

საქართველოს სამრეწველო რეგიონის ბოლნისი - კაზრეთის სახნავ-სათესი ნიადაგების მძიმე მეტალებით დაბინძურებისა და ტოქსიკურობის ხარისხი

რუსუდან გივაური¹, ნინო ბიჭიაშვილი¹, ბესიკ კალანდაძე²,

შუქრი ჯაფარიძე¹, დავით ქადაგიშვილი¹

¹თსუ რ. ავლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი,

²ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

სტატიაში განხილულია ის აქტუალური საკითხები, რომელიც ბუნებრივ მიგრაციულ რეგონს: ნიადაგი-მცენარე-ადამიანი. კვლევის საგანს წარმოადგენს საკვები ელემენტებისა და ჰუმუსის წრებრუნვის რეგულირება ნიადაგებში. არასწორი ანთროპოგენური ზემოქმედებისა და სამთო-გამამდიდრებელი მრეწველობის ინტენსივობის ზრდასთან ერთად მძიმე მეტალებით გარემოს დაბინძურების საკითხი მეტ აქტუალობას იძენს, რადგან ხმელეთის მნიშვნელოვანი ტერიტორიები წარმოდგენილია სასოფლო-სამეურნეო წარმოებისთვის დაბალპროდუქტიული და ნაკლებად ნაყოფიერი ნიადაგებით.

ქვემო ქართლის (ბოლნისი-კაზრეთის) სამრეწველო რეგიონში წლების განმავლობაში აღინიშნება საგანგაშო ეკოლოგიური მდგომარეობა. მუნიციპალიტეტში მუშაობს უმსხვილესი მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი. საწარმოში გამოყენებული წყლები ჩაედინება როგორც მდ. კაზრეთულაში, ასევე მდ. ფოლადაურში, რომელიც უერთდება მდ. მაშავერას. დღესდღეობით დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს ტოქსიკური მძიმე მეტალების არაეფექტური დაჭერა. აქედან გამომდინარე, ნიადაგში მათი შემცველობები აღემატება ზღვ-ს.

ჩვენ მიერ მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების შესწავლა მოხდა თანამედროვე ტესტ-მეთოდების (TCLP , WET) გამოყენებით, რომლის მეშვეობითაც დავადგინეთ ნიადაგში არსებული მძიმე მეტალების მოძრავი ფორმები, ტოქსიკურობის ხარისხი, ვალენტობა, pH, ხსნადობის და გავრცელების არეალი. დავადგინეთ მძიმე მეტალების რაოდენობრივი განსხვავება საირიგაციო სისტემის გამოყენებით სავარგულების მორწყვამდე და მორწყვის შემდგომ. განვსაზღვრეთ, თუ რამდენად აღემატებოდა ზღვ-ს მძიმე მეტალების მოძრავი ფორმები ნიადაგში, რაც აისახება მწვანე საფარში, ანუ ყველა სახეობის საკვებ პროდუქტში, რომელიც ბოლნისსა და კაზრეთში მოჰყავთ.

საკვლევ ტერიტორიებზე სასოფლო-სამეურნეო ნიადაგების გაჯანსაღების, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლების მიზნით შესაძლებელია, რომ გამოყენებულ იქნას მარტივი, ინოვაციური ტექნოლოგია, არაქიმიური სასუქ-სტიმულატორი K3. კვლევის შედეგებიდან გამოიკვეთა დომინანტი მძიმე მეტალი - სპილენძი, რომელიც ნიადაგისთვის ერთ-ერთი ტოქსიკური ელემენტია. თუ მორწყვამდე სპილენძის შემცველობა ზღვ-ს აღემატებოდა 2-ჯერ, მორწყვის შემდგომ გაიზარდა 2,5-ჯერ, რაც იმის მანიშნებელია, რომ მძიმე მეტალების შემცველობები ნიადაგში მუდმივად აკუმულირებული რჩება. ჩამდინარე საწარმოო წყალში სპილენძი და სხვა მეტალები ხსნად სულფატურ ფორმებში იმყოფებიან, ნიადაგში მოხვედრისას მათი ხსნადობა დაბალია, რაც ნიადაგში კალციუმის გაზრდილი შემცველობით უნდა იყოს გამოწვეული. კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე ნიადაგში მუდმივად აკუმულირებული რჩება მძიმე მეტალების 80-90%. სპილენძის ხსნადობა მერყეობს 10%-ის ფარგლებში, საშუალო ტოქსიკურობის ხარისხითა და გავრცელების არეალით.

