგავსაყრელზე მოწყობილია 4 უჯრედი) ფუნქციონირება დაიწყო 2010 წლის აპრილიდან. უჯრედების ტერიტორიაზე დაყრილი ნაგავი 0.5 მეტრიანი სისქის ფენით ბულდოზერისა და ჩამტვირთველის საშუალებით იშლება და იტკეპნება სპეციალური კომპაქტორებით. მუშაობის პროცესში მოქმედი უჯრედი ტენიანდება სალექარში/ღია ავზში შეგროვილი ნაჭური წყლით (ნარჩენების საყარ უჯრედებში მოწყობილია ნაჭური წყლის შეგროვების სისტემა და კოლექტორული ქსელი, რომელთა მეშვეობით წყლები ჩაედინება დასაყოვნებელი გუბურებში/ავზში, სადაც თავმოყრილი წყლის ნაწილი ცირკულირდება უჯრედებში სპეციალური ტუმბოების დახმარებით). დატკეპნილი ნარჩენების სიმაღლის 2 მეტრამდე მიაღწევს, ნაგვის ფენა ივარება 30-50 სანტიმეტრი სისქის მქონე დატკეპნილი მაიზოლირებელი ადგილობრივი თიხოვანი გრუნტის ფენით. ნაგვისა და მიწის 2.5-მდე მეტრი სისქის ფენაზე ასეთივე სისტემით მოწყობილი შემდეგი ფენა ემატება.

გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისა და სკოპინგის ანგარიშების [7] შესაბამისად უჯრედების დახურვისას თვითოეული უჯრედი ივარება სპეციალური გეომემბრანის (2 მმ-იანი GeoMembrane) შემცველი მაიზოლირებელი საფარით და ხდება ზედაპირის რეკულტივაცია, თუმცა დღეის მდგომარეობით ახალი უჯრედების მოწყობის შეფერხების გამო, ხდება 2010 წლიდან 2019 წლამდე მოწყობილი ოთხივე უჯრედის გაფართოება, რის შედეგად უჯრედზე ნარჩენების განთავსების რაოდენობრივი, ტექნიკური და ეკოლოგიური ნორმები დარღვეულია. დამატებით, აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ნარჩენების ღვინის შედეგად წარმოქმნილი ნაგავსაყრელი აირის შეკრება ხდება გაბიონისებური შახტების მეშვეობით

(თითოეულ უჯრედზე დამონტაჟებულია ნაგავსაყრელი გაზის ექსტრაქციის 100-მდე ჭა), რომელთა მოწყობა ხდება უჯრედის მოწყობისთანავე, და რომელთა ძირითადი ფუნქციაა - მეთანის აალების თავიდან აცილება (ნაგავსაყრელი გაზის (CH<sub>4</sub>: 45-60%, CO<sub>2</sub>: 35-50% და სხვა მიკრომინარევი, მათ შორის CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>) - უტილიზაცია/გამოყენება არ ხდება და ნაგავსაყრელი გაზი, ყველანაირი დამუშავების გარეშე, ემიტირდება პირდაპირ ატმოსფერულ ჰაერში [8].



ნახ. 1. ნორიოს ნაგავსაყრელი (Google Earth, 2024) - 1. ნაჟური წყლების 4 ავზი/ღია რეზერვუარი, 2. ადმინისტრაციული შენობა; 3. ნაჟური წყლის გასუფთავების სისტემა - უკუოსმოსი (არ ფუნქციონირებს) 4. უჯრედები.

