

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

გიორგი ხომასურიძე

ქარის პარამეტრების შეფასება კლიმატის ცვლილების ფონზე
(თბილისი, საქართველო)

ნაშრომი წარმოდგენილია დოქტორანტის II კოლოქვიუმის შესასრულებლად

სპეციალობა: გეოგრაფია_PhD



*დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი
გეოგრაფიის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი
ლამზირა ლალიძე*

თბილისი

2020

სარჩევი

ანოტაცია.....	3
აქტუალობა.....	5
თავი I.	
ლიტერატურის მიმოხილვა.....	7
1.1. კლიმატის ცირკულაციური ფაქტორები	7
1.2. ქარის მიმართულების და სიჩქარეების სეზონური სვლა	8
1.3 ქარის სიჩქარის დღე-ღამური და წლიური განაწილება	8
1.4. ქარის მახასიათებლები	9
1.5. საქართველოს მეტეოსადგურების ქსელი	10
1.6. ქალაქის გავლენა კლიმატზე.....	12
თავი II.	
კვლევის მეთოდი და ანალიზი	14
2.1 ქარის საშუალო სიჩქარე.....	14
2.2. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე.....	20
2.3. ქარის მიმართულება.....	25
ძირითადი შედეგები.....	33
დასკვნა.....	34
გამოყენებული ლიტერატურა:	35

ანოტაცია

კლიმატის ცვლილების გლობალური ხასიათის მიუხედავად, მისი მრავალფეროვანი გამოვლინების ინტენსიობის და ზემოქმედების მასშტაბებს ახასიათებს ლოკალური სპეციფიკა, სხვადასხვა რეგიონების, გეოგრაფიული მდებარეობის და მეტეოროლოგიური მახასიათებლების შესაბამისად.

კვლევის მიზანია, ქარის რეჟიმზე კლიმატის ცვლილების გავლენის შეფასება ქალაქ თბილისისათვის. თბილისის ირგვლივ განლაგებული ქედების ექსპოზიცია, ქვაბულის ტერასული აგებულება, ჰიდროქსელი, მცენარეული საფარი და სხვა იწვევს ქარის რეჟიმის მნიშვნელოვან ცვლილებას. შესაბამისად, ქალაქის კლიმატური დარაიონების გონივრული გათვალისწინება, აუცილებელია ურბანიზაციის მზარდი ტემპის პირობებში, ვინაიდან კლიმატის ცვლილებაზე შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ზემოქმედება მოახდინოს თვით ქალაქმა, ხოლო არასწორმა ურბანულმა დაგეგმარებამ, თანამედროვე ეკოლოგიურ პირობებში, შესაძლებელია კლიმატური პარამეტრების შეცვლა გამოიწვიოს.

კვლევისთვის გამოყენებულია, საქართველოს სოფლის მეურნეობისა და გარემოს დაცვის სამინისტროს, გარემოს ეროვნული სააგენტოს, ქალაქ თბილისის, მეტეოროლოგიური სადგურის მონიტორინგის მასალები (1969-2018 წწ). 50 წლიან პერიოდში დადგენილია ქარის მახასიათებლების, ქარის სიჩქარის (საშუალო და აბსოლუტური მაქსიმალური), მიმართულებისა და შტილის, ცვლილების შეფასება სეზონების მიხედვით, 10 წლიანი პერიოდებისათვის.

კვლევის შედეგად, დავადგინეთ, რომ წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება $1.2\text{მ/წმ} \div 1.8\text{მ/წმ-მდე}$, ხოლო ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე $19.2\text{მ/წმ} \div 18.3\text{მ/წმ-მდე}$, ე. ი. 50 წლიან პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე გაიზარდა 0.6მ/წმ-ით , ხოლო ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე შემცირდა 0.9მ/წმ-ით .

მთლიან პერიოდში, წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით, გამოიკვეთა გაბატონებული ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარის სიჩქარის შემცირება, ამავე დროს აღინიშნა შტილის დღეების რაოდენობის შემცირება ყველა სეზონში.

ქალაქის სხვადასხვა მიმართულების ქარის რეჟიმი ხასიათდება რთული სპექტრით და საკმაოდ დიდ საზღვრებში მერყეობს, რაც დამოკიდებულია ქუჩების, კვარტლების, სკვერების და ქალაქის სხვადასხვა ობიექტების განლაგებაზე. გაბატონებული ქარები ყოველთვის ვერ აღწევენ ქალაქის ცენტრამდე, რაც უარყოფითად აისახება ქალაქის აირაციაზე.

Abstract

Despite the global character of climate changes, intensity and impact scales of its various expression is characterized with local specific correspondingly to the different regions geographical location and meteorology characteristics.

Goal of the study is to evaluate impact of climate changes on the wind regimen for Tbilisi City. Exposition of mountain ranges located around Tbilisi, terrace construction of hollow, hydro-net, vegetative cover and other factors cause significant changes in wind regimen. Correspondingly, reasonable consideration of the city climate is necessary in terms of increasing speed of urbanization, as the city itself may have a significant impact on climate change and incorrect urban planning, in modern ecological terms, may cause changing of climate parameters.

For the study one has used monitoring materials of the Ministry of Agriculture and Environment Protection of Georgia, National Environment Agency, Meteorology Station of Tbilisi City (1969-2018). Within 50 years period one has established wind characteristics, wind speed (average and absolute maximal), direction and lull, change assessment according to seasons for 10 years periods.

Due to the study we have established that under the linear approximation trend average wind speed is changing 1.2m/sec. ÷ 1.8 m/sec., and wind absolute maximal speed – up to 19.2 m/sec. ÷ 18.3 m/sec. So, within 50 years period wind average seed was increased with 0.6m/sec., and wind absolute maximal speed was decreased with 0.9 m/sec.

During the whole period, under the linear approximation trend, decrease of the prevalent northern-western wind speed was outlined, at the same time amount of lull days was reduced in all seasons.

Wind mode of the city to different directions is characterized with difficult spectrum and ranges within quite big limits, depending on layout of streets, quarters, squares and different objects of the city. Prevalent winds cannot always reach to the city center, what has negative impact on the city aeration.

აქტუალობა

საქართველოში კლიმატის ცვლილების ნიშნები მე-20 საუკუნის 60-იანი წლებიდან შეიმჩნევა. გაეროს კლიმატის ცვლილებების ჩარჩო კონვენციის მიერ საქართველოსათვის მოწოდებულ ეროვნულ შეტყობინებაში (საქართველოს ეროვნული ანგარიში 1999, 2006, 2016) კლიმატურ პარამეტრებში ცვლილებების ტენდენციები მოცემულია ორ პერიოდში - 1955-1970 და 1990-2005 წლებში. დასავლეთ საქართველოში პირველიდან მეორე პერიოდამდე საშუალო ტემპერატურამ მოიმატა 0.2°C -ით, ხოლო ნალექთა წლიური ჯამი შემცირდა 27 მმ-ით; აღმოსავლეთ საქართველოში საშუალო წლიური ტემპერატურა გაიზარდა 0.3°C -ით, ხოლო ნალექთა წლიური ჯამი გაიზარდა 41 მმ-ით. [5, 16]

თბილისში აღინიშნება აღმოსავლეთ საქართველოსთვის დამახასიათებელი კლიმატის ცვლილების ზოგადი ტენდენცია, დედაქალაქში განსაკუთრებით მწვავედ აისახება კლიმატის ცვლილების შედეგები. [1, 4]

ქალაქის კლიმატური დარაიონების გონივრული გათვალისწინება, აუცილებელია ურბანიზაციის მზარდი ტემპის პირობებში, ვინაიდან კლიმატის ცვლილებაზე შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ზემოქმედება მოახდინოს თვით ქალაქმა, ხოლო არასწორმა ურბანულმა დაგეგმარებამ, თანამედროვე ეკოლოგიურ პირობებში, შესაძლებელია კლიმატური პარამეტრების შეცვლა გამოიწვიოს.

ამა თუ იმ ადგილის კლიმატის შექმნაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეფენილი ზედაპირის და ატმოსფერული ცირკულაციის თავისებურებანი. დიდ ქალაქებში ქვეფენილი ზედაპირი წარმოდგენილია ძირითადად ხელოვნური ლანშაფტით. დიდი ქალაქის ჰაერი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მეტად მავნე ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც წარმოიშობა ავტომანქანების გამონაბოლქვის, საწვავის წვის და სხვა მასალების წვის შედეგად. ჰაერში დიდია ბაქტერიების, მტვრის, აეროზოლების რაოდენობა, რომლებიც წარმოადგენენ კონდენსაციის ბირთვებს. [3, 12].