საკვანძო სიტყვები: ტოქსიკურობის ხარისხი, ნიადაგი, ჰუმუსი, მძიმე მეტალები.

R. Gigauri, N. Bitchiashvili, B. Kalandadze, Sh. Japaridze, D. Kadagishvili

The Contamination with Heavy Metals and the Toxicity Level of Arable Lands in the Industrial Region of Georgia Bolnisi-Kazreti

Abstract

Our aim is to determine the contamination with heavy metals and the toxicity level, solubility, valence and acidity of Bolnisi-Kazreti arable lands, their forms and prevalence. The arable lands of Georgia's Kvemo Kartli industrial region Bolnisi-Kazreti (Madneuli Copper-Gold Mine), which are generally irrigated by the River Mashavera, have been studied. The waste water of the above-mentioned mine is discharged into the lands.

The soil non-irrigation (spring) and heavy irrigation (summer) periods have been studied and compared. The spectral and atomic absorption analysis methods have been used in the study. The currently established ecological monitoring system will, hopefully, further improve the existing situation. The content of heavy metals in the grass does not exceed the MCL, indicating that they are generally present in the soil in the insoluble form. An increased amount of calcium in soil leads to the accumulation of metals there in, resulting gradually in the contamination and infertility of soil.

თანამედროვე აგროეკოლოგიის საფუძვლები უნდა პასუხობდეს 21-ე საუკუნის გამოწვევებს, გარემოსადამი უვნებელი დამოკიდებულების შესახებ. მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს ადამიანის აქტივობასა და გარემოს შორის ურთიერთკავშირის დაბალანსება. ნიადაგი რთული და მრავალფეროვანი სისტემაა, რომელიც იცვლება კლიმატურ-ლანდშაფტური ტერიტორიების მიხედვით. მცენარეებს შეუძლიათ ნიადაგიდან მაქსიმალურად დააგროვონ ტოქსიკური ნივთიერებები მათი შემდგომი მიგრაციით ადამიანის ორგანიზმში. ამისათვის გამოიყენება ბუნებრივი მიგრაციული რგოლი ნიადაგი-მცენარე-ადამიანი. ნიადაგების დაცვა და მათი შემდგომი შენარჩუნება განაპირობებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განვითარებას. გლობალური კვლევის საგანს წარმოადგენს საკვები ელემენტების და ჰუმუსის წრებრუნვის რეგულირება ნიადაგებში. არასწორი ანთროპოგენური ზემოქმედებისა და სამთო-გამამდიდრებელი მრეწველობის ინტენსივობის ზრდასთან ერთად მძიმე მეტალებით გარემოს დაბინძურების საკითხი მეტ აქტუალობას იძენს, რადგან ხმელეთის მნიშვნელოვანი ტერიტორიები წარმოდგენილია სასოფლო-სამეურნეო წარმოებისთვის დაბალპროდუქტიული და ნაკლებად ნაყოფიერი ნიადაგებით.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ქვემო ქართლის (ბოლნისი-კაზრეთის) სამრეწველო რეგიონი, სადაც წლების განმავლობაში იყო საგანგაშო ეკოლოგიური მდგომარეობა. მუნიციპალიტეტში მუშაობს უმსხვილესი მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი. საწარმოს ჩამდინარე წყლები ჩაედინება როგორც მდ. კაზრეთულაში, ასევე მდ. ფოლადაურში, რომელიც უერთდება მდ. მაშავერას.

ბოლნისის მუნიციპალიტეტში მუშაობს უმსხვილესი მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი, რომელიც ფუნქციონირებს ოქროს კვარციტული, სპილენძ-კოლჩედანური და ბარიტ-პოლიმეტალური საბადოს ბაზაზე. რეგიონში ფუნქციონირებს საკმაოდ კარგად განვითარებული საირიგაციო სისტემა, რომლის

საშუალებითაც ირწყვება სახნაე-სათესი ნიადაგები. ქვემო ქართლის საკვლევ რეგიონად შერჩევა განაპირობა იმ ფაქტმა, რომ ამ ტერიტორიაზე განლაგებული სავარგულებიდან მიღებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით მარაგდება თბილისი.

