

სსიპ ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელობის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტი  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი  
ბიოლოგიის დეპარტამენტი



ნათელა ტეტემაძე

კოლხეთის პერკოლაციური ტორფნარების სფაგნუმის სახეობების  
მორფოლოგიური-ანატომიური შესწავლა, კონსერვაცია და გონივრული  
გამოყენება

( წარდგენილია ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად )

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:  
ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი იზოლდა მაჭუტაძე  
პროფესორი ალიოშა ბაკურიძე

ბათუმი -2021

მე, ნათელა ტეტემაძე, როგორც წარდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად.

ნათელა ტეტემაძე: *ნ. ტეტემაძე*

## შინაარსი

შესავალი -----	4
თავი 1. ლიტერატურის განხილვა -----	10
1.1. კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმიანი ტორფნარები -----	10
1.2. სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური მახასიათებლები -----	13
1.3. ტორფნარის ეკოლოგიური გარემო -----	16
1.4. სფაგნუმი, როგორც ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღების წყარო -----	20
1.5. სფაგნუმი როგორც, ატმოსფერული ჰაერის დაჭუჭყიანების ბიოინდიკატორი -----	29
ექსპერიმენტული ნაწილი -----	34
თავი 2. კვლევის ობიექტი და მეთოდები -----	34
თავი 3. კვლევის შედეგების განხილვა -----	47
3.1. კოლხეთის დაბლობის გვარი სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური, ანატომიურ - მორფოლოგიური და ეკოლოგიური მახასიათებლები -----	47
3.1.1 სექცია <i>Sphagnum L.</i> -----	47
3.1.2 სექცია <i>Cuspidata</i> -----	58
3.1.3 სექცია <i>Subsecunda</i> -----	60
3.2 ეკოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა -----	61
3.3 კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის სფაგნუმის სახეობების ქიმიური შედენილობის განსაზღვრა -----	62
3.4 სფაგნუმის ზოგიერთი სახეობის ანტიბაქტერიული მოქმედების შესწავლა -----	66
3.5 ჰაერის მძიმე მეტალებით დაჭუჭყიანების მონიტორინგი ბიოინდიკატორის - „სფაგნუმის ჩანთის“ გამოყენებით -----	68
3.5.1 „სფაგნუმის ჩანთებით“ ქ. ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების შემცველობის მონიტორინგი -----	68
3.5.2 ქ. ბათუმის ბიომონიტორინგის კვლევის შედეგები -----	69
3.5.2.1 2016 წლის შემოდგომის კვლევის შედეგები -----	70
3.5.2.2 2017 წლის ზამთრის კვლევის შედეგები -----	75

3.5.2.3 2017 წლის გაზაფხულის კვლევის შედეგები	80
3.5.2.4 2017 წლის ზაფხულის კვლევის შედეგები	85
3.5.2.5 მიღებული შედეგების შედარება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებთან	91
დასკვნები	94
რეკომენდაცია	96
მადლობა	96
ლიტერატურა	97

## შესავალი

კოლხეთის სფაგნუმის ტორფნარები და ფლორა გამყინვარების დროინდელია (მესამეული პერიოდისა). სწორედ ამ დროიდანაა შემორჩენილი კოლხეთში სფაგნუმის სახეობები. ტორფის წარმომქნელ ყველა სხვა დანარჩენ სახეობათა შორის, სფაგნუმს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. კოლხეთი, როგორც განსაკუთრებული თვისებების მქონე და განსაკუთრებული ადგილის გამო მსოფლიოს ტორფნარებს შორის განიხილება როგორც სპეციალური ადგილი, სადაც ხარობს მსოფლიოს უნიკალური ცოცხალი სფაგნუმის პერკოლაციური ტორფნარები (Joosten et. All.2000:42, Joosten et. All.2002:43).

დღეს მთელი მსოფლიოს დღის წესრიგშია, ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარება და ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება, რაც დამოკიდებულია სათბური გაზების ეგრეთ წოდებული „დეპო“-ს – ტორფნარების შენარჩუნებაზე, დეგრადირებულის აღდგენასა და მათ რაციონალურად გამოყენებაზე.

“ტორფნარების დაცვა და შენარჩუნება ეს არ არის ერთი, რომელიმე ცალკეული ქვეყნის საზრუნავი, არამედ, ეს ბრძოლაა სათბური გაზების ემისიასთან, წყლის ხარისხის გაუმჯობესებასთან და ველური ბუნების კონსერვაციის მხარდასაჭერად“ (დოქტორო ტერეზა კოფფი დიდი ბრიტანეთის გარემოსდაცვის მინისტრი, 2017 წ.).

ვინაიდან ადამიანი ბიოსფეროს ნაწილია, მასზე განუწყვეტლივ მოქმედებს გარემო ეკოტოქსიკოლოგიური ფაქტორები. დღეს, მსოფლიოში აქტუალური საკითხია ჰაერის ხარისხი და მისი გავლენა ჯანმრთელობაზე. განსაკუთრებით ბავშვის და მოზარდის ორგანიზმის ჩამოყალიბებაში ხელისშემშლელი და მავნე ფაქტორია მძიმე მეტალების დასაშვებ ნორმაზე მეტი კონცენტრაცია ჰაერში. არსებობს უამრავი საერთაშორისო ორგანიზაცია რომლებიც გართიანდა ერთი მიზნის მისაღწევად - შეისწავლონ გარემო ფაქტორების ტოქსიკოლოგიური გავლენა ბავშვებსა და მოზარდებზე და გაატარონ პრევენციული ზომები ჯანმრთელობის შენარჩუნებისთვის. (Larsson K ...2012:51 ).

ჰაერის გაქუჩყიანების ანთროპოგენული წყაროები სამი სახეობისაა: სამრეწველო, გამათბობელი საშუალებები და ტრანსპორტი. ყველაზე ინტენსიური ფაქტორი ტრანსპორტის მიერ გამოყოფილი გამონაბოლქვია.

საქართველოში მწვავედ დგას დაქუჩყიანებული ჰაერის საკითხი. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში სატანსპორტო ნაკადი გაიზარდა, შესაბამისად გაიზარდა გამონაბოლქვი, რაც აქტიური წყაროა ჰაერში მძიმე მეტალების გამოფრქვევის, საყურადგებოა ტყვია (Pb). ქალაქის ჰაერის ხარისხის განმსაზღვრაველი ერთ-ერთი ფაქტორია ვენტილაცია. აქტიურმა ურბანულმა განვითარებამ კერძოდ, მაღალსართულიანმა შენობების მასიურმა მომრავლებამ ხელი შეუწყო ქალაქში ტოქსიკოლოგიური მასების შეკავებას (Tetemadze N...2017:75).

ბოლითა და მავნე აირებით გაჯერებული ჰაერი ქალაქის თავზე ქმნის საფარის მსგავს ფენას, რომელსაც „ქუდებს“ უწოდებენ. ამ ფენის სიდიდე დამოკიდებულია საწარმოო ნარჩენების რაოდენობაზე და მისი გავრცელების სიჩქარეზე, ქალაქის ფართობსა და შენობების სიხშირეზე. ჩრდილოეთის ქალაქებში „ქუდები“ 200-300 მ-ის სიმაღლეზე მდებარეობს, ხოლო სამხრეთის ქალაქებში, განსაკუთრებით ზაფხულში, - უფრო მაღლა, რაც გამოწვეულია ჰაერის ძლიერი გათბობით და სითბოს კონვექციური გაცვლით.

მძიმე მეტალები - ეს სახელწოდება მათ მიიღეს იმიტომ, რომ მათ გააჩნიათ დიდი ატომური მასა. მათ შეუძლიათ დაილექონ მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილებში, რის შედეგადაც ახდენენ ტოქსიკურ ზემოქმედებას. მძიმე მეტალებიდან ყველაზე სახიფათოა: Hg, Pb, As, Cd. გარემოს ტყვიით ძირითადი დამაბინძურებელია ავტოტრანსპორტი. გამონაბოლქვი ტყვია განთავსდება ძვლის ქსოვილებში, აძევებს რა იქედან კალციუმს, ასევე კუნთებში, ღვიძლში, გულში (ლ.ხვედელიძე 2018:6)

უამრავმა კვლევამ აჩვენა, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ტოქსიკური ელემენტები, ისეთი, როგორცაა ტყვია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, კალა და სხვა, ჩაენაცვლებიან სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ელემენტებს: კალციუმს, თუთიას, რკინას და იწვევენ სტრუქტურულ ცვლილებებს, რაც ვლინდება სხვადასხვა დაავადების სახით. ქიმიურმა დაბინძურებამ შეიძლება გამოიწვიოს მოწამვლა, ქრონიკული დაავადებები, ასევე მუტაგენური და კარცენოგენული

ზემოქმედება. აქედან გამომდინარე, დღესდღეობით მეტად აქტუალურია ეკოპათოგენურ ფაქტორთა ზეგავლენის შესწავლა სამეცნიერო კვლევების საშუალებით.

აქტიურად შეისწავლება ატმოსფერულ ჰაერში გამოფრქვეული მძიმე მეტალების წრებრუნვა გარემოში. ნალექის საშუალებით ხვდებიან ნიადაგში და ასევე ატმოსფეროდან პირდაპირი კავშირით სხვადასხვა მცენარეში (ნაყოფში), საიდანაც იოლად ხვდება ადამიანის ორგანიზმში (Khan Z... 2016:5).

**სადისეტაციო თემის აქტუალობა.** კოლხეთის სფაგნუმიანი ტორფნარები და ფლორა გამყინვარების დროინდელი (მესამეული პერიოდი) რელიქტური ეკოსისტემაა. გამყინვარება კოლხეთში ადგილობრივი მნიშვნელობისა იყო. ზოგიერთი მყინვარი ეშვებოდა ველამდე. მყინვართა უკან დაწევამ თან გაიყოლია მრავალი მცენარე. სწორედ ამ დროიდანაა შემორჩენილი კოლხეთში, როგორც მთაში, ისე ბარად, ჩრდილოეთის ფლორის ყვავილოვანი მცენარე (დროზერა) და სფაგნუმის სახეობები (მაჭუტაძე, 2003:1 Флеров, 1929:12).

კოლხეთი მსოფლიოში ერთადერთი ადგილია თბილ ზონაში, სადაც გავრცელებულია ომბროტროფული ცოცხალი სფაგნუმიანი ტორფნარები. ამ ტორფნარებს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ტროპიკული და ბორეალური ზონის ტორფნარებს შორის. კოლხეთი, განსაკუთრებული თვისებების და განსაკუთრებული მდებარეობის გამო მსოფლიოს ტორფნარებს შორის განიხილება როგორც სპეციალური ადგილი, სადაც ხარობს მსოფლიოს უნიკალური ცოცხალი სფაგნუმიანი პერკოლაციური ტორფნარები (Joosten, 2000:42, Joosten&Clarke, 2002:43).

დღეს მთელი მსოფლიოს დღის წესრიგშია, ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარება და ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება, რაც ორიენტირებულია ტორფნარების შენარჩუნებისკენ და დეგრადირებულის აღდგენისკენ. ტორფის წარმომქნელ ყველა სხვა დანარჩენ სახეობათა შორის, სფაგნუმს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს, იგი ედიფიკატორია. მიუხედავად იმისა, რომ უმეტესობა ტორფნარებისა დაცულია, მაინც განიცდიან ზემოქმედებას ინფრასტრუქტურული პროექტებიდან. კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმიანი ტორფნარების ტორფის წარმომქმნელი ძირითადი

სფაგნუმის სახეობებია და ამიტომ განსაკუთრებული როლი აკისრია თითოეულ სახეობას ტორფნარის ფუნქციონირებაში.

ბოლო პერიოდში ბიოსფეროს (ჰაერის, ნიადაგის და წყლის) დაბინძურება იძენს გლობალური ეკოლოგიური საფრთხის ხასიათს. ჭარბტენიანი ჰაბიტატები და წყალსაცავები წარმოადგენს დამაბინძურებლების ერთ-ერთ მთავარ „საწყობს“, რადგანაც სამრეწველო და სამეურნეო ჩანაღვრები შეიცავენ ტოქსიკური ნივთიერებების ფართო სპექტრს, მათ შორის: სასუქებს, საღებავებს, პესტიციდებს, მძიმე მეტალებს, რადიონუკლიდებს და სხვა. წყლის და ჰაერის ბიოლოგიური კონტროლი განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, სადაც აქტიურად ვითარდება ინფრასტრუქტურა, ენერგეტიკა, სოფლის მეურნეობა და განსაკუთრებით სასარგებლო წიაღისეულის (ოქროს) მოპოვება (საყდრისი), ასევე სასოფლო სამეურნეო სავარგულებში პესტიციდების გამოყენებამ (მათ შორის ცნობილი ფაქტია რომ, საქართველოს ტერიტორიაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ ბრძოლა), გაზარდა ბიოსფეროს დაჭუჭყიანების ალბათობა სხვადასხვა დამაბინძურებლებით, განსაკუთრებული მძიმე მეტალებით (Tetemadze et. al., 2017:75).

**კვლევის მიზანი.** კვლევის მიზანია კოხეთის დაბლობის სფაგნუმის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობების ბიოლოგიური მახასიათებლებისა და ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა და რეკომენდაციები გონივრული გამოყენებისათვის.

მიზნის მისაღწევად კვლევა განხორციელდა შემდეგი ამოცანების მიხედვით:

1. კოხეთის დაბლობის პერკოლაციური სფაგნუმის ტორფნარებზე გავრცელებული სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური, მორფოლოგიური, ანატომიური მახასიათებლებისა და ეკოლოგიური გარემოს შესწავლა;
2. სფაგნუმის სახეობების: *Sph. Palustre L.*, *Sph. Papillosum Lindb.*, *Sph. Rubelum Wilson*, *Sph. Imbricatum ssp. Austinii*, *Sph. Cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.*, ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრა;
3. სფაგნუმის სახეობების: *Sph. Palustre L.*, *Sph. Papillosum Lindb.*, *Sph. Rubelum Wilson*, *Sph. Imbricatum ssp. Austinii*, *Sph. Cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.*, წყლიანი



ექსტრაქტების, წვენების და პოლისაქარიდების კვლევა ანტიბაქტერიულ მოქმედებაზე.

4. ე.წ. „სფაგუმის ჩანთების“ დამზადება და განთავსება ქ.ბათუმის წინასწარ შერჩეულ ტრანსპორტით გადატვირთულ ტერიტორიებზე, ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების შემცველობის განსაზღვრის მიზნით და „სფაგუმის ჩანთების“ ქიმიური ანალიზი.

**სამეცნიერო სიახლეა** ის, რომ შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით, საქართველოში პირველად მოხდა კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტორფნარების სფაგუმის 9 სახეობის მორფოლოგიური, ანატომიური და ეკოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა (ანატომიური მახასიათებლების დასურათება), სფაგუმის 5 სახეობის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა და ე.წ. „სფაგუმის ჩანთების“, როგორც ბიონდიკატორის გამოყენება, ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების აქტიური მონიტორინგისათვის.

**ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა.** კვლევის შედეგებს დიდი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ანატომიურ-მორფოლოგიური და ეკოლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრამ გააიოლა სიმილარული სახეობების იდენტიფიკაცია, ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრის და ანტიბაქტერიული მოქმედების შესწავლის შედეგებმა თვალსაჩინო გახადა სამედიცინო პრაქტიკაში გამოყენების პერსპექტივა და შემდგომი შესწავლის აუცილებლობა, „სფაგუმის ჩანთის“, როგორც ჰაერის მძიმე მეტალებით დაჭუჭყიანების მონიტორინგისათვის იაფი საშუალების გამოყენებამ განსაზღვრა მისი დანერგვის მიზანშეწონილობა სხვადასხვა ქალაქის სისტემატიური და ფართომასშტაბიანი კვლევებისთვის.

**კვლევის შედეგების აპრობაცია.** კვლევის შედეგები წარმოდგენილი იყო შემდეგ საერთაშორისო და ადგილობრივ კონფერენციებზე:

1. მწვანე საშუალებები – მწვანე ტექნოლოგიებით – ჯანმრთელი სიცოცხლისათვის, თბილისი, 2019 წლის სექტემბერი, კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტორფნარების სფაგუმის სახეობებში მჟავების შემცველობის თავისებურებები;

2. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკის რეგიონული ცენტრი, ბათუმი 2019, შრომები V, ISSN 2449-2507, ტყვია ქალაქ ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში.
3. აგროსიმ 2018 სიმპოზიუმი, იაჰორინა, ბოსნია და ჰერცეგოვინა, 2018 წლის ოქტომბერი, ACTIVE BIOMONITORING OF AIR POLLUTION LEVELS USING THE BIOINDICATOR–SPHAGNUM BAG;
4. ჭარბტებიანი ჰაბიტატების მცენარეების გამოყენების მე-2 საერთაშორისო კონფერენცია, გერმანია, გრეიფსვალდი, 2017 წლის ოქტომბერი, კოლხეთის დაბლობის გენერალური გეგმა -გრძელვადიანი განვითარება და კონსერვაცია;
5. მომავლის ტექნოლოგიები და სოცოცხლისხარისხი, ბათუმი, 2017 წლის სექტემბერი, სფაგნუმის სახეობები როგორც ატმოსფერული ჰაერის ბიოინდიკატორები;
6. ბიომრავალფეროვნება და საქართველო, თბილისი, საქართველოს ბოტანიკური ბაღი, 2017 წლის მაისი, კოლხეთის დაბლობის ტორფნარებში სფაგნუმის სახეობების გავრცელების თავისებურება;
7. შავი ზღვის მდინარეთა აუზების ეკოლოგია, ბათუმი, 2016 წლის ოქტომბერი, ანთროპოგენური ზეგავლენა კოლხეთის დაბლობის სანაპირო ზოლის ჰაბიტატებზე;

სამეცნიერო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 4 სტატია ადგილობრივ და საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალში ხოლო, 1 სტატია მიღებულია გამოსაქვეყნებლად.

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა.** დისერტაცია შედგება 111 კომპიუტერული ნაბეჭდი გვერდისაგან და მოიცავს შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, ექსპერიმენტულ ნაწილს, დასკვნებს, ლიტერატურის ჩამონათვალს. ტექსტში 6 რუკა, ჩართულია 21 ცხრილი, 11 დიაგრამა და 29 სურათი.

## თავი 1. ლიტერატურის განხილვა

### 1.1 კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმის ტორფნარები

კოლხეთი განსაკუთრებული რეგიონია მსოფლიოში ომბროტროფული ტორფნარების არსებობისათვის. აქ *Sphagnum palustre* იზრდება ომბროტროფულ გარემოში, მაშინ როცა მთელს მსოფლიოში სხვაგან იგი დამახასიათებელია მეზოტროფული ანუ მინეროტროფული ადგილებისათვის. განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს *Sphagnum austinii* (*Sph. Imbricatum*), სფაგნუმი რომელიც ისპანისა და იმნათის ტორფნარების ტორფის წარმომქმნელი მთავარი სახეობაა. 800 წლის წინ ჩვ.წ.ა. იგი მასიურად იყო გავრცელებული ცენტრალურ და დასავლეთ ევროპაში, რომელიც ქმნის გაუხრწნელ სფაგნუმის ტორფს (“თეთრი ტორფი”). დღეისათვის მსოფლიოში *Sphagnum imbricatum* განიხილება, როგორც გარემოს გაჭუჭყიანებისადმი ყველაზე მგრძობიარე ქრობადი სახეობა: გაჭუჭყიანება, კლიმატის ცვლილება, ხანძრები, ეუტროფიკაცია. როგორც დოქტუროვსკის შრომებიდან ირკვევა ეს სახეობა ისპანი I-ში და იმნათშიც, ფართოდ იყო გავრცელებული, მაგრამ დრენაჟმა, ტორფის მოპოვებამ და ხანძრებმა მისი არეალის შემცირება გამოიწვია (Botch & Masing, 1983:23, მაჭუტაძე, 2003:1, მაჭუტაძე და სხვ., 2009:2).

კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმის ტორფნარები ესაა ცოცხალი სფაგნუმის ტორფნარები, სადაც ტორფის დაგროვების პროცესი დღესაც მიმდინარეობს.

კოლხეთის ეროვნულ პარკში საჭიროა განვასხვავოთ ორი ტიპის ტორფნარი: „ფენის“ (fen) ტიპის - მინეროტროფული ტიპის ტორფნარი, რომელიც იკვებება ძირითადად მინერალებით მდიდარი გრუნტის წყლებით. ის არ წარმოქმნის გუმბათს. ასეთი ტორფნარებია: ჭურია, ნაბადა და ანაკლია; და „გუმბათისებრი“ (bog) - ომბროტროფული ტიპის ტორფნარი საზრდოობს მხოლოდ და მხოლოდ წვიმის წყლებით და აქვს გუმბათის ფორმა. ასეთი ტიპის ტორფნარია იმნათი და გრიგოლეთი.

გასათვალისწინებელია, რომ ტორფნარებისთვის ჰიდროლოგიური ფაქტორი უმნიშვნელოვანესია, წყალი კი გადამწყვეტი კომპონენტი, რადგან მხოლოდ წყლის

სათანადო მუდმივად მაღალი დონე ქმნის ტორფის აკუმულაციის/ზრდის საშუალებას.

**პერკოლაციური (შელწევადი) ტიპის სფაგნუმიანი ტორფნარები.** ტორფნარები მხოლოდ და მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებით საზრდოობენ. თითქმის გაუხრწნელი მცენარეებისაგან წარმოქმნილ ფოროვან ტორფში ტორფი პერკოლაციური ანუ შელწევადია. წყალი შეუფერხებლად ჟონავს მთელს ტორფნარში ყველა მიმართულებით. ტორფნარს ამობურცული გუმბათის ფორმა აქვს, რაც მის ომბროგენეტიკურობას განაპირობებს.

კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორიაზე პერკოლაციური ტიპის შემდეგი ტორფნარებია (რუკა N1):

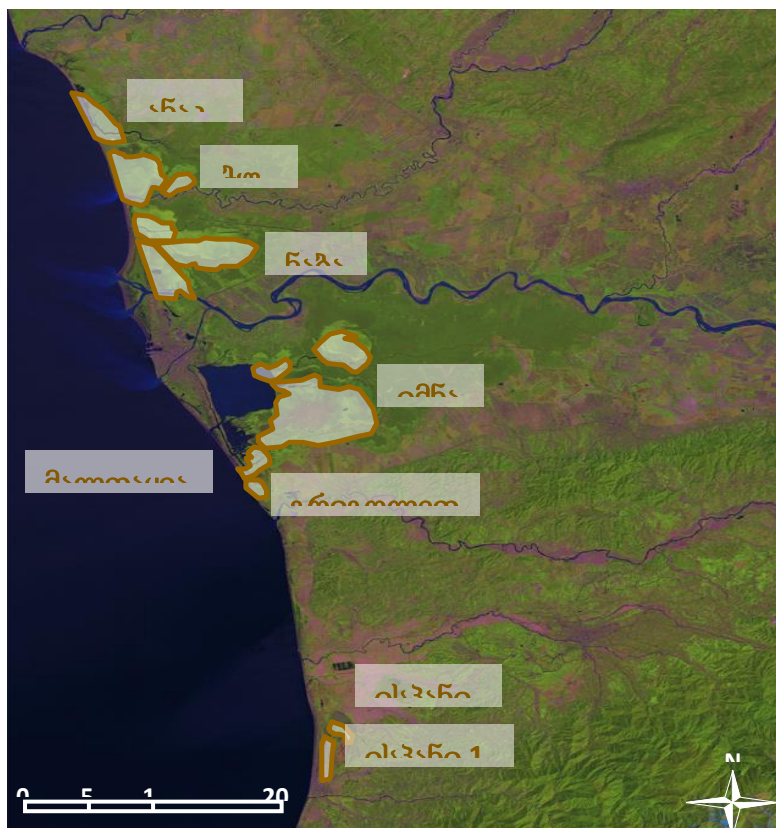
**იმნათის ტორფნარი.** ტორფნარი პალიასტომის ტბას ესაზღვრება აღმოსავლეთით ქ. ფოთიდან 5 კმ-ის მანძილზე. იგი ყოფილი ზღვის ლაგუნაზე ჩამოყალიბდა და ყველაზე დიდი სფაგნუმიანი ტორფნარია კოლხეთში. მისი ფართობი 5 000 ჰა-ია, რაც საქართველოს ტორფნარების 11%-ს შეადგენს. ტორფნარში ტორფი სფაგნუმიანია, დიდი და მაღალი ელასტიურობის მქონე ფორებით. სწორედ ტორფის მაღალი ელასტიურობა განაპირობებს იმას, რომ აქ ხრწნა არ მიმდინარეობს. ტორფში უმაღლესი მცენარეების (ხერხა, ჩრდილოეთის ისლი) ფესვები ქმნიან ე.წ. “ჩონჩხს” სფაგნუმისათვის. იქმნება ახალი ელასტიური ფორები, რაც ქობულეთის დაცული ტერიტორიების - ისპანის ტორფნარების მსგავსად, იმნათის ტორფნარს პერკოლაციურს ხდის. ელასტიურობა და ხრწნის (ჰუმოკაციის) დაბალი უნარი იწვევს ტორფნარის რხევის სუნთქვით მაღალ უნარს (“Mooratmung”) (Joosten, 2000:42 , Joosten&Clarke, 2002:43). ტორფნარის ზედაპირი გვალვიან პერიოდში დაბლა იწევს, ხოლო ძლიერი წვიმებისას კი მოცულობაში მატულობს ისე, რომ ტორფსა და ზედაპირულ მცენარეულ საფარს შორის წყლის დონე მუდმივია და არასოდეს იცვლება. იმნათის ტორფნარზე დომინანტობს სფაგნუმის შემდეგი სახეობები: აუსტინის სფაგნუმი *Sphagnum austinii*, მაგელანის სფაგნუმი-*Sphagnum magellanicum*, ტიხრებიანი სფაგნუმი-*Sphagnum papillosum*, წითელი სფაგნუმი-*Sphagnum rubellum*. სფაგნუმის სახეობებთან ერთად თანასაზოგადოებაში ჩრდილოეთის ისლის დომინანტობა და მისი დიდი ზომები

ერთი მხრივ ხელს ეწყობს სფაგნუმიან ტორფნარზე აორთქლებას (ევაპოტრასპირაციას) და მეორეს მხრივ იმას, რომ გვალვიან პერიოდში ტორფნარში წყალის დანაკარგი არ ხდება. წინააღმდეგ შემთხვევაში კი ადგილი ექნებოდა ტორფის გახრწნას, ფორების გაქრობას და ტორფნარის ელასტიურობის რღვევას.

**ფიჩორის ტორფნარი.** ფიჩორის ტორფნარი იმნათის ტორფნარის ჩრდილოეთით მდ. ფიჩორას მარჯვენა მხარეს მდებარეობს.

**გრიგოლეთის ტორფნარი.** გრიგოლეთის ტორფნარი მდებარეობს კოლხეთის ეროვნული პარკის გურიის მხარეს. ის ფლორისტული შემადგენლობა, რომლითაც ხასიათდება გრიგოლეთის ტორფნარი, მაჩვენებელია იმისა, რომ თუ შეწყდება ყოველგვარი ანთროპოგენური ფაქტორი ტორფნარზე, კოლხეთი გახდება მსოფლიოს მესამე პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის სამშობლო. გრიგოლეთის ტორფნარი ე.წ. „ჩანასახოვანი“ პერკოლაციური ტიპის ტორფნარს წარმოადგენს.

პერკოლაციური ტიპის ტორფნარები ზურმუხტის ქსელით და ევროკავშირის ბუნების საინფორმაციო სისტემის (EUNIS) დაცულ ჰაბიტატებს წარმოადგენენ.



რუკა.1. კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტიპის სფაგნუმიანი ტორფნარები.

**ისპანი 1 & ისპანი 2 ტორფნარი.** ცოცხალი სფაგნუმისანი პერკოლაციური ტიპის ტორფნარი - „ისპანი 2“. თითქმის გაუხრწნელი მცენარეებისაგან წარმოქმნილ ფოროვან ტორფმარში ტორფი პერკოლაციური ანუ შეღწევადია. წყალი შეუფერხებლად ჟონავს მთელს ტორფნარში ყველა მიმართულებით. როდესაც წვიმს, წყლის ახალი მასები აწვება ტორფს, ხოლო ძველი კი გამოედინება, ისე მოქმედებს როგორც წყლით გაჟღენთილი ღრუბელი. ტორფნარში წყალი მუდმივად ერთ დონეზეა მხოლოდ ხშირი და უხვი წვიმების წყალობით. არავითარი კავშირი არა აქვს გრუნტის წყალთან. გუმბათის წარმომქმნელი სფაგნუმის სახეობები მსოფლიოში ყველაზე მაღალი ზრდის ტემპით გამოირჩევიან (32 სმ წლის განმავლობაში), შედეგად ტორფის აკუმულაციის პროცესიც ყველაზე მაღალია მსოფლიოში და იგი წელიწადში 4 მმ-ს შეადგენს.

პერკოლაციური სფაგნუმისანი ტორფნარი - „ისპანი 1“ წარმოადგენს ქობულეთის აღკვეთილს, რომელიც წლების წინ გაყვანილი სადრენაჟე არხების გამო ნაწილობრივ დეგრადირებულია. დღეისათვის ანთროპოგენური ფაქტორის ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ტორფნარი კვლავ უბრუნდება თავის პირვანდელ მდგომარეობას. ქობულეთის აღკვეთილში ხარობს ფლორის ყველა ის სახეობა, რომელიც ქობულეთის ნაკრძალშია წარმოდგენილი, გარდა სამი სახეობისა, როგორცაა: კავკასიის ენდემი - კავკასიის რინხოსპორა (*Rhynchospora caucasica*), გლობალური წითელი ნუსხის სახეობები მედვედევის რამფიკარპა (*Rhamphicarpa medwedewii*) და - ხერხა (*Cladium mariscus*).

## 1.2. სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური მახასიათებლები

სფაგნუმი ხავსებს შორის განსაკუთრებულია. ცნობილია სფაგნუმის 300 სახეობა, რომელიც დედამიწის ხმელეთის ზედაპირის 1%-ს წარმოადგენს. სფაგნუმის, როგორც მკვდარი ასევე ცოცხალი ქსოვილი გაცილებით დიდი რაოდენობით ნახშირბადს შეიცავს, ვიდრე სხვა რომელიმე მცენარის სახეობა. იზრდება მჟავე, წყლიან და ნუტრიენტებით ღარიბ გარემოში.

მორფოლოგიურად ლეროფოთლიანი ხავსია, რომლის ფოთოლი ერთუჯრედიანი სისქისაა. კუტიკულის გარეშე. მცენარეს არა აქვს ფესვი.

- მას ორი სახის უჯრედები აქვს ცოცხალი - ქლოროფილის შემცველი, რომლებიც ფოტოსინთეზს ახორციელებენ.
- მკვდარი, რომელსაც ჰიალინურს უწოდებენ. ჰიალინურში წყალი გროვდება. ფოთოლი გამომშრობისას თეთრდება და აქედან წარმოდგება სახელწოდება “თეთრი ხავსი”. როდესაც წყალს კარგავს ისვენებს და წყლის შეწოვის შემდეგ ცოცხლდება.

#### რიგი – *Sphagnales*

კლასი *Sphagnopsida* რომელიც მოიცავს ერთ ოჯახს *Sphagnaceae* და ერთ გვარს *Sphagnum*. გვარის შიგნით სახეობებს ახასიათებს გარკვეული მორფოლოგიური ნიშნების ჯგუფი, რომელთა მიხედვით სახეობები შეიძლება დავაჯგუფოდ სუბგვარებად - სექციებად (subgenera). გვარი სფაგნუმის სახეობები დაყოფილია 10 სექციად ესენია: *Sphagnum*, *Squarrosa*, *Insulosa*, *Polyclada*, *Hemitheca*, *Subsecunda*, *Cuspidata*, *Mollusca*, *Rigida* (Daniels et al.,1985:33).

კოლხეთის დაბლობზე გავრცელებული გვარი სფაგნუმის 9 სახეობა ჯგუფდება 4 სექციად:

სექცია *Sphagnum* – *Sphagnum austini* Sull. (*Sphagnum imbricatum* ssp. *Austini*) (სურ.N1), *Sph. Magellanicum* Brid., *Sph. Palustre* L. *Sph. Papillosum* Lindb.

სექცია *Acutifolia* – *Sph. Capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *Sph. Rubellum* Wilson.

სექცია *Cuspidata* – *Sph. Cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm. *Sph. Fallax* H. Klinggr.

სექცია *Subsecunda* - *Sph. Denticulatum* Brid.

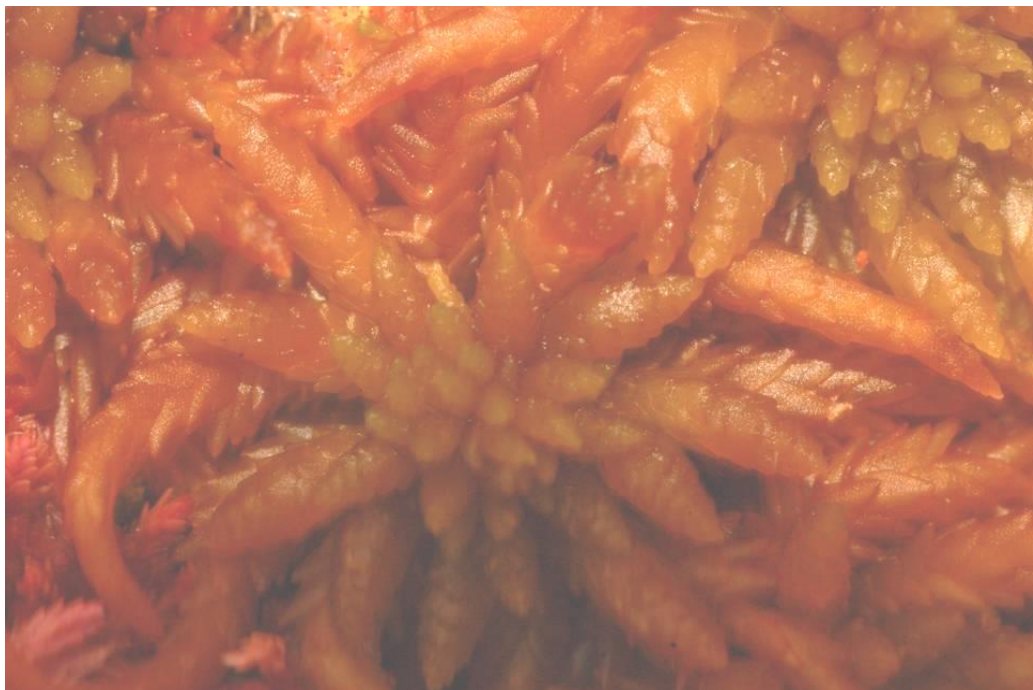
არსებობს ორი ტიპის სფაგნუმი:

ა. სფაგნუმი, რომელიც მონაწილეობს გუმბათის წარმოქმნაში, როგორცაა: *Sphagnum imbricatum*, *Sphagnum papillosum*, *Sphagnum rubelum*.

