

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნათია ბაძგარაძე

ჰაერის დაბინძურების შეფასება პიკის საათებში ი.ჭავჭავაძის გამზირის მაგალითზე

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

ქიმიური ექსპერტიზის მიმართულება

ნაშრომი შესრულებულია ქიმიური ექსპერტიზის მაგისტრის ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი:

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ასისტენტ პროფესორი გიორგი ჯიბუტი

თბილისი, 2019 წელი

ანოტაცია

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ატმოსფერულ ჰაერში დამაბინძურებელი ნივთიერებების კვლევა და მონიტორინგი. ატმოსფერული ჰაერისა და გამონაბოლქვი აირების ანალიზი ი.ჭავჭავაძის გამზირის მაგალითზე ქ. თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში.

ატმოსფერულ ჰაერს მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ბიოსფეროს სხვა კომპონენტებს შორის და მისი მნიშვნელოვნება დედამიწაზე შეუფასებელია ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის. ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში ე.წ. ინდუსტრიალიზაციის ეპოქის დადგომასთან ერთად აქტუალური გახდა ატმოსფეროს დაბინძურების პრობლემა მთელ მსოფლიოში. ტექნიკური პროგრესის შესაბამისად მავნე გამონაბოლქვთა რაოდენობა განუწყვეტლივ იზრდება და ცალკეულ კომპონენტთა კონცენტრაციები ბევრად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ნახშირჟანგის ნახშირორჟანგის და აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციის განსაზღვრა ქ. თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში.

ნახშირბადის ოქსიდების ანალიზები ტარდებოდა Picarro CRDS G2401 ანალიზატორზე ოპტიკური ღრუს სპექტროსკოპიის მეთოდით, ხოლო აზოტის ოქსიდების Eco physics CLD 780 TR ხელსაწყოზე ოზონ-ქემილუმინესცენციის მეთოდით

Evaluation of air pollution at rush hours on example of Chavchavadze Avenue

Summary

Atmospheric air has an important place among other components of the biosphere and its significance is invaluable on earth for all alive organisms. during the last half-century along with the epoch of industrialization, the problem of atmospheric pollution has become problematic throughout the world according to technical progress, the number of harmful exhaust gases increases continuously and the concentration of individual components increases.

The objective of this work is to determine the concentration of carbon monoxide and carbon dioxide in Tbilisi atmospheric air, the results of March, April, and May in different places of the city.

Concentrations of carbon oxides are determined by Picarro CRDS analyzer, based on cavity ringdowns spectroscopy and nitrogen oxides were measured using Eco physics CLD 780 TR based on ozone chemiluminescence techniques.

შინაარსი

ანოტაცია.....	3
შესავალი.....	5
ლიტერატურული მიმოხილვა.....	9
ატმოსფეროს შემადგენლობა.....	10
კონცენტრაციის ერთეულები.....	10
დედამიწის ატმოსფეროს ფორმირება.....	11
ატმოსფეროს დაბინძურების ისტორიული ასპექტები.....	14
ატმოსფეროს დაბინძურებით გამოწვეული სახფრთხეები.....	15
ატმოსფეროს ცვალებადობა.....	17
ატმოსფეროს ქიმიის მნიშვნელობა.....	18
საველე გაზომვების მნიშვნელობა.....	20
საველე ატმოსფერული გაზომვების სირთულები.....	21
ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგი საქართველოში.....	24
ნახშირორჟანგის და ნახშირჟანგის გავრცელება ბუნებაში.....	25
მეთოდები.....	29

ექსპერიმენტული ნაწილი.....	35
გამოყენებული აპარატურა.....	37
ანალიზის პირობები.....	41
ანალიზის მსვლელობა და შედეგების დამუშავება.....	46
შედეგები და განსჯა.....	50
დასკვნა.....	53

შესავალი

ატმოსფერულ ჰაერს მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ბიოსფეროს სხვა კომპონენტებს შორის და მისი მნიშვნელობა დედამიწაზე ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის შეუფასებელია. მეცნიერულად დასაბუთებულია, რომ ატმოსფეროში დამბინძურებლების, კერძოდ კი ისეთი მავნე ნივთიერებების, როგორცაა: ნახშირბადის, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდების, მტვრის მცირე ზომის ნაწილაკების, ორგანული ნაერთების და ა.შ. დაშვებულზე მაღალი კონცენტრაციები უარყოფითად ზემოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ეკოსისტემებსა და მატერიალურ ფასეულობებზე.

საქართველოში ატმოსფერული ჰაერი ბინძურდება ავტოტრანსპორტიდან, ენერგეტიკული სექტორიდან, სამრეწველო ობიექტებიდან და სოფლის მეურნეობის დარგებიდან. მათგან ძირითადი დამაბინძურებელია ავტოტრანსპორტი და ენერგეტიკა, რადგან ბოლო წლებში იზრდება ამ სექტორებში მოხმარებული საწვავის რაოდენობა. სამრეწველო სექტორიდან კი ატმოსფეროში ძირითადად მტვერი, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდები გაიფრქვევა, რომელთა რაოდენობრივი ცვლილების ხასიათი განპირობებულია საწარმოს მიერ წარმოებული პროდუქციის რაოდენობრივი ცვლილებით. მტვერ გაფრქვევით ძირითადად ხასიათდება მრეწველობის ისეთი ქვედარგები, როგორცაა: ცემენტის, გაჯის, ასფალტ-ბეტონის წარმოებები.

ბუნებრივ პროცესთა მიმდინარეობის შედეგად სამყაროში სხვადასხვა ტიპის ცვლილებები განუწყვეტლივ ხორციელდება. ატმოსფერო, რომელიც დედამიწის გარემოს ერთ-ერთი უმთავრესი შემადგენელი ნაწილია, მუდმივ ცვლილებებს განიცდის. ასეთი ცვლილებები მნიშვნელოვანი გახდა დედამიწის მოსახლეობისა და ადამიანთა საქმიანობების მასშტაბების ზრდის გამო. ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში ე.წ. ინდუსტრიალიზაციის ეპოქის დადგომასთან ერთად აქტუალური გახდა ატმოსფეროს დაბინძურების პრობლემა ზოგადად, ატმოსფეროს დაბინძურება არის ატმოსფერული ჰაერის შემადგენლობის ცვლილება მასში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა არსებობის შედეგად. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებას განაპირობებს როგორც ტექნოგენური, ასევე

ბუნებრივი, დაბინძურების წყაროების ფუნქციონირება, მაგრამ უმთავრესი დამბინძურებელი ანთროპოგენური წყაროებია: ტრანსპორტი, სამრეწველო საწარმოები, ენერგეტიკული ობიექტები და სოფლის მეურნეობა. დედამიწის მოსახლეობის რაოდენობის ზრდამ, მეცნიერულ-ტექნიკურმა პროგრესმა, ურბანიზაციის და ინდუსტრიალიზაციის პროცესების სწრაფი ტემპებით განვითარებამ გაზარდა მოთხოვნა ენერგო, საკვებ და სხვა რესურსებზე . იზრდება მსოფლიოს ენერგეტიკული სიმძლავრეების და წარმოებული პროდუქციის რაოდენობა, რაც მრავალ გარემოსდაცვით პრობლემას უქმნის მსოფლიოს ურბანულ ცენტრებს. ენერგეტიკული სექტორის სიმძლავრე საშუალოდ ყოველ 12 წელიწადში, ხოლო სამრეწველო სექტორისა ყოველ 15 წელიწადში ორმაგდება ბუნებრივი რესურსების ინტენსიური ხარჯვა და არასრულყოფილი ტექნოლოგიების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის ანთროპოგენურ დატვირთვას გარემოზე და იწვევს ეკოსისტემების უარყოფით ცვლილებას . ატმოსფერული ჰაერის დაცვას ანთროპოგენური საქმიანობებით დაბინძურებისგან დიდი ყურადღება ეთმობა მთელ მსოფლიოში. ატმოსფერულ ჰაერს მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ბიოსფეროს სხვა კომპონენტებს შორის და მისი მნიშვნელოვნება დედამიწაზე შეუფასებელია ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის. ეპიდემიოლოგიური კვლევები ადასტურებს, რომ ევროპაში ნაადრევი სიკვდილიანობის 100 ათასი შემთხვევა გამოწვეულია ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებით. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია დღემდე შეისწავლის ადამიანის ჯანმრთელობაზე ჰაერის დაბინძურების ზეგავლენის პრობლემებს [1].

ჰაერი უფერო, უსუნო, უხილავი აირთა ნარევი, რომელიც დედამიწის გარშემო დამცავ ფენას, ე.წ. ატმოსფეროს წარმოქმნის. ჰაერი სიცოცხლისათვის აუცილებელია: ცხოველები სუნთქავენ, მცენარეები კი მისი საშუალებით საკვებს წარმოქმნიან. ამის გარდა, იგი დედამიწას მზის სახიფათო ულტრაიისფერი სხივებისაგან იცავს. ჰაერი, ძირითადად აზოტისა და ჟანგბადისაგან შედგება. იგი, ასევე მცირე რაოდენობით კეთილშობილ აირებსა და ნახშირბადის დიოქსიდსაც შეიცავს. ამას ემატება ჭვარტლისა და მტვრის მყარი ნაწილაკები.

ატმოსფეროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობისათვის. აირის ფენები დედამიწის ზედაპირზე არ უშვებს მეტეორიტებს, ოზონის ეკრანი იცავს გამოსხივებისაგან, ჟანგბადის გარეშე წარმოუდგენელია სუნთქვა და წვა. ნახშირორჟანგი სითბური ეკრანია, ის იკავებს დედამიწისგან გამოსხივებულ სითბოს და გამოიყენება მცენარეების მიერ ფოტოსინთეზისათვის. წყლის ორთქლი უზრუნველყოფს ნალექების წარმოშობას, მტვრის ნაწილაკები კი წარმოადგენს წყლის ორთქლის კონდენსაციის უმცირეს ბირთვებს.

ატმოსფეროს შემადგენელი აირები კოსმოსიდან შეხედვისას დედამიწას ცისფერ შეფერილობას აძლევენ. ატმოსფერო დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის უმთავრესი პირობაა. მისი ქვედა საზღვარი დედამიწის ზედაპირია, ხოლო ზედა პირობითად 2000-3000 კილომეტრამდე ვრცელდება. ასეთ სიმაღლეზე ჰაერი ძალზე გაიშვიათებულია.

ტემპერატურის ცვალებადობის, სიმკვრივისა და სხვა თვისებების მიხედვით დედამიწის ჰაერის გარსი რამდენიმე ნაწილად იყოფა. ატმოსფეროს ქვედა ნაწილის - **ტროპოსფეროს** სიმაღლე, საშუალოდ, 10-12 კილომეტრია. ატმოსფეროში არსებული აირების 80% ტროპოსფეროზე მოდის. ამიტომ ის ყველაზე მკვრივი ფენაა. სწორედ აქაა მოყრილია ატმოსფეროს მთელი წყლის ორთქლი, აქ წარმოიქმნება ღრუბლები, მოდის წვიმა და თოვლი, ადგილი აქვს ჭექა-ქუხილს, ყალიბდება ამინდი და სხვა. სიმაღლის მატებასთან ერთად ტროპოსფეროში ჰაერის ტემპერატურა კლებულობს.

ტროპოსფეროს ზევით **სტრატოსფერო** (ლათინურად „სტრატუმ“ - ფენა), რომლითაც დაახლოებით 40-50 კილომეტრის სიმაღლემდე ვრცელდება. მასში თავმოყრილია ატმოსფერული აირების მხოლოდ 20%. განსაკუთრებით აღსანიშნავია **ოზონის შრე** (20-25 კილომეტრზე), რომელიც შთანთქავს სიცოცხლისათვის ძალზე საშიშ ულტრაიისფერ სხივებს. ბოლო დროს შეინიშნება ოზონის შრის რღვევა, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის ცოცხალ ორგანიზმებს. მათი წარმოქმნა ძირითადად დაკავშირებულია ატმოსფეროს ძლიერ გაჭუჭყიანებასთან. კიდევ უფრო ზევით გრძელდება **მეზოსფერო**. [1].

შემაღენლობის ვერტიკალური ცვლილება

ატმოსფეროს ჰომოგენურობის მიხედვით განირჩევა ორი ატმოსფერული შრე: ქვემოთა შრეს ზედაპირიდან 80 კმ სიმაღლემდე ეწოდება ჰომოსფერო, სადაც განუწყვეტელი ტურბულენტური შერევის გამო ატმოსფეროს შემაღენლობა შედარებით მუდმივია დიდი სიციცხლის ხანგრძლივობის მქონე კომპონენტებისთვის. ეს შრე გარშემორტყმულია თხელი გარდამავალი შრით, რომელსაც ეწოდება ტურბოპაუზა, მის თავზე იწყება ჰეტეროსფერო, სადაც აირების ნაკადები ლამინარულია და შერევა ძირითადად განპირობებულია დიფუზიით, ამის გამო ატმოსფეროს შემაღენელი გაზები შრებადა განლაგებულია დაატმოსფეროს შემაღენლობა სიმაღლის მიხედვით დამოკიდებულია გაზების მოლეკულურ მასებზე. ჰეტეროსფეროს ქვემო შრეებში მოთავსებულია უფრო დიდი მოლეკულური მასის მქონე გაზები: აზოტი და ჟანგბადი, ხოლო

ზემო შრეებში მსუბუქი გაზები, როგორცაა წყალბადი. 1000 კმ-მდე ძირითადად ჟანგბადის ატომები გვხვდება, ხოლო უფრო მაღლა ჰელიუმი და წყალბადი

ატმოსფეროს ზედა ფენებში დედამიწის ზედაპირიდან 20-2000 კმ მანძილზე გვხვდება იონური და რადიკალური ნაწილაკები (O, O₂, NO, N₂, თავისუფალი ელექტრონები), იონიზირებული ნაწილაკების მაღალი რიცხვი ხელს უშლის რადიო ტალღების გავრცელებას ატმოსფეროს ამ რეგიონს ეწოდება იონოსფერო. იონოსფეროს ქვედა ნაწილში სამი მნიშვნელოვანი რეგიონია 60-600კმ უბანში, სადაც მზის ინტენსიური ულტრაიისფერი და რენტგენის გამოსხივება ახდენს ნეიტრალური ატმოსფეროს იონიზირებას. ეს ზონებია D (60-90კმ), E (90-150კმ) და F (150-500კმ) რეგიონები F1 და F2 ქვერეგიონებით. იონების სიმჭიდროვე თითოეულ რეგიონში დამოკიდებულია მზის აქტიურობასა და დღეღამის მონაკვეთზე. [1].

ლიტერატურული მიმოხილვა

ატმოსფეროს შემადგენლობა

ქიმიურად თუ განვიხილავთ ატმოსფეროს შეგვიძლია ის წარმოვიდგინოთ, როგორც გიგანტური კარგად აწყობილი ფოტოქიმიური რეაქტორი და მასში მიმდინარე პროცესების ინიციატორი არის მზის სინათლე.

დედამიწის ატმოსფერო შეიცავს ბევრ სხვადასხვა აირს და დამატებით აეროზოლის ნაწილაკებს. ატმოსფერული აირების კლასიფიკაცია ხდება მათი შემცველობის და ატმოსფეროში ყოფნის ხანგრძლივობის (სიცოცხლის, ცხოვრების დროის) მიხედვით. ატმოსფეროში ყოფნის დრო განისაზღვრება აირის რაოდენობის შეფარდებით მისი ატმოსფეროდან მოშორების სიჩქარესთან. რაოდენობის მიხედვით არის ძირითადი და კვალის სახით არსებული აირები, ხოლო ცხოვრების დროის მიხედვით იყოფა მუდმივ, ცვალებად და ძლიერ ცვალებად ტიპებად, მუდმივი გაზების შემცველობა უცვლელია გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში, ხოლო, ცვალებადი გაზებისთვის ცხოვრების დრო იზომება წლებით, ან დღეებით

მშრალი ატმოსფეროს (ჰაერის) ძირითადი შემადგენელი კომპონენტებია აზოტი (მოცულობის 78.084%), ჟანგბადი (მოცულობის 20.946%) და არგონი (მოცულობის 0.934%), ჯამში ეს სამი გაზი წარმოადგენს ატმოსფეროს შემცველობის 99.964 მოცულობით პროცენტს, ასევე ატმოსფეროში არის სხვა კეთილშობილი გაზებიც გაცილებით მცირე რაოდენობით. ამ გაზების კონცენტრაციები არ განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებას დროსა და სივრცეში (დედამიწის ზედაპირიდან 80 კილომეტრის მანძილზე), ამიტომ მათ ეწოდებათ მუდმივი გაზები. ცხრილი 1. გაზების სახეობები [1].