ჰაერში არსებულ გოგირდის და აზოტის ოქსიდებიდან წარმოიქმნება გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა, რომელიც მჟავური წვიმების სახით ბრუნდება დედამიწაზე და დიდ ზიანს აყენებს მცენარეულ საფარს, ცხოველთა სამყაროს, შენობა-ნაგებობებს. ჰაერში არსებული გამონაბოლქვი, ჭვარტლი და მტვერი მნიშვნელოვნად აბინძურებს ქალაქის ჰაერს. დიდ ქალაქებში წარმოიშობა თითქმის გაუმჭვირვალე საფარი, რომელიც აკავებს მზის სხივებს. [8, 14]

ქალაქის ზრდამ და ამასთან დაკავშირებით მტვრის და გამონაბოლქვის რაოდენობის გადიდებამ ჰაერში გამოიწვია აგრეთვე მზის ნათების ხანგრძლივობის შემცირება. მე-19 საუკუნის ბოლოდან დაწყებული 1946 წლამდე მზის ნათების ხანგრძლივობამ თბილისში დაახლოებით 312 სთ-ით ანუ 16%-ით იკლო წელიწადში. [13, 15]

დედაქალაქის ჰაერის დაბინძურების გამო გარდა რადიაციისა და მზის ნათების ხანგრძლივობისა, შეიცვალა ჰაერის ტემპერატურა, მოღრუბულობა, ნისლიანობა და კლიმატის სხვა ელემენტებიც. [3, 17]

თავი I.

ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. კლიმატის ცირკულაციური ფაქტორები

საქართველო და კერძოდ თბილისი, სუბტროპიკული განედის ჩრდილო საზღვარზე მდებარეობის გამო ზომიერი და სუბტროპიკული ზონების რთული და მრავალგვარი ატმოსფერული პროცესების გავლენას განიცდის [13,14].

დასავლეთიდან ან ჩრდილო-დასავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასები, რომლებიც ხმელთაშუა ზღვის ციკლონების ზურგში ან ანტიციკლონებით შემოიჭრებიან საქართველოს ტერიტორიაზე, თბილისსა და მის შემოგარენში დაღმავალ პროცესებს იწვევს, ამ პროცესისათვის აქ დამახასიათებელია ძლიერი ქარები და ნაკლები ნალექები (ვიდრე დასავლეთ საქართველოში).

აღმოსავლეთიდან შემოჭრისას ჰაერი თბილისსა და მის შემოგარენში შედარებით სუსტი აღმავლობისაა. უმთავრესად ზამთარში, როდესაც აღმოსავლეთიდან შემოჭრა დაკავშირებულია ციმბირის ანტიციკლონის მოქმედებასთან, თბილისში იგი იწვევს აცივებას, მოღრუბლულ, მცირენალექიან ამინდს, სუსტი ქარებით. წლის თბილ პერიოდში კი, განსაკუთრებით ზაფხულში ციმბირის ანტიციკლონის მოქმედება წყდება. ამ დროს საკმაოდ ხშირია სამხრეთიდან თბილი ჰაერის შემოჭრა, რომელიც განაპირობებს უღრუბლო ამინდს, სუსტი, მაგრამ ცხელი ქარებით.

სამხრეთიდან და სამხრეთ-დასავლეთიდან ფრონტალური ტალღების შემოჭრა თბილისსა და მის შემოგარენზე გაბმულ და უხვ ნალექებს წარმოქმნის, რაც ძირითადად გაზაფხულსა და შემოდგომაზე ხდება. განსაკუთრებით უხვი ნალექების უფრო ხშირია, როდესაც ფრონტების გავლა დაკავშირებულია ადგილობრივი წარმოშობის აღმავალი დინების გაძლიერებასთან. ასეთი პროცესების განვითარების პირობები უმთავრესად გაზაფხულზე და ზაფხულის პირველ ნახევარში იქმნება. ანტიციკლონური პროცესები, რომლებიც აღმოსავლეთ საქართველოში ადგილობრივად წარმოიქმნებიან შემოსული ჰაერის ტრანსფორმაციის შედეგად, დამახასიათებელია წლის ყველა პერიოდისათვის (უმთავრესად ზამთარ-ზაფხულისთვის). ზამთარში იგი მოწმენდილ ამინდთან ერთად იძლევა ძლიერ ყინვებს, ხოლო ზაფხულში – წყნარ, ცხელ და ზოგჯერ შეხუთულ დღეებს.

ქარის რეჟიმი თბილისში ძირითადად შეესაბამება აღწერილი ცირკულაციური პროცესების ხასიათსა და სიხშირეს, თუმცა ადგილობრივი რელიეფის მრავალფეროვნებას გარკვეული ცვლილებები შეაქვს ამ რეჟიმში. ეს გამოწვეულია ხეობების და ქედების

სხვადასხვა მიმართულებებით, რაც იწვევს ჰაერის მასების პირვანდელი მიმართულებისა და სიჩქარის შეცვლას.

რელიეფის ხასიათი თავისებურ გავლენას ახდენს ქარების მიმართულებაზე თბილისსა და მის მიდამოებში. კარსანში, რომელიც ზემო ავჭალის მახლობლად დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ მიმართულ ვიწრო ხეობაში მდებარეობს, გაბატონებულია დასავლეთის ქარები, ქალაქში კი ჩრდილოეთის, ჩრდილო-დასავლეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარები ჭარბობს. ანტიციკლონური პროცესების წარმოშობის დროს თბილისსა და მის მიდამოებში, განსაკუთრებით ზაფხულში, საკმაოდ ხშირად ვითარდება ე.წ. მთა-ხეობის ქარები, დამახასიათებელი დღე-ღამური მსვლელობით. ასეთ ქარებს დღისით გადააქვთ თბილი ჰაერი ხეობებში, ქვემოდან ზევით, ხოლო ღამით შედარებით ცივი ჰაერი ზევიდან ქვევით მოემართება [2, 4].

1.2. ქარის მიმართულების და სიჩქარეების სეზონური სვლა

ქართლის ქედისა და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის აღმოსავლეთის შტო ქედების სისტემის განლაგება განაპირობებს ქარების ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებას, მაგრამ ქვემო ქართლის ზოგიერთ რაიონში საკმაოდ მაღალია სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და ჩრდილოეთის მიმართულებების ქარების განმეორებადობა (თბილისის ცენტრალური ნაწილი). აღმოსავლეთ ნაწილში ჭარბობს დასავლეთის და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები (მეტეოსადგურები ვაზიანი, მარტყოფი, სამგორი, თბილისის აეროპორტის ტერიტორია). [2, 6]

1.3 ქარის სიჩქარის დღე-ღამური და წლიური განაწილება

ქარის სიჩქარეების დღე-ღამური სვლა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე გამოხატულია მთელი წლის განმავლობაში. ქარის სიჩქარის დღე-ღამური ამპლიტუდა მეტია თბილ პერიოდში, რაც დაკავშირებულია ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის მომატებასთან და, შესაბამისად, თერმული ცირკულაციის გამძლიერებასთან. ქარის სიჩქარე დიდია დღის მეორე ნახევარში, ყველაზე მცირე კი ღამის და დილის საათებში, როდესაც ვერტიკალურ ზონებს შორის ტემპერატურული კონტრასტი მცირეა. ქარის სიჩქარეების სადღეღამისო სვლაზე გავლენას ახდენს რელიეფის თავისებურებანი. მაღალმთიან ზონებში, სადაც კონვექციური ნაკადების განვითარება დროში იგვიანებს, სიჩქარის მომატება მთების ფერდობებზე შეინიშნება საღამოსა და ღამის საათებში. აღმოსავლეთი საქართველოს მთებს

შორის განლაგებულ ველებში სიჩქარის სადღეღამისო სვლა ექვემდებარება ჩვეულებრივ რეჟიმს, თუმცა ცალკეულ ადგილებში (გარდაბანი, თბილისის აეროპორტი) ზაფხულის თვეებში ქარის სიჩქარე იზრდება ღამისა და დილის საათებში. [2, 9]

საქართველოს მთელ ტერიტორიას ახასიათებს ქარის სიჩქარის პირდაპირი წლიური სვლა, როდესაც ქარის სიჩქარეების მაქსიმუმი შემოდგომაზე აღინიშნება. აღმოსავლეთ საქართველოს მთათაშუა დაბლობებში, მთებსა და ხეობებს შორის გაბატონებული ცირკულაციის გამო ქარის სიჩქარეების მაქსიმუმი ინაცვლებს აპრილ-ივლისზე, მინიმუმი კი ოქტომბერ-დეკემბერზე [2, 7].