ბოლნისის მუნიციპალიტეტის მთისწინეთის ზონაში განვითარებულია ტყის ყავისფერი ნიადაგები. თიხნარებსა და მერგელების გამოფიტვის პროდუქტებზე ტყის ყომრალი ნიადაგია განვითარებული. ლოქის ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე გვხვდება გაენრებული ტყის ყომრალი ნიადაგი. ვაკე ტერიტორიაზე გაბატონებულია ნაბლა და დამლაშებული ნიადაგები. მდინარეთა გასწვრივ განვითარებულია ალუვიურ-კარბონატული ნიადაგი.

ბოლნისის რაიონი ლიოსისებრ თიხნარებზე და ალუვიურ ნაფენებზე განვითარებული რუხი ყავისფერი დამლაშებული ნიადაგების კომპლექსია. ტერიტორიაზე გავრცელებულია ნიადაგების შემდეგი ძირითადი ტიპები:

რუხი-ყავისფერი ნიადაგის საერთო ფართობი შეადგენს 5,8 %-ს (402 000 ჰა). ამ ტიპის ნიადაგი გავრცელებულია მარნეულის ვაკის უკიდურეს დასავლეთ ნაწილში, ძირითადად მდ. ხრამის მარცხენა (ჩრდილო) მხარეზე, აგრეთვე მარნეულის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიიდან ბოლნისის მუნიციპალიტეტისაკენ გამავალი რკინიგზის გასწვრივ. ყავისფერი ნიადაგის საერთო ფართობი შეადგენს 4,8%-ს (311600 ჰა), ეს ნიადაგი გავრცელებულია აღმოსავლეთ საქართველოს სუბტროპიკული ტყე-სტეპის ზონაში, ძირითადად, ზღვის დონიდან 500 (700)-900 (1300 მ) ფარგლებში. ამ ტიპის ნიადაგები მნიშვნელოვან სამინათმოქმედო ობიექტს წარმოადგენს, ფართოდ არის გამოყენებული მეზღვების, მეზოსტენების, მევენახეობის განვითარების მიზნით და მარცვლეული კულტურების წარმოებისათვის. ყავისფერი ნიადაგი სხვადასხვა დაქანების კალთებზე შედარებით ადვილად ექვემდებარება ეროზიული პროცესების გავლენას. საკვლევი ნიადაგის ნიმუშები აღებულ იქნა გაზაფხულზე და შემოდგომაზე, ანუ მორწყვამდე და მორწყვის შემდგომ.

ამჟამად დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს ტოქსიკური მძიმე მეტალების არაეფექტური დაჭერა. აქედან გამომდინარე, ნიადაგში მათი შემცველობები აღემატება ზღვ-ს.

საკითხი აქტუალურია, რადგან მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების შესწავლა მოხდა თანამედროვე ტესტ-მეთოდების (TCLP, WET) გამოყენებით, რომლის საშუალებითაც დავადგინეთ ნიადაგში არსებული მძიმე მეტალების მოძრავი ფორმები, ტოქსიკურობის ხარისხი, ვალენტობა, pH, ხსნადობისა და გავრცელების არეალი.

კვლევით დავადგინეთ მძიმე მეტალების რაოდენობრივი განსხვავება საირიგაციო სისტემის გამოყენებით სავარგულების მორწყვამდე და მორწყვის შემდგომ. განვსაზღვრეთ, თუ რამდენად აღემატებოდა ზღვ-ს მძიმე მეტალების მოძრავი ფორმები ნიადაგში, რაც აისახება მწვანე საფარში, ანუ ყველა სახეობის საკვებ პროდუქტში, რომელიც ბოლნისსა და კაზრეთში მოჰყავთ.

საკვლევ ტერიტორიებზე სასოფლო-სამეურნეო ნიადაგების გაჯანსაღების, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლების მიზნით შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მარტივი, ინოვაციური ტექნოლოგია, არაქიმიური სასუქ-სტიმულატორი K3.

