



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ცოტნე სულაშვილი

მდგრადი ორგანული პოლუტანტების (Pops) როლი ნიადაგების
დაბინძურებაში და მათი აღდგენა ბიორემედიაციის მეთოდის
გამოყენებით (მარნეულის მუნიციპალიტეტის მაგალითზე)

სამაგისტრო პროგრამა „ფიზიკური გეოგრაფია და გარემოს მდგრადი
განვითარება“

ნაშრომი შესრულებულია გეოგრაფიის მაგისტრის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: გეოგრაფიის დოქტორი,
ასოცირებული პროფესორი
ბესიკ კალანდაძე

თბილისი

2019

ანოტაცია

მდგრადი ორგანული პოლუტანტების (Pops) როლი ნიადაგების დაბინძურებაში და მათი აღდგენა ბიორემედიაციის მეთოდის გამოყენებით (მარნეულის მუნიციპალიტეტის მაგალითზე)

ცოტნე სულაშვილი

ელ-ფოსტა: E-mail: Tshotne.sulashvili2013@ens.tsu.edu.ge

გეოგრაფიის დეპარტამენტი. ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი,

ივ.ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

ი.ჭავჭავაძის პრ. #3, თბილისი.

ნიადაგის დაბინძურება მდგრადი ორგანული პოლუტანტებით წარმოადგენს უდიდეს პრობლემას მთელი საქართველოს მასშტაბით. მიუხედავად განხორციელებული პროექტებისა ამ მიმართულებით, მაინც უდიდეს პრობლემად რჩება დღესდღეობით. აქედან გამომდინარე კვლევების ამ მიმართულებით ჩატარება ხელს უწყობს არა მარტო ნიადაგების ნაყოფიერების აღდგენას, არამედ მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლებას. აღნიშნული ღონისძიებები წინაპირობაა სამომავლოდ ნიადაგის რესურსის დაცვისა, რომელიც უმთავრესია სოფლის მეურნეობაში სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის წარმოებისთვის, როდესაც საუბარი გვაქვს ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტებზე. ნიადაგის დაბინძურება არა მარტო ამცირებს მის პოტენციალს, არამედ ხელს უშლის ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტის წარმოებას ამ ნიადაგზე.

ამ თემაში განხილულია ერთ-ერთი კონკრეტული მეთოდი ნიადაგების დაბინძურების აღმოფხვრისა, რომელიც ცნობილია ბიორემედიაციის სახელით. საკვლევ რეგიონად არჩეულ იქნა მარნეულის მუნიციპალიტეტი რამდენიმე ფაქტორის გათვალისწინებით. ეს რეგიონი გამოირჩეოდა და ახლაც გამოირჩევა სასოფლო სამეურნეო მიწების ინტენსიური გამოყენებით, რომელსაც თან სდევდა ნიადაგებში პესტიციდების შეტანა

მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად. აგრეთვე მარნეულში გვხვდება პესტიციდების საწყობები. რის გამოც მიმდებარე ტერიტორია უფრო მეტად დაბინძურებულია და კვლევის ჩატარება ასეთ ადგილზე მნიშვნელოვანია. აღნიშნული რეგიონის უპირატესობაა სარწყავი წყლის არსებობა, რომელიც აუცილებელია ბიორემედიაციის მეთოდის გამოყენების დროს. ამ კვლევასთან ერთად აღებული იქნა ნიადაგის ნიმუშები დაბინძურების წერტილიდან 50, 100 და 200 მეტრიან რადიუსებში ჰორიზონტის ოხთ ძირითად და ოთხ გარდამავალ მხარეს, იმის გასაგებად თუ რამდენად ხდება ჰაერის მასების მეშვეობით დაბინძურების გადატანა სხვადასხვა მიმართულებით.

ამ კვლევის ძირითადი მიზანია, პესტიციდების მოხმარებასთან დაკავშირებით მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლება და ამ მეთოდის დანერგვა მდგრადი ორგანული პოლუტანტებით დაბინძურებულ ნიადაგებზე, რომელიც გაცილებით რენტაბელურია სხვა მიდგომებთან შედარებით.

Annotation

The role of persistent organic pollutants in contaminating the soil and their remediation by the method of bioremediation (Based on the example of the municipality of Marneuli)

Tsotne Sulashvili

E-mail: Tsotne.sulashvili2013@ens.tsu.edu.ge

Department of Geography, Faculty of Exact and Natural Sciences, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University #3, I. Chavchavadze Avenue, Tbilisi 0179, Georgia

Soil contamination with persistent organic pollutants is the biggest problem throughout Georgia. Despite of the implemented projects, it still remains a major problem. Therefore the research in this direction will not only contribute to the remediation of soil, but it will also increase public awareness. These activities are a prerequisite for the protection of soil resources in the future, which is important for producing various agricultural products, when we talk about ecologically clean products. Soil contamination not only reduces its potential but also interrupts the production of ecologically clean products on this soil.

In this paper we are discussing one of the methods of remediation, which is known as bioremediation. Marneuli Municipality has been selected for survey for several reasons. This region was distinguished by the intensive use of agricultural lands, which was accompanied by the usage of pesticides against pests. Additionally, there are pesticides warehouses in Marneuli, because of this, the surrounding area is more polluted and research is important in such a place. The advantage of the region is the existence of irrigation water, which is necessary for the use of bioremediation method. Along with this research, soil samples were taken 50, 100, 200 meters away from the contamination point, (4 cardinal and 4 ordinal direction) to understand how much pollution is carried out in different directions through air masses.

The main aim of this research is to raise public awareness of the use of pesticides and the introduction of this method on soils contaminated by persistent organic pollutants, which are more cost-effective than other methods.

სარჩევი

შესავალი.....	6
1 ბუნებაში პესტიციდებისა და მათ შორის ქლორორგანული ნაერთების გავრცელების თეორიული წინამძღვრები	8
2 ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება.....	14
2.1 ქვემო ქართლის ბარი.....	14
2.2 მარნეულის ვაკე.....	17
2.3 ქვემო ქართლის პლატო.....	18
3 მარნეულის მუნიციპალიტეტში გავრცელებული ნიადაგის ტიპები	21
4 ბიორემედიაცია და მისი სახეები	29
4.1 მიკრობული რემედიაცია.....	31
4.2 ფიტორემედიაცია.....	32
4.3 ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების უპირატესობები.....	34
5 საველე კვლევა	38
5.1 საველე კვლევის შედეგები	50
დასკვნა.....	56
გამოყენებული ლიტერატურა	57
დანართები	59

შესავალი

ნიადაგი ეს არის დედამიწის ქერქის ზედა, ფხვიერი ნაწილი, რომელსაც აქვს უნარი დააკმაყოფილოს მცენარის მოთხოვნილება წყლითა და საკვები ნივთიერებებით. აქედან გამომდინარე ნიადაგი არის უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი რესურსი რომელსაც ადამიანი იყენებდა და ახლაც იყენებს ერთწლიანი თუ მრავალწლიანი კულტურების მოყვანაში საკვები მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად. სამეცნიერო ტექნიკურმა განვითარებამ გამოიწვია ეკოსისტემის თითოეულ კომპონენტზე ანთროპოგენური ზეგავლენა. მათ შორის ნიადაგზეც, რომელზეც ნაყოფიერების ზრდისთვის გამოყენებულმა სხვადასხვა საშუალებებმა გამოიწვია მისი დაბინძურება მძიმე ლითონებით, პესტიციდებით, აგროქიმიკატებით და სხვა მრავალი ტოქსიკური ნივთიერებებით.

დღეს საქართველოში არსებული მძიმე პოლიტიკური და სოციალური მდგომარეობის გამო რთულ პირობებში აღმოჩნდა ჩვენი გარემო და ბუნებრივი რესურსები. მოსახლეობა, კომერციული თუ სამთავრობო უწყებები ყველაფერს მაქსიმალურად იყენებენ ბუნებისაგან, ხოლო სანაცვლოდ მისი რეკულტივაციისათვის ნაკლებად ან საერთოდ არ ზრუნავენ და ასეთი მიდგომის ფონზე, ანთროპოგენულმა ფაქტორებმა მზარდი ხასიათი მიიღო, რაც უკვე თავს გვახსენებს სხვადასხვა კატასტროფული მოვლენებით. ამ ფაქტორებს თან ერთვის სხვადასხვა კომპანიებისა და საწარმოების მხრიდან გარემოს დაბინძურება საშიში ქიმიური ნივთიერებებით, რაც ეკოლოგიურ მდგომარეობას კიდევ უფრო ამწვავებს.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ქიმიურ დამაბინძურებლებს შორის აღსანიშნავია მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები.

სამწუხაროა, მაგრამ ფაქტია, რომ მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები (ქიმიური ნივთიერებები) ფართოდ მოიხმარება სოფლის მეურნეობაში (პესტიციდების სახით), სამშენებლო მასალების წარმოებაში (მაგალითად აზბესტი) და საყოფაცხოვრებო დანიშნულებითაც კი (მაგალითად დღტ).

არცერთი მათგანი საქართველოში არ იწარმოება, მაგრამ გარემო და ადამიანები მაინც აქტიურად განიცდიან მათ ზემოქმედებას.

თანამედროვე აგრარული მეურნეობა ხასიათდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დასამუშავებელი ინდუსტრიული ტექნოლოგიების ფართო დანერგვით, რომელიც თავის მხრივ ითვალისწინებს ტექნიკური საშუალებების - პესტიციდების ინტენსიურ მოხმარებას.

ამასთან ერთად, პესტიციდების გამოყენების შესახებ გადაწყვეტილების მიღება რთული პროცესია და ამ მიმართულებით ნებისმიერ ქვეყანაში აწყობილი სისტემის (საკანონმდებლო, რეგისტრაცია, ტრანპორტირება, შენახვა, რეალიზაცია, ნარჩენების გაუვნებლყოფა, მომხმარებელთა საგანმანათლებლო დონე, უსაფრთხოების დაცვა და სხვა) აწყობილ პირობებშიც კი ბევრ პრობლემასთან არის დაკავშირებული.

დღეისათვის საქართველოში არ რეგულირდება პესტიციდების უსაფრთხო გამოყენების საკითხები. ამ დასკვნის გაკეთების საშუალებას იძლევა შემდეგი გარემოებები: არ მოწმდება პესტიციდების ხარისხი, მისი შეფუთვა და ნიშანდების მდგომარეობა (ქართულენოვანი წარწერა , გამოყენების ინსტრუქცია), არ ხდება ბაზრის გაკონტროლება, ეს ყველაფერი არის ნებაყოფლობითი და არ არსებობს არანაირი კონტროლის მექანიზმი.

ამ პრობლემატიკის გამო ჩატარდა ნიადაგების კვლევა, გისენის უნივერსიტეტის ნიადაგმცოდნეობისა და ნიადაგების დაცვის ინსტიტუტთან ერთად ერთობლივი პროექტის ფარგლებში, რომელიც დააფინანსა გერმანიის მეცნიერებისა და განვითარების ფედერალურმა სამინისტრომ. ამ პროექტში ჩართული იყო გერმანელი და ქართველი მაგისტრანტები და დოქტორანტები, რომლებიც მუშაობდნენ სავსე თუ კამერალურ პირობებში. ასევე დიდი მხარდაჭერა იყო ადგილობრივი მოსახლეობისგან სავსე პირობებში ჩატარებულ სამუშაოებზე. ამ პროექტის ფარგლებში პროექტის მონაწილე გერმანელი სტუდენტის მიერ გაკეთდა კითხვარი და გამოკითხულ იქნა მარნეულის მუნიციპალიტეტში მდებარე რამდენიმე სოფლიდან 100-მდე ადგილობრივი და შეფასდა სოფლის მოსახლეობის ცნობიერება ზოგადად პესტიციდებთან და მათ მოხმარებასთან დაკავშირებით.

1 ბუნებაში პესტიციდებისა და მათ შორის ქლორორგანული ნაერთების გავრცელების თეორიული წინამძღვრები

პესტიციდების, როგორც ბიოლოგიურად აქტიური ქიმიური ნივთიერებების მიზანმიმართული, ინტენსიურად შეტანა გარემოში მრავალ უარყოფით შედეგს იწვევს, ისეთ საწარმოო ოპერაციების ჩატარება, როგორცაა შესხურება, შეფრქვევა, ნიადაგის ფუმიგაცია, თესლის შეწამვლა, არა მარტო ოპერატორის ჯანმრთელობას აზიანებს, არამედ იწვევს ნიადაგის, გრუნტისა და სასმელი წყლის წყალსატევების, ჰაერის, საკვები და საფურაჟე კულტურების დაბინძურებას. შედეგად იცვლება ეკოსისტემების ფუნქციონირება, ირღვევა პოპულაციებში სახეობათა წონასწორობა, ძლიერდება პესტიციდების უარყოფითი გავლენა მოსავლის რაოდენობასა და ხარისხზე. კვებით ჯაჭვში მოხვედრილი პესტიციდები განაპირობებენ ადამიანის ორგანიზმზე ხანგრძლივ ზემოქმედებას და ზრდიან უარყოფითი ეფექტების, მათ შორის, გენეტიკური აპარატის, გულსისხლძარღვთა, ენდოკრინული სისტემების, რეპროდუქციული და სხვა ჯანმრთელობის დაზიანებისა და ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარების რისკს.

თანამედროვე აგრარული მეურნეობა ხასითდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დასამუშავებელი ინდუსტრიული ტექნოლოგიების ფართო დანერგვით, რომელიც თავის მხრივ ითვალისწინებს ტექნიკური საშუალებების - პესტიციდების ინტენსიურ მოხმარებას.

განვითარებულ ქვეყნებში სოფლის მეურნეობაში პესტიციდების გამოყენება ხდება პესტიციდების პასპორტში აღნიშნული ყველა პირობის მკაცრი კონტროლისა და ზედამხედველობის პირობებში, მომზადებული სპეციალისტების მიერ. გარდა ამისა, დასაქმებულები უზრუნველყოფილნი არიან სპეცტანსაცმლით, სამრეცხაოთი და თანამედროვე ტექნიკური საშუალებებით, პესტიციდებთან მუშაობისას მათ ეკრძალებათ საკვებისა და სასმელის მიღება, მოწვევა, სამუშაოზე მიღებამდე უტარდებათ ინსტრუქტაჟი, სამედიცინო გასინჯვა და ჯანმრთელობის რაიმე პრობლემის გამოვლენის შემთხვევაში (მაგალითად ღვიძლის ან თირკმლის დაზიანება) ეკრძალებათ პესტიციდებთან კონტაქტი. მცირე ეკონომიკური შესაძლებლობების მქონე განვითარებად ქვეყნებში კი მომუშავეები ყოველივე ამას მოკლებულნი არიან.

აუცილებელია პესტიციდების, მათ შორის ალტერნატიულების, გონივრული გამოყენება. მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, თუ რა საფრთხეს შეიცავს მათი არასწორად გამოყენება და როგორ შეიძლება ამ საფრთხის თავიდან აცილება. ასევე აუცილებელია, პესტიციდების მართვის პროცესში დაცული იქნას ბალანსი - „სარგებელი-ზიანი“, აუცილებელია ეკონომიკური კრიტერიუმები დაემორჩილოს ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვის მოთხოვნებს.

ბოლო 50 წლის განმავლობაში უაღრესად სწრაფად განვითარდა ქიმიური ნივთიერებების წარმოების ტემპები და გაფართოვდა მისი მოხმარების სფეროები. ჩვენ გავხდით ქიმიური ექსპერიმენტის მოწმენი, რომელმაც მოიცვა ოკეანეები, ატმოსფერული ჰაერი და კონტინენტები, მცენარეთა საფარი, ცხოველთა სამყარო და მთლიანად ჩვენი პლანეტა. რა თქმა უნდა რეველუცია ქიმიაში ხელს უწყობდა ადამიანის კეთილდღეობის ამაღლებას, ასე, მაგალითად, ქიმიურ ნივთიერებათა საშუალებით შესაძლებელი შეიქმნა მრავალი დასახელების სასარგებლო პროდუქციის შექმნა, მაგრამ გარემოში მოხვედრილი ზოგიერთი ქიმიური ნივთიერება იწვევს ტოქსიკურ რეაქციებს, ისინი ავლენენ ძლიერ მდგრადობას დაშლის მიმართ მრავალი წლის განმავლობაში და გადაიტანებიან ათასობით კილომეტრის მანძილზე მათი წარმოებისა და გამოყენების ადგილებიდან, წარმოადგენენ ხანგრძლივი ნეგატიური ზემოქმედების დიდ საფრთხეს ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის.

ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ქიმიური ნივთიერებების კლასი მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) სახელწოდებით. მოდ-ები გამოიყენებიან როგორც ძლიერ მოქმედი პესტიციდები, ასევე ისინი გამოიყენებიან მრეწველობის სფეროში. ზოგიერთი მოდ-ი გამოიყოფა გარემოში წინასწარ დაუგეგმავად, როგორც თანაური პროდუქტები სხვადასხვა საწარმოო პროცესების დროს. მიუხედავად იმისა, რომ სხვადასხვა მოდ-ები წარმოადგენენ სხვადასხვა სახის საფრთხეს, ყველა ამ ქიმიკატს გააჩნია ოთხი საერთო თვისება:

1. არიან მაღალტოქსიკურები;

2. ძლიერ მდგრადნი დაშლის მიმართ, გარემოში ინახებიან მრავალი, ზოგჯერ ათეულობით წლების განმავლობაში, სანამ დაიშლებიან უფრო ნაკლებ საშიშ კომპონენტებამდე;
3. ორთქლებიან და გადაიტანებიან შორ მანძილებზე ატმოსფერული ჰაერით, წყლით და მიგრირებადი სახეობებით;
4. ისინი აკუმულირდებიან (გროვდებიან) ცხიმოვან ქსოვილებში.

მდგრადობა და გადაადგილება ქმნის იმ პირობებს, რომ ისინი გავრცელებულია მთელს პლანეტაზე, მათ შორის არქტიკაში, ანტარქტიდაში და ზოგიერთ წყნარი ოკეანის კუნძულზე. მათი თვისება - დაგროვდეს ცხიმოვან ქსოვილში, რაც ცნობილია ბიოაკუმულაციის სახელით, ნიშნავს იმას, რომ მათი კონცენტრაცია ხშირად ათასობით აღემატება ფონურ მაჩვენებლს და კვების ჯაჭვში (თევზები, მტაცებელი ფრინველები, ძუძუმწოვარი ცხოველები, ადამიანი) რაც უფრო მაღლა იმყოფება ცოცხალი ორგანიზმი, მით უფრო დიდია რისკი ამ ნივთიერებათა მავნე ზემოქმედებისა მასზე .