1.4. ქარის მახასიათებლები

საქართველოში ქარის ენერჯის შეფასება 100 წელზე მეტი ხნის წინ დაიწყო და ამ მიმართულებით სხვადასხვა კვლევები ხორციელდებოდა. ქარის ატლასი ბოლოს 2004 წელს განახლდა. საქართველოს ქარის ენერგეტიკული ატლასის შექმნის მიზანი იყო, ქარის ენერგორესურსის პოტენციალისა და მისი განაწილების შეფასება. საპროექტო ტერიტორიის შემოგარენში ამჟამად ფუნქციონირებს რამდენიმე მეტეოროლოგიური სადგური, რომლებიც 10 მ სიმაღლეზეა განთავსებული. 2002- 2003 წწ. ერთწლიან პერიოდში, ქარის პარამეტრების გასაზომად ლისის ტბის მახლობლად განთავსებული იყო 40 მ სიმაღლის ანძა.

ქარის რესურსების შეფასება მოხდა AWS Truepower-ის ატმოსფერული მოდელირების სისტემებით. ქარის მონაცემების ეფექტური ჰორიზონტალური გარჩევადობა 200 მ-ია. ენერჯის ნაკადის სიმკვრივე ქარის სიჩქარის ცვლილების სიხშირისა და ჰაერის სიმკვრივის ფუნქციაა. ვეიბულის ორი პარამეტრის მეშვეობით შესაძლებელია ფაქტიური განაწილების ფართო სპექტრთან კარგი თანხვედრის მიღწევა. A სიდიდე მასშტაბის კოეფიციენტია, რომელიც დაკავშირებულია ქარის საშუალო სიჩქარესთან; ხოლო k სიდიდე დამოკიდებულია განაწილების დიაპაზონზე. ჩვეულებრივ, k სიდიდე იცვლება 1- 3.5 ინტერვალში, სადაც ზედა მნიშვნელობები განაწილების ვიწრო დიაპაზონს შეესაბამება. წლიური ვარიაცია უტოლდება ქარის სიჩქარის წლიური მნიშვნელობებიდან საშუალო კვადრატულ გადახრას. ქარის რუკა ცხადად გვიჩვენებს, რომ ქარის მახასიათებლები ყველაზე ხელსაყრელია ტერიტორიაზე არსებულ ცენტრალურ ქედთან, სადაც ქარის საშუალო წლიური სიჩქარე შეადგენს 10.89 მ/წმ-ს, ხოლო მისი სანდობის დიაპაზონი 10.14 ÷ 11.64 მ/წმ-ია. ქარის ენერჯის საშუალო სიმკვრივის საანგარიშო სიდიდე 1928 ვტ/მ²-ია,

ბოლო ვეიბულის k სიდიდის ყველაზე შესაფერისი მნიშვნელობა 1.62-ის ტოლია. ქარის 50 წლიანი მაქსიმალური საანგარიშო სიჩქარე 61.52 მ/წმ-ია [2, 4].

1.5. საქართველოს მეტეოსადგურების ქსელი

უკვე 100 წელზე მეტია საქართველოში ქარის რეჟიმი რეგულარულად იზომება. 1891 წელს თბილისის მაგნიტურ-მეტეოროლოგიურ ობსერვატორიაში, რომელიც იყო დაფუძნებული 1837 წელს, დაიწყო ქარის სიჩქარის და მიმართულების გაზომვები ვილდის მსუბუქ ფირფიტის ფლუგერის გამოყენებით.

40-იანი წლების ბოლოს მეტეოსადგურების უმეტეს ნაწილში დამონტაჟებული იყო ვილდის ორი ფლუგერი: მსუბუქი ფირფიტით – ΦБЛ, ფირფიტის მასა 200 გ, და მძიმე ფირფიტით – ΦБТ, ფირფიტის მასა 800 გ. ΦБЛ-ის საშუალებით ქარის სიჩქარეები 1 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე იზომებოდა. 20 მ/წმ-ის სიჩქარის დროს მსუბუქი ფირფიტა ღებულობს თითქმის ჰორიზონტალურ მდგომარეობას და ბოლო წკირთან დგება. ΦБТ-ს გაზომვის დიაპაზონი 4 – 40 მ/წმ შეადგენს. ფლუგერები მონტაჟდება 10 მ სიმაღლის ანძებზე. მეტეო მოედნის შემოგარენში დაბრკოლებების არსებობის შემთხვევაში, ფლუგერის დაჩრდილვის თავიდან ასაცილებლად ანძის სიმაღლე იზრდება 15 მეტრამდე. ვილდის ფლუგერის შეცვლა М63 ტიპის სხვადასხვა მოდიფიკაციის ანემოროუმბომეტრით დაიწყო 60-იან წლებში, მაშინვე შემოღებული იყო რვა ვადიანი დაკვირვებები. ამ ხელსაწყოების გასაშუალოების ინტერვალი 10 წუთს შეადგენს. ფლუგერების საშუალებით მიღებული მონაცემების გამოყენებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ის გარემოება, რომ ეს მონაცემები მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული დამკვირვებლის სუბიექტურ ფაქტორზე. გაზომვების მეთოდის შესაბამისად დამკვირვებელი 2 წუთის განმავლობაში აკვირდება ფლუგერის ფირფიტის რხევებს და ვიზუალურად აფიქსირებს იმ წკირის ნომერს, რომლის სიახლოვესაც მერყეობს ფირფიტა, ან იმ წკირების ნომრებს, რომელთა შორის მერყეობს ფირფიტა. ერთდროულად დამკვირვებელი აღნიშნავს, იმ წკირის ნომერს, რომელიც შეესაბამება ამ ორი წუთის განმავლობაში ფიტფიტის მაქსიმალურ გადახრას, რაც ფიქსირდება როგორც ქარის მაქსიმალური სიჩქარე. ΦБЛ-ის საშუალებით იზომება ქარის სიჩქარეები 10 – 12 მ/წმ-დან, უფრო დიდი სიჩქარეები კი იზომება ΦБТ-ს საშუალებით. გაზომვების რიგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ქარის სიჩქარეები 11, 13, 15, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29 მ/წმ დამკვირვებლის მიერ პრაქტიკულად არ ფიქსირდება, ამავე დროს მომატებულია 9, 14, 20, 28 და 34 მ/წმ სიჩქარეების დაფიქსირების შემთხვევები. ანათვალის ალების შეცდომა 28 – 40 მ/წმ

სიჩქარეების დროს 4 – 6 მ/წმ შეადგენს. ეს შეცდომები აიხსნება ფლუგერის კონსტრუქციის თავისებურებებით, საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი და სტატისტიკური დამუშავების დროს ხდება ამ შეცდომების კორექტირება. ვილდის ფლუგერის და ანემორუმბომეტრის საშუალებით მიღებული მონაცემების შესადარობის საკითხი შესწავლილია რიგ ნაშრომებში. კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ ΦБЛ-ის ჩვენება 6 – 17 მ/წმ სიჩქარეების დიაპაზონში 5 – 7%-ით მომატებულია M-63M-1 ჩვენებასთან შედარებით. ФБТ-ს ჩვენებები განსხვავდება უფრო მეტად. რიგ ნაშრომებში დადგენილია, რომ ქარის მცირე (5 მ/წმ-მდე) სიჩქარის დროს აღინიშნება მაჩვენებლების დაწვევა M-63-ზე ვილდის ფლუგერის მაჩვენებლებთან შედარებით. ამ გადახრების მიზეზების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ძირითად როლს თამაშობს სუბიექტური ფაქტორი, რაც დამახასიათებელია ფლუგერის გამოყენებით ჩატარებული გაზომვებისათვის. საქართველოს რთულმა რელიეფმა განაპირობა მაღლივი მეტეოანძმების დამონტაჟების აუცილებლობა. მიუხედავად იმისა, რომ მეტეოსიტუაცია ასეულ კვადრატულ კილომეტრზე ერთგვაროვანია, ატმოსფეროს დედამიწისპირა შრეში, რელიეფის გავლენის გამო, კლიმატური ფაქტორები განიცდიან სწრაფ ცვალებადობას. განსაკუთრებით ეს ეხება ქარის რეჟიმს. ქვეფენილი ზედაპირისა და რელიეფის არაერთგვაროვნების გავლენის გამო ქარის სიჩქარე საგრძნობლად იცვლება რამდენიმე კილომეტრის მანძილზე. ქარის სიჩქარის სივრცული ინტერპოლაციის არსებული მეთოდები მთიანი რელიეფის პირობებში შესაძლებელია გამოვიყენოთ დიდი შეზღუდვებით. ცნება «მეტეოსადგური-ანალოგი», რომელიც ვაკე ადგილის პირობებში შესაძლებელია 50 – 70 კმ მანძილზე მდებარეობდეს, მთიან რელიეფში აზრს კარგავს. რთული რელიეფის პირობებში მისაღები სიზუსტით ქარის ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასების მიღება შესაძლოა რიცხობრივი ოროგრაფიული მოდელის გამოყენებით. ასეთი მოდელი რეალიზებულია კომპიუტერულ პროგრამაში WAsP და კარგ შედეგებს იძლევა ვაკე ადგილებისათვის, იზოლირებულ და ნაკლებად ციცაბო მთაგრეხილებისათვის. შეცდომები ამ პირობებში არ აღემატება 10%-ს. უფრო რთულ ოროგრაფიულ პირობებში რიცხობრივი მოდელის გამოყენებით 10 კილომეტრზე მეტ მანძილზე შესაძლებელია საორიენტაციო შეფასებების მიღება, რაც არ აკმაყოფილებს ქარის ენერგეტიკის მოთხოვნებს. კვლევის პროცესში რთული რელიეფის პირობებში ქარის რეჟიმის სანდო მახასიათებლების მიღების მიზნით ჩატარებული იყო ქარის სიჩქარის და მიმართულების უშუალო გაზომვები NRG ფირმის მაღლივი მეტეოანძმების გამოყენებით. ანემომეტრები დამონტაჟებულია 40 მ და 10 მ სიმაღლეებზე, ფლუგერი – 40 მ-ზე. ყოველ 2 წამში მიღებული ქარის სიჩქარის და მიმართულების ანათვლები გროვდება რეგისტრატორში. 10-წუთიანი პერიოდის ბოლოს ხდება დაგროვილი მონაცემების

