

უკ 504.5.054

**ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM<sub>10</sub> და PM<sub>2.5</sub>-ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით**

**ნ. გიგაური, გ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭირველი, მ. ფიფია**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო, [natiagigauri18@yahoo.com](mailto:natiagigauri18@yahoo.com)

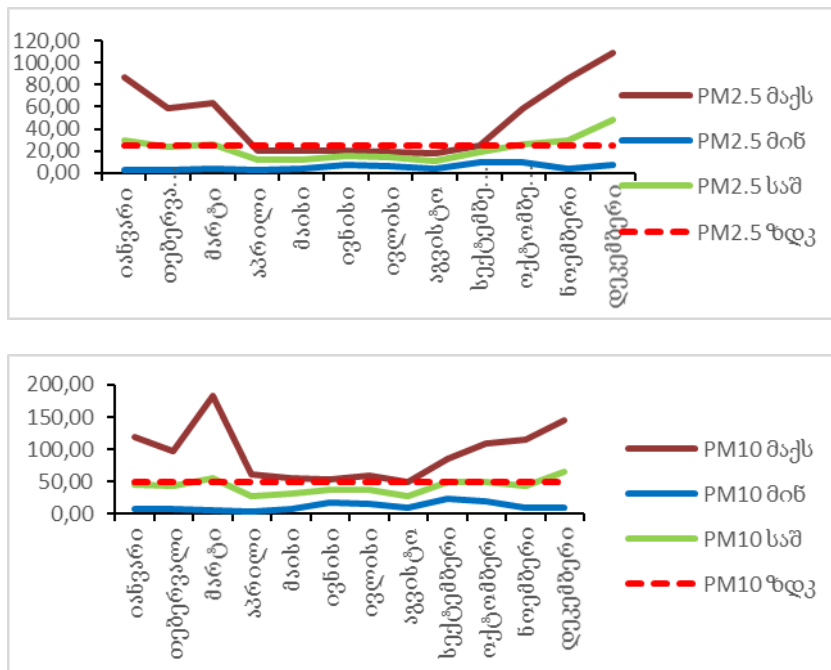
ჰაერის დაბინძურება 21-ე საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური და მნიშვნელოვანი გამოწვევაა მთელი მსოფლიოსთვის და მათ შორის საქართველოსთვისაც. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, პლანეტის მკვიდრთა 92% ცხოვრობს ისეთ გარემოში, სადაც ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი ორგანიზაციის მიერ დაწესებულ ზედა ზღვარს აღემატება. მისივე თქმით, ჰაერის დაბინძურება პირდაპირ კავშირშია მთელი რიგი დაავადებების განვითარებასთან და დამძიმებასთან, აქედან ყველაზე ხშირია ინსულტი, ფილტვის კიბო, გულსისხლძარღვთა, გულის იშემიური, ფილტვის ქრონიკული, სასუნთქი სისტემის დაავადებები [1,2].

სპეციალისტები განმარტავენ, რომ ჰაერის დაბინძურებას ძირითადად განაპირობებს ავტომობილების გამონაბოლქვი, ბუნებრივი აირის ნაწილი, უხეში ნარჩენების წვის დროს წარმოქმნილი კვამლი და სხვა.

ჩვენი კვლევის საგნად არჩეულია საქართველოს დედაქალაქი თბილისი. ქალაქის ქუჩები საკმაოდ გადატვირთულია ავტოტრანსპორტით და ურბანიზაციის გავლენით მომატებულია მშენებლობები. ამიტომ სერიოზული გამოწვევები გვაქვს, განსაკუთრებით მყარი PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ნაწილაკების კუთხით, რასაც იწვევს ავტოტრანსპორტი, სამშენებლო სექტორი და ასევე ძალიან ხშირად უდაბნოდან შემოსული მტვერი.

გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით ქ. თბილისის დამტვერიანების დონე ხშირად აღემატება ზღვ-ს და აღწევს 2 ზღვ-მდე [3]. ქ.თბილისში ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა კონცენტრაციების განსაზღვრა ხორციელდება 5 სადამკვირვებლო პუნქტის მეშვეობით, ამიტომ ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ნაწილაკების კონცენტრაციების სივრცული განაწილების მიღება როგორც რეგულარული დაკვირვების, ასევე საავტომობილო გზებზე გაზომვების მონაცემების მიხედვით, ვინაიდან ქალაქის დამტვერიანებაში ძირითადი წვლილი სწორედ ავტოტრანსპორტს შეაქვს.