რაოდენობა	ძირითადი კომპონენტები	კვალის სახით არსებული გაზები
1.მუდმივი გაზები	1.აზოტი, ჟანგბადი, არგონი (ატმოსფეროს ძირითადი კომპონენტები)	1.სხვა კეთილშობილი გაზები
2.ცვალებადი გაზები	2.ნახშირორჟანგი	2.სხვა ხანგრძლივი ცხოვრების დროის გაზები
3.ძლიერ ცვალებადი გაზები	3.წყლის ორთქლი	3.სხვა მოკლე ცხოვრების დროის გაზები

კონცენტრაციის ერთეულები

კვალის სახით არსებული გაზების კონცენტრაციები ატმოსფეროში ვარირებს 10^{10} რიგში, ამიტომ კონცენტრაციები აღიწერება სხვადასხვა ერთეულებით და აქედან გამომდინარე აუცილებელია მათ შორის თანაფარდობის ცოდნა. ყველაზე ხშირად გამოიყენება მოცულობითი ფარდობა, ანუ შერევის ფარდობა, რაც გამოისახება მოცულობის ერთეულში არსებული საკვლევი გაზის მოლეკულების რიცხვის ფარდობით იმავე მოცულობაში არსებული ჰაერის მოლეკულების რიცხვთან. ამ სიდიდის გამოყენება მოხერხებულია იმით, რომ თუნდაც ტემპერატურა, ან წნევა შეიცვალოს, შერევის ფარდობა უცვლელი რჩება განსხვავებით მხოლოდ მოცულობაზე ორიენტირებული კონცენტრაციის ერთეულებისგან (როგორცაა მაგალითად მგ/მ³, მკგ/მ³ და ა.შ). რადგანაც საუბარია მოცულობით ფარდობაზე, ზოგჯერ ბოლოში უმატებენ v სიმბოლოს მის აღსანიშნავად. ხშირად გამოიყენებული ერთეულებია ppmv-1 მოლეკულა ჰაერის 10^6 მოლეკულაზე ($1/10^6$) მოცულობის მემილიონედი ნაწილი, ppbv $1/10^{12}$ -მოცულობის მემილიარდედი, pptv $1/10^{15}$ -მოცულობის მეტრილიონედი ნაწილი, ppqv: $1/10^{15}$ -საკვლევი გაზის 1 მოლეკულა ჰაერის კვადრილიონ მოლეკულაზე. ხშირად გამოიყენება ასევე მხოლოდ საკვლევი გაზის რაოდენობის მოცულობაზე

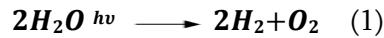
გადათვლილი კონცენტრაციის ერთეულები, მაგალითად მკგ ნივთიერება 1 კუბურ მეტრ ჰაერში ($\text{მკგ}/\text{მ}^3$, ასევე ჩაიწერება როგორც $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). ეს სიდიდეები ხშირად გამოიყენება ასევე ოფიციალურ დოკუმენტებში საკანონმდებლო უწყებების მიერ, თუმცა ამ დროს აუცილებელია მიეთითოს გარემო პირობები (წნევა და ტემპერატურა), რადგანაც გაზების თვისებები დამოკიდებულია ამ პარამეტრებზე, მაგალითად, NO_2 -ისთვის 101.3 კპა წნევაზე და 20°C ტემპერატურაზე 1ppb შეესაბამება $1.913 \text{ მკგ}/\text{მ}^3$, ხოლო NO -სთვის $1.248 \text{ მკგ}/\text{მ}^3$ -ს.

აეროზოლებისთვის და სხვა დაწილადებული ნივთიერებებისთვის შეუძლებელია შერევის ფარდობის განსაზღვრა (რადგანაც არ გააჩნიათ ფიქსირებული მოლეკულური მასა, ან ნაწილაკის ზომა) და ამიტომ მათი კონცენტრაცია $\text{მკგ}/\text{მ}^3$ ერთეულებში გამოისახება. [2].

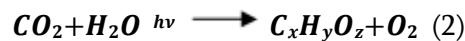
დედამიწის ატმოსფეროს ფორმირება

დედამიწა დაახლოებით 4.5 მილიარდი წლის წინ წარმოიქმნა და ის თავდაპირველად გამლღვალ მაგმას წარმოადგენდა. სავარაუდოა, რომ მისი პირველი ატმოსფერო შედგებოდა მსუბუქი აირებისაგან, წყალბადისა და ჰელიუმისაგან და ისეთი ნაერთებისგან როგორცაა: ამიაკი (NH_4) და მეთანი (CH_4). ვინაიდან, მაშინდელ დედამიწას არ გააჩნდა დამცავი მაგნიტური ველი, დედამიწამ დაკარგა ეს ატმოსფერო ინტენსიური მზის ქარების გავლენით და დაახლოებით 4,4 მილიარდი წლის წინ, დედამიწა გაცივდა იმდენად რომ შესაძლებელი გახდა წარმოქმნილიყო მყარი ქერქი აქტიური ვულკანებით. ამ ვულკანების საშუალებით გაფრქვეული გაზები ძირითადად წარმოადგენდა წყლის ორთქლს, ნახშირორჟანგს და ამიაკს. ამ გაზებმა წარმოქმნეს დედამიწის მეორადი ატმოსფერო, დედამიწის და მისი ატმოსფეროს თანდათანობით გაცივებამ, გამოიწვია წყლის კონდენსირება ღრუბლების და ნალექების სახით და წარმოიქმნა ოკეანეები. ამასთან, ნახშირორჟანგის უდიდესი ნაწილი შთაინთქა ოკეანეების მიერ. ასევე, მზის სინათლის გავლენით დაიშალა ამიაკი და ატმოსფეროში გაჩნდა ქიმიურად არააქტიური აზოტის მოლეკულები.

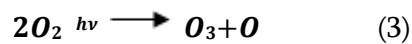
ზოგიერთი თეორიის თანახმად, ჟანგბადის მცირე ნაწილი ატმოსფეროში პირველად წარმოიქმნა წყლის ფოტოქიმიური დაშლის შედეგად (მზის მაღალი ინტენსივობის ულტრაიისფერი გამოსხივების გავლენით):



თუმცა მისი მნიშვნელოვანი წილი წარმოიქმნა ციანობაქტერიების ფოტოსინთეზის შედეგად როგორც თანამდევი პროდუქტი:



თავდაპირველი ჟანგბადის დიდი ნაწილი დაიხარჯა დედამიწის ქერქის ქანების დაჟანგვაში (გამოფიტვის პროცესი), რის შემდეგაც დაიწყო მისი შემცველობის ზრდა ატმოსფეროში. როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაციამ მიაღწია 1-2%-ს, მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით წარმოიქმნა ოზონის შრე:



ოზონის დამცავი შრის წარმოქმნამ შესაძლებელი გახდა ცოცხალი ორგანიზმების ხმელეთზე ცხოვრება და დაახლოებით 700 მილიონი წლის წინ, განვითარდნენ ხმელეთის მცენარეებიც, რომელთა დახმარებითაც ფოტოსინთეზის შედეგად შემცირდა ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია 1-5%-დან 0.04%-მდე და ამასთან გაიზარდა ჟანგბადის შემცველობა ატმოსფეროში. ბოლო რამდენიმე ასეული მილიონი წლის განმავლობაში ჟანგბადის კონცენტრაცია იცვლებოდა კლიმატის, ვულკანური და ტექტონიკური აქტივობების გავლენით და საბოლოოდ დასტაბილურდა დაახლოებით 21%-ზე. [1].

ატმოსფეროს დაბინძურების ისტორიული ასპექტები

კაცობრიობის არსებობის მანძილზე ბუნებრივი გარემო ყოველთვის განიცდიდა ანთროპოგენულ ზემოქმედებას, მაგრამ სანამ ადამიანი ენერჯის ძირითად წყაროდ შემას იყენებდა ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების პრობლემა ნაკლებად იდგა. ქვანახშირის საწვავად მოხმარებამ და ინდუსტრიალიზაციამ კი მნიშვნელოვნად გაზარდა ჰაერის დაბინძურება. აღსანიშნავია რომ კაცობრიობამ მე-20 საუკუნის დასაწყისში უფრო მეტი წიაღისეული საწვავი მოიხმარა (ქვანახშირი, ტორფი, ბუნებრივი გაზი, ნავთობი თუ სხვა ნავთობპროდუქტები), ვიდრე მთელი ისტორიის მანძილზე. შესაბამისად, ჰაერის დაბინძურების პრობლემა შეეხო თითქმის ყველა განვითარებულ თუ განვითარებად ქვეყანას.

მსოფლიოს ენერგეტიკული სიმძლავრეების, განსაკუთრებით, ქვანახშირის თბოელექტროსადგურის მშენებლობამ, ქიმიური მრეწველობის სწრაფმა განვითარებამ, ავტომანქანების, ასევე სხვა სახის მანქანებისა და მექანიზმების გამოყენებამ გამოიწვია გარემოს სისტემატური და ინტენსიური დაბინძურება. შესაბამისად გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან გარემოს დაბინძურების შედეგები უკვე საგრძნობი გახდა.

ერთ-ერთი პირველი ქვეყანა, რომელმაც გარემოს ქიმიური დაბინძურების გავლენა იგრძნო, იყო იაპონია. მისი ტერიტორიის 80 %-ზე საწარმოო სიმძლავრეების ზემოქმედებით ჰაერის და წყლის დაბინძურებამ საგანგაშო დონეს მიაღწია. პირველი ე.წ. ფოტოქიმიური სმოგი ოფიციალურად 1970 წელს დაფიქსირდა, როდესაც სმოგმა დაფარა ტოკიო და სხვა რვა ქალაქი. სმოგის გამო ათასობით ადამიანს დაეწყო თვალების ტკივილი და გაუჩნდა ყელის დაავადებები.

ფოტოქიმიური სმოგი 1950-იანი წლებიდან დამკვიდრებული ტერმინია, რომელიც აღნიშნავს ატმოსფეროში მზის შუქის, აზოტის ოქსიდებისა და მფრინავი ნივთიერებების ქიმიურ რეაქციას, რომელიც შეიცავს მავნე ნივთიერებებს და აბინძურებს ატმოსფეროს. სმოგი, შავი, სქელი ნისლია, რომელიც წარმოიქმნება ბოლისა და ქვარტლისგან დიდ ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრებში.

ატმოსფეროს დაბინძურების კიდევ ერთი წყაროა მჟავა წვიმები. ატმოსფერული ნალექების ყველა სახეობას -წვიმა, თოვლი, სეტყვა, ნისლი და სხვა, რომელთა ტენის შემადგენლობაში მაღალია მჟავური კომპონენტი, მჟავური წვიმა ეწოდება. ნორმალური ატმოსფერული ნალექის მჟავიანობა დაახლოებით 5,6 ხოლო მჟავა წვიმების მჟავიანობა კი 4,2-4,4 ის ფარგლებშია. მჟავა წვიმები უარყოფითად ზემოქმედებს გარემოსა და ადამიანის მდგომარეობაზე და იწვევს ტბებისა და ტყის ეკოსისტემების დეგრადირებას. მჟავა წვიმების გავლებით იცვლება ნიადაგის სტრუქტურა და მცირდება მისი პროდუქტიულობა.

ყველაზე დიდი კატასტროფა, რომელმაც მოკლე პერიოდში გამოიწვია საზოგადოების მოწამვლა, დაფიქსირებულ იქნა ინდოეთში, კერძოდ ბოპალში 1984 წლის 2-3 დეკემბრის ღამეს. „Union Carbide India Limited—დან გამოჟონილმა ინდუსტრიულმა ორთქლმა უმაღლეს იმსხვერპლა დაახლოებით 2300 ადამიანი, შემდეგი ორი კვირის განმავლობაში დაიღუპა რვა ათასი, ამდენივე ადამიანი დაიღუპა მომდევნო პერიოდში მოწამვლის შედეგად მიღებული დაზიანებისაგან. ამ კონკრეტული ფაქტების გარდა მე-20 საუკუნეში იყო სხვა შემთხვევებიც რომლებმაც გამოიწვიეს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური კრიზისი და ადამიანთა განადგურება, ამის ერთ-ერთი მაგალითია ზემოთ ნახსენები სმოგი რომელიც მოხდა 1952 წელს ლონდონში. ატმოსფერული მოწამვლის ყველაზე ძლიერი კატასტროფა, რომელიც აშშ-ში პენსილვანიის შტატში მოხდა, იყო 1948 წლის ოქტომბერში, როდესაც 20 ადამიანი დაიღუპა და 7000-ზე მეტი დაშავდა. [3].

ატმოსფეროს დაბინძურებით გამოწვეული საფრთხეები

სუფთა ჰაერი ჯანსაღი ცხოვრების წინაპირობაა. უკანასკნელი წლების განმავლობაში სულ უფრო დიდ ყურადღებას იქცევს ჰაერის დაბინძურება და მასთან დაკავშირებული პრობლემები. ატმოსფერული ჰაერი ბიოსფეროს ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტია, რომელიც უმნიშვნელოვანესია დედამიწის ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის და მისი მნიშვნელობა დედამიწაზე შეუფასებელია. სწორედ ამიტომ სჭირდება დღევანდელი მსოფლიოს ატმოსფერულ ჰაერს დაცვა ანთროპოგენული საქმიანობით გამოწვეული დაბინძურებისგან.

ატმოსფეროს ბუნებრივი მახასიათებლების ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია ნებისმიერი ქიმიური, ფიზიკური ან ბიოლოგიური აგენტების ზემოქმედებით ჰაერის დაბინძურებას წარმოადგენს. მეცნიერულად დასაბუთებულია, რომ ატმოსფეროში დამბინძურებლების, კერძოდ კი ისეთი მავნე ნივთიერებების, როგორცაა: ნახშირბადის, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდების, მტვრის მცირე ზომის ნაწილაკების, ორგანული ნაერთების და ა.შ. დაშვებულზე მაღალი კონცენტრაციები უარყოფითად ზემოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ეკოსისტემებსა და მატერიალურ ფასეულობებზე.

საქართველოში ჰაერის დაბინძურების პრობლემა საკმაოდ მკვეთრად დგას. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების კუთხით ყველაზე მწვავე მდგომარეობა თბილისშია, სადაც ქვეყნის მოსახლეობის დაახლოებით 1/3 ცხოვრობს და სატრანსპორტო საშუალებების დიდი ნაწილია თავმოყრილი. საქართველოში ჰაერის დაბინძურება დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტთან, ენერგეტიკულ სექტორთან, სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის დარგებთან. მათგან ძირითადი დამბინძურებელია ავტოტრანსპორტი და ენერგეტიკა. სამრეწველო სექტორიდან ატმოსფეროში ძირითადად მტვერი, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდები გაიფრქვევა, რომელთა გაზრდილი რაოდენობა საფრთხეს უქმნის ცოცხალი ორგანიზმების ჯანმრთელობას

ჰაერის დაბინძურება უშუალოდ მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ამას უამრავი სამეცნიერო კვლევებიც ადასტურებს. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება წარმოადგენს ავადობის, ინვალიდობისა და სიკვდილიანობის რისკფაქტორს. დაავადებების სპექტრი საკმაოდ ფართოა და ძირითადად დამოკიდებულია ჰაერში დამბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაციებზე, ექსპოზიციის ხანგრძლივობასა და ორგანიზმის მდგრადობაზე. შესაბამისად, ჰაერის დაბინძურებას განსაკუთრებით მძიმე ზეგავლენა აქვს ისეთ მგრძობიარე ჯგუფებზე, როგორცაა ბავშვები, ორსულები, მოხუცები, დაავადებული ადამიანები და სხვა. დაბინძურებული ჰაერი რისკფაქტორია არამარტო გულსისხლძარღვთა და სასუნთქი გზების დაავადებების, ასევე ბავშვებში იწვევს ტვინისა და ნერვული სისტემების პათოლოგიებს. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეულ ჯანმრთელობის

პრობლემებს შეიძლება აგრეთვე მივაკუთვნოთ: გართულებული სუნთქვა, ხველა, ასთმა და სხვა.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის ონკოლოგიურ დაავადებათა სააგენტო ამტკიცებს, რომ ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებას შეუძლია ფილტვის კიბოს გამოწვევა, მუცლადყოფნის დროს ნაყოფის ზრდის შეზღუდვა, რესპირატორული და კარდიოვასკულური დაავადებებით სიკვდილიანობა და სხვა. ასევე მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის კვლევების მიხედვით დაბინძურებული ჰაერით გამოწვეული დაავადებებით ყოველ წელიწადს 2.4 მილიონი ადამიანი იღუპება. ჰაერის დაბინძურება მრავალი ქრონიკული დაავადების მიზეზია, რაც მძიმე ტვირთია როგორც დაავადებულების, ისე ქვეყნის ჯანმრთელობის სამსახურებისა და ეკონომიკისთვის. [4].