ბ. სფაგნუმი, რომელიც არ მონაწილეობს გუმბათის წარმოქმნაში ესაა: *Sphagnum palustre* (სურ.N2), *Sphagnum cuspidatum*. ეს სახეობები ტორფნარების განაპირასაა.



სურ.1. *Sphagnum austinii* კომპაქტური თანასაზოგადოება



სურ. 2. *Sphnum palustre*



### 1.3. ტორფნარის ეკოლოგიური გარემო

ცოცხალ სფაგნუმიანი ტორფნარებზე განსაკუთრებული ექსტრემალური პირობებია, რის გამოც მცენარეები საჭიროებენ განსაკუთრებულ ადაპტაციას აქ გამეფებულ მკაცრ პირობებთან;

- წყლის მაღალი დონე და შესაბამისად უჟანგბადო წყლიანი გარემო;

- მუდმივი კენწრული ზრდა. ეს კარგად ჩანს მწერიჭამია დროზერას მაგალითზე. ის იზრდება რა სფაგნუმზე განუწყვეტელი კენწრული ზრდა ახასიათებს, ცდილობს არ ჩამორჩეს სფაგნუმს. გაზაფხულზე იძლევა ყლორტს, რომელიც ამოდის რა სფაგნუმის ზედაპირზე შლის ფოთლების როზეტს. ყოველ მომდევნო წელს გასული წლის ფოთლებს შორის ჩასახული კვირტიდან ვითარდება ვერტიკალური ყლორტი, ისიც ამოდის სფაგნუმის ხალიჩის ზედაპირზე და იძლევა ფოთლების ახალ როზეტს. სფაგნუმის ტორფნარზე მოზარდი სხვა სახეობებისაგან განსხვავებით დროზერას არ ახასიათებს ქსეროფორფიზმი; ოსმოსური წნევა მუდამ დაბლაა მიმართული, ანატომიური აგებულება მეზოფილურია და ბაგეები მუდამ ღიაა.

- მუდმივი მჟავიანობა და ტოქსიკური არე (Augustin et al., 2001:19).

ნუტრიენტების სიმწირე, რომელსაც უნდა შეეგუოს აქ მოზარდი მცენარე. განსაკუთრებულია ამ მხრივ ხავსები, რომელთაც კათიონების გაცვლის მექანიზმი გააჩნიათ, რაც აძლევს მათ უნარს რათა წყალში შეივსონ მათთვის ნაკლები კათიონები ნახევრადდაშლილი წყალბადის იონისაგან. ეს მექანიზმი საუკეთესოდაა განვითარებული სფაგნუმში (Augustin et al., 2001:19). ჰიალინურ უჯრედებში სიმბიოზურ დამოკიდებულებაშია მეთილოტროპული ბაქტერიები. სწორედ ისინი განსაზღვრავენ, ამ გვარის წარმომადგენლების „ნახშირბადმოყვარეობას“. სფაგნუმიანი ტორფნარი წარმოადგენს მეთანის - ბუნებრივი აირის ძირითად წყაროს. სხვა ტიპის ტორფნარებისაგან განსხვავებით აქ მეთანის ემისიის დაბალი მაჩვენებელია. ეს ნაწილობრივ განპირობებულია მეთანოტროფიკული (ე.ი მეთანის მომხმარებელი) ბაქტერიების არსებობით სფაგნუმში. მეთანოტროფული ბაქტერიების არსებობისა და ცხოველქმედებისთვის სფაგნუმიან ტორფნარში ოპტიმალური პირობებია: სადაც მჟავე გარემოა - pH=4,5-5,5 , ტემპერატურა 15-20 გრადუსია. გადამწყვეტი ფაქტორია

მარილის დაბალი კონცენტრაცია. ევროპისა და რუსეთის ტორფნარებში აღმოჩენილია და შესწავლილია მეთანოტროფული ბაქტერიების ორი სახეობა: *Methylocella palustris* და *Methylocapsa acidophila*. (Dedysh, 2002:35). ფილანდიელმა მეცნიერებმა სფაგნუმის 23 სახეობაში დაადასტურეს მეთანოტროფული ბაქტერიების სიმბიოზი (Larmola et al., 2010:30). რაც იმას ნიშნავს რომ, სფაგნუმში ნახშირბადის 10-30% დაგროვება ამ სიმბიოზური დამოკიდებულებითაა განპირობებული. სფაგნუმი ადსორბირებს ატმოსფერულ აზოტს ციანობიონტის სიმბიოზური თანაცხოვრების შედეგად (ციანობაქტერია). სფაგნუმის ფოთლების მიერ შთანთქმული აზოტი  $N_2$  გამოიყენება ამიაკში  $NH_4^+$ , რაც მცენარის მიერ გარდაიქმნება ამინომჟავად. ზოგადად სფაგნუმი შეგუებულია ნიტრატებით დაბალ გარემოს და უფრო ეფექტურად გამოიყენებს მათ, ვიდრე ჭურჭლოვანი მცენარეები (ხავსები მთელი ზედაპირით ადსორბირებს ნიტრატებს, ხოლო ჭურჭლოვანი მცენარეები მხოლოდ ფესვებით) ამიტომ სფაგნუმი წარმოქმნის ნუტრიენტებით ღარიბ და ხრწნისადმი მდგრად გარემოს.

სფაგნუმს ზრდისთვის სჭირდება მიკრონუტრიენტები, უმთავრესად კი კალციუმი. სფაგნუმის მიერ კალციუმის ასიმილაცია ხდება მემბრანებში იონთა ცვლის მექანიზმით. ნიადაგის წყალში არსებული მეტალის იონები იცვლება, ჰიალინურ უჯრედში არსებულ წყალბადის იონებზე უჯრედის კედლის გავლით. შედეგად გარემოში გროვდება წყალბადის იონები და წარმოიქმნება მჟავა გარემო. ასევე, ხავსის მიკრობული ხრწნის მეტაბოლიტები ანუ, ორგანული მჟავებიც გროვდება წყალში. ეს ორი პროცესი ზრდის ტორფნარის გუმბათის წყლის მჟავიანობას. ტიპური pH მერყეობს 3,6 – 5,6 (Clymo et al., 1984:28). მჟავიანობა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია სფაგნუმით დომინანტი ტორფნარისთვის, რითაც ის განსხვავდება სხვა ჭარბტენიანი ჰაბიტატებისგან. სწორედ ეს დაგროვილი ორგანული მჟავების კომპლექსური ნარევი, წოდებულია ჰუმუსურ მჟავად. ნუტრიენტებით ღარიბი, მაღალი მჟავიანობა და მუდმივად ტენიანი გარემო *Sphagnum*-ის დომინანტობით ტორფნარში აფერხებს სხვა სახეობის მცენარეების ზრდას.

ანატომიურად განუვითარდათ აერენქიმულ ქსოვილთა სისტემა, რათა სფაგნუმის ზედა ზედაპირიდან მოახდინონ ჟანგბადის მიწოდება (Joosten&Couwenberg et.al.,2000:41).

შეზღუდულმა ზრდამ გამოიწვია ის, რომ ტორფნარები განსაკუთრებული ცივი კლიმატით გამოირჩევიან ვიდრე მათი შემოგარენია. ამიტომაცაა კოლხეთის რეფუგიუმში კარგად შემონახული როგორც გამყინვარების დროინდელი, როგორცაა: *Molinia litoralis*, *Sphagnum*-ის სახეობები, *Rhynchospora alba*, *Drosera rotundifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Calluna vulgaris* ისე დეზუნქციური რელიქტები, როგორცაა: სამეფო გვიმრა - *Osmunda regalis*).

ამ ძალზე მძიმე მკაცრი გარემო პირობების გამო ტორფნარები ფლორისტული სახეობრივი შემადგენლობის სიმცირით გამოირჩევა, ვიდრე ამავე ფლორისტული ოლქის სხვა ჰაბიტატი (Joosten&Couwenberg at al.,2000:41). სფაგნუმის ჰიალინური უჯრედები მექანიკურ მხარდაჭერას სიცოცხლეს და როგორც წყლის გუმბათის წარმომქნელი სახეობები, როგორც უფრო მშრალი პირობებისა ჰიალინური უჯრედები გაციებით დიდი ზომისაა ვიდრე ჰიალინური უჯრედები იმ სახეობებისა, რომლებიც გაცილებით წყლიან გარემოში სახლობენ. სასიცოცხლო ფორმები დამოკიდებულია წყლის დონეზე ანუ ჰიდროლოგიურ მახასიათებლებზე, ზოგი სახეობა ვერ იტანს ჭარბწყლიან გარემოს, ზოგი მშრალ გარემოსაა შეგუებული სახლობენ გუმბათზე და მესამე შუალედურ გარემოში სახლობს.

მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორია სახეობების გავრცელების ტორფის ქიმიური მახასიათებლები და მასში წყლის შემცველობა. ამ თვისებებიდან გამომდინარე კოლხეთის სფაგნუმთან ტორფნარებს ჩამოუყალიბდათ განსაკუთრებული ეკოსისტემები (კოლხეთის და სხვ., 2019:4, ქობულეთის და სხვ., 2019:6).

**მომმარაგებელი სერვისები.** კოლხეთის ეროვნული პარკისა და კაცობურის აღკვეთილის ჭარბტენიანი ჰაბიტატები განსაკუთრებულ მომმარაგებელ სერვისებს ქმნიან. ასეთი სერვისებია: საკვები რესურსები (მცენარე, ხილი, კენკრა, თევზი, ფრინველი და სხვ.) ადამიანისა და ცხოველებისათვის. ადგილობრივი მოსახლეობის სასმელი წყლით და ხე-ტყით (როგორც სათბობი და სამშენებლო მასალა) მომარაგება.

სამკურნალო დანიშნულების მქონე გენეტიკური რესურსები და მედიცინაში გამოყენება.

**მარეგულირებელი სერვისები.** კოლხეთის სფაგნუმთან ტორფნარებს, უნიკალური თვისების გამო, რომელიც გამოიხატება განამარხებულ ტორფში ნახშირბადის განსაკუთრებით მაღალი აკუმულაციის უნარში, უდიდესი როლი უჭირავთ, როგორც კოლხეთის კლიმატის ცვლილების შემარბილებელ ეკოსისტემებს. ტორფნარების კონსერვაცია ეკონომიკურად ეფექტიანია სათბური გაზების ემისიის შესამცირებლად. გამოთვლილია, რომ ბუნებრივი სახით ტორფნარების კონსერვაცია და აღდგენა შეამცირებს 4 ტონიდან 1.5 ტონამდე ნახშირორჟანგის ემისიას წელიწადში ჰექტარზე.

კლიმატსა და ტორფნარებს შორის ორმხრივი დამოკიდებულებაა: კოლხეთის კლიმატი რეაგირებს ტორფნარებზე და თვით ტორფნარები კი ხელს უწყობენ კოლხეთის კლიმატის რეგულაციას. ტორფნარებში დაგროვილი წყლის დიდი რაოდენობა კოლხეთის კლიმატს აბალანსირებს. თბილ და მშრალ ამინდებში წყლის მუდმივი ევაპოტრანსპირაციის გამო ერთგვარ გამაგრილებელ მოწყობილობებს წარმოადგენენ.

კოლხეთის ეროვნული პარკის სფაგნუმთან ტორფნარებს, ტორფისათვის დამახასიათებელი ფაშარი ღრუბლისებური აგებულებისა და უნიკალური მცენარეულობის გამო უნარი აქვთ წყლის დიდი რაოდენობის შეწოვისა და შენახვისა. ტორფნარებზე დომინანტ სფაგნუმის სახეობებს თავის წონასთან შედარებით 25-ჯერ მეტი რაოდენობის წყლის შეწოვის უნარი გააჩნიათ. წყლის გაცემა კი თანდათანობით ხდება ტორფის ზედა ფენების ზეწოლის შედეგად, რაც წყლის რეზერვუარის ეფექტს იძლევა. ამ თვისებიდან გამომდინარე ტორფნარებს უდიდესი როლი მიუძღვით კოლხეთის დაბლობის ჰიდროლოგიური რეჟიმის რეგულაციასა და მიმდებარე ტერიტორიების დატბორვისაგან თავიდან აცილებაში.

საკვები ნივთიერებების (ბიოგენების) ბალანსი. კოლხეთის სფაგნუმთან ტორფნარებს უნარი შესწევთ როგორც ზედაპირული, ისე გრუნტული წყლებიდან შეისრუტონ ჭარბი საკვები ნივთიერებები და დამაჭუჭყიანებლები, შეინახონ და მუდმივად განათავსონ ტორფის ფენებში. ამით ისინი შესანიშნავ ფილტრატორებს წარმოადგენენ. ეს ნივთიერებები გროვდება ტორფის დანალექ მზარდ ფენებში, არა

მარტო ნახშირბადის, არამედ სხვა საკვები ნივთიერებების სახით, როგორცაა აზოტისა და ფოსფორის ნაერთები, მიკროელემენტები, ტყვია, მარგანეცი და სხვა დამბინძურებლები. ამ ბუნებრივი თვისებების გამო ტორფნარები არა მარტო არეგულირებენ საკვები ნივთიერებების ბალანსს, არამედ უზრუნველყოფენ წყლის ხარისხის სისუფთავეს. ამიტომ მას „ლანდშაფტის თირკმლებს“ უწოდებენ. დამბინძურებლებს იტოვებენ ტორფის ფენებში და სუფთა წყალი ჩაედინება ზღვაში, ტბებსა და მდინარეებში.

#### 1.4. სფაგნუმი, როგორც ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღების წყარო

სფაგნუმის გამოყენებას მედიცინაში, მრავალსაუკუნოვანი ისტორია აქვს. სფაგნუმი, იგივე ტორფის ხავსი, ხალხურ მედიცინაში ცნობილია მე-11 საუკუნიდან. 1880-იან წლებში ევროპაში სფაგნუმის გამოყენება დაიწყო, როგორც ჭრილობის შესახვევი საშუალებისა. აღნიშნული დანიშნულებით განსაკუთრებით აქტიურად გამოიყენებოდა პირველ და მეორე მსოფლიო ომის დროს. სფაგნუმის ნახარშს ჩინეთში იყენებდნენ თვალის დაავადების სამკურნალოდ. ამერიკაში, ინგლისში, ირლანდიაში და შოტლანდიაში კი ფურუნკულოზის სამკურნალოდ. რუსეთში სფაგნუმს გამოიყენებდნენ ინფექციური ჭრილობების სახვევად, ასევე ართრიტის, რევმატიზმის, რადიკულიტის და ნაწლავური დავადებების დროს. გასული საუკუნის 90-იან წლებში სფაგნუმის საფუძველზე შემუშავებული იყო სხვადასხვა საშუალება, რომელსაც იყენებდნენ ქირურგიულ სტომატოლოგიაში და ქალების ჰიგიენისთვის. მიუხედავად, ხალხურ მედიცინაში სფაგნუმის მრავალსაუკუნოვანი გამოყენების ისტორიისა დღემდე სფაგნუმის არცერთი სახეობა არ არის ოფიცინალური. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ სამეცნიერო ლიტერატურაში გვხვდება საინტერესო მონაცემები სფაგნუმის ხავსების ქიმიური შემადგენლობისა და ბიოლოგიური აქტიურობის შესახებ: ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებიდან დადგენილია ფენოლური მჟავების და კუმარინების 6 კლასის არსებობა. სფაგნუმი შეიცავს ჰუმინურ მჟავებს და სფაგნოლს. ლიტერატურის მონაცემების მიხედვით გვარი *Sphagnum* - ის სახეობები მაღალი ანტიმიკრობული აქტივობის პოლისაქარიდებს შეიცავენ. სფაგნუმის, როგორც ომბროტროფული ტორფნარების ედიფიკატორის

ანტიმიკრობულ თვისებას ადასტურებს მკვდარი მცენარის ძალიან ნელი ხრწნა, ლპობისადმი მდგრადობა და ტორფის აკუმულირება (Бабешина и т.д., 2002:8, Бабешина и т.д., 2010:9).

გვარი *Sphagnum L.* ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ჯგუფი პოლისაქარიდები აღმოჩნდა. ლიტერატურის მონაცემების მიხედვით მათი შემცველობის ჯამური რაოდენობა 2,5-3 % შეადგენს. მედიცინაში ანტიმიკრობულ, ანთების საწინააღმდეგო და ჭრილობის შემახორცებელ საშუალებად გამოიყენება, როგორც თავად ხავსი, ასევე, მისგან მიღებული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები (Бабешина и т.д., 2002:8). სფაგნუმი დიდი ხანია გამოიყენება დაინფიცირებული ჭრილობის, თვალის დაავადების და ნაწლავური ინფექციების სამკურნალოდ (Елина, 1993:7).

ხავსები გამოიმუშავენ ფართო სპექტრის ანტიბიოტიკებს. მათი ანტიბაქტერიული და აბსორბციული უნარი ხავსების დამცველობით, კონსერვაციულ თვისებას განაპირობებს. სფაგნუმის ექსტრაქტს სტაფილოკოკის და სტრეპტოკოკის კულტურებზე ბაქტერიციდული მოქმედება გააჩნია. ასევე, სფაგნუმის 14 სახეობის წყლიან ექსტრაქტებს გამოხატული ანტიმიკოზური მოქმედება აღმოაჩნდათ.

ვიტოპოლისაქარიდები ანტიმიკრობული და იმუნომოდულატორული თვისებების გამო, პერსპექტიულ საშუალებას წარმოადგენს კომპლექსური მოქმედებით და ხანგრძლივი მიღებისთვის სამკურნალო პრეპარატების შექმნისთვის. სფაგნუმით მკურნალობდნენ ტუბერკულოზს, პნევმონიას, ნევრასთენიას და სხვა (Saboljevic et al., 2010:62).

დღესდღეობით მეცნიერები სფაგნუმს განიხილავენ, როგორც მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყაროდ, რომლებსაც გააჩნია გამოხატული ანტიბაქტერიული, ანტივირუსული, სოკოს საწინააღმდეგო მოქმედება (Wang, X.N. et al., 2005:82, მათ შორის არქეოლოგიაში ანტიფუნგალური კონსერვაციისათვის (Zaitseva, N. 2006:109, Zaitseva, N. 2009:110). ზოგიერთი სახეობიდან გამოყოფილ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს კიბოს უჯრედების მიმართ ციტოტოქსიკური აქტივობა გააჩნიათ (Chan et al., 2000:29).

ბოლო წლებში მეცნიერები გვარი *Sphagnum* - ის სხვადასხვა სახეობის ეთნოფარმაკოლოგიაში და საოჯახო მედიცინაში მათ მნიშვნელობაზე მუშაობენ. დაიწყო სფაგნუმის საოჯახო მედიცინაში გამოყენება, როგორც, კარგი ადსორბენტისა, ჭრილობის შესახვევად და ბავშვთა ჰიგიენისთვის. ამას გვარის ანატომიურ-მორფოლოგიური თავისებურება განაპირობებს. როგორც ავლნიშნეთ გვარი სფაგნუმის სახეობებს ორგვარი: ცოცხალი - მაფოტოსინთეზირებელი, მწვანე და მკვდარი ანუ ჰიალინური, თეთრი უჯრედი გააჩნია. ჰიალინური უჯრედის მოცულობა ბევრად აღემატება მაფოტოსინთეზირებელ, ქლოროპლასტიან უჯრედებს, ამიტომ, ამ გვარის წარმომადგენლებს თეთრ ხავსსაც უწოდებენ. სწორედ ეს ჰიალინური უჯრედები განსაზღვრავენ სფაგნუმის ხავსის აბსორბციის უნარს, მას შეუძლია შეიწოვოს სხეულის მასასთან შედარებით 20-25 ჯერ მეტი წყალი.

სფაგნუმის და მისი ექსტრაქტების ეთნოფარმაკოლოგიაში გამოყენება თავდაპირველად ჩრდილოეთის ქვეყნებში, ციმბირში და მის ფარგლებს გარეთ დაიწყო. ჩრდილოეთ ამერიკის ტომები სფაგნუმს, როგორც ჭრილობის შესახვევ და დამწვრობის სამკურნალო საშუალებად გამოიყენებდნენ. არსებობს უამრავი ისტორიული მონაცემი სფაგნუმის ხავსის ანტიბაქტერიული და ხრწნისადმი მდგრადობის შესახებ, თუმცა არ არის კარგად დასაბუთებული. ცნობილია რომ ვიკინგები თავიანთი მოგზაურობისას იყენებდნენ სფაგნუმისანი ტორფნარის წყალს, რათა ის ერთ თვეზე მეტ ხანს იყო სასმელად ვარგისი. სკანდინავიელი მეთევზეები ტრადიციულად თავიანთ ნანადირევს ინახავდნენ ტორფნარში, სფაგნუმი, მისი ანტისეპტიკური თვისებით თევზს გახრწნისგან იცავდა. მე-20 საუკუნის დასაწყისში სფაგნუმის ტორფიდან გამოყოფილი კუპრი კანის სხვადასხვა დაავადების ( ქავილი, ეგზემა, ფსორიაზი) სამკურნალოდ (Bown et al., 1996:25) გამოიყენებოდა.

ზოგიერთი მცენარის მიერ პროდუცირებული პოლისაქარიდები ბოლო დროს მეცნიერების დიდ ყურადღებას იქცევს, როგორც კარგი ანტისეპტიკი, იმუნომოდულატორი, მიკო და ციტოტოქსიკი. ბიოტექნოლოგიის მეთოდები ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ეფუძნება ინოვაციურ და საინტერესო გზას -პოლისაქარიდების ანტიმიკრობულ აგენტად გამოყენებას. მაგალითად კვების მრეწველობაში ტრადიციული კონსერვანტები ჩაანაცვლა პოლისაქარიდებმა, რაც აინჰიბირებს

ბაქტერიების გამრავლებას (Chan et al.,2000:29). ნატურალური პოლისაქარიდების ანტიმიკრობული თვისებები განპირობებულია მასში არსებული მაღალი აქტივობის კარბონული ჯგუფით, რომელიც იკავშირებს პირველად ამინომჟავებს შედეგად წარმოიქმნება პოლისაქარიდების პროტეინებთან მდგრადი კომბინაცია. პოლისაქარიდების ანტიმიკრობული აქტივობის მიზეზი არის მათი უნარი - წარმოქმნან ბმა საპროგენული მიკრობების ეგზოენზიმებთან (Painter1991:33). სფაგნუმის ხავსის ანტისეპტიკური აქტივობის მტკიცებულებას წარმოადგენს ის ფაქტი რომ, სფაგნუმთან შეხებისას სხვადასხვა ორგანული მასალა რჩება გაუხრწნელი. სხვადასხვა მეცნიერის აზრით ეს განპირობებულია სფაგნუმის ნელი ხრწნისას გარემოში გამოყოფილი განსაკუთრებული ნივთიერებით, რომელიც განაპირობებს სფაგნუმთან მოხვედრილი ორგანული ნივთიერებების კონსერვაციას. ეს ფაქტი განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს, მისი როგორც პოტენციური საკონსერვაციო საშუალებად გამოყენებისა. ტორფნარებში აღმოჩენილია უამრავი, სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის არქეოლოგიური მასალა. ესენია: ცელულოზა (არქეოლოგიური ხის ნიმუშები, სამშენებლო მასალები და ა.შ), მცენარეული ცილა (პური, მარცვლეული), გლუკოზა და პექტინი (ხილი და კენკრა), ცხოველური ცილები (ყველი) და ცხიმი (კარაქი და ქონი). სფაგნუმის კონსერვაციული თვისების ყველაზე თვალსაჩინო მტკიცებულება იყო, 1950 წ მაისში დანიის სოფელ ტოლუნდის ტორფნარში 2200 წლის წინ დაღუპული ადამიანის სხეულის აღმოჩენა, რომელიც შესანიშნავად იყო შემონახული (Painter, 1991:95, Painter, 1995:96 ).

სფაგნუმის სამედიცინო დანიშნულებით გამოყენების ისტორია სათავეს იღებს 5000 წლის წინ. ამის დასტურია ის რომ, 1991 წელის სექტემბერში ავსტრალიელი მთამსვლელების მიერ აღმოჩენილი შოტლანდიის ალპებში ყინულში განამარხებული ბრინჯაოს ხანის ადამიანი, მას ზედმეტსახელად „ყინულის კაცი - ოტზი „ შეარქვეს, რომელსაც ჭრილობის სახვევად გამოყენებული ჰქონდა სფაგნუმის ხავსი, კერძოდ კი *Sphagnum cuspidatum* (Dickson et al., 2009:36). ხოლო, შემდგომში სფაგნუმი ფართოდ გამოიყენებოდა იგივე დანიშნულებით მე-20 საუკუნეში (I და II მსოფლიო ომებში). კანადა ინტენსიურად აწარმოებდა სფაგნუმის ხავსის სახვევს (ბინტს). ამ მიზნით ჩრდილოეთ ამერიკაში შეირჩა ოთხი სახეობის სფაგნუმის ხავსი : *Sph. papillosum*, *Sph.*



*palustre*, *Sph. imbricatum*, და *Sph. Magellanicum*. ამ ოთხი სახეობიდან კი საუკეთესო ადსორბციული უნარით გამოირჩეოდა *Sph. papillosum* (Riegler, 1989:59). კანადაში სფაგნუმის ხავსის სახვევის დამზადება დაიწყო 1915 ტორონტოს უნივერსიტეტის ქალთა მოხალისე ჯგუფის მიერ ახლად აღებულ ხავსს აშრობდნენ, ახდენდნენ დეზინფექციას სულემით ( $HgCl_2$ ), და ათავსებდნენ მცირე ზომის ბამბის ჩანთებში. ზოგჯერ ხავსს სპეციალურად არ უკეთებდნენ დეზინფექციას. აღსანიშნავია ის ფაქტიც რომ, შეინიშნებოდა განსხვავება დეზინფიცირებულ და არა დეზინფიცირებულ ხავსების სახვევებს შორის. არადეზინფიცირებულმა სფაგნუმის ხავსის სახვევმა, თავად გამოავლინა, ანტიმიკრობული თვისებები. ის გამოიყენებოდა მე-2 მსოფლიო ომის დროსაც, იგივე დანიშნულებით და დღეს თანამედროვე მეცნიერებიც უწყვეტ რეკომენდაციას მის გამოყენებას მედიცინაში (Podterob et al.,2002:56).

გასული ათწლეულის განმავლობაში მეცნიერთა ჯგუფი სფაგნუმს განიხილავდნენ, როგორც თევზის კონსერვაციის საშუალებად, სამაცივრე დანადგარების გამოყენების გარეშე. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ თევზი ინახებოდა ერთი თვის განმავლობაში სფაგნუმში უვნებლად და ბაქტერიული ხრწნა იწყებოდა გახსნიდან 7-12 დღის შემდეგ (Jones et al., 2001:43). პაინტერის თქმით ტრანსპორტირების ამ მეთოდს, გარდა თანხის დაზოგვისა აქვს სხვა დადებითი მნიშვნელობაც. ბაზარზე თევზი მიეწოდება გაუყინავი, რაც პირველად გემოს უნარჩუნებს თევზს. ამ დროისთვის დაიწყო კვლევები სფაგნუმიდან გამოყოფილი ანტიმიკრობული ინგრედიენტების ტესტირებაზე. პაინტერს ნაკლებად სჯეროდა ფენოლური ნაერთების ანტიმიკრობული აქტივობისა, რადგან ის მცენარის მშრალი წონის, სულ რაღაც 2%-ს შეადგენდა. სფაგნუმიდან გამოყოფილი ფენოლური ნაერთის ანტიმიკრობული თვისება გამოსცადეს ლპობის ბაქტერია *Pseudomonas aeruginosa* -ზე. ფენოლურმა ნაერთებმა დაბალი ანტიმიკრობული, თითქმის უნაყოფო მოქმედება გამოავლინეს.

ამის შემდეგ პაინტერმა განავითარა ალტერნატიული თეორია სფაგნუმის წარმოებული პოლისაქარიდების ანტიმიკრობული ეფექტის შესახებ. აღმოჩნდა, რომ ცოცხალი სფაგნუმის უჯრედის კედელში წარმოიქმნება წყალში ხსნადი D-გალაქტურონის მჟავა, მაღალი აქტივობის კარბონილის ჯგუფით. სწორედ ამიტომ

სფაგნუმის ხავსს ახასიათებს იონთა ცვლის და მეტალის კათიონების შეკავების მაღალი უნარი. ამავდროულად გააჩნია წყალბადის იონების გამოთავისუფლების უნარი, რაც იწვევს ტორფნარში მჟავა და სტერილური (ანტიმიკრობული) გარემოს წარმოქმნას. ამ მაღალი აქტივობის პოლიურონის მჟავას უწოდეს (5 keto D-manuronic acid) „სფაგნანი“. იგი მოიცავს ორ - პირანოზას და ფურანოზას იზომერულ რგოლს. ეს ნივთიერება მონაწილეობას ღებულობს სფაგნუმის ხავსის უჯრედის კედლის შენებაში. პაინტერის ჰიპოთეზის თანახმად სფაგნანს აქვს უნარი ლპობის ბაქტერიების ეგზო-ენზიმები დაიკავშიროს და შეამციროს ბაქტერიული ზრდა ტორფნარში, რაც ამცირებს ხრწნას. „სფაგნანის“ გამოყოფა შესაძლებელია, როგორც ტორფნარის ჰუმუსოვანი წყლისაგან ასევე, ცოცხალი სფაგნუმიდანაც. თუმცა პაინტერი გვიჩვენებს, რომ ჰუმუსოვანი წყლიდან გამოყოფილი „სფაგნანის“ კარბონილის ჯგუფი, აღარ არის თავისუფალი, რადგან მასთან უკვე შეკავშირებულია აზოტის კათიონები, რის გამოც „სფაგნანის“ გამთრიმლავი უნარი შემცირებულია.

**სფაგნუმის უჯრედის კედლის ანტიმიკრობული ინგრედიენტები.** სფაგნუმის ხავსის მიკრობული დეგრადაციის მექანიზმი ჯერ კიდევ კარგად არ არის შესწავლილი. სფაგნუმის ხავსის შემცველობის განსაზღვრისას გამოვლინდა ორი კატეგორიის ნაერთი, რომელიც მეცნიერების აზრით განსაზღვრავს სფაგნუმის მცენარის ხრწნის შენელებას, ესენია: პოლისაქარიდები და ფენოლური ნაერთები (Kulze et al., 2001:48). ეს ნაერთებია:

**კარბოჰიდრატები.** სფაგნუმი უმთავრესად შეიცავს გლუკოზისა და გალაქტურონის მჟავის ერთეულებისგან შემდგარ პოლისაქარიდებს. რომლებიც სფაგნუმს მაღალი კათიონური ცვლის უნარს და ანტიმიკრობულ მოქმედებას ანიჭებს. D-გალაქტურონის მჟავა (ფორმირებული პოლიურონის მავისგან) არის პოლისაქარიდი, რომელიც წარმოიქმნება ცოცხალი სფაგნუმის უჯრედის კედელში (Clymo et al., 1982:28). D-გალაქტურონის მჟავა არის გალაქტოზის დაჟანგული ფორმა, რომელიც მცენარის პექტინის მთავარი კომპონენტია. D - გალაქტურონის მჟავა მიეკუთვნება C1 ალდეჰიდების ჯგუფს და C6 კარბოქსილ მჟავას ჯგუფს სადაც C6, ჯაჭვი ჩანაცვლებულია კარბოქსილი მჟავის ჯგუფით, რომელიც თავის მხრივ შეიცავს  $C = O$  მაღალი აქტივობის კარბონილის ჯგუფს, რაც ამ ნივთიერებას სძენს იონთა

ცვლის თვისებებს. სწორედ კათიონთა ცვლის მექანიზმი განსაზღვრავს *Sphagnum* ხავსის მიერ მიკრო და მაკრო ელემენტების შეწოვის და წყალბადის იონების გამოთავისუფლების უნარს (Urban et al., 1995:74). გამოკვლევებით დადგინდა, რომ უფრო მეტად ადსორბირდება ბივალენტური კათიონები ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), ხოლო მონოვალენტური კათიონები რჩება წყალში გახსნილის სახით ( $K^+$ ,  $Na^+$ ). შეკავებული კათიონები არ გამოთავისუფლდება, დაღუპული მცენარიდანაც. სწორედ ამიტომ შეიძლება ითქვას ტორფნარი არის დიდი დეპო, რადიატორი არსებული კათიონებისა. სფაგნუმის ხავსის დაბალი პროდუქტიულობის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზი სწორედ, კათიონების „გამოკეტვა“, ზოგიერთი ავტორის აზრით კი „სტერილურობაც“ ამ ფენომენითაა განპირობებული (Painter et al., 1995:54).