როგორც უკვე აღინიშნა, ნაჟური წყლების გაწმენდისათვის 2018 წელს მოეწყო უკუოსმოსის დანადგარი. არსებული უკუოსმოსის დანადგარის წარმადობა არასაკმარისი აღმოჩნდა, რის გამოც ექსპლუატაციაში გაშვებიდან წელიწადზე ნაკლებში გამოვიდა მწყობრიდან და ამ დრომდე არ ფუნქციონირებს. შესაბამისად, გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს აღნიშნული პრობლემის მოგვარება, რადგან ნაჟური წყლის გასუფთავება ვერ ხდება საკანალიზაციო ქსელში ჩაშვებისათვის განკუთვნილი ჩამდინარე წყლების საკანონმდებლო ნორმების შესაბამისად [9]. ვინაიდან ნაჟურ წყლების ცირკულირებით ხდება ნაგავსაყრელის სხეულის მრავალჯერადი დატენიანება, შედეგად ნაჟური წყლები უფრო და უფრო მდიდრდება დამაბინძურებელი კომპონენტებით, ამასთან წყლები ცირკულირებს სრულად ჩაკეტილ სისტემაში: ნაგავსაყრელის სხეული - ღია რეზერვუარი/ავზი, შესაბამისად უხვი ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში არსებობს რეზერვუარების (სალექარების) გადავსებისა და დაბინძურებული წყლის საერთო კოლექტორში ავარიული ჩაშვების რისკი, რომელიც თავის მხრივ ჩაედინება მდ. ნორიხევის მარჯვენა სანაპიროზე არსებულ ბუნებრივ ხევში, ხოლო შემდეგ მდ. ნორიხევისა და ლოჭინში, საბოლოოდ კი ხვდება ტრანსსასაზღვრო მდ. მტკვარში.

საერთაშორისო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ უკუოსმოსის მეთოდოლოგიით ნაჟური წყლის გაწმენდა საკმაოდ ეფექტანია, თუმცა აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება უმჯობესია კომპლექსური მიდგომით, რომელიც გულისხმობს როგორც ქიმიური, ბიოლოგიური ისე სორბციული პროცესების გამოყენებას. არსებული გამწმენდი ტექნოლოგიები საკმაოდ ძვირადღირებულია, როგორც რთული კონსტრუქციისა და სახარჯი მასალების კუთხით, ისე ნედლეულის მაღალი ფასითა და წარმოების დიდი ენერგო-დანახარჯებით. სხვადასხვა ფილტრების, სორბენტებისა თუ რეაქტივების გამოყენება დიდი მოცულობის წყლის გასაწმენდად, რეგენერაციის გარეშე, ეკონომიური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით მიზანშეწონილი არ არის. ამიტომ, დღეისათვის, მრავალი კვლევა მიმდინარეობს იაფი ნახშირბადუმცველი სორბენტების ძიების მიმართულებით [9-17].

ჩვენი კვლევა მოიცავს თსუ-ს რ. აგლამის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში შემუშავებული ტექნოლოგიის საფუძველზე მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (ცელულოზაშემცველი და პოლიმერული) თერმოქიმიური გზით მიღებული [18, 19, 20] და მექანიკურად დამუშავებული (ნანო- და მიკრო- ზომამდე დამუშავება) ნახშირბადოვანი ნანო- და მიკრო- სორბენტებით ნაჟური წყლების გასუფთავების შეფასებას, თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონზე



ეკოლოგიური საფრთხის შემცირების მიზნით, რომელიც ორიენტირებულია ღია ტიპის ნაგავსაყრელებზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების კომპლექსურ, ხელმისაწვდომ და ეფექტიან გაწმენდაზე საკანონმდებლო რეგულაციებისა და ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად წყლის რესურსებისა და ნარჩენების სწორი და უსაფრთხო მართვისათვის.

### კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

მიმდინარე კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების რეზერვუარებიდან აღებული საანალიზო წყლები.