ბოლნისის მუნიციპალიტეტის ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული ერთეული მდებარეობს აღმოსავლეთ საქართველოში, ქვემო ქართლის ვაკეზე. მოიცავს ისტორიული ქვემო ქართლის ძველი ფეოდალური ხანის ორ ადმინისტრაციულ-ტერიტორიულ ერთეულს: ბოლნისის ხევს (ფოლადაურის აუზი) და ქვეშის ხევს (მაშავერას ქვემო დინება). სამხრეთიდან ესაზღვრება სომხეთი და გადის ლოქის ქედზე, დასავლეთით ესაზღვრება დმანისის რაიონი, აღმოსავლეთით და სამხრეთ-აღმოსავლეთით- მარნეულის რაიონი, ჩრდილოეთიდან - მდ. ქციის ხეობითაა გამოყოფილი თეთრინწყაროს რაიონისაგან. მუნიციპალიტეტის ფართობია- 804,2 კმ², მისი ცენტრია ქ. ბოლნისი.

საწყის ეტაპზე საკვლევ ნიადაგის ნიმუშებს ჩაუტარდა რაოდენობითი სპექტრალური ანალიზი მძიმე მეტალების შემცველობებზე. კვლევის შედეგებიდან გამოიკვეთა დომინანტი მძიმე მეტალი-სპილენძი, რომელიც ნიადაგისთვის ერთ-ერთი ტოქსიკური ელემენტია. თუ მორწყვამდე სპილენძის შემცველობა ზღვ-ს აღემატებოდა 2-ჯერ, მორწყვის შემდგომ გაიზარდა 2,5-ჯერ, არც თუ ისე მნიშვნელოვნად, რაც იმის მანიშნებელია, რომ მძიმე მეტალების შემცველობები ნიადაგში მუდმივად აკუმულირებული რჩება. „RMG COPPER-ის“ და „RMG GOLD-ის“ საწარმოების ჩამდინარე წყალი ჩაედინება მდ. მაშავერაში. ნიადაგების დაბინძურების კერას წარმოადგენს მდ. მაშავერას საირიგაციო სისტემა, რომლითაც ირწყვება რეგიონის სავარგულები. კვლევებმა აჩვენა რომ მდ. მაშავერაში ჩამდინარე საწარმოო წყალი იზმინდება. მიუხედავად ამისა მაინც ფიქსირდება მძიმე მეტალების შემცველობების მცირედი განსხვავებები მორწყვამდე და მორწყვის შემდგომ.

თანამედროვე ტესტ-მეთოდების გამოყენებით (TCLP და WET ტოქსიკურობის მახასიათებელი გამოტუტვის პროცედურის დროს და სველი ექსტრაქციის ტესტი) დავადგინეთ ნიადაგში არსებული მოძრავი ანუ მძიმე მეტალების ხსნადი ფორმები (EPA. TCLP. 2002).

ბუფერული სისტემებიდან გამოყენებულ იქნა აცეტატური და ციტრატული ფუძე-მჟავური წონასწორობა, სადაც pH=5-5,5. მუდმივი მორევის პირობებში მაგნიტური სარეველის გამოყენებით, 24-48 საათის განმავლობაში მიმდინარეობდა ნიადაგის ნიმუშებიდან მძიმე მეტალების გამოტუტვის პროცესი. ქვემოთ წარმოგიდგენთ ატომურ-აბსორციული კვლევის შედეგებს (Angela M. 2012).

ჩამდინარე საწარმოო წყალში სპილენძი და სხვა მეტალები ხსნად სულფატურ ფორმებში იმყოფებიან, ნიადაგში მოხვედრისას მათი ხსნადობა დაბალია, რაც ჩვენი აზრით, ნიადაგში კალციუმის გაზრდილი შემცველობით უნდა იყოს გამოწვეული. კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე ნიადაგში მუდმივად აკუმულირებული რჩება მძიმე მეტალების 80-90%. სპილენძის ხსნადობა მერყეობს 10 %-ის ფარგლებში. საშუალო ტოქსიკურობის ხარისხით და გავრცელების არეალით.