**ფენოლოური ნაერთები.** სფაგნუმში აღმოჩენილია 11 სახის ფენოლოური ნაერთი, რომელთაგან ერთ-ერთი ჭურჭლოვანი მცენარეების მსგავსი ფენოლოური ნაერთი – ლიგნინია (Williams et al., 1998:76). თუმცა, ჭურჭლოვანი მცენარეების ფენოლოური ნაერთებისგან განსხვავებით, სფაგნუმის ფენოლოურ ნაერთებს მკაფიოდ განსხვავებული სტრუქტურა აქვთ. მათ ახასიათებთ დაბალი შემცველობა გუაცის და სინირგინ ჯგუფებისა, ხოლო დიდი რაოდენობით შეიცავს პარა-ჰიდროქსიფენილ და კარბოქსილის ჯგუფებს (Reznikov et al., 1975:60). ჰიდროქსილ ფენილის ერთეულები ქმნიან პოლიფენოლოურ ჯაჭვს, რომელიც სფაგნუმის ცელულოზას იცავს მიკრობული რღვევისგან. კარბოქსილის ჯგუფი ადვილად გადადის ხსნად ფორმაში მჟავა ჰიდროლიზით. წყალში გახსნილი ფენოლი, არსებობს ფენოლ მჟავის (სფაგნუმის მჟავა) სახით მხოლოდ სფაგნუმთან გარემოში (Williams et al., 1998:76). სფაგნუმის ზოგიერთ სახეობებში (*Sph.falax*, *Sph.cuspidatum*) ფენოლების უმრავლესობა აღმოჩნდა წყალში გახსნილი სახით, თუმცა ასევე შესწავლილ იქნა ენდოგენური სფაგნუმ მჟავები ტრანს-დარიჩინის და პარა-კუმარის მჟავა. ისინი გამოთავისუფლდება გარემოში როგორც, სფაგნუმის ზრდის მეტაბოლიტები (Rasmussen, 1994:58). წყალში გახსნილი ფენოლოური ნაერთები გროვდება ტორფნარის გუმბათის წყლებში და წარმოქმნის ჰუმუსურ მჟავას, რომელიც ხელს უშლის ბიოასიმილაციის პროცესს, ეს განაპირობებს ტორფნარის „სტერილურობას“. სფაგნუმის ხავსის ფენოლოური ნაერთები არ შემოიფარგლება ხსნადი ფენოლების

სახით. ისევე როგორც სხვა მცენარეები, სფაგნუმიც შეიცავს ფენოლური ნაერთების განსაზღვრულ ჯგუფს დაბალმოლეკულურწონიანი ფენოლებიდან, მაღალ მოლეკულურ – ტანიინამდე. უმრავლესი მათგანი ჯერ კიდევ არ არის სრულად შესწავლილი. მაღალი მოლეკულური წონის მქონე ფენოლები ტორფნარში არის როგორც ხსნადი ასევე მყარ ფორმით. წყალში გახსნილი ფორმები წარმოდგენილია ჰუმუსური მჟავით და ტანიინ მჟავით, ხოლო მყარი ფორმები კი კონდენსირდება ტანიინის შემცველი ფლავანოიდის ერთეულებად.

ფენოლებს გააჩნიათ ანტიმიკრობული თვისებებიც. მაღალი მოლეკულური წონის ფენოლური ნაერთები ორგანულ ნივთიერებებს შორის წარმოქმნის მტკიცე კავშირებს და ამცირებს დეკომპოზიციის – ხრწნის პროცესებს, ხოლო დაბალმოლეკულური ფენოლური ნაერთები ადვილად იშლება მიკროორგანიზმების მიერ. სწორედ ამიტომ ტორფნარის სიღრმეში არსებული მცენარეული მასალა შეიცავს ხრწნისადმი მდგრად კომპონენტებს (Verhoeven et al., 1997:75).

სფაგნუმის, როგორც კარგი ჭრილობის სახვევი და შესახორცებელი საშუალების გამოყენება განპირობებული იყო არა მხოლოდ ადსორბციის და სიმშრალის შენარჩუნების თვალსაზრისით არამედ, ნიტრატების დაშლის და შთანთქმით, რასაც უზრუნველყოფს სფაგნუმის ჰოლოცელულოზა (სფაგნანი, პექტინის მსგავსი ნივთიერება), სფაგნუმი, ბაქტერიებისაგან ითვისებს ნიტრატებს და ამით აუვნებლყოფს მათ (Painter et al., 1995:54).

მეტად აქტუალური საკითხია ხავსების შესწავლა როგორც ეკოლოგიურ ჭრილში ასევე, მნიშვნელოვანია მათი ქიმიური ანალიზი ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა შემცველობაზე, კერძოდ კი მეორად მეტაბოლიტებზე. გამოვლინდა რომ, დიდი რაოდენობით შეიცავენ გლიკოზიდებს, ფენოლს, ლიპიდებს (Asakawa, 2007:18, Selvam et al., 2010:63).

სფაგნუმიდან ანტიმიკრობული აგენტების (ჰოლოცელულოზისა და პოლისაქარიდების) გამოყოფის მეთოდი ეკუთვნის პაინტერს. მის მიერ შემოთავაზებული მეთოდი ითვალისწინებს ხავსის ოქსიდურ დამუშავებას, რის შედეგადაც ხავსში ჟანგავს არომატულ ნაერთებს და უცვლელად ტოვებს მხოლოდ პოლისაქარიდების სტრუქტურას.

თუმცა შემდგომში პოლისაქარიდების და ჰოლოცელულოზის გამოყოფის მეთოდი შეიცვალა ფერმენტული დაშლის მეთოდით, რადგან დაჟანგვის მეთოდით მცირდებოდა არა მხოლოდ არომატულობა, არამედ სტერილურობაც (Balance et al., 2007:12).

ფენოლური ნაერთისგან თავისუფალი ხავსი შეიძლება გამოვიყენოთ სამედიცინო პრაქტიკაში უშუალოდ ჭრილობაზე დასაფენად და შესახვევ საშუალებად. სფაგნუმი რეკომენდირებულია ტუალეტის ქაღალდის ინგრედიენტად. ასევე ხავსის ჰოლოცელულოზა რეკომენდირებულია საკვების შემნახველი კონტეინერების ამოსაფენად. იგი უზრუნველყოფს საკვებ პროდუქტებზე გემოსა და სუნის შენარჩუნებას (Balance et al., 2007:21).

ზოგიერთი მცენარის მიერ პროდუცირებული პოლისაქარიდები, ფენოლები და ესტერები ბოლო დროს მეცნიერების დიდ ყურადღებას იქცევს, როგორც კარგი ანტიბაქტერიული, იმუნომოდულატორი და მიკო და ციტოტოქსიკი. ბიოტექნოლოგიის მეთოდები ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ეფუძნება ინოვაციურ და საინტერესო გზას - მათ ანტიმიკრობულ აგენტად გამოყენებას (Бабешина и т.д., 2010:8; Елина и т.д., 1993:11).

გვარი *Sphagnum L.* დღესდღეობით მეცნიერები განიხილავენ, როგორც მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყაროდ, რომლებსაც გააჩნია გამოხატული ანტიბაქტერიული, ანტივირუსული, სოკოსაწინააღმდეგო მოქმედება. ზოგიერთი სახეობიდან გამოყოფილ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს გააჩნიათ ციტოტოქსიკური აქტივობა კიბოს უჯრედების მიმართ (Бабешина и т.д., 2010:9; Chang et al., 2000:29). სფაგნუმი ეთნოფარმაკოლოგიაში დიდი ხანია გამოიყენება დაინფიცირებული ჭრილობის, თვალის დაავადების და ნაწლავური ინფექციების სამკურნალოდ (Елина и т.д., 1993:11).

სფაგნუმის 5 სახეობაში *Sphagnum balticum*, *Sph. fallax*, *Sph. fuscum*, *Sph. Lenense*, *Sph. Girgensohnii* დაფიქსირდა პოლისაქარიდების მაღალი შემცველობა. კვლევების შედეგად გამოვლინდა, რომ შესწავლილი სახეობებიდან გარდა ერთისა, პოლისაქარიდების შემცველობა 10% იყო. გამონაკლისს წარმოადგენდა *Sph. girgensohnii*, რომელშიც პოლისაქარიდების შემცველობა 26 % იყო. ასეთი განსხვავება

სახეობებს შორის, დაკავშირებულია ამ სახეობათა განსხვავებულ ეკოლოგიურ გარემოში ზრდით. ოლიგოტროფული, სინათლისმოყვარული სფაგნუმის სახეობები, როგორცაა: *Sphagnum balticum*, *Sph. fallax*, *Sph. fuscum*, *Sph. Lenense* შეიცავს 9,5 - 10,7% პოლისაქარიდებს, ხოლო მეზოტროფული, დაჭაობებულ ტყეებში გავრცელებული, ნაკლები განათების პირობებში მოზარდი *Sph. Girgensohnii* კი 26% პოლისაქარიდებს შეიცავს (Бабешина и т.д., 2002:8). *Sphagnum papillosum* -ის ფოთლებიდან გამოყოფილი ფენოლური ნაერთები გამოიკადა *Staphylococcus aureus* 50084 ანტიბაქტერიულ აქტივობაზე (Mellega et al., 2009:53). დადგენილია რომ, ოლიგოტროფული ტიპის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობები მდიდარია C16 - C30 ესტერით, ხოლო მეზოტროფული ტიპის ტორფნარები შედარებით დაბალი კონცენტრაციით შეიცავენ ესტერებს (Baass et al., 2000:20).

### 1.5. სფაგნუმი როგორც, ატმოსფერული ჰაერის გაჭუჭყიანების ბიოინდიკატორი

ვინაიდან ადამიანი ბიოსფეროს ნაწილია, მასზე განუწყვეტლივ მოქმედებს გარემო ეკოტოქსიკოლოგიური ფაქტორები. დღეს, მსოფლიოში აქტუალური საკითხია ჰაერის ხარისხი და მისი გავლენა ჯანმრთელობაზე. განსაკუთრებით ბავშვის და მოზარდის ორგანიზმის ჩამოყალიბებაში ხელისშემშლელი და მავნე ფაქტორია მძიმე მეტალების დასაშვებ ნორმაზე მეტი კონცენტრაცია ჰაერში. არსებობს უამრავი საერთაშორისო ორგანიზაცია რომლებიც გართიანდა ერთი მიზნის მისაღწევად - შეისწავლონ გარემო ფაქტორების ტოქსიკოლოგიური გავლენა ბავშვებსა და მოზარდებზე და გაატარონ პრევენციული ზომები ჯანმრთელობის შენარჩუნებისთვის (Larsson et al., 2012:51).

ჰაერის გაჭუჭყიანების ანთროპოგენული წყაროები სამი სახეობისაა: სამრეწველო, გამათბობელი საშუალებები და ტრანსპორტი. ყველაზე ინტენსიური ფაქტორი ტრანსპორტის მიერ გამოყოფილი გამონაბოლქვია.

საქართველოში მწვავედ დგას დაჭუჭყიანებული ჰაერის საკითხი. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში სატანსპორტო ნაკადი გაიზარდა, შესაბამისად გაიზარდა გამონაბოლქვი, რაც აქტიური წყაროა ჰაერში მძიმე მეტალების გამოფრქვევის,

საყურადღებოა ტყვია (Pb). ქალაქის ჰაერის ხარისხის განმსაზღვრაველი ერთ-ერთი ფაქტორია ვენტილაცია. აქტიურმა ურბანულმა განვითარებამ კერძოდ, მაღალ-სართულიანმა შენობების მასიურმა მომრავლებამ ხელი შეუწყო ქალაქში ტოქსიკოლოგიური მასების შეკავებას (Tetemadze et al., 2019: 67, Tetemadze et al., 2018: 68, Tetemadze et al., 2018: 69, Tetemadze et al., 2017:70).

წვის პროდუქტებითა და მავნე აირებით გაჯერებული ჰაერი ქალაქის თავზე ქმნის საფარის მსგავს ფენას, რომელსაც „ქუდებს“ უწოდებენ. ამ ფენის სიდიდე დამოკიდებულია საწარმოო ნარჩენების რაოდენობაზე და მისი გავრცელების სიჩქარეზე, ქალაქის ფართობსა და შენობების სიხშირეზე. ჩრდილოეთის ქალაქებში „ქუდები“ 200-300 მ-ის სიმაღლეზე მდებარეობს, ხოლო სამხრეთის ქალაქებში, განსაკუთრებით ზაფხულში, - უფრო მაღლა, რაც გამოწვეულია ჰაერის ძლიერი გათბობით და სითბოს კონვექციური გაცვლით.

მძიმე მეტალები - ეს სახელწოდება მათ მიიღეს იმიტომ, რომ მათ გააჩნიათ დიდი ატომური მასა. მათ შეუძლიათ დაილექონ მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილებში, რის შედეგადაც ახდენენ ტოქსიკურ ზემოქმედებას. მძიმე მეტალებიდან ყველაზე სახიფათოა: Hg, Pb, As, Cd. გარემოს ტყვიით ძირითადი დამაბინძურებელია ავტოტრანსპორტი. გამონაბოლქვში არსებული ტყვია სასუნთქი გზის გავლით იოლად გადადის სისხლში. ტყვიის თავისუფალი იონი ძვლის, კუნთების, ღვიძლის, გულის ქსოვილიდან აძევებს კალციუმს და ჩაენაცვლება, რაც ორგანოების დისფუნქციის წინაპირობაა (ხვედელიძე, 2018:6).

უამრავი კვლევა აჩვენებს, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ტოქსიკური ელემენტები, ისეთი როგორცაა ტყვია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, კალა და სხვა, ჩაენაცვლებიან სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ელემენტებს: კალციუმს, თუთიას, რკინას და იწვევენ სტრუქტურულ ცვლილებებს, რაც ვლინდება სხვადასხვა დაავადების სახით. ქიმიურმა დაბინძურებამ შეიძლება გამოიწვიოს მოწამვლა, ქრონიკული დაავადებები, ასევე მუტაგენური და კარცენოგენული ზემოქმედება. აქედან გამომდინარე, დღესდღეობით მეტად აქტუალურია ეკოპათოგენურ ფაქტორთა ზეგავლენის შესწავლა სამეცნიერო კვლევების საშუალებით.

აქტიურად შეისწავლება ატმოსფერულ ჰაერში გამოფრქვეული მძიმე მეტალების წრებრუნვა გარემოში. ნალექის საშუალებით ხვდებიან ნიადაგში და ასევე ატმოსფეროდან პირდაპირი კავშირით სხვადასხვა მცენარეში (ნაყოფში), საიდანაც იოლად ხვდება კონსუმენტების, მათ შორის ადამიანის ორგანიზმში (Khan et al., 2016:49). უმრავლესობა მკვლევარების მოსაზრებით მძიმე მეტალებს მიეკუთვნება Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, As, Co, Sb, Sn, Bi, Hg, რომლებიც ჭარბი რაოდენობით გარემოში მოხვედრისას მოქმედებენ როგორც ტოქსიკანტები და ეკოტოქსიკანტები. აქედან ზოგიერთი მხოლოდ ტოქსიკური მოქმედებით ხასიათდება. ასეთებია: ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, ტყვია, დარიშხანი. ორგანიზმში მოხვედრისას ისინი იწვევენ ნორმალური მეტაბოლიტური პროცესების დარღვევას, ამიტომაც, სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (FAO) კოდექსის თანახმად, ისინი მიეკუთვნებიან იმ კომპონენტებს, რომელთა შემცველობა კონტროლს ექვემდებარება. ბოლო ასწლეულის განმავლობაში მზარდმა სამთო-სამრეწველო სამუშაოებმა, შექმნა წყლის დაბინძურების მაღალი დონე, განსაკუთრებით საყურადღებოა ადამიანის ორგანიზმისათვის მავნე მძიმე მეტალების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაზე მაღალი შემცველობა საარსებო გარემოში (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი). 2016 წელს ქ. ბათუმში გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ ჩატარებულმა ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მონიტორინგმა საგანგაშო შედეგი აჩვენა, დადგინდა რომ, სხვადასხვა მძიმე მეტალის შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერში ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას აღემატება 7,1 – 12,5 ჯერ.

ატმოსფერული ხარისხის გაუმჯობესება თანამედროვე მსოფლიოს პრიორიტეტია, მათ შორის საქართველოსთვისაც. ამას ადასტურებს 2018 წელს საქართველოს პრემიერ მინისტრის მიერ „მწვანე ეკონომიკის“ კონცეფციის დასახელება. საქართველოში ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ინტენსიურად მიმდინარეობს ურბანული განვითარება და გაუმართავი ავტოტრანსპორტის მომრავლება.

საქართველო მდიდარია სხვადასხვა ეკოსისტემებით, რომლებსაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესების თვალსაზრისით. კოლხეთის დაბლობს გააჩნია ბუნებრივი რესურსი საკუთარი მიკროკლიმატის განსაზღვრაში, ჭარბტენიანი ჰაბიტატების - სფაგნუმიანი ტორფნარების გავლენით.



საქართველოს ტორფნარების 80% კოლხეთის დაბლობზეა გავრცელებული. სფაგნუმის ტორფნარებს სამხრეთ კოლხეთის დაბლობის მნიშვნელოვანი ფართობი 41000 ჰა უკავია, რაც ხელსაყრელი ფაქტორია, ჰაერის მაღალი ხარისხის შესანარჩუნებლად.

სფაგნუმის, თეთრი ანუ ტორფის ხავსი კოლხეთის სფაგნუმის ტორფნარების ედიფიკატორი გვარია. ტორფნარებს მსოფლიო ხმელეთის ზედაპირის დაახლოებით 3 % უჭირავთ და მათ დიდ ყურადღებას უთმობენ, როგორც გლობალური კლიმატის განმსაზღვრელს. მათში აკუმულირებულია 550 გტ ნახშირბადი, რაც ექვივალენტურია მთელი ატმოსფეროს ნახშირბადის 75 % -ის. ეს ეკოსისტემები არამხოლოდ ნახშირბადს, არამედ სხვადასხვა ტოქსიკური პოლუტანტებს აბსორბირებს, რომელთა ემისია ხდება სატრანსპორტო საშუალებებიდან და სამრეწველო დაწესებულებებიდან (*Weston D. J. et al. 2014:90, Weston D.J. et al., (2012):91, Waugh J. et al., 2007:96, Whiting GJ. Et al., 2001:97, Williams PA. et al., 2008:98, Xu C. et al., (2012): 99, Yoder J.B. et al., (2014):101, Yu Z.C. et al., (2012):102, Zelicourt A.D.et al., (2013):104, Zhao H. et al., (2012):105, Zhuang Q.L.et al., (2006):106, Zauf M. et al., 2010:112, Zedler JB. 2006:113, Zedler JB. Et al., 2005:114, Zaehle S. et al., 2005:118*).

ვინაიდან, ატმოსფერული ჰაერის ხარისხზე ზრუნვა დღესდღეობით აქტუალური და მწვავე საკითხია ასევე, კოლხეთის დაბლობის ეკოსისტემის თავისებურება, სფაგნუმის ხავსის უნიკალურობა – მაღალი ადსორბციის უნარი და მათი ხელმისაწვდომობა იყო ამ კვლევის განმსაზღვრელი. ატმოსფერულ ჰაერში ეკოტოქსიკოლოგიური ფაქტორის – მძიმე მეტალების სპექტრის გამოკვლევა მოხდა ბიონდიკატორის – სფაგნუმის ხავსის გამოყენებით (ტეტემაძე და სხვ., 2018:69).

ტორფის ანუ *Sphagnum* L-ის სახეობებს 1976 წლიდან (როგორც ხავსებს შორის ყველაზე კარგ აბსორბენტს) იყენებდნენ გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისათვის, შექმნეს და გამოიყენეს ეგრეთწოდებული ხავსის ჩანთა (moss bag). ასევე, 1980 წელს შვედეთის ინიციატივით დაარსდა ხავსებით მძიმე მეტალების ბიომონიტორინგის ქსელი. ამ ქსელში 2010/2011 წლის მონაცემებით 25 ევროპის ქვეყანა და 4500 საიტია ჩართული, შემუშავდა და დაიხვეწა უამრავი მეთოდი ატმოსფეროს დაბინძურების გამოსაკვლევად (*Culicov et al., 2006:33*). გაეროს ეკონომიკურმა კომისიამ (UNECE)

შეიმუშავა ტრანსსასაზღვრო კონვენცია ჰაერის დაბინძურებასთან დაკავშირებით, რომელიც ძლიერი საერთაშორისო ინსტრუმენტია ჰაერის ხარისხის გასაუმჯობესებლად და დაბინძურებისგან დასაცავად. კონვენცია შეიმუშავეს შვეიცარიის ქ.გოტენბურგში 1998 წელს და ძალაში შევიდა 2003 წელს. კონვენციის მიზანია შესწავლილ იქნას მძიმე მეტალების, კერძოდ ტყვიის, კადმიუმის და ვერცხლისწყლის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე. მათი ემისია ატმოსფეროში, შედეგია სხვადასხვა ინდუსტრიული აქტივობის (Wright, L. M. et al., 2018:95 Zinicovscaia, M. et al., 2018:111).

სფაგნუმის სახეობების ეკოლოგიური, სოციალური და ეკონომიკური მნიშვნელობის გათვალისწინებით დამუშავებულია სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებზე მათი მოყვანის, „რეინტროდუქციის“, მოვლის, მოსავლის აღებისა და გადამუშავების ტექნოლოგიები და შექმნილია „სფაგნუმის მეურნეობები“ (Wichmann, S. et al., (2018):86, Wichmann, S. et al., (2016):87, Wichmann, S. et al., (2017): 88, Wichtmann, W. et al., (2016):89, Wittram BW. Et al., (2015): 92, Worrall Edale F, et al., (2011):93, Wright N. et al., (2012):94, Xu, J. et al., 2019:100, Yu ZC. (2012):103, Zegers, G. et al., (2006):107, Zhu, L. 2019a:108, Zhao-Jun Bu et al., 2017:115).

ბოლო პერიოდში აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები სფაგნუმის სხვადასხვა სახეობის ზრდა-განვითარებაზე, ბუნებრივი რესურსების ზრდასა და შემცირებაზე მოქმედი ფაქტორების ზეგავლენის დადგენაზე (Zhaojun Bu et al., 2013:116, Zona, D. et al., 2011:117, Zheng, X.X. et al., 2012:120) და გარემოს არახელსაყრელი პირობების მიმართ, მათი ანტიოქსიდანტური დაცვის მექანიზმებზე (Zhang, X. et al., 2017:119).

მიუხედავად ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესების პოლიტიკამ ევროპულ ქვეყნებში შეამცირა მძიმე მეტალების ემისია, კვლევების შედეგად დადგინდა რომ, ადამიანის სისხლში მაინც დასაშვებ ნორმაზე მეტია, მძიმე მეტალების კვალი, რაც განპირობებულია გარემოში, ნიადაგსა და საკვებ მცენარეებში მათი აკუმულირებით (World Health Organization, 2007:77). ევროკავშირმა შეიმუშავა მაქსიმალური კონცენტრაცია ახალ ბოსტნეულში რომელიც, არ ავნებს ადამიანის ორგანიზმს 0,2 მგ Pb/კგ და 0,05მგ Cd/კგ ბოსტნეულში (EU 2011:78).

## ექსპერიმენტული ნაწილი

### თავი 2. კვლევის ობიექტები და მეთოდები

კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა: კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური სფაგნუმიანი ტორფნარები: ისპანი 1-ის, ისპანი 2-ის, იმნათის, ფიჩორის, გრიგოლეთის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობები (*Sphagnum austini*, *Sph. magellanicum*, *Sph. palustre*, *Sph. rubellum*, *Sph. Papillosum*, *Sph. Capillifolium*, *Sph. Cuspidatum*, *Sph. Fallax*, *Sph. Denticulatum*);

კოლხეთის დაბლობზე გავრცელებული სფაგნუმის ხავსის ყველა იდენტიფიცირებული სახეობა: ანატომიური მორფოლოგიური თავისებურებების და ეკოლოგიური მახასიათებლების დადგენისათვის; სფაგნუმის 5 სახეობა (*Sph. palustre*, *Sph. Papillosum*, *Sph. rubellum*, *Sph. imbricatum*, *Sph. cuspidatum*) ქიმიური შემცველობის განსაზღვრისათვის და *Sph. Papillosum*- გან დამზადებული ე.წ „სფაგნუმის ჩანთა“, ბიომონიტორინგისათვის.

ქ. ბათუმის ტრანსპორტით გადატვირთული 4 უბანი: თამარ მეფის გზატკეცილი, გოგოლის ქუჩა, კახაბრის ქუჩა და ტბ. აბუსერიძის ქუჩა;

**კვლევის მეთოდები.** სფაგნუმის სისტემატიკური, მორფოლოგიური და ანატომიური კვლევისას გამოყენებულია Addy სფაგნუმის სახეობების სარკვევი.

სფაგნუმის სახეობების ანატომიური თავისებურების განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ ელექტრონული მიკროსკოპი (Binocular microscope 107 LED Lamp). ველზე მუშაობისას ვიყენებდით ხელის ლინზა 18 MM-10X TRIPLET.

სფაგნუმის თანასაზოგადოებების შესწავლისას აღწერის კვადრატის მეთოდი Domin Krajina მეთოდი. კვადრატების ზომები 25 სმ x 25 სმ.

ეკოლოგიური გარემოს მჟავიანობისა და ელექტროგამტარუნარიანობის შესწავლისათვის გამოყენებულია ხელსაწყო EC -Electric conductivity.

ისპანი 2-ის სფაგნუმის 5 სახეობის *Sphagnum palustre*, *Sph. papillosum*, *Sph. capillifolium*, *Sph. austinii*, *Sph. cuspidatum* კვლევა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობაზე განხორციელდა გაზური ქრომატოგრაფია-მასსპექტრომეტრიის (GC-MS/MS) გამოყენებით.

საკვლევი ობიექტები დავამზადეთ 2016 წლის თებერვალში, ნიმუშები ავიღეთ კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის – ისპანი 2–ის გუმბათიდან და ბუფერული ზონიდან. საკვლევი ნიმუშები 24 საათის განმავლობაში იმყოფებოდა ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ გამოვაშრეთ Termo scientific 30-70°C, გამომშრალი ობიექტები დავაქუცმაცეთ, ნედლეულის 2,0-2,0 გრამი მოვათავსეთ ერლენ-მეიერის კოლბებში და დავამატეთ მეთანოლი, ნედლეულისა და ექსტრაგენტის 1:10-თან თანაფარდობით. კოლბები ნედლეულით მოვათავსეთ ულტრაბგერით აბაზანაში 30 წთ-ის განმავლობაში 35°C ტემპერატურაზე. ექსტრაქციის შემდეგ მოვახდინეთ რექსტრაქცია. მიღებული გამონაწვლილები გავაერთიანეთ და გავფილტრეთ უნაცრო ქაღალდის ფილტრში. ფილტრატები გადავიტანეთ ფიალებში და დავაყოვნეთ ამწოვ კარადაში მეთანოლის სრულ აორთქლებამდე. ორგანული გამხსნელის აორთქლების შემდეგ მშრალ ნაშთებს ცალ-ცალკე დავუმატეთ სადერივატიზაციო სითხეთა ნარევი: *BSTFA/ EtOAc* (55 : 50 მკლ), გავაცხელეთ 70<sup>0</sup> C ტემპერატურაზე 20 წუთის განმავლობაში. გაცივების შემდეგ 1-1 მკლ გამოვიკვლიეთ ტანდემური ქრომატო-მასსპექტრომეტრით

კვლევისათვის გამოვიყენეთ ხელსაწყო - გაზური ქრომატოგრაფი-მასსპექტრომეტრით (Agilent Technologies GC - 7890 A, MS - 7000 A Triple quadrupole). ქრომატოგრაფირების და დეტექტირების პირობები მოცემულია N1 ცხრილში.

ცხრილი №1

გაზური ქრომატოგრაფია მასსპექტრომეტრული მეთოდით ანალიზის ჩატარების პირობები

აპარატი	Agilent Technologies GC - 7890 A, MS - 7000 A Triple quadrupole
ინჟექტორის ტემპერატურა	250°C
ღუმელის ტემპერატურა: (რეჟიმი პროგრამული)	60°C 1 წთ ; 60°C→ 250°C 15°C/წთ; 250°C→ 310°C 10°C/წთ
ტრანსფერლაინის ტემპერატურა	310°C
ინჟექტირების მოცულობა	1 მკლ

სვეტი	Elite 5-MS; 30M X 250 $\mu$ m X 0.25 $\mu$ m;
იონიზაციის წყარო EI (Electron Ionization)	70 <i>ev</i>
იონების მონიტორინგი	45 – 600 m/z
აირმატარებელი	ჰელიუმი
აირის დინების სიჩქარე	1 მლ/წთ
სკანირების რეჟიმი TIC	35-500 Amu
დერივატიზაციის რეაგენტი	<i>BSTFA/ EtOAc</i> (55 : 50 მკლ)

საანალიზო ობიექტში სამიზნე ნივთიერების გამოვლენის მიზნით, ქრომატოგრამებზე არსებული პიკების მასსპექტრები შედარებული იქნა მონაცემთა ბაზაში (*NIST* 2014) არსებული ნივთიერებების მასსპექტრებთან.

**წვენების მომზადების ტექნოლოგია.** ნედლ მცენარეულ ნედლეულს ორჯერ აწვრილმენებენ ბალახისმჭრელი ლაბორატორიული დამაწვრილმანებელი მანქანით - დაწვრილმანებელი ნაწილაკების ზომებია 2-8 მმ. დაწვრილმანებულ ნედლეულს ახვევენ ტილოს ნაჭრებში და ათავსებენ წნეხის ცილინდრში. ერთმანეთისაგან გამოყოფენ უჟანგავი ფოლადის ფირფიტებით და წნეხავენ წვენის მიღების მიზნით. სწრაფი გაცხელების მიზნით წვენს დგამენ წყალში, რომელიც წინასწარ გაცხელებულია 80-85°C ტემპერატურამდე, 30 წთ-ით, შემდეგ უცხად აცივებენ გამდინარე ცივი წყლით. ტემპერატურის ასეთი ცვლა ხელს უწყობს ფერმენტების ინაქტივაციას და ცილოვანი ნივთიერებების შეხვეჭას. გამოყოფილ ნალექს ამორებენ ცენტრიფუგირებით. მიიღება სუფთა, გამჭვირვალე წვენი.

**მშრალი მცენარეული ნედლეულიდან წყლიანი გამონაწვლილების და წყალში ხსნადი პოლისაქარიდების ჯამის შემცველი პრეპარატების მიღება.** საკვლევი მშრალი მცენარეული ნედლეულის გამოწვლილვას ახდენენ ცხელი წესით, მდულარე წყლის აბაზანაზე უკუმაცივრით 2 საათის განმავლობაში. ნედლეულისა და ექსტრაგენტის თანაფარდობა შეადგენს 1:1 (წონითი ნაწილი). მიღებულ გამონაწვლილს ფილტრავენ მომზადებისთანავე. გაწმენდილ გამონაწვლილს ყოფენ ორ ნაწილად.

ერთი ნაწილი შემდგომ კვლევაში გამოყენებული იქნება სახელწოდებით „წყლიანი ექსტრაქტი“.

გამონაწვლილის მეორე ნაწილისაგან კი ღებულობენ პოლისაქარიდებს, რისთვისაც გაწმენდილ გამონაწვლილს ასქელებენ ვაკუუმ-როტაციულ აპარატზე საწყისი მოცულობის 1/10-მდე, გაიშვიათების პირობებში.

წყალში ხსნადი ნივთიერებების, კერძოდ პოლისაქარიდების დალექვას შესქელებული ექსტრაქტიდან ახდენენ სამმაგი რაოდენობა 96%-იანი ეთილის სპირტის დამატებით. ეთილის სპირტს ამატებენ შერევის პირობებში. გამოყოფილ ლორწოვან ნალექს აყოვნებენ, ნალექისზედა სითხეს დეკანტაციით აცილებენ, ხოლო დარჩენილ მასას აშრობენ ვაკუუმ-მაშრობ კარადაში 50-60°C ტემპერატურაზე არაუმეტეს 7% ტენის შემცველობამდე.

**ანტიბაქტერიული მოქმედება.** საკვლევი ობიექტების ანტიბაქტერიული აქტივობის კვლევა ჩატარდა გიორგი ელიავას სახელობის ბაქტერიოფაგიის, მიკრობიოლოგიისა და ვირუსოლოგიის ინსტიტუტში. ანტიბაქტერიული ეფექტის შეფასება განხორციელდა სტანდარტიზებული პროტოკოლის საშუალებით დისკების დიფუზიის მეთოდისა (Disc Diffusion Method - DDM) და აგარის ორმოების დიფუზიის მეთოდის (agar well diffusion) გამოყენებით. ანტიბაქტერიული აქტიურობის გაზომვა განხორციელდება (Minimal Inhibitory Concentration -MIC) ინჰიბირების ზონის არსებობით/არარსებობით და ინჰიბირების მინიმალური კონცენტრაციის სიდიდეთა განსაზღვრით.

დისკების დიფუზიის მეთოდის შემთხვევაში ახდენენ Muller Hinton-ის აგარის ნიადაგის მომზადებას და სტერილიზაციას. ნიადაგი იხმება პეტრის ფინჯნებზე და ინახება სტერილურად გამყარებამდე. შესაბამისი ბაქტერიული კულტურის 0,1მლ ითესება ნიადაგზე - ფინჯანზე გაშლის ტექნიკის გამოყენებით.

სინჯის ხსნარის სახით მომზადება ხდება ბუფერულ ხსნარში (1% DMSO სტერილურ გამოხდილ წყალში). ახდენენ აღნიშნული ხსნარით ფილტრის ქაღალდის გაჟღენთვას და მოთავსებას ბაქტერიული ნათესის შემცველი პეტრის ფინჯნების ზედაპირზე და აჩერებენ გაშრობამდე, შემდეგ პეტრის ფინჯნები თავსდება 37° C

ტემპერატურაზე 24 საათის განმავლობაში ინვერტირებულ (ამობრუნებულ) პოზიციაში.

სტანდარტული ანტიბიოტიკი (სტრეპტომიცინი ATCC 30-2300) და ბუფერული ხსნარი გამოიყენებოდა შესაბამისად დადებით და უარყოფით კონტროლად.