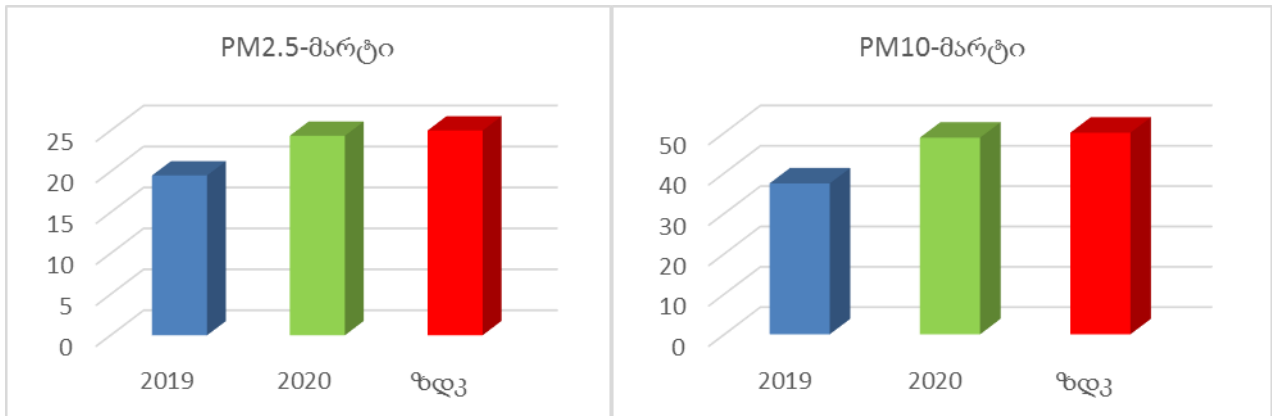
ნახ.1-ზე წარმოდგენილია PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის 2020 წლის ყოველთვიური აბსოლუტური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები ნახაზებიდან ჩანს, ნაწილაკების კონცენტრაციები ზღვ-ს მნიშვნელობებს აჭარბებს ზამთრის პერიოდში, ხოლო გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში მისი კონცენტრაციები ნორმის ფარგლებშია. უნდა აღინიშნოს, რომ PM<sub>2.5</sub> ყოველთვის ნაკლებია PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციებზე, თუმცა მათი მსვლელობა ერთნაირი ხასიათისაა.



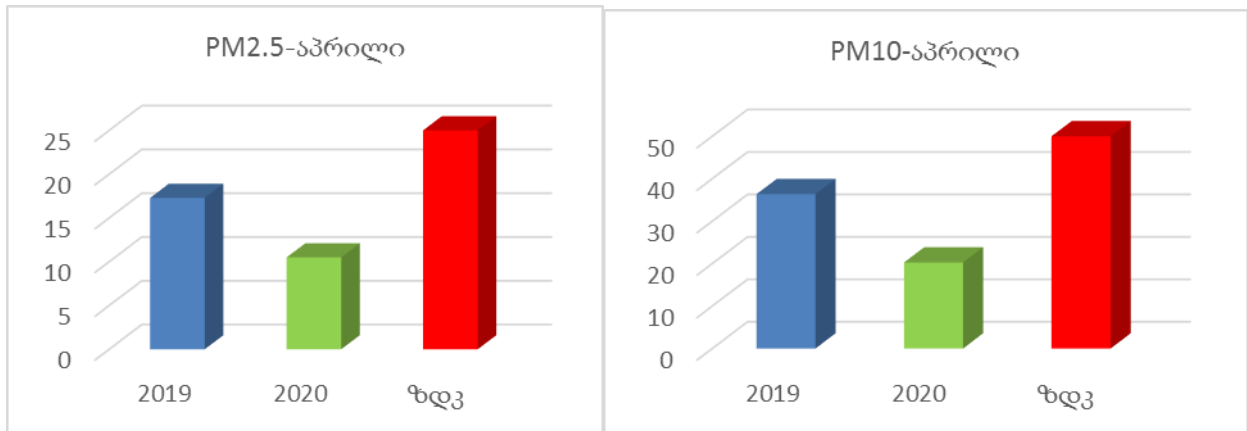
**ნახ. 1. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის 2020 წლის ყოველთვიური აბსოლუტური მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო კონცენტრაციები**

ყურადღებას იქცევს კონცენტრაციების ვარდნა, რომელიც ჩანს მარტისა და აპრილის თვეებს შორის და საინტერესოა შედარება წინა წლის მონაცემებთან.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია PM ნაწილაკების საშუალო მნიშვნელობები 2019 და 2020 წლების მარტის თვეში. 2020 წლის მნიშვნელობები გაცილებით აღემატება წინა წლის მონაცემებს (ასეთი ტენდენცია ჩანდა წინა თვეებშიც). ხოლო ნახ.3-ზე, რომელზეც აპრილის თვის შედარებაა ნაჩვენები, სხვა სურათს ვხედავთ. ამ შემთხვევაში დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლებია 2020 წლის საშუალო თვიური მონაცემები, როგორც PM<sub>2.5</sub> ასევე PM<sub>10</sub>-ის შემთხვევაში. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ 2020 წლის აპრილის თვეში საქართველოს მასშტაბით გამოცხადდა საგანგებო მდგომარეობა და აიკრძალა ავტოტრანსპორტი მოძრაობა. განვიხილოთ თვის ჭრილში ეს პერიოდი.