კვლევის პირველ ეტაპზე 2022 წლის აპრილიდან 2024 წლის მარტის ჩათვლით დაიგეგმა და განხორციელდა ყოველთვიური ექსპედიციები თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე და განხორციელდა მოწყობილი რეზერვუარების ნაჟური წყლებში სავლე პირობებში, პორტატიული წყლის ანალიზატორის „Consort 6010“ გამოყენებით (ნახ.2), ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების -  $t^{\circ}C$ , pH, Conductivity, TDS გაზომვა; ასევე ნაჟური წყლების სინჯების აღება და მათში ზოგიერთი ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლის განსაზღვრა, რომელიც ნორმირებულია წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლებისათვის [9]. კერძოდ, საანალიზო ნაჟური წყლების სინჯებში განისაზღვრა: სიმღვრივე; pH; ელ.გამტარობა; TSS (შეწონილი ნაწილაკები); ჟანგდაბის ქიმიური მოხმარება (ჟქმ); ჟანგდაბის ბიოქიმიური მოხმარება (ჟბმ); ამონიუმი; ფენოლი; ცხიმები; ქრომი; თუთია; კადმიუმი; ტყვია; ვერცხლისწყალი; Total coliforms; E.coli.

კვლევის მეორე ეტაპი მოიცავდა თსუ-ს რ. აგლამის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში შემუშავებული ტექნოლოგიის საფუძველზე მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (ცელულოზაშემცველი და პოლიმერული) თერმოქიმიური გზით მიღებული და ნანო- და მიკრო-ნახშირბადოვანი სორბენტებით ნაჟური წყლების დამუშავება სტატიკურ პირობებში: 1-4 გ სორბენტი (კაკლის ნაჭუჭისა და პოლიპროპილენის ნარჩენებისაგან მიღებული მიკრო- 40-1200 მკმ ზომის და კაკლის ნაჭუჭისაგან მიღებული ნანო- 40-100 ნმ ზომის ნახშირბადოვანი მასალა), 100 მლ საკვლევი წყალი, დაყოვნება: 1 სთ, 24 სთ და 72 სთ. დამუშავებულ წყლებში საკვლევი ნორმირებული ნივთიერებების კვლევა, რომლებმაც აჩვენა ზღვრულ მაღალი შემცველობები საწყის საანალიზო წყლებში.



(ა)



(ბ)

**ნახ. 2. ნორიოს ნაგავსაყრელი: ა. სავლე სამუშაოები; ბ. ნაჟური წყლების ღია ავზი/რეზერვუარი (მარჯვენა ავზში - ფსკერის საწმენდი სამუშაოები)**

საანალიზო წყლების (ნაჟური წყალი - ნანო- და მიკრო- ნახშირბადოვანი სორბენტით დამუშავებამდე და დამუშავების შემდეგ) ანალიზი ჩატარდა შემდეგი მეთოდების გამოყენებით:

- ფიზ-ქიმიური პარამეტრები - პოტენციომეტრული მეთოდით;
- ბიოგენები, ზოგიერთი ორგანული ნაერთი, ჟბმ და ჟქმ - სპექტრომეტრული (კიუვეტ ტესტების გამოყენებით) და ცხიმები - გრავიმეტრული მეთოდებით;
- მძიმე ლითონები - MP-AES/ ICP-OES -ბის გამოყენებით;
- მიკრობიოლოგიური პარამეტრები - მეტად ალბათური რიცხვის მეთოდით, მიკრობიოლოგიური ანალიზის სისტემა - IDEXX-ის გამოყენებით.

**ექსპერიმენტული შედეგები და განსჯა**

თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების სავლე და ლაბორატორიული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ძირითადად ნაჟურ წყლებში ზდრ-ს აღმატება მიკრობიოლოგიური, ორგანული, ბიოგენური და მიკროელემენტური (მძიმე ლითონები) დამაბინძურებლები, კერძოდ, ზდრ-ს ნორმებს საშუალოდ აღმატება: ფენოლი - 8-ჯერ, ჟბმ<sub>5</sub> - 19-ჯერ, ჟქმ - 20-ჯერ, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - 24-ჯერ, Cr<sub>ჯაბ</sub> - 2-ჯერ, Pb - 2-ჯერ, Hg - 1,3-ჯერ, Total coliforms - 20-ჯერ (ცხრ.1).