აგარის ორმოების დიფუზიის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში ბაქტერიული კულტურები ითესება Muller Hinton (სფX, ს.866) აგარის ნიადაგზე, რომელიც წინასწარ სტერილიზდება. დათესვა ხდება ფინჯანზე გაშლის ტექნიკის გამოყენებით. პეტრის ფინჯნებზე ნიადაგი გამყარებამდე ინახება სტერილურად. აგარზე ხდება 5მმ დიამეტრის ორმოების გაკეთება სტერილური მოწყობილობის (აგარის საჭრელის) დახმარებით და 50მლ სინჯის ხსნარს, რომელსაც სტანდარტული ანტიბიოტიკი და ბუფერი წარმოადგენენ, ამატებენ ორმოებში. შესაბამისად აყოვნებენ 37° C ტემპერატურაზე 18 საათის განმავლობაში. ანტიბაქტერიული ეფექტი ფასდებოდა ინჰიბირების ზონების დიამეტრების მიხედვით.

in vitro შეფასება ჩატარდა შტამების განსაზღვრული ნაკრების მიმართ. 2% BH აგარის ფინჯანზე გაკეთდა ე.წ. ბაქტერიული გაზონი - 1მლ ბაქტერიული კულტურა დატანილ და განაწილებულ იქნა მთლიან ფინჯანზე. ფინჯნის გაშრობის შემდეგ დაააქვთ 10 მკლ საკვლევი ობიექტი. ფინჯნები თავსდება თერმოსტატში 18-24სთ-ის განმავლობაში ინკუბაციისთვის.

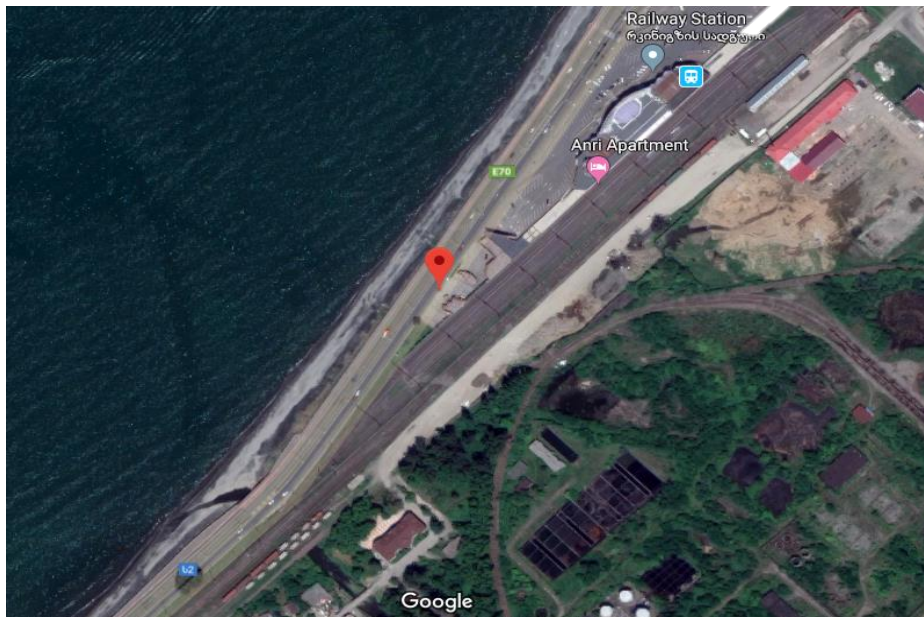
**ქ. ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების შემცველობის მონიტორინგისათვის საკვლევი ტერიტორიების შერჩევა, „სფაგნუმის ჩანთების“ მომზადება და განთავსება**

საკვლევი ტერიტორიაა ქ.ბათუმი. მისი ფართობია 6494,31 ჰექტარი. ზღვისპირა აჭარა მოიცავს ვაკე-დაბლობებს და სუბტროპიკული ჰავისთვის დამახასიათებელი მაღალი თერმული რეჟიმით გამოირჩევა (საშუალო წლიური ტემპერატურა 14,5°C, ზამთრის ყველაზე ცივი თვის – იანვრის საშუალო ტემპერატურა +6°C-ია). ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა 2 200 მმ, ხოლო ჰაერის სინოტივე 80 %-ია.

ქალაქი საქართველოს სახმელეთო და საზღვაო კარიბჭეა თავისი ღრმა საზღვაო პორტით, სარკინიგზო კვანძითა და მრეწველობის სხვა უნიკალური დარგებით. მოსახლეობის რაოდენობა – 180 ათასი.

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში აღინიშნება სწრაფი ურბანული განვითარება და ტურისტული ნაკადის მაღალი მაჩვენებელი, რომლებიც საკუთარი ავტომობილით გადაადგილდებიან.

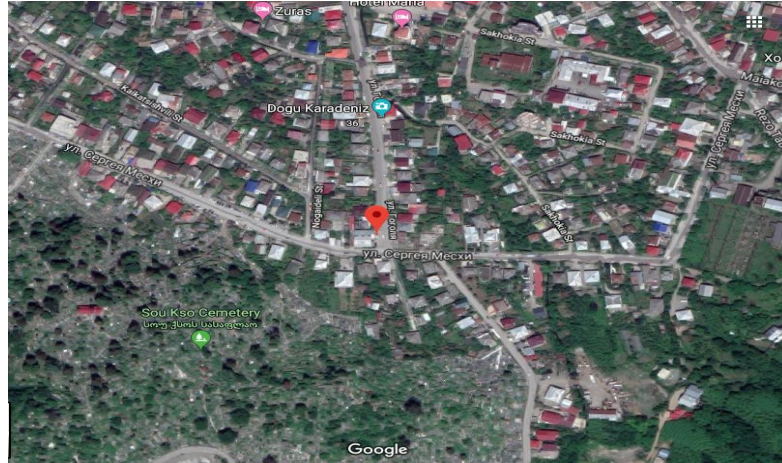
ქალაქში შეირჩა ტრანსპორტით გადატვირთული ოთხი უბანი, ესენია: თამარ მეფის გზატკეცილი (რკინიგზის სადგურის მიმდებარე ტერიტორია, ვისოლის ავტოგასამართი სადგური), რომელიც გამოირჩევა ავტომობილების ინტენსიური გადაადგილებით, თუმცა მაღალია ვენტილაციით ხასიათდება ქალაქის ეს მონაკვეთი, ამასთან არ გამოირჩევა დასახლების სიმჭიდროვით (იხ. რუკა 2.).



რუკა 2. თამარ მეფის გამზირი GPS კოორდინატები 41.657354, 41.675861

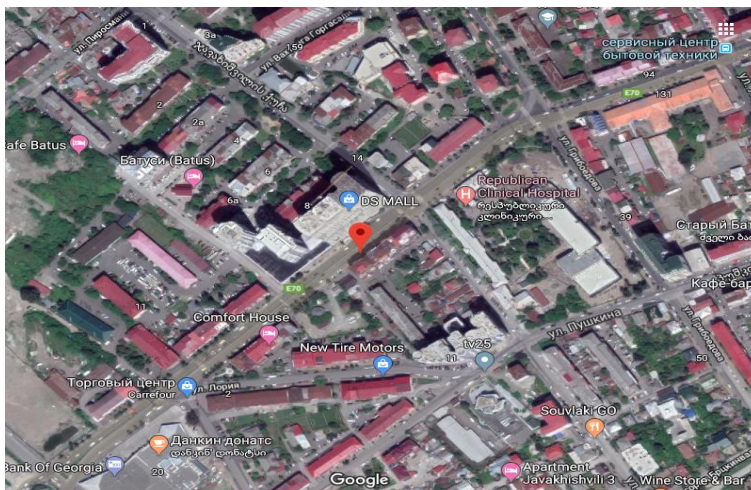
მეორე ნიმუში დამონტაჟდა გოგოლისა და ს.მესხის ქუჩის კვეთაში. ეს უბანი გამოირჩევა მჭიდროდ დასახლებით, მაღალია ავტომობილების გამავლობა, თუმცა შენობები დაბალსართულიანია (2-4 სართული), პირველ ობიექტთან შედარებით დაბალი ვენტილაცია აღინიშნება ამ ტერიტორიაზე (იხ.რუკა 3.).





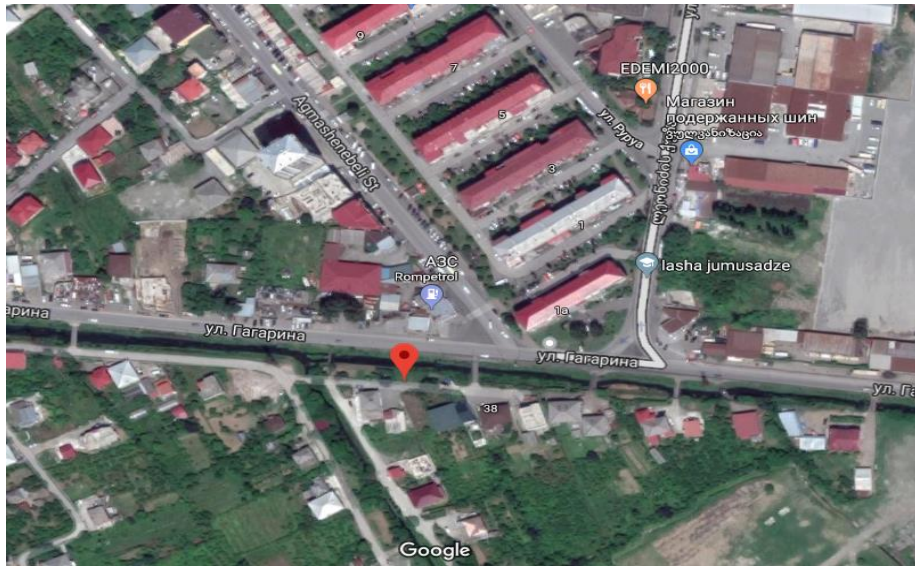
რუკა 3. გოგოლის ქუჩა 36 GPS კოორდინატები 41.637128, 41.664204.

მესამე საკვლევი ობიექტია ტბელ აბუსერიძის ქუჩა, რესპუბლიკური საავადმყოფოს მიმდებარე ტერიტორია, სადაც ავტოტრანსპორტის მაღალი გამავლობაა, ასევე ინტენსიურად მიმდინარეობს მაღალსართულიანი სახლების მშენებლობა, ვენტილაცია შეზღუდულია წინა ორ საკვლევ უბანთან შედარებით (იხ. რუკა 4).



რუკა 4. ტბელ აბუსერიძის ქუჩა GPS კოორდინატები: 41.639733, 41.622404

მეოთხე საკვლევი უბანი მდებარეობს ქ.ბათუმის სამხრეთ-აღმოსავლეთით, ეს უბანი არ გამოირჩევა მაღალი შენობებით, თუმცა აქაც აღინიშნება მაღალი ავტოსატრანსპორტო მიმოსვლა (იხ. რუკა 5).



რუკა 5. კახაბრის ქუჩა GPS კოორდინატები 41.619797, 41.622720

ხავსის აღება ხდებოდა ქობულეთის აღკვეთილის სამხრეთით მდებარე ქ. ბათუმისგან 35 კმ დაშორებით სფაგნუმიანი ტორფნარებიდან, საკვლევ სეზონის მიხედვით, ყოველ სეზონზე (რუკა N6, სურ. N3).



რუკა 6. ისპანი 1 და 2 სახელმწიფო ნაკრძალი და მისი მიმდებარე ტერიტორია



სურ. 3. ხავსის ჩანთის დასამზადებლად შეგროვებული *Sphagnum papillosum*

ტორფნარიდან აღებული სფაგნუმის ხავსი გამდინარე წყლით გაირეცხა, გავაშრეთ ჩრდილში ამის შემდეგ მოვათავსეთ წინასწარ დამზადებულ პოლიეთილენის კონვერტებში.

პოლიეთილენის კონვერტები დამზადდა პოლიეთილენის ბადისგან 20X20 სმ ზომით, შეიკერა ოთხივე გვერდი. კონვერტებში მოთავსდა 5-5 გრამი გარეცხილი, მშრალი ხავსი. დამზადებული „სფაგნუმის ჩანთები“ განვათავსეთ T ფორმის სპეციალურ სადგამზე, რომელიც განვათავსეთ ქალაქის ტრანსპორტით გადატვირთულ წინასწარ შერჩეულ ოთხ უბანზე (თამარ მეფის გამზირი, გოგოლისა და მესხის ქუჩის კვეთა, ტბ. აბუსერიძის და კახაბრის ქუჩა). თითოეულ უბანზე განთავსდა „სფაგნუმის ჩანთის“ 5-5 ნიმუში (სურ. N4-6).

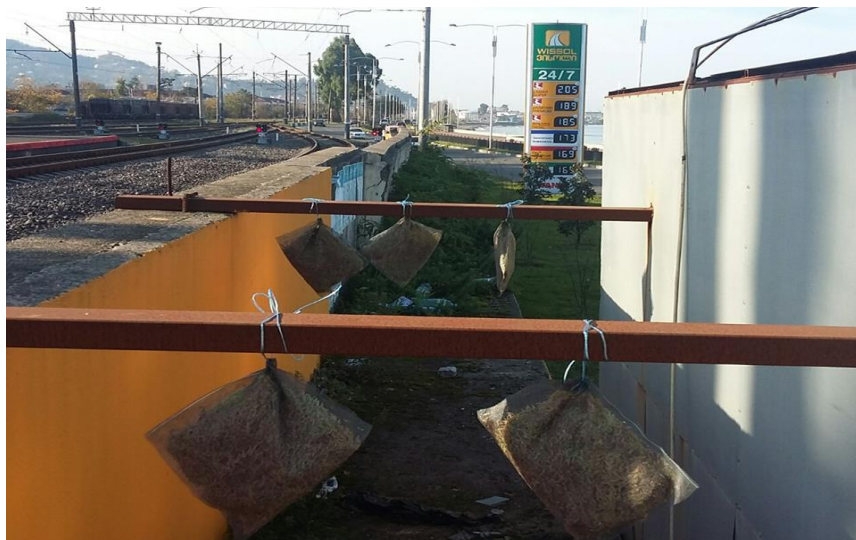


სურ. 4. საკვლევ ტერიტორიაზე დამონტაჟებული ეგრეთ წოდებული „სფაგნუმის ჩანთა“.

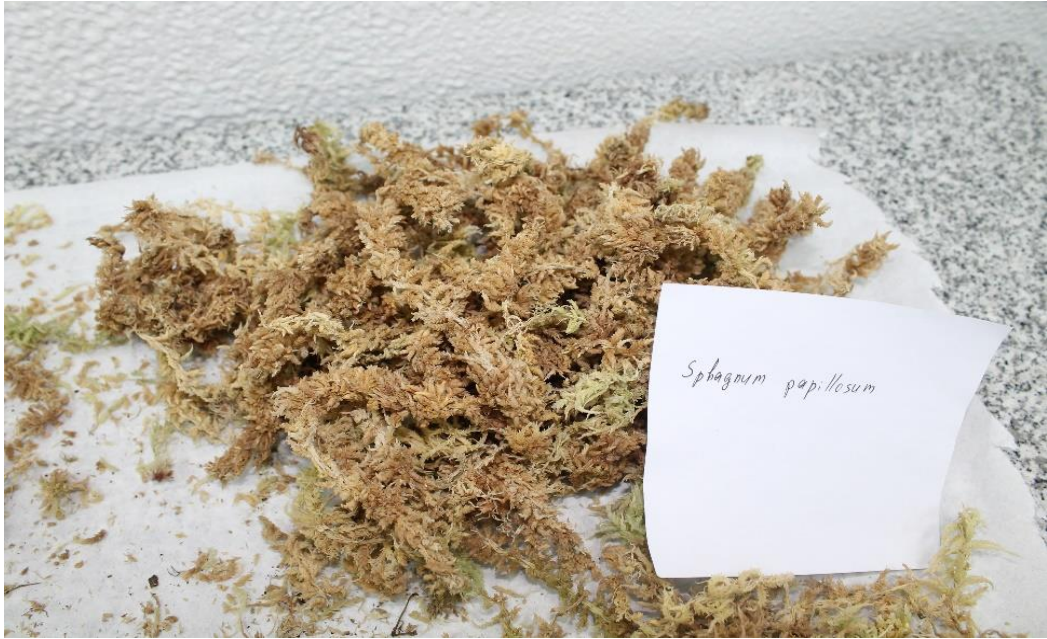


სურ.5. საკვლევ ობიექტზე დამონტაჟებული „სფაგნუმის ჩანთები“.

„სფაგნუმის ჩანთები“ - ს საკვლევ ტერიტორიებიდან აღება ხდებოდა 20 დღის შემდეგ. პოლიეთილენის ბადიდან გამოთავისუფლებული ხავსი ლაბორატორიულ პირობებში ოთახის ტემპერატურაზე შრებოდა ორი დღე ღამის განმავლობაში (სურ.N7,N8). ნიმუშები დაინომრა ობიექტების მიხედვით, შეიფუთა და გაიგზავნა ლაბორატორიაში შემდგომი კვლისთვის.



სურ.6. საკვლევ ტერიტორიაზე დამონტაჟებული „სფაგნუმის ჩანთები“.



სურ.7 . ლაბორატორიაში გადატანილი ნიმუშის გაშრობის პროცესი ოთახის ტემპერატურაზე.

შემდეგ, ხავსი შრებოდა საშრობ კარადაში (70 – 105°C ტემპერატურაზე) და ხდებოდა მშრალი ნედლეულის დაქუცმაცება ნაცრის მისაღებად.



სურ. 8. დაქუცმაცებული ნიმუშები საკვლევი ობიექტის მიხედვით

## ნიმუშების მომზადება მაკრო და მიკრო ელემენტების (მათ შორის მძიმე მეტალების) განსაზღვრისათვის

*Sphagnum Papillosum Lindb*-ის და მისგან მომზადებული ე.წ. „სფაგნუმის ჩანთე-ბიდან“ ნიმუშები მაკრო და მიკროელემენტების შემცველობის განსაზღვრისათვის მოვამზადეთ ცნობილი მეთოდების (Adrian et al., 1973:14; Adrian et al., 1977:15). გამოყენებით, რომელთა მოდიფიცირება მოხდა საკვლევი ნიმუშების სპეციფიკის გათვალისწინებით.

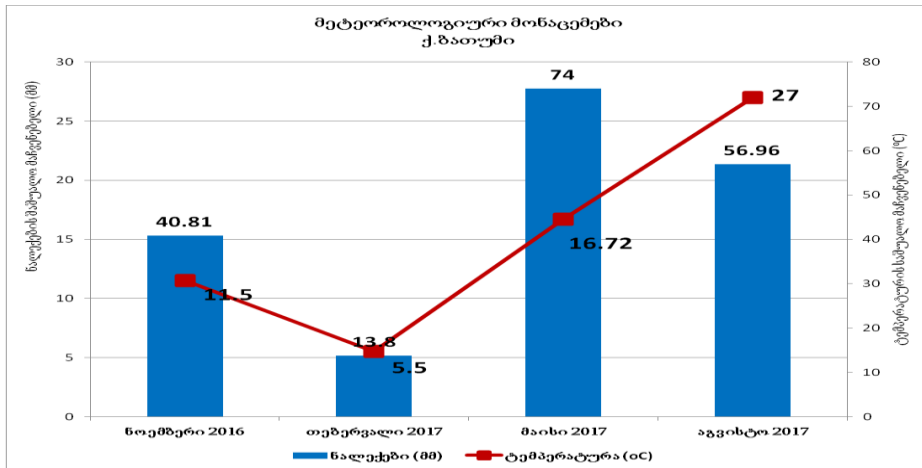
იღებენ კვარცის ფიალებს და ამუშავებენ კონცენტრირებული ქლორწყალბადმჟავით, რომელსაც რამდენიმეჯერ გამოავლებენ გამოხდილი წყლით და აშრობენ მაშრობ კარადაში. ფიალებს აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე და წონიან ჯერ როგორც ცარიელ ტარას შემდეგ კი საკვლევ ობიექტთან (*Sphagnum Papillosum Lindb*-ის და „სფაგნუმის ჩანთისგან“ აღებულ ნიმუშებთან) ერთად. აწონილ ფიალებს ნედლეულით დგამენ მუფელში და ახდენენ გამოწვას, დანაცრებას 4 საათის განმავლობაში. ღუმელის ტემპერატურა 70°C-დან 600°C-მდე იზრდებოდა ეტაპობრივად. ტემპერატურაზე გაცივების შემდეგ ფიალებს წონიან და გამოითვლიან ნაცრის რაოდენობას პროცენტებში. შემდეგ თითოეულ ფიალაში არსებულ ნაცარს ხსნიან გაცხელებით 6 მლ 2 მოლარულ ქლორწყალბადმჟავაში აზოტმჟავასთან ერთად, გადააქვთ 25 მლ-იან მოცულობის გამზომ კოლბში და ხსნარის მოცულობა გამოხდილი წყლით აჰყავთ ჭდემდე. ზოგიერთი მეტალის მგრძნობელობის გაზრდის მიზნით, ნიმუშის განზავება ხდება სპირტ-წყლიანი ნარევით (Boline & Schrenk et al., 1977:22).

მომზადებული ნიმუშების ანალიზი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრზე (Welz et al., 2005:83; Welz et al., 2007:84; Welz et al., 2005:85). განსაზღვრის ცდომილება არ აღემატება 3%-ს.

### საკვლევი პერიოდის (2016-2017 წწ) მეტეოროლოგიური პარამეტრები

უნდა აღინიშნოს, რომ „სფაგნუმის ჩანთით“ აქტიური ბიომონიტორინგის კვლევის პერიოდში, მნიშვნელოვანი ფაქტორია მეტეოროლოგიური პარამეტრები, კერძოდ ნალექიანობა და ტემპერატურა. მაღალი ნალექიანობის პირობებში ატმოსფეროდან ირეცხება ტოქსიკური ელემენტები.

საკვლევი პერიოდში: 2016 წლის ნოემბრის თვის საშუალო ნალექიანობა 40,81(მმ),  $t - 11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2017 წლის თებერვლისთვის – 5,5 (მმ)  $t - 13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2017 წლის მაისის თვის ნალექიანობა 74(მმ),  $t - 16,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 2017 წლის აგვისტოსთვის ნალექიანობა 56,96(მმ),  $t - 27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (იხ.დიაგრამა N1)



დიაგრამა 1. მეტეოროლოგიური პარამეტრების – საშუალო ნალექიანობისა და ტემპერატურის მონაცემები საკვლევი პერიოდისთვის.

**შედეგების სტატისტიკური დამუშავება.** კვლევის შედეგები დამუშავებულია სტატისტიკური პროგრამის - Sigma STAT-ის გამოყენებით. თითოეული ექსპერიმენტი ტარდებოდა მინიმუმ 3-ჯერ და ხდებოდა მიღებული შედეგების საშუალო მნიშვნელობებისა (Mean = M) და საშუალო სტანდარტული გადახრების (Standard Deviation =SD) გამოთვლა.

**კვლევის ჩატარების ადგილი და პირობები.** შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის სადოქტორო გრანტის: „კოლხეთის დაბლობის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობების ეკოლოგიური, ქიმიური და ბიოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა, ჰაერის დაჭუჭყიანების ბიოინდიკატორი და მედიცინაში გამოყენების პერსპექტივები“ ფარგლებში სფაგნუმის სახეობების ქიმიურიშემადგენლობის განსაზღვრა მოხდა სსიპ ლევან სამხარაულის სასამართლო ექსპერტიზის ბიუროს ლაბორატორიაში.

სფაგნუმის სახეობების ეკოლოგიური, სისტემატიკური და მორფოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა კი – ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო

უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის ბაზაზე. „სფაგნუმის ჩანთის“ მძიმემეტალების სპექტრის დადგენა მოხდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ლაბორატორიის ბაზაზე.

### თავი 3. კვლევის შედეგები და განხილვა

#### 3.1 კოლხეთის დაბლობის გვარი სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური, ანატომიურ - მორფოლოგიური და ეკოლოგიური დახასიათება

სფაგნუმის სახეობების სწორ იდენტიფიცირებას გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ტორფნარის ეკოსისტემის თანასაზოგადოების დავამუშავეთ და დავაფიქსირეთ კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმის გვარის 9 სახეობის თვისობრივი მახასიათებელი.

##### 3.1.1 სექცია *Sphagnum L.*

კოლხეთის დაბლობის ცოცხალ სფაგნუმიან ტორფნარებში *Sphagnum L.* სექციის 5 სახეობაა გავრცელებული, ესენია: *Sphagnum austini* Sull. *Sph. magellanicum* Brid, *Sph. palustre* L, *Sph. rubellum* Wilson., *Sph. papillosum* Lindb.

*Sphagnum austinii*. *Sphagnum austinii* (*Sphagnum imbricatum*) ტორფის წარმომქნელი ძირითადი სახეობა, გარემოს გაჭუჭყიანებისადმი ყველაზე მგრძობიარე სფაგნუმი (მაჭუტაძე და სხვ., 2009:2, კოლხეთის და სხვ., 2019:4), რომელიც მთელს მსოფლიოში იშვიათია. (Доктуровский и т.д., 1931:10, Kaffke et al., 2000:45). შემცირების მიზეზი ამისა არის: კლიმატის ცვლილება, დრენაჟი, ხანძრები, საქონლის ძოვება, ეუტროფიკაცია.

*Sphagnum austinii* – ის მორფოლოგიური აღწერა. მცენარეს ახასიათებს მკვრივი აგებულება (შედარებით პატარა განშტოებები ვიდრე *Sph.papillosum*-ს, ზოგჯერ ისეთი კომპაქტურობა ახასიათებს, რომ განშტოებები ერთმანეთს გადაფარავს. შეფერილობა ჩალისფერ–მომწვანოდან მოყვითალო–ყავისფერამდე ან წაბლისფერამდე მერყეობს, კომპაქტური ინდივიდების შეფერილობა მეწამულ–ყავისფერშიც კი გადადის.

აღწერილობა: ტიპიურად 4, ზოგჯერ 3 განშტოება, 2 დისტალურად, ხოლო 1–2 შედარებით მოკლე, დაშვებულია. ღერო: როგორც ამ სექციისთვისაა დამახასიათებელი, ქერქის (კორტექსის) შიდა ფენა მკაცრად ფიბრილიზებულია, გარე ფენასთან



შედარებით (გარე ფენა ნაკლებად ფიბრილურია). კორტიკალური უჯრედის გარე კედელს აქვს 2–3 ფორი.

განშტოების ანატომია: განივი განშტოება 15 მმ სიგრძისაა. იშვიათად აღემატება დაშვებულ განშტოებებს (12 მმ). ღეროს ფოთლები: მოკლე 1,5მმ, ენისებური ფორმის, კარგად აქვს ჰიალინური უჯრედები განვითარებული.



სურ. 9. *Sphagnum austinii* მიერ შექმნილი კომპაქტური ბალიში (ისპანი2)

სფაგნუმის სხვა სახეობებისაგან განსხვავებით, მხოლოდ *Sph. papillosum* – ს შეუძლია წარმოქმნას *Sph. austinii*-ის მსგავსად მოყავისფრო ბორცვი, ბალიში (სურ.N9), თუმცა ის არის მომწვანო–მოყავისფრო. ბორცვს ახასიათებს გლუვი, მარტივი ზედაპირი და წვრილი და ფაქიზი ფოთლებიანი განშტოებები (Daniels et al., 1985:22). საველე მუშაობისას ზოგიერთ შემთხვევაში *Sphagnum austinii* Sull (*Sph. imbricatum* Russ), გარჩევა შეუიარაღებელი თვალით *Sphagnum papillosum*-გან რთულია, დაფიქსირებულია ამ ორი მსგავსი სახეობის განმასხვავებელი ნიშნები მიკროსკოპულ დონეზე, რის საფუძველზეც ხდება სახეობების იდენტიფიცირება. ამის ერთ ერთი მიზეზი ის არის, რომ ორივე სახეობა მონაწილეობს სფაგნუმის ე.წ. „ბალიშების“ ანუ სფაგნუმის გუმბათის წარმოქმნაში. ისინი არასოდეს იმყოფებიან

წყლიან გარემოსთან ერთად და მუდმივ მჭიდრო თანასაზოგადოებებს ქმნიან. რაც ამნელებს ამ ორი სახეობის ერთმანეთისაგან გარჩევას (სურ.N10, N11).



სურ. 10. *Sphagnum austinii* (ისპანი 2)



სურ. 11. *Sphagnum papillosum* (ისპანი 2)

ჩვეულებრივ შემთხვევაში, *Sphagnum austinii* და *Sphagnum papillosum* მორფოლოგიური თავისებურებებით მკვეთრად განსხვავებული სახეობებია (სურ.N12).



სურ. 12. *Sphagnum austinii* (მარცხნივ) და *Sphagnum papillosum* (მარჯვნივ) ჰაბიტუსი.

*Sphagnum austinii* –ის და *S. Papillosum* შდარებითი ანატომიური აღწერა. საველე ექსპედიციებისას, სახეობების ერთმანეთისგან გარჩევა ძირითადად ხდება მორფოლოგიური დათვალიერებით. სფაგნუმის სახეობების მორფოლოგიური ნიშნების დასათვალიერებლად ვიყენებთ ლუპას. თუმცა, არსებობს გამონაკლისი შემთხვევები, როცა სხვადასხვა სახეობა ერთმანეთს მორფოლოგიურად ემსგავსება და მათი გარჩევა შესაძლებელი ხდება ანატომიური თავისებურებებით. ზოგჯერ *Sph. Papillosum* დაბალი ტემპერატურისა და ნაკლები წყლის პირობებში მორფოლოგიურად ძალიან ემსგავსება *Sphagnum austinii*-ს, რის გამოც ძალიან ჭირს ამ ორი სახეობის ერთმანეთისგან გარჩევა. განსხვავების დაფიქსირება შესაძლებელია მხოლოდ მიკროსკოპული დათვალიერებისას. მიკროსკოპული დათვალიერებისას განშტოების ფოთლების ჰიალინური უჯრედების ფიბრილები უფრო ინტენსიურია *Sph. austinii* ვიდრე, *Sph. papillosum* –ში. *Sph. papillosum* და *Sph. austinii* შორის განსხვავება დაფუძნებულია ფიბრილების სიმაღლესა და ზომაზე. *Sph. Austinii* - ის ქლოროფილიანი უჯრედები უფრო ინტენსიურადაა შფერილი, ფიბრილები უფრო

მკვეთრი და არათანაბარი სიგრძისაა, ხოლო *Sph.papillosum*-ის ქლოროფილიანი უჯრედები უფრო ღია შეფერილობისაა და ფიბრილები კვეთს მთელს ჰიალინურ უჯრედს – თანაბარსიგრძიანია.

*Sphagnum austinii* განივი განშტოების ფოთლების (სურ.N13) ფორმა ლანცეტისებურია, აპექსისკენ შემოდრეკილია, აპექსი მკვეთრად წამახვილებულია, აპექსი ბოლოვდება ულვაშისებური უჯრედული წანაზარდებით (სურ.N17), რაც *Sph.papillosum* – ის არ გააჩნია (სურ.N16). *Sph.papillosum* განშტოების ფოთლის (სურ.N14) ფორმა ქვევრისებურია, ფოთლის ბაზალური ნაწილი უფრო განიერია, აპექსისკენ ვიწროვდება და შემოდრეკილია ფუძიდან წვერომდე.

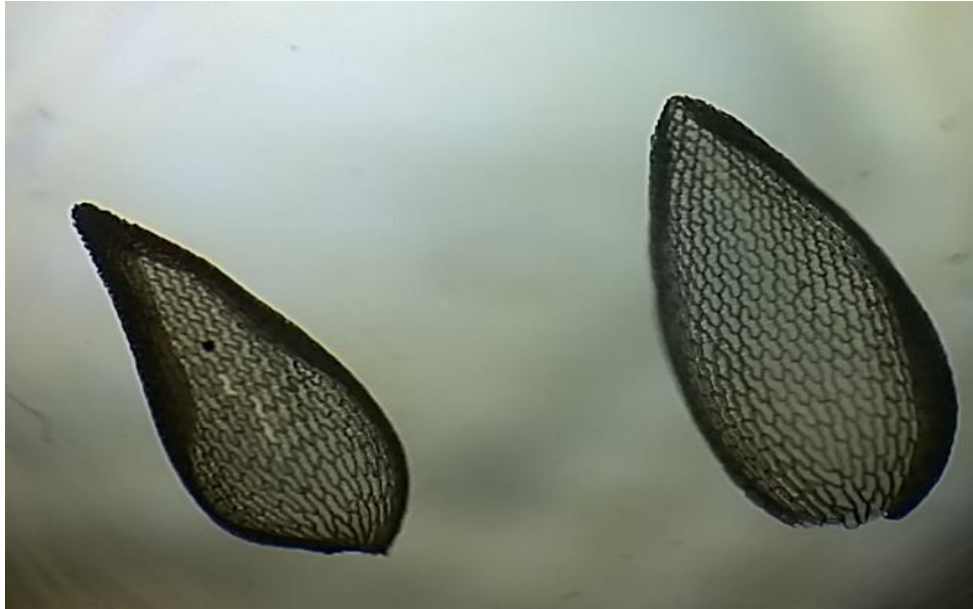


სურ.13. *Sph. austinii* განივი განშტოების ფოთოლი

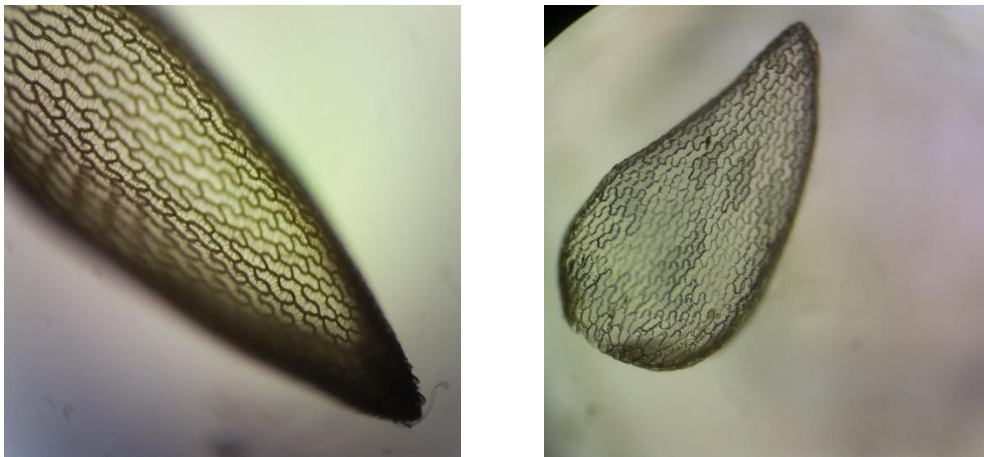


სურ. 14. *Sph.papillosum* განივი განშტოების ფოთოლი

თუ ამ ორი სახეობის განშტოების ფოთოლს ერთდროულად მოვათავსებთ სასაგნე მინაზე და დავაკვირდებით კარგად დავინახავთ, რომ ისინი განსხვავდებიან არა მარტო მორფოლოგიურად, არამედ ზომითაც (სურ. 15).