გასაშუალოება, სიჩქარის საშუალო კვადრატული გადახრისა და მაქსიმალური სიდიდეების განსაზღვრა. ეს ოპერაციები ტარდება ორივე ანემომეტრის და ფლუგერის ანათვლებისათვის. ამგვარად დამუშავებული მონაცემები იწერება მეხსიერების საცვლელ ჩიპებში, რის შემდეგაც ციკლი ისევ მეორდება. რეგისტრატორის ელექტროკვებისათვის გამოიყენება ორი ბატარეა. მეტეოანბები დამონტაჟებულია იმ ადგილებში, სადაც, სავარაუდოდ, ქარის ელექტროსადგურის აშენება შესაძლებელია. მაღლივ მეტეოანბებზე 10 მეტრის სიმაღლეზე გაზომვების ჩატარება შედარების საშუალებას იძლევა ახლო მდებარე მეტეოსადგურებზე მიღებულ მონაცემებთან. ქარის სიჩქარის ორ დონეზე (10 და 40 მ) გაზომვების ჩატარება გვაძლევს საშუალებას ავაგოთ სიჩქარის ვერტიკალური პროფილები სხვადასხვა ოროგრაფიულ პირობებში. რიგ ნაშრომებში გამოკვლეულია ქარის სიჩქარეების ვერტიკალური ცვლილების კოეფიციენტები, რომლებიც გათვლილია პირდაპირი გაზომვების მონაცემების გამოყენებით და განზოგადებულია სხვადასხვა ტიპის რელიეფებისათვის. ამ კოეფიციენტის სეზონური ცვლილების გათვალისწინების მიზნით გათვლები ჩატარებულია წელიწადის ოთხივე სეზონისათვის. აგრეთვე, განსაზღვრულია ქარის სიჩქარის ვერტიკალური პროფილის ექსპონენტის ხარისხის მაჩვენებელი m . საწყისი ანათვლების რიგების ხანგრძლივობა შეადგენს 1 – 4 წელს, ამასთან მოცემულ მონაცემებს არა აქვთ მაღალ სიზუსტე. [2, 10]

1.6. ქალაქის გავლენა კლიმატზე

დიდი ქალაქის ჰაერი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მეტად მავნე ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც წარმოიშობა ავტომანქანების გამონაბოლქვის, საწვავის წვის, საწარმოს ღუმელებში ნახშირის და სხვა მასალების წვის შედეგად. ქალაქის ჰაერში დიდია ბაქტერიების, მტვრის, აეროზოლების რაოდენობა, რომლებიც წარმოადგენენ კონდენსაციის ბირთვებს. ასეთ ბირთვებზე ილექება წყლის ორთქლი და ჩნდება წვეთები [2, 9].

ჰაერში არსებულ გოგირდის და აზოტის ოქსიდებიდან წარმოიქმნება გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა, რომელიც წვიმის სახით ბრუნდება დედამიწაზე. ასეთი მჟავა წვიმები დიდ ზიანს აყენებს განსაკუთრებით მცენარეულ საფარს და ტყის მასივებს, ასევე ცხოველთა სამყაროს და აზიანებს ქალაქის შენობა-ნაგებობებს. ზოგჯერ მჟავა წვიმები საკმაოდ შორს ვრცელდება პირველადი დამაბინძურებელი ნაერთების წყაროებიდან, რადგან ისინი

ღრუბლების და ქარის საშუალებით გადაიტანება და გადაადგილდება მოშორებულ ტერიტორიაზე [2, 1].

ქალაქის დაბინძურებული ჰაერის ვენტილაციისთვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქარს, რომელსაც გააქვს მტვერი ქალაქიდან. თბილისში ამ როლს ასრულებს ძირითადად ჩრდილო-დასავლეთის ქარები. ამ ქარებს შემოაქვთ თბილისში შედარებით სუფთა ჰაერი, თუმცა დაბინძურებული ჰაერი გადააქვს ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ გარეუბნებისკენ. რაც შეეხება სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარებს, რომლებიც საკმაოდ ხშირია თბილისში ზაფხულის თვეებში (განსაკუთრებით დღის საათებში) იგი ჩვეულებრივად სუსტია და ვერ უწყობს ხელს ქალაქის ვენტილაციას [2, 8].

თავი II.

კვლევის მეთოდი და ანალიზი

ქალაქ თბილისის ქარის პარამეტრების ცვლილების დასადგენად გამოყენებული იქნა საქართველოს სოფლის მეურნეობისა და გარემოს დაცვის სამინისტროს, გარემოს ეროვნული სააგენტოს, თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის მონიტორინგის მასალები (1969-2018 წწ), კერძოდ ქარის ისეთი ძირითადი მახასიათებლები, როგორცაა ქარის საშუალო სიჩქარე; აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე; ქარის მიმართულება და შტილი.

2.1 ქარის საშუალო სიჩქარე

ქალაქ თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები თბილისში ქარის პარამეტრების ცვლილებების დასადგენად გამოვიყენეთ დაკვირვების მასალები 1969-2018 წწ, რომელიც დავყავით შემდეგ 5 პერიოდად: 1969-1978, 1979-1988, 1989-1998, 1999-2009, 2009-2018 (10-წლიან პერიოდები). პერიოდების მიხედვით ქარებზე დაკვირვების მასალები წარმოდგენილია ცხრილებისა (ცხრ.1. და ცხრ.2.) და გრაფიკების (ნახ.1-7.) სახით.

ცხრ. 1. თბილისი. ქარის საშუალო და აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება 1969-2018 წწ.