**ცხრილი 1. თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლებში ზოგიერთი ნორმირებული ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებლის შემცველობა (2022-2024 წწ) და ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმები (ზდრ) [9]**

მაჩვენებელი	განზომილება	შედეგი	ზდრ	მაჩვენებელი	განზომილება	შედეგი	ზდრ
t	°C	29	<40	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	მგ/ლ	482	20
pH	-	7.7	6.0-9.5	Cr <sub>ჯაბ</sub>	მგ/ლ	1.98	1
TSS	მგ/ლ	180	300	Cd	მგ/ლ	0.97	1
ფენოლი	მგ/ლ	1.9	0,25	Pb	მგ/ლ	2.05	1
ცხიმები	მგ/ლ	<5	25	Hg	მგ/ლ	0.67	0.5
ჟბმ <sub>5</sub>	მგO/ლ	5 680	300	Total coliforms	MPN/100მლ	99 800	5000
ჟქმ	მგO/ლ	11 800	600	E.coli	MPN/100მლ	100	-

სტატისტიკურ პირობებში (1-4 გ სორბენტი, 100 მლ საკვლევი წყალი, დაყოვნება სხვადასხვა დროის მანძილზე: 1 სთ. 24 სთ. 72 სთ) განხორციელდა საკვლევი (საწყისი ნაჟური) წყლების დამუშავება კაკლის ნაჟუჭისაგან და პოლიპროპილენის ნარჩენებისაგან მიღებული მიკრო- (40-1200 მკმ) და კაკლის ნაჟუჭისაგან მიღებული ნანო- (40-100 ნმ) ნახშირბადოვანი სორბენტებით (ცხრ. 2). მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების თანახმად, სტატისტიკურ პირობებში ორივე ტიპის მიკრო-სორბენტის შემთხვევაში, სორბციის ოპტიმალური ხარისხი მიღწეულ იქნა 24 საათში 4% სორბენტის გამოყენებით (ცხრ.2). აღსანიშნავია, რომ სტატისტიკურ პირობებში, 72 საათის შემდეგ, ხდება კომპონენტების უმნიშვნელო დესორბცია (1-2%). ამასთან, კაკლის ნაჟუჭისაგან მიღებული ნანო-სორბენტით, სტატისტიკურ პირობებში საკვლევი ნაჟური წყლის დამუშავებისას წარმოიქმნება ტერინგირებული (შეფისული) ხსნარი, რაც შეიძლება აიხსნას რთული ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნებით, ნანო-ზომის ნახშირბადსა და ნაჟურ წყლებში არსებულ ორგანულ ნაერთებს შორის (მ.შ., როგორც ფიზიკური ძალების ისე პოლიმერიზაციისა და კომლექსების წარმოქმნის შედეგად).

**ცხრილი 2. თბილისის (ნორიოს) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების ზოგიერთი, ნორმირებული ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური დამაბინძურებლის სორბციის ხარისხი - ცელულოზაშემცველი ნარჩენებისგან (1) და პოლიმერის ნარჩენებისგან (2) მიღებულ ნახშირბადოვან მასალებზე (4%-ანი ხსნარი, სტატისტიკური პირობები, საშუალო 2022-2024 წწ)**

მაჩვენებელი	საწყისი ნაჟური წყლები	დამუშავებული ნაჟური წყლები (1)	დამუშავებული ნაჟური წყლები (2)	სორბციის ხარისხი (1), %	სორბციის ხარისხი (2), %
ფენოლი	1,90	0,76	1,13	60	40
ჟბმ <sub>5</sub>	5 680,01	2 675,28	2 993,36	53	47
ჟქმ	11 800,00	4 271,60	4 932,40	64	58
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	482,00	139,78	193,28	71	60
Cr <sub>ჯაბ</sub>	1,98	0,02	0,02	99	99
Pb	2,05	0,41	0,82	80	60
Hg	0,67	0,01	0,01	99	98
Total coliforms	99 800,00	820,00	910,00	99	99