კვლევები ნიადაგის ნაყოფიერების ზრდის მაჩვენებლების კუთხითაც განხორციელდა. განისაზღვრა საერთო ორგანიკა და ჰუმუსი. კვლევებიდან გამომდინარე ბოლნისი-კაზრეთის სახნავ-სათეს ნიადაგებს გამოფიტვის საფრთხე არ ემუქრება. ქვემოთ წარმოგიდგენთ გერმანიუმის ფირფიტაზე გადაღებულ ინფრანითელ სპექტრებს, სადაც მკვეთრად დაფიქსირდა რთული ეთერების, ამინის და მეთილის ჯგუფები, ასევე ნათლად ჩანს საერთო ორგანიკის სურათის მკაფიო პიკები.

ნიადაგში აკუმულირებული მძიმე მეტალები დროთა განმავლობაში იწვევს საერთო ორგანიკისა და ჰუმუსის შემცირებას, რაც მომავალში უარყოფითად აისახება მოსავლიანობაზე.

ამრიგად, საქართველოს სამრეწველო რეგიონის ბოლნისი-კაზრეთის სახნავ-სათეს ნიადაგებში შესწავლილია მძიმე მეტალებით დაბინძურების და ტოქსიკურობის ხარისხი. საწყის ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე მეტალების შემცველობები აღემატება ზღვ-ს.

TCLP და WET სტანდარტების მიხედვით ნიადაგის გამოტუტვის პროცედურამ აჩვენა, რომ მძიმე მეტალები იმყოფებიან მცირედ ხსნად ფორმებში 2-10 %. საშუალო ტოქსიკურობის ხარისხითა და გავრცელების არეალით.

საკვლევ ტერიტორიაზე ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდის მიზნით, რაც განაპირობებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ზრდას, შესაძლებელია მარტივი, ინოვაციური ტექნოლოგიის-არაქიმიური K3 სასუქ-სტიმულატორის გამოყენება, რომელიც ნიადაგში ქმნის ისეთ განაწილებას, მარაგს და სტიმულირებას მიკროორგანიზმებისთვის, რომლებიც თავის მხრივ აწესრიგებენ ჟანგვა-აღდგენით პროცესებს და სხვ. არაქიმიური სასუქი სათანადო დონეზე უზრუნველყოფს ნიადაგების არამარტო კვებით რეჟიმს, არამედ ბიოტის აქტიურობას. აქედან გამომდინარე 2-3-ჯერ იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერების მაჩვენებლები, რაც

თავის მხრივ წარმოებული პროდუქციის ხარისხზე და რაოდენობაზე აისახება. წარმოება უნარჩუნო და მარტივია.

არაქიმიური K3 სასუქ-სტიმულატორის მიღების ტექნოლოგია მარტივია და დაბალი თვითღირებულებით გამოირჩევა.

თსუ რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის ლაბორატორიაში ჩატარებულია საპილოტე ცდებითა და კვლევებით დადასტურებულია K3-ის დადებითი შედეგები.

კვლევების სრულყოფის მიზნით გამოყენებულია თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური კვლევის მეთოდები, ასევე აპარატურა: სპექტრალური, ატომურ-აბსორბციული, ინფრანითელი, ულტრაიისფერი მასპექტომეტრები და რაოდენობითი-ქიმიური ანალიზის კლასიკური მეთოდები.

ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ ბოლნისის სამრეწველო მუნიციპალიტეტში პერიოდულად ტარდებოდა სიღრმისეული სამეცნიერო მონიტორინგი, რომელიც ხანგრძლივი, რეგულარული დაკვირვების სისტემაა და გვაძლევს სასარგებლო ინფორმაციას გარემოს წარსული და თანამედროვე მდგომარეობის შეფასებისა და გარემოს პარამეტრების მომავალი ცვლილებების პროგნოზირების შესახებ.