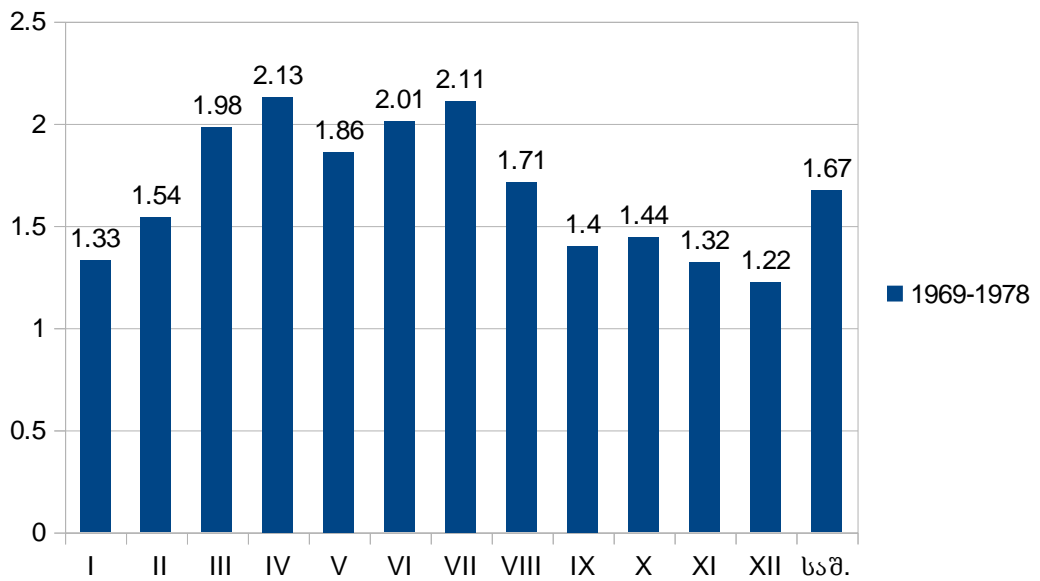
წლები	ქარის საშუალო სიჩქარე, მ/წმ	ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე, მ/წმ
1969	2.02	
1970	2.08	19
1971	1.66	19
1972	1.68	23
1973	2.08	26
1974	1.33	17
1975	1.28	17
1976	1.75	18
1977	1.48	19
1978	1.31	19
1979	1.05	17
1980	1.13	20
1981	0.94	18
1982	0.75	17
1983	0.74	17
1984	0.68	17
1985	0.89	18
1986	0.59	16
1987	0.82	19
1988	0.90	17
1989	1.13	18
1990	1.30	20
1991	0.93	19
1992	1.00	18
1993	0.73	19
1994	0.98	19
1995	1.43	21
1996	1.87	18
1997	1.48	21
1998	1.83	20
1999	2.33	20
2000	2.51	18
2001	2.39	21
2002	2.42	21
2003	2.14	19
2004	2.15	21
2005	1.98	20
2006	1.68	18
2007	1.29	17
2008	1.31	17
2009	1.67	18
2010	2.01	18
2011	1.70	19
2012	1.96	18
2013	1.88	19
2014	1.91	18
2015	1.95	18
2016	2.08	18
2017	1.79	18
2018	1.48	15

კვლევის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კლიმატის გლობალური ცვლილების (შედეგად) ზეგავლენით ქალაქ თბილისის მონაცემებით 1969-2018 წლებში (50 წლიან პერიოდში) ქარის საშუალო სიჩქარე (10 წლიანი პერიოდების მიხედვით) განიცდის შემდეგ ცვლილებებს: პერიოდების განმავლობაში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 0.6 მ/წმ-დან 2.85 მ/წმ-მდე.

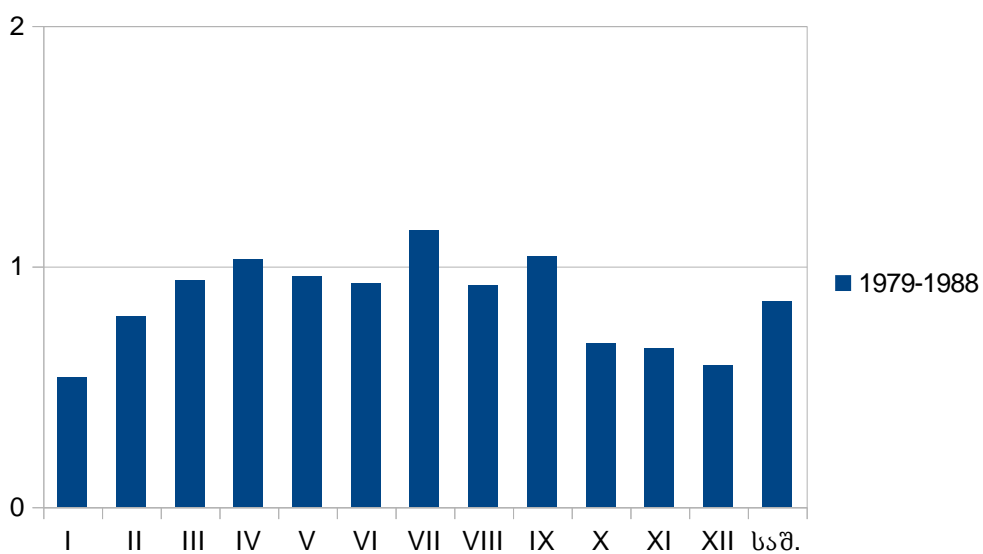
(ცხრ. 2). I პერიოდში (1969-1978 წწ.) ქარის საშუალო სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 1 მ/წმ-დან 2.13 მ/წმ-მდე, მინიმალურია ოქტომბერსა და ნოემბერში, ხოლო მაქსიმალური აპრილში. ზამთრის პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1.2 მ/წმ-დან 1.5 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1.9 მ/წმ-დან 2.13 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 1.71 მ/წმ-დან 2.01 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 1 მ/წმ-დან 1.4 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის საშუალო სიჩქარე 1.67 მ/წმ-ია. II პერიოდში (1979-1988წწ.) ქარის საშუალო სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 0.6 მ/წმ-დან 1.03 მ/წმ-მდე, მინიმალურია დეკემბერში, ხოლო მაქსიმალური აპრილში. ზამთრის პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 0.6 მ/წმ-დან 1 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 0.9 მ/წმ-დან 1.03 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 0.9 მ/წმ-დან 1 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე ქარის საშუალო სიჩქარე 1 მ/წმ-ია სამივე თვეში. ამ პერიოდის ქარის საშუალო სიჩქარე 0.85 მ/წმ-ია. III პერიოდში (1989-1998წწ.) ქარის საშუალო სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 0.9 მ/წმ-დან 1.5 მ/წმ-მდე, მინიმალურია სექტემბერში, ხოლო მაქსიმალური დეკემბერში. ზამთრის პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 0.9 მ/წმ-დან 1.2 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1.16 მ/წმ-დან 1.4 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 1 მ/წმ-დან 1.47 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 1 მ/წმ-დან 1.5 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის საშუალო სიჩქარე 1.27 მ/წმ-ია. IV პერიოდში (1999-2008წწ.) ქარის საშუალო სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 1 მ/წმ-დან 2.85 მ/წმ-მდე, მინიმალურია იანვარსა და ნოემბერში, ხოლო მაქსიმალური ივნისში. ზამთრის პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1 მ/წმ-დან 2.1 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 2.32 მ/წმ-დან 2.5 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 2 მ/წმ-დან 2.85 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 1 მ/წმ-დან 2 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის საშუალო სიჩქარე 2 მ/წმ-ია. V პერიოდში (2009-2018წწ.) ქარის საშუალო სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 1 მ/წმ-დან 2.5 მ/წმ-მდე, მინიმალურია იანვარსა და ნოემბერში, ხოლო მაქსიმალური მარტში. ზამთრის პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1 მ/წმ-დან 1.8 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლება 1.9 მ/წმ-დან 2.5 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 2 მ/წმ-დან 2.04 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 1 მ/წმ-დან 1.9 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის საშუალო სიჩქარე 1.84 მ/წმ-ია.