**დასკვნა**

განხორციელებული კვლევა გვიჩვენებს, რომ ჩვენს მიერ სტატისტიკურ პირობებში საანალიზო ნაჟურ წყლებში 40-1200 მკმ ზომის ორივე ტიპის (კაკლის ნაჟუჭისგან და პოლიპროპილენის ნარჩენებისგან მიღებული) მიკრო-სორბენტს (4%) ყველაზე მაღალი სელექტიურობა აქვს შესწავლილ მძიმე მეტალებისა

(Cd Cr, Pb და Hg: 60-99%) და არაფეკალური წარმოშობის მიკრობიოლოგიური ინდიკატორების, კერძოდ Total coliforms (98-99%) მიმართ. ამასთან, მნიშვნელოვანია ორგანული და ბიოგენური დამაბინძურებლების წვლილი, რომელთა შემცველობა საკვლევ წყლებში საგრძნობლად მცირდება (40-75%) ორივე ტიპის ნახშირბადოვანი მიკრო-სორბენტის გამოყენებით, თუმცა მათი შემცველობა დამუშავების შემდეგ რჩება ჭარბი და აღემატება „წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლის ჩაშვების ზღვრულად დასაშვები ნორმების (ზდზ) შესახებ“ ტექნიკური რეგლამენტის მოთხოვნებს. აღნიშნული პრობლემა შესაძლებელია მოგვარდეს დამუშავებული და გაფილტრული (სადაც ყველა მინარევის კონცენტრაცია სორბენტით თავდაპირველი დამუშავების შედეგად საგრძნობლად შემცირებულია) წყლის შესაბამისი რაოდენობა ახალი სორბენტის ხელახალი დამუშავებით. მნიშვნელოვანია, პრაქტიკაში მეთოდის დანერგვის მიზნით სორბენტის პროცესის შესწავლა დინამიკურ პირობებში. ამ მიმართულებით უკვე ჩატარებული პირველადი კვლევების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ დინამიკური პირობებში ცელულოზაშემცველი ნარჩენებისაგან მიღებული ნახშირბადოვანი ნანო-სორბენტისა და მიკრო-სორბენტის ერთობლივი გამოყენების შემთხვევაში, მიიღწევა თბილისის (ნორიო) მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ტერიტორიაზე წარმოქმნილი ნაჟური წყლების გასუფთავების ოპტიმალური შედეგები.