ატმოსფეროს ცვალებადობა

ძალზე ხშირია ინფორმაცია ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროს შემადგენლობის ცვლილებაზე და მის გავლენაზე არასასურველ პროცესებზე, როგორცაა მაგალითად გლობალური დათბობა, მჟავა წვიმები, სმოგი და ა.შ.

განვითარებულმა ტექნოლოგიებმა შესაძლებელი გახადა ატმოსფეროს შემადგენლობის დეტალური ანალიზი და ფაქტობრივად დაასაბუთა, რომ ატმოსფერო ნამდვილად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად და თუკი არ გაკონტროლდება ეს პროცესი, მომავალში შესაძლოა სავალალო შედეგებამდე მიგვიყვანოს. იბადება შეკითხვა: რამდენად სწრაფად იცვლება ატმოსფერო და რა შეგვიძლია გავაკეთოთ გავლენის შესასუსტებლად? იმ მიზნით, რომ გავთვალოთ მომავალი ცვლილებები ატმოსფეროში და მათი გავლენა, შექმნილია უამრავი მოდელი. ეს მოდელები მოთხოვენ სამი ძირითადი ჯგუფის მონაცემებს:

კვალის სახით არსებული გაზების ემისიის რაოდენობის მიახლოებითი მნიშვნელობა

მომავალში. ბუნებრივი ემისიისთვის, მაგალითად იზოპრენის გამოყოფის შემთხვევაში მცენარეებისგან, არსებობს მკაცრი პირდაპირი დამოკიდებულება ტემპერატურასა და ემისიის რაოდენობაზე, გლობალური დათბობის გათვალისწინებით, მისი ემისიაც გაიზრდება. ანთროპოგენული ემისიისთვის კი არსებობს სხვადასხვა მოდელები ნამარხი საწვავის გამოყენების რაოდენობაზე.

1. მოდელში გათვალისწინებული უნდა იყოს ამ გაზების დისპერსია (გადანაწილება, მოშორება) ემისიის წყაროდან, მაგალითად ქარის საშუალებით, ან კონვექციით, ან სხვა მექანიზმით გლობალური ცირკულაციის დონემდე
2. ემისიის შემდეგ, ეს გაზები შორდება ატმოსფეროს სხვადასხვა გზებით, მაგალითად მზით გამოწვეული ფოტოლიზით, ქიმიური გარდაქმნებით, ნაწილაკების ზედაპირებზე ადსორბციით, რის შედეგადაც წარმოქმნიან დიდი რაოდენობით შუალედურ და მეორად პროდუქტებს, რომლებიც თავის მხრივ განიცდიან შემდგომ გარდაქმნებს. ხშირ შემთხვევაში ატმოსფეროსთვის საზიანო ზუსტად მეორადი პროდუქტებია და ამიტომ მნიშვნელოვანია, რომ მოდელი შეიცავდეს გამოყოფილი გაზების შესაძლო ქიმიური გარდაქმნების დეტალურ სქემებს.

ატმოსფეროს ქიმიის მნიშვნელობა

დედამიწის ატმოსფეროს აქვს მჟანგავი ბუნება არა გამოყოფილი აირების ჟანგბადთან ურთიერთქმედების გამო, არამედ მასში რამდენიმე ძირითადი მჟანგავი შუამავალი ნივთიერების არსებობით, რომლებიც იწყებენ ჟანგვის პროცესს, რომელიც როგორც წესი მთავრდება CO_2 და წყლის ორთქლის გამოყოფით. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ჰიდროქსილის რადიკალები ($\text{OH}\cdot$), რომლებიც ძირითადად წარმოიქმნება დღის განმავლობაში ოზონის ფოტოლიზით, რის შედეგადაც მიიღება ელექტრონულად აღზნებული ჟანგბადის ატომები, რომლებიც თავის მხრივ მოქმედებენ წყლის ორთქლთან და წარმოქმნიან ჰიდროქსილის რადიკალებს. ეს რადიკალები ურთიერთქმედებს

პრაქტიკულად ყველა გაზთან, მათ შორის CO -სთან, ნახშირწყალბადებთან,

ჟანგბადმცველ აქროლად ორგანულ ნივთიერებებთან (Volatile Organic Compounds-VOC), SO₂-თან, ჰიდროქლოროფტორნახშირბადებთან (HCFC), რომლებმაც ჩანაცვლეს ქლოროფტორნახშირბადები (CFC) მონრეალის პროტოკოლის მიერ მათი აკრძალვის შემდეგ. ჩვეულებრივ, OH-ის რადიკალის კონცენტრაცია ძალიან დაბალია ღამით და მას ანაცვლებს ნიტრატის რადიკალი (NO₃·), რომელიც მოქმედებს როგორც წყალბადის ატომების წამრთმევი ან ორმაგ ბმებში ჩართვის გზით. ოზონი (O₃) თავის მხრივ რიგით მესამე ძირითადი მჟანგავი აგენტია, რომელიც ურთიერთქმედებს მაგალითად ორმაგი ბმის შემცველ ნაერთებთან და წარმოქმნის ოზონიდებს, რომლებიც იშლებიან და წარმოქმნიან სხვადასხვა არასტაბილურ შუალედურ ნივთიერებებს. ხშირ შემთხვევაში, OH-ით, NO₃-ით და O₃-ით ჟანგვის პროდუქტებია შუალედური პეროქსი რადიკალები RO₂·, ისინი მოქმედებენ ნამარხი საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილ აზოტის ოქსიდთან (NO) და წარმოქმნიან აზოტის დიოქსიდს (NO₂). აზოტის დიოქსიდი მურა ფერის გაზია, შესაბამისად გააჩნია ძლიერი შთანთქმა მზის სინათლის სპექტრის ლურჯ და მწვანე უბანში, ის სწრაფად ფოტოლიზდება მზის სინათლის გავლენით ($\lambda=400$ ნმ) და წარმოქმნის თავისუფალ ჟანგბადის ატომებს, რომლებიც თავის მხრივ თითქმის მყისიერად უერთდებიან ჟანგბადის მოლეკულებს და წარმოქმნიან ოზონს,ის კი მაღალი კონცენტრაციით საზიანოა ადამიანებისა და მცენარეებისთვის.

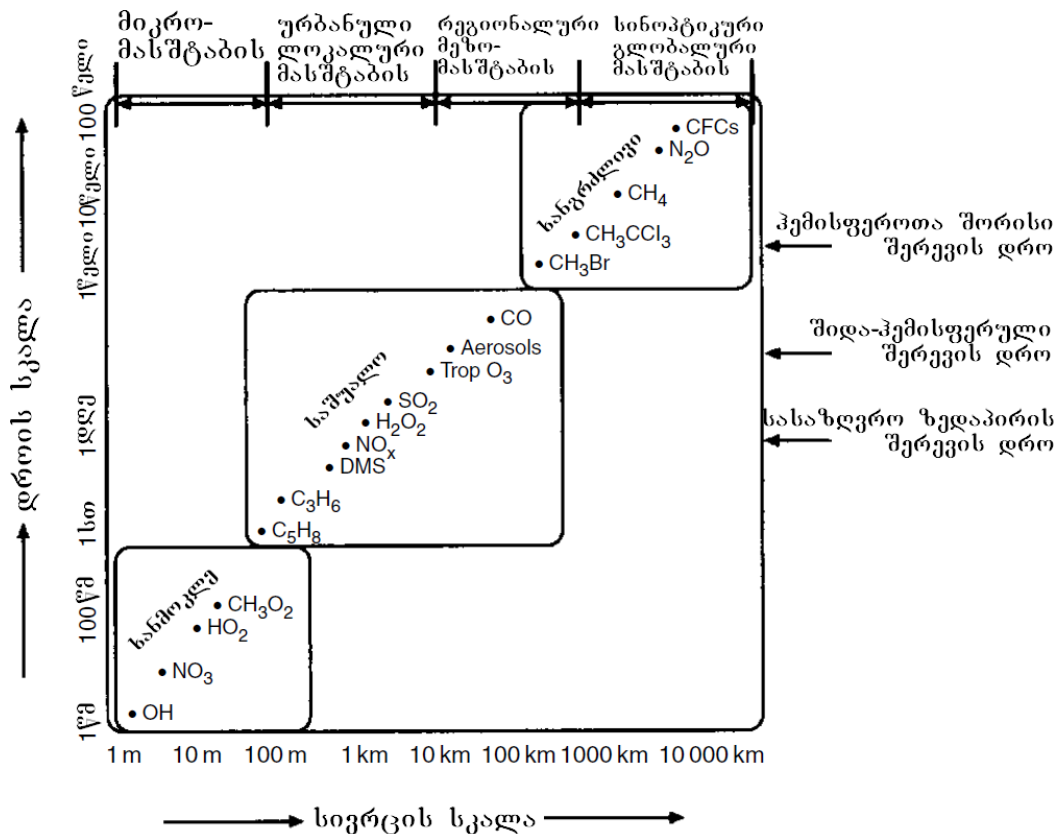
პირველადი ემისიის გაზების (მაგალითად VOC-ს) გარდაქმნა საბოლოო პროდუქტებად, როგორებიცაა CO₂ და H₂O ძალზე რთული და მრავალსაფეხურიანი პროცესია. მაგალითისთვის, გაერთიანებულ სამეფოში შესწავლილია 135 VOC-ს გარდაქმნის საფეხურები და ნაჩვენებია, რომ ჯამში ადგილი აქვს 5900 რეაქციას და 13600 ნივთიერების ფორმირებას სანამ დაიშლება საბოლოო პროდუქტებამდე: ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე. ამ პროცესებზე დიდ გავლენას ახდენს გარემო პირობები, სინათლე, ტენიანობა, მიკრონაწილაკების შემცველობა და ა.შ. ყველა ამ პირობების (ნაცნობი თუ უცნობი) აღწარმოება ლაბორატორიაში შეუძლებელია. ასევე, ატმოსფეროს შესწავლისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ადსორბცია ზედაპირებზე (ნიადაგი, ოკეანეები, აეროზოლები). ასევე გათვალისწინებული უნდა იქნას აბსორბციის სინათლის ტალღის სიგრძესა და ტემპერატურაზე დამოკიდებულება, უნდა გაიზომოს ფოტოდისოციაციის კვანტური გამოსავლიანობა ტალღის სიგრძეს, ტემპერატურასა და წნევაზე დამოკიდებულებით. [2].

საველე გაზომვების მნიშვნელობა

ატმოსფეროს შემადგენლობის მეცნიერული კვლევა დაიწყო მე-18 საუკუნის მეორე ნახევრიდან, დაახლოებით ერთი საუკუნის შემდეგ შონბეინმა აღმოაჩინა და განსაზღვრა ოზონის რაოდენობა ზედაპირულ ჰაერში, მის შემდეგ მეცნიერები განუწყვეტლივ აუმჯობესებდნენ ატმოსფეროს შემადგენლობაში კვალის სახით არსებული გაზების გაზომვის მეთოდებსა და ტექნიკას, თუმცა დაახლოებით ბოლო ორმოცდაათი წელია, რაც მეცნიერებმა დაინახეს კავშირი კვალის სახით არსებულ გაზებსა და გლობალურ ეკოლოგიურ პრობლემებს შორის. აღმოჩნდა, რომ ზოგიერთ გაზებსა და ნაწილაკებს გავლენა აქვთ გლობალურ დათბობაში, გაგრილებაში, ან ორივეში ერთად. მნიშვნელოვანია მათი როლი გლობალურ დათბობაში და მასთან დაკავშირებულ კლიმატის ცვლილებაში, ასევე ეს ინფორმაცია მნიშვნელოვანია მარეგულირებელი და საკანონმდებლო ორგანოებისთვის. სათბურის გაზების კონცენტრაცია განუწყვეტლივ იზრდება და ძალზე მნიშვნელოვანია მათი გაზომვა ატმოსფეროს ტემპერატურის სამომავლო ცვლილებების გასათვლელად. კვალის სახით არსებული გაზების ატმოსფეროში მიმდინარე ქიმიური და ფოტოქიმიური გარდაქმნების შესწავლა და შეფასება გლობალური ეკოლოგიის ყველაზე მნიშვნელოვანი მომენტია. საველე გაზომვები დროისა და სივრცის ფართე მონაკვეთებში მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების შესაფასებლად, ასევე იმისათვის, რომ დავადგინოთ თუ რამდენად ზუსტია ატმოსფეროს სამომავლო შემადგენლობის შეფასების ესა თუ ის მოდელი. ატმოსფეროში მიმდინარე რთული ქიმიური პროცესების შესასწავლად მნიშვნელოვანია საველე გაზომვები, ლაბორატორიული ექსპერიმენტები და კომპიუტერული მოდელირება, თუმცა, თითქმის ყველა ძირითადი მიღწევა ატმოსფერულ ქიმიაში დაიწყო საველე გაზომვებით. შესაბამისი მაღალი მგრძობიარობის და სიზუსტის მეთოდებისა და აპარატურის შემუშავების გარეშე ჩვენ ვერ შევაფასებთ სათბურის გაზების და აეროზოლების გავლენას გლობალურ დათბობაზე, სტრატოსფეროში ოზონის ნახვრეტებს, ჰაერის ხარისხის გაუარესებას ქალაქებში, ატმოსფეროს მჟანგავი უნარის ცვლილებას, რომლებსაც აქვთ პირდაპირი ნეგატიური გავლენა ჩვენს ჯანმრთელობასა და კეთილდღეობაზე.

საველე ატმოსფერული გაზომვების სირთულეები

დღეს-დღეისობით შემუშავებულია მრავალნაირი აპარატურა საველე გაზომვებისთვის უამრავი სხვადასხვა ტიპის გაზების და აეროზოლების ანალიზისთვის. ატმოსფეროს შემადგენელი კომპონენტების მოლური წილი (შერევის თანაფარდობა) მერყეობს პროცენტებიდან მეკვადრილიონედ ნაწილამდე ($ppq=10^{-15}$ მოლი გაზი/მოლ ჰაერი). ძალზე ცვალებადია ასევე ამ გაზების სიცოცხლის ხანგრძლივობაც ატმოსფეროში, რომელიც მერყეობს ათეული ათასი წლიდან წამზე მცირე დრომდეც კი რადიკალების შემთხვევაში. სიცოცხლის ხანგრძლივობა გამოითვლება როცა მისი $1/e$ ნაწილი მოშორდება გარემოდა. ($e=2.71828$) ანუ როდესაც გაზის 37% მოშორდება გარემოს ამ გაზის წყაროს მოშორების შემდეგ. სურათი 1-ზე ნაჩვენებია სხვადასხვა ნაწილაკების სიცოცხლის ხანგრძლივობა და მათი სივრცული განაწილება და შერევა.