ცხრ. 2. თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

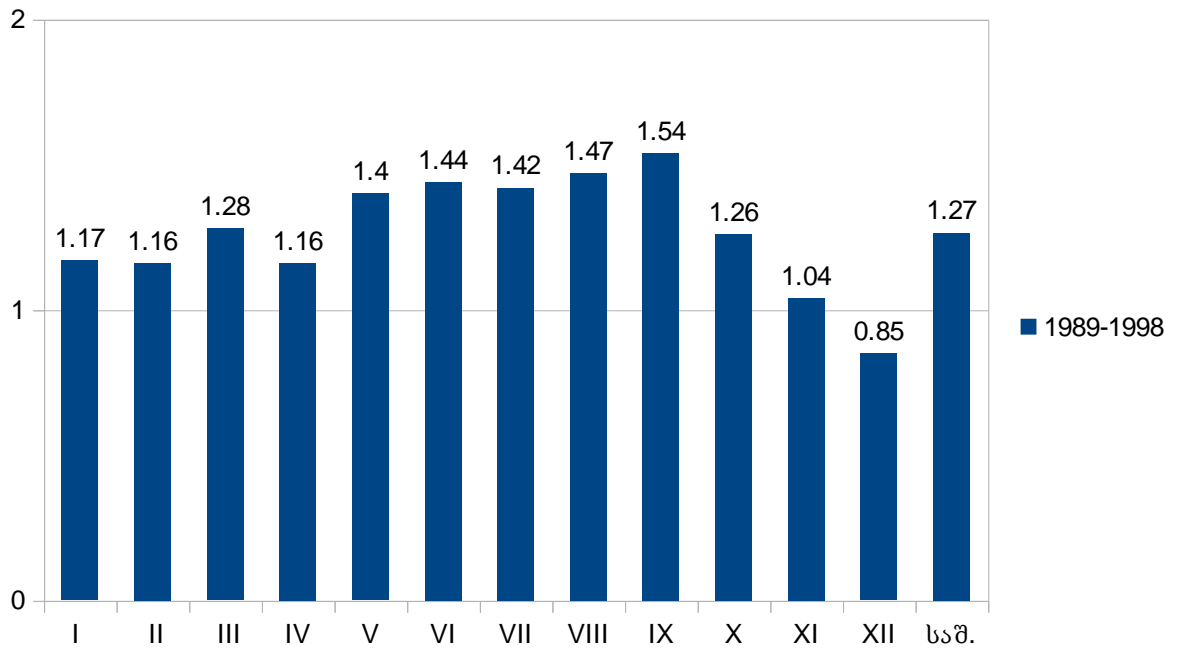
პერიოდები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშ.
1969-1978	1.33	1.54	2	2.13	1.9	2.01	2.1	1.71	1.4	1	1	1.2	1.67
1979-1988	1	0.79	0.9	1.03	1	0.93	1.2	0.92	1.04	1	1	0.6	0.85
1989-1998	1	1.16	1.3	1.16	1.4	1.44	1.4	1.47	1.54	1	1	0.9	1.27
1999-2008	1	2.14	2.4	2.32	2.5	2.85	2.2	2.04	1.87	2	1	1.4	2.02
2009-2018	1	1.8	2.5	2.35	1.9	2.01	2.2	2.04	1.85	1.5	1	1.4	1.84



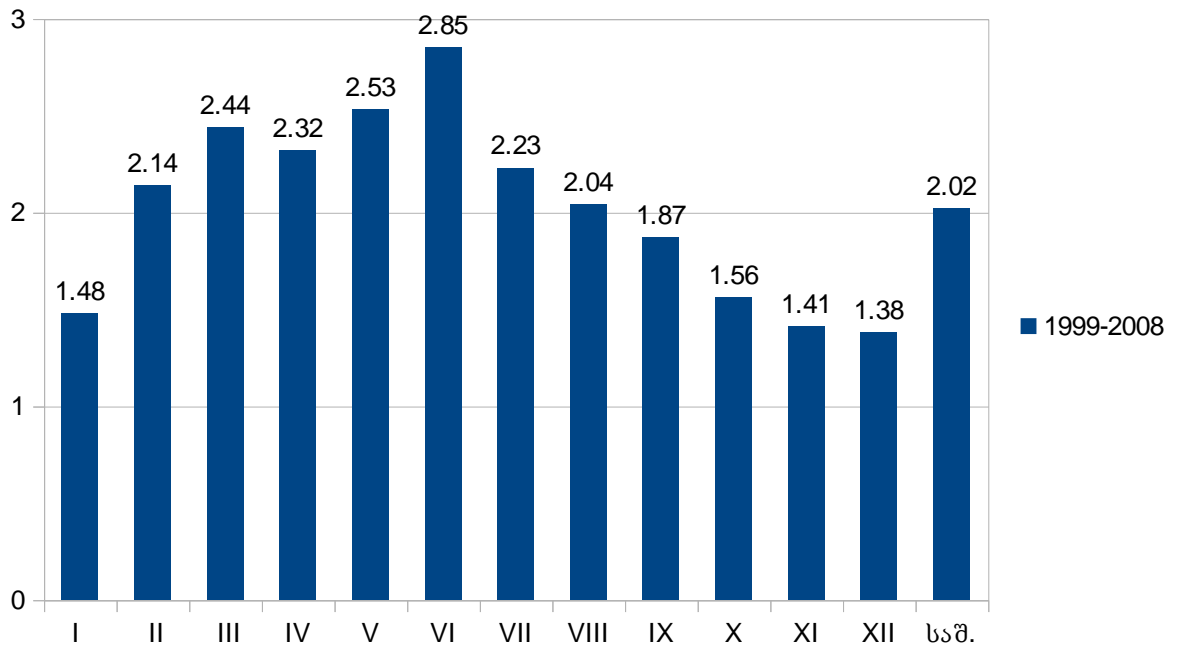
ნახ. 1. თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1969-1978 წწ.



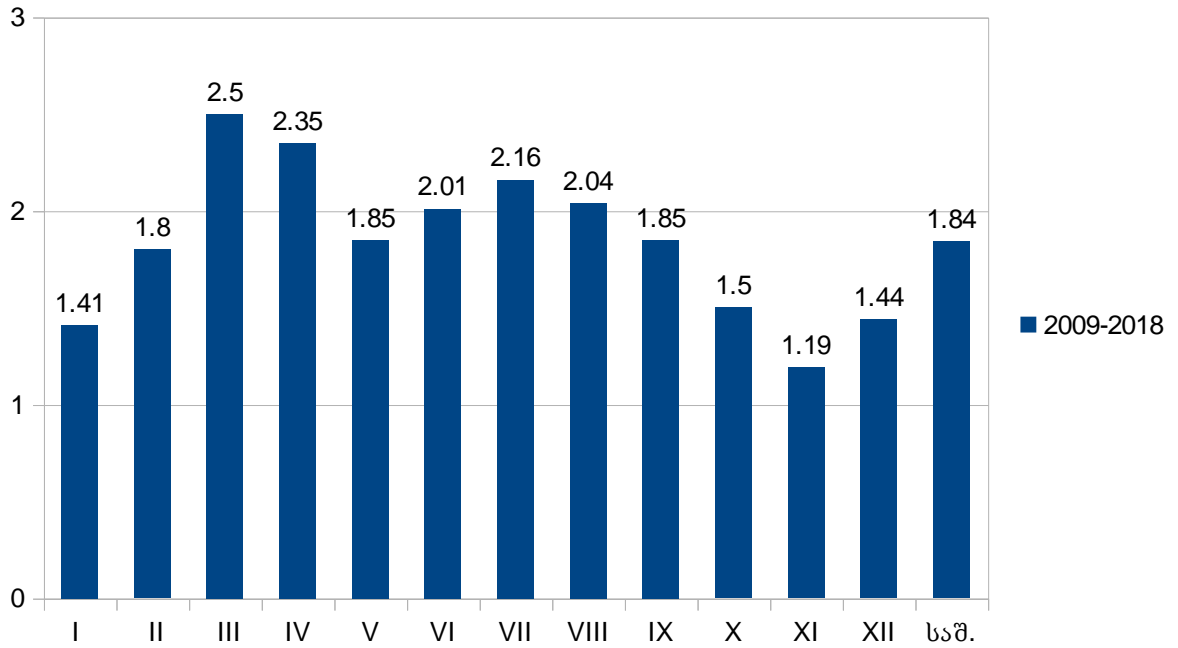
ნახ. 2. თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1979-1988 წწ.



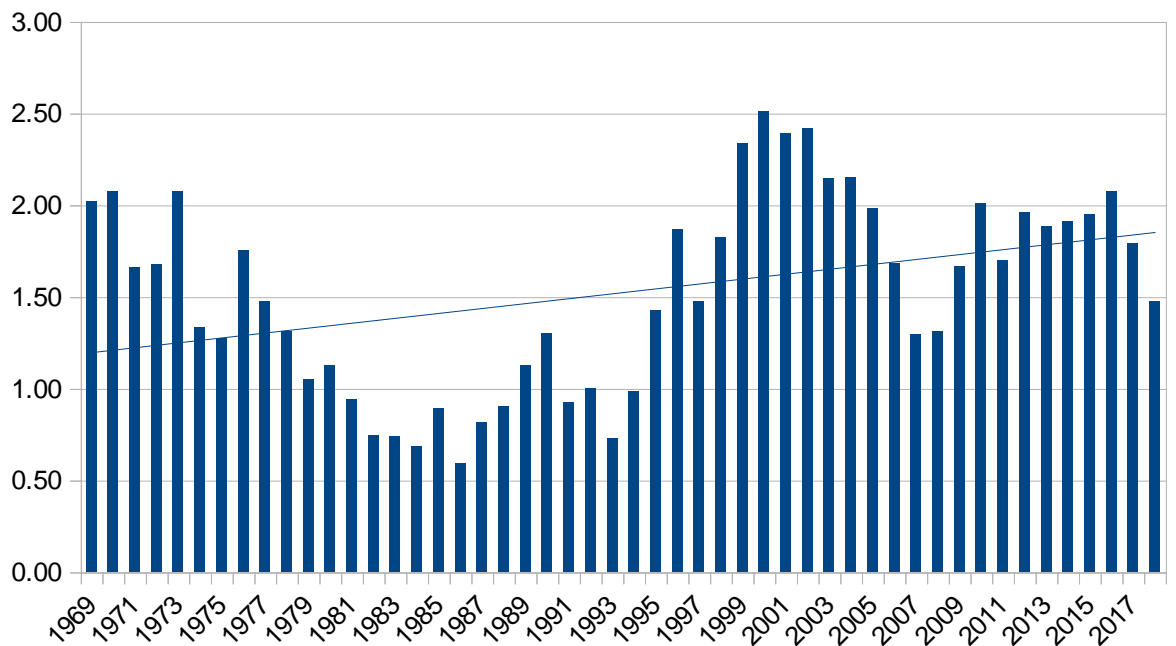
ნახ. 3 თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1989-1998 წწ.



