

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დადგენა თბილისის აგლომერაციაში ხავსის ბიოინდიკატორების გამოყენებით

ბერძენიშვილი ნანა

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი

<https://doi.org/10.52340/idw.2025.04>

აბსტრაქტი: ნაშრომში განხილულია თბილისის აგლომერაციის ატმოსფერული ავზის ეკოლოგიური მდგომარეობა, რომელიც გამოვიკვლიე სფაგნუმის - თეთრი ხავსის ბიოინდიკატორების საშუალებით, რომელიც გარემოს გაჭუჭყიანებისადმი ყველაზე მგრძნობიარეა და რომელიც მთელს მსოფლიოში გაიშვიათებულია. გამოყენებული იქნა ბიომონიტორინგის მეთოდი, მიღებულ იქნა სპეციალური ზომები მინის, ტეფლონისა და ფოლადის მასალებისგან დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად. მონიტორინგი მიმდინარეობდა სამი თვის განმავლობაში. თბილისსა და რუსთავეში ჩატარებული კვლევის შედეგებმა შედეგებმა აჩვენა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობის მატება: პირენი, ბენზოანტრაცენი, ბენზაპრენი, ფენოლები, ნიტრობენზოლი, დიბენზოფურანი, პირიდინი, ფთალატები, ალკილბენზოლები, ტოლუოლი, სტიროლი, ქსილენი, ბენზოლი, ეთანოლი, ბენზალდეჰიდები, აცეტოფენონი, ბენზოის მჟავა და მისი ეთერები, ალკანები, სტიგმასტეროლი, ფორმამიდები, ფურანები, ფურფურალი, *n*-ჰექსადეკანური მჟავა და მისი ეთერები, რაც მავნებელია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის: ფილტვების ფუნქციის დაქვეითება, მოწამვლა, კიბოს განვითარება.

საკვანძო სიტყვები: აგლომერაცია, ბიოინდიკატორები, არომატული ნახშირწყალბადები, სფაგნუმი.

შესავალი

ადამიანის უფლებათა სუნთქავდეს სუფთა ჰაერს და ჯანმრთელობისთვის უვნებელ გარემოში ცხოვრება იყოს უზრუნველყოფილი (მუხლი 29). ყოველივეს კი არეგულირებს საქართველოს კონსტიტუცია. ჰაერის დაცვასთან დაკავშირებული მიზნები გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნების ეროვნულ პრიორიტეტებს მიეკუთვნება. მესამე მიზანია: „ჯანსაღი ცხოვრებისა და კეთილდღეობის უზრუნველყოფა ყველა ასაკის ადამიანისათვის“; 3.9 ამოცანა: „2030 წლისთვის სახიფათო ქიმიური ნივთიერებებისა და ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის დაბინძურების შედეგად სიკვდილიანობისა და ავადმყოფობის შემთხვევათა რაოდენობის მნიშვნელოვნად შემცირება“; მე-11 მიზანია: „ქალაქებისა და დასახლებების ინკლუზიური, უსაფრთხო და მდგრადი განვითარება“ არსებულ ამოცანებს შორის არის ამოცანა 11.6, რაც ითვალისწინებს აგლომერაციებში გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირებას.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თბილისის აგლომერაციის საჰაერო ავზის ბიომონიტორინგი, ორგანული დამაბინძურებლების შემცველობის განსაზღვრა ატმოსფერულ ჰაერში და ტოქსიკურობის დადგენა სფაგნუმში (თეთრი ხავსი) ხავსის მეშვეობით, რომელიც გარემოს გაჭუჭყიანებისადმი ყველაზე მგრძნობიარეა და რომელიც მთელს მსოფლიოში გაიშვიათებულია კლიმატის ცვლილების, დრენაჟის, ხანძრების, საქონლის ძოვებისა და ეუტროფიკაციის გამო.

მასალები და მეთოდები

გამოყენებული იქნა ბიომონიტორინგის მეთოდი სფაგნუმის ხავსით (ბალიშებში). თავდაპირველად, ხავსი შეგროვდა ეკოლოგიურად სუფთა ჭაობში, შეგროვების შემდეგ ხავსები გაიწმინდა უცხო სხეულებისგან. მიღებული სუფთა ხავსის ნიმუში გამოშრა 130°C ტემპერატურაზე შვიდი დღის განმავლობაში. გამრობის შემდეგ მოვათავსე თეთრ ჩანთაში (ბალიშებში) და განვათავსე გასაანალიზებელ ადგილას: თბილისისა და რუსთავის სხვადასხვა ლოკაციაზე. კერძოდ, თბილისში ნინოშვილის ქუჩაზე (მტკვრის მარცხენა სანაპირო, აღმაშენებლის მიმდებარე ტერიტორია) და რუსთავში რუსთაველის ქუჩაზე, სადაც ექსპოზიციის დრო იყო 3 თვე.