სურათი 1. ატმოსფეროში კვალის სახით არსებული გაზების სიცოცხლის
ხანგრძლივობა და განაწილება

ატმოსფერული სიცოცხლის ხანგრძლივობა არის პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს ატმოსფეროში მოხვედრილი გაზის სივრცით სტრუქტურას, გადანაწილებას ის გლობალურად, თუ ლოკალურად. ატმოსფერული ნიმუშების აღების და ნალიზური მეთოდის სწორად შერჩევით აუცილებელია საკვლევი გაზის ატმოსფერული სიცოცხლის ხანგრძლივობის ცოდნა. ატმოსფერული კვალური X გაზის სიცოცხლის ხანგრძლივობა τ , ატმოსფეროდან მოშორების სიჩქარის k' შებრუნებული სიდიდეა ($\tau = 1/k'$). X-ის ატმოსფეროდან მოშორების სიჩქარე არის ფოტოლიზის, მშრალი ან სველი დალექვის (ადსორბციის) და აირად ფაზაში მიმდინარე რეაქციების სიჩქარეების ჯამი. ზოგიერთი ნივთიერებისთვის ფოტოლიზით მოშორება, ან მოშორება ზედაპირზე ადსორბციით დომინირებს, თუმცა ნივთიერების უმეტესობისთვის, აირად ფაზაში მიმდინარე ქიმიური გარდაქმნებია k' -ს მთავარი განმსაზღვრელი, კერძოდ კი OH რადიკალთან ურთიერთქმედებით და აღიწერება შემდეგი განტოლებით:

$$k' = k_{OH+X} + X[OH] \text{ განტოლება 1}$$

სადაც

k_{OH+X} - OH რადიკალსა და X გაზს შორის მიმდინარე რეაქციის სიჩქარის მეორე რიგის რეაქციის კონსტანტაა [OH] -OH რადიკალების კონცენტრაცია

აქედან გამომდინარე ძალზე მნიშვნელოვანია OH-ის კონცენტრაციის ცოდნა, რომლის რაოდენობრივი ანალიზი სერიოზულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული საველე გაზომვებისას. OH-ის, როგორც დომინანტი მჟანგავის როლი ატმოსფეროს ქიმიაში მიგნებულ იქნა 60-70-იანი წლების მიჯნაზე და მის შემდეგ დიდი სამუშაოები იქნა ჩატარებული საველე პირობებში მისი გამზომი ხელსაწყოების შექმნა/დახვეწაში. OH-ის კონცენტრაცია საუკეთესო

პირობებში (მზიანი შუადღე) 0.1 ppt ტოლია (10^6 მოლეკულა/სმ³). ასევე მისი მაღალი რეაქციისუნარიანობის გამო შეუძლებელია მისი ტრადიციული ნიმუშის ამღები მოწყობილობებით შეგროვება, ასევე ძალზე ხანმოკლეა მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა, ამიტომ მისი გაზომვები ადგილზე უნდა ჩატარდეს. ხელსაწყოს უნდა ჰქონდეს მაღალი მგრძობიარობა, დროითი და სივრცითი გარჩევადობა (უნდა იყოს სწრაფი) და გაზომვებს ჰაერში არსებული სხვა ნივთიერებები არ უნდა უშლიდეს ხელს. OH-ის გაზომვისთვის და ასევე ზოგადად ბევრი სხვა სავსე გაზომვებისთვის ზუსტად ეს ბოლო კრიტერიუმი: ხელისშემშლელების მოშორება ყველაზე რთული მისაღწევი. მაგალითად OH-ის გასაზომად 70-იან წლებში შემოთავაზებულ იქნა ლაზერული ფლუორესცენციის მეთოდი (LIF), რომელსაც შესანიშნავი მგრძობიარობა გააჩნდა, თუმცა მრავალი წლის განმავლობაში ვერ ხერხდებოდა ხელისშემშლელი ფაქტორის მოშორება, კერძოდ კი ოზონის ლაზერული ფოტოლიზი, რომლის დაშლის პროდუქტი-ატომური ჟანგბადი ურთიერთქმედებდა წყლის ორთქლის მოლეკულასთან OH-ის წარმოქმნით და მიიღებოდა გაზრდილი მონაცემი 1.5×10^8 მოლეკულა/სმ³ დღისით და 5×10^6 მოლეკულა/სმ³ ღამით. ეს მონაცემები მიღებულ იქნა და დიდხანს იყო მოდელეებში შეცდომის წყარო. 1980-იანი წლების შუახანებში უგულვებელყვეს NASA-ს მიერ ჩატარებული OH-ის გაზომ შედეგები LIF მეთოდით ოზონის ხელისშემშლელი ფაქტორის გამო. ეს ხელისშემშლელი პირობა ახლა კარგად ცნობილია და LIF მეთოდით OH-ის გაზომვა ხდება აღზნების სხვა სქემის და წნევის სხვადასხვა რეჟიმების გამოყენებით რომ მოვიცილოთ O₃-ით გამოწვეული შეცდომა. დღესდღეობით გამოიყენება OH-ის გაზომვის რამდენიმე რუტინული მეთოდი

კვალის სახით არსებული გაზების კონცენტრაცია იცვლება გრძელისა და განედის, სიმაღლის და დღის პერიოდების მიხედვით, ხანდახან ძალზე მცირე დროის განმავლობაში და მრავალი სხვადასხვა ტიპის ინსტრუმენტი და გაზომვების პლატფორმაა საჭირო სრული სურათის დასანახად. ატმოსფერული პირობები (ამინდი, ტემპერატურა, წნევა და ა.შ) იცვლება ძალზე ფართო ზღვრებში რაც დამატებით სირთულეებს ქმნის სავსე გაზომვებისთვის. დღესდღეობით ატმოსფერულ ანალიზებში გამოიყენება სტანდარტული და სპეციფიური კონფიგურაციის ულტრაიისფერი, ხილული, ინფრაწითელი და მიკროტალღური

სპექტროფოტომეტრები, ფლუორომეტრები, ლაზერული სპექტროფოტომეტრები, გაზური ქრომატოგრაფები შეუღლებული კვადრუპოლურ, ფრენის დროის, მაგნიტური სექტორის მას სპექტრომეტრებთან, აეროზოლური და იზოტოპური მას სპექტრომეტრები, სითხური ქრომატოგრაფია, ქიმიური გაძლიერება (მხოლოდ ერთი კომპონენტის ქიმიური გარდაქმნა და შემდეგ აღმოჩენა) და სხვა

მართალია მრავალი ქვეყანა აღიარებს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეულ საფრთხეებსა და რისკებს და ზრუნავს მათ აღმოფხვრაზე, მაგრამ გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ატმოსფერულ ჰაერს საზღვრები არ გააჩნია და მხოლოდ ცალკეულ ქვეყნებში გატარებული ღონისძიებები სასურველ შედეგს ვერ გამოიღებს. ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება შესაძლებელია მხოლოდ ქვეყნების ერთობლივი ძალისხმევით. სწორედ ამიტომ მუშაობენ მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაცია და სხვა გარემოსდაცვითი ორგანიზაციები აქტიურად და ქვეყნებს აღნიშნული პრობლემის შესასუსტებლად რეკომენდაციებსაც სთავაზობენ

ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგი საქართველოში

ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე დაკვირვება და მონიტორინგი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია ჰაერის რეალური მდგომარეობის შესასწავლად და მონაცემების მისაღებად.

1990 წელს საქართველოს 11 ქალაქში მიმდინარეობდა ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგი. სხვადასხვა ქალაქებში ჯამში განთავსებული იყო 33 სტაციონარული ჯიხური (თბილისი-8 ბათუმი-4, ქუთაისი-4, რუსთავი-4, ზესტაფონი-4, სოხუმი-2, კასპი-2, ტყვარჩელი-2, გორი-1, მარნეული-1, ახალციხე-1) და დღე-ღამის განმავლობაში 4-ჯერ ხდებოდა ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაზომვა. ყველა მოქმედ სადგურზე სისტემატურად იზომებოდა: მტვერი (საერთო შეწონილი ნაწილაკები), გოგირდის დიოქსიდი, ნახშირბადის მონოქსიდი და აზოტის დიოქსიდი. ყოფილი საბჭოთა კავშირის პერიოდიდან მოყოლებული საქართველოში ატმოსფერულ ჰაერზე დაკვირვებისას ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერებებიდან შემდეგი მაჩვენებლების გაზომვა ხდებოდა: 1.

მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია (გაზომვის ხანგრძლივობა 20-30 წთ, მგ/მ3); 2. საშუალო კონცენტრაცია: დღელამური და წლიური (მგ/მ3).

ჰაერში არსებული მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციების შეფასება ხდება შესაბამის დადგენილ ნორმებთან შედარებით. კერძოდ, ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებების საშუალო თვიური და წლიური კონცენტრაციების მიღებული მნიშვნელობების შედარება მიმდინარეობს ჩვეულებრივ საშუალო დღელამურ ზდკ-თან, ხოლო 20-30 წუთიანი ხანგრძლივობით გაზომილი ნივთიერების კონცენტრაციები ედრება 20-30 წუთიან ზდკ-ს (ე.წ. მაქსიმალურ ერთჯერად ზდკ-ს)

მე-20 საუკუნის 90-იანი წლების ბოლოდან მოყოლებული მკვეთრად იქნა შემცირებული სადამკვირვებლო ჯიხურების რაოდენობა საქართველოში, შესაბამისად ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაცია საკმაოდ მჭირია.

დღეისათვის ჰაერის ხარისხის სახელმწიფო მონიტორინგს აწარმოებს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს „სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო“. დღეისათვის საქართველოში ჰაერის დაბინძურებაზე დაკვირვება წარმოებს 6 ქალაქში (თბილისი, ქუთაისი, ბათუმი, ზესტაფონი, რუსთავი და ჭიათურა) განთავსებული 10 სადამკვირვებლო სადგურის საშუალებით, რომელთაგან 4 ავტომატური სადგური თბილისში მდებარეობს. ჰაერის ხარისხის მონიტორინგის ქსელის 6 ავტომატურ სადგურზე უწყვეტ რეჟიმში ხორციელდება დაკვირვება შემდეგ დამაბინძურებლებზე: გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), აზოტის დიოქსიდი (NO_2), აზოტის ოქსიდები (NO_x), ნახშირბადის მონოქსიდი (CO), ოზონი (O_3) და მტვრის მცირე ზომის მყარი ნაწილაკები (PM_{10} , $PM_{2.5}$). ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის დადგენა წარმოებს დღის განმავლობაში 3-ჯერ სამუშაო დღეებში. სინჯის აღება არ არის ავტომატიზირებული, გარდა ერთი სადამკვირვებლო სადგურისა, რომელიც დამონტაჟებული იქნა თბილისში 2013 წელს. აღნიშნულ ავტომატურ გამზომ სადგურში დაკვირვება წარმოებს ყოველ წუთს 24 საათის განმავლობაში. 2013 წელს თბილისში ავტომატური სადგურის დამონტაჟება მნიშვნელოვანი წინ გადადგმული ნაბიჯი

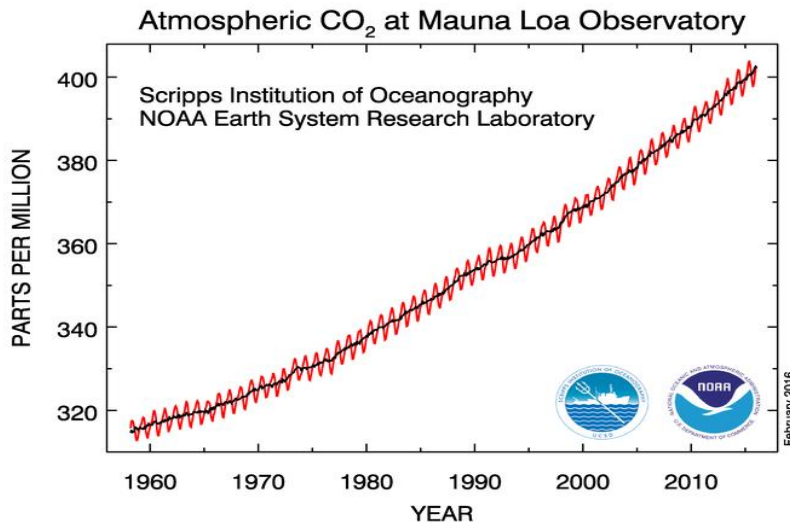
იყო ატმოსფერულ ჰაერზე დაკვირვების ქართული მონიტორინგული ქსელის ევროპულ ქსელთან ინტეგრაციისათვის.

გარემოს ეროვნული სააგენტო სტაციონარულ გაზომვებთან ერთად ჰაერის ხარისხზე დაკვირვებას ქვეყნის სხვადასხვა ქალაქში ინდიკატორული გაზომვების საშუალებითაც ახორციელებს. [2].

ნახშირორჟანგის გავრცელება ბუნებაში

CO₂ -ნახშირბადის უმაღლესი ჟანგეული. აღმოაჩინა შოტლანდიელმა ქიმიკოსმა ჯოზეფ ბლეკმა მაგნიუმის კარბონატის დაშლისას. ნახშირორჟანგი შედის ჰაერის შედგენილობაში 0.03%-ით. ნახშირორჟანგი უფერული, ოდნავ მომჟავო სუნისა და გემოს მქონე აირია, იხსნება წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში. ენერგიულად უერთდება ფუძეებს და წარმოქმნის კარბონატებს. ნახშირორჟანგი მნიშვნელოვანი სათბურის გაზია ინფრაწითელ და ახლო ინფრაწითელ უბნებში ძლიერი შთანთქმის გამო. ნახშირორჟანგის მომცვლა ხდება ფოტოსინთეზის და რესპირაციის (სუნთქვის) გზით. ატმოსფერული ნახშირორჟანგის ნაწილი გახსნილია ზღვებსა და ოკეანეებში. ნახშირორჟანგის შემცველობა განუწყვეტლივ იზრდება 1800-იანი წლებიდან, მისი შემცველობა 35%-ით მეტია ვიდრე ინდუსტრიულ ერამდე - 280±10ppm რამდენიმე ათასწლეულის განმავლობაში. ატმოსფერული CO₂-ის ახლანდელი დონე (394ppm) არ გადაჭარბებულა ბოლო 420 000 წლის განმავლობაში და სავარაუდოდ ბოლო 20 მილიონი წლის განმავლობაში. ნახშირორჟანგის შემცველობის ზრდა უპრეცედენტოა ბოლო 20 000 წლის განმავლობაში მაინც. შემცველობის ზრდა დაჩქარდა ბოლო რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში. ნახშირორჟანგის ფონური კონცენტრაციის გაზომვების დაწყებიდან 1958 წელს მანუა ლოას ობსერვატორიაში (ჰავაი), დონე იყო 320ppm-

ზე ნაკლები, ხოლო 2010 წელს 390 ppm-ზე მეტი (სურ 2) [ESRL Global Monitoring Division](#)



სურათი 2. ფონური CO₂-ის საშუალო კონცენტრაციები 1958 წლიდან დღემდე

ეს ცვლილება ძირითადად გამოწვეულია ანთროპოგენული აქტიურობით, ნამარხი საწვავის დაწვით, ტყეების გაჩეხვით და სხვა აქტივობებით. ადამიანის მოქმედების შედეგად გამოწვეულმა ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდამ ატმოსფეროში წვლილი შეიტანა გლობალურ დათბობაში გაზრდილი სათბურის ეფექტით. ნახშირორჟანგის ფონური კონცენტრაციის ცვლილება მკაცრად სეზონური ხასიათისაა და ემთხვევა დედამიწის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროზე სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების მომწიფების სეზონს. სხვა გაზების შემცველობა გაცილებით მცირეა მთავარ კომპონენტებთან შედარებით და ამიტომ მათ ეწოდებათ კვალური გაზები. მიუხედავად მათი მცირე რაოდენობისა, მათ აქვთ ძალზე დიდი გავლენა გარემოს დაცვითი კუთხით, მაგალითად სათბურის ეფექტსა და ატმოსფეროს დაბინძურებაში.

ანთროპოგენული წარმოშობის CO₂-ის უმთავრესი წყარო წიაღისეული საწვავის მოხმარებაა, რაც ნახშირბადის დიოქსიდის საერთო გლობალური ემისიის დაახლოებით 80%-ს შეადგენს. სათბური ეფექტის მქონე გაზები აკავებენ დედამიწიდან არეკლილი თბური სხივების ატმოსფეროდან გაღწევას, რის შედეგადაც ირღვევა სითბური ბალანსი და

დედამიწაზე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა იწყებს ზრდას. XX საუკუნის დასასრულს ატმოსფეროში ნახშირბადის დიოქსიდის კონცენტრაციამ მთელი 30%-ით მოიმატა და დედამიწის სითბური ბალანსის შეცვლა გამოიწვია. ასეთი მავნე ზეგავლენა აღმოაჩნდა, აგრეთვე, მეთანს, აზოტის მონოქსიდს და წვის პროდუქტებს - ნახშირბადის მონოქსიდსა და აზოტის სხვა ოქსიდებს. ბოლო შეფასებებით, კიდევ უფრო გაფართოვდა გლობალური კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების არეალი და აშკარა გახდა მისი გავლენა კლიმატის ისეთ ელემენტებზე როგორცაა ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურა, საშუალო კონტინენტური ტემპერატურები ტროპიკული ქარიშხლების სიძლიერე და ინტენსივობა. დადგენილია, რომ 1850 წლიდან მოყოლებული საშუალო გლობალურმა ტემპერატურამ დაახლოებით 0.74°C -ით მოიმატა. [9].