ახ. 4 თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1999-2008 წწ.



ნახ. 5 თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 2009-2018 წწ.



ნახ. 6 თბილისი. ქარის საშუალო სიჩქარის დინამიკა წლების მიხედვით 1969-2018 წწ.

1969-2018 წწ. თბილისის მონაცემებით, ქარის საშუალო სიჩქარე ხუთი ათწლეული პერიოდის განმავლობაში, I დან V პერიოდის ჩათვლით აღინიშნა ქარის სიჩქარის ცვლილება პერიოდების მიხედვით.

I-დან II პერიოდამდე ქარის საშუალო სიჩქარე შემცირდა 0.82 მ/წმ-ით, II-დან III პერიოდამდე მოიმატა 0.41 მ/წმ-ით, III-დან IV პერიოდამდე მოიმატა 0.76 მ/წმ-ით, ხოლო IV-დან V პერიოდამდე შემცირდა 0.18 მ/წმ-ით. ე. ი. 50 წლის განმავლობაში აღინიშნა ქარის საშუალო სიჩქარის მომატება 0.17მ/წმ-ით.

2.2. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე.

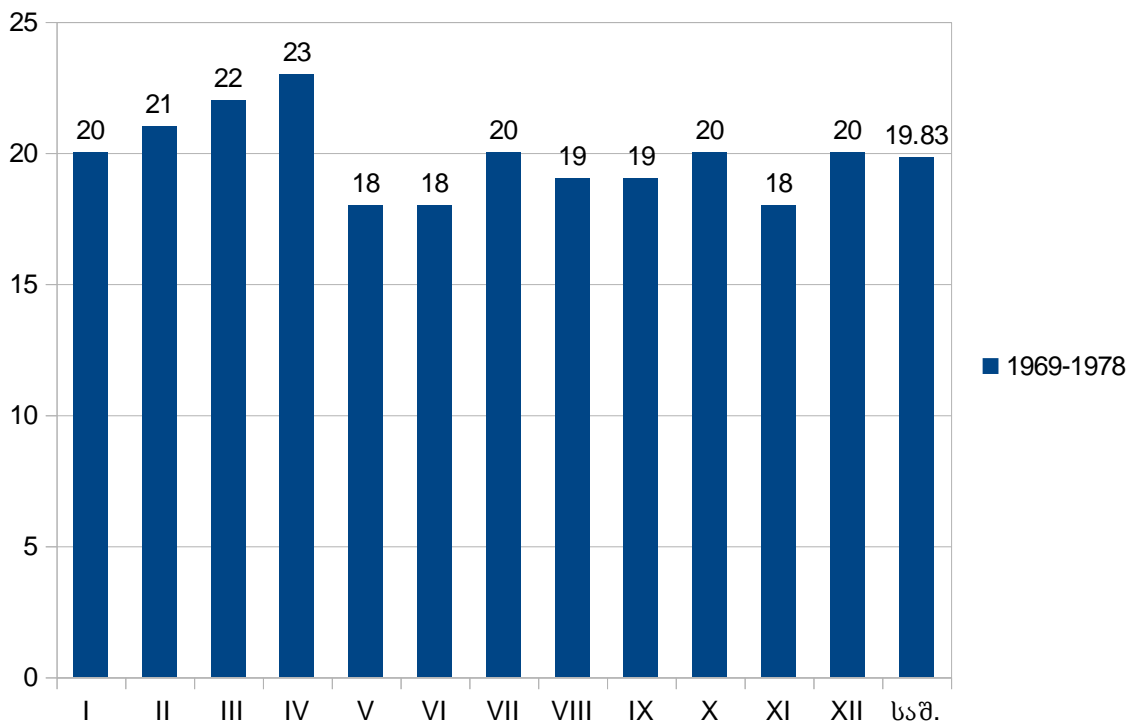
კვლევის ანალიზი (ცხრ.1, ცხრ.3.) (ნახ.7-12.) გვიჩვენებს, რომ კლიმატის გლობალური ცვლილების შედეგად. ქალაქ თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით, 1969-2018 წლებში (50 წლიან პერიოდში) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე (10 წლიანი პერიოდების მიხედვით) განიცდის შემდეგ ცვლილებებს:

პერიოდების განმავლობაში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 16 მ/წმ-დან 23 მ/წმ-მდე. I პერიოდში (1969-1978წწ.) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 18 მ/წმ-დან 23 მ/წმ-მდე, ზამთრის პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 20 მ/წმ-დან 21 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 18 მ/წმ-დან 23 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 18 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 18 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე 20 მ/წმ-ია. II პერიოდში (1979-1988წწ.) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 16 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე. ზამთრის პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 17 მ/წმ-დან 19 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 18 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 16 მ/წმ-დან 17 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 17 მ/წმ-დან 18 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე 18 მ/წმ-ია. III პერიოდში (1989-1998წწ.) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 18 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე. ზამთრის პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 19 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 20 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 18 მ/წმ-დან 19 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 19 მ/წმ-დან 20 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე 19 მ/წმ-ია. IV პერიოდში (1999-2008წწ.) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 17 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე. ზამთრის პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 19 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 20 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 18 მ/წმ-დან 19 მ/წმ-მდე, ხოლო

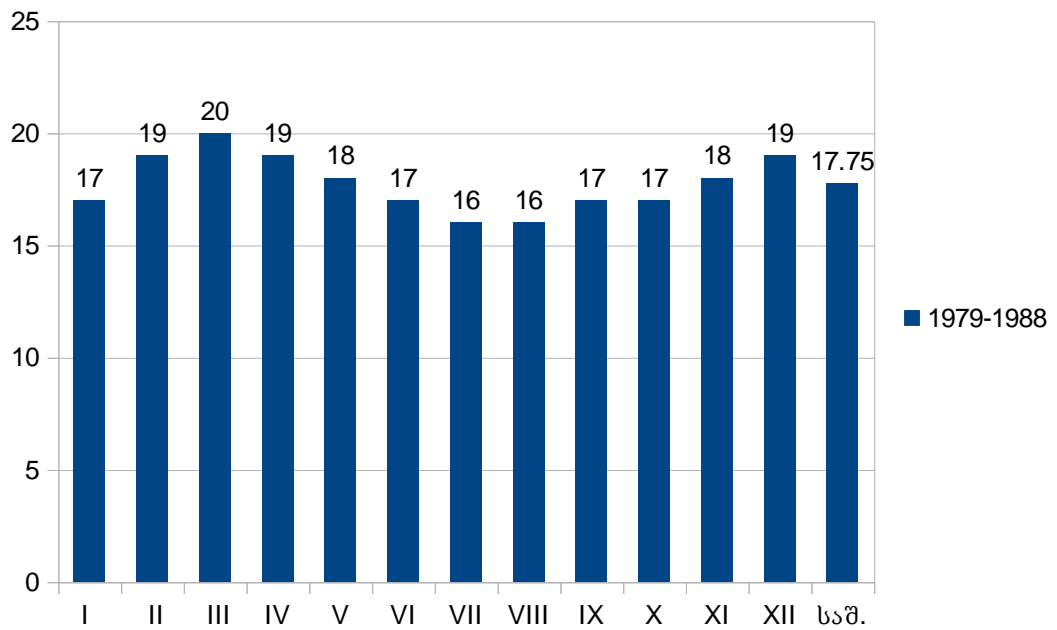
შემოდგომაზე 17 მ/წმ-დან 19 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე 19 მ/წმ-ია. V პერიოდში (2009-2018წწ.) ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე წლების განმავლობაში იცვლება 16 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე. ზამთრის პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 18 მ/წმ-დან 21 მ/წმ-მდე, გაზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 17 მ/წმ-დან 22 მ/წმ-მდე, ზაფხულში 16 მ/წმ-დან 17 მ/წმ-მდე, ხოლო შემოდგომაზე 16 მ/წმ-დან 18 მ/წმ-მდე. ამ პერიოდის ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე 18 მ/წმ-ია.