ნახ. 2. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> საშუალო თვიური კონცენტრაციები 2019 და 2020 წლის მარტში [4]

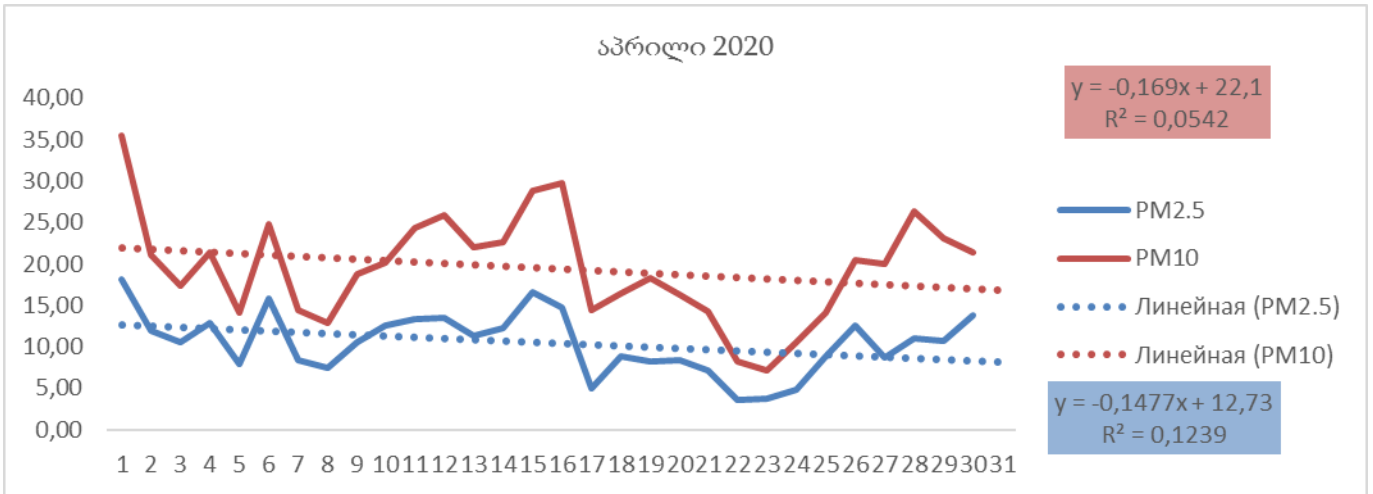


ნახ. 3. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> საშუალო თვიური კონცენტრაციები 2019 და 2020 წლის აპრილში [4]

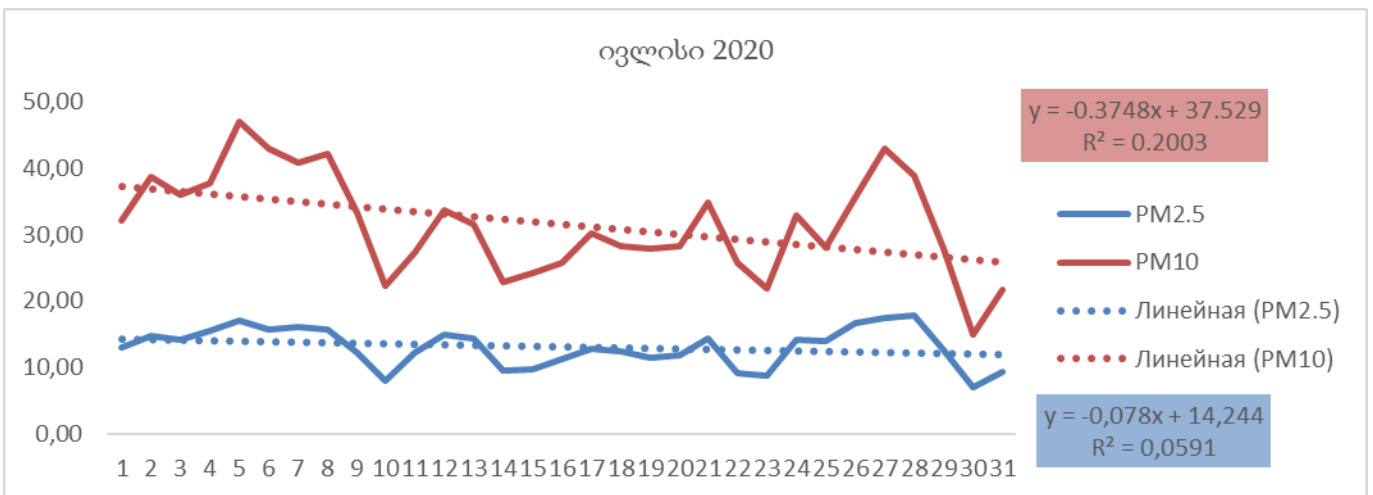
ნახ.4-ზე ნაჩვენებია PM ნაწილაკების ყოველდღიური მნიშვნელობები აპრილის თვეში. კარგად გვახსოვს, რომ 17 აპრილს გამოცხადდა სრული ლოქდაუნი, ე.ი აიკრძალა ყოველგვარი ავტოტრანსპორტით გადაადგილება, რაც აისახება დიაგრამაზე ყველაზე დაბალი მნიშვნელობებით (PM<sub>2.5</sub> - 4.99 მკგ/მ<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> - 14.48 მკგ/მ<sup>3</sup>).