დდტ (დიქლორდიფენილტრიქლორეთანი)

ქიმიური მახასიათებლები:

- უფერო, კრისტალური, უგემოვნო და თითქმის უსუნო ქლორორგანული ნაერთი, რომელიც ცნობილია თავისი ინსექტიციდური თვისებებით
- ისინი რთულად იხსნებიან წყალში, მაგრამ კარგად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში და ცხიმებში.

წარმოება და მოხმარება:

- ამჟამად დდტ-ს წარმოება ხორციელდება მხოლოდ ორ ქვეყანაში - ჩინეთში და ინდოეთში. ინდოეთის საწარმოო სიმძლავრე წელიწადში 10000 ტონაზე მცირეა და არ

არის მთლიანად გამოყენებული. ჩინეთის საწარმოო სიმძლავრის შესახებ ინფორმაცია არ მოიძებნება;

- მექსიკაში ბოლო ხანებში დღტ-ს წარმოება შეჩერდა, მას შემდეგ რაც მალარიასთან ბრძოლის პროგრამა ალტერნატიული მეთოდებით შეიცვალა;
- კანონის შესაბამისად, დღტ-ს გამოყენება შემოიფარგლება მალარიასთან ბრძოლით. ყოველ წელს მსოფლიოში აღირიცხება მალარიის 300 მილიონ შემთხვევაზე მეტი, რის შედეგადაც ყოველწლიურად აღირიცხება ერთი მილიონი სიკვდილიანობის შემთხვევა. სიკვდილის შემთხვევების უმრავლესობა ხდება სუბ-საკარას აფრიკაში.
- მალარიას შემთხვევების რიცხვი მატულობს მსოფლიოს ბევრ ადგილებში მრავალი მიზეზის გამო, როგორებიცაა, მაგალითად ომი, შიდასახელმწიფოებრივი უთანხმოებები, ამინდისა და კლიმატის ცვლილებები, მოსახლეობის მიგრაცია, ეკონომიკური ცვლილებები, ინსექტიციდებისა და წამლების მიმართ გაწეული წინააღმდეგობა და მწირი ბიუჯეტი ჯანდაცვაში. მალარიის შემთხვევების რიცხვი გაიზარდა აგრეთვე იქ, სადაც დღტ-ს გამოყენება შეწყდა ეფექტური შენაცვლების პოვნის გარეშე.
- მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) შეფასებით ოცდახუთამდე სახელმწიფო იყენებს დღტ-ს მალარიასთან ბრძოლის მიზნით;
- 80-ზე მეტმა სახელმწიფომ აკრძალა ან შეზღუდა დღტ-ს გამოყენება.

დაუცველობა და მისი შედეგები :

- დღტ-ს მავნე ზემოქმედების საშიშროება შეიძლება წარმოიქმნას მოწამლული საჭმლის მიღების შედეგად, აგრეთვე კონტაქტის შედეგად სახლებში, რომლებშიც მოხდა დღტ-ს შესხურება მალარიასთან საბრძოლველად;
- დღე, დღტ-ს დაშლის შედეგად მიღებული ნივთიერებაა, რომელიც ხელს უწყობს მტაცებელი ფრინველების კვერცხის ნიჟარის შეთხელებას. მაგალითად, არწივების პოპულაციის სიმრავლე აშშ-ში დაქვეითდა ნაწილობრივ დღტ-სა და მისი წარმოებულების მავნე ზემოქმედების შედეგად;
- დღტ არის ჰორმონების წინააღმდეგ მოქმედი ქიმიური ნივთიერება, რომელიც მავნედ ზემოქმედებს რეპროდუქციულ და ნერვულ სისტემებზე;

- კვლევებმა თავგებზე, ვირთხებზე, სელაპებზე და დელფინებზე აჩვენა, რომ დღტ საფრთხეს უქმნის იმუნურ სისტემას.

- აშშ-ს გარემოსდაცვითი სააგენტო ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე განსაზღვრავს დღტ-ს როგორც ადამიანისთვის საშიშ კანცეროგენს.

ალტერნატივები :

- მსოფლიოს ჯანდაცვის ასამბლეამ, WHO-ს უზენაესმა ორგანომ, განაცხადა, რომ ქვეყნებმა უნდა შეამცირონ მალარიასთან ბრძოლის მიზნით ინსექტიციდების გამოყენება ინფექციის გადამტანების ინტეგრირებული მართვისა და სხვა მეთოდების ხელშეწყობით და რომ დღტ უნდა გამოყენებულ იქნას მხოლოდ ასეთი, ინტეგრირებული პრინციპით.

- ალტერნატივები შემდეგია: დღტ-თი დაბინძურების შემთხვევის განსაზღვრა და წამლებით გაწმენდა, კოლოების მატლებთან ბრძოლა ქიმიური და არაქიმიური მეთოდებით, ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება სახლებში მათი დასხმით და კალაპოტური ბადეების (bed nets) გამოყენება, რომლებიც დამუშავებულია ალტერნატიული ქიმიური საშუალებებით.

- სანამ ყველა ქვეყანა არ შეძლებს გადასვლას ეფექტურ და ეკონომიურ ალტერნატივებზე, აუცილებელია სათანადო მექანიზმები იმისათვის, რომ ადამიანის ჯანმრთელობას არ შეექმნას საფრთხე დღტ-ს შემცირებასთან ერთად.

- WHO, მსოფლიოს ბანკი და სხვა ინსტიტუტები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ დღტ-ს ალტერნატივების შემუშავებაში.

მოდ-ები წამლავენ ადამიანს და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებს, ახდენენ ფართო დიაპაზონის ტოქსიკურ ზემოქმედებას, შეუძლიათ მნიშვნელოვნად დააზიანონ ცოცხალ ორგანიზმთა თითქმის ყველა სისტემა (პირველ რიგში იმუნური და რეპროდუქციული სისტემები), გამოიწვიოს სიმსივნური დაავადებები. ყველაზე მძიმე ის არის, რომ ფეხმძიმობისა და ძუძუთი კვების დროს მოდ-ები გადაეცემა მომავალ თაობებს, რაც იწვევს ბავშვებში თანდაყოლილ დეფექტებს.

შექმნილმა მდგომარეობამ გამოიწვია საერთაშორისო საზოგადოების სერიოზული შეშფოთება. გაცნობიერებულ იქნა რა, რომ მოდ-ები წარმოადგენენ მზარდ საფრთხეს ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის 1995 წლის მაისში გაეროს

გარემოსდაცვითი პროგრამების მმართველთა საბჭომ მიიღო გადაწყვეტილება ჩატარებულიყო საერთაშორისო შეფასება პირველ ეტაპზე 12 მდგრად ქიმიურ დამაბინძურებლებთან დაკავშირებით შესაბამისი რეკომენდაციების შემუშავებით.

კონვენცია მიღებულ იქნა და გაიხსნა ხელმოსაწერად წარმომადგენელთა კონფერენციაზე, რომელიც ჩატარდა სტოკჰოლმში-შვეცია 2001 წლის 22-23 მაისს და რომელიც ცნობილია მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) შესახებ სტოკჰოლმის კონვენციის სახელწოდებით.

როტერდამის კონვენციის საფუძველზე საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობის და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 26 მარტის ბრძანების #133/ნ „ საქართველოს ტერიტორიაზე წარმოების, გამოყენების და ექსპორტ-იმპორტის აკრძალვის ან მკაცრად შეზღუდულ გამოყენებას დაქვემდებარებული საშიში ქიმიური ნივთიერებების ნუსხის დამტკიცების შესახებ “ საფუძველზე აკრძალულია რიგი პესტიციდებისა, თუმცა ეს აკრძალვა 2006 წლიდან 2012 წლამდე შეჩერებულია.

2 ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება

2.1 ქვემო ქართლის ბარი

ერთსართულიანი ვაკე-ბორცნალი ლანდშაფტი ნახევრად კონტინენტური მშრალი ჰავით, წაბლა ნიადაგებით, სტეპური და ტყესტეპური მცენარეულობით, მნიშვნელოვნად გარდაქმნილი, ლავური პლატოთი

ზოგადი დახასიათება. ქვემო ქართლის სახელწოდებით ცნობილია საქართველოს ტერიტორიის ის სამხრეთ ნაწილი, რომელიც ესაზღვრება ჯავახეთს. ზემო ქართლს, კახეთს, სომხეთისა და აზერბაიჯანის საბჭოთა სოციალისტურ რესპუბლიკებს. ჩვენ მიერ გამოყოფილი ქვემო ქართლის ბარის ფიზიკურ-გეოგრაფიული რეგიონი მოიცავს აღნიშნული ისტორიულ-ეთნოგრაფიული პროვინციის მხოლოდ აღმოსავლეთ, დადაბლებულ ნაწილს. რეგიონი მდებარეობს მტკვრის ორივე სანაპიროზე სოღანლულის ქვემოთ და თავისი კიდეებით ებჯინება თრიალეთისა და სომხეთის ქედთა ძირს და ივრის ზეგანს. სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ იგი უერთდება აზერბაიჯანის ანუ მტკვარს-არაქსის (არეზის) დაბლობს, რომლის ნაწილსაც იგი შეადგენდა.

რელიეფი. განსახილველი რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებას ქმნის მისი გეოლოგიური აღნაგობის სპეციფიკა და აზერბაიჯანის ბარის არიდულ ოლქთან სიახლოვე. სამხრეთ საქართველოს ვულკანური ზეგნიდან ჩამოსული ლავის უზარმაზარი ღვარები აღთულებს აქაურ რელიეფს და გავლენას ახდენს ბუნებრივი პირობების მთელ კომპლექსზე. რეგიონის ზედაპირის დაბალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობა და აზიის კონტინენტის კლიმატური ზემოქმედება ქვემო ქართლის ბუნებას კონტინენტურ სუბტროპიკულ ხასიათს აძლევს.

გეოლოგიურად ქვემო ქართლის ბარის რეგიონის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილს შეადგენს ამიერკავკასიის დამრეცნაოჭა ზონის იმ შეფარდებით დაძირული ელემენტისას, რომელსაც ზოგი გეოტექტონიკოსი აზერბაიჯანის ბელტს უქოდებს და ზოგიც პონტოს-კასპიის სინკლინორიუმის კასპიისპირა მონაკვეთს. გარდაბნისა და

მარნეულის ვაკეთა ფარგლებში მეოთხეული მდინარეული ნაფენების ქვეშ ჩამარხულია არა მარტო უძველესი კრისტალური სუბსტრატი რომელიც შიშვლდება უფრო დასავლეთით - მდ. ხრამის შუა წელის ხეობაში, არამედ ყველა მეზო-კაინოზოური წყებებიც. თვით უახლესი ლავური ღვარებიც კი, რომლებიც ქვედა მეოთხეულში ჩამოვიდა ჯავახეთის ქედიდან მაშავრისა და პალეო-ხრამის ხეობებით, დაძირვის პროცესში მყოფი მარნეულის ვაკის საზღვართან ალუვიონით იფარება. აკუმულაციურ ვაკეზე გარშემოკრული ბორცვნალი მთისწინეთი და პლატო აგებულია მეოთხეულზე ძველი წარმონაქმნებით, მაგრამ ჩრდილო ნაწილში გავრცელებულ მესამეულ ნალექ წყებებსა და სამხრეთით გავრცელებულ ცარცის ვულკანოგენურ წყებებს შორის დასავლეთიდან სოლისებურად შმოჭრილია ქვედამეოთხეული დოლერიტული ლავის ენები.

რეგიონის ზედაპირის ჰიფსომეტრიული ზღვრები მდებარეობს ქღვის დონიდან 265მ (წითელი ხიდი მდ. ხრამის ქვემო წელში) და 1000 – 1200მ სიმაღლეზე (ქვემო ქართლის პლატო თეთრწყაროსთან). მტკვრის ორივე სანაპიროზე მდებარე ვაკე მაქსიმალურად 350 – 500მ აბოლუტურ სიმაღლეს აღწევს. რეგიონში წარმოდგენილია რელიეფის შემდეგი გენეტური ტიპები: ალუვიური ვაკეები, ტექტონიკური წარმოშობის სერები, ეროზიულად დანაწევრებული მთისწინა ბორცვნალები, მთისწინა ტერასები და დენუდაციური ზედაპირები, ლავური პლატოები. გვხვდება სუფოზიური, მეწყრული, ანთროპოგენური და სხვა ფორმებიც.

ჰავა. ქვემო ქართლის ძირითადი ნაწილის ჰავას, როგორც გვიჩვენებს ბოლნისის, საღირაშენის, შაუმიანის, სანდარის, სადახლოს, კუმისისა და გარდაბნის მეტეოსადგურთა დაკვირვებები, ახასიათებს საშუალო წლიური ტემპერატურა 11.5 – 13⁰, უცივესი თვის ტემპერატურა 0.3 – 0.0⁰, ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა 23 – 24.5⁰ და ატმოსფერულ ნალექთა წლიური ჯამი 350 – 500მმ. ქვემო ქართლის პლატოს ამაღლებულ ნაწილში, თეთრწყაროსა და წინწყაროს მიდამოებში ჰავა შედარებით უფრო გრილი და ნესტიანია (საშ. წლ. ტემპ. 9⁰, უცივესი თვის ტემპ. – 2⁰. ამპლიტუდა 20 -20.5⁰, ნალექიანობა 700 – 750მმ)

ჰიდროგრაფიული ქსელი. წარმოდგენილია მდ. მტკვრით და მისი შემდინარეებით, რომელთა შორისაც უმნიშვნელოვანესია მარჯვენა შემდინარეები ხრამი და ალგეთი, აგრეთვე კუმისისა და ჯანდარის ტბებით. ვაკის ამგებელი მეოთხეული ნგრეული წყებების ღრმა ჰორიზონტებში წნევიანი მტკნარი წყლებია. მდინარეული ჩამონადენის მოდული უმნიშვნელოა (2 – 4 ლიტრი წამში თითოეული კვ.კმ-დან).

ნიადაგი. ნიადაგური საბურველი გამოსახულია წაბლა მიწების, ყომრალი, ყავისფერი, რუხ-ყავისფერი, შავმიწისებრი და ალუვიური ნიადაგების შეთანაწყობით. დაბალ დონეებზე (არა უმაღლეს 400 – 500 მეტრისა) მდებარე ვაკეებს ახასიათებს წაბლა ნიადაგის ნაირსახეობათა განვითარება; შავმიწისებრი და მათი მსგავსი ნიადაგები დაკავშირებულია უფრო ამაღლებულ ვაკისებურ და დამრეც ადგილებთან, როგორცაა თეთრიწყაროს და დისველის პლატოები ან ასურეთის მოდამოების ტერასული სიბრტყეები, ხოლო რუ-ყავისფერი, ყავისფერი და ყომრალი ნიადაგები გავრცელებულია თრიალეთისა და სომხეთის ქედთა მთისწინა კალთებზე.

მცენარეული საფარი. ქვემო ქართლის რეგიონის მცენარეულობა წარმოდგენილია სტეპური, ტყესტეპური და ტყიანი ტიპებით. სტეპური მცენარეულობა, რომლითაც დაფარულია ბარის ვაკეები და მთისწინეთის ქვედა ნაწილები, ხასიათდება უროს ბატონობით, რომელიც ზოგან შერწყმულია აბზინდასთან, ხურხუმოებთან და სხვ. ტყესტეპში, რომელიც მოსავს გარდამავალ ზონას ზემოაღნიშნულ სტეპებსა და მთების ტყიან სარტყელს შორის, ადგილი აქვს მეძვნარის, ჯაგრცხილნარისა და სხვა ბუჩქნარების მორიგეობას ბალახეულ ცენოზებთან. ტყის მცენარეულობა გამოსახულია, ერთი მხრივ, მტკვრის ხეობის ფსკერზე განვითარებული ჭალებით, რომელთა შედგენილობაშიც რიყის ფარგლებში შედის ვერხვი და ტირიფი, ხოლო უფრო მაღალ ტერასებზე მუხა და, მეორე მხრივ, თეთრწყაროს მიდამოების მუხნარ-რცხილნარის კორომით.

აქაური მცენარეული საბურველი საკმაოდ ინტენსიურადაა ადამიანის მიერ გარდაქმნილი და მეორად, ანთროპოგენურ ხასიათს ატარებს. ადამიანს მოუსპია არა მარტო ვაკეების (მათ შორის ტუგაის ტიპის) ტყეები, რომელთაც საგრძნობლად მეტი

გავრცელება ჰქონდათ ჯერ კიდევ XVIII საუკუნეში, არამედ მთისწინეთისა და მთების ქვედა სარტყლის ხემცენარეულობაც. მოსახლეობის სამეურნეო საქმიანობასთან ერთად, ქვემო ქართლის ზემცენარეულობის გადაგვარებაში არსებითი როლი შეასრულა გამყინვარების შემდგომი ხანის კლიმატურმა ცვლილებებმა, რაც გეოქრონოლოგიურად უკავშირდება მყინვარების უკუდახევას მთებში და კასპიის ზღვის სარკის შემცირებას.

2.2 მარნეულის ვაკე.

ქვემო ქართლის აკუმულაციური ვაკის მარჯვენა ნაწილი, რომელიც ალგეთისა და ხრამის ქვემო დინებებით ირწყვის, მარნეულის ვაკის სახელითაა ცნობილი. მისი სიგრძე დასახელებულ მდინარეთა გასწვრივ 35 – 38 კმ აღწევს, უდიდესი სიგანე კი 18 კმ. ვაკის ზედაპირის აბსოლუტური სიმაღლე მერყეობს 265მ-დან (წითელი ხიდი) 400მ-მდე (სადგ. სანდარი, სოფ. იმირ-ჰასანი). ვაკის ერთობლივი დახრილობა მიმართულია სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ თითქმის მტკვრის პარალელურად. მტკვრის ტერასები, გარდაბნის ვაკისაგან განსხვავებით, აქ მხოლოდ იმ ვიწრო ზოლის რელიეფშია გამოსახული, რომელიც მდინარის მარჯვენა ნაპირს აკრავს; ალგეთისა და ხრამის აკუმულაციური მოქმედებით წარმოქმნილი ვაკის უმეტეს ნაწილში ტერასები დასახელებულ მდინარეებს გაუყვება.