ნახშირყანგის გავრცელება ბუნებაში

ნახშირბადის მონოქსიდი - CO

ნახშირბადის არასრული წვის პროდუქტია და წარმოიქმნება საწვავის არასრული წვისას, რასაც განაპირობებს არასაკმარისი ტემპერატურა ან შიდა წვის ძრავაში მოუწესრიგებელი ჰაერის მიმწოდებელი სისტემა. ემისიის ძირითადი წყაროა ნავთობისა და ქვანახშირის წვა, მეტალურგიული წარმოება, ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი. ამ მხრივ ავტომობილი ერთ-ერთ პირველ ადგილზეა.

შიდაწვის ძრავებში საწვავის წვისათვის ოპტიმალური პირობები მხოლოდ გარკვეულ სამუშაო რეჟიმში მიიღწევა, როდესაც ძრავა დაახლოებით 75% დატვირთვით მუშაობს, CO-ს გამოყოფა ამ დროს მინიმალურია, ხოლო ძრავის უქმ რეჟიმში მუშაობისას გამონაბოლქვში მისი შემცველობა განსაკუთრებით მატულობს. ნახშირბადის მონოქსიდის გარემოში გამოყოფის თავიდან აცილების ერთ-ერთი საშუალებაა ავტომობილის მაცუქში დამონტაჟებული სპეციალური კატალიზატორი, რომელიც საწვავის ბოლომდე, CO₂-მდე დაჟანგვას უწყობს ხელს.

ფართოდაა ცნობილი ნახშირბადის მონოქსიდის მხუთავი აირის ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე. მაგარამ ატმოსფერულ ჰაერში CO-ს დაბალი კონცენტრაციის და მისი სწრაფი მჟანგველობითი უნარის გამო, ის, როგროც წესი, არ იწვევს მასიურ მოწამვლას, თუმცა, ზოგიერთ პირობებში CO-თი ჰაერის ლოკალურმა დაბინძურებამ შეიძლება განსაკუთრებით საშიშ ზღვრებს მიაღწიოს. ეს ხდება, მაგალითად, დიდი ქალაქებისა და ავტოსტრადების თავზე, როდესაც მაღალი ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურული ინვერსიის გამო ჰაერის მასების გადაადგილება იზღუდება ნახშირბადის მონოქსიდი თავისი ტოქსიკურობით მიეკუთვნება საშიშროების მე-4 კლასს. CO გამოდევნის ჟანგბადს სისხლის ოქსიჰემოგლობინიდან, რაც ზრდის ჟანგბადის ნაკლებობას სისხლში ჰიპოქსემია, ან იწვევს ჟანგბადის უქონლობას ანოქსემია. [10].

აზოტის ოქსიდები

აზოტის ოქსიდების რადილაკებს ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) მნიშვნელოვანი როლი აქვთ ტროპოსფეროში ოზონის წარმოქმნასა და სტრატოსფეროში მის დეგრადაციაში. NO_x და მათი გარდაქმნის პროდუქტების: პეროქსი-ნიტრატების, ალკილ-ნიტრატების და აზოტმჟავას კონცენტრაციების ზუსტი გაზომვა მაღალი მგრძნობიარობით ძალზე მნიშვნელოვანია ჰაერის ხარისხის შეფასებისთვის. ასევე მნიშვნელოვანია მათი შესწავლა ხანძრების და აფეთქებების შესწავლისას. სირთულეს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ NO_2 -ის განსაზღვრისას, ხელისშემშლელია სხვა NO_x -ები. ასევე მისი კონცენტრაცია ძლიერ ცვალებადია დროსა და სივრცეში, ხოლო კიდევ უფრო მეტად ხანძრის სიახლოვეში, მაღალ სიმაღლეებზე, მისი კონცენტრაცია ძალზე დაბალია, დაახლოებით 1-2 ppt. ამიტომ ძნელია ერთი უპირატესი მეთოდის არჩევა. ინფრაწითელი სპექტროსკოპია, ულტრაიისფერ-ხილული სპექტროსკოპია, ლაზერული ფლუორესცენცია და ქემილუმინესცენცია ერთობლივად გამოიყენება აზოტის ოქსიდების კვლევისთვის. ასევე შესაძლებელია აზოტმემცველი ნაერთების ჯამური კონცენტრაციის დადგენა მათი NO_2 -მდე აღდგენით. [7].

მეთოდები

ფლუორესცენტული სპექტროსკოპია

ფლუორესცენტული სპექტროსკოპია ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე მგრძობიარე და სპეციფიური მეთოდია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ატმოსფეროს კვლევაში. ფლუორესცენტული მეთოდები გამოიყენება კვალის სახით არსებული გაზების აღმოსაჩენად, მათ შორის OH, NO, NO₂, Cl, Br, CO, და სხვა. ამ მეთოდის ერთ-ერთი უპირატესობა არის მაღალი სპეციფიურობა, რომლის მეშვეობითაც „ცრუ სიგნალები“ და სხვა ხელისშემშლელი ფაქტორები ან მთლიანად გამოირიცხება, ან ადვილია მათი გათვლა და გათვალისწინება.

ფლუორესცენცია, ეს არის ატომის, ან მოლეკულის თვისება სპონტანურად გამოსახვიოს სინათლე აღზნებული ენერგეტიკული მდგომარეობიდან ნულოვან ენერგეტიკულ მდგომარეობაში გადასვლისას. ფლუორესცენციის დროს მოლეკულა აღზნებული ელექტრონული ენერგეტიკული დონიდან გადადის ნულოვანი ელექტრონული ენერგეტიკული დონის მაღალ ვიბრაციულ ქვედონეზე, ხოლო ჩაქრობა შესაძლოა გამოიწვიოს სხვა, მეზობელ მოლეკულებთან (M) შეჯახებამ, რომელიც ატმოსფეროს შემთხვევაში როგორც წესი აზოტი ან ჟანგბადია. ჩაქრობის შედეგად ხდება ენერჯის მოშორება, რომელიც გარდაიქმნება სითბურ მოძრაობად, ან არაფლუორესცენცირებადი მოლეკულის შინაგან ენერჯიად. ასევე შესაძლოა მოხდეს ჩაქრობა დაჯახებების გარეშე და ადგილი ჰქონდეს შინაგანი გარდაქმნის, ინტერკომბინაციური კონვერსიის, ან დისოციაციის პროცესებს.

შინაგანი გარდაქმნის დროს აღზნებული ენერგეტიკული დონე გარდაიქმნება ნულოვანი დონის როტაციულ და ვიბრაციულ ქვედონეებად;

ინტერკომბინაციური კონვერსიისას ადგილი აქვს სისტემის მულტიპლეტობის შეცვლას ენერჯის ცვლილების გარეშე;

ბოლოს, აღზნებულ ენერგეტიკულ დონეზე გადასვლის შემდეგ შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს მოლეკულის დისოციაციას.

ფლუორესცენტული სიგნალი S (ფოტონების რიცხვი წამში) მოცემულია შემდეგი განტოლებით:

$$S=RQC \text{ განტოლება 2}$$

სადაც: **R**- აღზნების სიჩქარეა, **Q**-ფლუორესცენციის კვანტური გამოსავალი, **C**- ინსტრუმენტის შეგროვების ეფექტურობა, **R** პირაპირპროპორციულია ფლუორესცენციის უნარის მქონე ნივთიერების კონცენტრაციის -c და ოპტიკური მანძილის-1, ფლუორესცენციის კვანტური გამოსავალი **Q**, მარტივად რომ ვთქვათ წარმოადგენს შთანთქმული და გამოსხივებული ფოტონების ფარდობას, ხოლო **C** წვერი დამოკიდებულია ხელსაწყოზე. **ფონური ხმაური** (შემოკლებით ფონი) ანუ იგივე ნულოვანი სიგნალი (ნული) ფლუორესცენტული ინსტრუმენტებისთვის შედგება რამდენიმე წვერისაგან:

$$B=B_{\text{კამერა}}+B_{\text{გაფანტვა}}+B_{\text{მზე}}+B_{\text{PMT}}+B_{\text{ინტერფერენცია}} \text{ განტოლება 3}$$

სადაც: **B** - ჯამური ფონური სიგნალია; **B_{კამერა}** - ოპტიკური უჯრედის მიერ სინათლის გაფანტვით გამოწვეული სიგნალი; **B_{გაფანტვა}** - წნევაზე დამოკიდებული რამანის, რაილის და მეის გაფანტვა; **B_{მზე}** - ხმაური გამოწვეული მზის სინათლის მიერ; **B_{PMT}** -ფოტო-გამაძლიერებელი მილაკის (PMT) ფონური ხმაური; **B_{ინტერფერენცია}** - დროის მიხედვით ცვალებადი სიგნალი, რომელიც გამოწვეულია სხვა პოტენციური წყაროებიდან, მაგალითად ატმოსფეროში შემავალი სხვა გაზების ფლუორესცენციით.

ფონური სიგნალის გასაზომად და შემდგომ გასათვალისწინებლად, იყენებენ ე.წ „ნულოვანი ჰაერის“ გამოყენებას, როდესაც საანალიზო უჯრედში შემავალი ჰაერი გასუფთავებულია საკვლევი კომპონენტებისგან, ან პერიოდულად თიშავენ აღზნების სინათლის წყაროს, ამ დროს ფიქსირდება მხოლოდ ფონური სიგნალი.

ზოგადად, ნებისმიერი გაზომვისთვის დამახასიათებელია ფონური ხმაურის არსებობა და ექსპერიმენტატორისთვის მნიშვნელოვანია რაც შეიძლება შეამციროს ის, რომ სიგნალის (S) მნიშვნელობა გაცილებით მაღალი იყოს ფონისაზე: $S \gg B$. ფლუორესცენტულ ხელსაწყოებში ფონური ხმაური ძალზე ახლოსაა ნულთან.

საკვლევი ნივთიერების მოცულობითი წილი (χ), დაკავშირებულია ფლუორესცენტულ სიგნალთან (S) შემდეგი განტოლებით:

$$\chi = \frac{S}{\alpha} \text{ განტოლება 4}$$

სადაც α წარმოადგენს ხელსაწყოს კალიბრაციის მუდმივას, ხოლო S ტოლია ჩაწერილ „ნედლ“ სიგნალს (S+B) გამოკლებული ფონი (B). [6].

ულტრაიისფერ-ხილული ოპტიკურ აბსორბციული დიფერენციალური სკანირების სპექტროსკოპიის (UV-VIS DOAS) გამოყენება ატმოსფეროს კვლევებში.

დიფერენციული ოპტიკურ-აბსორბციული სპექტროსკოპია ფართოდ გამოიყენება ატმოსფეროს შემადგენლობის კვლევაში. ის ტროპოსფეროს და ატმოსფეროს თითქმის ყველა დაშორებული ანალიზის საფუძველია.

სინათლე გაივლის ატმოსფეროს ფენებს, რომლის მანძილი ხშირად რამდენიმე კილომეტრია და ხდება მისი დაფიქსირება, ან ხდება ერთხელ არეკლილი სინათლის დაფიქსირება. ამ ტიპის გაზომვებს გრძელ-ოპტიკურ მანძილიანი DOAS LP-DOAS, ან აქტიური DOAS ეწოდება.

ულტრაიისფერ-ხილული სპექტროსკოპია ძირითადად გამოიყენება ატმოსფეროში რადილაკების კონცენტრაციის გასაზომად, რომელთა კონცენტრაციები ppt დონეზეა.

DOAS სპექტროსკოპიისთვის მისაღები შთანთქმის პროფილი ატმოსფეროს შემადგენელ მრავალ მნიშვნელოვან კომპონენტს გააჩნია. მაგალითად, NO- ს შთანთქმის დიაპაზონია 200-230 ნმ, ხოლო აღმოჩენის ზღვარი 50 ppt. NO₂-ის შთანთქმის დიაპაზონია 330-500 ნმ და აღმოჩენის ზღვარი ასევე 50 ppt. [6]

CO₂-ს განსაზღვრა ხდება შემდეგი მეთოდების გამოყენებით: ინფრაწითელი აბსორბციული სპექტროსკოპია, ქრომატოგრაფიული მეთოდებით, ოპტიკური ღრუს სპექტროსკოპიით და სატელიტურით (გაზომვები კოსმოსიდან)

CO-ს განსაზღვრა ხდება : ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით, ფლუორესცენცენტული მეთოდით, ქრომატოგრაფიული მეთოდით. სატელიტური (გაზომვები კოსმოსიდან), მყარფაზიანი სენსორების საშუალებით.

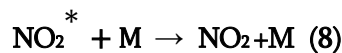
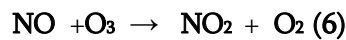
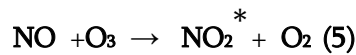
ატმოსფეროს ანალიზის ქიმიური მეთოდები

ანალიზის ქიმიური მეთოდების დროს საკვლევი ნივთიერების გაზომვისთვის ხდება მისი ქიმიური გარდაქმნა (დერივატიზაცია). ატმოსფერული ანალიზების ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ქიმიური მეთოდი არის ქემილუმინესცენციური მეთოდი. ქემილუმინესცენცია, ეს არის ქიმიური რეაქციის შედეგად სინათლის გამოსხივების მოვლენა. ფლუორესცენტული ნივთიერებები წარმოადგენენ რეაქციის საწყის რეაგენტებს, ან პროდუქტებს. ეს მოვლენა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ატმოსფეროს შემადგენლობაში შემავალი მრავალი ნივთიერება. ქემილუმინესცენციური მეთოდით იკლავენ მაგალითად O₃-ის შემცველობას მისი რეაქციით სხვადასხვა თხევად თუ მყარ საღებავთან. ეს მეთოდები ძალზე სწრაფი და მარტივია, უფრო ზუსტი და საიმედო შედეგებისთვის, იყენებენ O₃-ის NO-სთან ქემილუმინესცენციურ რეაქციას, ასევე შებრუნებითაც, NO და NO₂-ის შემცველობა იზომება მათი O₃-თან რეაქციით. O₃-ის მსგავსად NO₂-ის კონცენტრაციაც შეიძლება გაიზომოს მისი თხევად თუ მყარ საღებავებთან ურთიერთქმედებით, ამასთან მსგავსი მეთოდით შესაძლოა გაიზომოს არა მარტო აზოტის დიოქსიდი, არამედ მთელი რიგი ორგანული პეროქსი რადიკალებიც, მათი გარდაქმნის

შედეგად წარმოქმნილი NO₂-ის გაზომვით. ასევე, ხშირად შესაძლებელია ჰაერის გატარება სითხეში (როგორც წესი წყალში) და იქ ჩაჭერილი კომპონენტების შემდგომი განსაზღვრა ხშირ შემთხვევაში ფლუორესცენტული, ან ქემილუმინესცენციური გარდაქმნების შემდეგ. [6].

აზოტის ოქსიდების (NO, NO₂, NO_x) განსაზღვრა O₃-თან ქემილუმინესცენციით

რეაქტიული აზოტი ატმოსფეროში ძირითადად ხვდება NO-ს სახით, რომელიც რამდენიმე წუთში იჟანგება NO₂-მდე. შემდგომი ჟანგვით წარმოიქმნება აზოტის სხვა ოქსიდები (NO_x). აქტიური აზოტი (NO_x=NO+NO₂) ძალზე დიდ გავლენას ახდენს ტროპოსფეროში O₃-ის წარმოქმნაზე და სტრატოსფეროში მის კატალიზურ დაშლაზე. NO ს ქემილუმინესცენციური რეაქცია O₃-თან გაზურ ფაზაში დეტალურადაა შესწავლილი. NO-სა და O₃-ის ურთიერთქმედების შედეგად ნაწილი გარდაიქმნება ალგუნებულ მდგომარეობაში მყოფ NO₂-ად, რომელიც შემდგომში ასხივებს ან ხდება მისი ჩაქრობა სხვა მოლეკულებთან დაჯახებით.



NO₂-ის გარდაქმნა NO-ში



გამოსხივებული ტალღის სიგრძეა 590 ნმ-დან 1100 ნმ-მდე. 2*-ის გამოსხივების ინტენსივობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, რადგანაც ტემპერატურის გავლენით იცვლება აღგზნებული აზოტის დიოქსიდის წარმოქმნის სიჩქარე (კერძოდ, იზრდება ტემპერატურის გაზრდისას). [7].