ამავე თვის 27 და 28 რიცხვში, მხოლოდ 2 დღით გაიხსნა საქალაქთაშორისო საზღვრები ხალხის გადასადგილებლად და ეს ფაქტიც ნათლად აისახა კონცენტრაციის მატებაზე (ნახ. 4).

აპრილიდან სექტემბრის თვის ჩათვლით ატმოსფეროში PM ნაწილაკების კონცენტრაციების მსვლელობა პრაქტიკულად არ იცვლებოდა, ამიტომ მაგალითის სახით ნახ.5-ზე ნაჩვენებია ივლისის თვის გრაფიკი. მაქსიმალური კონცენტრაციებიც კი არ აჭარბებს შესაბამის ზღვ-ს.

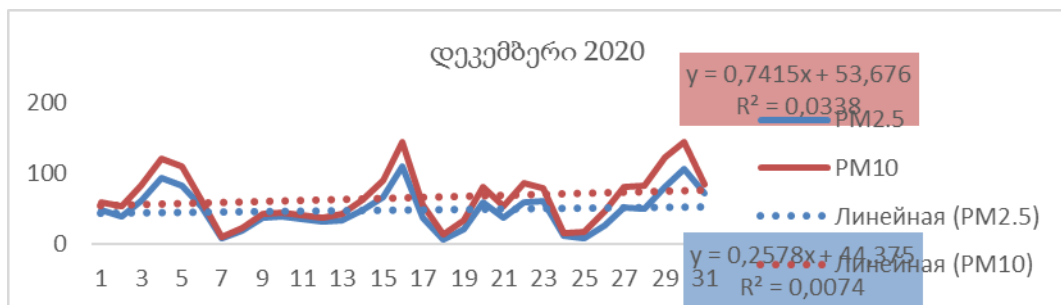


ნახ. 4. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის აპრილში



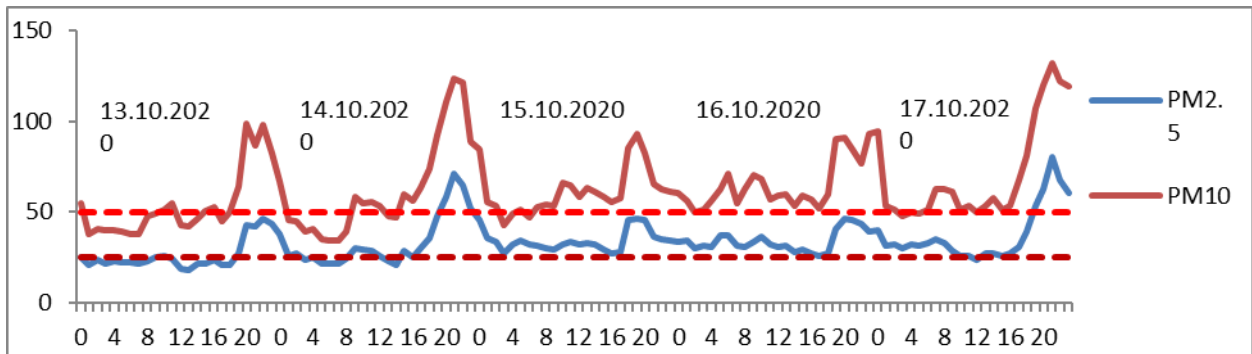
ნახ. 5. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის ივლისში

სექტემბრის თვიდან აღინიშნება კონცენტრაციების მატების ტენდენცია, შესაბამისად ტრენდიც დადებითია და მაქსიმალურ პიკს აღწევს დეკემბრის თვეში (ნახ. 6). კონცენტრაციების საკმაოდ დიდი რხევის ამპლიტუდით და მაქსიმალური მნიშვნელობების სიუხვით გამოირჩევა დეკემბრის თვე და უნდა აღინიშნოს, რომ სავარაუდოდ მაღალი კონცენტრაციები დაფიქსირებულია ნისლიან დღეებში, ვინაიდან დეკემბერი გამოირჩეოდა ასეთი დღეების სიმრავლით.