მარნეულის ვაკის გეოლოგიურ აგებულებაში, ხრამ-ალგეთის ნაფენების გარდა, მონაწილეობას ღებულობენ ჯავახეთის ქედიდან ჩამოსული უზარმაზარი ლავური ღვარის დამარხული ბოლო და თიხნარი ნალექები, რომლებიც გროვდებოდა აფშერონულ ან ბაქოურ საუკუნეში იმ წყალსატევებში, რომელიც კასპიის ზღვასთან უნდა ყოფილიყო დაკავშირებული.

ვაკის ზედაპირი დანაწევრებულია ალგეთისა და ხრამის ხეობებით, აგრეთვე ალგეთის ნახეობარებით. ეს უკანასკნელები რელიეფის განვითარების იმ სტადიებშია გაჩენილი, როდესაც მდ. ალგეთი ან მდ. ხრამს ერთვოდა, ან კიდევ მტკვარს თავისი ახლანდელი შესართავის ჩრდილოეთით.

მდინარეული ტერასების ამგებელ თაბაშირიან თიხებში ადგილი აქვს ფსევდოკარსტულ მოვლენებს, რაც რელიეფში გამოხატულებას ჰპოვებს სუფოზიური ძაბრების, ჭებისა და მღვიმეების, აგრეთვე ბუნებრივი ხიდების სახით.

ნიადაგი მიეკუთვნება ტიპობრივ წაბლა მიწებს, ალაგ-ალაგ მლაშობ-ბორცვიანია. ბუნებრივი მცენარეულობა (უროიანი, უროიან-აბზინდიანი, ხურხუმოიანი სტეპები) ვაკის უდიდეს ნაწილში კულტურული მცენარეულობით არის შეცვლილი.

მტკვარი განსახილველი რეგიონის ფარგლებში მეტწილად ფართო ალუვიურ რიყეზე გაედინება ტოტებად დანაწილებული. ტოტები გაყოფილია კუნძულებით, რომელთა ნაწილი ტუგაის ტევრებიტაა დაფარული. მტკვრის ჭალებში, სანადირო ნაკრძალად გამოცხადებულ ტერიტორიაზე ბინადრობენ ირმები, ტახები, ხოხბები და სხვა გაიშვიათებული ნადირი. ხეობის მარჯვენა ნაპირი მაღალი და ფლაოვანია (განსაკუთრებით იმ მონაკვეთზე, რომელსაც ებჯინება იაღლუჯის მაღლობის აღმოსავლური ბოლო), მარცხენა კი დაბალი და მოვაკებული.

მტკვარში თბილისს ქვემოთ ბინადრობს კასპიის სალამურა, კასპიის ორაგული, კარჩხალის ორი სახე, ხრამულა, მტკვრის წვერა, ჭანარი, მურწა, კასპიის შამაია, ლოქო, მდინარის ღორჯო. ხრამის ქვემო წელში სოფ. ნახიდურს (არუხლოს) ქვემოთ ცხოვრობენ იმავე სახის თევზები შამაიას გამოკლებით.

2.3 ქვემო ქართლის პლატო.

ალგეთ-მაშავრის ხეობებით შემოფარგლული და ხრამის კანიონით გასწვრივადგაჭრილი ეს პლატო შეადგენს მონაკვეთს იმ უზარმაზარი ლავური ღვარისას, რომელიც ზედა პლიოცენში ჯავახეთის ქედის სამხრული ნაწილიდან ჩამოვიდა, და რომლის ბოლოც მარნეულის ვაკის ფხვიერ ნაფენებს ქვეშ არის ჩამარხული. პლატოს ორი მხრიდან ეკვრის შუა ხრამის მთათა კვანძის ტოტები - ჩრდილოეთიდან გომერის ქედი, რომელიც ბედენის მასივს გამოეყოფ, სამხრეთიდან კი შორშოლეთის ქედი, რომელიც მიზმულია შინდლარის მასივზე.

ქვერაიონი წარმოადგენს ქვემო ქართლის ბარის რეგიონის უმაღლეს ნაწილს; მისი ზედაპირი დასავლეთისაკენ და ჩრდილო-დასავლეთისაკენ ამადლებას განიცდის

დაბა თეთრიწყაროს, ნადარბაზევის ტბისა და მ. გომერის რაიონში ზღვის დონიდან 1200 – 1500 მ სიმაღლეს აღწევს.

გარდა დოლერიტული ლავებისა, რომლებითაც საკუთრივ პლატოა აგებული, ქვერაიონის გეოლოგიურ აგებულებაში და, კერძოდ პლატოზე მიკრული ქედებისა და სერების აღნაგობაში მონაწილეობს ცარცული ხნოვანების ვულკანოგენური და ნალექი წყებები, ხოლო ტერიტორიის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კუთხეში მესამეულიცაა.

გომერის ქედი, რომელიც ბედენის მასივის აღმოსავლურ ბოლოდან ჯერ სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ არის მიმართული და შემდეგ აღმოსავლეთისაკენ, თანდათანობით დაბლდება და თეთრიწყაროს მერიდიანის აღმოსავლეთით თითქმის ქრება. მის თხემზე თბილის-თეთრიწყაროს გზასთან, სოფ. ჩხიკვთას თავზე ამართული მთა სამება (1196მ) წარმოადგენს წვეტიან კონუსისებურ ბორცვს კინკრიხოზე შემორჩენილი დოლერიტული ლავის ნაგლეჯით. ამ მთას უწინდელი მკვლევარები ექსტრუზიულ ცენტრალურ ვულკანად თვლიდნენ. მაგრამ გარკვეულია, რომ იგი ეროზიულ მოწმეს წარმოადგენს, ხოლო მის თხემზე არსებული ლავა ტექტონიკური პროცესებით არის ქვემო ქართლის პლატოს დოლერიტული განფენისაგან მოწყვეტილი და აზევებული. გომერის ქედის სამხრული, პლატოსაკენ მიპყრობილი კალთები გაცილებით ნაკლებადაა ტყით შემოსილი, ვიდრე ალგეთის ხეობისაკენ მიქცეული ჩრდილო კალთები და მდიდარია ქსეროფიტული და კალციფილური მცენარეებით.

ხრამის გასწვრივი კანიონი ლავურ პლატოს ანაწილებს ორ არათანაბარ ნაწილად: ჩრდილო, ვრცელ ნაწილს ეწოდება თეთრიწყაროს პლატო, ხოლო მომცრო სამხრულ ნაწილს პლატო დისველი.

თეთრიწყაროს პლატო გომერის ქედის სამხრული კალთებიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ და აღმოსავლეთისაკენ ვრცელდება ქ. მარნეულამდე. მისი სიგრძე 45 კილომეტრამდეა, უდიდესი სიაგენ 10 კმ. მისი ზედაპირი სამხრეთისაკენ არის დახრილი და შუა ნაწილში გაკვეთილია რამდენიმე მცირე მდინარის კანიონებით, რომელთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ხრამის მარცხენა შენაკადი ჭივჭავი. პლატოს დასავლურ ნაწილში მდებარეობს ნადარბაზევის პატარა ტბა, რომელიც გადაგვარებას განიცდის.

ხრამის კანიონი 22 კმ მანძილზეა გადაჭიმული მდ. ტორნეს (ასლანკას) შესართავიდან სოფ. ნახიდურამდე (არუხლომდე); მისი ხედა ნაწილის სიგანე 0.4 – 1.7 კმ უდრის, სიღრმე კი 100 – 300 მ. მაქსიმალურ სიღრმეს იგი აღწევს სამშვილდის ნაქალაქართან, რომელიც ხრამისა და ჭივჭავის კანიონებს შორის გამოწვდილ გრძელსა და ვიწრო, ქარაფებით შემოფარგლულ კონცხზეა გაშენებული.

დისველის პლატო თეთრიწყაროს პლატოსაგან განირჩევა ნაკლები სიდიდით და სიმაღლით (ზომა 19X3 კმ, აბსოლ. სიმაღლე 500 – 800 მ), აგრეთვე ბრტყელი, თითქმის ჰორიზონტალური, დაუნაწევრებელი რელიეფით.

ქვემო ქართლის ლავური პლატოს ჰიდროგრაფიული ქსელი უმნიშვნელო სიმჭიდროვით განირჩევა და წარმოდგენილია ზემოხსენებული მდინარე-ნაკადულებით და ტბით, აგრეთვე გრუნტის წყლების მნიშვნელოვანი გამოსავლებით.

განსაკუთრებით წყალუხვი წყაროები ახასიათებს სოფლების თეთრიწყაროს და წინწყაროს მიდამოებს, წინწყაროს სამხრეთ-აღმოსავლეთით არსებული წყარო ასაზრდოებს დროებით ნაკადულს, რომელიც თეთრიწყაროს პლატოს ღერძული ნაწილის გასწვრივ გაედინება დაახლოებით 8 კმ მანძილზე სოფ. პატარა დურნუკის მერიდიანამდე.

ქვემო ქართლის პლატოს ლანდშაფტი საკმაოდ გარდაქმნილია ანთროპოგენური ფაქტორებით. პლატოს უდაბლესი აღმოსავლური ნაწილები უკავია მშრალი (უროიანი) სტეპის ტიპის მცენარეულობას და წაბლა ნიადაგებს. აქედან დასავლეთის მიმართულებით, პლატოს ზედაპირის ამაღლებასთან ერთად, ვერტიკალური ტემპერატურული ზონალობისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ზრდის შედეგად მშრალი სტეპი ადგილს უთმობს ტყესტეპს ძეძვის, ჯაგრცხილისა და სხვა საკმაოდ ქსეროფიტული ბუჩქებით და შავმიწა ნიადაგების უბნებით. კიდევ უფრო დასავლეთით და მაღლა. 100 – 1100 მ აბსოლუტური სიმაღლიდან დაწყებული, ვრცელდება ტყიანი, უფრო სწორად ტყე-მდელოიანი ზონა, რომელშიც ხელოვნურად გათხელებული მუხნარ-რცხილნარი (პარკისებური ტყე) შეთანაწყობილია ტყისშემდგომი წარმოშობის მქონე მდელოებთან.

3 მარნეულის მუნიციპალიტეტში გავრცელებული ნიადაგის ტიპები

მარნეულის მუნიციპალიტეტში უმეტესად გავრცელებულია მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგები. ალაგ-ალაგ გვხვდება დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები. მტკვრისა და ხრამის გაყოლებაზე გვხვდება ასევე ალუვიური ნიადაგები. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი განვითარების მიხედვით ყავისფერი ნიადაგის ევოლუციის შემდეგ საფეხურს წარმოადგენს. ამ ნიადაგებს დიდი ხნის განმავლობაში სტეპის წაბლა ნიადაგების ტიპს აკუთვნებდნენ. არიდული ქვეზონა ხასიათდება მცენარეთა საფრის სიღარიბით და მაღალი ჰიდროთერმული პირობებით, რის გამო ადგილი აქვს თიხებით მდიდარ, მცირე ჰუმუსიან, კარბონატულ რუხი-ყავისფერი ნიადაგების წარმოქმნას. ქვეზონაში ტენის რეჟიმის მიხედვით ეს ნიადაგები წარმოდგენილია სტეპის რუხი-ყავისფერი და მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგების ქვეტიპებად.

რუხი-ყავისფერი ნიადაგები დიდი სისქისაა, განსაკუთრებით აკუმულაციის ფენა და შეადგენს 50-60 სმ-ს. ილუვიურ ფენაში შეინიშნება კირის მარღვები და კონკრეციები. ასევე ამ ფენაში შეიმჩნევა ლების ლაქები. ნიადაგი მთელ სიღრმეზე მძიმე თიხითაა წარმოდგენილი. ზედა ფენაში ჰუმუსის რაოდენობა 3,5-4,5%-ს შეადგენს და პროფილში თანაბრადაა განაწილებული. აქტუალური რეაქცია ნეიტრალური-ტუტე რეაქციისაა. ამ ნიადაგებს ახასიათებს დამლაშება და ბიცობიანობა. რუხი-ყავისფერი ნიადაგები მორწყვისა და სასუქების გამოყენების პირობებში მაღალ მოსავალს იძლევიან. ამ ნიადაგზე გაშენებულია ხილი, ვაზი, გერანი, ბაღჩეული და ბოსტნეული კულტურები. ნიადაგების უმეტესი ნაწილი წარმოადგენს ზამთრის საძოვრებს (გარე კახეთის ზეგანი, ელდარის ვაკე და სხვა).

რუხი - ყავისფერი ნიადაგი (კამბისოლს ხრომიკ - CAMBISOLS CHROMIC)

ზოგადი დახასიათება. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ხასიათდება არადიფერენცირებული, გათიხებული, კარბონატული, მცირეჰუმუსიანი პროფილით. ნიადაგურ პროფილს ჩვეულებრივ შემდეგი აგებულება აქვს: ACa-BmCa-BCam-BCCa. ძირითადი დიაგნოსტიკური მაჩვენებლებია ჰუმუსოვანი და კარბონატული

პროფილების შედარებით გაჭიმულობა, პროფილის შუა ნაწილში კარგად გამოხატული გათიხება და ზედაპირიდან კარბონატების არსებობა. საქართველოში რუხი-ყავისფერი ნიადაგის საერთო ფართობი შეადგენს 5,8% (402000 ჰა). ნიადაგი გავრცელებულია სამხრეთ საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში მარნეულის, გარდაბნის, საგარეჯოსა და სხვა რაიონების ტერიტორიაზე. ესაზღვრება ყავისფერ, შავ, მდელოს-რუხ-ყავისფერ ნიადაგს. შესწავლის ისტორია. პირველად ეს ნიადაგი მურა და წაბლა ნიადაგის სახელწოდებით შეისწავლა ს. ზახაროვმა (1926). მ.საბაშვილი (1948) აზრით, ზოგიერთი განსხვავების მიუხედავად, აღმოსავლეთ საქართველოს წაბლა ნიადაგი წააგავს რუსეთის სამხრეთი და სამხრეთ-აღმოსავლეთი რაიონების წაბლა ნიადაგს (მორფოლოგიური და ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებით).

დ.გედევანიშვილი იყო პირველი ნიადაგმცოდნე, რომელმაც აღნიშნა აღმოსავლეთ საქართველოში გამოყოფილი წაბლა ნიადაგის შეუსაბამობა ადგილობრივ ნიადაგწარმომქმნელ ფაქტორებთან. ამ შეუსაბამობის გამოსასწორებლად ამ ნიადაგს ზოგჯერ წაბლისფერ ნიადაგსაც უწოდებდა. რ.კირვალიძე (1985) აღნიშნავდა, რომ დ.გედევანიშვილმა ხელნაწერში „ქ.თბილისის საგარეუბნო ზონის ნიადაგური საფრის მოკლე საწარმოო დახასიათება“ (1933) პირველმა იხმარა სწორი სახელწოდება „რუხი-ყავისფერი ნიადაგი“ თანამედროვე გაგებით. რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ცალკე ზონალურ ტიპად გამოყოფა ეკუთვნის ა.როზანოვს (1952), რომელმაც მტკვრის და არაქსის დაბლობებში ჩატარებული კვლევის საფუძველზე დაასკვნა, რომ აქ გამოყოფილი სხვადასხვა ნიადაგი (რუხი, მურა, წაბლა) ერთ ახალ ნიადაგურ ტიპს მიეკუთვნება. ს.ზახაროვი იხილავდა რუხ-ყავისფერ ნიადაგს როგორც სუბტროპიკული სარტყლის მშრალი სტეპების ნიადაგს. მან აღმოსავლეთ ამიერკავკასიაში რუხი-ყავისფერი ნიადაგი შეადარა ყაზახეთის წაბლა და მურა და შუა აზიის რუხ-ყავისფერ ნიადაგს და დაასკვნა, რომ წარმოდგენა აღმოსავლეთ ამიერკავკასიაში რუხი-მურა და წაბლა ნიადაგის არსებობის შესახებ მცდარია და შეუსწავლელობის შედეგია.

რ.კირვალიძის (1976, 1983), ე.ნაკაიძის (1976, 1980) გამოკვლევებით დადასტურდა, რომ საქართველოს მშრალი სუბტროპიკების რუხი-ყავისფერი ნიადაგი განსხვავდება სუბბორეალური სარტყლის მშრალი სტეპების წაბლა ნიადაგისგან ნიადაგწარმომქმნელი ფაქტორებით, თვისებებით და ელემენტარული პროცესებით.

ეკოლოგია. რუხი-ყავისფერი ნიადაგები ფორმირდება ზომიერად მშრალი სუბტროპიკული კლიმატის პირობებში. ყველაზე ცივი თვის ტემპერატურა 0-10, ყველაზე თბილის - 24-250, საშუალო წლიური - 12-130. სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა 7 თვეს აღემატება. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 4000-45000. ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა 300-500 მმ. ნალექების მაქსიმუმი მოდის გაზაფხულსა და შემოდგომაზე (80%). თოვლის საფარი არამყარია. თოვლიან დღეთა რიცხვი 20-40 შორის მერყეობს. საშუალო წლიური დატენიანების კოეფიციენტი უდრის 0,4-0,6. რელიეფი წარმოდგენილია ვაკეებით, მთისწინებით და დაბალმთიანეთით. ნიადაგწარმომქმნელი ქანები წარმოდგენილია სხვადასხვა გრანულომეტრული, მინერალოგიური და ქიმიური შემადგენლობის ალუვიური, ელუვიურ-დელუვიური გენეზისის ნალექებით. ზოგჯერ ეს ნალექები დამლაშებულია. მცენარეულობა მშრალ-სტეპურია. წარმოდგენილია უროიანი, ვაციწვერიანი, ავშნიანი და ნაირბალახოვანი დაჯგუფებებით. ბუჩქნარი მცენარეები წარმოდგენილია ძეძვნარით და ჯაგრცხილნარით. ტერიტორიის დიდი ნაწილი ათვისებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სახნავ-სათეს ფართობებად - ხორბალი, ქერი, სიმინდი, მზესუმზირა. შედარებით მცირე ფართობი უკავია მრავალწლიან ნარგავებს - ხეხილის ბაღებს, ვენახებს, ბალჩა-ბოსტნეულის ტექნიკური კულტურებიდან აქ გვხვდება გერანი. ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი უკავია ზამთრის სამოვრებს. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ნიადაგწარმოქმნის შედარებით დიდი ასაკით ხასიათდება.