რატომ შევარჩიე თბილისი და რუსთავი? საქართველოში ქარხნული წარმოების შემოღება მეცხრამეტე საუკუნიდან იწყება. თბილისმა ამ დროისთვის დაიმკვიდრა კავკასიის მრეწველობის ცენტრის სტატუსი. ფუნქციონირებდა არაერთი მსხვილი საწარმო: თბილისის მაუდ-კამოლის ფაბრიკა/კომბინატი, კიროვის სახელობის ჩარხმშენებელი ქარხანა, თბილისის ჩაის საწონი ფაბრიკა, კარკასულ-პანელოვანი ქარხანა "მალღიმენი", თბილაბრეშუმი, თამბაქოს ქარხანა. ამჟამად კვების, საფეიქრო და საშენ-მასალათა მრეწველობის არაერთი საწარმოა. აუცილებლად უნდა ვახსენოთ დეველოპერული კომპანიების მიერ დაწყებული სამშენებლო ბიზნესი. საყურადღებოა, რომ თბილისის რელიეფი სირთულით ხასიათდება, რომელსაც სამი მხრიდან მთები აკრავს: ჩრდილოეთიდან - საგურამოს ქედი, აღმოსავლეთით და სამხრეთ-აღმოსავლეთით - ივრის ზეგანი, ხოლო სამხრეთით და დასავლეთით - თრიალეთის ქედის განშტოებები. ბუნებრივმა საზღვრებმა განაპირობა ქალაქის ხაზობრივი განვითარება და ამიტომ მდინარე მტკვრის გასწვრივ 35 კილომეტრზეა გადაჭიმული. თბილისის სიმაღლე ზ.დ.-დან 370-760 მეტრს შორის მერყეობს. ასეთი ტოპოგრაფიული მახასიათებლები მნიშვნელოვანია ჩრდილოეთის და ჩრდილო-დასავლეთის ქარების, ხშირი სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარების განვითარებისათვის, რომლებიც რელიეფურ დერეფანს ქმნის ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ. ვინაიდან საქართველო სამხრეთ-დასავლეთიდან, სამხრეთიდან, სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან და ჩრდილო-დასავლეთიდან გარშემორტყმულია არიდული ტერიტორიებით, მოსალოდნელია მტვრის შტორმების წარმოქმნა, ასევე ტრანსსასაზღვრო უდაბნოს მტვერი (ყარაყუმის უდაბნოს მტვერი), თბილისში დაბინძურებული ჰაერი შეუიარაღებელი თვალითაც კი ადვილად შესამჩნევია. ამას ემატება სამრეწველო-სამშენებლო მტვერი და საწვავის ხარისხი (ემისიები).

რას შეეხება რუსთავს (თბილისის აგლომერაციის დიდი ქალაქი), დასავლეთიდან ესაზღვრება იალღუჯისა და ჩათმის მთები, ხოლო აღმოსავლეთით – გარდაბნისა და ფონიჭალის ველები. ორივე ქალაქს მარცხენა და მარჯვენა სანაპიროდ ჰყოფს მდინარე მტკვარი. რუსთავი საქართველოს ინდუსტრიული ცენტრია. იქ არსებული 161 ობიექტიდან აბსოლუტური უმრავლესობა წარმოადგენს მეტალურგიულ, ქიმიურ, მინერალურ და სხვა სახის სამრეწველო ობიექტს. რუსთავში არსებული საწარმოებიდან დაბინძურების სტაციონარული წყაროებიდან მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევების თვითმონიტორინგის სისტემა დაყენებული და სისტემაში რეგისტრირებული (რეალურად ფილტრაციის სისტემების გამართვა დაიწყო 2022 წლის ბოლოსთვის) მხოლოდ 4 საწარმოს აქვს: შპს ემენ ქემიკალ ჯორჯია (რუსთავი, მანგანუმის ოქსიდის და მანგანუმის სულფატის წარმოება); სს აზოტი (რუსთავი, ქიმიური მრეწველობა); შპს ჯეოსთილი (რუსთავი, მეტალურგიული წარმოება) და შპს ჰაიდელბერგცემენტ ჯორჯია (რუსთავი, ცემენტის წარმოება).