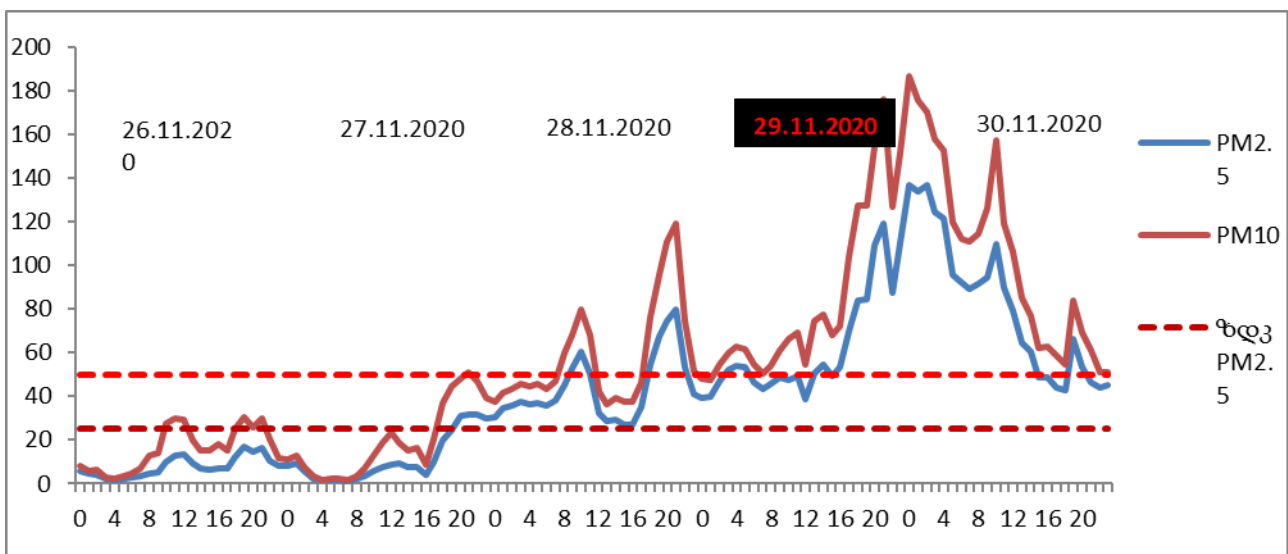
ნახ. 6. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ყოველდღიური კონცენტრაციები 2020 წლის დეკემბერში

საყურადღებოა PM ნაწილაკების საათობრივი მსვლელობები 5 დღიან ინტერვალში, მაგალითისათვის წარმოგიდგინებთ ოქტომბრის თვეს. ნახ. 7-დან ნათლად ჩანს, რომ დღის განმავლობაში ყველაზე მაღალი კონცენტრაციები ფიქსირდება ყოველთვის დღის მეორე ნახევარში, 20 საათის შემდგომ.



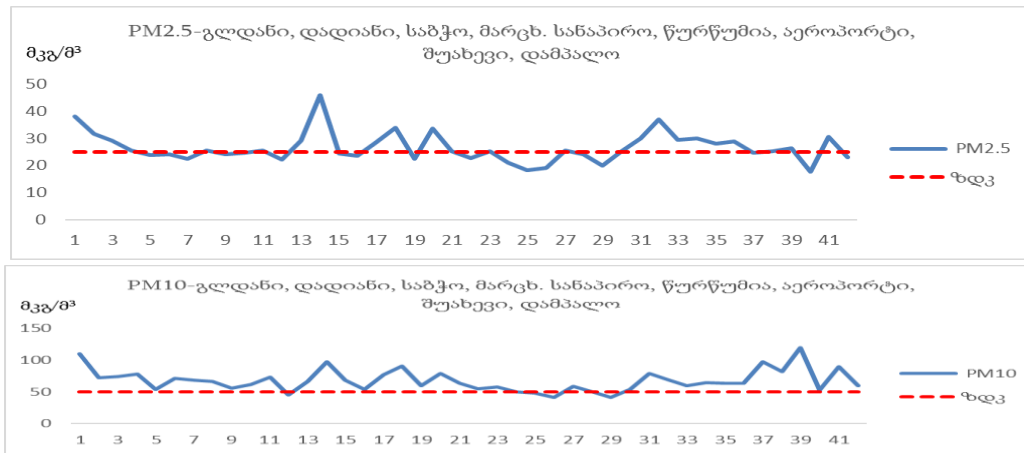
**ნახ. 7. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციების საათობრივი მსვლელობა 2020 წლის 13-17 ოქტომბერი**