NO_x-ის გაზომვა

NO და O₃-ს შორის მიმდინარე რეაქცია, შესაძლოა გამოყენებული იქნას მათ გასაზომად ჰაერში. მსგავსად ფლუორესცენტული სპექტრომეტრებისა, ამ შემთხვევაშიც მიმართავენ შემცირებულ წნევას (რომ შემცირდეს დაჯახებებით ჩაქრობის ალბათობა) და ასევე ზრდიან სარეაქციო უჯრედის ტემპერატურას, თუმცა 30-40°C-ზე მეტს არ იყენებენ, რადგანაც ფოტოგამაძლიერებელ დეტექტორში ხვდება ბევრი ინფრაწითელი გამოსხივება, რაც ზრდის ფონურ ხმაურს. ამ ხმაურის შესამცირებლად, ხშირად აცივებენ ფოტონ-გაგამრავლებელ მილაკს (PMT)-ს. ხელსაწყოში საანალიზო ჰაერი და ოზონით გამდიდრებული სუფთა ჰაერი შედის სარეაქციო კამერაში, სადაც დაბალი წნევაა (15 მილიბარამდე), კამერის თავზე მოთავსებულია ფოტოგამაძლიერებელი მილაკი, რომელიც აფიქსირებს ფლუორესცენციას. NO₂-ის დასაფიქსირებლად, ის ჯერ კატალიზური აღდგენის კამერაში გადაყავთ NO-ში და შემდეგ ზომავენ, ანუ ჯერ ზომავენ NO-ს, შემდეგ იგივე ჰაერში ყველა NO₂ გადაყავთ NO-ში, ხოლო პირველ და მეორე გაზომვებს შორის სხვაობა NO₂-ის რაოდენობას შეესაბამება. არსებობს ხელსაწყოები სადაც ორივე პროცესი პარალელურ რეჟიმში მიმდინარეობს. თანამედროვე ხელსაწყოებში აღმოჩენის ზღვარი რამდენიმე ppt დონეზეა, ხოლო რაოდენობრივი განსაზღვრის ზღვარი 30-50 ppt-დან იწყება. რაც უფრო მეტ დროს დაჰყოფს ჰაერი რეაქტორში, მგრძობიარობა იზრდება, თუმცა ნაკლებია ანალიზების სისწრაფე. სწრაფი ანალიზები კი აზოტის ოქსიდების სივრცული განაწილების ზუსტი სურათის ნახვის საშუალებას იძლევა. [8].

ექსპერიმენტული ნაწილი

გამოყენებული აპარატურა

ექსპერიმენტში გამოყენებული იქნა ECO Physics წარმოების NO_x ანალიზატორი CLD 780 TR, რომელიც აღჭურვილია ოზონის გენერატორით, ხელსაწყოსთან დაკავშირებულია ჟანგბადის ბალონი, რომელიც უზრუნველყოფს ოზონის წარმოქმნას და NO, NO₂ უწყვეტი ანალიზის საშუალებას იძლევა. განსაზღვრის დიაპაზონი არის 1 ppb-დან ზემოთ, ხოლო აღმოჩენის ზღვარი 0.4 ppb. [3]

NO-ს გასაზომად ხელსაწყო მუშაობს შემდეგ რეჟიმში:

Zero - ნულოვანი რეჟიმი, O₃ გენერატორი არაა ჩართული.

M- Measure - გაზომვის რეჟიმი, O₃ გენერატორი ჩართულია.

NO-ს რაოდენობის გამოითვლება შემდეგნაირად

$$[\text{NO}] = (\text{M-Z (cps)}) \times \text{მგრძნობიარობა (PPB/CPS)}$$

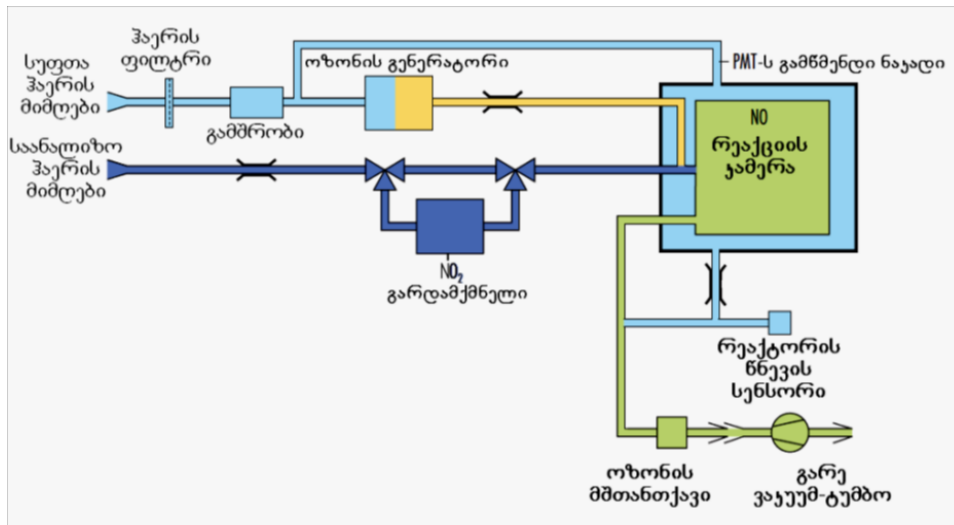
NO₂-ის გასაზომად, ხელსაწყო მუშაობს ჩართული **NO₂**-ის გარდამქმნელით

$$[\text{NO}_2] = [\text{NO}]_{\text{გარდ.}} - [\text{NO}]$$

ემატება ორი რეჟიმი:

I-ნულოვანი ჩართული **NO₂**-ის გარდამქმნელით, O₃ გენერატორი არაა ჩართული.

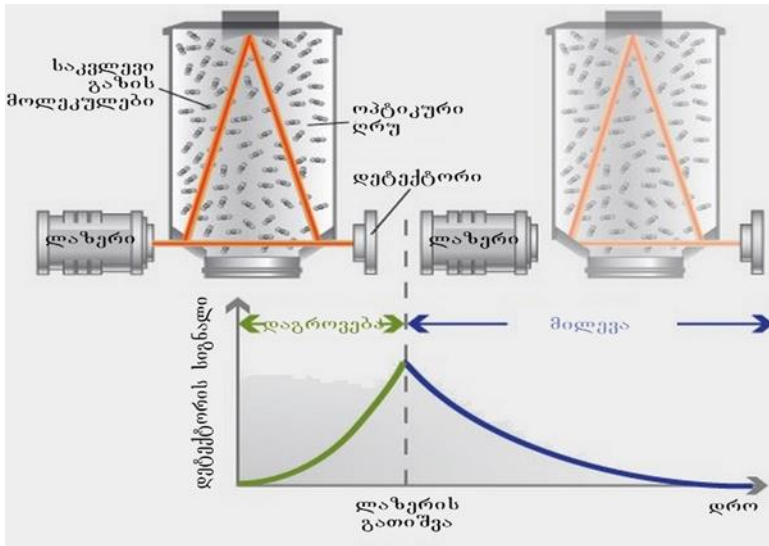
L-გაზომვა ჩართული **NO₂** გარდამქმნელით, O₃ გენერატორი ჩართულია



სურათი 3. NO_x ანალიზატორის სქემა. [11].

ხოლო CO, CO₂ და CH₄ ვზომავთ ოპტიკური ღრუს სპექტროსკოპიით Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS).

ექსპერიმენტში გამოყენებული იქნა ოპტიკური ღრუს სპექტროსკოპია Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS) რომლითაც მოვახდინეთ როგორც CO –ს ისე CO₂-ის განსაზღვრა თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში



სურათი 4. ოპტიკური ღრუს სპექტროსკოპის მუშაობის პრინციპი

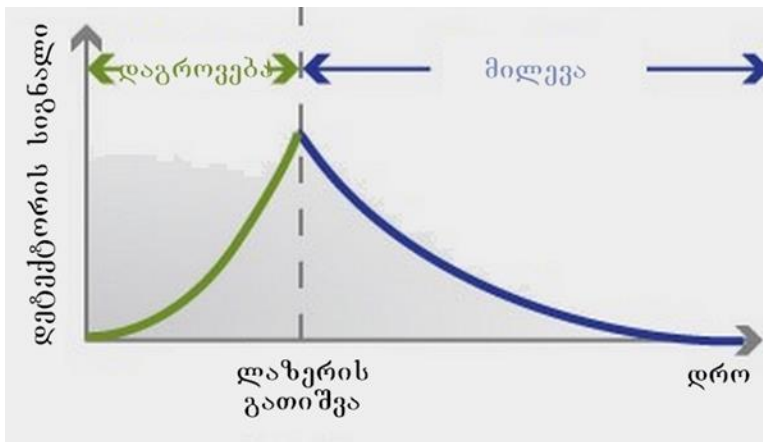
ყველა გაზის მოლეკულას აქვს უნიკალური შთანთქმის სპექტრი ახლო ინფრაწითელ უბანში, ის შესაბამის ატმოსფერულ წნევაზე შედგება ვიწრო სერიული ხაზებისგან, თითოეული დამახასიათებელ ტალღის სიგრძეზე. რადგან ეს ხაზები ცნობილია და შესაბამისად ტალღის სიგრძეც. გაზის კონცენტრაცია შეიძლება გაიზომოს აბსორბციის სიძლიერით. მაღალი სპეციპიკის აბსორბციული პიკით, მაგრამ პირობითად ინფრაწითელ სპექტრომეტრმა გაზის კვალის აბსორბცია, რომ გაზომოს საუკეთესო მგრძობელობა იქნება მემილიონედი ნაწილის გაზომვა. CRDS სპექტრომეტრი გვაშორებს ამ მგრძობიარობის ზღვარს და ეფექტურობა ვლინდება მრავალკილომეტრიანი გზის გავლის საშუალებით. ეს შესაძლებლობას იძლევა წუთში ან უფრო ნაკლებ დროში დავაფიქსირით გაზის მოლეკულების მემილიარდედი ან ზოგიერთის შემთხვევაში მეტრილიონედი ნაწილი

CRDS სპექტროსკოპიაში სხივი დიოდური ლაზერიდან შედის ოპტიკურ ღრუში და მიმართულება ეძლევა 2 ან 3 ამრეკლი სარკით. ჩვენს მიერ გამოყენებული Picarro-ს ანალიზატორი იყენებს 3 სარკიან ოპტიკურ ღრუს, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები. გადაცემას ღრუს ორ სარკეზე, ხმაურთან ერთად. როცა ლაზერი ჩართულია ღრუ ივსება სწრაფად

ცირკულირებადი ლაზერის ნათებით, სწრაფი ფოტოდეტექტორი ამოიცნობს მცირე სინათლის ტალღასაც რომელიც გამოდის ერთ ერთი სარკიდან და იძლევა სიგნალს ,იგი პირდაპირპროპორციულია ღრუში სინათლის ინტენსივობის.

როცა ფოტოდეტექტორის სიგნალი აღწევს მისაღებ დონეს (სულ მცირე 10 მიკროსეწამში) ტალღის გამაგრძელებელი ლაზერი დაუყოვნებლივ გამოირთვება. ღრმულში არსებულ სინათლე აგრძელება მოძრაობას ორ სარკეს შორის დაახლოებით 100000 ჯერ. მაგრამ რადგან სარკეებს აქვთ 100 % -ზე ნაკლები ამრეკლობა , სინათლის ინტენსივობა ღრუში კონტროლდება რომ ცნობილი გახდეს ნულამდე ექსპონენციალური დაკლება. კლება ანუ rind-down იზომება რეალურ დროში ფოტოდეტექტორით და გარკვეული დროის შემდეგ ხდება სხივის შემცირება მხოლოდ ამრეკლი სარკეებით(ღრმულის დაცარიელებამდ). გასათვალისწინებელია რომ picaro-ს ღრმული არის მხოლოდ 25 სმ სიგრძის და ეფექტური გასავლელმა გზამ ღრმულთან ერთად შეიძლება მიაღწიოს 20 კილომეტრზე მეტს.

თუ ოპტიკურ ღრუში გვაქვს გაზის მოლეკულები გვაქვს, რომელიც აბსორბირებას ახდენს, ლაზერიდან გამომავალი სინათლე რამდენიმე წამით ნაკლებ დროში გაივლის ღრმულს, და ეს დრო ედარება იმ დროს როცა სხივი ღრმულში გადის რაიმე აბსორბირებადი ნივთიერების გარეშე, როცა სხვადასხვა გაზის სახეობას სხვადასხვა აბსორბცია გააჩნია,



სურათი 5. სიგნალის დაგროვება და დაცლა მშთანთქმელი ნიმუშით და მის გარეშე ოპტიკურ დრუმში

picarro-ს აპარატი ავტომატურად ითვლის და ადარებს დროის შემცირებას დრუმში აბსორბირებად გაზის სახეობაზე დამოკიდებულების მიხედვით, გაზით და გაზის გარეშე

ლაბორატორიის აღწერა:

კვლევები ჩატარდა ატმოსფეროს კვლევებისა და სიმულაციის ლაბორატორიაში ეს არის მეორე SMART ლაბორატორია, რომელიც თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და იულისხის კვლევითი ცენტრის თანამშრომლობის საფუძველზე და ქალაქ თბილისის მერიის და გარემოს ეროვნული სააგენტოს მხარდაჭერით დაფუძნდა 2017 წლის 29 სექტემბერს. კერძოდ, იულისხის კვლევითი ცენტრის ენერჯიებისა და კლიმატის ინსტიტუტის-ტროპოსფეროს (ინსტიტუტის აბრევიატურაა **FZJ IEK-8**) და თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტს შორის. ლაბორატორია განთავსებულია თსუ II კორპუსში.

ლაბორატორიამ 2017 წლის 26 დეკემბრის ქალაქ თბილისის მუნიციპალიტეტის მთავრობის №48.22.980 განკარგულების საფუძველზე მოიპოვა დაფინანსება თბილისში ატმოსფეროს შესწავლისთვის. პროექტის ხელმძღვანელია თსუ ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ასისტენტ-პროფესორი გიორგი ჯიბუტი, კვლევებში ჩართულები არიან ახალგაზრდა მკვლევარები (თსუ-ს სტუდენტები).

გარდა რუტინული ანალიზებისა, რომლის საფუძველზეც ხდება ჰაერის ხარისხის შეფასება, ლაბორატორიაში ასევე პრიორიტეტულია ღრმა კვლევითი სამუშაოები, რომლებიც მოიცავს ატმოსფეროს დეტალურ ანალიზს და მოდელირებას, ასევე ანალიზის ახალი მეთოდებისა და ტექნიკის შემუშავებას, მათ შორის ატმოსფეროს ანალიზისთვის დრონების შექმნას.

AtmoSim ლაბორატორია იქნება IEK-8 ინსტიტუტის შესაბამისი ლაბორატორიის ანალოგი, სადაც შესაძლებელი იქნება განისაზღვროს ატმოსფეროს ისეთი დამაბინძურებლები როგორებიცაა აზოტის ოქსიდები, ნახშირორჟანგი, ნახშირჟანგი, მეთანი და სხვა აქროლადი ნახშირწყალბადები, ოზონი და მიკრონაწილაკების შემცველობა.

ანალიზური აპარატურის ძირითადი ნაწილი თსუ-ს გადმოეცემა უსასყიდლოდ იულისის კვლევითი ცენტრის მიერ:

- ECO PHYSICS მოდელი: CLD 780 TR- NO და NO₂ გაზომვა ოზონ-ქემილუმინესცენციის საფუძველზე.
- Ansyco მოდელი: O₃ 41 M- ოზონის გაზომვა ულტრაიისფერი ფოტომეტრიის საფუძველზე
- PICARRO CRDS Analyzer – CO, CO₂, CH₄, H₂O ანალიზატორი ღრუოვანი სპექტროსკოპიის საფუძველზე.
- Grimm Aerosol Technik მოდელი: 11.09 აეროზოლების მონიტორინგი სინათლის გაბნევის საფუძველზე.

ლაბორატორიის უნიკალურ შესაძლებლობას წარმოადგენს შეაგროვოს ნიმუშები ნებისმიერ დროს და ადგილას სპეციალურ ბალონებში და მოახდინოს მათი ანალიზი (არა მხოლოდ online გაზომვები).