სურ.15. *Sph.imbricatum* და *Sph.papillosum* განივი განშტოების ფოთლები



სურ. 16 *Sph.papillosum* ფოთლის აპექსი სურ. 17. *Sphagnum austinii Sull. Imbricatum*

*Sphagnum magellanicum* Brid. ეს სახეობაც მიეკუთვნება Sphagnum სექციას და მონაწილეობს სფაგნუმის გუმბათის ჩამოყალიბებაში. კოლხეთის სფაგნუმთან ტორფნარებიდან მხოლოდ იმნათის ტორფნარზე იზრდება. მცენარე: ძლიერი

აგებულების, მაგრამ საკმაოდ მოკლეა ამ სექციის წარმომადგენლებთან შედარებით (ჰაბიტუსით სიმილარულია *Sph. papillosum*). შეფერილობა ღია მწვანეა (ხანდახან დაჰკრავს წითელი ან ვარდისფერი ელფერიც. ფასციკლი: შეიცავს უფრო ხშირად 4, ზოგიერთ შემთხვევაში 5 განშტოებას. განივი განშტოება ჩვეულებისამებრ 2-ია. დანარჩენი კი დაკიდებული განშტოებებია განივთან შედარებით გრძელი, თხელი და ღია შეფერილობის.

განშტოების ფოთოლი: ფორმა ენისმაგვარია, აკუმენის მიმართულებით, ბოლოები შემოდრეკილია, ფოთლის მესამედ ნაწილში. მათთვის დამახასიათებელია ნახევრადმახვილკუთხიანი ჰიალინური უჯრედები (სურ 18).



სურ. 18. *Sph. magelanicum*-ის განივი განშტოების ფოთოლი (ნახევრადმახვილკუთხიანი ჰიალინური უჯრედები)

ღერო: ამ სახეობისთვის დამახასიათებელია სუსტად ფიბრილიზებული , ან ფიბრილების გარეშე კორტექსი. კორტექსის თითო უჯრედი შეიცავს თითო ფორს. ცილინდრი მუქი იასამნისფერ-ყავისფერი ან მეწამულისფერია.

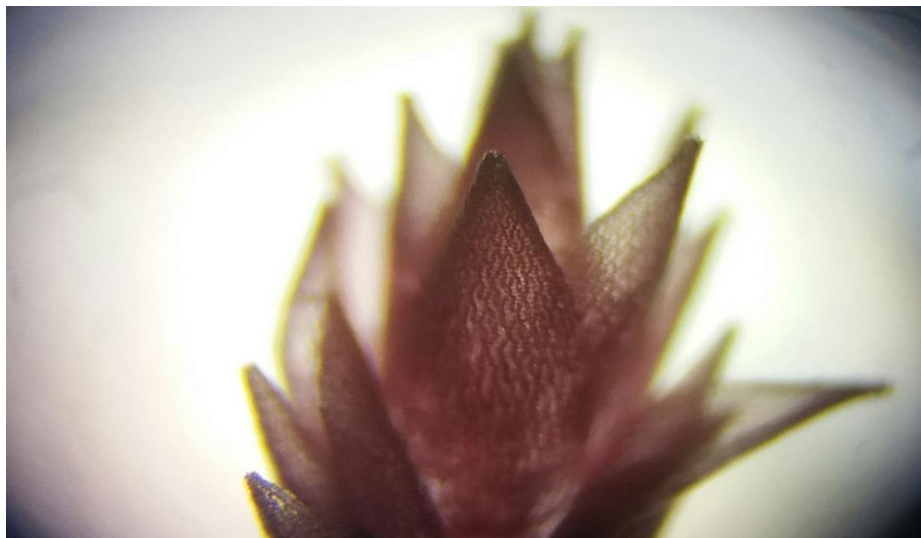
ჰაბიტატი: სახეობა ფართოდაა გავრცელებული ოლიგოტროფულ ტორფნარებში. ასოციაციას ქმნიან *Sph. papillosum* ან *Sph. capillifolium* ხალიჩის სახით ან ქმნის ბალიშებს გუმბათზე. სახეობა უფრო მეტად სენსიტიურია დრენაჟისა და გამონაბოლქვის მიმართ ვიდრე, *Sph. papillosum*.

***Sph. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. var *rubellum* Wilson.**

სფაგნუმის ეს სახეობა *Sphagnum austionii* და *Sphagnum papillosum*-თან ერთად ქმნის მჭიდრო თანასაზოგადეობებს და მონაწილეობს გუმბათის ჩამოყალიბებაში.

*Sph. Capillifolium* (სურ. N19, N20) დელიკატური აღნაგობისაა, სიმაღლე და კომპაქტურობა ვარირებს აბიოტური ფაქტორების მიხედვით, კარგად განვითარებული კაპიტულა შეფერილია ღია მწვანედ ან დასდევს წითელი, ფართე ზოლები. ფასციკლი: შდგება საკმაოდ ძლიერად განვითარებული დიმორფული განშტოებისგან, განივი განშტოება 2-ია შედარებით მოკლეა და უფრო მეტადაა შეფერილი, ვიდრე დაშვებული განშტოებები. ღერო: დაახლოებით 0,7მმ დიამეტრისაა, შედგება 3-4 შრისგან, ჰიალინური უჯრედები არ შეიცავს ფორებს, კარგად განვითარებული ცილინდრი შეფერილია ღია წითელი ზოლებით.

განშტოების ფოთოლი: ფორმა ლანცეტისებურია, დაკიდებული ღეროს ფოთოლი უფრო ვიწრო და გრძელია ვიდრე, განივი განშტოების ფოთოლი. ჰიალინური უჯრედები ძლიერ ფიბრილურია ფოთლის ზედა ნახევარში, ვიდრე ბაზალურ ნაწილში.



სურ.19. *Sphagnum capillifolium*- ის განშტოების აპექსი



სურ.20. *Sphagnum capillifolium*- ის განშტოების ფოთოლი



სურ. 21. *Sph. capillifolium* var. *Capillifolium* ჰაბიტუსი

*Sph. capillifolium* (სურ. N21, N22) ფართოდ გავრცელებული ტაქსონია, გვხვდება ამ სახეობის შეფერილობისა და მორფოლოგიური თავისებურებების ვარიაციები.

მცენარე: კაპიტულა არის ბრტყელი, მუქი წითელიდან ჟოლოსფერამდე ვარირებს მისი შეფერილობა. ფასციკლი: ისინი ღეროზე არ არის მჭიდროდ მიჯრილი. ღეროს ფოთოლი: ფორმით თითქმის მართკუთხაა, ახასიათებს სუსტი ფიბრილაცია, გვხვდება ფიბრილისგარეშეც. განშტოების ფოთოლი: ბასრად (წამახვილებული) გამოხატული აპექსით.



მიუხედავად იმისა რომ, ამ სახეობას ახასიათებს შეფერილობისა და ჰაბიტუსის დიდი ვარიაციები, მისი გამორჩევა საველე სამუშაოებისას იოლად შეიძლება, შეფერილობით, გავრცელების არეალითა.



სურ. 22. *Sph. capillifolium* var. *rubellum* ისპანი 2-ის გუმბათზე

### ***Sphagnum palustre* L.**

*Sphagnum palustre* კოლხეთში (სურ. N23) ომბროტროფულ გარემოში იზრდება, მაშინ როცა ყველგან სხვაგან ის მინეროტროფული გარემოსთვისაა დამახასიათებელი (Daniels et al., 1985: 34, Krebs et al., 2007:46,).

*Sphagnum palustre* არ მონაწილეობს გუმბათის ჩამოყალიბებაში და იგი ტორფნარის განაპირასა, ჩაღრმავებებში, წყლის ზედაპირთან ახლოს.

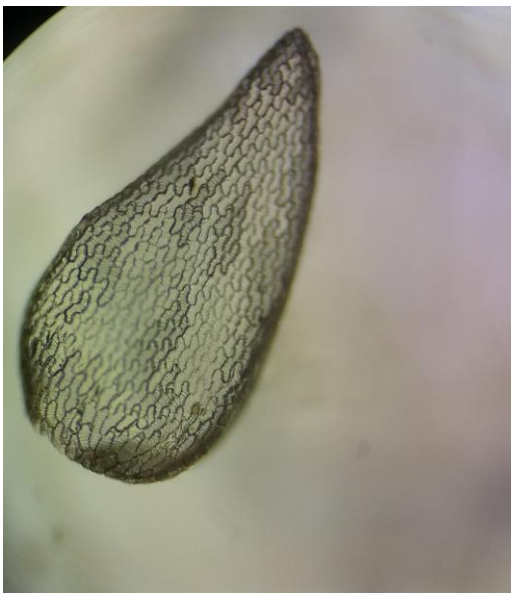
მცენარე: ძლიერი აგებულების, ჩვეულებრივ ღია მწვანე ან ყვითელი-მოყავისფრო, უფრო მკაფიო შეფერილობის კაპიტულუმით. მისი შეფერილობა მერყეობს ყავისფერიდან ჩალისფერ-ვარდისფერამდე, მაგრამ არასდროს წითელი. ზოგჯერ მთელი მცენარე მწვანეა (ნაკლები განათების პირობებში), კაპიტულუმი არ არის სხვაფერად შეფერილი. ფასციკლი: საკმაოდ დამორებული, თუმცა მრავალგანშტოებანი, დიმორფული განშტოება 3-6, ხოლო, განივი განშტოება 2-3, დაშვებული განშტოება 1-4 შდარებით ღია შეფერილობისაა და უფრო თხელია, ვიდრე განივი განშტოებები. ღერო: სექციისთვის ტიპიური ღერო, გარე კორტიკალური უჯრედებს

აქვს სპირალური ფიბრილები და 2-5 ფართო ფორები. შიდა ცილინდრი მუქი ყავისფერია.



სურ.23. კოლხეთის დაბლობზე გავრცელებული *Sphagnum palustre* L. (მოყვანილია ერთი სახეობის შეფერილობის ვარიაცია)

**განშტოება** (სურ. N24, N25): 15-25მმ სიგრძის, მისი ფოთლების სიგრძე მერყეობს 1,5- 3 მმ მცენარის გავრცელების განათების თავისებურების შესაბამისად. რაც უფრო ნაკლები განათების პირობებშია მცენარე, მით დიდი განშტოების ფოთოლი ახასიათებს (3მმ). ფორმა ტიპური ქვევრისებური.



სურ. 24. *Sph.palustre*-ს განივი განშტოების კორტექსი და ფოთლის ანატომია

სურ. 25. *Sph.palustre*-ს განშტოება: ფოთლის მიმაგრება

ჰიალინური უჯრედები: მათი ზომა ცვლადია, მაგრამ სხვა სახეობისჰიალინურ უჯრედებთან შედარებულ განიერია (20-30 მიკრომეტრი).

ჰაბიტატი: ეს სახეობა ფართოდ არის გავრცელებული მეზოტროფულ ტორფნარებში, მაღალი მჟავიანობის პირობებში. ეს ერთ-ერთი სახეობაა, რომელიც ჩრდილთან ტოლერანტია. კოლხეთის დაბლობზე ეს სახეობა გვხვდება თითქმის ყველა ტორფნარში (ჭურია, გრიგოლეთი, იმნათი, ისპანი 1 და ისპანი 2), არ არის გავრცელებული ნაბადას სფაგნუმთან ტორფნარზე.

### 3.1.2 სექცია *Cuspidata*

#### *Sphagnum cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.*

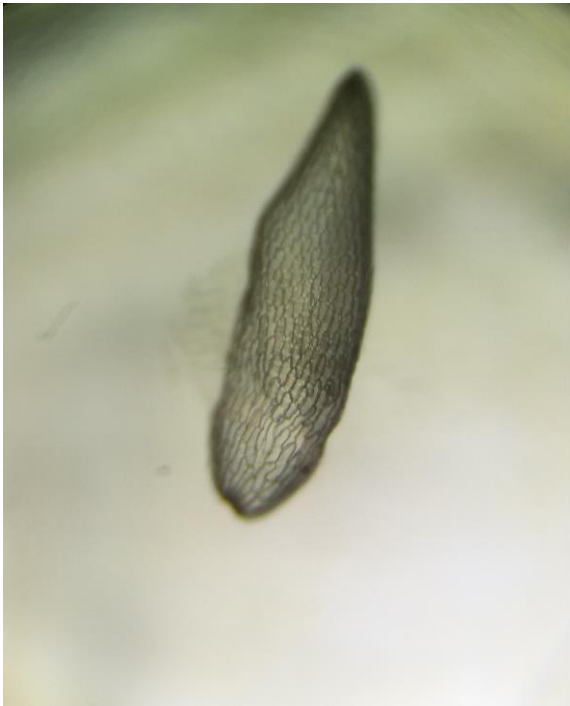
მცენარე: ძირითადად საშუალო ზომისაა, ვარირებს ძალიან კომპაქტური ფორმიდან ფაშარ ფორმამდე. წარმოადგენენ თავისუფლად მცურავ წყლის ფორმებს. შეფერილობა მერყეობს მოყვითალო-მომწვანოდან ნარინჯისფრამდე, მაგრამ არასდროს გვხვდება წითელი ფერის (სურ.N26). ფასციკლი: შედგება 4-5, იშვიათად 3, მონომორფული გვერდითი განშტოებისგან. ღერო: კორტექსი 2-3 შრიანია, თხელკედლიანი უჯრედებით, ნაკლებადიფერენცირებული. განშტოების ფოთოლი: ვიწრო ლანცეტისებური ფოთლები ახასიათებს განივ განშტოებას, ზოგიერთ შემთხვევაში დაკიდებული განშტოების ფოთოლი ოვალურია. ჰიალინური უჯრედები: ვიწრო, ძლიერად ფიბრილური, ადაქსიალ ნაწილში რამოდენიმე (1-3) ფორით (სურ.N27,N28).



სურ. 26. *Sph. cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.* (ისპანი 2)

ჰაბიტატი: წყლიანი, ოლიგოტროფული გარემო. მცურავ ან შეწონილ მდგომარეობაშია წყალში. იგი გავრცელებულია ომბოტროფულ გუმბათზე ან მჟავა ფენის ტიპის ტორფნარში. ასოციაციას ქმნის *Sph.recurvum* ფორმა *fallax* ან *Sph.papillosum*- თან.

კოლხეთის დაბლობის სფაგნუმისანი ტორფნარების ბუფერულ ზონაში არსებული ღია წყლების კიდეებზე ხშირად შევხვდებით *S.cuspidatum*- ს კერძოდ კი ისპანი 2-ის, ჭურისა და იმნათში, რომელიც ასოციაციას ქმნის *S.fallax*- თან.



სურ.27. *Sph. cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.* განივი განშტოების ფოთოლი

სურ. 28. *Sph. cuspidatum Ehrh.ex Hoffm.* ჰიალინური უჯრედები

### ***Sphagnum fallax***

ეს სახეობაც მიეკუთვნება სექცია Cuspidata-ს. მცენარე: საშუალო ზომის მწვანე მდოგვისფერ-ყავისფერი, იზრდება ხალიჩისებურად. მამრობითი სქესის მცენარეს მუქი შეფერილობის კაპიტულა და განივი განშტოებები ახასიათებს. კაპიტულა ჩვეულებისამებრ, ნახევარსფერულ - ვარსკვლავისებურია. განშტოების ფოთლები: მკვეთრად გამოხატული სწორხაზოვანი ფორმისაა. განივი განშტოება და დაკიდული

განშტოება მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან. დაკიდებული განშტოება ღია შეფერილობისაა (თეთრი) და ფოთლები ისე მიჯრილი, რომ ღერო გადაფარულია და არის უფრო გრძელი ვიდრე განივი განშტოება. ღეროს ფოთოლი მეტნაკლებად ტრიანგულარულია. განშტოების ფოთოლი მშრალ პირობებში, ახასიათებს ფოთლის მოდრეკვა, დახვევა.



სურ. 29. *Sphagnum fallax* (იმნათის ტორფნარი)

ჰაბიტატი: ძირითადად ეს სახეობა გვხვდება ტორფნარების შედარებით მაღალი წყლის დონის პირობებში. მათ შორის ნუტრიენტებით ღარიბ გარემოშიც და ღია წყლის პირობებში, როგორც *Sph.cuspidatum*. კოლხეთის დაბლობზე ის გავრცელებულია ჭურია, იმნათი (სურ.N29), ისპანი2-ის ტორფნარებში და *Sph. fallax*-თან ქმნის ასოციაციას.

### 3.1.3 სექცია Subsecunda

#### *Sphagnum denticulatum* Brid.

მცენარე: საშუალო სიმაღლის, მსხვილი ფორმისაა, მწვანე შეფერილობის, თუმცა ევროპაში გვხვდება მოყვითალო-მოყავისფრო, სპილენძისფერი წითელი შეფერვაც. კაპიტულა მომრგვალებულია, განივი განშტოებები კაპიტულისკენ შედარებით დიდია და დახვეული. კაფსულები ხშირია. განშტოებაზე ფოთლები მჭიდროდაა მიჯრილი და გადაფარავს ღეროს. განშტოების ფოთოლი დიდი და

განიერია და იხსნება მხოლოდ აპექსის ნაწილში. ფასციკლი: 3-4 განშტოებისგან შედგება, მე-5 ვესტიგალური განშტოებაა.

ჰაბიტატი: ნუტრიენტებით ღარიბი, მაღალი მჟავე პირობების ტორფნებში, და მაღალი ტენიანობის ადგილებში. კოლხეთის დაბლობზე ის გავრცელებულია ჭურის, იმნათის, ისპანი 2 და 1-ის ტორფნარებში.

### 3.2. ეკოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა

კოლხეთის ტორფნარების ეკოლოგიური მახასიათებლების შესწავლის მიზნით შესწავლილი იქნა კოლხეთის სფაგნუმიანი ტორფნარების წყლის მჟავიანობა და ელექტროგამტარუნარიანობა. რისთვისაც გამოყენებული იქნა ხელსაწყო: (EC -Electric conductivity)

იმნათის ტორფნარზე პალიასტომის ტბის გადასახედი კომპიდან 300 მ-ში წყლის მჟავიანობის შესწავლამ აჩვენა, რომ ტორფნარში წყლის ზედა ფენებში pH მერყეობს 4.0-5.5 შორის. გაიზომა ასევე ელექტროგამტარუნარიანობა (EC -Electric conductivity) 70-100 სმ სიღრმეზე მერყეობს 40- 70  $\mu\text{S}$  შორის. ორივე მაჩვენებელია ომბროტროფული გარემოსი. განისაზღვრა ასევე C/N შემცველობის დონე. ტორფნარში, 10 სმ სიღრმეზე ის მერყეობს 9.8-51.6 შორის, რომელიც ტორფნარის მეზოტროფულ და ოლიგოტროფულ გარემოზე მეტყველებს. იმნათის ტორფნარზე სფაგნუმის შემდეგი სახეობები ხარობს: *Sphagnum palustre*, *Sph. rubellum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. austinii*, *Sph. Papillosum*.

გრიგოლეთის ტორფნარი. სფაგნუმის სახეობებიდან გვხვდება: *Sphagnum palustre*, *Sph. papilosum*. განისაზღვრა ტორფნარის pH რომელიც მერყეობს 4.26 – 5.65 შორის და ტორფნარის წყალში წყლის ელექტროგამტარუნარიანობა (EC) მერყეობს 22 – 134  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

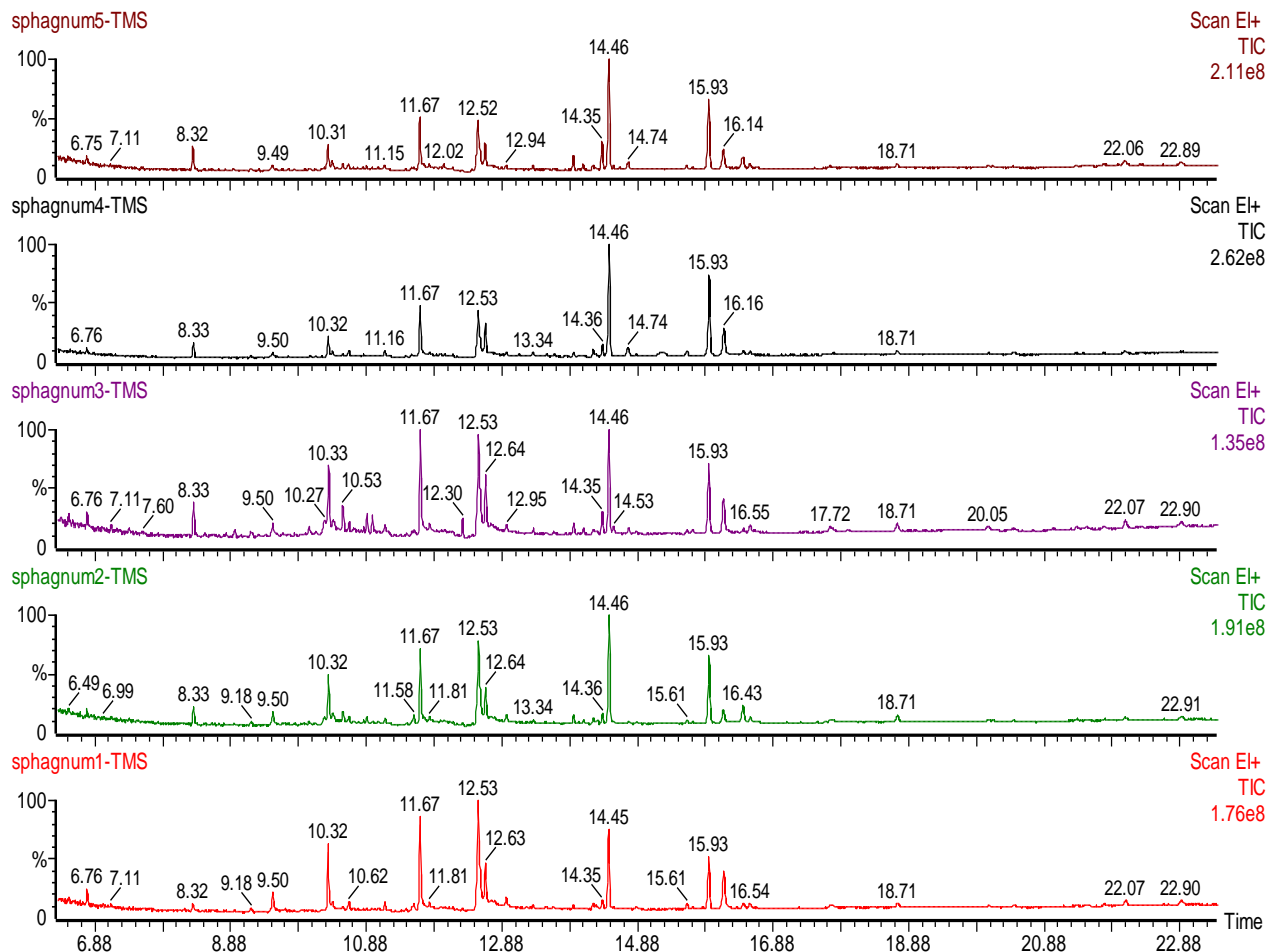
### 3.3 კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის სფაგნუმის სახეობების ქიმიური შედენილობის განსაზღვრა

განისაზღვრა მსოფლიოში უნიკალური, ხელუხლებელი, რელიქტური, პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის, ისპანი 2- ის სფაგნუმის 5 სახეობის *Sphagnum palustre*, *Sph. papillosum*, *Sph. capiliifolium*, *Sph. austinii*, *Sph. cuspidatum* ქიმიური შედგენილობა. აღსანიშნავია ის, რომ შესწავლილი სახეობებიდან *Sph. Austinii* არის მსოფლიოში იშვიათი, ჰაერის გაჭუჭყიანების მიმართ სენსიტიური სახეობა (Allard, 2017:17), რომელიც შემოგვინახა ისპანი 2-მა. საკვლევი ობიექტების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა და კონსერვაციაზე ზრუნვა მეტად მნიშვნელოვანია სახეობების შენარჩუნებისთვის.

სახეობებში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობის განსაზღვრა განხორციელდა გაზური ქრომატოგრაფია-მასსპექტრომეტრიის გამოყენებით (GC-MS/MS). აღმოჩნდა, რომ სფაგნუმი შეიცავს ისეთ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს, როგორცაა: ესტერები - პალმიტინის მჟავა, ოლეინის მჟავა, ნახშირწყლები - გლუკოფურანოზა, რიბოფურანოზა და ფენოლური ნაერთები.

ჩვენს მიერ შესწავლილ სფაგნუმის 5 სახეობაში (*Sphagnum austinii* Sull. (*Sphagnum imbricatum* ssp. *Austinii*), *Sph. papillosum* Lindb., *Sph. palustre* L., *Sph. cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm., *Sph. rubellum* Wilson.) გამოვლინდა 16 ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება. შესწავლილ ობიექტებში დაფიქსირდა გამოვლენილ ნივთიერებათა სპექტრის თვისობრივი განსხვავება (იხ.დიაგრამა 2). ესტერი Cis-9-Octadecenoil Acid – ოლეინის მჟავა, შეკავების დრო 12,53 და Cis-9-Palmitoleic Acid– პალმიტინის მჟავა, შეკავების დრო 11,67 (იხ.ცხრილი 2, დიაგრამა 4) და ასევე, Dimethyl 1.4-cyclohexanedicarboxylate, შეკავების დრო 10,32 გამოვლინდა ხუთივე სახეობაში (იხ. ცხრილი 2).

ფენოლური ნაერთი – Methyl 4-O-benzyl-beta-D-xylopiranoside დაფიქსირდა მხოლოდ N4 ნიმუშში, შეკავების დრო 11,16 (იხ. ცხრილი 2 და დიაგრამა 3). ხოლო, პოლოსაქარიდი 1,2- Benzenedicarboxylic acid გამოვლინდა ხუთივე ნიმუშში შეკავების დრო 9,5 (იხ. დიაგრამა 2). პოლოსაქარიდი Alpha-D-glucopyranoside შეკავების დრო 14,36 გამოვლინდა ხუთივე სახეობაში (იხ.დიაგრამა 5).



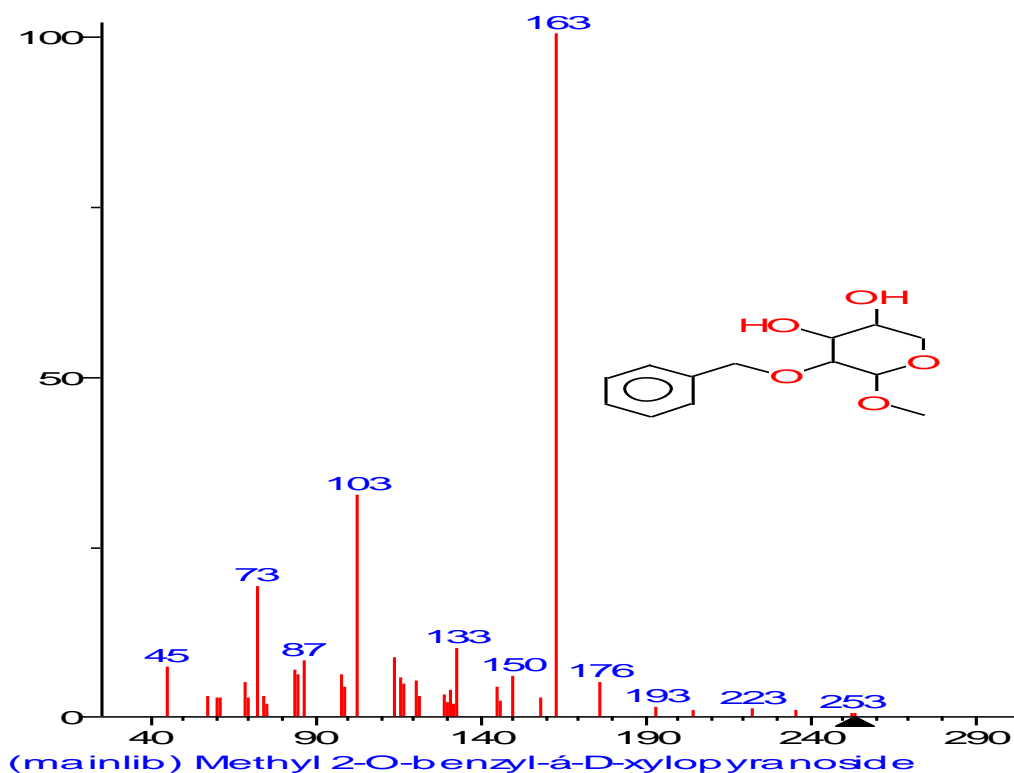
დიაგრამა 2. *Sphagnum L.* ( ნიმუში Sphagnum 1 შეესაბამება *Sph.rubelum-ს*, sphagnum 2 – *Sph.papillosum-ს*, sphagnum 3 – *Sph.palustre-ს*, sphagnum 4 – *Sph.cuspidatum-ს* და sphagnum 5 – *Sph.imbricatum-ს*) ხავსის გაზური ქრომატოგრაფიით (GC-MS/MS) გამოვლენილი ნივთიერებათა სპექტრი. დიაგრამაზე მოცემული ციფრები აღწერს ცხრილი 2 ჩამოთვლილი ნივთიერებების შეკავების დროს.



ცხრილი N2

გაზური ქრომატოგრაფიით (GC-MS/MS) სფაგნუმის სახეობებში გამოვლენილი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები

	შეკვების დრო	ქიმიური დასახელება	საერთო დასახელება	მოლეკულური წონა
1	8,32	Malic acid	ვაშლის მჟავა	134,08744
2	9,5	1,2- Benzenedicarboxylic acid	ფტალის მჟავა	166.13084
3	10,32	Dimethyl 1.4-cyclohexanedicorboxylate	ბიდრინ	200,23
4	10,53	Glucofuranosa	გლუკოფურანოზა	220.21974
5	10.62	Myristic acid	ტეტრადეკანის მჟავა	228.37
6	10.88	D-xylose	ხის შაქარი	150.1299
7	11.16	Methyl 4-O-benzyl-beta-D-xylopiranoside	რიბოფურანოზა	254.27
8	11,24	Ascorbic Acid	Vit-C	176.12412
9	11.67	Cis-9-Palmitoleic Acid	პალმიტინის მჟავა	326
10	12,53	Cis-9- Octadecenoil Acid	ოლეის მჟავა	282,46136
11	13,93	3-O-Alpha-D-glucopyranosyl-D-fructose	ტურანოზა	342,29648
12	14,0	Arabinose	არაბინოზა	150,1299
13	14,23	Glycerol-3-palmitate	მონოპალმიტინის მჟავა	330,50262
14	14,36	Alpha-D-glucopyranoside	გლუკოპირანოზა	918
15	14.35	Ribitol	რიბიტოლი	152,14578
16	16.55	1-(4-Methyl-6-methoxy-2-quinolyl)1'-phenyl-3,3'-dimethyl-(4,5'-bipyrazol)-5-ol		425

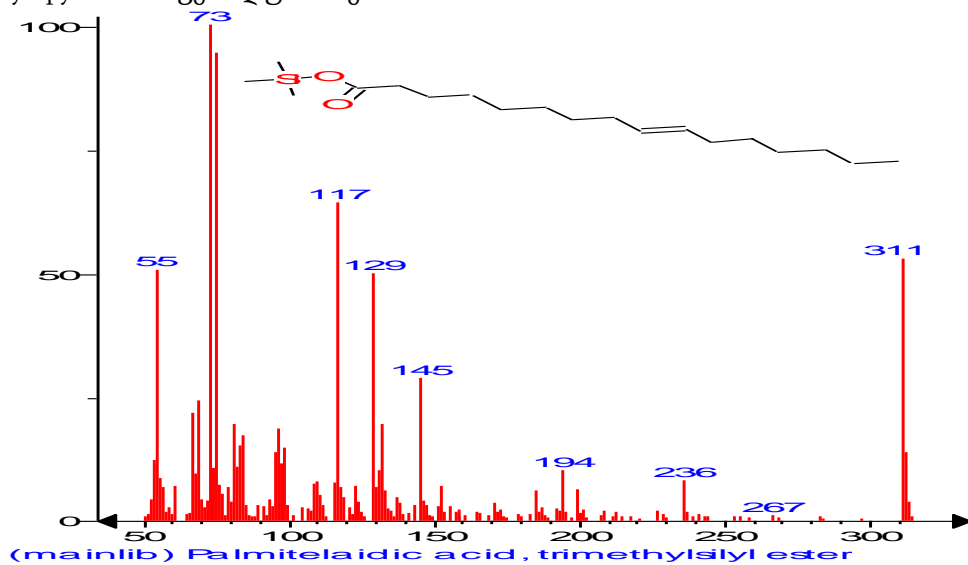


**Name:** Methyl 2-O-benzyl- $\alpha$ -D-xylopyranoside

**Formula:**  $C_{13}H_{18}O_5$

**MW:** 254

**დიაგრამა 3.** გაზური ქრომატოგრაფიით (GC-MS/MS) *Sphagnum cuspidatum* გამოვლენილი Methyl 2-O-benzyl- $\alpha$ -D-xylopyranoside ფენოლური ნაერთი.