პროფილის შენება, თვისებები და ნიადაგწარმომქმნელი ელემენტარული პროცესები რუხი-ყავისფერი ნიადაგის პროფილს აქვს შემდეგი შენება:

ACa - ჰუმუსოვანი, ჰორიზონტი სიმძლავრით 20-30 სმ, მოყავისფრო-რუხი თიხნარი; ყამირ ნიადაგში ზედა ნაწილი უფრო მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის, მარცვლოვან წვრილკომპოზიციონის სტრუქტურის. გადასვლა ნათელი. BmCa - მეტამორფული გათიხების ჰორიზონტი სიმძლავრით 40-50 სმ, მორუხოყავისფერი ან მორუხო-ყომრალი, მკვრივი, უფრო მძიმე, ვირე ჰუმუსოვანი, კაკლოვანბელტოვანი; კარბონატული გამონაყოფები წარმოდგენილია ძარღვებით და თეთრი თვლებით, სიმძლავრით 20-35 სმ, კომპოვანი ან კაკლოვან-კომპოვანი, გადასვლა თანდათანობითი. BCam - ჰორიზონტი, რომელშიც გათიხება შეთავსებულია

მაქსიმალურ კარბონატულობასთან; რუხი-ყავისფერი; კარბონატების გამონაყოფები ლაქებისა და კონკრეციების სახით, გადასვლა თანდათანობით. BCCa -გადასვლა კარბონატული,ზოგჯერ დამლაშებული ქანისკენ. ამგვარად, რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ხასითდება ჰუმუსოვანი და კარბონატული პროფილის შედარებით გაჭიმულობით, პროფილის შუა ნაწილის კარგად გამოხატული გათიხებით და კარბონატების არსებობით ზედაპირიდან. მიკრომორფოლოგიის მონაცემებით, მთელს პროფილში წვრილდისპერსიული ნაწილი გაჟღენთილია არასილიკატური რკინით. მინერალების ზოგიერთი მარცვალი გადაკრულია რკინის ჰიდროქსიდების აფსკით. ნიადაგწარმოქმნის პროცესში რკინის განთავისუფლება ხდება ტენიან პერიოდში. მშრალ პერიოდში თავისუფალი რკინა გადაადგილდება ნიადაგის მაღალ დისპერსიულ ნაწილთან, ნაწილობრივ ჰუმუსთან. პროფილის ზედა ნაწილში პლაზმა ჰუმუს-კარბონატულ-თიხნარია, ხოლო ქვედაში - კარბონატულ - თიხიანი. ელემენტარული მიკროშენება მტვრიან-პლაზმურია. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ხასიათდება სუსტად ტუტე ან ტუტე რეაქციით. ჰუმუსის შემცველობა დაბალია (3%-მდე), ჰუმუსის ტიპი - ფულვატურ-ჰუმატურია, ამასთან, აგრესიული ფრაქციის (1ა) შემცველობა დაბალია, ხოლო არაჰიდრალიზებადი ნაშთის მნიშვნელოვანი(43,99%-მდე). რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა კარბონატულ-ილუვიური ჰორიზონტის არსებობა. თ.ურუშაძის (1987) მიხედვით, ამით ეს ნიადაგი განსხვავდება ღია ყავისფერი ნიადაგისგან. კარბონატების შემცველობა მერყეობს 4,2-დან 23,1%-მდე. საერთოდ, კარბონატები აღინიშნება ნიადაგის ზედაპირიდან, რითაც ისინი განსხვავდება სუბბორიალური სარტყლის მშრალი სტეპების წაბლა ნიადაგისგან. შთანთქმავი კომპლექსი მამდარია ფუძეებით. შთანთქმული ფუძეების ჯამი საშუალოდ მერყეობს 32,42-36,35 მგ-ექვ/100 გ. ნიადაგზე. სიღრმით ჰუმუსის რაოდენობის შემცირების და მექანიკური შემადგენლობის გამსუბუქებასთან ერთად ფუძეების ჯამი მცირდება. გაცვლით კათიონებში ჭარბობს კალციუმი, სიღრმით მისი შემცველობა მცირდება გაცვლითი მაგნიუმის შემცველობის ზრდის ხარჯზე. რუხი-ყავისფერი ნიადაგის შთანთქმავ კომპლექსში მონაწილეობს გაცვლითი ნატრიუმი, რომლის შემცველობა ზოგიერთ შემთხვევაში ფუძეების ჯამიდან 12-14 %აღწევს. ამ ნიადაგისთვის დამახასიათებელია პროფილის ზედა და შუა ნაწილის მძიმე თიხნარი მექანიკური

შედგენილობა. პროფილის ქვედა ნაწილში აღინიშნება მექანიკური შედგენილობის შემსუბუქება. ამ ნიადაგის შუა ნაწილის გათიხება ერთ-ერთი ძირითადი დიაგნოსტიკური მაჩვენებელია. მექანიკურ შედგენილობაში 0,05-0,01 მმ და 0,005-0,001 მმ ფრაქციების შემცველობა პროფილის მიხედვით თანაბრად ნაწილდება და ხასიათდება სიმეტრიული ზრდით 0,010,005 ფრაქციასთან შედარებით. პირველად ეს მოვლენა დადგენილ იქნა რ.კირვალიძის (1976) მიერ რუხი-ყავისფერი ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის ბიპოლარულობის სახელწოდებით და დამახასიათებელია მშრალი სუბტროპიკების ნიადაგისთვის. მკვრივი ნაშთის შემცველობა აღწევს 1,334 %, ხოლო თაბაშირის - 8,15 %. ნიადაგების და ლექის ფრაქციის მთლიანი ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ძირითადი ჟანგეულების განაწილება მეტ-ნალეზად სტაბულურია. ლექის ფრაქციაში ჭარბობს მონტმორილონიტი (40-50) და ჰიდროქარსები (30-40%). მცირე რაოდენობით გვხვდება კაოლინტი, კვარცი და სხვა მინერალები. რუხი-ყავისფერი ნიადაგის წყლოვან-ფიზიკური თვისებები დამაკმაყოფილებელია. მორწყვისას ამ ნიადაგების მორფოლოგიური შენება მნიშვნელოვნად არ იცვლება. ამგვარად, რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ხასიათდება ზედა ჰორიზონტების უმნიშვნელო ჰუმუსირებით და ჰუმუსოვანი ნივთიერებების ძლიერი შეკავშირებით, მთელი ნიადაგური პროფილის მაღალი გათიხებით, შუა ნაწილში ლექის ფრაქციის მაქსიმალური შემცველობით, ძირითადი ჟანგეულის პრაქტიკულად თანაბარი განაწილებით, ფუძეების მაძღრობით, სილიკატური რკინის სიჭარბით არასიკლიატურ რკინაზე, სუსტად ტუტე ან ტუტე რეაქციით, მთელი პროფილის კარბონატულობით და საკმაოდ მძლავრი, კარგად გამოხატული კარბონატულ-ილუვიური ჰორიზონტის არსებობით. რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ძირითადი ელემენტარული ნიადაგწარმოქმნელი პროცესებია: ჰუმუსწარმოქმნა, ჰუმუსდაგროვება, გაკარბონატება და სიალიტიზაცია. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი განსხვავდება ყავისფერი ნიადაგისგან (რომელიც ფორმირდება უფრო მეტი დატენიანების და ნაკლები თბოუზრუნველყოფის პირობებში) უფრო მუქი შეფერილობით, ჰუმუსის ნაკლები შემცველობით, უფრო მცირე სიმძლავრის ჰუმუსოვანი ჰორიზონტით, მთელი პროფილის კარბონატულობით, ტუტიანობის მეტი მაჩვენებლით, რკინის სხვადასხვა ფორმის სხვადასხვა ფორმის მეტი შემცველობით, კარბონატულ-ილუვიური ჰორიზონტის არსებობით. რუხი-ყავისფერი

ნიადაგი განსხვავდება შავი ნიადაგისგან მცირე სიმძლავრის ჰუმუსოვანი ჰორიზონტით, რუხი-ყავისფერი შეფერილობით, უფრო მსუბუქი მექანიკური შედგენილობით, ჰუმუსის დაბალი შემცველობით, კარგად გამოხატული კარბონატული ილუვიური ჰორიზონტის არსებობით, დაწიდულობის ნიშნების უქონლობით.

რუხი-ყავისფერი ნიადაგი განსხვავდება მდელოს-რუხი-ყავისფერი ნიადაგისგან (რომელიც ფორმირდება რუხ-ყავისფერ ნიადაგს შორის გადიდებული დატენიანების პირობებში) უფრო ნაკლები სიმძლავრით, გაღებების უქონლობით, უფრო ნაკლები გათიხებით. კლასიფიკაცია - რუხი-ყავისფერი ნიადაგი იყოფა სამ ქვეტიპად: მუქი, ჩვეულებრივი და ღია. მუქი რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ვითარდება რუხი-ყავისფერი ნიადაგის არეალის შედარებით დატენიანებულ ადგილებში ავშან-ეფემერ-მარცვლოვანი მშრალი სტეპების და ბუჩქნარების ქვეშ. ჰუმუსოვანი პროფილი შდარებით მძლავრია. ჰუმუსის შემცველობა ზედა ჰორიზონტში შეადგენს 4-5%. კარბონატების შემცველობა ზედა ჰორიზონტში მცირეა, სიღრმით მატულობს და აღწევს 15-18%, ნიადაგის რეაქცია სუსტად ტუტეა, შთანთქმის ტევადობა 30-35 მგ-ექვ/100 გ. ნიადაგზე. ადვილად ხსნადი მარილები პრაქტიკულად არ აღინიშნება. ჩვეულებრივი რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ფორმირდება ეფემერ-მარცვლოვანი მშრალი სტეპების პირობებში ჰუმუსოვანი პროფილი ნაკლები სიმძლავრისაა, ვიდრე მუქ რუხყავისფერ ნიადაგში. ჰუმუსში შემცველობა ზედა ჰორიზონტში შეადგენს 2,5-3,5%, კარბონატების შემცველობა ზედა ჰორიზონტში მცირეა, სიღრმით მნიშვნელოვნად მატულობს, რეაქცია სუსტად ტუტეა, შთანთქმის ტევადობა 25-30 მგ-ექვ/100 გ. ნიადაგზე, ადვილად ხსნადი მარილები პრაქტიკულად არ აღინიშნება. ღია რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ვითარდება რუხი-ყავისფერი ნიადაგის არეალის ყველაზე მშრალ ნაწილში ეფემერ-ავშნიანი მშრალი სტეპის პირობებში. ჰუმუსოვანი ჰორიზონტი მცირე სიმძლავრისაა, ჰუმუსის შემცველობა 2-2,5%, რეაქცია სუსტად ტუტეა ან ტუტეა, შთანთქმის ტევადობა 22-25 მგ-ექვ/100 გ. ნიადაგზე. აღინიშნება დამლაშება. რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ქვეტიპებში გამოყოფენ შემდეგ გვარებს: ჩვეულებრივი - ამ გვარს გააჩნია რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ქვეტიპების ყველა ნიშანი დათვისება. ბიცობი-ხასიათდება პროფილის მკაფიო დიფერენციაციით. პროფილის ზედა ნაწილი (5-15 სმ) უფრო ფხვიერია. ქვემოთ მდებარეობს ყავისფერ-ყომრალი ბიცობიანი ჰორიზონტი, გამკვრივებულ ჰორიზონტი,

გამკვირვებელი, უფრო მძიმე მექანიკური შედეგნილობის. უფრო ქვემოთ ნაკლებად მკვირივი, თვლების და მსხვილი ლაქების სახით. გაცვლითი Na შემცველობა ყოველთვის არარის მაღალი. ბიცობნარი - ფორმირდება დამლაშებულ ქანებზე და აქვს სუსტად დიფერენცირებული პროფილი. ადვილად ხსნადი მარილები აღინიშნება ზედა ჰორიზონტიდან ,ხოლო 1მ სიღრმეზე ისინი 2% აღემატებიან. თაბაშირიანი („გაჯიანი“) - ჰუმუსოვანი ჰორიზონტი მცირე სიმძლავრისაა. ქვემოთ თაბაშირის შემცველი ჰორიზონტია. ქვამრგვალიანი - ფორმირდება გამოზიდვის კონუსებზე და განსხვავდება სუსტად დიფერენცირებული პროფილით და ქვამრგვალების მაღალი შემცველობით.

რუხი-ყავისფერი ნიადაგი იყოფა სახეობად ბიცობიანობის ხარისხის და ადვილად ხსნადი მარილების სიღრმით განლაგების მიხედვით. გენეზისი - რუხი-ყავისფერი ნიადაგის თვისებები უკავშირდება თანამედროვე ბიოკლიმატურ პირობებს. ამ ნიადაგის წყლის რეჟიმი არაჩამრცხია. ნიადაგწარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ტენის მკვეთრი დეფიციტის პირობებში წლის ხანგრძლივი დროის მანძილზე. ამის შედეგად მცენარეული ნარჩენები და ახლად წარმოქმნილი ჰუმუსი განიცდის ინტენსიურ მინერალიზაციას. მშრალი სუბტროპიკების კლიმატური პირობების თავისებურებანი (მაღალი ტემპერატურები საკმაო დატენიანების ხანმოკლე პერიოდთან შეხამებით) განსაზღვრავენ შიდანიადაგურ გამოფიტვას თიხების, რკინის ჰიდროქსიდების, კარბონატების დაგროვებით. ტენიან პირობებში ნიადაგურ ხსნარებს (რომლის შემადგენლობაში ჭარბობენ კალციუმის და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატები) აქვთ დაღმავალი ,ხოლო მშრალ პერიოდებში-აღმავალი გადაადგილება. გამოყენება - მშრალი სუბტროპიკების ბუნებრივი პირობები საშუალებას იძლევა მოვიყვანოთ მრავალი სასოფლო-სამეურნეო კულტურა, მათ შორის ხორბალთან ერთად ვაზი, კომში, ლეღვი, ბროწეული, ნიგოზი და სხვა სუბტროპიკული კულტურა. რუხიყავისფერი ნიადაგის პოტენციური ნაყოფიერება საკმაოდ მაღალია, მიწათმოქმედება იზღუდება წყლის უკმარისობით. ურწყავ პირობებში კულტურების უმრავლესობა იძლევა დაბალ მოსავალს. ნიადაგს ღარიბია საკვები ელემენტებით. ამ ნიადაგში (განსაკუთრებით ღია რუხ-ყავისფერ ნიადაგში) მცირე რაოდენობითაა როგორც მთლიანი, ისე შესათვისებელი ფოსფორი. რუხი-ყავისფერი ნიადაგი ეროზირებისა და მეორადი დამლაშების თვალსაზრისით წარმოადგენს პოტენციურად საშიშ ნიადაგს

(განსაკუთრებით ჩვეულებრივი და ღია რუხი-ყავისფერი ნიადაგი). ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდებისთვის საჭიროა მინერალური და მათ შორის ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება, ტენის ხელოვნური რეგულირება რწყვის ნორმების მკაცრი დაცვით, სარწყავ ფართობებზე დახურული დრენაჟის მოწყობა, ძოვების სწორი დაგეგმვა. გაზიცობებული რუხი-ყავისფერი ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისთვის საჭიროა ქიმიური მელიორანტების გამოყენება.

4 ბიორემედიაცია და მისი სახეები

ბიორემედიაცია ესაა ნიადაგის გაწმენდვის ერთ-ერთი მეთოდი სხვადასხვა დამაბინძურებლებისგან და მისი ნაყოფიერების აღდგენა. ბიორემედიაცია იყოფა ორ ძირითად მიმართულებად ესაა მიკრობული რემედიაცია და ფიტორემედიაცია. მიკრობულ რემედიაციაში შედის კომპოსტირება და ბიოხსნარები. ფიტორემედიაციაში კი ფიტოექსტრაქცია, რიზოფილტრაცია, რიზოდეგრადაცია, ფიტოდეგრადაცია, ფიტოსტაბილიზაცია, ფიტოვოლათიზაცია და სხვა. დაბინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაციის ორი სტრატეგიული მიმართულება არსებობს. ესენია in situ და ex situ

1) in situ ტექნოლოგიაა როდესაც ნიადაგის ბიორემედიაცია ხდება დაბინძურების ადგილზე.

2) ex situ ტექნოლოგიაა როდესაც დაბინძურებული ნიადაგის გადატანა ხდება სპეციალურად გამოყოფილ ადგილზე და შემდეგ უკვე იქ ხდება ამ ნიადაგზე ბიორემედიაციული სამუშაოების ჩატარება.

in situ ტექნოლოგია

ბიორემედიაციული ტექნოლოგიების დაწყებას ყოველთვის წინ უსწრებს დაბინძურებული ნიადაგის მიკრობიოლოგიური ანალიზი. ამ ანალიზის პასუხზეა დამოკიდებული, რა გზით წარიმართება ნიადაგის in situ ბიოდამუშავება. თუ ანალიზის საფუძველზე დადგინდა რომ ნიადაგში ბუნებრივად არსებობენ იმ კონკრეტული დამაბინძურებლის დამშლელი მიკროორგანიზმები მაშინ ხდება ამ მიკროორგანიზმებისთვის საკვები ნივთიერებების შეტანა რათა მოხდეს ან ორგანიზმების გაძლიერება და უფრო მეტად შეძლოს ნიადაგიდან დამაბინძურებელი ნივთიერებების შეთვისება. თუ მიკრობიოლოგიურმა ანალიზმა ნიადაგში არ დაადასტურა დამაბინძურებლის დამშლელი მიკროორგანიზმების არსებობა, მიმართავენ მეორე გზას, რომელიც გულისხმობს დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების „გარედან“ შეყვანას დაბინძურებულ ნიადაგში. ამ მეთოდს უმეტესად მიმართავენ მაშინ როცა დაბინძურების აღმოფხრა ხდება დიდი ფართობის ტერიტორიებზე.

ex situ ტექნოლოგია

რაც შეეხება ex situ ტექნოლოგიას არსებობს მისი ორი სახე, ბიორემედიაცია ბიორეაქტორებში ან ბიომოდულეებში.

რემედიაცია ბიორეაქტორში ითვალისწინებს დაბინძურებული ნიადაგის მოჭრას, დატენიანებას და გადატანას სპეციალური კონსტრუქციის აპარატურაში, სადაც ხორციელდება უხსნადი სუბსტრატის (ნიადაგის) უშუალო კონტაქტი მიკროორგანიზმებთან და ამ გზით ხელსაყრელი პირობები იქმნება მიკრობული დეგრადაციისთვის. ცხადია, რომ ex situ ბიოდამუშავების მეთოდი, in situ -სთან შედარებით ძვირადღირებულია.