### ლიტერატურა - REFERENCES

1. <https://eu4georgia.eu/ka/wastemanagement/> ნარჩენების მართვა მწარმოებლის გაფართოებული ვალდებულება – ბიზნესის ზრუნვა გარემოზე
2. <https://matsne.gov.ge/en/document/view/2676416?publication=10>, ნარჩენების მართვის კოდექსი
3. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/20> ნარჩენების მართვის 2016-2030 წლების ეროვნული სტრატეგიისა და 2016-2020 წლების ეროვნული სამოქმედო გეგმა
4. Dvalishvili N. (Nowadays N. Dzebisashvili), Impact of incineration of municipal solid waste on climate change in Georgia, 5th World Convention on Recycling and Waste Management, 2017, <https://www.longdom.org/proceedings/impact-of-incineration-of-municipal-solid-waste-on-climate-change-in-georgia-38662.html>;
5. Dvalishvili N.L. (Nowadays N. Dzebisashvili), Tabatadze M.S. (2019) The Influence of Municipal Solid Waste of Georgia on Climate Changes. In: Ghosh S. (eds) Waste Management and Resource Efficiency. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7290-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7290-1_16) ;
6. N.L.Dvalishvili (Nowadays N. Dzebisashvili), Establishment of Energy Potential of Norio Landfill of Municipal Solid Waste of Tbilisi, Procedia Environmental Sciences, Volume 35, 2016, Pages 377-380, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616301062>;
7. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/11403> გარდაბნის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე მდებარე, თბილისის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის ექსპლუატაციის პირობების შეცვლა, სკოპინგის ანგარიში
8. ნ. ნასყიდაშვილი, ნ. ვაშაყმაძე, ს. მამულია, ს. მდივანი „ნორიოს მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონის დახურული სექტორიდან გამოყოფილი აირების რაოდენობრივი შეფასება“ „საქართველოს ქიმიურ ჟურნალში, ტომი 14, №1, 2014;
9. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №431, 2018 წ. „წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლის ჩაშვებისა და მიღების პირობებისა და დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ნორმების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“
10. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2188404?publication=0>
11. [https://anrweb.vt.gov/PubDocs/DEC/SolidWaste/OL510/OL510%202019.10.15%20Conceptual\\_Leachate\\_Treatment\\_Scoping\\_Study.pdf](https://anrweb.vt.gov/PubDocs/DEC/SolidWaste/OL510/OL510%202019.10.15%20Conceptual_Leachate_Treatment_Scoping_Study.pdf)
12. <http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/1167-1-031.pdf>
13. <https://thescipub.com/pdf/ajassp.2009.672.684.pdf>
14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-1685-z>
15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720323809>
16. [https://www.researchgate.net/publication/248157402\\_Treatment\\_of\\_landfill\\_leachate\\_by\\_reverse\\_osmosis](https://www.researchgate.net/publication/248157402_Treatment_of_landfill_leachate_by_reverse_osmosis)
17. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3682-2\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3682-2_10)
18. <http://www.jeeng.net/Quality-of-Leachate-from-Landfill-with-Reverse-Osmosis-Concentrate-Recirculation,111711,0,2.html>

19. “პლასტმასებისა და ცელულოზის შემცველი ნარჩენებიდან სორბენტების მიღების ხერხი”, საქმის ნომერი:15030/1, განაცხადის ნომერი:AP 2019 15030, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, გამოგონება, 2021, [www.sakpatenti.gov.ge](http://www.sakpatenti.gov.ge);
20. საგრანტო პროექტი PHDF-21-268 „მყარი ორგანული პოლიმერული ნარჩენებისაგან ალტერნატიული სორბენტების მიღების უნარჩენო პროცესის შემუშავება ქვეყანაში ცირკულარული ეკონომიკის განვითარების მიზნით, გრანტის მიმღები: ნათელა ძევისაშვილი;
21. N. Dzebisashvili, G. Tatishvili, D. Dughashvili, „TREATMENT OF THE LEACHATE BY THE CARBON MATERIAL OBTAINED FROM POLYMER FRACTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE“ CHEMICAL PROBLEMS 2024, #1 (22), ISSN 2221-8688 33, <https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/12/33-44.pdf>

UDC: 54.055, 54.064, 67.08, 504.4.054

**Assessment of Leachate Treatment by Carbon Nano- and Micro - Sorbents on the example of Tbilisi (Norio) Municipal Solid Waste Disposal Site/Natela Dzebisashvili, Darejan Tugashvili/Transactions IHM, GTU. -2024. -vol.135. -pp.ბბ-ბბ. - Georg., Summ. Georg., Eng.** The aim of our research was to select optimal conditions of treatment of leachate generated at the Tbilisi (Norio) municipal solid waste disposal site, using carbon nano- and micro-material/sorbent. For this purpose, on the first stage, from April 2022 to March 2024, a physical-chemical and microbiological study of leachate was carried out, based on which, some pollutants were identified. The second stage of the research included the treatment of leachate samples with carbon sorbents of different sizes and types, under different conditions. The use of the selected nano-size sorbent under static condition is ineffective due to the formation of a tarred solution by organic compounds. Leachate treatment under static condition with carbon micro-sorbents (two types: obtained from polymer and cellulose-containing waste) showed that used both types of micro-sorbents have the greatest selectivity to heavy metals (Cd, Cr, Pb and Hg: 60-99%) and non-fecal origin microbiological indicators (98-99%). In addition, under dynamic condition, using of combination of nano- and micro-sorbents showed optimal results.