ანალიზის პირობები

ნიმუშის ასაღებად ვიყენებდით სპეციალურ ნიმუშის ამღებ ბალონებს.სანამ ნიმუშს ავიღებთ ამ ბალონებს ვრეცხავთ ინერტული აირით, არგონით.ბალონს არგონით ვავსებდით ისე რომ წნევა მასში ყოფილიყო 2,5-3.შემდეგ drein-ით ჩამოგვყავდა 0,99- მდე და ბოლოს ვაკუუმით წნევა ჩამოგვყვს 0.2-მდე.ამას ვიმეორებთ სამჯერ რათა ბალონები კარგად გარეცხილიყო და გარეცხვის შემდეგ ვახდენდით ბალონების ვაკუუმირებას, რის შემდეგაც უკვე შესაძლებელი იყო მისი ანალიზისთვის გამოყენება.ანალიზის დაწყებამდე მათ შემდგომ ვამაგრებდით სპეციალურ საფარს რომელზეც დამაგრებული იყო ტეფლონის 20სმ კაპილარი. ნიმუშის აღებას კაპილარის გარეშე ესაჭიროება რამდენიმე წამი,თუმცა ამ კაპილარის დანიშნულებაა,რომ ნიმუშის აღების ხანგრძლივობა გაიზარდოს რათა მივიღოთ საშუალო შედეგი,რომელიც რეალურ შედეგებთან იქნება უფრო ახლოს.ჩვენს ანალიზებში ნიმუშის აღების ხანგრძლივობა იყო 20 წუთი.ჰაერის ანალიზი ჩავატარეთ თბილისში ყველაზე მეტად გადატვირთული მოძრაობის მქონე ტერიტორიაზე კერძოდ , ჭავჭავაძის გამზირზე ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიმდებარე ტერიტორიაზე პიკის საათებში. პიკის საათებში მოიაზრება დილის 8-დან 12- მდე ხოლო საღამოს 17-დან 22-მდე. მონიშნული გვექონდა სამი წერტილი სწორხაზოვნად, პირველი და მეორე კორპუსების შუა ტერიტორია.

1. ჭავჭავაძის გამზირი 2.უნივერსიტეტის შუა ნაწილი 3.უნივერსიტეტის უკანა შესასვლელ კარი.

ჩვენი მიზანი იყო დაბინძურების შეფასება პიკის საათებში. პარალელურად ვზომავდით ტენიანობას და ტემპერატურას. ანალოგიურად ჩავატარეთ ჰაერის ანალიზი ვარაზის ხევის მიმდებარე ტერიტორიაზე.მოვნიშნეთ სამი წერტილი:1.ვარაზის ხევის დასაწყისში 2.

ვარაზის ხევის მხარეს უნივერსიტეტის კიბეებთან ქვემოთ 3.ვარაზის ხევის მხარეს უნივერსიტეტის კიბეების ზემოთ.

სამივე წერტილზე განლაგებული იყო 2-2 ბალონი. 2 ბალონს ერთ წერტილზე ვიყენებდით იმისთვის, რომ შეგვეფასებინა ცდომილება. სულ ვიყენებდით 6 ბალონს. ყველა ბალონის გახსნა და დაკეტვა ხდებოდა ერთსადიმავე დროს. ნიმუშის აღებისთანავე ვახდენდით მათ გაანალიზებას, რადგან ბალონებში წნევა იყო დაბალი 0.50-0.55 არგონით ვანზავებდით, რომ გვყოფნოდა ანალიზების ორ ციკლზე განზავებას ვახდენდი 2.5-3.0-მდე. გარდა ამისა ანალიზის დროს კამერით ვიღებდით ქუჩას და ვითვლიდით მანქანების რაოდენობას კატეგორიის მიხედვით:

სატვირთოს, მსუბუქს, მოტოს, მარშუტკას, ყვითელ და ლურჯ ავტობუსებს ცალ-ცალკე,რათა შემდგომ პარალელი გაგვეკეთებინა დაბინძურების ხარისხსა და მანქანების რაოდენობასა შორის.ანალიზს ვაკეთებდით, როგორც სამუშაო,ასევე დასვენების დღეებში.იმის მიუხედავად, რომ ნიმუშს ვიღებდით განტვირთვის საათებში მანქანების რაოდენობას შორის კრიტიკულ საათებთან შეგარებით სხვაობა იყო 200-500 რაოდენობით.,რასაც თავისთავად უნდა გამოწვია დამაბინძურებელი, კომპონენტების პირველ რიგში კონცენტრაციის ცვლილება და შემდგომ აღბულ წერტილების ბოლო წერტილში მათი კონცენტრაციის მკვეთრი ვარდნა.მიღებული შედეგები კი შემდეგია:

აღნიშვნები:

A-ჭავჭავაძის გამზირი

B-პირველ და მეორე კორპუსებს შორის C-პირველი კორპუსის უკანა კარი

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
01.05.2019	15:27-15:47(GMT)	179.77	40.86	536.93	2.86	3.95	1311
07.05.2019	15:07-15:27(GMT)	191.55	38.42	580.05	2.89	4.19	1449
16.05.2019	16:17-16:37(GMT)	60.01	78.95	3344.92	3.71	4.11	1416
25.04.2019	15:05-15:25(GMT)	53.64	42.99	514.12	1.99	3.52	X
22.05.2019	07:25-07:45(GMT)	45.79	58.04	3632.87	3.53	3.78	1319

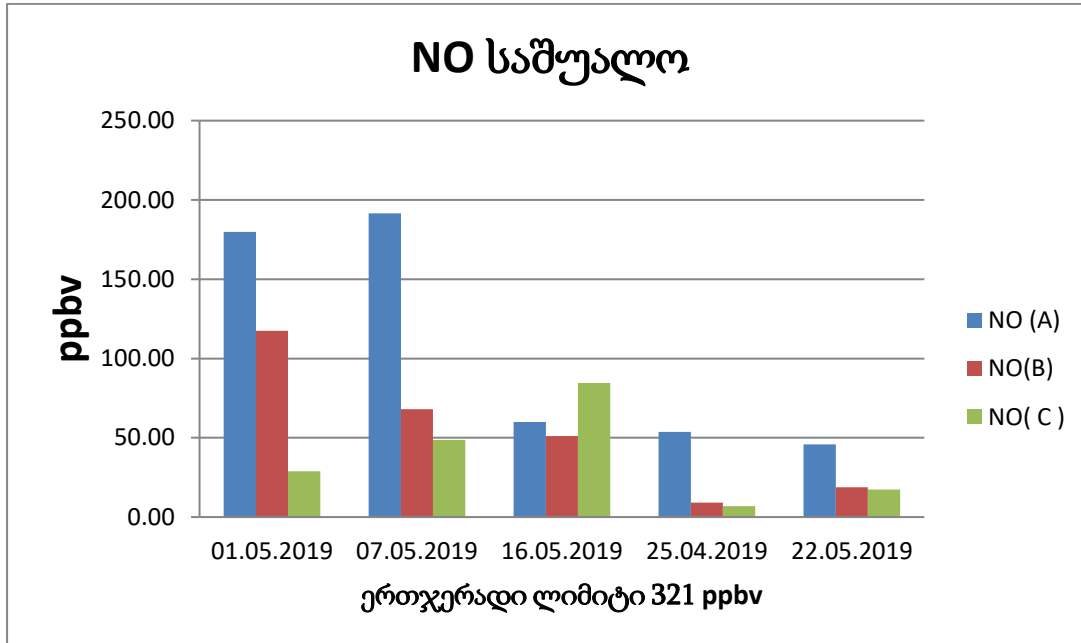
ცხრილი 2. A წეტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
01.05.2019	15:27-15:47(GMT)	117.41	61.60	517.28	3.09	3.71	1311
07.05.2019	15:07-15:27(GMT)	68.03	61.07	552.44	2.41	4.31	1449
16.05.2019	16:17-16:37(GMT)	51.01	63.82	3414.80	3.69	4.18	1416
25.04.2019	15:05-15:25(GMT)	9.04	50.82	503.63	1.84	3.62	X
22.05.019	07:25-07:45(GMT)	18.86	17.70	3518.46	3.14	3.71	1319

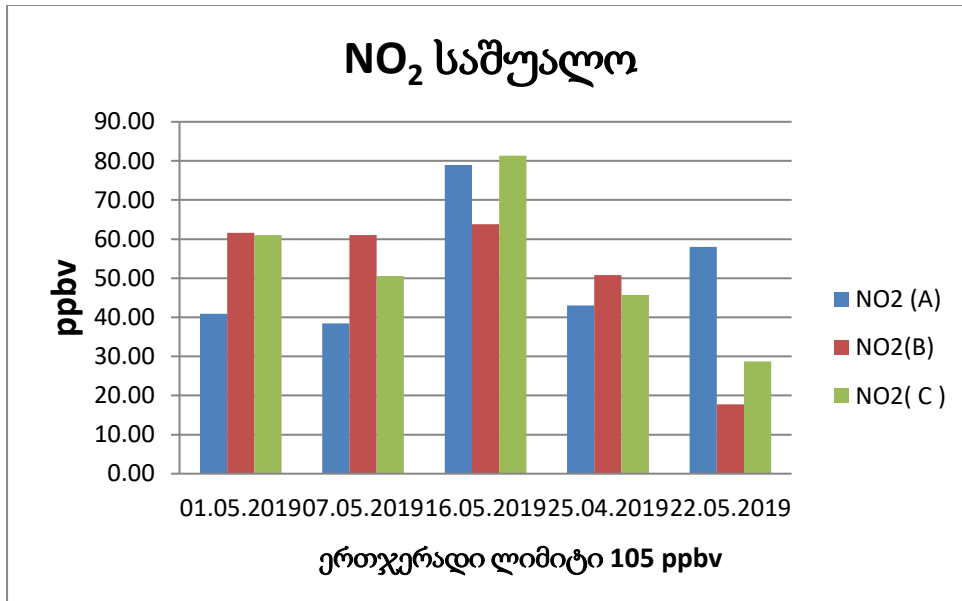
ცხრილი 3. B წერტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
01.05.2019	15:27-15:47(GMT)	28.84	61.03	511.01	2.11	3.94	1311
07.05.2019	15:07-15:27(GMT)	48.73	50.53	526.21	2.24	4.37	1449
16.05.2019	16:17-16:37(GMT)	84.53	81.36	3321.03	3.70	4.11	1416
25.04.019	15:05-15:25(GMT)	6.79	45.75	480.01	1.56	3.30	X
22.05.2019	07:25-07:45(GMT)	17.40	28.70	4037.52	3.40	4.01	1319

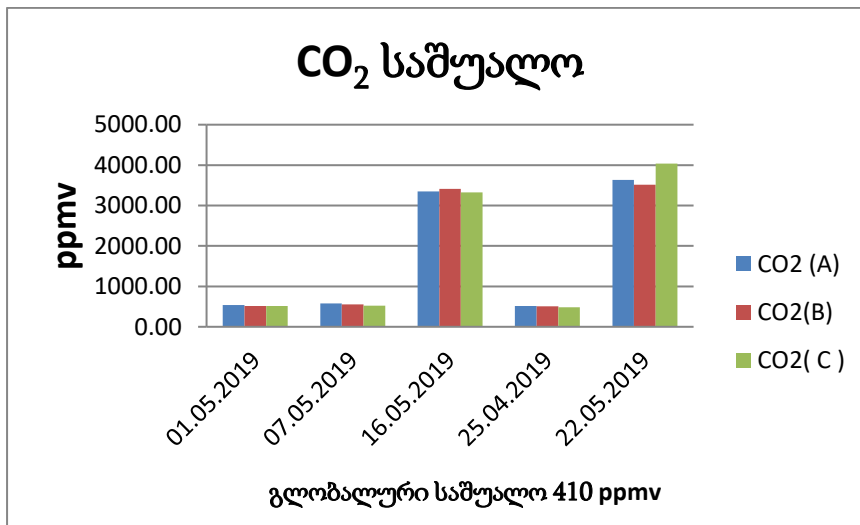
ცხრილი 4. C წერტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები



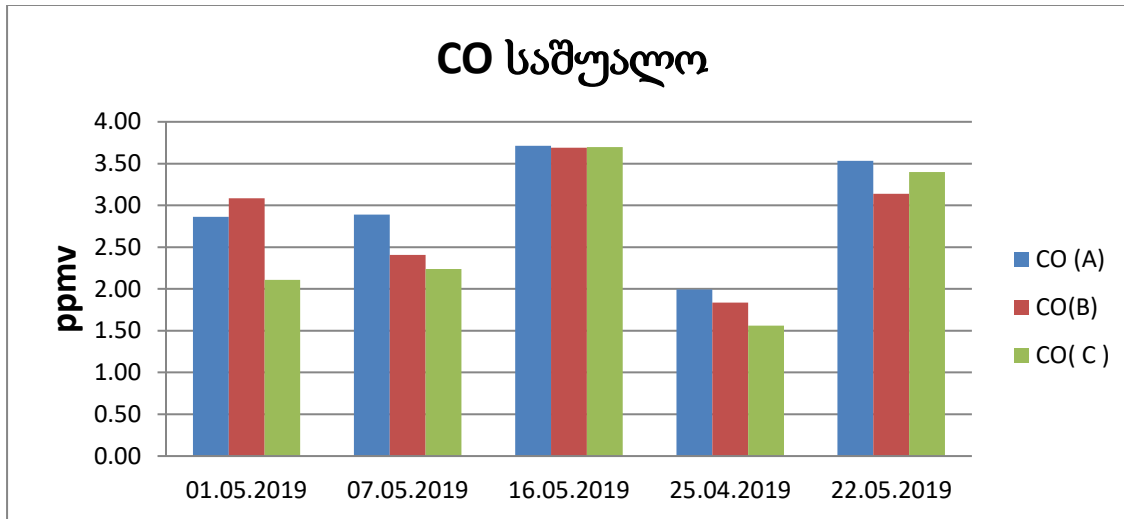
დიაგრამა 1. (NO)-ს რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით.



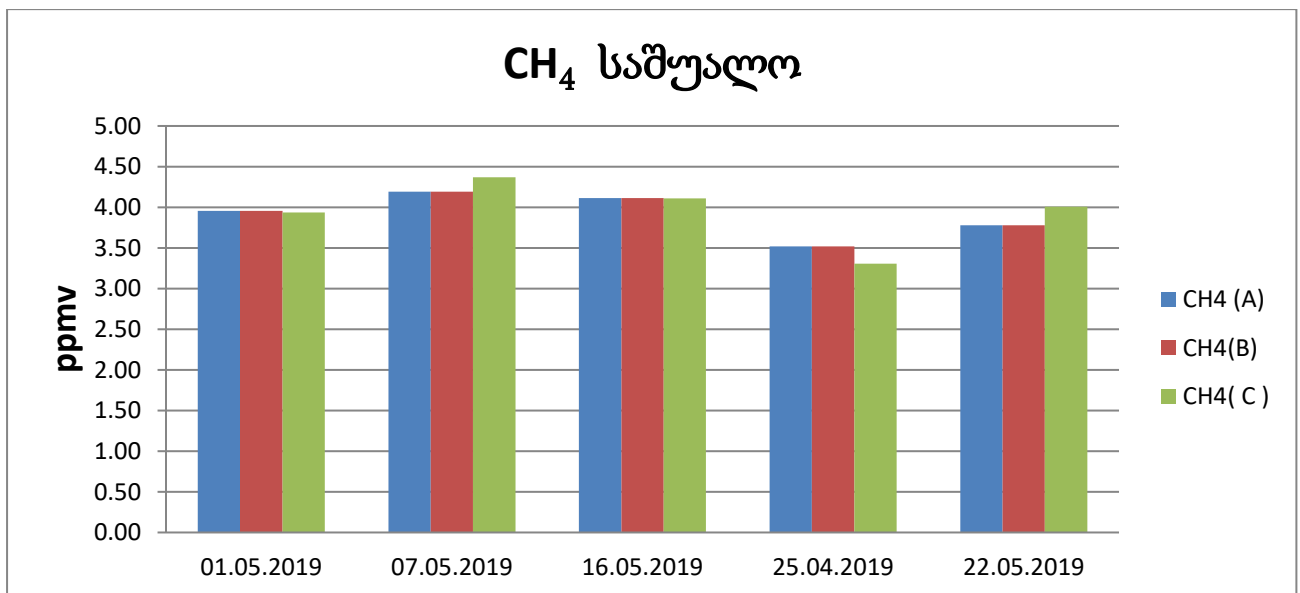
დიაგრამა 2. (NO₂)-ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



დიაგრამა 3. (CO₂) -ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით.