ბიბლიოგრაფია:

- [1] თ. ურუშაძე, ე. სანაძე- ნიადაგის მორფოლოგია 2010 წ.
- [2] ი. ცომაია, საქართველოს ნიადაგები და ეკოლოგია. 2010 წ.
- [3] ბესიკ კალანდაძე, თენგიზ ურუშაძე, ლევან ნავროზაშვილი- ნიადაგების მძიმე მეტალებით გაჭუჭყიანება და მათი ფუნქციების აღდგენის შესაძლებლობები მდინარე მაშავერას ხეობის მაგალითზე. საქართველო, თბილისი, გეოგრაფიის დეპარტამენტი. 1998წ.
- [4] EPA test method 1111 TCLP. Toxicity characteristic leaching procedure 2012.
- [5] Angela M. WET waste extraction test and L. bioanal. Chem. pp.255-261. 2012.
- [6] T.G. Urushadze Genetic Reculiarities of The Bulak Soils of Georgia Annals of agrarian science vol 12. No2. P.29-34. 2014.
- [7] Ефимов Б.Н. Система удобрения -М.: Колос 2003-320с.
- [8] T.B. Gogiberidze, R.I. Gigauri Studying The Toxicity Level of Soils Contaminated With Heavy Metals in Regions of Georgia (Racha, Svaneti) vol.10, no.3, 2011.
- [9] Гревцев Н.В. Горвунов А.И. Использование торфа и продуктов его переработки природоохранных технологиях //1998 ,220с, М. ИНФРА-М.
- [10] Александров Б.М. Переработка торфа //Москва Наука и Техника 1998.
- [11] Минеев В.Г. Агрохимия – М. МГУ, 1990. 486с.
- [12] Soil contamination with heavy metalls in Imereti region (Georgia) Bulletin of the Georgian national academy of sciences, vol.1. (val.1750, no.1. 2007, 122-130. Gambashidze.

დანართი

ბოლნისის მუნიციპალიტეტის რუკა



მძიმე მეთალების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები პროცენტებში
ცხრილი №1

მძიმე მეტ. ზ.დ.კ. %	Si	Al	Fe	Mn	Ni	Ti	Cu	Pb	Zn	Cd	Sn	Sb
	75	8,8	8,0	0,1	0,005	0,57	0,004	0,001	0,008	0,00001	0,0002	0,0002

რაოდენობითი სპექტრალური ანალიზი მძიმე მეტალების შემცველობებზე, მორწყვამდე და მორწყვის შემდგომ

ცხრილი №2

მორწყვამდე სოფ. რატევანი, მძიმე მეტალების შემც. %	#	Si	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn	Ti	Ni	Cd	Sb	Au
	1	70	12	7.0	0.05	0.01	0.001	0.1	1.2	0.02	-	-	-
	2	70	12	7.0	0.10	0.01	0.001	0.14	1.2	0.02	-	-	-
მორწყვის შემდეგ, რატევანი მძიმე მეტალების შემც. %	3	72	12.5	8	0.10	0.02	0.001	0.1	1.5	0.02	-	-	-
	4	72	12.5	8	0.15	0.02	0.001	0.15	1.3	0.02	-	-	-

ნიადაგის მორწყვამდე და მორწყვის შემდეგ სპილენძის მოძრაეი, სსნადი ფორმების შემცველობები მგ/ლ ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრის გამოყენებით

I

ცხრილი №3

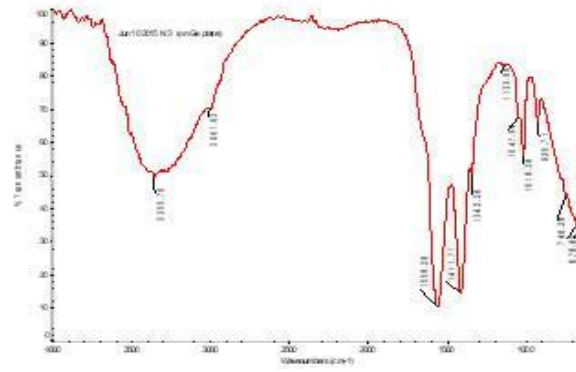
TCLP და WET სტ. გამოტუტული სპილენძი მგ/ლ მორწყვამდე	ნიადაგი №1	ნიადაგი №2	ნიადაგი №3	ნიადაგი №4
	0,5	0,57	0,5	0,85
TCLP და WET სტ. გამოტუტული სპილენძი მგ/ლ მორწყვის შემდეგ	0,6	0,8	0,7	1, 54



მდ.მაშავერას საირიგაიო სისტემა (სოფ. რატევანი)

გამოტუტული ნიადაგის მყარი ნაშთის ნიმუშების ინფრაწითელ სპექტრები

N#1



N#2