საინტერესოა სურათი მივიღეთ ნოემბრის თვის ბოლო 5 დღის საათობრივი მსვლელობის გრაფიკზე. როგორც ნახ.8-დან ჩანს 26-დან 28 რიცხვის ჩათვლით ძალიან დაბალი კონცენტრაციები ფიქსირდება, ვინაიდან 24 ნოემბრიდან შეიზღუდა ავტოტრანსპორტით მოძრაობა, დაიკეტა მაღაზიები და ბევრი საჯარო სამსახური გადავიდა ონლაინ რეჟიმზე. თუმცა 29 ნოემბერს, ე.წ. „შავ პარასკევს“, თბილისის მასშტაბით გაიზარდა ტრანსპორტის მოძრაობა, რამაც შესაბამისად გამოიწვია მიკრონაწილაკების კონცენტრაციების მკვეთრი მატება ამ 2 დღის განმავლობაში. მაქსიმალურმა კონცენტრაციამ მიაღწია PM<sub>2.5</sub> -სთვის - 136.59 მკგ/მ<sup>3</sup> და PM<sub>10</sub>-ისთვის - 186.54 მკგ/მ<sup>3</sup>, რაც 4-ჯერ და 5-ჯერ აღემატება მათ შესაბამის ზღვებს.



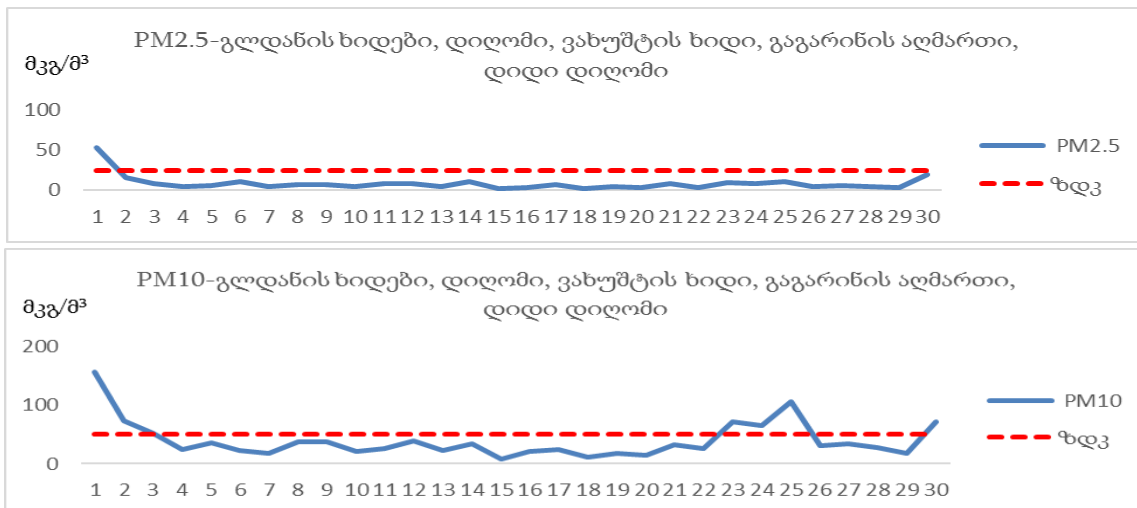
**ნახ. 8. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციების საათობრივი მსვლელობა 2020 წლის 26-30 ნოემბერი**

გარდა სტაციონალური პუნქტებისა, თბილისის სხვადასხვა უბანში და მის შემოგარენში ჩატარებულია ექსპერიმენტული გაზომვები. გაზომვების არეალი მოიცავს დაახლოებით 400 კმ სიგრძის ტრასას. ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია გლდანის - დამპალის მონაკვეთზე აღებული PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის გაზომვების მონაცემები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, გზის თითქმის ყველა წერტილში PM-ნაწილაკების კონცენტრაციები აღემატება მათ შესაბამის ზღვებს.



**ნახ. 9. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> კონცენტრაციები გლდანის-დამპალოს გზის მონაკვეთზე**

საინტერესოა გლდანის ხიდებიდან დიდ დილომამდე გზის მონაკვეთის გრაფიკი (ნახ. 10). მისი პირველი წერტილი შეესაბამება გლდანის ხიდებს, სადაც კონცენტრაციების გაზომვის მომენტში ტრასა გადატვირთული იყო ავტოტრანსპორტით და არაა გასაკვირი, რომ ამ წერტილში PM ნაწილაკების კონცენტრაციები 2-3-ჯერ მაღალია მათ შესაბამის ზღვ-ზე.