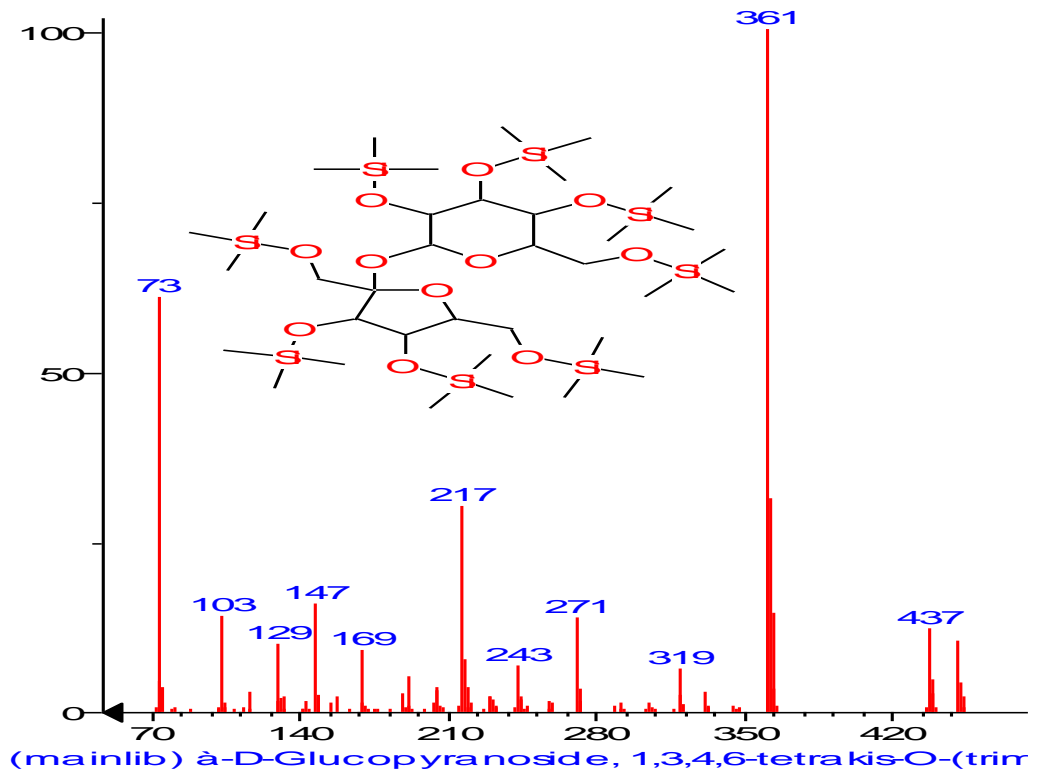


**Name:** Palmitelaidic acid, trimethylsilyl ester

**Formula:**  $C_{19}H_{38}O_2Si$

**MW:** 326

**დიაგრამა 4.** გაზური ქრომატოგრაფიით (GC-MS/MS) პერკოლაციური ტიპის სფაგნუმის სახეობებში გამოვლენილი ესტერი Cis-9-Palmitoleic Acid .



Name: [α-D-Glucopyranoside](#)

Formula:  $C_{36}H_{86}O_{11}Si_8$

MW: 918

დიაგრამა 5. გაზური ქრომატოგრაფიით (GC-MS/MS) პერკოლაციური ტიპის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობებში გამოვლენილი Alpha-D-glucopyranoside პოლისაქარიდი.

### 3.4 სფაგნუმის ზოგიერთი სახეობის ანტიბაქტერიული მოქმედების შესწავლა

ჩატარდა სფაგნუმის 5 საკვლევი სახეობის (*Sphagnum austini* Sull. (*Sphagnum imbricatum* ssp. *Austini*), *Sph. papulosum* Lindb., *Sph. palustre* L., *Sph. cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm., *Sph. rubellum* Wilson.) წყლიანი ექსტრაქტის, წვენის და პოლისაქარიდების კვლევა ანტიბაქტერიულ მოქმედებაზე. კვლევის შედეგები მოცემულია N3 ცხრილში.

## საკვლევი ობიექტების ანტიბაქტერიული მოქმედების განსაზღვრის შედეგები

შტამი	საკვლევი ნიმუშის N														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Streptococcus pyogenes</i>	-	-	-	-	-	2+	-	-	-	-	-	-	2+	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	1+	-	-	-	-	2+	-	-	1+	2+	-	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	-	-	1+	-	-	1+	1+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	4+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3+	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	-	-	-	-	1+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proteus vulgaris</i>	4+	3+	4+	2+	1+	1+	3+	-	4+	2+	-	-	2+	1+	1+
<i>Shigella flexneri</i>	4+	-	-	4+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1+	-	-	-	1+
<i>Staphylococcus aureus</i>	4+	3+	2+	2+	2+	1+	4+	3+	3+	3+	-	1+	2+	2+	1+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	1+	-	-	-	1+	-	-	-	-	-	-	-	-

შენიშვნა: 1. *Sphagnum papillosum* Lindb. -ის წყლიანი ექსტრაქტი, 2. *Sphagnum papillosum* Lindb. -ის წვენი, 3. *Sphagnum papillosum* Lindb. -ის პოლისაქარიდები, 4. *Sphagnum austinii* Sull.-ის წყლიანი ექსტრაქტი, 5. *Sphagnum austinii* Sull.-ის წვენი, 6. *Sphagnum austinii* Sull.-ის პოლისაქარიდები, 7. *Sphagnum palustre* L.-ის წყლიანი ექსტრაქტი, 8. *Sphagnum palustre* L.-ის წვენი, 9. *Sphagnum palustre* L.-ის პოლისაქარიდები, 10. *Sph.cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm. -ის წყლიანი ექსტრაქტი, 11. *Sph.cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm.-ის წვენი, 12. *Sph.cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm.-ის პოლისაქარიდები

პოლისაქარიდები, 13. *Sph. rubellum* Wilson-ის წყლიანი ექსტრაქტი, 14. *Sph. rubellum* Wilson-ის წვენი, 15. *Sph. rubellum* Wilson-ის პოლისაქარიდები.

N2 ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ თითქმის ყველა საკვლევ ობიექტს აღმოაჩნდა მეტ-ნაკლებად გამოხატული მოქმედება *Proteus vulgaris* და *Staphylococcus aureus* ბაქტერიული შტამების მიმართ.

საკვლევ ობიექტებიდან, გამოყენებული ბაქტერიული შტამების მიმართ, საკმაოდ ფართო სპექტრის და იმავდროულად გამოხატული ბაქტერიციდული მოქმედება გააჩნია *Sphagnum papillosum* Lindb.-ის წყლიან ექსტრაქტს.

ანტიბაქტერიულ მოქმედებაზე შესწავლის შედეგები ნათელს ხდის სფაგნუმის სამედიცინო პრაქტიკაში გამოყენების პერსპექტივას.

### 3.5 ჰაერის მძიმე მეტალებით დაჭუჭყიანების მონიტორინგი ბიონდიკატორის - „სფაგნუმის ჩანთის“ გამოყენებით

#### 3.5.1 „სფაგნუმის ჩანთებით“ კ. ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების შემცველობის მონიტორინგი

თეთრი ხავსი - გვარი *Sphagnum* L. გამოირჩევა მაღალი ადსორბციის უნარით, რაც განპირობებულია ხავსის უჯრედის კედელში არსებული ფენოლური ნაერთის უნარით დაიკავშიროს სხვადასხვა მეტალის იონები და გამოათავისუფლოს წყალბადის (H<sup>+</sup>) იონები. ხავსის ეს თავისებურება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს შორის ჩართოს მეტალები ბიოგეოქიმიურ ციკლში (Gonzalez et al., 2014:9). სწორედ ეს თვისება უდევს საფუძვლად აქტიურ ბიომონიტორინგში თეთრი ხავსის გვარი *Sphagnum* L.-ის გამოყენებას.

ტორფის ანუ *Sphagnum* L-ის სახეობებს 1976 წლიდან (როგორც ხავსებს შორის ყველაზე კარგ აბსორბენტს) იყენებდნენ გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისათვის, შექმნეს და გამოიყენეს ეგრეთწოდებული ხავსის ჩანთა (moss bag) (Culicov et al., 2016:32). ასევე, 1980 წელს შვედეთის ინიციატივით დაარსდა ხავსებით მძიმე მეტალების ბიომონიტორინგის ქსელი. ამ ქსელში 2010/2011 წლის მონაცემებით 25 ევროპის ქვეყანა და 4500 საიტია ჩართული.

დღემდე აქტიურად მიმდინარეობს ბიომონიტორინგი სფაგნუმის გამოყენებით მთელს მსოფლიოში ქალაქების ატმოსფეროში მძიმე მეტალების სპექტრის გამოსავლენად. ეს მეთოდი ბევრად პრაქტიკული და იაფი საშუალებაა, აღნიშნული პრობლემის გამოსავლენად.

ვინაიდან კოლხეთის დაბლობი მდიდარია სფაგნუმისანი ტორფნარებით, აქ გავრცელებული სფაგნუმის 9 სახეობიდან ყველაზე მეტად მასიურია *Sphagnum papillosum*, სწორედ ამ თვალსაზრისით შევარჩიეთ აღნიშნული სახეობა სფაგნუმის ჩანთის დასამზადებლად.

2016 წლის შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების საგრანტო კონკურსში ჩვენ მიერ წარდგენილმა თემამ „კოლხეთის დაბლობის ტორფნარების სფაგნუმის სახეობების ეკოლოგიური, ქიმიური და ბიოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა, ჰაერის დაჭუჭყიანების ბიონდიკატორი და მედიცინაში გამოყენების პერსპექტივები“, მოიპოვა საგრანტო დაფინანსება (ხელშეკრულება **NPhDF2016\_157**). საგრანტო პროექტის მთავარ ამოცანას წარმოადგენდა სფაგნუმის სახეობების გამოყენება ატმოსფერული ჰაერის დაჭუჭყიანების (მძიმე მეტალების) ბიონდიკატორებად. ამ მიზნით დამზადდა „სფაგნუმის ჩანთა“ და განთავსდა ტრანსპორტით გადატვირთულ უბნებში. ქ.ბათუმის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის დადგენის მიზნით, ჩატარდა შედარებითი ანალიზი სფაგნუმის გავრცელების ბუნებრივ გარემოში მძიმე მეტალების შემცველობასა და საცდელ ტერიტორიაზე აღებულ ნიმუშებს შორის. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში კვლევები ჩატარდა სეზონურად, მძიმე მეტალების შემცველობის დასადგენად ატმოსფერულ ჰაერში ბიონდიკატორის - „სფაგნუმის ჩანთის„ გამოყენებით. კვლევა მოიცავდა 2016 წლის ნოემბრიდან - 2017 წლის აგვისტოს ჩათვლით პერიოდს.

### 3.5.2. ქ.ბათუმის ბიომონიტორინგის კვლევის შედეგები

2016 წლის 2 ნოემბერს წინასწარ შერჩეულ ოთხ საკვლევ უბანზე დამონტაჟდა „სფაგნუმის ჩანთები“ და 17 ნოემბერს ჩამოიხსნა, შეიფუთა და მომზადდა ნიმუშები შემდგომი ლაბორატორიული კვლევისთვის. ოთხივე უბნიდან აღებულ ნიმუშებზე

ჩატარდა ატომურ აბსორბციული კვლევა (აას) 36 მძიმე მეტალზე, ნიმუშებში გამოვლინდა სხვადასხვა მძიმე მეტალების სპექტრი, უბნისა და სეზონის მიხედვით.

### 3.5.2.1 2016 წლის შემოდგომის კვლევის შედეგები

კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ ნოემბრის თვეში გოგოლის ქუჩაზე დამონტაჟებულ სფაგნუმის ჩანთის ნიმუში არ შეიცავდა შემდეგ 8 მძიმე მეტალს: As, Sr, Mo, Sn, Sb, Ba, Ta, Pt. მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა შემდეგი მეტალების : Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Ag, Pb. უნდა აღინიშნოს რომ გაეროს ეკონომიკური კომისიის მიერ დასახელებულ 3 ყველაზე ტოქსიკურ ელემენტიდან დაფიქსირდა საყურადგებო კონცენტრაცია ნიმუშში – კადმიუმი( Cd ) 2.33 (მკგ/მლ) და ვერცხლისწყალი (Hg ) 6.64 (მკგ/მლ) და ტყვია Pb 8.25398 (მკგ/მლ), მაღალი ტოქსიკურობითა და კანცეროგენული თვისებებით ხასიათდება ქრომი (Cr) (Tchounwou et al., 2001:12), რომლის მაჩვენებელი ნიმუშში 1.7324 (მკგ/მლ) (იხ. ცხრილი N4 და დიაგრამა N6). N4 ცხრილში შედარებისათვის ასევე მოცემულია საკვლევი მძიმე მეტალების ანალიზის შედეგები სფაგნუმის ჩანთის საწყის ნედლეულში - *Sph. Papillosum Lindb.* - ში.

#### ცხრილი N4

გოგოლის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ და *Sphagnum Papillosum Lindb.* ანალიზის შედეგები (2016 წლის ნოემბერი)

ელემენტების დასახელება	ნიმუშის დასახელება		
	<i>Sph. Papillosum Lindb.</i>	„სფაგნუმის ჩანთა“, 20.11.16	
ნაკადი		150 (µA)	
ელემენტი	%-ში	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	0.09123	12.15	1.31012
Al	0.09865	25.05	1.016039
Si	3.33335	386.15	6.49371
P	0.13564	45.02	0.21922
S	1.02054	114.61	1.57203
K	2.90243	549.83129	4.50258
Ca	4.51141	861.75	6.85041
Ti	0.01895	8.28889	0.020534
V	-	0.59966	-
<b>Cr</b>	<b>0.00014</b>	<b>1.7324</b>	<b>0.0115</b>
Mn	0.16346	25.49034	0.5285
Fe	2.15161	469.32176	2.87001
Co	-	2.13394	-

Ni	0.00532	2.07586	0.00661
Cu	0.02512	21.40651	0.0261
Zn	0.13027	72.42371	0.25331
As	-	-	-
Zr	0.01038	24.32611	0.01432
Sr	-	-	-
Nb	-	1.04094	-
Mo	-	-	-
Ag	-	2.99841	-
<b>Cd</b>	-	<b>2.33</b>	-
Sn	-	6.48	-
Sb	-	-	-
W	-	2.68817	-
Au	-	1.21736	-
<b>Pb</b>	<b>0.00011</b>	<b>11.51203</b>	<b>0.02334</b>
Ba	-	0.48	-
Hf	-	-	-
Ta	-	-	-
<b>Hg</b>	-	<b>6.64</b>	-
Bi	-	0.01	-
Th	-	1.19	-
U	-	2.81	-
Pt	-	-	-

ტბელ აბუსერიძის ქუჩიდან აღებული სფაგნუმის ჩანთების ატომურ აბსორბციული კვლევისას აღმოჩნდა, რომ შესწავლილი მძიმე მეტალების სპექტრიდან 17 არ გამოვლენილა, მათ შორის არის მაღალი ტოქსიკურობით გამორჩეული Cd და Hg. თუმცა, გოგოლის ქუჩასთან შედარებით აქ დაფიქსირდა Pb (10.46483 მკგ/მლ) და Cr (2.98128 მკგ/მლ) უფრო მაღალი შემცველობა (იხ. ცხრილი N5 და დიაგრამა N6). ტბელ აბუსერიძის ქუჩა გამოირჩევა მაღალსართულიანი შენობებით, ავტოტრანსპორტის მაღალი გამავლობით, ვენტილაციის დაბალი მაჩვენებლით რამაც განაპირობა ამ უბანში ტყვიისა და ქრომის ნიმუშში აკუმულირება შედარებით მაღალი კონცენტრაციით.

ცხრილი N5

ტბელ აბუსერიძის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები (2016 წლის ნოემბერი)

ელემენტების დასახელება	ტბ. აბუსერიძის ქ. 20.11.16	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	7.58273	0.80389
Al	24.51883	1.13473
Si	383.8782	6.47472



P	20.39734	0.07101
S	76.88768	1.0389
K	112.41237	0.90152
Ca	1145.70245	9.85005
Ti	10.44676	0.2703
V	1.30535	-
<b>Cr</b>	<b>2.98128</b>	<b>0.02494</b>
Mn	27.72905	0.54338
Fe	627.96027	3.78859
Co	4.15372	-
Ni	5.13411	0.04135
Cu	24.5052	0.05078
Zn	128.35247	0.52758
As	-	-
Zr	25.76621	0.01528
Sr	-	-
Nb	3.32539	-
Mo	-	-
Ag	25.695	0.06662
<b>Cd</b>	<b>3</b>	-
Sn	1.66	-
Sb	0.39	-
W	2.39621	-
Au	1.41265	-
<b>Pb</b>	<b>10.46483</b>	<b>0.01926</b>
Ba	0.25	-
Hf	2.18864	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>3.71</b>	-
Bi	0.07	-
Th	0.54	-
U	0.84	-
Pt	-	-

თამარ მეფის გამზირზე დამონტაჟებული ნიმუშების ანალიზის შედეგად გამოვლინდა ოთხი ყველაზე ტოქსიკური ელემენტის შემდეგი შემცველობა: Cd 3,43 (მკგ/მლ), Hg 4,27 (მკგ/მლ) Pb 8,58129(მკგ/მლ) Cr 1,45691(მკგ/მლ), თუმცა Cd 3,43 (მკგ/მლ) და Hg 4,27(მკგ/მლ) შემცველობა, იმდენად უმნიშვნელოა, რომ მათი პროცენტული მნიშვნელობა ნულის ტოლია. ხოლო Pb 8,58129(მკგ/მლ) შემცველობა ნაკლებია ტბ.აბუსერიძის და გოგოლის ქუჩის ნიმუშებში გამოვლენილ, მაჩვენებელზე. Cr 1,45691(მკგ/მლ) შემცველობაც ჩამორჩება ტბ.აბუსერიძის და გოგოლის ქუჩის ნიმუშების ანალიზის შედეგს (იხ.ცხრილი N6 და დიაგრამა N6).

უნდა აღინიშნოს, რომ თამარ მეფის გამზირი ხასიათდება მაღალი ვენტელაციით, და ნიმუშების დამონტაჟების უბანში არ არის მაღალსართულიანი

შენიშვნები. რაც ხელისშემშლელი ფაქტორია მტვრის და გამონაბოლქვის დასაგროვებლად.

ცხრილი N6

თამარ მეფის გამზირზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2016 წლის ნოემბერი)

ელემენტების დასახელება	თამარ მეფის გამზ. 20.11.16	
ნაკადი	150 (µA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	12.82	1.38
Al	31.32	1.46334
Si	436.17	7.05388
P	24.38	0.09135
S	64.6	0.86523
K	140.30637	1.10202
Ca	1656.54	15.64724
Ti	10.04552	0.25822
V	1.87537	-
<b>Cr</b>	<b>1.45691</b>	<b>0.00854</b>
Mn	26.59321	0.53583
Fe	795.45773	4.84127
Co	5.75837	0.00277
Ni	2.9255	0.01626
Cu	22.91152	0.03824
Zn	108.43052	0.42954
As	-	-
Zr	40.97229	0.02546
Sr	-	-
Nb	1.2774	-
Mo	-	-
Ag	13.20702	0.02685
<b>Cd</b>	<b>3.43</b>	-
Sn	-	-
Sb	1.78	0.00178
W	1.86786	-
Au	1.69002	-
<b>Pb</b>	<b>8.58129</b>	<b>0.0143</b>
Ba	-	-
Hf	1.98453	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>4.27</b>	-
Bi	0.27	-
Th	0.58	-
U	1.12	-
Pt	-	-

კახაბრის ქუჩიდან აღებულ ნიმუშებში დაფიქსირდა შემდეგი მძიმე მეტალების სპექტრი Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Ag, Pb (ცხრილი N7 და დიაგრამა N6). მიუხედავად იმისა რომ, ეს უბანი ხასიათდება

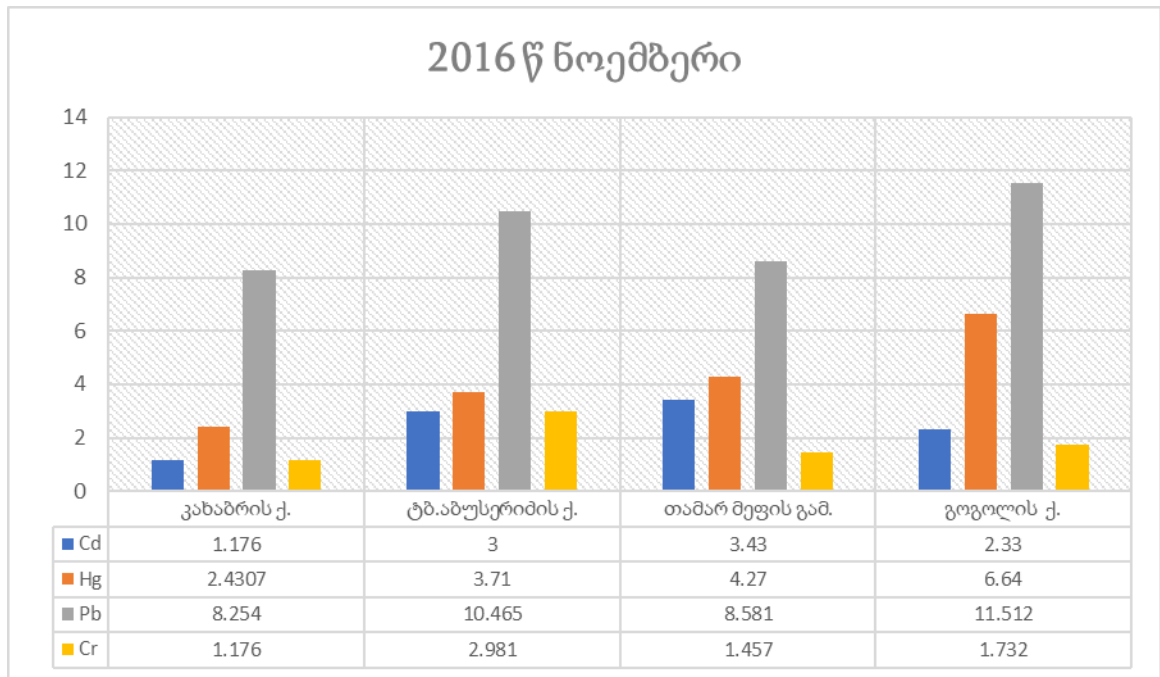
სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის მაღალი ინტენსივობით ტყვიის, ვერცხლის-წყლის და ქრომის შემცველობა ჩამორჩება დანარჩენი საკვლევი ობიექტების სფაგნუმის ჩანთებში გამოვლენილ კონცენტრაციას და ახლოსაა თამარ მეფის გამზირის ნიმუშის მაჩვენებელთან. ამ ორ უბანს ახასიათებს ვენტილაციის მაღალი მაჩვენებელი და დაბალი შენობები. საყურადღებოა ის ფაქტი რომ ყველა უბანთან შედარებით, ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი Cd 3.96115 (მკგ/მლ) დაფიქსირდა კახაბრის ქუჩის ნიმუშებში.

ცხრილი N7

კახაბრის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2016 წლის ნოემბერი)

ელემენტების დასახელება	კახაბრის ქ. 20.11.16	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	6.68	0.70383
Al	21.99	1.01254
Si	338.48	6.00937
P	18.87	0.06441
S	73.01	0.98409
K	118.3408	0.94413
Ca	1137.35	9.76181
Ti	8.26359	0.20458
V	1.40131	-
<b>Cr</b>	<b>1.17602</b>	<b>0.00552</b>
Mn	28.23333	0.54673
Fe	589.19399	3.56412
Co	4.25677	-
Ni	3.59424	0.02386
Cu	22.15016	0.0321
Zn	126.4034	0.51799
As	-	-
Zr	17.42527	0.0097
Sr	-	-
Nb	1.30059	-
Mo	-	-
Ag	13.78778	0.0287
<b>Cd</b>	<b>3.96115</b>	-
Sn	-	-
Sb	-	-
W	2.53282	-
Au	1.25481	-
<b>Pb</b>	<b>8.25398</b>	<b>0.01328</b>
Ba	-	-

Hf	1.99147	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>2.4307</b>	-
Bi	0.10003	-
Th	0.39011	-
U	0.38011	-
Pt	-	-



დიაგრამა 6. 2016 წლის შემოდგომაზე (ნოემბერი) სხვადასხვა უბანზე აღებული ნიმუშებში Cd, Hg, Pb, Cr კვლევის შედეგების შედარება

### 3.5.2.2. 2017 წლის ზამთრის კვლევის შედეგები

2017 წლის 5 თბერვალს ქ.ბათუმის ოთხ საკვლევი უბნიდან აღებული „სფაგნუმის ჩანთის“ ატომურ აბსორბციული კვლევის შედეგად გამოვლინდა მძიმე მეტალების საერთო სპექტრი ოთხივე უბნისთვის რომელიც 17 ელემენტისგან არის წარმოდგენილი: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Ag. თუმცა, კახაბრის ქუჩაზე დამონტაჟებულ ნიმუშებში დაფიქსირდა 2 განსხვავებული ელემენტი Sb და Co, ხოლო თამარ მეფის გამზირზე მხოლოდ Co.

ოთხი ტოქსიკური ელემენტიდან (Cd, Hg, Pb, Cr), ყველაზე მეტი მაჩვენებელი დაფიქსირდა Pb, Cr გოგოლის ქუჩის ნიმუშში, მას ჩამორჩება კახაბრის ქუჩის და თამარ მეფის გამზირის მონაცემები. ყველაზე ნაკლები შემცველობა კი ტბ.

აბუსერიძის ნიმუშშია. Hg შემცველობის ყველაზე მაღალი კოეფიციენტი გამოვლინდა გოგოლის ქუჩის ნიმუშში, მას თანმიმდევრობით ჩამორჩება თამარ მეფის გამზირის, კახაბრის და ტბ.აბუსერიძის ქუჩის ნიმუშების კონცენტრაცია. Cd-ის ყველაზე მცირე რაოდენობა დაფიქსირდა გოგოლის ქუჩის ნიმუშში, მაქსიმუმი კი კახაბრის ქუჩის ნიმუშებში, მას ჩამორჩა ტბ.აბუსერიძის ქუჩის და თამარ მეფის გამზირის მაჩვენებლები (იხ. ცხრილი N8,9,10,11 და დიაგრამა N7). N8 ცხრილში შედარებისათვის ასევე მოცემულია საკვლევი მძიმე მეტალების ანალიზის შედეგები სფაგნუმის ჩანთის საწყის ნედლეულში - *Sph. Papillosum Lindb.* - ში.

ცხრილი N8

გოგოლის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ და *Sphagnum Papillosum Lindb.* ანალიზის შედეგები (2017 წლის თებერვალი)

ელემენტების დასახელება	ნიმუშის დასახელება		
	<i>Sph. Papillosum Lindb.</i>	გოგოლის ქ. 22.02.17	
ნაკადი		150 (µA)	
ელემენტი	%-ში	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	0.09234	12.15	1.31012
Al	0.09982	25.05	1.16039
Si	4.54452	386.15	6.49371
P	0.14743	45.02	0.21922
S	1.45621	114.61	1.57203
K	2.94175	549.83129	4.50258
Ca	4.62342	861.75	6.85041
Ti	0.09007	8.28889	0.20534
V	-	0.59966	-
<b>Cr</b>	<b>0.00012</b>	<b>1.7324</b>	<b>0.0115</b>
Mn	0.34361	25.49034	0.5285
Fe	2.43256	469.32176	2.87001
Co	-	2.13394	-
Ni	0.00445	2.07586	0.00661
Cu	0.02447	21.40651	0.0261
Zn	0.15643	72.42371	0.25331
As	-	-	-
Zr	0.0048	17.42527	0.0097
Sr	-	-	-
Nb	-	1.04094	-
Mo	-	-	-
Ag	-	2.99841	0.0287
<b>Cd</b>	-	<b>2.33</b>	-
Sn		6.48	-
Sb	-	-	-
W	-	2.68817	-
Au	-	1.21736	-
<b>Pb</b>	<b>0.00013</b>	<b>11.60655</b>	<b>0.02377</b>
Ba	-	0.48	0

Hf	-	-	-
Ta	-	-	-
<b>Hg</b>	-	<b>6.64</b>	-
Bi	-	0.01	-
Th	-	1.19	-
U	-	2.81	-
Pt	-	-	-

ცხრილი N9

ტბელ აბუსერიძის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის  
შედეგები (2017 წლის თებერვალი)

ელემენტების დასახელება	ტბ. აბუსერიძის ქ. 22.02.17	
ნაკადი	150 (µA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	7.58	0.80358
Al	14.25	0.63857
Si	216.22	3.95326
P	30.62	0.13001
S	95.12	1.29658
K	464.11445	3.72969
Ca	681.53	4.94823
Ti	4.44268	0.08956
V	0.35094	-
<b>Cr</b>	<b>1.05544</b>	<b>0.00422</b>
Mn	14.77386	0.43991
Fe	223.51748	1.83544
Co	-	-
Ni	2.85868	0.0155
Cu	25.42102	0.05788
Zn	63.65958	0.2138
As	-	-
Zr	6.66704	0.00249
Sr	-	-
Nb	1.1203	-
Mo	-	-
Ag	17.57089	0.04075
<b>Cd</b>	<b>3.13</b>	-
Sn	5.05	-
Sb	-	-
W	-	-
Au	1.98212	-
<b>Pb</b>	<b>6.00955</b>	<b>0.00626</b>
Ba	1.17	-
Hf	2.55377	-
Ta	0	-
<b>Hg</b>	<b>2.32</b>	-
Bi	0.06	-

Th	0.55	-
U	1.08	-
Pt	-	-

ცხრილი N10

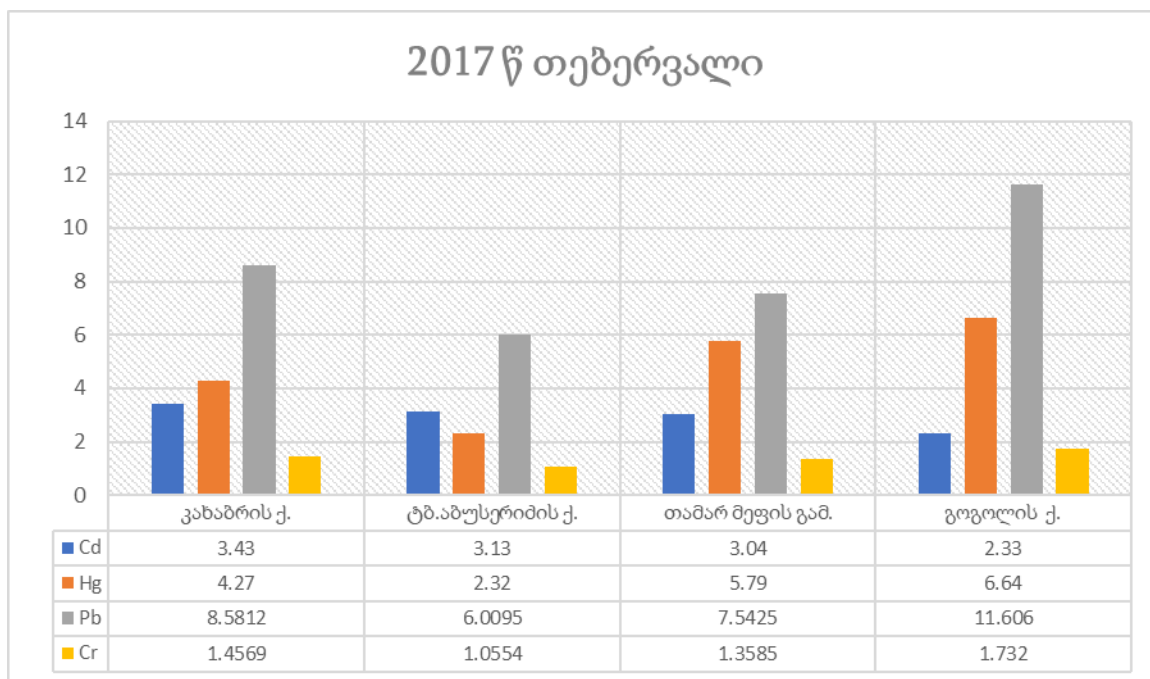
კახაბრის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2017 წლის თებერვალი)

ელემენტების დასახელება	კახაბრის ქ. 22.02.2017	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	12.82	1.38
Al	31.32	1.46334
Si	436.17	7.05388
P	24.38	0.09135
S	64.6	0.86523
K	140.30637	1.10202
Ca	1656.54	15.64724
Ti	10.04552	0.25822
V	1.87537	-
<b>Cr</b>	<b>1.45691</b>	<b>0.00854</b>
Mn	26.59321	0.53583
Fe	795.45773	4.84127
Co	5.75837	0.00277
Ni	2.9255	0.01626
Cu	22.91152	0.03824
Zn	108.43052	0.42954
As	-	-
Zr	40.97229	0.02546
Sr	-	-
Nb	1.2774	-
Mo	-	-
Ag	13.20702	0.02685
<b>Cd</b>	<b>3.43</b>	-
Sn	-	-
Sb	1.78	0.00178
W	1.86786	-
Au	1.69002	-
<b>Pb</b>	<b>8.58129</b>	<b>0.0143</b>
Ba	-	-
Hf	1.98453	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>4.27</b>	-
Bi	0.27	-
Th	0.58	-
U	1.12	-
Pt	-	-

თამარ მეფის გამზირზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2017 წლის თებერვალი)

ელემენტების დასახელება	თამარ მეფის გამზირი. 22.02.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	9.11	0.97317
Al	22.28	1.02656
Si	298.24	5.37835
P	36.45	0.16613
S	107.86	1.47664
K	410.128	3.24291
Ca	790.66	6.09942
Ti	7.71955	0.1882
V	0.61815	-
<b>Cr</b>	<b>1.35855</b>	<b>0.00748</b>
Mn	20.77285	0.49715
Fe	464.05574	2.83952
Co	1.68813	-
Ni	2.46302	0.01101
Cu	21.67064	0.02823
Zn	68.00236	0.23338
As	2.54088	0.02171
Zr	20.99301	0.01208
Sr	-	-
Nb	1.51753	-
Mo	-	-
Ag	5.62232	-
<b>Cd</b>	<b>3.04</b>	-
Sn	-	-
Sb	3.28	0.00757
W	-	-
Au	1.26287	-
<b>Pb</b>	<b>7.54254</b>	<b>0.01105</b>
Ba	0.35	-
Hf	1.88266	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>5.79</b>	-
Bi	0.15	-
Th	1.13	-
U	1.79	-
Pt	-	-





დიაგრამა N7. 2017 წლის თებერვლში სხვადასხვა უბანზე აღებული ნიმუშებში Cd, Hg, Pb, Cr კვლევის შედეგების შედარება

### 3.5.2.3. 2017 წლის გაზაფხულის კვლევის შედეგები

2017 წლის მაისში აღებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ნიმუშების ანალიზის შედეგად გამოვლინდა ოთხივე საცდელ ობიექტზე 17 საერთო მძიმე მეტალების სპექტრი, მხოლოდ ტბ. აბუსერიძის ქუჩის ნიმუშში, დაფიქსირდა ერთი მეტი ელემენტი - As.