რემედიაცია ბიომოდულეებში (მოედნებზე) -ეს სტრატეგია გულისხმობს დაბინძურებული ნიადაგის მოჭრას და გადატანას სპეციალურ ნაკვეთებზე, სადაც ხდება მისი შემდგომში დამუშავება კომპოსტირებით (ბიომოდულეებში). ბიომოდულეების ტექნოლოგიას, ძირითადად, მიმართავენ მაღალი კონცენტრაციის ტოქსიკანტით შედარებით მცირე ფართობის ნიადაგების დაბინძურების შემთხვევაში. ამ მეთოდის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ნიადაგის გადატანით მცირდება მიწისქვეშა წყლებში ტოქსიკანტის მოხვედრის ალბათობა, თუმცა ამგვარი მიდგომა შედარებით ძვირია, ვიდრე in situ ტექნოლოგია. დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენისას, ყოველი კონკრეტული შემთხვევისთვის, შესაფერისი მეთოდის შერჩევა ხდება მთელი რიგი ფაქტორების: დამაბინძურებელის ტიპისა და კონცენტრაციის, ნიადაგის ტიპის, კლიმატის, გრუნტის წყლების მდებარეობისა და დასახლებული პუნქტების სიახლოვის გათვალისწინებით.

4.1 მიკრობული რემედიაცია

კომპოსტირება

კომპოსტირება წარმოადგენს საუკუნის ასაკის ტექნოლოგიას, რომელიც თავის დროზე შემუშავდა ისეთი საშიში ნივთიერების დეგრადაციისთვის, როგორცაა- ტნტ (ტრინიტროტოლუოლი). ამ მეთოდით, ტნტ-ით დაბინძურებული ნიადაგები მუშავდება „ბორცვოვანი“ კომპოსტით: ნიადაგს დიდი რაოდენობით ურევენ კომპოსტს და შლიან მინდვრის მთელ ზედაპირზე, ან სულაც - ათავსებენ ვიწრო რიგებად. კომპოსტი შედგება: ნახერხის, ჩალის, იონჯის, ნაკელის და სხვა აგროსამრეწველო პროდუქტებისგან და გამოიყენება მიკროორგანიზმთა ზრდის სტიმულაციისთვის. დადგენილია, რომ “ბორცვოვან” კომპოსტს გააჩნია დეგრადაციის მაღალი დონე და დაბალი ღირებულება. ეს მეთოდი წარმატებით გამოიყენეს აშშ-ში, სადაც ერთ-ერთი წყალქვეშა საზღვაო ბაზა (ბანგორში) 19 წლის მანძილზე ბინძურდებოდა საბრძოლო მასალების დეტონაციითა და ღია წვით. ბიორემედიაცია ჩატარდა კომპოსტირების მეთოდით და შთამბეჭდავი შედეგით დასრულდა: 30 დღის შემდეგ ტნტ-ს დონე შემცირდა 96-99%-ით.

ბიოხსნარები

ეს ტექნოლოგია მხოლოდ ex situ ტარდება.

ბიოხსნარების მეთოდი ემყარება დიდი მოცულობის ტანკების (რეზერვუარების) გამოყენებას, რომელშიც თავსდება ნიადაგისა და ბიოდანამატების (მიკროორგანიზმებისა და ორგანული სუბსტრატების) სუსპენზია. სიმფოლტის კომპანიამ ბიოხსნარების გამოყენებით დაამუშავა დაბინძურებული ნიადაგების გასუფთავების ეფექტური მეთოდი (SABRE), რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ექსკავატორით ითხრება ნიადაგი, ირჩევა, ემატება სახამებლის შემცველი სუბსტრატები (როგორც ნახშირბადის დამატებითი წყარო), შემდეგ ბუფერირდება ფოსფატით, რის შედეგადაც ყალიბდება ხსნარი. ეს უკანასკნელი თავსდება რეზერვუარში დესტრუქტორ-მიკრობულ პრეპარატთან ერთად.

ნებისმიერი ქიმიური სტრუქტურის ტოქსიკანტის მიკრობოლოგიური დეგრადაციის სიჩქარე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ისეთ ფაქტორებზე როგორცაა: ნიადაგში

ჟანგბადის კონცენტრაცია; ტემპერატურა, ნიადაგის pH, არაორგანული და ორგანული საკვები ნივთიერებების არსებობა გარემოში და სხვ. ამ ფაქტორებიდან ყველაზე არსებითი ჟანგბადის შემცველობაა, რადგან სწორედ ეს ელემენტი არეგულირებს აერობული (ჟანგბადით „მსუნთქავი“) და ანაერობული (უჟანგბადო პირობებში მცხოვრები) მიკროფლორის განვითარების ინტენსიობას.

4.2 ფიტორემედიაცია

„ფიტონ“-მცენარე; „რემედიაცია“- აღდგენა დიდი ხნის მანძილზე ითვლებოდა, რომ მცენარეს უჯრედში შეეძლოდ მხოლოდ ტოქსიკური ნაერთების დაგროვება („ბიოაკუმულაცია“) და არ ფლობდა ამ ნაერთის დაშლის უნარს. უკანასკნელ წლებში მცენარეებზე არსებული ამგვარი წარმოდგენა მკვეთრად შეიცვალა: დადგინდა, რომ მიკროორგანიზმების მსგავსად, მცენარეებიც ხასიათდებიან ტოქსიკანტების ასიმილაციის (დეგრადაციის) უნარით.

ორგანული ტოქსიკური ნაერთების უფრო აქტიურ დესტრუქტორებად მიკროორგანიზმები უნდა იქნენ მიჩნეული, რადგან მათთვის დამახასიათებელია სწრაფი ზრდის ტემპი, ადაპტაციის მაღალი უნარი და - ბიოპოლიმერების დამშლელი ფერმენტების ფართო სპექტრი. სრულიად განსხვავებული სურათი გვაქვს, როდესაც საქმე გარემოდან არაორგანული ნივთიერებების, მაგალითად, მძიმე მეტალების მოცილებას ეხება. ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმების სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფების წარმომადგენელს, შეუძლია, დიდი რაოდენობით შეიტანოს და უჯრედის შიგნით დააგროვოს მძიმე ლითონები. ისინი ხშირ შემთხვევაში, ამ ლითონებს დაჟანგვის ხარისხსაც უცვლიან, მაგრამ როგორც კი დადგება ლიზისის (სიკვდილის) ფაზა, მათი უჯრედი დაიშლება და ეს ლითონები ისევ ნიადაგში აღმოჩნდება.

ამრიგად, მძიმე მეტალებითა და არაორგანული ნაერთებით დაბინძურების შემთხვევაში მცენარეს ალტერნატივა არ გააჩნია: მცენარე, ფესვური სისტემით საკვებ კომპონენტებთან ერთად ნიადაგიდან მძიმე ლითონებსაც ითვისებს. შემდგომში ეს ელემენტები ტრანსპორტირდება მცენარის მიწისზედა ორგანოებში და ამრიგად, ამ გზით ნიადაგი და წყალსატევი იწმინდება ტოქსიკანტისგან.

ზოგიერთ მცენარეს, მაგ. სერეპტულ მდოგვს - *Brassica juncea* - ს უჯრედსა და უჯრედშორის სივრცეში 1-დან 1,7%-მდე თუთიის დაგროვება შეუძლია (მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით), ხოლო ჯვაროსანთა ოჯახის მცენარე *Alyssum bertolonii* ფოთლებში 1%-მდე ნიკელს აგროვებს. მცენარეთა ეს უნიკალური თვისება თანამედროვე ეკოლოგიური ფიტოტექნოლოგიების საფუძვლად იქცა.

ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების მეთოდები

- ფიტოექსტრაქცია
- რიზოფილტრაცია
- რიზოდეგრადაცია
- ფიტოდეგრადაცია
- ფიტოსტაბილიზაცია
- ფიტოვოლვატიზაცია
- ჰიდრავლიკური კონტროლი
- “მწვანე ფილტრი“
- კომპლექსური მეთოდები
- და სხვ.

მიკრობული რემედიაციის მსგავსად, ამა თუ იმ ეკოტექნოლოგიის გამოყენებამდე, ჯერ უნდა ჩატარდეს ფიტორემედიაციისთვის გამიზნული ობიექტის საგულდაგულო ანალიზი და დადგინდეს შემდეგი ფაქტორები: 1) დაბინძურებული ობიექტის კატეგორია (ნიადაგი, წყალსატევი, ქიმიური საწარმოს მიმდებარე ტერიტორია, ყოფილი სამხედრო პოლიგონიდან სხვ. 2) განისაზღვროს ტოქსიკანტის ტიპი და კონცენტრაცია; 3) ნიადაგში ტოქსიკანტის შეღწევის სიღრმე და სხვ. მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება რემედიაციული ტექნოლოგიის შერჩევა, რომელიც დაფუძნებული იქნება მოცემული ტოქსიკანტის დეგრადაციის უნარიანი მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების გამოყენებაზე.

4.3 ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიების უპირატესობები

- 1) მაღალი ეფექტურობა სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის დამაბინძურებლის მიმართ. ფიტორემედიაციული მეთოდებით, პრაქტიკულად, ყველა ტიპის ტოქსიკანტი, შეიძლება იქნას მოცილებული გარემოდან;
- 2) უნივერსალურობა გასასუფთავებელი ობიექტის მიმართ-მცენარეს შეუძლია ტოქსიკური ნაერთის შთანთქმა ნებისმიერი ეკოლოგიური ნიშიდან (წყალი, ნიადაგი, ჰაერი). ამჟამად არსებული ეკოტექნოლოგიები (ქიმიური, ფიზიკური და მექანიკური) ეფექტურია მხოლოდ ლოკალური მნიშვნელობის კონკრეტულ შემთხვევებში (ავარიები, კატასტროფები და ა.შ). ძალიან ხშირად იქმნება არახელსაყრელი ეკოლოგიური სიტუაცია, სადაც გლობალური ჩარევის საშუალება მხოლოდ მცენარეებს გააჩნიათ;
- 3) *in situ* მოქმედება უშუალოდ დაბინძურების ადგილზე. ცნობილია, რომ რემედიაციული ტექნოლოგიები, ძირითადად *ex - situ* პირობებში ტარდება, რაც მოითხოვს ნიადაგის ექსკავაციას, ტრანსპორტირებას, სპეციალურ რეაქტორებში ჩატვირთვას, ან- ნაკვეთებზე განთავსებას. ცხადია, ამ მანიპულაციებით მნიშვნელოვნად ირღვევა ნიადაგის სტრუქტურა. გადამუშავების შემდეგ ვეღარ ხერხდება მისი სრულფასოვანი აღდგენა, რადგან ნიადაგის სტრუქტურის ჩამოყალიბებას წლები სჭირდება. ეს ტექნოლოგია, შესაბამისად, ძვირადღირებულიცაა.
- 4) სიახლე- მცენარეები გარემოს ასუფთავებენ ყოველგვარი ენერგეტიკული და მატერიალური დანახარჯების გარეშე, რაც გახლავთ ფიტორემედიაციული სისტემების უდიდესი უპირატესობა სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით. არსებული მონაცემებით, 50 სმ -ის სიღრმეზე, ვერცხლისწყლით დაბინძურებული ერთი აკრი (0,4 ჰა) ნიადაგის ფიზიკო-ქიმიური ტექნოლოგიებით აღდგენა 400 000დან 1 700 000 აშშ\$ ჯდება, მაშინ როდესაც ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიით იგივე პროცედურა მხოლოდ- 60000-დან 100000\$-მდე. ფასში სხვაობა ძალიან თვალსაჩინოა!
- 5) ფიტორემედიაცია თავისი არსით ერთდროულად წარმოადგენს რემედიაციულ, პრევენციულ და პროფილაქტიკურ ღონისძიებას.

რიზოფილტრაცია - ამ მეთოდს, ძირითადად, იყენებენ გრუნტის, ჩამდინარე და ზედაპირული ჩანარეცხი წყლების, ასევე ბუნებრივი და ხელოვნური წყალსატევების გასაწმენდად. მეთოდი ძალზედ ეფექტურია მძიმე მეტალებითა და რადიონუკლიდებით დაბინძურებული წყლიანი გარემოს რემედიაციისთვის. რიზოფილტრაციის არსს მცენარის მიერ ხსნარში არსებული დამბინძურებლის ადსორბცია ან მისი ფესვებზე დალექვა წარმოადგენს. ამ მეთოდისთვის დამახასიათებელია ის, რომ ფესვზე ადსორბირებული (ან დალექილი) ტოქსიკანტის შეღწევა მცენარის ორგანიზმში ან საერთოდ არ ხდება, ან ძალიან უმნიშვნელო რაოდენობით

ფიტოექსტრაცია - ეს ტექნოლოგია გამოიყენება მძიმე ლითონებითა და რადიონუკლიდებით დაბინძურებული ნიადაგებისა და წყალსატევების გასაწმენდად (რიზოფილტრაციისგან განსხვავებით, რომელიც მხოლოდ წყლიან გარემოშია ეფექტური). ტექნოლოგიის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მცენარე საკვებ ნივთიერებებთან ერთად ნიადაგიდან შთანთქმავს როგორც ორგანულ, ასევე არაორგანულ ტოქსიკანტებს. ეს ნივთიერებები რჩება ფესვებში, ან მიიწევს ზევით და ტრანსპორტირდება მცენარის მიწისზედა ორგანოებში: ჩალაგდება ღეროში, ან ფოთლებში, ან სულაც თანაბრად გადანაწილდება მცენარის ყველა ორგანოში

რიზოდეგრადაცია - მცენარე არაპირდაპირი გზითაც შეიძლება, მონაწილეობდეს ფიტორემედიაციულ პროცესებში. ამის თვალსაჩინო მაგალითს რიზოდეგრადაცია წარმოადგენს. ეს გახლავთ ტექნოლოგია, რომელიც შექმნილია და რეალიზებული თავად ბუნების მიერ და მცენარისთვის ერთგვარ დამცავ ფარს წარმოადგენს. რიზოდეგრადაციის პროცესში ტოქსიკანტის გაუვნებელყოფა ძირითადად, ხდება რიზოსფეროს მიკროფლორის მიერ. რიზოსფერო წარმოადგენს მიკროორგანიზმებით მდიდარ, ნიადაგის თხელ ფენას (1-2მმ), რომელიც უშუალო კონტაქტშია მცენარეთა ფესვებთან. რიზოდეგრადაციის ტექნოლოგიას მიმართავენ ნავთობის ნახშირწყალბადებით, მაზუთით, მინერალური ზეთებით, პან-ითა და ჰერბიციდებით დაბინძურებული ნიადაგისა და თიხნარის გასაწმენდად.

ფიტოდეგრადაცია - ამ ტექნოლოგიას ფიტოტრანსფორმაციასაც უწოდებენ. ეს გახლავთ ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და ძირითადი ფიტოტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც ეფუძნება თავად მცენარის უნარს: მცენარე საკუთარი ფერმენტული სისტემების (უპირატესად ჟანგვითი ფერმენტების) წყალობით, იწყებს ქსენობიოტიკის ჟანგვას, ან აღდგენას ან ჰიდროლიზს, რაც საბოლოოდ, უჯრედშიგა შუალედური პროდუქტის (კონიუგანტების) წარმოქმნით ან ტოქსიკანტის სრული მინერალიზაციით მთავრდება. ფიტოდეგრადაციული ტექნოლოგიები განსაკუთრებით ეფექტურია იმ შემთხვევებში, როდესაც გარემო დაბინძურებულია ტოქსიკანტის მაღალი კონცენტრაციით, ხოლო ნიადაგის მიკროფლორა უძლურია და ვერ ამცირებს მის რაოდენობას. ეს მეთოდი წარმატებით გამოიყენება დიდი ფართობის ნიადაგების გასასუფთავებლად ისეთი დამბინძურებლებისგან, როგორცაა პენტაქლოროფენოლი, სხვადასხვა კლასის ჰერბიციდები, ფეთქებადი ნიტრო-ნაერთები, პან და სხვ.

ფიტოსტაბილიზაცია - ეს მეთოდი გულისხმობს ტოქსიკანტის გადაყვანას ისეთ ნაერთში, რომელსაც საგრძნობლად ნაკლები ძვრადობა (რეაქციისუნარიანობა) და ნაკლები ტოქსიკურობა ახასითებს. ტექნოლოგიას მიმართავენ მაშინ, როდესაც დამაბინძურებლის მოცილება ფიტორემედიაციის სხვა მეთოდებით შეუძლებელია ან დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. ამ ტექნოლოგიის ნაკლი გახლავთ ის, რომ ტოქსიკანტი პასიური ფორმით მაინც რჩება გარემოში, რის გამოც ნიადაგი მუდმივ ზედამხედველობას მოითხოვს. კერძოდ, მძიმე მატალების სტაბილურ ფორმაში გადასაყვანად (ლითონების ფუძეებში ან ფუძე მარილებში) საჭირო ხდება ნიადაგის პერიოდული შეტუტიანება.

ფიტოვოლატიზაცია - მცენარეთა უნიკალურ თვისებებზე - გაზთა ცვლისა და აორთქლების (ტრანსპირაციის) უნარზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიას წარმოადგენს. ფიტოვოლატიზაციის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

1. თავდაპირველად, ნიადაგიდან ან წყალსატევიდან მცენარე ფესვების საშუალებით ახორციელებს ტოქსიკანტის ექსტრაქციას;
2. შემდეგ, შთანთქმული ტოქსიკანტი მცენარის ორგანიზმში გარდაიქმნება ნაკლებად ტოქსიკურ ან არატოქსიკურ აქროლად ნაერთად;

3. გარდაქმნილი ნაერთი ტრანსპირაციის ნაკადით (აორთქლებით) გადაიტანება ფოთლებში, რასაც თან სდევს აირის სახით მისი გამოყოფა ატმოსფეროში;

ფიტოჰიდრაულიკა - მცენარეების მიერ წყლის დონისა და ტოქსიკანტების შემცველობის ჰიდრაულიკურ კონტროლს ფიტოჰიდრაულიკას უწოდებენ. ეს მეთოდი სასიცოცხლო მნიშვნელობის გრუნტის წყლების გაწმენდას ემსახურება. ამ მიზნით გამოიყენება ძლიერი ფესვთა სისტემის ხემცენარეები, რომლებიც წყალთან ერთად გრუნტიდან ისრუტავენ სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ტოქსიკანტებს. გრუნტის წყლების გასუფთავების თვალსაზრისით ძალიან “გაამართლა“ ალვის და არყის ხეებმა, ასევე- ტირიფმა, ევკალიპტმა.