**ნახ. 10. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> კონცენტრაციები გლდანის ხიდები-დიდი დილომის გზის მონაკვეთზე**

ასევე საინტერესო აღმოჩნდა ექსპერიმენტული გაზომვის მონაცემები კარსანი-ქვემო ლისის მონაკვეთზე (ნახ.11). გზის ყველა წერტილში PM ნაწილაკების კონცენტრაციები აღემატება შესაბამის ზღვ-ებს. მაქსიმალური კონცენტრაციები ფიქსირდება PM<sub>2.5</sub> -სთვის - 93.75 მკგ/მ<sup>3</sup> და PM<sub>10</sub>-ისთვის - 473.5 მკგ/მ<sup>3</sup>, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ნიშნების აღების დღეს დაფიქსირდა ნისლიანი ამინდი.



**ნახ. 11. PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> კონცენტრაციები კარსანი-ქვემო ლისის გზის მონაკვეთზე**

ექსპერიმენტული გაზომვებისა და გარემოს სააგენტოს მონაცემების ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM<sub>2.5</sub> ნაწილაკების კონცენტრაციები, როგორც წესი, ნაკლებია PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციებზე, მაგრამ მათი ცვლილების მრუდის ხასიათი ერთნაირია.

მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები თითქმის ყოველთვის აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზღვ) ზამთრის პერიოდში, ხოლო ზაფხულის პერიოდში ხშირ შემთხვევაში ნაკლებია შესაბამის ზღვ-ზე.

PM ნაწილაკების კონცენტრაციების საათობრივი ცვლილების ტრენდმა გვიჩვენა, რომ დღის განმავლობაში PM ნაწილაკების კონცენტრაცია ხასიათდება მატების ტენდენციით და თავის მაქსიმუმს აღწევს საღამოს 20 საათის შემდეგ.

ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა პანდემიის გავლენა მტკვრის ნაწილაკების კონცენტრაციის შემცირებაზე ქალაქის ატმოსფეროში და ნათლად დაგვანახა, რომ თბილისის ატმოსფეროს PM ნაწილაკებით დაბინძურებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს ავტოტრანსპორტს.

პირველად ჩატარებული ქ.თბილისისა და მის შემოგარენში სავლელ ექსპედიცია PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ნაწილაკების კონცენტრაციების განსაზღვრის მიზნით; ჩატარებული სავლელ სამუშაოების ტრასის საერთო სიგრძე შეადგენს დაახლოებით 400კმ-ს; კონცენტრაციები განსაზღვრულია დაკვირვების 300 წერტილში; სამუშაო დრო - 11სთ-დან 21სთ-მდე;

პირველად განსაზღვრული სავლელ გაზომვის წერტილებში კონცენტრაციების მნიშვნელობები, მათი ცვლილება ტრასების მთელ სიგრძეზე და ტრასიდან დაშორებულ წერტილებში. გაზომვების წერტილებში შეფასებულია კონცენტრაციების მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები;

PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ნაწილაკების კონცენტრაციების ცვლილების მრუდი ერთნაირია (იშვიათი გამონაკლისების გარდა);

გამოვლინდა ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის მაქსიმალურად დაბინძურებული უბნები (აეროპორტის ტრასის გასწვრივ); დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ მტკვრის მარცხენა სანაპირო მეტადაა დაბინძურებული მარჯვენა სანაპიროსთან შედარებით;

მაქსიმალური კონცენტრაციების გამოვლენა უმეტესწილად დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის ინტენსივობასთან ან მეტეოროლოგიურ პირობებთან.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

- <https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/air-pollution>
- <https://www.ambebi.ge/article/240374-haeris-dabinzurebit-gamocveuli-sikvdilianobit-saka/>
- [https://air.gov.ge/reports\\_page](https://air.gov.ge/reports_page)
- ქ.თბილისის ატმოსფერული ჰაერის PM-ნაწილაკებით დაბინძურების გამოკვლევა. /ნ.გიგაური, ს.მდივანი, ვ.კუხალაშვილი, ა.სურმავა, ლ.ინწკირველი/. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული ISSN 1512-0902, 2020,ტ.129,გვ.59-66.