ოთხი ტოქსიკური ელემენტიდან (Cd, Hg, Pb, Cr), Cd დაფიქსირდა ყველაზე მაღალი კონცენტრაციით თამარ მეფის გამზირის ნიმუშებში 3,87 (მკგ/მლ) 0,43(მკგ/მლ)-ით ჩამორჩება კახაბრის ქუჩიდან აღებული ნიმუშების შედეგი - 3,44 (მკგ/მლ), მას სიმცირით მოსდევს ტბ.აბუსერიძის ქუჩის ნიმუშის მონაცემი - 2,88 (მკგ/მლ) და ყველაზე მცირე გოგოლის ქუჩის ნიმუშებში 2,05189 (მკგ/მლ). Hg (5,99552 მკგ/მლ) და Pb (10,27545 მკგ/მლ) ყველაზე მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა გოგოლის ქუჩის ნიმუშში, ხოლო Cr 2017 წლის გაზაფხულზე ყველაზე მაღალი კონცენტრაციით გამოიკვეთა კახაბრის ქუჩის ნიმუშებში 1,66566 (მკგ/მლ). უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ ტყვიის შემცველობა იმ უბნებში გამოვლინდა დაბალი სადაც ვენტილაციის მაღალი ხარისხია, როგორცაა თამარ მეფის გამზირი და კახაბრის ქუჩა (იხ. ცხრილი N12,13,14,15 და დიაგრამა N8). N12 ცხრილში

შედარებისათვის ასევე მოცემულია საკვლევი მძიმე მეტალების ანალიზის შედეგები სფაგნუმის ჩანთის საწყის ნედლეულში - *Sph. Papillosum Lindb.* - ში.

ცხრილი N12

გოგოლის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ და *Sphagnum Papillosum Lindb.* ანალიზის შედეგები (2017 წლის მაისი)

ელემენტების დასახელება	ნიმუშების დასახელება		
	<i>Sphagnum Papillosum Lindb.</i>	გოგოლის ქ. 23.05.17	
ნაკადი		150 (µA)	
ელემენტი	%-ში	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	0.89322	11.23	1.20815
Al	1.23844	33.24	1.55611
Si	5.35789	514.67	8.35261
P	0.12456	44.16	0.21389
S	0.76847	72.59	0.97816
K	2.88250	410.53238	3.24656
Ca	9.99876	1307.67	11.56105
Ti	0.12547	10.21513	0.26333
V	-	1.25011	-
<b>Cr</b>	<b>0.00008</b>	<b>1.47466</b>	<b>0.00873</b>
Mn	0.41365	23.08947	0.51255
Fe	2.78953	590.66873	3.57266
Co	-	2.30102	-
Ni	0.00870	2.52201	0.01168
Cu	0.00954	19.43935	0.01022
Zn	0.17324	74.67239	0.26345
As	-	-	-
Zr	0.00678	30.96316	0.01876
Sr	-	-	-
Nb	-	1.30603	-
Mo	-	1.28303	-
Ag	-	11.14667	0.01964
<b>Cd</b>	<b>-</b>	<b>2.05189</b>	<b>-</b>
Sn		1.20111	-
Sb	-	-	-
W	-	1.90506	-
Au	-	0.83094	-
<b>Pb</b>	<b>0.00007</b>	<b>10.27545</b>	<b>0.00196</b>
Ba	-	0.18017	-
Hf	-	-	-
Ta	-	-	-
<b>Hg</b>	<b>-</b>	<b>5.99552</b>	<b>-</b>
Bi	-	0.1101	-
Th	-	0.74068	-
U	-	1.80166	-
Pt	-	-	-

ტბელ აბუსერიძის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის  
შედეგები (2017 წლის მაისი)

ელემენტების დასახელება	ტბ. აბუსერიძის ქ. 23.05.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	10.55	1.13278
Al	32.96	1.54258
Si	502.76	8.15556
P	45.55	0.2225
S	71.93	0.96883
K	309.36477	2.33435
Ca	1427.01	12.95455
Ti	9.34817	0.23723
V	0.7157	-
<b>Cr</b>	<b>1.27048</b>	<b>0.00654</b>
Mn	22.59063	0.50923
Fe	607.69863	3.67127
Co	2.25084	-
Ni	3.30347	0.02056
Cu	19.28735	0.00899
Zn	94.69748	0.36195
As	1.64776	0.00257
Zr	26.62365	0.01585
Sr	-	-
Nb	2.41663	-
Mo	-	-
Ag	11.5266	0.02116
<b>Cd</b>	<b>2.88</b>	-
Sn	3.13	-
Sb	-	-
W	1.663	-
Au	0.84653	-
<b>Pb</b>	<b>8.01699</b>	<b>0.01254</b>
Ba	0.88	-
Hf	-	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>4.59</b>	-
Bi	0.1	-
Th	0.51	-
U	1.25	-
Pt	-	-

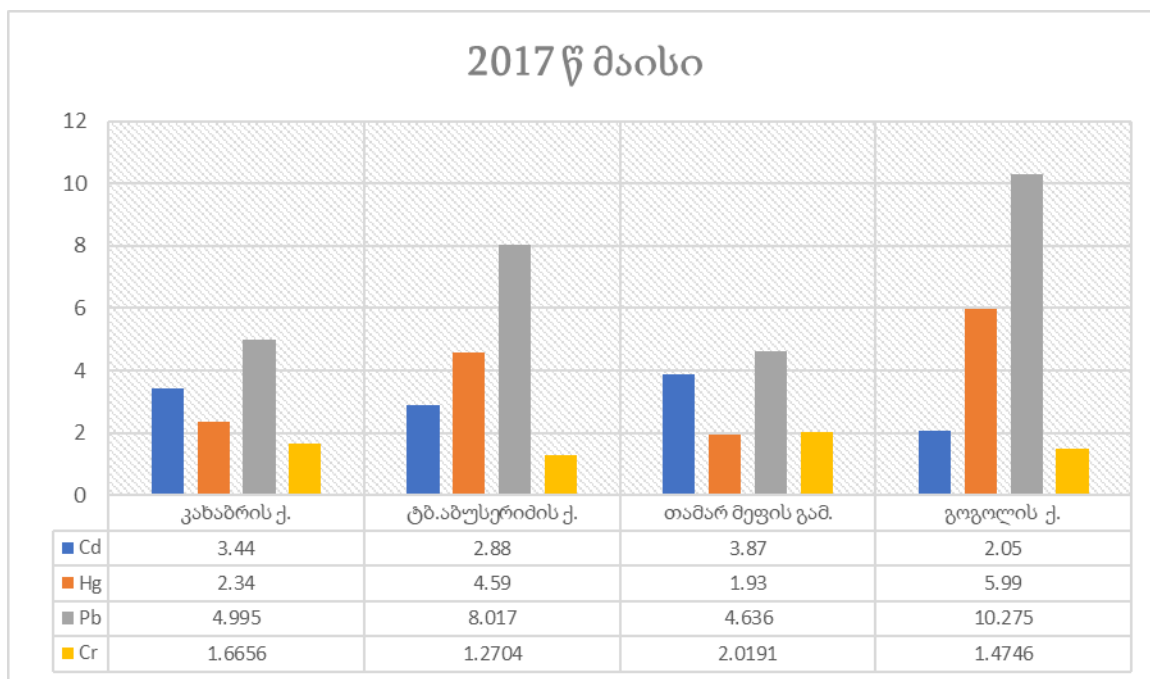
## კახაბრის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები

(2017 წლის მაისი)

ელემენტების დასახელება	კახაბრის ქ. 23.05.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	5.35	0.55641
Al	25.01	1.15846
Si	310.69	5.57358
P	17.81	0.05984
S	49.00	0.64476
K	158.15134	1.2303
Ca	1127.35	9.65617
Ti	8.74748	0.21915
V	0.80964	-
<b>Cr</b>	<b>1.66566</b>	<b>0.01079</b>
Mn	15.72373	0.46042
Fe	523.75434	3.18519
Co	2.80884	-
Ni	2.723	0.01396
Cu	20.62267	0.01977
Zn	79.9947	0.28959
As	-	-
Zr	12.05912	0.0061
Sr	-	-
Nb	0.8865	-
Mo	-	-
Ag	12.38261	0.02422
<b>Cd</b>	<b>3.44</b>	-
Sn	1.73	-
Sb	0.13	-
W	2.21892	-
Au	1.13458	-
<b>Pb</b>	<b>4.99529</b>	<b>0.00308</b>
Ba	1.79	-
Hf	2.41716	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>2.34</b>	-
Bi	0.05	-
Th	0.34	-
U	0.32	-
Pt	-	-

თამარ მეფის გამზირზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2017 წლის მაისი)

ელემენტების დასახელება	თამარ მეფის გამზ. 23.05.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	9.81	1.05076
Al	14.04	0.62842
Si	227.53	4.19254
P	31.41	0.1349
S	124.73	1.71506
K	228.99447	1.73953
Ca	1983.4	19.67444
Ti	8.1426	0.20094
V	0.51529	-
<b>Cr</b>	<b>2.01919</b>	<b>0.01459</b>
Mn	15.03135	0.44547
Fe	309.44783	2.14022
Co	2.1727	-
Ni	3.20255	0.01396
Cu	21.469	0.0266
Zn	60.2086	0.19825
As	-	-
Zr	16.69807	0.00921
Sr	-	-
Nb	0.74274	-
Mo	-	-
Ag	27.72784	0.07309
<b>Cd</b>	<b>3.87</b>	-
Sn	2.57	-
Sb	0.09	-
W	-	-
Au	1.83091	-
<b>Pb</b>	<b>4.6365</b>	<b>0.00196</b>
Ba	-	-
Hf	1.87654	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>1.93</b>	-
Bi	0.07	-
Th	0.24	-
U	0.68	-
Pt	-	-



დიაგრამა N8. 2017 წლის მაისში სხვადასხვა უბანზე აღებული ნიმუშებში Cd, Hg, Pb, Cr კვლევის შედეგების შედარება.

### 3.5.2.4 2017 წლის ზაფხულის კვლევის შედეგები

2017 წლის აგვისტოს თვეში საცდელი ობიექტებიდან აღებული „სფაგნუმის ჩანთის“ ანალიზის შედეგად ოთხიდან სამ ობიექტზე გამოვლინდა 18 საერთო მძიმე მეტალის სპექტრი, ხოლო კახაბრის ქუჩის ანალიზის შედეგებში ერთით ნაკლები ელემენტი დაფიქსირდა (As).

ოთხი ტოქსიკური ელემენტიდან (Cd, Hg, Pb, Cr), Cd დაფიქსირდა ყველაზე მაღალი კონცენტრაციით კახაბრის ქუჩის ნიმუშებში 3,53 (მკგ/მლ), 0,3(მკგ/მლ)-ით ჩამორჩება თამარ მეფის გამზირიდან აღებული ნიმუშების შედეგი - 3,23 (მკგ/მლ), მას სიმცირით მოსდევს გოგოლის ქუჩის ნიმუშების მონაცემი - 2,73 (მკგ/მლ) და ყველაზე მცირე ტბ.აბუსერიძის ქუჩის ნიმუშებში 2,071 (მკგ/მლ). ყველაზე მაღალი კონცენტრაციით Hg (4,23 მკგ/მლ) გამოვლინდა თამარ მეფის გამზირის ნიმუშებში, Cr 2,7532 (მკგ/მლ) ტბ.აბუსერიძის ქუჩის ნიმუშებში, ხოლო Pb (10,2578 მკგ/მლ) ტბ.აბუსერიძის ნიმუშებში (იხ. ცხრილი N16,17,18,19 და დიაგრამა N9). N16 ცხრილში შედარებისათვის ასევე მოცემულია საკვლევი მძიმე მეტალების ანალიზის შედეგები სფაგნუმის ჩანთის საწყის ნედლეულში - *Sph. Papillosum Lindb.* - ში.

გოგოლის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ და *Sphagnum Papillosum**Lindb.* ანალიზის შედეგები (2017 წლის აგვისტო)

ელემენტების დასახელება	ნიმუშების დასახელება		
	<i>Sphagnum Papillosum</i> <i>Lindb.</i>	გოგოლის ქ. 25.08.17	
ნაკადი		150 (μA)	
ელემენტი	%-ში	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	1.67588	21,36	2,29588
Al	0.50132	14.4	0.64582
Si	5.24754	350,14	6,19222
P	0.10567	33,37	0,14704
S	0.87954	112,85	1,54716
K	2.99868	533,3534	4,35401
Ca	5.12563	779,71	5,98375
Ti	0.11354	6,09387	0,13926
V	-	1,02824	-
<b>Cr</b>	<b>0.00011</b>	<b>1,12709</b>	<b>0,00499</b>
Mn	0.40278	24,38977	0.52119
Fe	1.78689	279,37113	2,03355
Co	-	0,53224	-
Ni	0.00467	1,98363	0,00556
Cu	0.00978	21,5092	0.02692
Zn	0.15768	55,32871	0,17625
As	-	1,79901	0,00581
Zr	0.00234	10,20922	0,00486
Sr	-	-	-
Nb	-	1,27055	-
Mo	-	-	-
Ag	-	9,88667	0,0146
<b>Cd</b>	-	<b>2,73</b>	-
Sn		0,57	-
Sb	-	0,47	-
W	-	-	-
Au	-	1,87413	-
<b>Pb</b>	<b>0.00015</b>	<b>7,91705</b>	<b>0,01222</b>
Ba	-	-	-
Hf	-	-	-
Ta	-	-	-
<b>Hg</b>	-	<b>4,02</b>	-
Bi	-	0,15	-
Th	-	0.87	-
U	-	2,33	-
Pt	-	-	-

ტბელ აბუსერიძის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის  
შედეგები (2017 წლის აგვისტო)

ელემენტების დასახელება	ტბ. აბუსერიძის ქ. 25.08.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	12,23	1,31448
Al	11,35	0.50848
Si	223	3,94264
P	31.52	0,13868
S	110,85	1,51864
K	415,68	3,39194
Ca	680,27	5,21767
Ti	5,2691	0,12039
V	0,02321	-
<b>Cr</b>	<b>2,7532</b>	<b>0,01211</b>
Mn	25,6845	0.54862
Fe	348,4231	2,533
Co	0,42311	-
Ni	1,23568	0,00345
Cu	21,5092	0.02692
Zn	62,2458	0,19794
As	2,0237	0,00651
Zr	12,2457	0,00582
Sr	-	-
Nb	1,22012	-
Mo	0	-
Ag	8,8578	0,01307
<b>Cd</b>	<b>2,071</b>	-
Sn	0,42	-
Sb	0,71	-
W	-	-
Au	1,32871	-
<b>Pb</b>	<b>10,2578</b>	<b>0,01579</b>
Ba	-	-
Hf	-	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>3,76</b>	-
Bi	-	-
Th	0.78	-
U	1,64	-
Pt	-	-



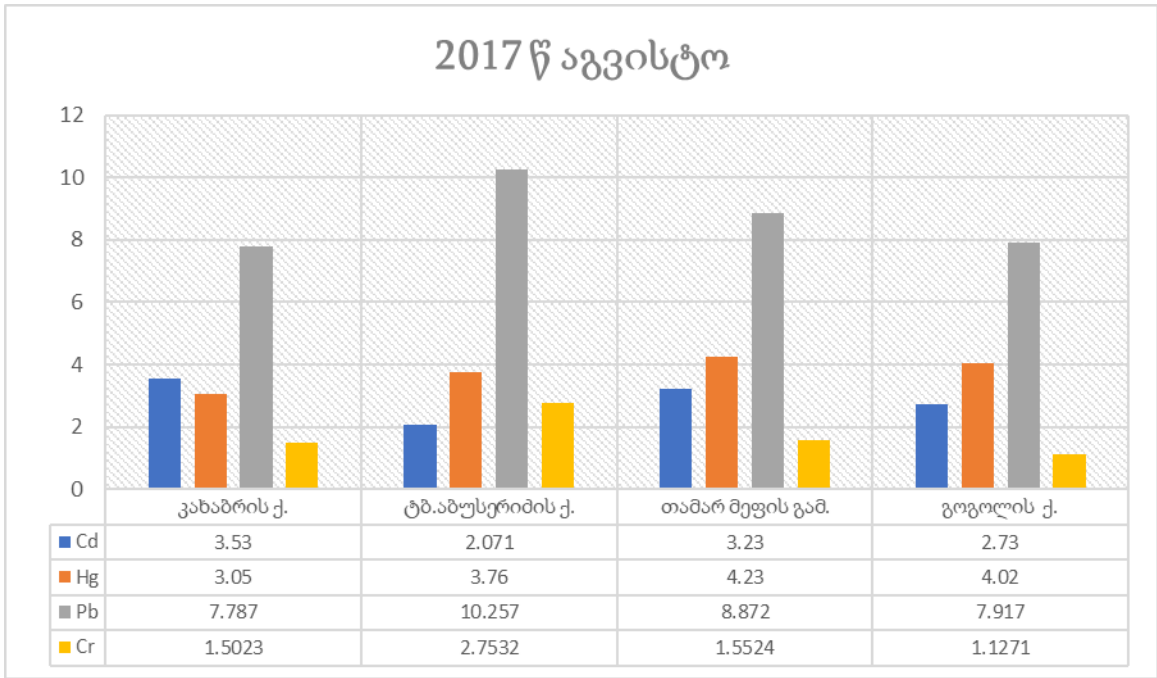
## კახაბრის ქუჩაზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები

(2017 წლის აგვისტო)

ნიმუშის დასახელება	გოგოლის ქ. 25.08.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკგ/მლ)	%-ში
Mg	6,28	0,66568
Al	20,55	0,92146
Si	320,69	5,75297
P	18,9	0,63502
S	52,2	0,68686
K	221,2574	1,72120
Ca	1215,23	10,4088
Ti	7,8341	0,19626
V	0,702362	-
<b>Cr</b>	<b>1,502311</b>	<b>0,009731</b>
Mn	17,72321	0,51896
Fe	507,7234	3,08769
Co	2,51832	-
Ni	1,97263	0,00545
Cu	19,23441	0,00958
Zn	80,6792	0,29206
As	-	-
Zr	10,20922	0,00486
Sr	-	-
Nb	1,14023	-
Mo	-	-
Ag	11,23861	0,02198
<b>Cd</b>	<b>3,53</b>	-
Sn	1,22	-
Sb	0,17	-
W	1,29127	-
Au	1,12145	-
<b>Pb</b>	<b>7,78705</b>	<b>0,00480</b>
Ba	1,24	-
Hf	-	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>3,05</b>	-
Bi	0,11	-
Th	0,23	-
U	0,33	-
Pt	-	-

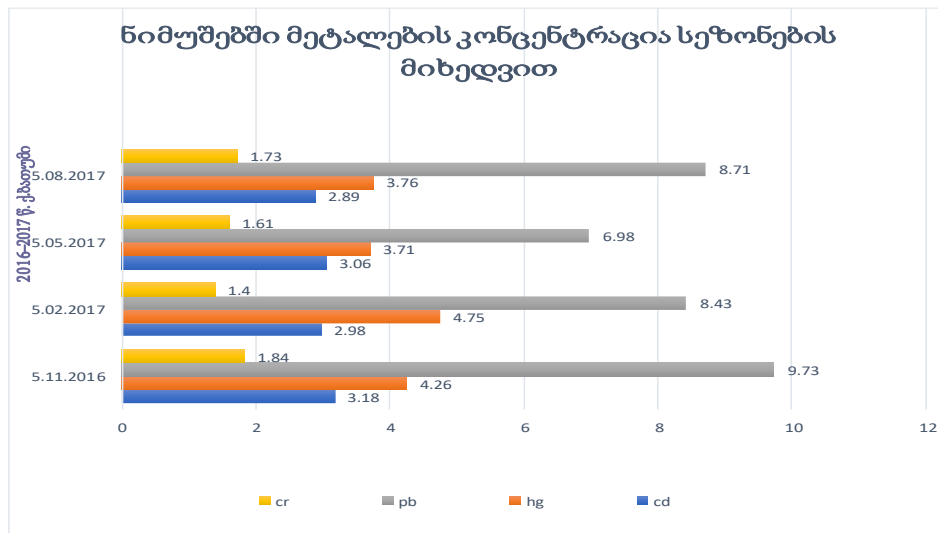
თამარ მეფის გამზირზე განთავსებული „სფაგნუმის ჩანთების“ ანალიზის შედეგები  
(2017 წლის აგვისტო)

ნიმუშის დასახელება	ტბ. აბუსერიძის ქ. 25.08.17	
ნაკადი	150 (μA)	
ელემენტი	ინტენსივობა (მკვ/მლ)	%-ში
Mg	12,77	1,37898
Al	32,31	1,50959
Si	422,11	6,82649
P	31,52	0,13868
S	57,23	0,76651
K	135,30678	1,06275
Ca	1780,23	16,8155
Ti	8,03521	0,20654
V	1,88237	-
<b>Cr</b>	<b>1,55247</b>	<b>0,0091</b>
Mn	24,6835	0,49735
Fe	882,44721	5,3707
Co	4,23137	0,002
Ni	1,2245	0,0068
Cu	21,5092	0,02692
Zn	102,2218	0,40494
As	-	-
Zr	39,23147	0,02437
Sr	-	-
Nb	1,20012	-
Mo	-	-
Ag	8,8578	0,01307
<b>Cd</b>	<b>3,23</b>	-
Sn	-	-
Sb	0,52	-
W	-	-
Au	1,42131	-
<b>Pb</b>	<b>8,87259</b>	<b>0,01478</b>
Ba	-	-
Hf	1,23543	-
Ta	-	-
<b>Hg</b>	<b>4,23</b>	-
Bi	0,24	-
Th	0,52	-
U	1,17	-
Pt	-	-



დიაგრამა N 9. 2017 წლის აგვისტო სხვადასხვა უბანზე აღებული ნიმუშებში Cd, Hg, Pb, Cr კვლევის შედეგების შედარება.

საერთო სურათის შესაქმნელად გამოვითვალეთ საკვლევი ტერიტორიიდან აღებულ ნიმუშებში ოთხი ყველაზე ტოქსიკური ელემენტის ჯამური კონცენტრაცია და შედარებისთვის შევიტანეთ დიაგრამაში N10.



დიაგრამა N10. Cd, Hg, Pb, Cr ელემენტების კონცენტრაცია სეზონების მიხედვით

N10 დიაგრამიდან ჩანს, რომ Cd ყველა სეზონზე თითქმის თანაბარია, თუმცა მცირედით აჭარბებს შემოდგომასა და გაზაფხულზე. Hg მაქსიმალური მაჩვენებელი დაფიქსირდა ზამთარში, შედარებით ნაკლები დაფიქსირდა შემოდგომაზე, გაზაფხულზე და ზაფხულში ყველაზე ნაკლები მაჩვენებელია. Pb პიკს აღწევს შემოდგომაზე, მცირედით ჩამორჩება ზაფხულის და ზამთრის მონაცემი და მნიშვნელოვნად დაბალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა გაზაფხულზე. Cr სამ სეზონზე მსგავსი კონცენტრაციით გამოვლინდა, მხოლოდ ზამთარში დაფიქსირდა მნიშვნელოვნად დაბალი მაჩვენებელი.

2017 წლის თებერვალში აღებულ ნიმუშებში გამოვლინდა მძიმე მეტალების შემდეგი კონცენტრაცია : Pb 8,43(მკგ/მლ), Cd – 2,98 (მკგ/მლ), Cr – 1,4 (მკგ/მლ) Hg – 4,75 (მკგ/მლ). უნდა აღინიშნოს, რომ ვერცხლისწყალის ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია ზამთარში დაფიქსირდა.

2017 წლის მაისში აღებულ ნიმუშებში გამოვლინდა მძიმე მეტალების ყველაზე ნაკლები მაჩვენებელი Pb – 6,98 (მკგ/მლ), Cd – 3,06 (მკგ/მლ), Cr – 1,61 (მკგ/მლ) Hg – 3,71 (მკგ/მლ). მაისში საშუალო თვის ნალექიანობა 74 მმ-ს უტოლდებოდა.

2017 წლის აგვისტოსთვის ნიმუშებში გამოვლინდა მძიმე მეტალების შემდეგი მაჩვენებელი: Pb – 8,71 (მკგ/მლ), Cd – 2,89 (მკგ/მლ), Cr – 1,73 (მკგ/მლ) Hg – 3,76 (მკგ/მლ) (იხ.დიაგრამა N10)

### **3.5.2.5. მიღებული შედეგების შედარება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებთან**

აღსანიშნავია რომ, საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2003 წლის 24 თებერვალის ბრძანება №38/ნ „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“– ის თანახმად კადმიუმის (Cd) საშუალო სადღეღამისო ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაა 0,0003 (მგ/მ<sup>3</sup>) (საშიშროების კლასი 1), ვერცხლისწყალი (Hg) – 0,0003 (მგ/მ<sup>3</sup>) (საშიშროების კლასი 1), ტყვიის (Pb) – 0,0003 (მგ/მ<sup>3</sup>) (საშიშროების კლასი 1), ქრომის (Cr) 0,0015 (მგ/მ<sup>3</sup>), (საშიშროების კლასი 1) (საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება №38/ნ 2003 წლის 24 თებერვალი :7 ).

N20 ცხრილში მოცემულია მძიმე მეტალების კვლევის შედეგები, წლის სხვადასხვა დროს მგ/მლ-ში.

**ცხრილი 20.**

**მძიმე მეტალების კვლევის შედეგები, წლის სხვადასხვა სეზონის მიხედვით (მგ/ლ)**

მგ/ლ				
მეტალები	Cr	Pb	Hg	Cd
პერიოდი				
2017 VIII	0.00173	0.00871	0.00376	0.00289
2017 V	0.00161	0.00698	0.00371	0.00306
2017 II	0.0014	0.00843	0.00475	0.00298
2016 XI	0.00184	0.00973	0.00426	0.00318

ცნობილია რომ, 1მგ/ლ =1ppm და ეს მონაცემები შეიძლება გადავიყვანოთ მგ/მ<sup>3</sup> ქვემოთ მოყვანილი ფორმულით, რომელიც შემუშავებულია გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ (EPA) (Terrie et al., 2006:65) :

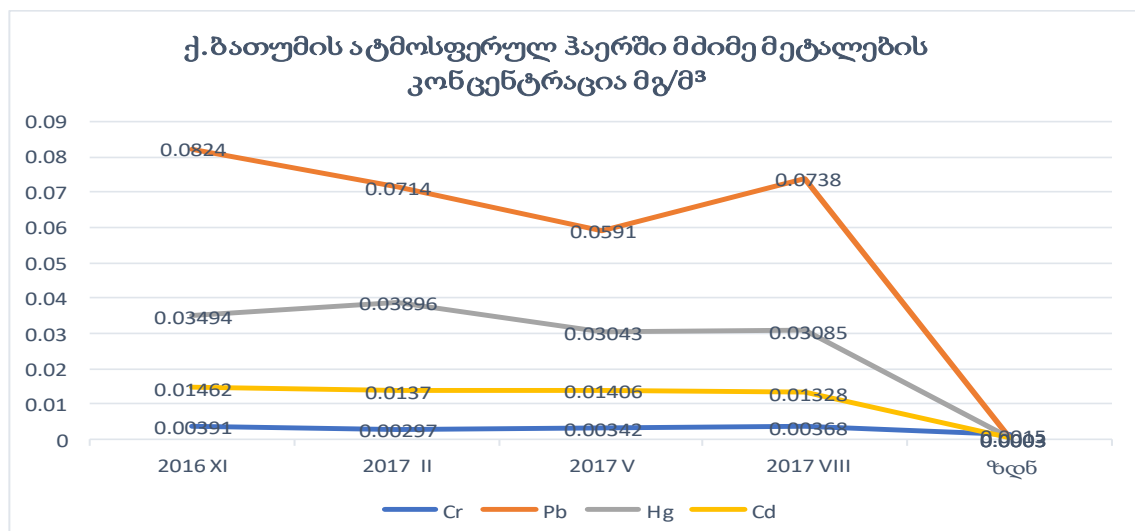
$$Y \text{ mg/m}^3 = (X \text{ ppm})(\text{atomic weight}) / 24.45$$

სადაც, ppm – არის მეტალის შემცველობა ნიმუშში გამოსახული მგ/ლ, atomic weight – მეტალის ატომური წონა, 24,45 – მუდმივი სიდიდე. მოცემული ფორმულის გამოყენებით და შესაბამისი მეტალების ატომური წონის გათვალისწინებით (Cr ა/წ = 51.9961; Pb ა/წ = 207,2; Hg ა/წ = 200,592; Cd ა/წ = 112,411) (Michael et al., 2013 :11), მივიღებთ საკვლევი პერიოდისთვის 1მ<sup>3</sup> ჰაერში შეწონილი მძიმე მეტალების კონცენტრაციას (იხ.ცხრილი N21).

ქ. ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში, მძიმე მეტალების კვლევის შედეგები, წლის სხვადასხვა სეზონის მიხედვით (მგ/მ<sup>3</sup>)

მგ/მ <sup>3</sup>				
მეტალები	Cr	Pb	Hg	Cd
პერიოდი				
2017 VIII	0.00368	0.0738	0.03085	0.01328
2017 V	0.00342	0.0591	0.03043	0.01406
2017 II	0.00297	0.0714	0.03896	0.01370
2016 XI	0.00391	0.0824	0.03494	0.01462
ზღვ	0.0015	0.0003	0.0003	0.0003

კვლევის შედეგებისა და ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის შედარებით დადგინდა რომ, ქრომის (Cr) შემცველობა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას ყველა სეზონისთვის საშუალოდ, აღემატება 2,33 – ჯერ, ტყვიის (Pb) 236,26–ჯერ, ვერცხლისწყალის (Hg) 112,65 –ჯერ, კადმიუმის (Cd) 46,38–ჯერ (იხ. ცხრილი N21 და დიაგრამა N11.)



დიაგრამა N11. ქ. ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში 2016 წ. ნოემბერში, 2017 წ-ის თებერვალში, მარტში და აგვისტოში აქტიური ბიომონიტორინგით დაფიქსირებული კონცენტრაციის შედარება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციასთან (ზღვ).

## დასკვნები

1. ჩატარდა კოლხეთის დაბლობის, გვარი სფაგნუმის სახეობების სისტემატიკური, ანატომიურ-მორფოლოგიური, ბიოეკოლოგიური და ფარმაკოქიმიური კვლევა. გამოვლენილია და აღწერილია სფაგნუმის საკვლევ სახეობების დამახასიათებელი ნიშან-თვისებები, რაც მნიშვნელოვანია მათი, განსაკუთრებით კი სიმილარული სახეობების იდენტიფიცირებისათვის.
2. იმნათისა და ისპანის წყლის მჟავიანობის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ტორფნარში, წყლის ზედა ფენებში pH 4.0-5.5-ის, ელექტროგამტარუნარიანობა 70-100 სმ სიღრმეზე კი 40 - 70  $\mu\text{S}$ -ის ფარგლებშია. ორივე მაჩვენებელი ომბროტროფულ გარემოზე მიუთითებს. მჟავე წყლიანი გარემო უზრუნველყოფს კოლხეთის საფგნუმიანი ტორფნარების ჰაბიტატის მნიშვნელოვან სერვისს.
3. კოლხეთის დაბლობის პერკოლაციური ტიპის ტორფნარის - ისპანი 2-ის სფაგნუმის 5 სახეობის (*Sph. austinii* Sull. (*Sph. imbricatum* ssp. *Austinii*), *Sph. papillosum* Lindb., *Sph. palustre* L., *Sph. cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm., *Sph. rubellum* Wilson.) გაზური ქრომატოგრაფია-მასსპექტრომეტრის მეთოდით კვლევისას იდენტიფიცირებულია 3 კლასის (ესტერების, ფენოლების და პოლისაქარიდების) 16 ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება.
4. დადგენილია, რომ ტორფნარის სხვადასხვა ზონაში (ბუფერული და გუმბათი) მოზარდი სფაგნუმის სახეობები, ესტერებისა და პოლისაქარიდების შემცველობით იდენტურია, განსხვავებაა ფენოლური ნაერთების შემცველობაში. ფენოლური ნაერთი: მეთოქსილ 2-O-ბენზილ- $\alpha$ -D-ქსილოპირანოზიდი, გამოვლინდა მხოლოდ ბუფერულ ზონაში გავრცელებულ, მაღალი წყლის დონეს შეგუებულ სახეობაში - *Sphagnum cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm. - ში.
5. ჩატარდა სფაგნუმის 5 საკვლევ სახეობის წყლიანი ექსტრაქტების, წვენების და პოლისაქარიდების კვლევა ანტიბაქტერიულ მოქმედებაზე. სფაგნუმის საკვლევ სახეობებს აღმოაჩნდა მეტ-ნაკლებად გამოხატული მოქმედება *Proteus vulgaris* და *Staphylococcus aureus* ბაქტერიული შტამების მიმართ. გამოხატული

ბაქტერიციდული მოქმედების ფართო სპექტრით გამოირჩევა *Sphagnum papillosum* Lindb.-ის წყლიანი ექსტრაქტი.