5 საველე კვლევა

კვლევის მიზანი იყო მარნეულის მუნიციპალიტეტში, სოფელ თამარისში პესტიციდების საწყობის მიმდებარე ტერიტორიაზე ბიორემედიაციის მეთოდის საშუალებით ნიადაგების ნაყოფიერების აღდგენა. ასეთი მიტოვებული საწყობები მეტად საშიშია ადამიანისთვის, იქიდან გამომდინარე რომ ადვილადაა შესაძლებელი დაბინძურების გადატანა ჰაერის მასების მეშვეობით მიმდებარე ტერიტორიაზე, რომელსაც მოსახლეობა იყენებს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის წარმოებისთვის. ასევე შესაძლებელია დაბინძურების ჩარეცხვა ნიადაგიდან უფრო ქვედა ფენაში რაც გამოიწვევს გრუნტის წყლების დაბინძურებას.

პირველ რიგში მოხდა საკვლევი ტერიტორიის დამუშავება და დასუფთავება, რაშიც იგულისხმება დახვნა და ქვა-ღორღიანი ფრაქციის მოშორება. შემდეგი ეტაპზე დაითესა ბალახი, რომელთა პროცენტული განაწილებაც ასე გამოიყურება.

Festuca arundinacea/Rahela 20% - წივანა (მარცვლოვანთა ოჯახი)

Lolium perenne/Bokser 50% - გავრცელებული სახელი Raygrass (ქვავის ბალახი)

Lolium perenne/Nira 25% - გავრცელებული სახელი Raygrass (ქვავის ბალახი)

Poa pratensis/Evora 5% - თივაქასრა (გავრცელებული სახელი - Meadow grass - მდელოს ბალახი)



სურათი 5.1 *Festuca arundinacea*



სურათი 5.2 *Lolium perenne*



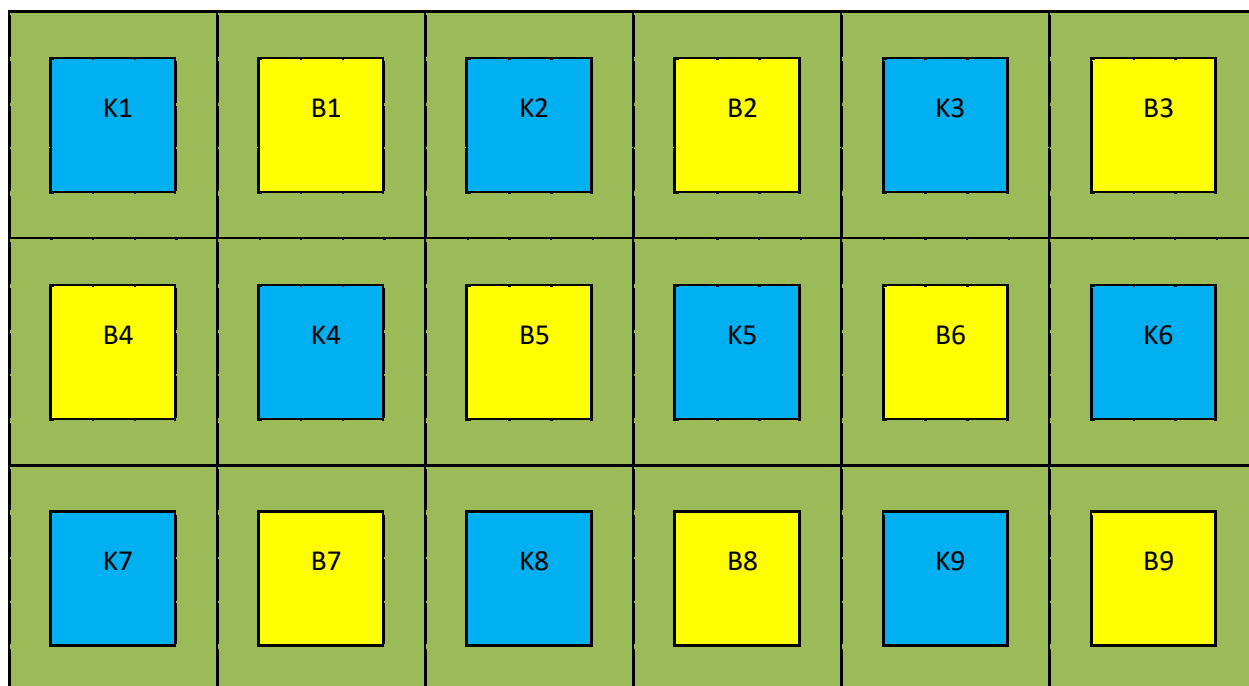
სურათი 5.3 *Lolium perenne*



სურათი 5.4 *Poa pratensis*

შემდეგი საფეხური უკვე იყო ნაკვეთის ნაწილებად დაყოფა. რომელიც მოხდა შემდეგნაირად.

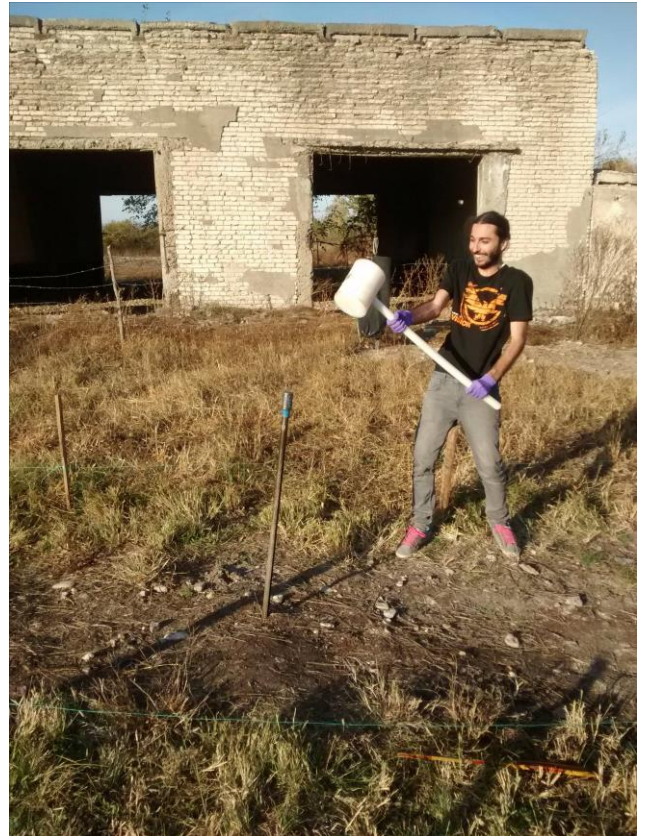
სურათი 5.5



ამ პერიოდშივე მოხდა თითოეული დანაყოფიდან ნიადაგის ნიმუშების აღება რომელიც მოიცავდა 0 – 10 სმ და 10 – 30 სმ სიღრმის ნიადაგის ნიმუშებს. ნიმუშების აღების პრინციპი იყო შემდეგი, რომ ერთი დანაყოფის 5 ადგილიდან აგველო 0 – 10 სმ ნიმუში, შეგვერია ერთმანეთში და გვექცია ერთ ნიმუშად. ასეთივე პრინციპით იქნა აღებული 10 -30 სმ სიღრმის ნიმუშები. ამ ნიმუშებს ეწოდა (t_0).



სურათი 5.6



სურათი 5.7



სურათი 5.8

K და B მონაკვეთებს შორის ის განსხვავება იყო მხოლოდ და მხოლოდ რომ K მონაკვეთი მუშავდებოდა წყლით მხოლოდ და მხოლოდ და წარმოადგენდა კონტროლს ხოლო B მონაკვეთის დამუშავება კი ხდებოდა მიკრო ემულსიით.



სურათი 5.9



სურათი 5.10

მიკრო ემულსიის გამზადება ხდებოდა შემდეგი პრინციპით:

პოლისორბატი 80

1გ/ ლ

მზესუმზირის ზეთი:

0,057 გ/ლ

რაოდენობრივი გადაწყვეტა

ყოველ ფართობზე (B) და ტერმინი:

20ლ

+20 გ პოლისორბატ 80

+1,4 გ მზესუმზირის ზეთი

ფართობის რაოდენობა:	9
საერთო ჯამი ყოველ ტერმინზე	180ლ
	+180გ პოლისორბატი 80
	+10,26გ მზესუმზირის ზეთი

პოლისორბატი 80 არის პრეპარატი რომლითაც ხდებოდა მცენარის ათვისების და აკუმულაციის უნარის გაზრდა. ეს მცენარეს ეხმარებოდა ნიადაგიდან დამაბინძურებლების ათვისებაში. მზესუმზირის ზეთი კი იმის გამო იქნა გამოყენებული რომ მცენარეს ადვილად შეეთვისებინა პოლისორბატი 80.

დამუშავებებს შორის ინტერვალი მერყეობდა 2-დან 3 კვირამდე. გამომდინარე იქიდან რომ აუცილებელად უნდა ყოფილიყო მშრალი ამინდი. ბალახის ზრდის მიხედვით ხდებოდა მათი ნიმუშების აღება. აუცილებელი იყო მინიმუმ 10 სანტიმეტრის სიგრძის ბალახი.



სურათი 5.11



სურათი 5.12



სურათი 5.13

ერთ ვეგეტაციის პერიოდში აღებული იქნა 5-ჯერ ბალახის ნიმუში ყველა დანაყოფიდან. ვეგეტაციის პერიოდის დამთავრების შემდეგ აღებულ იქნა ნიადაგის ნიმუშები რომელსაც ეწოდა t_{Ende} და გაკეთდა ასევე 4 ნიადაგური ჭრილი და შეფასდა ნიადაგის ჰორიზონტებში DDX-ის გავრცელება.



სურათი 5.14



სურათი 5.15



სურათი 5.16



სურათი 5.17



სურათი 5.18

სურათი 5.19



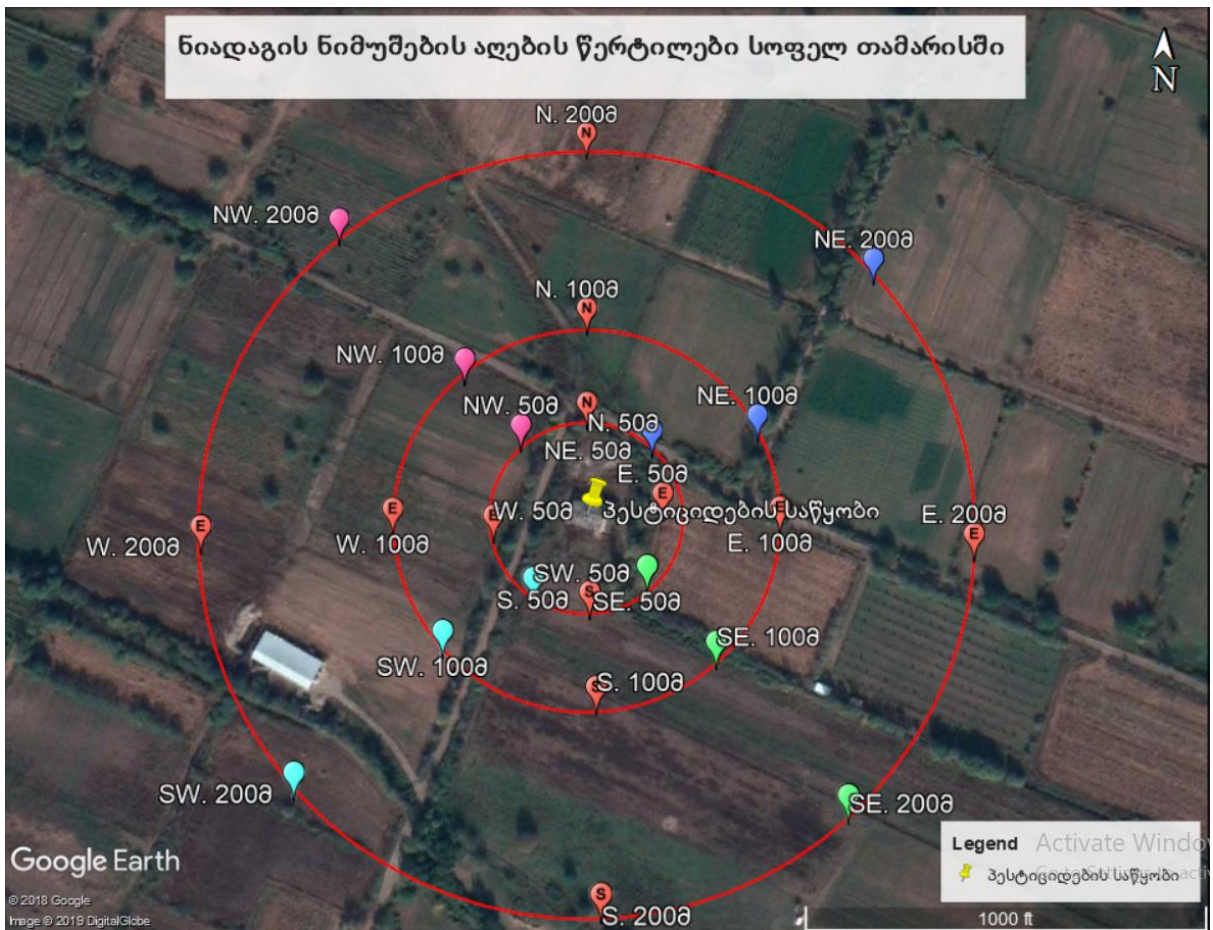
სურათი 5.20



სურათი 5.21

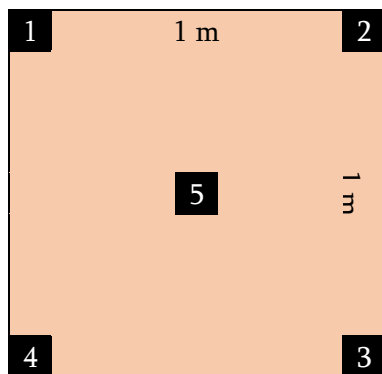
პროექტის დასრულების შემდეგ ჩატარდა მცირე კვლევა, რომელიც მოიცავდა ყოფილი პესტიციდების საწყობის მიმდებარე ტერიტორიაზე დაბინძურების გავრცელებას ჰაერის მასებით. ამისთვის საწყობიდან 50, 100 და 200 მეტრიან რადიუსების დაშორებით აღებულ იქნა 0-10, 10-30სმ სიღრმის ნიადაგის ნიმუშები 4 ძირითად და 4 გარდამავალ მხარეს.

სურათი 5.22



თითოეულ წერტილზე იქნა 5 ნიმუში აღებული 0-10სმ სიღრმეზე. მათი არევით იქნა მიღებული 1 ნიმუში. ასეთივე პრინციპით იქნა აღებული 10-30სმ სიღრმის ნიმუშები. მთლიანობაში აღებულ იქნა 48 ნიადაგის ნიმუში.

სურათი 5.23



სურათი 5.24



სურათი 5.25



სურათი 5.26



საწყობის მიმდებარე ტერიტორიაზე არის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები ამ პერიოდშივე გამოიკითხა მესაკუთრეები ვის ნაკვეთშიც აღებულ იქნა ნიმუშები, იმის გასაგებად თუ რა მოჰყავთ ამ ნაკვეთში, მოიხმარენ მას თვითონ თუ ყიდიან.

5.1 საველე კვლევის შედეგები

DDX ნიადაგის ნიმუშებში t_0 (საწყის ნიმუშები)

ცხრილი 5.1

ΣDDX		0-10 სმ		მგ/კგ	
K	B	K	B	K	B
85	1.255	2.474	2.016	936	407
196	69	726	371	72	69
1.426	193	7	4	74	14
K	B	K	B	K	B

ΣDDX		10-30 სმ		მგ/კგ	
K	B	K	B	K	B
179	274	528	389	122	14
148	29	73	140	22	17
14	11	17	7	24	23
K	B	K	B	K	B

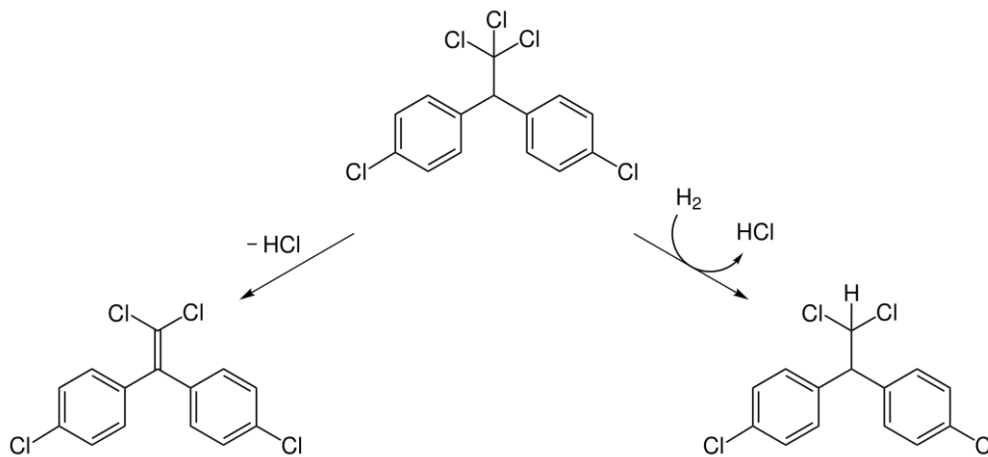
ცხრილში ჩანს რომ დაბინძურება ძალიან მაღალია B1, B2, B5, K2, K3 და K7 მონაკვეთში 0 – 10 სანტიმეტრ სიღრმეში. შედარებით ნაკლებია 10 – 30 სანტიმეტრის სიღრმეზე DDX-ის შემცველობა. ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი არის პირველ ზოლზე რომელიც იმით შეიძლება აიხსნას რომ ის ყველაზე ახლოსაა ძველ პესტიციდების საწყობთან.

DDX ეს არის DDT-ს, DDD-ს და DDE-ს ჯამი.

პირველადი პროდუქტი არის DDT (დიქლორდიფენილტრიქლორეთანი) - უფერო, უგემოვნო და თითქმის უსუნო კრისტალური ქიმიური ქლორორგანული ნაერთი. პირველად გამოიყენეს როგორ ინსექტიციდი (ქიმიური ნივთიერება მავნებლებთან

საბრძოლველად) 1970-იანი წლებიდან დაიწყო მათი აკრძალვა განვითარებულ ქვეყნებში. დღესდღეობით DDT ითვლება კანცეროგენად და მისი გამოყენება სასტიკად აკრძალულია.