დიაგრამა 4. (CO) -ს რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



დიაგრამა 5. (CH₄)-ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით

ჩვენ ასევე ჩავატარეთ გაზომვები ვარაზის ხევზე შემდეგ წერტილებში:

- A- ვარაზის ხევის დასაწყისში
- B- უნივერსიტეტის კიბეების დაბლა
- C- უნივერსიტეტის კიბეების ზემოთ

ვარაზის ხევზე ჩატარებული გაზომვების დროს სინჯის აღება მიმდინარეობდა ზუსტად იგივე პრინციპით როგორც ჭავჭავაძის გამზირზე. სამივე წერტილზე განლაგებული იყო 2-2 ბალონი. ასევე გამოწმობდით ორივე ბალონში მივიღებდი თუ არა ერთმანეთთან ახლოს მყოფ შედეგებს. საერთო ჯამში სულ ვიყენებდით 6 ბალონს. ყველა ბალონის გახსნა და დაკეტვა ხდებოდა ერთსადაიმევე დროს. ნიმუშის აღებისთანავე ვახდენდით მათ განალიზებას, რადგან ბალონებში წნევა იყო დაბალი 0.50-0.55 არგონით ვანზავებდით, რომ გვეოფნოდა ორ ციკლზე გასაანალიზებლად. განზავებას ვახდენდი 2.5-3.0-მდე. გარდა ამისა ანალიზის დროს კამერით ვიღებდით ქუჩას და ვითვლიდით მანქანების რაოდენობას კატეგორიის მიხედვით: სატვირთოს, მსუბუქს, მოტოს, მარშუტკას, ყვითელ და ლურჯ ავტობუსებს ცალ-ცალკე, რათა შემდგომ პარალელი გაგვეკეთებინა დაბინძურების ხარისხსა და მანქანების რაოდენობასა შორის. ანალიზს ვაკეთებდით, როგორც სამუშაო, ასევე დასვენების დღეებში. იმის მიუხედავად, რომ ნიმუშს ვიღებდით განტვირთვის საათებში მანქანების რაოდენობას შორის კრიტიკულ საათებთან შეგარებით სხვაობა იყო 200-500 რაოდენობით. რასაც თავისთავად უნდა გამოწვია დამაბინძურებელი, კომპონენტების პირველ რიგში კონცენტრაციის ცვლილება და შემდგომ აღბულ წერტილების ბოლო წერტილში მათი კონცენტრაციის მკვეთრი ვარდნა. მიღებული შედეგები კი შემდეგია:

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
07.06.2019	06:11-06:31(GMT)	41.82	24.04	426.95	1.12	3.05	X
08.06.2019	06:02-06:22(GMT)	190.79	41.5	472.77	1.73	3.37	982
12.06.2019	06:12-06:32(GMT)	174.23	62.14	480.8	3.46	3.46	1341
20.06.2019	14:47-15:07(GMT)	112.8	54.88	489.01	1.24	3.59	1139
22.06.2019	06:15-06:35(GMT)	247.94	77.37	514.87	1.28	3.31	692

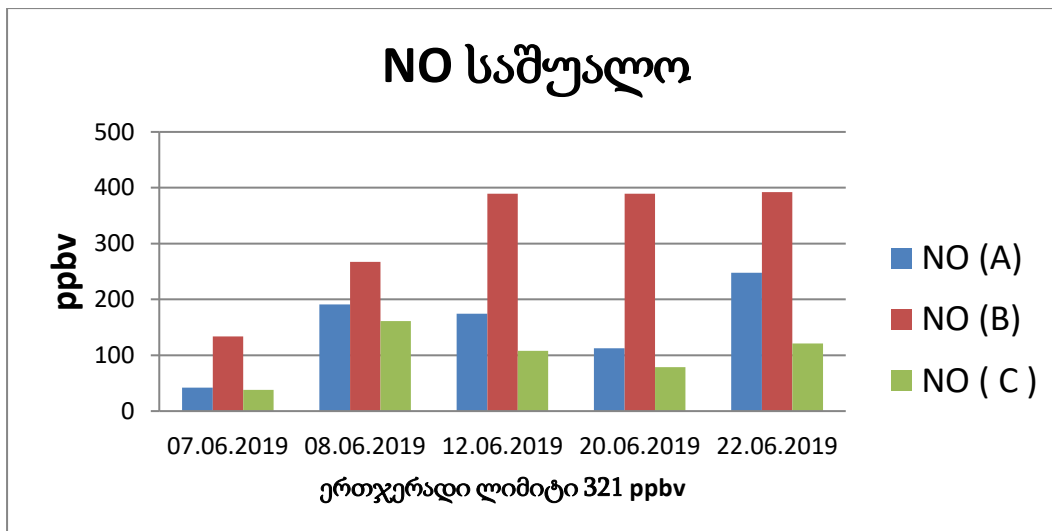
ცხრილი 5. A წეტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
07.06.2019	06:11-06:31(GMT)	133.53	21.82	496.91	1.54	3.46	X
08.06.2019	06:02-06:22(GMT)	267.48	38.86	503.99	1.93	3.38	982
12.06.2019	06:12-06:32(GMT)	389.47	78.24	505.26	3.03	3.58	1341
20.06.019	14:47-15:07(GMT)	389.6	84.79	521.67	2.18	3.58	1139
22.06.2019	06:15-06:35(GMT)	392.47	93.02	533.54	1.68	3.36	692

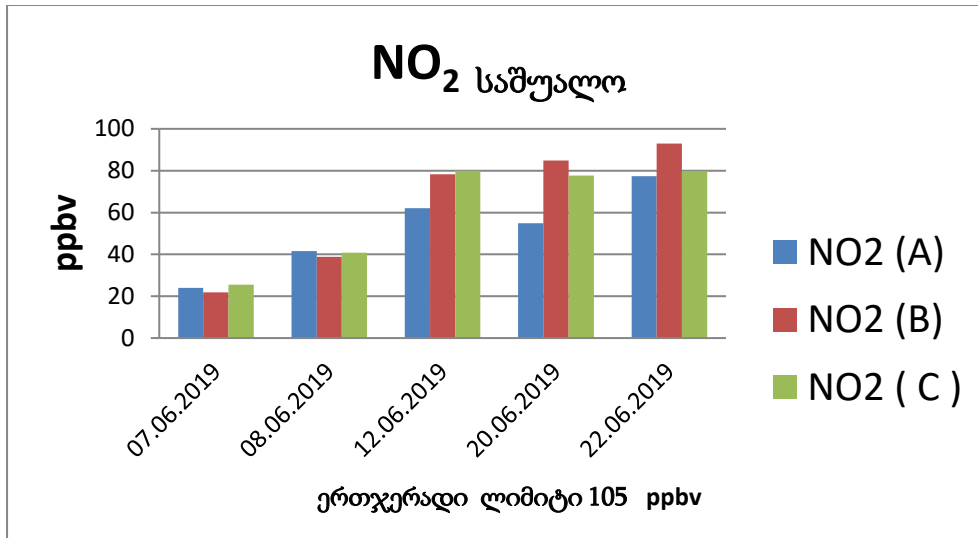
ცხრილი 6. B წეტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები

თარიღი	დრო	NO	NO2	CO2	CO	CH4	sum
07.06.2019	06:11-06:31(GMT)	38.18	25.46	476.18	1.02	3.41	X
08.06.2019	06:02-06:22(GMT)	160.99	40.81	489.48	1.43	3.37	982
12.06.2019	06:12-06:32(GMT)	108.12	79.96	476.47	2.15	3.54	1341
20.06.2019	14:47-15:07(GMT)	78.5	77.72	484.13	1.21	3.45	1139
22.06.2019	06:15-06:35(GMT)	121.33	79.83	530.42	1.09	3.45	692

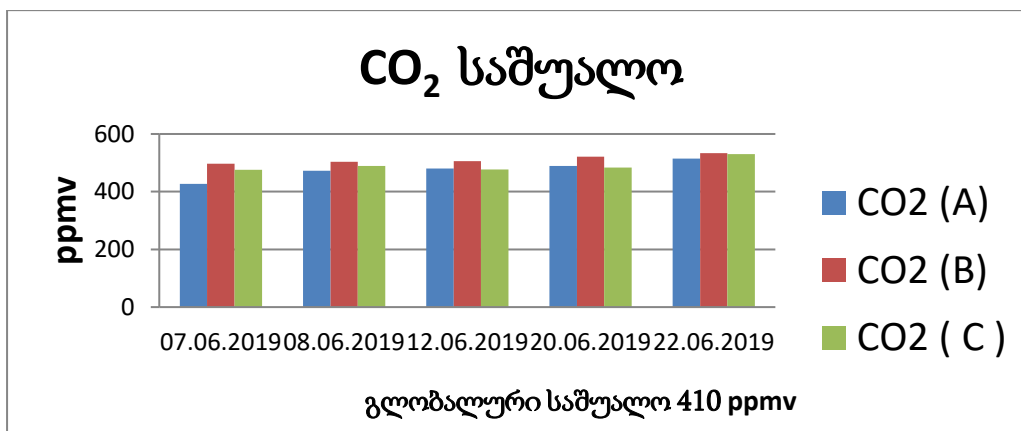
ცხრილი 7. C წეტილში აღებული ნიმუშის მონაცემები



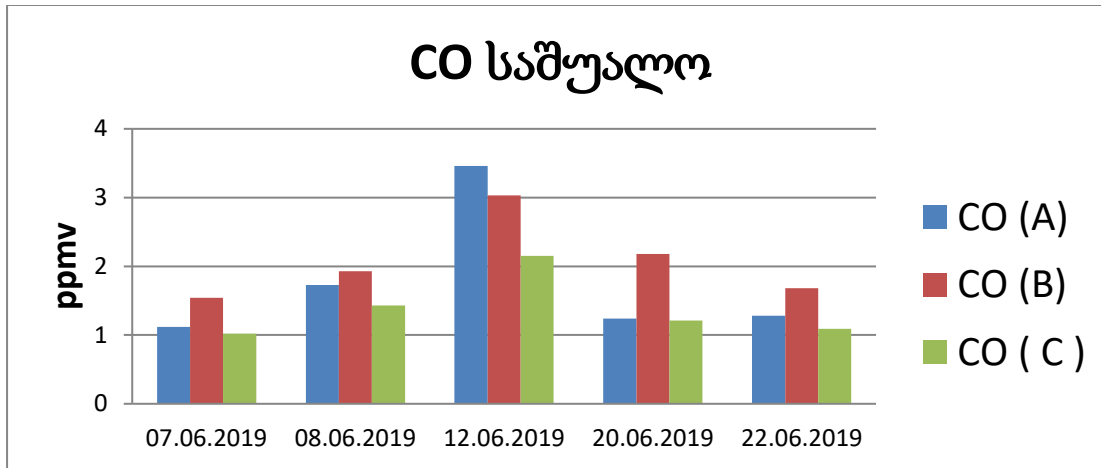
დიაგრამა 6. (NO) -ს რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



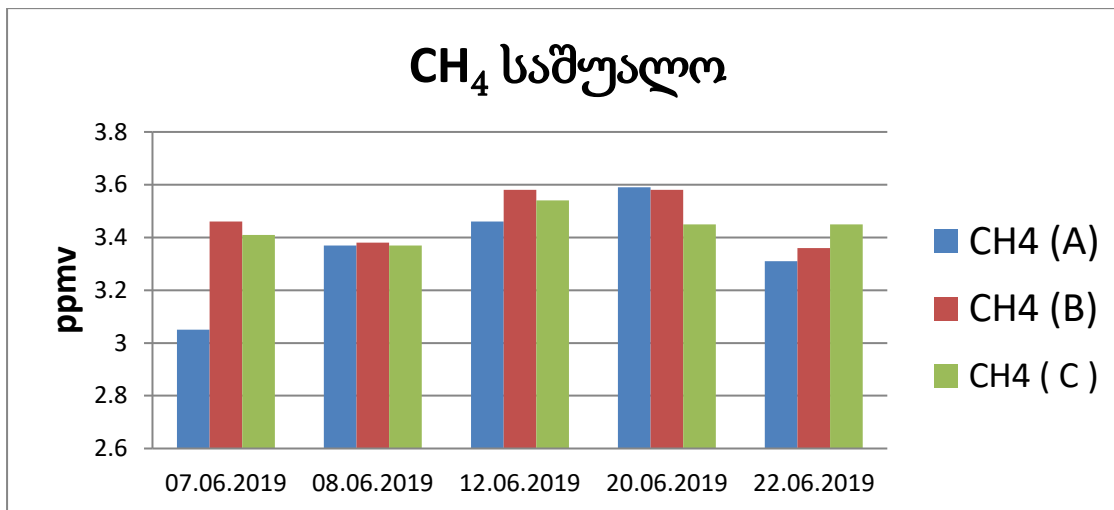
დიაგრამა 7. (NO₂)-ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



დიაგრამა 8. (CO₂)-ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



დიაგრამა 9. (CO)-ს რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით



დიაგრამა 10. (CH₄)-ის რაოდენობა პირველ (A) მეორე (B) და მესამე (C) წერტილში დღეების მიხედვით

დასკვნა

ვარაზის ხეზე ჩატარებული გაზომვების შედეგად ჩანს რომ ყველაზე მეტად დაბინძურებული ჰაერი აღინიშნა “B” წერტილში უნივერსიტეტის კიბეების ქვემოთ მიუხედავად იმისა რომ A და B წერტილები გზიდან თანაბარი მანძილით იყო დაშორებული B წერტილში ჰაერის უფრო მეტად დაბინძურება აიხსნება იმით რომ B წერტილში იზრდება

1. მანქანების სიჩქარე
2. გზის რელიეფი
3. განიავება

ხოლო, ჭავჭავაძის გამზირზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა ცხადო, რომ მუდმივად იცვლება ატმოსფეროში ნახშირბადის ოქსიდების და აზოტის ოქსიდების ემისია. უნდა აღინიშნოს რომ ჰაერის დაბინძურება ყველაზე მკვეთრად გამოხატული იყო გზიდან ყველაზე ახლოს აღებულ სინჯში ხოლო შემოდგომ მეორე და მესამე წერტილებში უფრო და უფრო მცირდებოდა ჰაერი დაბინძურება დაკავშირებულია უშუალოდ ავტომობილის გამონაბოლქვით ან უხარისხო საწვავის და გაუმართავი ძრავის გამო ჰაერში გაფრქვეული ოქსიდების მაღალი კონცენტრაციით. ვიცით ასევე მრავალი ფაქტორი რომელიც გავლენას ახდენს ატმოსფეროში ნახშირბადის და აზოტის ოქსიდების მომატებაზე, მაგრამ ჩვენ ძირითადად განვიხილავთ ტრანსპორტით დაბინძურების გავლენას, რადგან განსაკუთრებით მაღალი კონცენტრაციები აღინიშნებოდა ტრანსპორტის მოძრაობით გადატვირთულ ტერიტორიებზე და პიკის საათებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1]. §32. როგორია ატმოსფერო და როგორ არის მოწყობილი. ინფორმაცია და ფაქტები ატმოსფეროს შესახებ. დედამიწის ატმოსფერო
- [2]. D. E. Heard, „Analytical Techniques for Atmospheric Measurement,“ Blackwell Publishing Ltd, 2006.
- [3]. გ. მაისურაძე, „საქართველოს ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება და NO/CO-ს ერთობლივი კონვერსიით გაწმენდის შესაძლებლობა მოდიფიცირებული ბუნებრივი ცეოლითების მონაწილეობით,“ თბილისი, 2015.
- [4]. ქ. კორძაია, „საქართველოს ატმოსფერული ჰაერის ხარისხობრივი მდგომარეობის შესწავლა და მისი დაბინძურებისგან დაცვის ზოგიერთი მეთოდი,“ თბილისი, 2012.5
- [5]. P. A. A. V. Faye McNeill, „Atmospheric and Aerosol Chemistry,“ USA, Canada, 2014
- [6]. Analytical Techniques for Atmospheric .Measurement General measurement methods 417-418
- [7]. How to run the NOx instrument, NOx chemiluminescence technique
- [8]. Chemiluminescence NOx and GFC NDIR CO Analyzers For Low Level Source Monitoring Basic NO-NO2-NOx Chemiluminescence Instrumentation
- [9]. ირმა ცხოვრებაძესაქართველოს ზოგიერთი რაიონის ატმოსფეროს ჰაერისა და რადიაციული ფონის მდგომარეობა და ახალშობილთა ჯანმრთელობა 2006 16-19]
- [10]. Cavity Ring-Down Spectroscopy Detection of CO2 in air Lab PM April/May 2013 1-7]
- [11]. “PRINCIPLES OF OPERATION OF A CHEMILUMINESCENT NOX ANALYZER” Basic NO- NO2-NOx Chemiluminescence Instrumentation