უაკ 504.5.054

**ქ. თბილისის ატმოსფეროში PM<sub>10</sub> და PM<sub>2.5</sub>-ის კონცენტრაციების სივრცული განაწილება რეგულარული დაკვირვებისა და მარშრუტული გაზომვების მონაცემების მიხედვით.** /ნ. გიგაური, ვ. კუხალაშვილი, ა. სურმავა, ლ. ინჭკირველი, მ. ფიფია/ სტუ-ის ჰმი-ს სამეცნ. რეგ. შრ. კრებ. – 2021- - ტ.131. -გვ.44-50. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

ექსპერიმენტული გაზომვებისა და გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემების ანალიზით განსაზღვრულია ქ.თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში PM ნაწილაკების კონცენტრაციების ცვლილების ხასიათი. ნაჩვენებია, რომ ზამთრის პერიოდში მათი კონცენტრაციები თითქმის ყოველთვის აღემატება შესაბამის ზღვ-ს; საათობრივი ცვლილების ტრენდმა კი გვიჩვენა, რომ დღის განმავლობაში PM ნაწილაკების კონცენტრაციები ხასიათდება მატების ტენდენციით და თავის მაქსიმუმს აღწევს საღამოს 20-საათის შემდეგ. გამოვლინდა პანდემიის გავლენა მტვრის ნაწილაკების კონცენტრაციის შემცირებაზე ქალაქის ატმოსფეროში და ის ფაქტი, რომ ქ.თბილისის ატმოსფეროს PM ნაწილაკებით დაბინძურებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს ავტოტრანსპორტს. პირველად ჩატარებულია ქ.თბილისისა და მის შემოგარენში სავსე ექსპედიცია PM ნაწილაკების კონცენტრაციების განსაზღვრის მიზნით. დაფიქსირებულია PM ნაწილაკების კონცენტრაციები ტრასების მთელ სიგრძეზე და ტრასიდან დაშორებულ წერტილებში; შეფასებულია მათი კონცენტრაციების მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები; გამოვლენილია ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის მაქსიმალურად დაბინძურებული უბნები; დადგენილია, რომ მტკვრის მარცხენა სანაპირო მეტადაა დაბინძურებული მარჯვენა სანაპიროსთან შედარებით და მაქსიმალური კონცენტრაციების გამოვლენა უმეტესწილად დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის ინტენსივობასთან ან მეტეოროლოგიურ პირობებთან.

UDC 504.5.054

**Spatial distribution of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations in the atmosphere of Tbilisi according to regular observations and experimental measurements.** /Gigauri N., Kukhalashvili V., Surmava A., Intskirveli L., Pipia M./ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. – 2021. – vol.131. – pp.44-50. -Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus

On the basis of experimental measurements and data from the National Environmental Agency, the nature of changes in the concentrations of PM-particles in the air of Tbilisi was determined. It was found that in winter their concentrations almost always exceed the corresponding the MPC values, and the hourly trend of changes in the concentration of PM-particles showed that during the day it tends to increase and reaches a maximum after 20 pm. The influence of the pandemic on a decrease in the concentration of dust particles in the atmosphere of the city and the fact that the main contribution to the pollution of the atmosphere of Tbilisi with PM-particles is made by vehicles is revealed. For the first time in Tbilisi and its environs, a field expedition was carried out to determine the concentration of PM particles. The concentrations of PM particles were recorded along the entire length of the experimental paths and at points remote from the paths. Their minimum, average and maximum concentrations are estimated; identified the most polluted areas of Tbilisi and its environs. It was found that the left bank of the Kura River is more polluted than the right one and that the recorded maximum concentrations are mainly due to the traffic intensity or meteorological conditions.

УДК 504.5.054

**Пространственное распределение концентраций PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> в атмосфере г.Тбилиси по данным регулярных наблюдений и экспериментальных измерений.** /Гигаури Н.Г., Кухалашвили В.Г., Сурмава А.А., Инцкирвели Л.Н., Пипиа М.Г./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ. - 2021. - вып.131. – с.44-50. - Груз.; Рез. Груз., Анг., Рус На основе экспериментальных измерений и данных Национального агентства по окружающей среде определен характер изменения концентраций РМ частиц в воздухе г.Тбилиси. Установлено, что зимой их концентрации почти всегда превышают соответствующие значения ПДК, а часовой тренд изменения концентрации РМ частиц показал, что в течении дня он имеет тенденцию к увеличению и достигает максимума после 20 часов вечера. Выявлено влияние пандемии на снижение концентрации пылевых частиц в атмосфере города и тот факт, что основной вклад в загрязнение атмосферы г.Тбилиси РМ частицами вносит автотранспорт. Впервые в Тбилиси и его окрестностях была проведена полевая экспедиция по определению концентрации РМ частиц. Зафиксированы концентрации РМ частиц по всей длине экспериментальных трасс и в отдаленных от трасс точках. Оценены их минимальные, средние и максимальные концентраций; выявлены максимально загрязненные районы г.Тбилиси и его окрестностей. Установлено, что левый берег р.Куры более загрязнен, чем правый и что зафиксированные максимальные концентрации в основном обусловлены интенсивностью движения транспорта или метеорологическими условиями.