DDT-ს ბუნებრივად გარდაქმნით მიიღება DDD და DDE.



სურათი 5.27 მარცხნივ DDE, შუაში DDT, მარჯვნივ DDD

როგორც სურათზე ვხედავ DDT-დან ქლორწყალბადის (იგივე მარილმჟავა) გამოყოფის შემდეგ ის გარდაიქმნება DDE-თ

ხოლო DDT-ს ურთიერთქმედებისას წყალბადთან (H₂) (ეგრეთ წოდებული რედუქციული დექლორიზაცია) გარდაიქმნება DDD-თ.

გარდაქმნების მიუხედავად DDD და DDE-ც რჩება ისევ მდგრადად და იგივე ქიმიური თუ ფიზიკური თვისებებით. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს კვლევების საფუძველზე რიგ შემთხვევებში გარდაქმნის პროდუქტები (DDD, DDE) ბევრად საშიშია ვიდრე პირველადი პროდუქტი (DDT).

DDX ნიადაგის ნიმუშებში t_{Ende} (საბოლოო ნიმუშები)

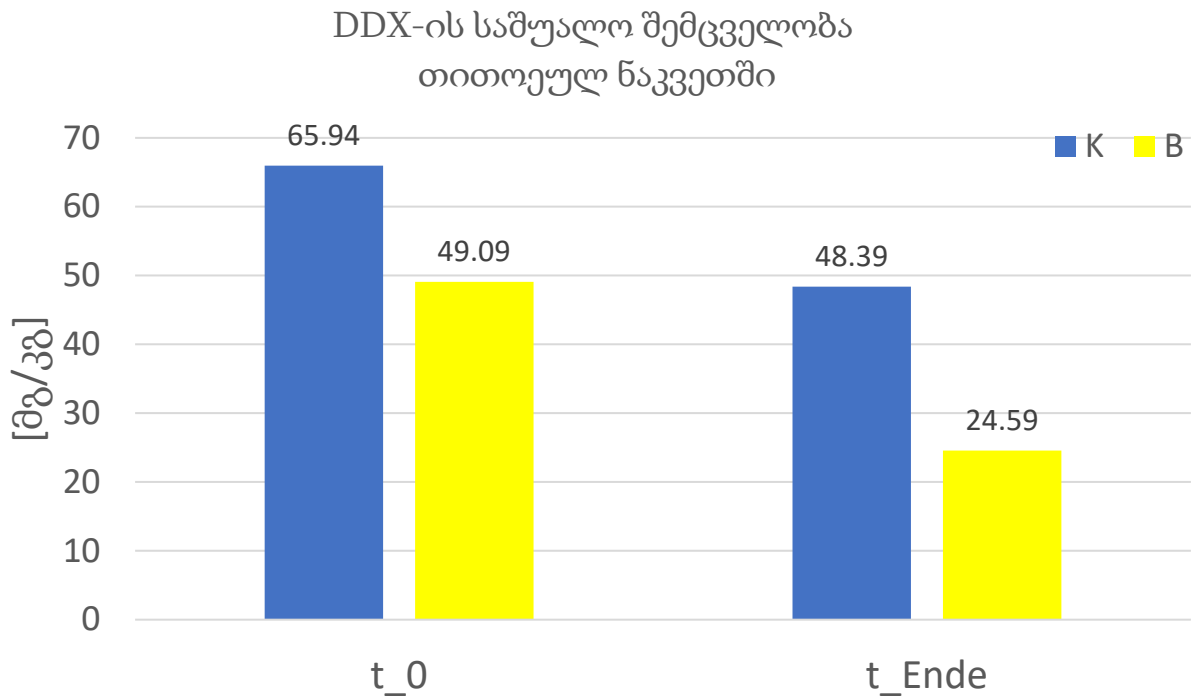
ცხრილი 5.2

ΣDDX 0-10 სმ		მგ/კვ			
K	B	K	B	K	B
96	941	2.742	1.341	550	11
19	13	157	20	4	17
5	5	4	5	3	3
K	B	K	B	K	B

ΣDDX 10-30 სმ		მგ/კვ			
K	B	K	B	K	B
23	153	1.384	126	148	2
7	4	80	5	1	4
1	2	2	2	2	2
K	B	K	B	K	B

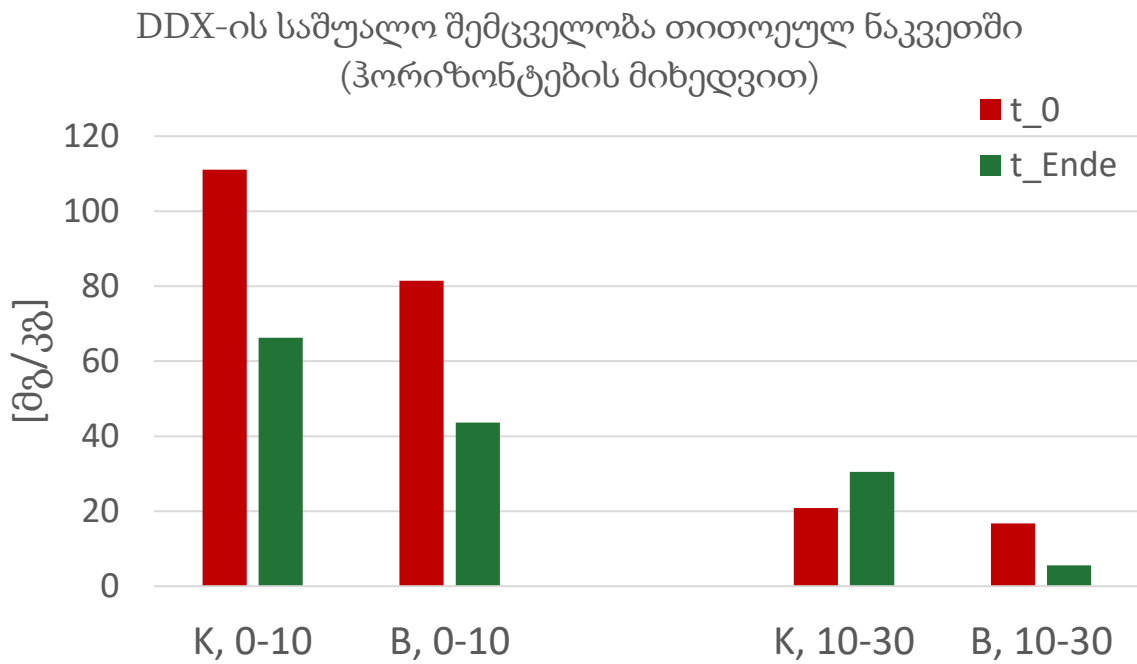
ამ ნიადაგის ნიმუშებიდან კარგად სჩანს რომ უმეტეს მონაკვეთში საგრძნობლადაა შემცირებული DDX-ის კონცენტრაცია, განსაკუთრებით აღსანიშნავია B1, B2, K3, K7 მონაკვეთების 0 – 10სმ სიღრმის ნიმუშები სადაც DDX-ის შემცველობა საკმაოდ დაკლებულია. მაგალითად B1 მონაკვეთში 1255 მილიგრამიდან დაწეულია 941-მდე. B2 მონაკვეთში 2016-დან შემცირებულია 1341-მდე. 10 – 30სმ სიღრმის ნიმუშებში ორი მონაკვეთის გარდა (K2, B5) ასევე შემცირებულია DDX-ის შემცველობა.

დიაგრამა 5.1



დიაგრამა 7.1ზე კარგად სჩანს რომ K მონაკვეთებში სადაც არ ხდებოდა ემულსიის შეტანა 25%-ით არის შემცირებული DDX-ის შემცველობა ნაკვეთებში, ხოლო B მონაკვეთებში სადაც ხდებოდა ემულსიით დამუშავება მცენარეების, DDX-ის შემცველობა თითქმის 50%-ით არის შემცირებული.

დიაგრამა 5.2



დიაგრამა 7.2ზე სჩანს რომ პირველ და ბოლო ნიადაგის ნუემუებს შორის არის დიდი ცვლილება DDX-ის შემცველობისა ნიადაგში. ძალიან კარგი შედეგი ჩანს B მონაკვეთებში 0-10სმ სიღრმეზე სადაც თითქმის 50%-თაა შემცირებული DDX-ის გავრცელება. ჩემდა გასაკვირად უარყოფითი შედეგი ჩანს K მონაკვეთების 10-30სმ სიღრმეზე, რაც გამოიხატება იმით რომ შემცირების მაგივრად გაზრდილია ნიადაგში DDX-ის შემცველობა, რაც იქიდან გამომდინარე შეიძლება იყოს ეს შედეგი რომ ნიადაგის ნიმუშის აღების ადგილი პირდაპირ დაემთხვა იმ კონკრეტულ უბანზე პესტიციდის ლაქობრივ გავრცელებას, რამაც მოგვცდა ესეთი ცდომილება.

DDX-ის გავრცელება პროფილში ჰორიზონტების მიხედვით

ცხრილი 5.3

		K4		
ჰორიზონტი	სიღრმე / სმ	DDE	DDD	DDT
A h	0 - 13	6,72	3,27	12,06
A 1	13 - 31	0,22	-	0,55
B 1	31 - 48	-	-	-
B 2	48 - 66	-	-	-
C	66 - 93	-	-	0,30

		B5		
ჰორიზონტი	სიღრმე / სმ	DDE	DDD	DDT
A h	0 - 17	1,53	0,48	3,58
A 1	17 - 38	0,14	-	-
B	38 - 70	-	-	-
C	70 - 97	0,35	-	-

		K9		
ჰორიზონტი	სიღრმე / სმ	DDE	DDD	DDT
A h	0 - 14	0,22	-	-
A 1	14 - 30	0,19	-	-
B 1	30 - 49	0,06	-	0,27
B 2	49 - 63	0,33	1,38	6,63
C	95 - 63	-	-	-

		B9		
ჰორიზონტი	სიღრმე / სმ	DDE	DDD	DDT
A h	0 - 18	1,40	-	0,56
A 1	18 - 33	0,15	-	0,43
B 1	33 - 51	-	-	-
B 2	51 - 65	-	-	-
C	65 - 83	-	-	-

როგორც უკვე აღვნიშნე სავეგეტაციო პერიოდის დასრულების შემდეგ გაკეთებული იქნა 4 ნიადაგის ჭრილი და იმის გასაგებათ თუ რამდენად ხდება ქვედა ჰორიზონტებში DDE, DDD და DDT-ს გავრცელება. როგორც ცხრილ 7.3-ზე ვხედავთ უმეტესად DDX-ის გავრცელება ხდება ხედაპირულ ჰორიზონტთან ახლოს, მაგრამ გვაქვს K9 მონაკვეთის ნიადაგური ჭრილი სადაც DDTს შემცველობა საკმაოდ მაღალია B2 ჰორიზონტზე რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ჩარეცხვითი პროცესებით. მთლიანობაში სურათი კი იმის შეფასების შესაძლებლობას გვაძლევს რომ უმეტესად მათი გავრცელება მაინც ზედა ჰორიზონტებთანაა დაკავშირებული.

დასკვნა

საქართველოში დიდი რაოდენობით ვხვდებით მიტოვებული პესტიციდების საწყობებს, რაც ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საშიშროებას წარმოადგენს.

ნიადაგები დაბინძურებულია მდგრადი ორგანული პოლუტანტებით, რაც ხელს უშლის ნიადაგის პოტენციალის სრულ გამოყენებას.

შეუძლებელი ხდება ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტის წარმოება მსგავსი ტიპის დაბინძურებულ ნიადაგებზე.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე სამართლიანია იმის თქმა, რომ ბიორემედიაცია წარმოადგენს ნიადაგების რემედიაციის ერთ-ერთ რენტაბელურ მეთოდს.

კონკრეტულ კვლევაში ფიტორემედიაციის მეთოდის გამოყენებით, ნიადაგებში მდგრადი ორგანული პოლუტანტების რიცხვი 50%-მდე შემცირდა.

აუცილებელია გაგრძელდეს კვლევების ჩატარება ამ მიმართულებით, რაც ხელს შეუწყობს ნიადაგების დაბინძურების შედეგად გამოწვეული პრობლემების აღმოფხვრას.

განსაკუთრებით საჭიროა რამდენიმე წლიანი ექსპერიმენტების ჩატარება, რათა ფიტორემედიაციის ეფექტი უფრო მეტად გამოვლინდეს.

ასევე მნიშვნელოვანია სოფლის მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლება პესტიციდებთან და მათ მოხმარებასთან დაკავშირებით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ურუშაძე თ. ბლუმი ვ. „ნიადაგების გეოგრაფია ნიადაგმცოდნეობის საფუძვლებით“, თსუ 2011
2. ფალავანდიშვილი შ. „ნიადაგების გეოგრაფია“ ბათუმი, 2002
3. საბაშვილი მ. „ნიადაგმცოდნეობა“ თსუ, 1970
4. ურუშაძე თ. „საქართველოს ძირითადი ნიადაგები“ მეცნიერება, 1997
5. ურუშაძე თ. „ნიადაგების კლასიფიკაცია“ თსუ 2013
6. მარუაშვილი ლ. „საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია“ თბილისი 1970
7. Spain, J., J. B. Hughes, and H.-J. Knackmuss (ed.). 2000. Biodegradation of nitroaromatic compounds and explosives. Lewis Publishers, Boca Raton, Fla.
8. Alexander M. 1994. Biodegradation and Bioremediation. Acad. Press, San Diego, Calif.
9. Andrea R. Clemente; Tania A. Anazawa; Lucia R. Durrant. 2001. Bioderadation of aromatic hydrocarbons by soil fungi. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil
10. Bennett J. W. and Faison B. D. 1997. Use of Fungi in Biodegradation. In: Environmental Microbiology, ASM Press, Washington
11. Crawford D. L., Crawford R. L. 1996. Bioremediation Principles and Applications. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1-34.
12. Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of contaminated soil in Kazakhstan Asil Nurzhanova & Sergey Kalugin & Kabl Zhambakin

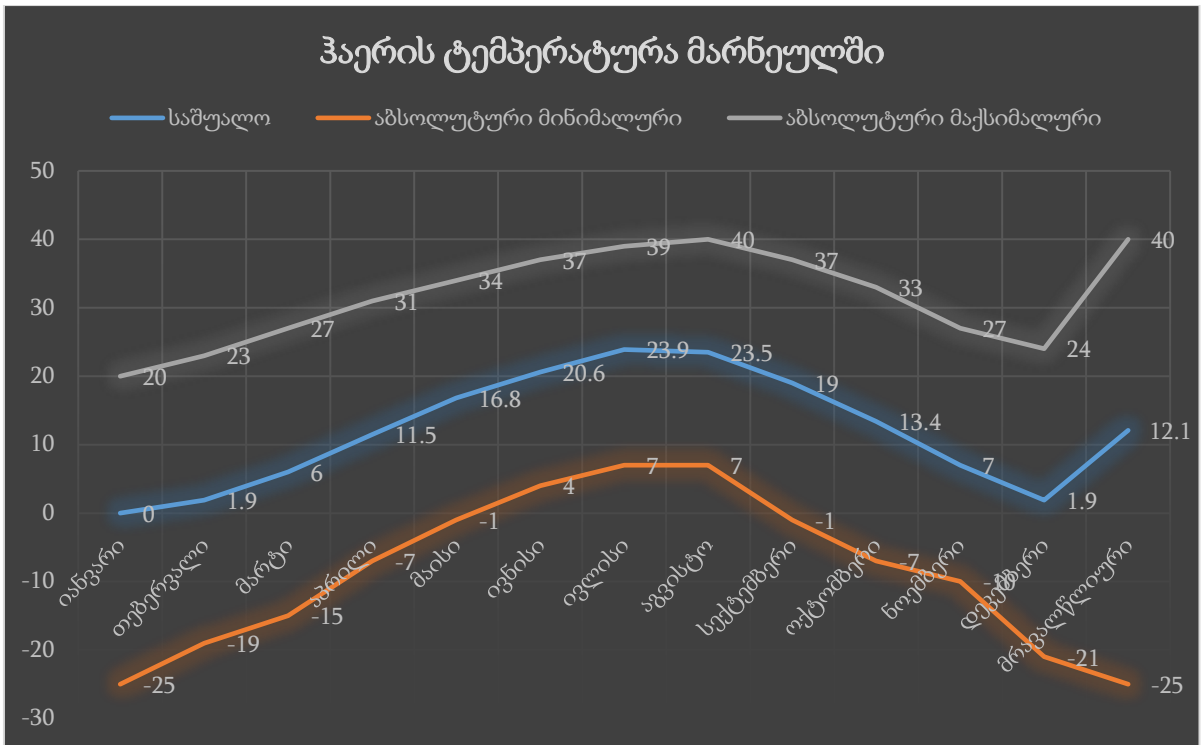
Received: 7 May 2012 / Accepted: 24 July 2012 / Published online: 14 August 2012

13. СПРАВОЧНИК ПО КЛИМАТУ СССР, в. 14, ч. III Отв. редактор *Г.М. Лоладзе*, Редактор *Г. И. Слабкович*, Техн. редактор *Г. В. Ивкова*, Корректор *М.Н Казаринова*. Сдано в набор 1/XII 1967 г. Подписано к печати 1/III 1968 г.