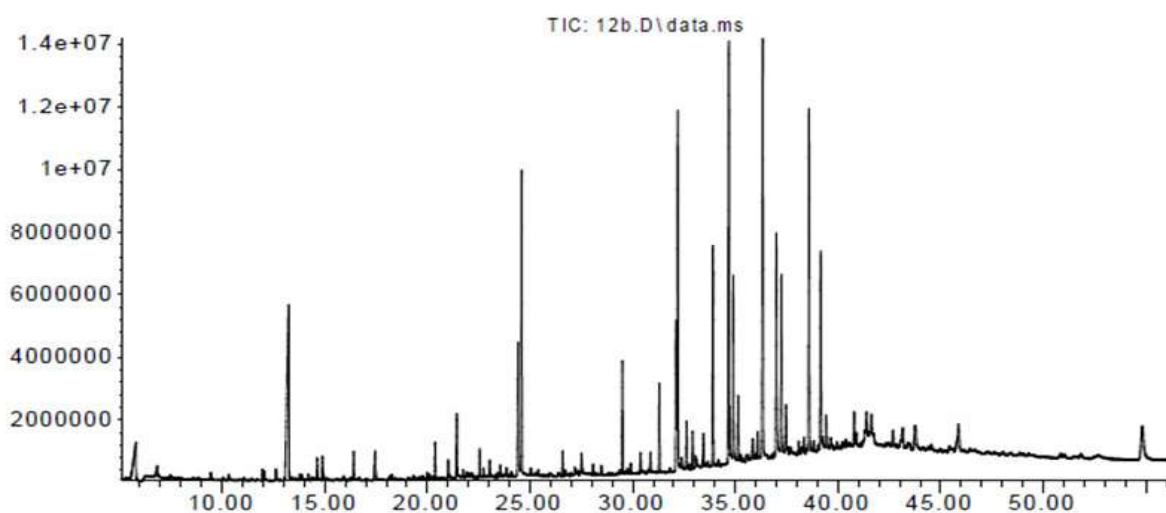
რუსთავში არსებული საწარმოები წარმოადგენენ მოსახლეობის ძირითად დამსაქმებელს – მოქალაქეებს უზრუნველყოფენ სტაბილური შემოსავლით, მეორე მხრივ კი – ქალაქში გარემოს მთავარ დამაბინძურებლებს. გარემოზე მიყენებული ზიანი, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ადამიანების სოციალურ და ეკონომიკურ მდგომარეობაზე – თავს იჩენს სხვადასხვა ტიპის ეკოლოგიური პრობლემა, რომლებიც უარყოფითად აისახება ადამიანების ჯანმრთელობაზე. რუსთავში არ იცვლება წლების განმავლობაში ჰაერის ხარისხი, სადაც დაბინძურების მთავარი წყარო საწარმოები და ტრანსპორტია.

კვლევის შედეგები და მათი განხილვა

ხავსის ნიმუშები სიფრთხილით ავიღე, თითოეული ნიმუშში - 0.3-1 გ შეგროვდა ექსტრაქცია მინის კონუსურ კონტეინერში, წინასწარ დამუშავებულ-გაწმენდილი მეთილენ ქლორიდით. ექსტრაქცია განხორციელდა ულტრაბგერითი წმენდით დიქლორმეთანის გამოყენებით. ექსტრაქტები გაფილტრული იქნა მრგვალ ფსკერის კოლბაში და კონცენტრირებული იყო მბრუნავი აორთქლების გამოყენებით წყლის აბაზანის ტემპერატურაზე $30 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 2 მლ მოცულობამდე, შემდეგ გადავიტანე აზოტის თხელი ნაკადის ქვეშ 1 მლ მოცულობის ნიმუშებში.

ნიმუშების ანალიზის დროს გამხსნელად გამოყენებული იქნა ქრომატოგრაფიული ხარისხის დიქლორმეთანი (Rathburn, Scotland). მიღებულ იქნა სპეციალური ზომები მინის, ტეფლონისა და ფოლადის მასალებისგან დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად. ჭურჭლის გასაწმენდად გამოიყენებოდა დეიონიზებული წყალი და მეთილენქლორიდი.

ხარისხობრივი ანალიზი ჩატარდა Agilent 689 0N გაზის ქრომატოგრაფზე Agilent 5975 მასობრივი სელექციური დეტექტორით, დამზადებული „Agilent Technologies“-ის მიერ, აღჭურვილი იყო გაყოფილი ინჟექტორით და ZB-5 კაპილარული სვეტით (Phenomenex, CIIA). ZB-5 სვეტს აქვს შემდეგი სპეციფიკაციები: 5% დიფენილი, 95% დიმეთილსულფოქსიდის პოლიმერი, სიგრძე - 60 მ, შიდა დიამეტრი - 0,25 მმ, ფირის სისქე 0,25 მკმ. ჰელიუმი გამოიყენებოდა როგორც გადამზიდავი აირი. ნიმუშები დაინერგა ავტომატური სინჯისმწარმოებელის გამოყენებით. ანალიზი ჩატარდა სკანირების რეჟიმში (SCAN).