6. ე. ბათუმის ტერიტორიაზე, წლის ოთხივე დროის განმავლობაში, ე.წ. „სფაგნუმის ჩანთების“ გამოყენებით, ჩატარდა ატმოსფერული ჰაერის კვლევა-ბიომონიტორინგი მძიმე მეტალების შემცველობაზე. ატმოსფერულ ჰაერში მძიმე მეტალების ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია შემოდგომაზე დაფიქსირდა.
7. „სფაგნუმის ჩანთაში“ ატმოსფერული ჰაერიდან მძიმე მეტალების აბსორბციისთვის ყველაზე ხელსაყრელია საშუალო ნალექიანობა, კერძოდ 40,81 მმ და 11,5 C° ტემპერატურა.
8. ე.ბათუმის ატმოსფერულ ჰაერში 2016 –2017 წლებში ჩატარებული კვლევის თანახმად, ქრომის (Cr) კონცენტრაცია, ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას აღემატება, საშუალოდ 2,33 – ჯერ, ტყვიის (Pb) 236,26–ჯერ, ვერცხლისწყლის (Hg) 112,65 –ჯერ, კადმიუმის (Cd) 46,38–ჯერ.
9. სფაგნუმის სახეობებით ე.წ. „სფაგნუმის ჩანთით“ ატმოსფერული ჰაერის მძიმე მეტალებით დაჭუჭყიანების შესწავლა და ბიომონიტორინგი ყველაზე იაფი და ხელმისაწვდომი კვლევის მეთოდია.



## რეკომენდაციები

1. რეკომენდირებულია სისტემატიურად მოხდეს სფაგნუმის სახეობების ინვენტარიზაცია.
2. ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების (ფენოლების) მისაღებად რეკომენდირებულია ბუფერულ ზონაში გავრცელებული სფაგნუმის სახეობა *Sphagnum cuspidatum*.
3. ანტიბაქტერიულ მოქმედებაზე შესწავლის შედეგები ნათელს ხდის სფაგნუმის სახეობების სამედიცინო პრაქტიკაში გამოყენების პერსპექტივას და მათი შემდგომი კვლევის აუცილებლობას.
3. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია „სფაგნუმის ჩანთას“ როგორც - ატმოსფერული ჰაერის მძიმე მეტალებით დაჭუჭყიანების ბიოინდიკატორის დანერგვა სხვა ქალაქებსა და რეგიონებში, სადაც მიმდინარეობს დიდი ინფრასტრუქტურული პროექტები (მაგ: ყულევი, ანაკლია) ჰაერის ხარისხის კვლევისთვის.

## მადლობა

სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებაში გაწეული თანადგომისთვის დიდი მადლობა მინდა გადავუხადო უპირველეს ყოვლისა ჩემს სამეცნიერო ხელმძღვანელებს ქალბატონ იზოლდა მაჭუტაძესა და ბატონ ალიომა ბაკურიძეს,

მადლობას ვუხდით ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიოლოგიის დეპარტამენტის თითოეულ წევრს.

ასევე, გულითად მადლობას ვუხდით მალხაზ ჯოხაძეს (ფარმაციის აკადემიური დოქტორი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაკოგნოზიის და ბოტანიკის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი) კვლევების ორგანიზებისთვის.

თბილისის ტექნიკური უნივერსიტეტის გეოლოგიის დეპარტამენტის დოქტორს ზაზა იაშვილს კვლევებში გაწეული დახმარებისათვის.

ასევე, მადლობას ვუხდით შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს ფინანსური მხარდაჭერისათვის.

### ლიტერატურა:

1. მაჭუტაძე, 2003: მაჭუტაძე ი., 2003, კოლხეთის ტორფნარების გარემოსდაცვითი ღირებულებები, ბათუმი, 44 გვ
2. მაჭუტაძე, 2009: მაჭუტაძე ი., 2009, კოლხეთის დაბლობის ტორფნარების მცენარეულობა, სადოქტორო შრომა
3. კოლხეთის და სხვ., 2017: კოლხეთის ეროვნული პარკისა და კაცობურის აღკვეთილის მენეჯმენტის გეგმა, 2017
4. ტეტემაძე და სხვ., 2017: ტეტემაძე ნ, მაჭუტაძე ი. სფაგნუმის სახეობები როგორც ატმოსფერული ჰაერის ბიოინდიკატორები. მომავლის ტექნოლოგიები და სოცოცხლის ხარისხი <https://tsmu.edu/lifeconference2017/ABSTRACTS.pdf>
5. ქობულეთის და სხვ., 2019: ქობულეთის ნაკრძალისა და ქობულეთის აღკვეთილის მენეჯმენტის გეგმა, 2017
6. ხვედელიძე და სხვ., 2018 ხვედელიძე ლ. ატმოსფეროს დაბინძურება და მისი გავლენა ბიოსფეროზე. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“ შრომები, ISSN 1512-1976, ტ. 6, ქუთაისი, საქართველო, 21-22 სექტემბერი, 2018 :67-70
7. საქართველოს...2003: საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება №38/ნ. (თბილისი) 2003 წლის 24 თებერვალი. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/55144?publication=0>
8. Бабешина и т.д., 2002: Бабешина Л.Г. Дмитрук В.Н. Дмитрук С.Е. 2002 – „ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ СФАГНОВЫХ МХОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ“ 2002
9. Бабешина и т.д., 2010: Бабешина Л.Г , Горина Я.В, Кооколова А.П, Краснов Е.А, Карпова М.Р. Исследование полисахаридов некоторых видов рода *Sphagnum L.* Journal of Siberian Federal University Chemistry 4 (2010 3) p.413-422

10. **Доктуровский 1936:** Доктуровский, В.С. (1936) Материалы по изучению торфяников Кавказа.
11. **Елина и т.д., 2007:** Елина, Г.А Аптека на болоте / Г. А Елина. – СПб :Наука, 1993. – С.141-148.
12. **Флеров 1929:** Флеров, А.Ф. (1929) Растительность Рионской низменности. In: [Proceedings of the conference on the establishment of Kolkheti Experimental Station], pp. 79-97. Poti.
13. **Флеров 1936:** Флеров, А.Ф. (1936) Растительность кобулетских болот. [Vegetation of the Kobuleti marshes] Pochvovedenie 31: 211-223.
14. **Adrian et al., 1973** Adrian, W. J. Analyst 98, 213 (1973). A Comparison of a Wet Pressure Digestion Method with Other Commonly Used Wet and Dry-Ashing Methods.
15. **Adrian & Seven.,1977** Adrian and M. L. Stevens, Analyst 102, 446 (1977). Effect of Different Sample Preparation Methods on the Atomic-absorption Spectrophotometric Determination of Calcium in Plant Material.
16. **Andrus 1987:** Andrus, R.E. 1987: Nomenclatural Changes in *Sphagnum imbricatum* sensu lato. – The Bryologist 90: 217–220.
17. **Allard 2017:** Allard D. Rare and Uncommon Bryophytes of Vermont. Vermont Natural Heritage Inventory. A Network Connecting Science with Conservation 476-0127 2017 Vermont;
18. **Asakawa Y. 2007:** Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. Pure Appl. Chem. 79: 557–580
19. **Baass et al., 2000:** Baass, M, Pancost, R, Geel, B, Damste, J.D, 2000. A comparative study of lipids in *Sphagnum* species. Organic Geochemistry [Volume 31, Issue 6](#), June 2000, P 535-541
20. **Ballance et al., 2007:** Ballance, S. and B.E. Christensen. 2007. Moss-derived antimicrobial composition. WO/2007/077459
21. **Boline&Schrenk et al., 1977** D. R. Boline and W. G. Schrenk, J. AOAC 60, 1170 (1977). Atomic Absorption Spectroscopy of Copper and Iron in Plant Material.

22. **Berg 1952:** Berg, L.C. 1952: Geografičeskie zony sovetskovo sojusa. Gocudarstvennoe izdatel'stvo geografičeskoj literatury, Moskva. 510 pp.
23. **Botch et al., 1983:** Botch, M.S. & Masing, V.V. (1983): Mire Ecosystems in the U.S.S.R. – In: A.J.P. Gore (ed.): Ecosystems of the world 4B. Mires: swamp, bog, fen and moor, pp. 95–152. – Elsevier Amsterdam.
24. **Bown 1996:** Bown, D. 1996. Encyclopaedia of herbs and their uses. Royal Horticultural Society, Dorling Kindersley Ltd.: London, U.K., 424 pp.
25. **Boyl et al., 1992:** Boyl, K.J. and Bergstrom, J.C., 1992, “Benefit Transfer Studies: Myths, Pragmatism and Idealism”, *Water Resources Research*, 28 (3): p. 657-663.
26. **Catalog of Life :** Catalogi of Life : 20<sup>th</sup> November 2015 [www.catalogueoflife.org](http://www.catalogueoflife.org).
27. **Clymo et al., 1982:** Clymo, R. S. & Hayward, P. M. 1982 The ecology of Sphagnum. In *Bryophyte ecology* (ed. A. J. E. Smith). London: Chapman & Hall. (In the press.)
28. **Chang et al., 2000:** Chang, P.S., R. Mukerjea, D.B. Fulton, and J.F. Robyt. 2000. Action of *Azotobacter vinelandii* poly-beta-D-mannuronic acid C-5-epimerase on synthetic D-glucuronans. *Carbohydrate Research*, V.329, N.4, pp.913-922
29. **Commission Regulation et al., 2011** Commission Regulation (EU) No. 420/2011 of 29 April 2011 amending Regulation (EC) no 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs Official J. Eur. Union L, 111/3 (2011)
30. **Crosby et al., 1999:** Crosby, M.R., Magill, R.E., Allen, B. & He, S. (1999) Checklist of mosses. Missouri Botanical Gardens, St. Louis.
31. **Culicov et al., 2006** Culicov O.A., L. Yurukova, Comparison of element accumulation of different moss-and lichenbags, exposed in the city

of Sofia (Bulgaria), *J.Atmos.Chem.* 55,1-12(2006 )doi10.1007/s10874005-9002-x.

32. **Culicov et al., 2016** Culicov OA, Dului OG, Zinicovscaia I. Study of elemental grouping in moss-bags as a function of height and location of the exposure site. *Rom Rep Phys.* 2016;68(2):736-745. [http://www.rrp.infim.ro/2016\\_68\\_2/A28.pdf](http://www.rrp.infim.ro/2016_68_2/A28.pdf)
33. **Daniels et al., 1985:** Daniels R. E. Eddy A. Handbook of European Sphagna. Institute of Terrestrial Ecology British Museum (Natural History) Furzebrook Research Station Cromwell Road Wareham London Dorset 1985
34. **Dedysh, 2002:** Dedysh SN. 2002 Methanotrophic bacteria of acid sphagnum bogs. Dedysh SN. *Mikrobiologiya.*2002 Nov-Dec:71(6):741-54. Review.Russian. PMID:12526194;
35. **Dickson et al., 2009:** Dickson, JH, W Hofbauer, R Porley, A Schmidl, W Kofler and K Oeggl (2009) Six mosses from the Tyrolean Iceman's alimentary tract and their significance for his ethnobotany and the events of his last days. *Vegetation History and Archaeobotany* 18:13–22.
36. **Gaudig et al., ... 2019:** G. Gaudig<sup>1</sup>, M. Krebs, A. Prager, S. Wichmann<sup>1</sup>, M. Barney, S.J.M. Caporn, M. Emme, C. Fritz, M. Graf, A. Grobe, S. Gutierrez Pacheco, S. Hogue-Hugron, S. Holzträger, S. Irrgang, A. Kämäräinen, E. Karofeld, G. Koch, J.F. Koebbing, S. Kumar, **I. Matchutadze**, C. Oberpaur, J. Oestmann, P. Raabe, D. Rammes, L. Rochefort, G. Schmilewski<sup>1</sup>, J. Sendžikaitė, A. Smolders , B. St-Hilaire, B. van de Riet<sup>21</sup>, B. Wright , N. Wright , L. Zoch<sup>6</sup> and H. Joosten, Sphagnum farming from species selection to the production of growing media, <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map20/map2012.php>)

37. **Gonzalez et al., 2014** A.G Gonzalez, O.S. Pokrovsky. Metal adsorption on mosses: Toward a universal adsorption model. Elsevier Volume 415,1 February 2014, Pages 169-178.
38. **Grootjans, 2016:** Grootjans A, Krebs M, Matchutadze I and Joosten H, (2016)., Percolation bogs in the Kolkheti lowlands (Georgia) in need of better protection. www. IMCG Newsletter
39. **Haberlin et al., 2006:** Haberlin Andreas, Marina Kahrman, Matthias Krebs, Izolda Matchutadze and Hans Joosten, 2006. Imnati mire, IPS Magazine., pp. 27-33
40. **Haberlin...2020:** Andreas Haberlin, Marina Kahrman, Izolda Matchutadze, Matthias Krebs, Rezo Goradze, Hans Joosten, Ecology and hydrogenesis of Imnati mire (Kolkheti, Georgia): a contribution to the characterisation of percolation bogs, The scientific journal Mires and Peat www. Mires and peat (ობიექტები)
41. **Krebs ...2017:** Krebs M., I, Matchutadze, Bakuradze, T, R. Kaizer, 2017, European mire book Mires of Georgia, Mires of Georgias, Science publisher
42. **Joosten et al., 2000:** Joosten H. Kouvenberg J, Kaffke A., Matchutadze I., Schultz J., 2000, Ispani 2 worlds first percolation mire, Quebec
43. **Joosten et al., 2002:** Joosten & Clarke 2002, WISE USE OF MIRES AND PEATLANDS - International Mire Conservation Group and International Peat Society. ISBN 951-97744-8-3: p.222-235.
44. **Jones, 2001.** Cheaper way to transport fish to market. New Scientist, N.2
45. **Kaffke et al., 2000:** Kaffke, A., J. Couwenberg, H., Joosten, I. Matchutadze, & J. Schulz, 2000. Ispani II: the world's first percolation bog. In: Québec 2000 Millennium Wetland Event, Program with Abstracts, p. 487
46. **Krebs et al., 2017:** Krebs M., I, Matchutadze, Bakuradze, T, R. Kaizer, European mire book Mires of Georgia, Mires of Georgias, Science publisher

47. **Kebs et al., 2019:** M. Krebs, G. Gaudig, I. **Matchutadze** and H. Joosten, Sphagnum regrowth after cutting, <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map20/map2012.php>;
48. **Kulzer et al., 2001:** Kulzer, L., S. Luchessa, S. Cooke, R. Errington, and F. Weinmann. 2001. Characteristics of the low-elevation Sphagnum-dominated peatlands of western Washington: A community profile. Environmental Protection Agency (EPA): Seattle, WA.
49. **Khan et al., 2016** Z.I. Khan, K. Ahmad, M. Ashraf, N. Shoaib, R. Parveen, Z. Bibi, I. Mustafa, I.R. Noorka, H.M. Tahir, N.A. Akram, M.F. Ullah, R. Yaqoob, V. Tufarelli, M. Fracchiolla, E. Cazzato Assessment of toxicological health risk of trace metals in vegetables mostly consumed in Punjab, Pakistan Environ. Earth Sci., 75 (2016), p. 433, 10.1007/s12665-016-5392-0
50. **Larmola et al., 2010 :** Tuula Larmola, Eeva-Stiina Tuittila, Marja Tirola, Hanny Nykanen, Pertti J. Martikainen, Kim Yrjala, Tero Tuomivirta, Hannu Fritze “The role of Sphagnum mosses in the methane cycling of a boreal mire” 2010. Doi:1.1890/09-1343.1 A PUBLICATION OF ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA.
51. **Larsson et al., 2012** Kristin Larsson and Mattias Öberg .Children and Chemical Safety An Inventory of Activities by International and National Organizations and Agencies. Institute of Environmental Medicine Karolinska Institutet. ISSN: 0284-1185 Order No. 361 036 Stockholm, June 2012 :16-71.
52. **McQueen et al., 2007:** McQueen C. B. and Andrus R. E. 2007. Sphagnaceae. In: Flora of North America Editorial Committee (editors), Flora of North America North of Mexico 27 (Bryophyta, part 1): 45- 101. Oxford University Press, New York.
53. **Mellega et al., 2009:** Mellega °rd H., Stalheim T., Hormazabal V., Granum P.E. and Hardy S.P 2009. Antibacterial activity of sphagnum acid and other

phenolic compounds found in *Sphagnum papillosum* against foodborne bacteria. Letters in Applied Microbiology ISSN 0266-8254

54. **Matchutadze...2017:** I. Matchutadze, Tetemadze N., Tsertsvadze A., Tsinaridze M., Memarne Q., Abuladze I., Colchis –longterm development plan, Conference week “Renewable Resources from Wet and Rewetted Peat lands” abstracts book.
55. **Matchutadze...2015:** I. Matchutadze, H. Joosten, M. Tsinaridze. 2015, WORLDS UNIQUE KOLKHETI MIRES: GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE REGULATION., 2015, International Conference “APPLIED ECOLOGY: PROBLEMS, INNOVATIONS”, Tbilisi
56. **Painter, 1991:** Painter, T.J. 1991a. Lindow Man, Tollund Man and other peat-bog bodies: the preservative and antimicrobial action of Sphagnum, a reactive glycuronoglycan with tanning and sequestering properties. Carbohydrate Polymers, V.15, N.2, pp.123-142.
57. **Painter et al., 1995:** Chemical and microbiological aspects of the preservation process in Sphagnum peat. In: Tuner, R.C. and R.G. Scaife (eds.). Bog bodies: New discoveries and new perspectives. The British Museum Press Ltd: London, U.K., pp.88-99.
58. **Podterob et al., 2002:** Podterob, A.P. and E.V.Zubets. 2002. A history of the medicinal use of plants of the genus Sphagnum. Pharmaceutical Chemistry Journal, V.36, N.4, pp,192-194.
59. **Turetsky, 2003:** Turetsky M.R. 2003. The role of bryophytes in carbon and nitrogen cycling. The Bryologist, V.106, N.3, pp.395-409.
60. **Tetemadze...2018:** Natela Tetemadze, Alyosha Bakuridze, Malkhaz Jokhadze, **Izolda Machutadze**, [Peculiarities of the composition of acids in Sphagnum species of the percolation bog of the Kolkheti lowland](#), [Annals of Agrarian Science](#)



61. **Rasmussen, 1994:** Rasmussen, S. 1994. Phenylpropanoid metabolism of Sphagnum and nutrient stress. *Acta Horticulturae*, V.381, pp. 243-249. (ISHS International Symposium on Natural Phenols in Plant Resistance, Weißenstephan, Germany, 13-17 September, 1993).  
[http://www.actahort.org/books/381/381\\_29.htm](http://www.actahort.org/books/381/381_29.htm).
62. **Riegler, 1989:** Riegler, N. 1989. Sphagnum moss in World War I: the making of surgical dressings by volunteers in Toronto, Canada, 1917-1918. *Canadian Bulletin of Medical History/Bulletin canadien d'histoire de la médecine*, V.6, N.1, pp.27-43.
63. **Reznikov et al., 1975:** Reznikov, V.M. and V.F. Novitskii. 1975. Reactions of aromatic hydroxy aldehydes with metallic sodium in liquid ammonia. *Chemistry of Natural Compounds*, V.11, N.2, pp.309-310. (Translated from Rus: *Khimiya Prirodnikh Soedinenii*, 1975, N.2, pp.283-284.
64. **Rodwell 1991a:** Rodwell, JS, ed 1991a *British plant communities Volume 1: Woodlands and scrub*. Cambridge, Cambridge University Press
65. **Saboljevic et al., 2010:** Saboljevic, A.; Sokovic, M.; Glamočlija, J.; Čirič, A.; Vujičić, M.; Pejin, B.; Saboljevic, M. Comparison of extract bio-activities of in-situ and in vitro grown selected bryophyte species. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2010, 4, 808–812.
66. **Selvam et al., 2010:** Selvam N. T., Vengatakrishnan V., Murugesan S., Kumar S. D. 2010. Antioxidant and antiproliferative activity of methanolic extract of *Grewia tiliaefolia* (Vahl) bark in different cancer cell lines. *Int. J. Pharm. Life Sci.* 1: 54–60
67. **Succow et al., 2001:** Succow, M., and Joosten, H., 2001, *Hydrogenetische Moortypen*. In: Succow, M., and Joosten, H. (Eds.): *Landschaftsökologische Moorkunde* 2nd ed. Schweizerbart, Stuttgart, pp. 234-240

68. Tcoounwou et al., 2001 Tchounwou PB, Ishaque A, Schneider J. Cytotoxicity and transcriptional activation of stress genes in human liver carcinoma cells (HepG<sub>2</sub>) exposed to cadmium chloride. *Mol Cell Biochem.* 2001;222:21–28. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
69. Tetemadze et al., 2019: Tetemadze N., Matchutadze I., bakuridze A., 2019, “Sphagnum moss bags” as bioindicator for momonitoring Batumi air pollution” *Bulletion of Science of Academy of Georgia* (in press)
70. Terrie et al., 2006: Terrie K. Boguski, P.E., 2006, *Understanding Units of Measurement, Environmental Science and Technology Briefs for Citizens.* Manhattan KS 66506. 785-532-6519. [https://cfpub.epa.gov/ncer\\_abstracts/index.cfm/fuseaction/display/files/fileID/14285](https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display/files/fileID/14285)
71. Matchutadze et al., I. 2017: Matchutadze, Tetemadze N., Tsertsvadze A., Tsinaridze M., Memarne Q., Abuladze I., Colchis – longterm development plan, Conference week “Renewable Resources from Wet and Rewetted Peat lands” abstracts book.
72. Michael et al., Michael E. Wieser,‡, Norman Holden, Tyler B. Coplen, John K. Böhlke, Michael Berglund, Willi A. Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska, Ronny Schoenberg, Glenda O’Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, and Xiang-Kun Zhu., 2013, *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)\** <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/pac.2013.85.issue-5/pac-rep-13-03-02/pac-rep-13-03-02.pdf>
73. Tetemadze et al., 2018: Natela Tetemadze, Alyosha Bakuridze, Malkhaz Jokhadze, Izolda Machutadze, 2018, [Peculiarities of the composition of acids in Sphagnum species of the percolation bog of the Kolkheti lowland](#), [Annals of Agrarian Science](#)
74. Tetemadze et al., 2018: TETEMADZE N, MACHUTADZE I, BAKURIDZE A. ACTIVE BIOMONITORING OF AIR POLLUTION LEVELS

USING THE BIOINDICATOR–SPHAGNUM BAG IX International  
Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2018"

75. **Tetemadze et al., 2017:** Tetemadze N., Matchutadze Green Medication – By Green Technologies – for Healthy life International scientific conference. Peculiarities of the composition of acids in Sphagnum species of the percolation bog of the Kolkheti lowland. Tetemadze N, Machutadze I 2019. Tbilisi.
76. **Tsertsvadze et al., 2018:** A Tsertsvadze, L Ebralidze, D Berashvili, I Matchutadze, A Bakuridze, [EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF HUMIC SUBSTANCES FROM SPHAGNUM PEAT PELOIDS.](#) Georgian medical news, ISSN 1512-0112
77. **Urban et al., 1995:** Urban, N.R., E.S. Verry, and S.J. Eisenreich. 1995. Retention and mobility of cations in a small peatland: trends and mechanisms. Water Air Soil Pollut., 1995, V.79, N.1-4, pp.201-224. (BIOGEOMON- Symposium on ecosystem Behavior: Evaluation of Integrated Monitoring in Small Catchments, Prague, Czech Republic, September 18-20, 1993).
78. **Verhoeven et al., 1997:** Verhoeven, J.T.A. and W.M. Liefveld. 1997. The ecological significance of organochemical compounds in Sphagnum. Acta Botanica Neerlandica, V.46, pp.117-130.
79. **Williams et al., 1998:** Williams, C.J., J.B. Yavitt, R.K. Wieder, and N.L. Cleavitt. 1998. Cupric oxide oxidation products of northern peat and peat-forming plants. Can. J. Bot., V.76, N.1, pp.51-62.
80. **World Health 2007:** Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. World Health Organization 2007. Printed in Germany ISBN 978 92 890 7179
81. <https://vdocuments.mx/analytical-methods-for-atomic-absorption-spectroscopy-prushaninstrumental-analysisfilesaa.html>  
<https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/565/garemosdatsviti-indikatorebi>

82. Wang, X.N. et al., 2005: Yu, W.T.; Lou, H.X. Antifungal constituents from the Chinese moss *Homalia trichomanoides*. *Chem. Biodivers.* 2, 139–145.
83. Welz et al., 2005: Welz B., Becker-Ross H, Heitmann U, Florek S. High-resolution continuum source AAS. The better way to do atomic absorption spectrometry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. 295 p.
84. Welz et al., 2007: Welz B. Borges D.L.G., Lepri F.G., Vale M.G.R., Heitmann U. High-resolution continuum source electrothermal atomic absorption spectrometry – An analytical and diagnostic tool for trace analysis // *Spectrochim. Acta. Part B.* 2007. V. 62. P. 873–883.
85. Welz et al., 2005: Welz B. High-resolution continuum source AAS: the better way to perform atomic absorption spectrometry // *Anal. Bioanal. Chem.* 2005. V. 381. P. 69–71.
86. Wichmann, S. et al., (2018): Economic Incentives for Climate Smart Agriculture on Peatlands in the EU. Report, CINDERELLA project, University of Greifswald / Greifswald Mire Centre, 38 pp. Online at: <http://incentives.paludiculture.com>, accessed 07 Aug 2018.
87. Wichmann, S. et al., (2016): Dettmann, S. & Dahms, T. Agricultural machinery for wet areas. In: Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (eds.) *Paludiculture – Productive Use of Wet Peatlands*. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 64–70.
88. Wichmann, S. et al., (2017): Prager, A. & Gaudig, G. Establishing *Sphagnum* cultures on bog grassland, cut-over bogs, and floating mats: procedures, costs and area potential in Germany. *Mires and Peat*, 20(3), 1–19, doi: 10.19189/MaP.2016. OMB.235.
89. Wichtmann, W. et al., (2016): Schröder, C. & Joosten, H. *Paludiculture – productive use of wet peatlands*. Schweizerbart Science Publishers. 272 pp.

90. **Weston D. J. et al. 2014:** David J. Weston<sup>1</sup>, Collin M. Timm<sup>1</sup>, Anthony P. Walker<sup>2</sup>, Lianhong Gu<sup>2</sup>, Wellington Muchero<sup>1</sup>, Jeremy Schmutz<sup>3,4</sup>, A. Jonathan Shaw<sup>5</sup>, Gerald A. Tuskan<sup>1</sup>, Jeffrey M. Warren<sup>2</sup> & Stan D. Wullschlegel<sup>2</sup> (2014). *Sphagnum* physiology in the context of changing climate: emergent influences of genomics, modelling and host–microbiome interactions on understanding ecosystem function. *Plant, Cell and Environment* **P. 1-16**
91. **Weston D.J. et al., (2012):** Pelletier D.A., Morrell-Falvey J.L., Tschaplinski T.J., Jawdy S.S., Lu T.Y., Tuskan G.A. *Pseudomonas fluorescens* induces strain-dependent and strain-independent host plant responses in defense networks, primary metabolism, photosynthesis, and fitness. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **25**, 765–778.
92. **Wittram BW. Et al., (2015):** Roberts G, Buckler M, King L, Walker JS. A practitioners guide to *Sphagnum* reintroduction. Moors for the Future Partnership.
93. **Worrall Edale F, et al., (2011):** Chapman P, Holden J, Evans C, Artz R, Smith P, Grayson R. A review of current evidence on carbon fluxes and greenhouse gas emissions from UK peatlands.
94. **Wright N. et al., (2012):** Caporn S, Rosenburgh A, Hinde S, Buckler M. Large-scale bog restoration with *Sphagnum* species. MicroPropagation Services, East Leake.
95. **Wright, L. M. et al., 2018:** Zhang, I. Cheng, J. Aherne and G. R. Wentworth, Impacts and Effects Indicators of Atmospheric Deposition of Major Pollutants to Various Ecosystems - A Review, *Aerosol and Air Quality Research*, **18**, 1953- 1992.
96. **Waugh J. et al., 2007:** Report on the Whangamarino Wetland and its role in flood storage on the lower Waikato River. Hamilton, Department of Conservation. Wehi PM, Clarkson BD 2007. Biological flora of

- New Zealand 10. *Phormium tenax*, harakeke New Zealand fl ax.  
New Zealand Journal of Botany 45: 521–544.
97. **Whiting GJ. Et al., 2001:** Chanton JP. Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration. *Tellus* 53B: 521–528.
98. **Williams PA. et al., 2008:** Wiser S, Clarkson BR, Stanley M. A physical and physiognomic framework for defining historically rare ecosystems. *New Zealand Journal of Ecology* 31: 119–128.
99. **Xu C. et al., (2012):** Fisher R., Wullschlegel S.D., Wilson C.J., Cai M. & McDowell N.G. Toward a mechanistic modeling of nitrogen limitation on vegetation dynamics. *PLoS ONE* 7, e37914.
100. **Xu, J. et al., 2019:** Morris, P.J., Liu, J. & Holden, H. 2019. PEATMAP: Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis. *Catena*, 160, 134-140.
101. **Yoder J.B. et al., (2014):** Stanton-Geddes J., Zhou P., Briskine R., Young N.D. & Tiffin P. Genomic signature of adaptation to climate in *Medicago truncatula*. *Genetics* 196, 1263–1275.
102. **Yu Z.C. et al., (2012):** Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences* 9, 4071–4085.
103. **Yu ZC. (2012):** Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences* 9:4071.
104. **Zelicourt A.D.et al., (2013):** Al-Yousif M. & Hirt H. Rhizosphere microbes as essential partners for plant stress tolerance. *Molecular Plant* 6, 242–245.
105. **Zhao H. et al., (2012):** Li M., Fang K., Chen W. & Wang J. In silico insights into the symbiotic nitrogen fixation in *Sinorhizobium meliloti* via metabolic reconstruction. *PLoS ONE* 7, e31287.
106. **Zhuang Q.L.et al., (2006):** Melillo J.M., Sarofim M.C., Kicklighter D.W., McGuire A.D., Felzer B.S., Hu S.M. CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> exchanges

- between land ecosystems and the atmosphere in northern high latitudes over the 21st century. *Geophysical Research Letters* 33, L17403.
107. **Zegers, G. et al., (2006):** Larraín, J., Díaz, F. & Armesto, J. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé (Ecological and social impact of the exploitation of pomponales and *Sphagnum* peatlands on Chiloé Island). *Revista Ambiente y Desarrollo*, 22(1), 28–34 (in Spanish).
108. **Zhu, L. 2019a:** Planting and market development of *Sphagnum* moss in mineral soil. International Symposium on Peat for Food & Quality of Life, Qingdao/China. Presentation.
109. **Zaitseva, N. 2006:** Inhibiting effect of *Sphagnum* moss extract and benzotriazole (BTA) on conservation waxes fungal degradation. In: Kaman Kalehöyük 15. Anatolian Archaeological Studies, Japan, V.15, pp.269-276.
110. **Zaitseva, N. 2009:** Polysaccharide extracted from sphagnum moss as antifungal agent in archaeological conservation. thesis submitted to the Department of Art in conformity with the requirements for the degree of Master of Art Conservation Queen's University Kingston, Ontario, Canada December, 2009 Copyright © Nina Zaitseva, 2009
111. **Zinicovscaia, M. et al., 2018:** Anicic Urosevic, K. Vergel, E. Vieru, M. V. Frontasyeva, I. Povar and G. Duca, Active moss biomonitoring of trace elements air pollution in Chisinau, Republic of Moldova, Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia I Inzynieria Ekologiczna S, 25, 361-372.
112. **Zauft M. et al., 2010:** Fell H, Glaser F, Roskopf N, Zeitz J Carbon storage in the peatlands of Mecklenburg-Western Pomerania, North-East Germany. *Mires and Peat* 6: 1–12.

113. **Zedler JB. 2006:** Why are wetlands so valuable? *Arboretum Leaflet* 10. Madison, WI, University of Wisconsin-Madison.
114. **Zedler JB. Et al., 2005:** Kercher S. Wetland resources: status, trends, ecosystem services and restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 39–74.
115. **Zhao-Jun Bu et al., 2017:** Sebastian Sundberg<sup>3,4</sup>, Lu Feng<sup>1,5</sup>, Hong-Kai Li<sup>1,2</sup>, Hong-Yan Zhao<sup>1,2</sup> and Hong-Chun Li<sup>1</sup>. The Methuselah of plant diaspores: Sphagnum spores can survive in nature for centuries *New Phytologist* 214: 1398–1402.
116. **Zhaojun Bu et al., 2013:** Xu Chen<sup>1,3</sup>, Ha°kan Rydin<sup>4</sup>, Shengzhong Wang<sup>1,2</sup>, Jinze Ma<sup>1</sup>, Jing Zeng<sup>1</sup> Performance of four mosses in a reciprocal transplant experiment: implications for peatland succession in NE China. *Journal of Bryology*. VOL. 35 NO. 3. P.220-227.
117. **Zona, D. et al., 2011:** Oechel, W.C., Richards, J.H., Hastings, S., Kopetz, I., Ikawa, H. & Oberbauer, S. Light-stress avoidance mechanisms in a Sphagnum-dominated wet coastal Arctic tundra ecosystem in Alaska. *Ecology*, 92(3): 633–44.
118. **Zaehle S. et al., 2005:** Sitch S., Smith B. & Hatterman F. Effects of parameter uncertainties on the modeling of terrestrial biosphere dynamics. *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB3020.
119. **Zhang, X. et al., 2017:** Zhao, Y., Wang, S. Responses of antioxidant defense system of epilithic mosses to drought stress in karst rock desertified areas. *Acta Geochim.* 36, 205–212. <https://doi.org/10.1007/s11631-017-0140-z>.
120. **Zheng, X.X. et al., 2012:** Bu, Z.J., Ma, J.Z., Zhao, G.L., Zeng, J. & Li, S.L. Effects of water level and competition on the growth of three Sphagnum species. (*Journal of Hangzhou Normal University (Natural Science Edition)*), 6, 485–489 (in Chinese).