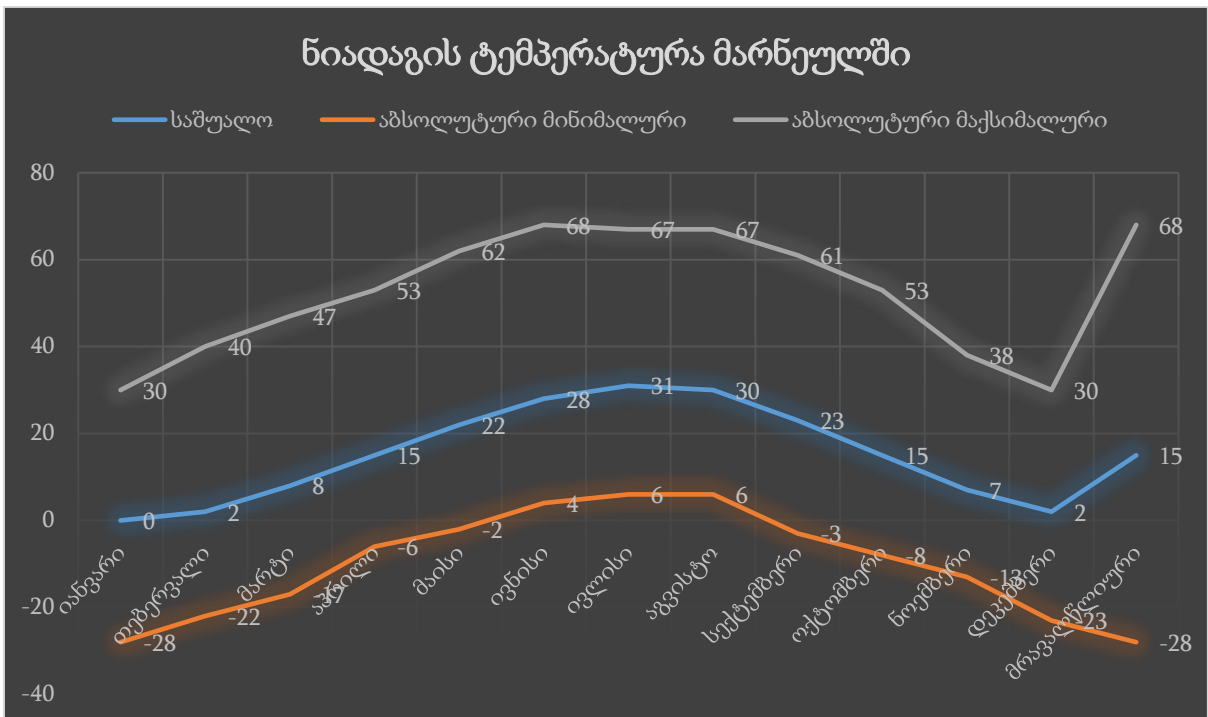
14. СПРАВОЧНИК ПО КЛИМАТУ СССР, в. 14, ч. IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, Снежный покров. Отв. редактор *Г.М. Лоладзе*, Редактор *Е.Г. Роговская*, Техн. редактор *Г. В. Ивкова*, Корректоры: *П.В. Стебливец, А.В. Хюркес*. Сдано в набор 16/II 1970 г. Подписано к печати 3/VI 1970 г.
15. СПРАВОЧНИК ПО КЛИМАТУ СССР, ч. II, вып. 14. Отв. редактор *Г.М. Лоладзе*, Редактор *Е.Г. Роговская*, Техн. Редактор *Л.А. Липатова*, Корректор *Н.И. Оршер*. Сдано в набор 12/X 1966 г. Подписано к печати 20/V 1967 г.

დანართები

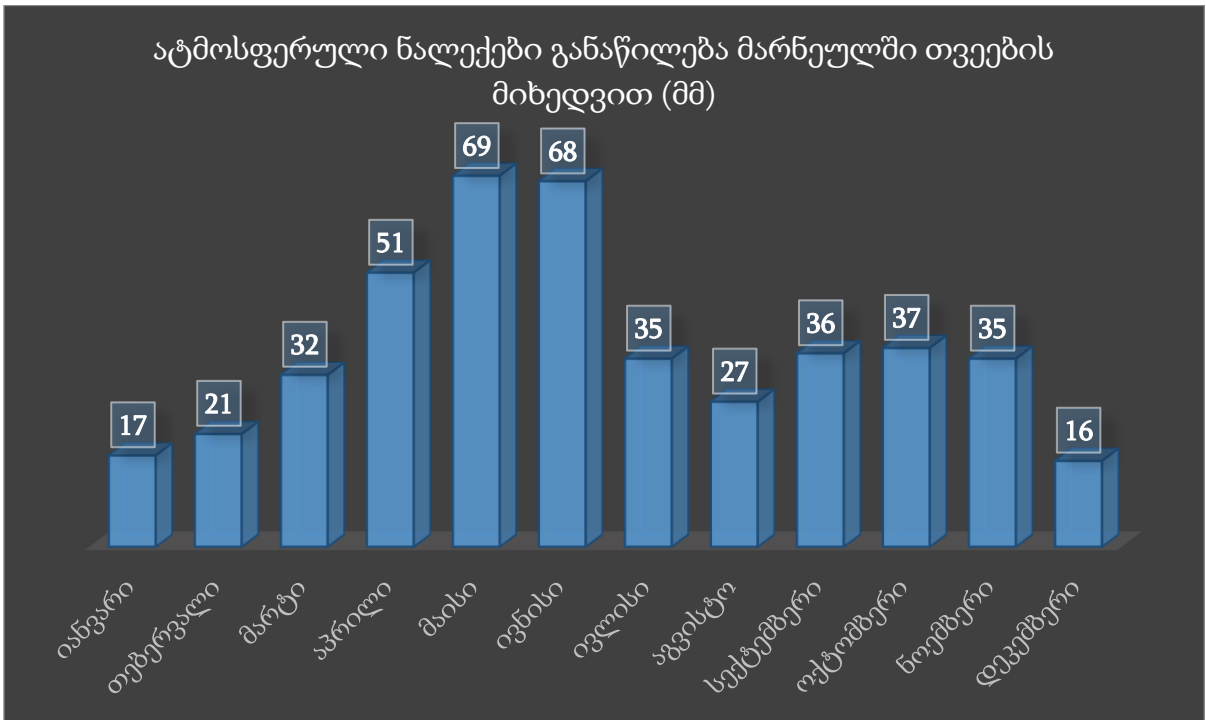
გრაფიკი 1



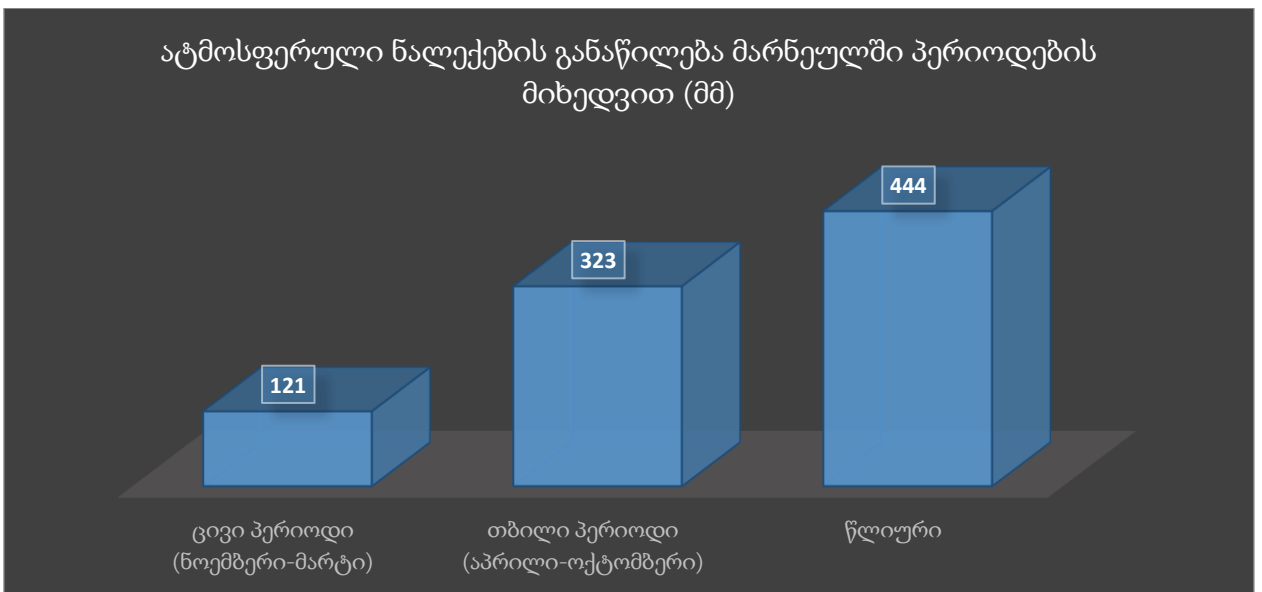
გრაფიკი 2



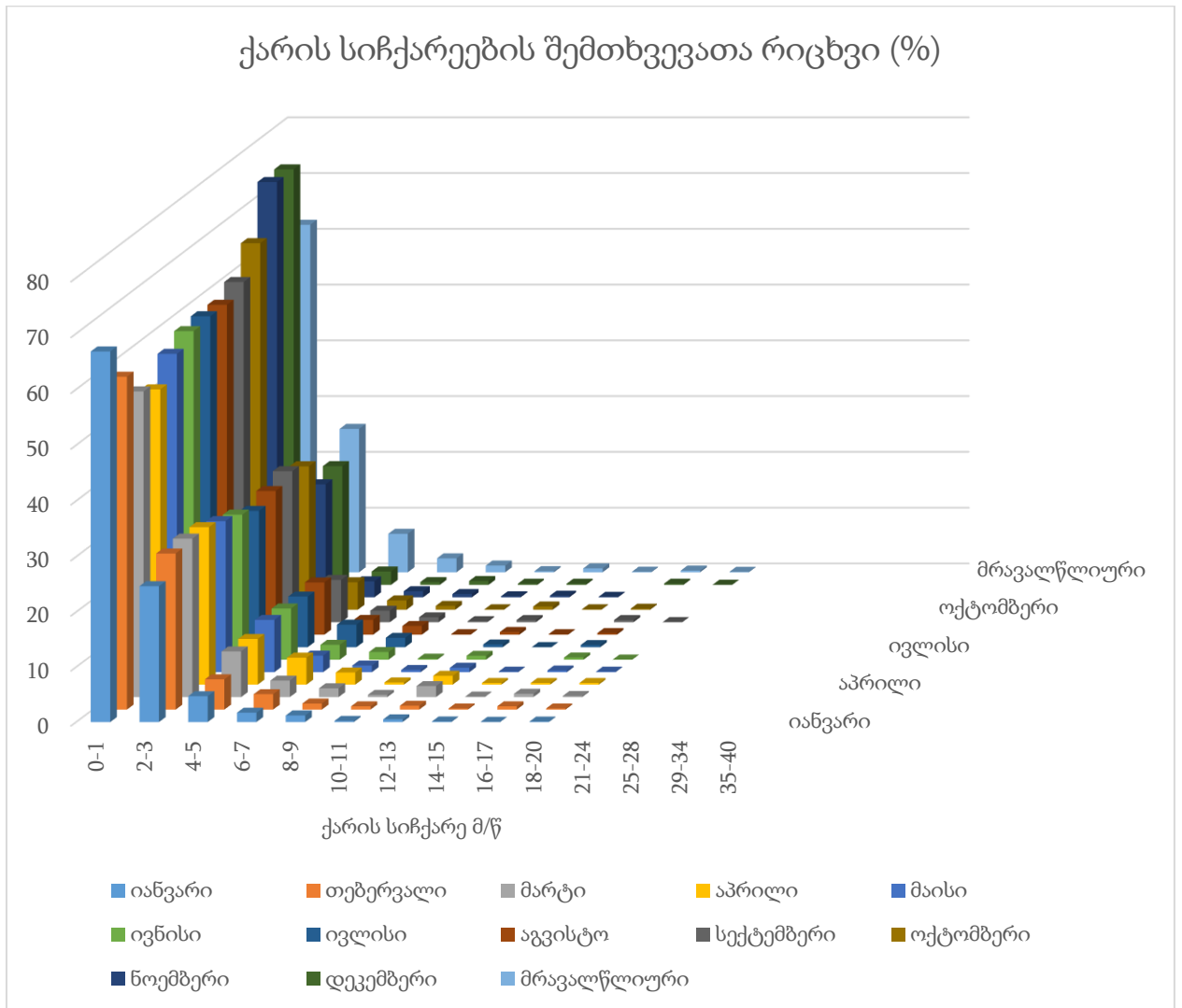
დიაგრამა. 1



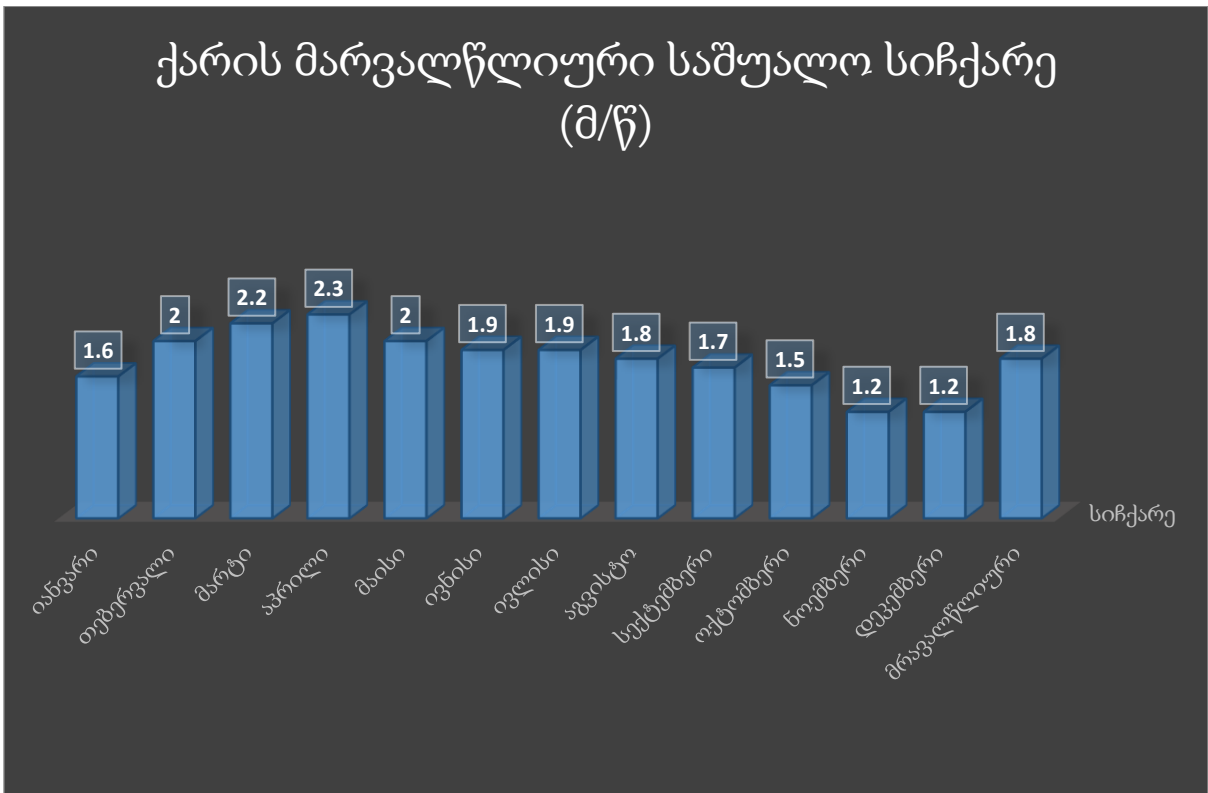
დიაგრამა. 2



დიაგრამა 3



დიაგრამა 4

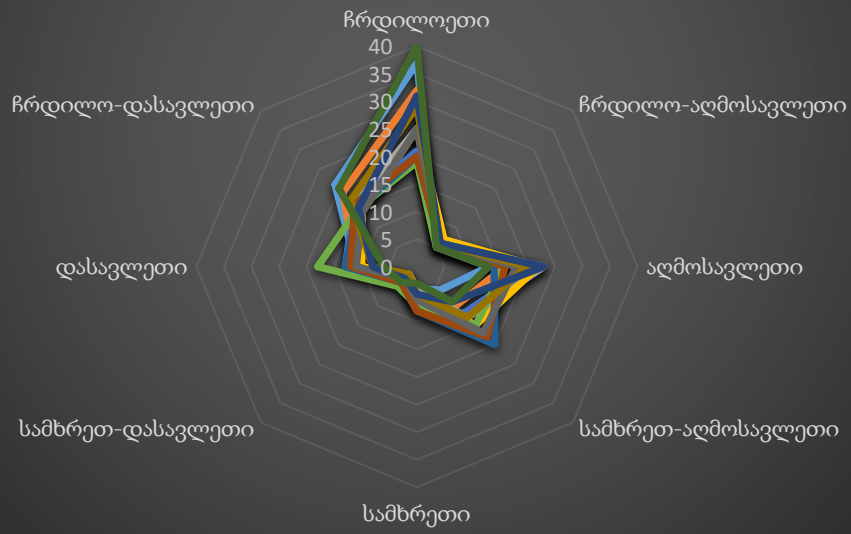


გრაფიკი 3



ჰაერის მასების გადაადგილების მიმართულება თვეების მიხედვით (%)

- იანვარი
- თებერვალი
- მარტი
- აპრილი
- მაისი
- ივნისი
- ივლისი
- აგვისტო
- სექტემბერი
- ოქტომბერი
- ნოემბერი
- დეკემბერი



ცხრილი 1

რადიუსზე აღებული ნიადაგის ნიმუშების კოორდინატები

მიმართულება	გრძედი	განედი
N.50მ	41°26'41.49"N	44°45'37.47"E
N.100მ	41°26'43.15"N	44°45'37.38"E
N.200მ	41°26'46.37"N	44°45'37.20"E
NE.50მ	41°26'41.05"N	44°45'38.97"E
NE.100მ	41°26'41.38"N	44°45'41.33"E
NE.200მ	41°26'44.22"N	44°45'43.94"E
E.50მ	41°26'39.97"N	44°45'39.25"E
E.100მ	41°26'39.81"N	44°45'41.88"E
E.200მ	41°26'39.48"N	44°45'46.21"E
SE.50მ	41°26'38.74"N	44°45'38.95"E
SE.100მ	41°26'37.53"N	44°45'40.52"E
SE.200მ	41°26'35.14"N	44°45'43.44"E
S.50მ	41°26'38.27"N	44°45'37.70"E
S.100მ	41°26'36.72"N	44°45'37.93"E
S.200მ	41°26'33.46"N	44°45'38.20"E
SW.50მ	41°26'38.47"N	44°45'36.44"E
SW.100მ	41°26'37.54"N	44°45'34.51"E
SW.200მ	41°26'35.17"N	44°45'31.50"E
W.50მ	41°26'39.49"N	44°45'35.49"E
W.100მ	41°26'39.54"N	44°45'33.24"E
W.200მ	41°26'39.12"N	44°45'29.02"E
NW.50მ	41°26'41.06"N	44°45'36.00"E
NW.100მ	41°26'42.17"N	44°45'34.65"E
NW.200მ	41°26'44.59"N	44°45'31.56"E