სურათი 1. რუსთავის ტერიტორიიდან აღებული აირების ქრომატოგრამა ბიოინდიკატორული ხავსების გამოყენებით

ანალიზის მონაცემებით აღინიშნება (ქრომატოგრამიდან ჩანს ტერიტორიების შესაბამისად 1.2359 და 2.039), პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობის მატება - პირენი, ბენზოანტრაცენი, ბენზაპრენი, ფენოლები, ნიტრობენზოლი, დიბენზოფურანი, პირიდინი, ფთალატები, ალკილბენზოლები, ტოლუოლი, სტიროლი, ქსილენი, ბენზოლი, ეთანოლი, ბენზალდეჰიდები, აცეტოფენონი, ბენზოის მჟავა და მისი ეთერები, ალკანები, სტიგმასტეროლი, ფორამიდები, ფურანები, ფურფურალი, n-ჰექსადეკანური მჟავა და მისი ეთერები და ა.შ. როგორც ცნობილია, ეს ორგანული ნაერთები ტოქსიკურია და შეუძლიათ გარემოში შეღწევა ქიმიური ქარხნების გამონაბოლქვიდან და მანქანების გამონაბოლქვი აირებიდან.

დასკვნა

თბილისის აგლომერაციაში (ორივე ქალაქში, როგორც თბილისში, ასევე რუსთავეში) დაფიქსირდა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების (PAH) რაოდენობის მკვეთრი მატება, რაც ადამიანის ჯანმრთელობას უქმნის სერიოზულ საფრთხეს: მოწამვლა, კიბოს განვითარება. დაფიქსირდა დადებითი ასოციაციები გარემოს PAH-ებსა და ძუძუს კიბოს, ბავშვთა კიბოს და ფილტვის კიბოს შორის. ეპიდემიოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ PAH-ები დაკავშირებულია ფილტვების ფუნქციის დაქვეითებასთან, ასთმის გამწვავებასთან და ფილტვების ობსტრუქციული დაავადებების და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებებთან, ბავშვებში კოგნიტურ ან ქცევით ფუნქციებთან.

ლიტერატურა:

1. თვითმმართველი ქალაქი რუსთავის ეკონომიკური განვითარების საშუალოვადიანი პროგრამა სტრატეგია (2013-2017), ხელმისაწვდომია: <https://bit.ly/3e256Ht>
2. თბილისის აგლომერაციის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის მართვის 2024-2026 წლების გეგმის პროექტი <https://mepa.gov.ge/ge/Files/ViewFile/54101>
3. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის 2008 წლის 25 აგვისტოს ბრძანება №1-1/1743 დაპროექტების ნორმების „სამშენებლო კლიმატოლოგია“ დამტკიცების შესახებ
4. საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ, 2020 წლის 22 მაისს შეტანილი ცვლილებების შესაბამისად
5. Krebs M., Matchutadze I., Bakuradze A., T. R. Kaizer, European mire book Mires of Georgia, Mires of Georgias, Science Publisher.
6. Human health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons as ambient air pollutants - Report of the Working Group on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons of the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution. 30 November 2021. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289056533>
7. <https://eiec.gov.ge/-/Files/ViewFile/81>

**Determination of atmospheric air pollution in the Tbilisi
agglomeration using moss bioindicators**

Nana Berdzenishvili

Iakob Gogebashvili State University, Telavi

Abstract

The paper discusses the ecological state of the atmospheric tank of the Tbilisi agglomeration, which I investigated using bioindicators of Sphagnum - white moss, which is the most sensitive to environmental pollution and which is rare all over the world. The biomonitoring method was used, special measures were taken to prevent pollution from glass, Teflon and steel materials. Monitoring was carried out for three months. The results of the study conducted in Tbilisi and Rustavi showed an increase in the amount of polycyclic aromatic hydrocarbons: pyrene, benzoanthracene, benzaprene, phenols, nitrobenzene, dibenzofuran, pyridine, phthalates, alkylbenzenes, toluene, styrene, xylene, benzene, ethanol, benzaldehydes, acetophenone, benzoic acid and its esters, alkanes, stigmasterol, formamides, furans, furfural, n-hexadecanoic acid and its esters, which are harmful to human health: decreased lung function, poisoning, cancer development.

Keywords: *agglomeration, bioindicators, aromatic hydrocarbons, Sphagnum.*