ცხრ. 3. თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

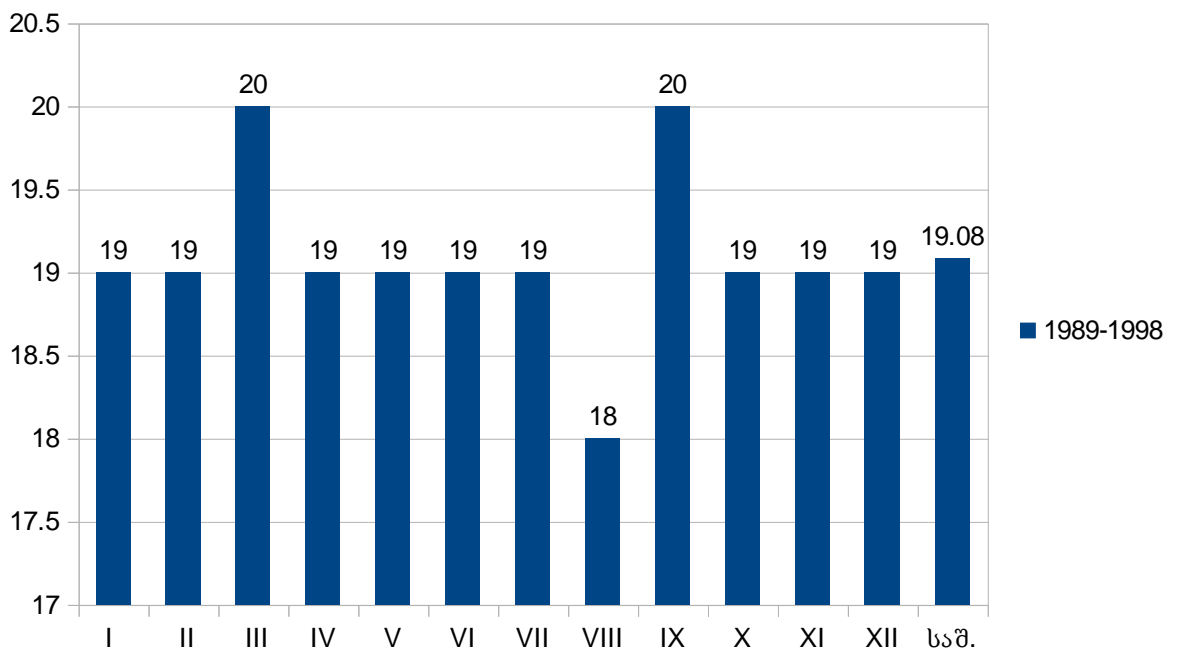
პერიოდები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშ.
1969-1978	20	21	22	23	18	18	20	19	19	20	18	20	20
1979-1988	17	19	20	19	18	17	16	16	17	17	18	19	18
1989-1998	19	19	20	19	19	19	19	18	20	19	19	19	19
1999-2008	19	22	22	20	20	19	19	18	19	17	18	19	19
2009-2018	18	21	22	19	17	17	16	16	16	18	16	18	18



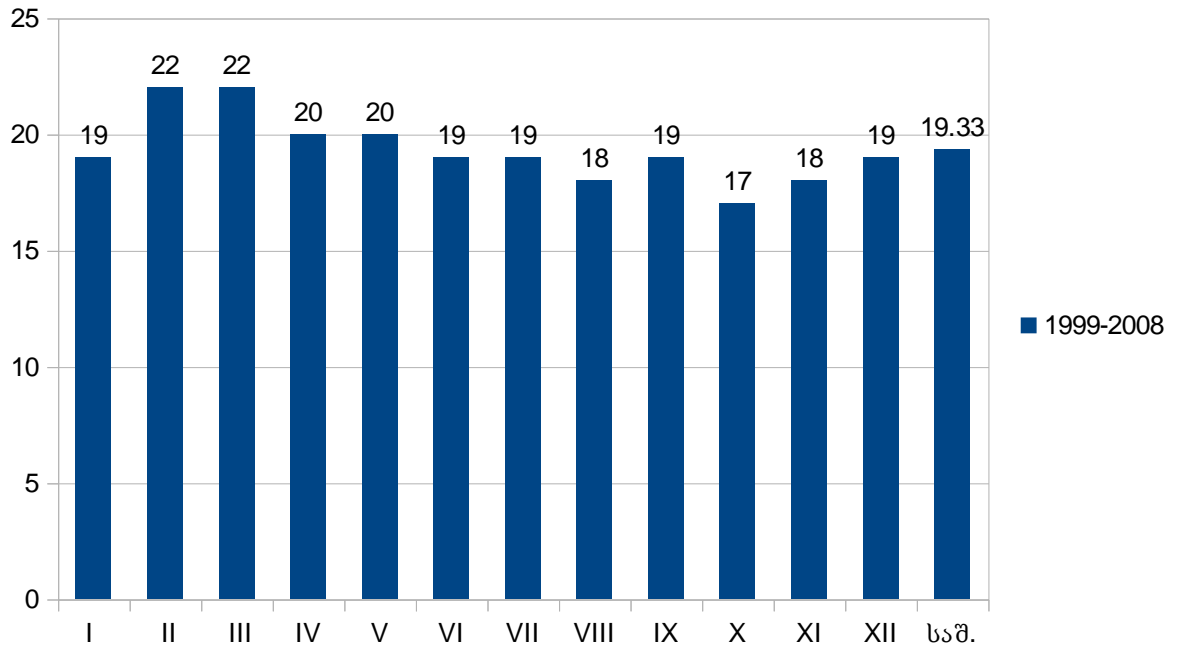
ნახ. 7 თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1969-1978 წწ.



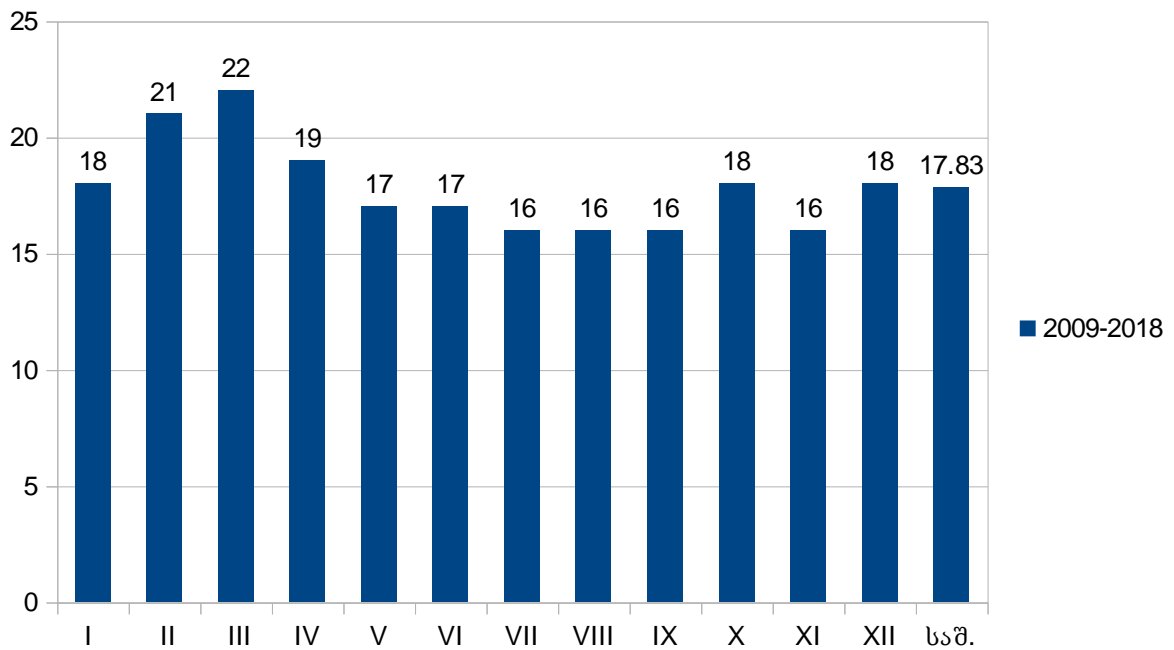
ნახ. 8. თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1979-1988 წწ.



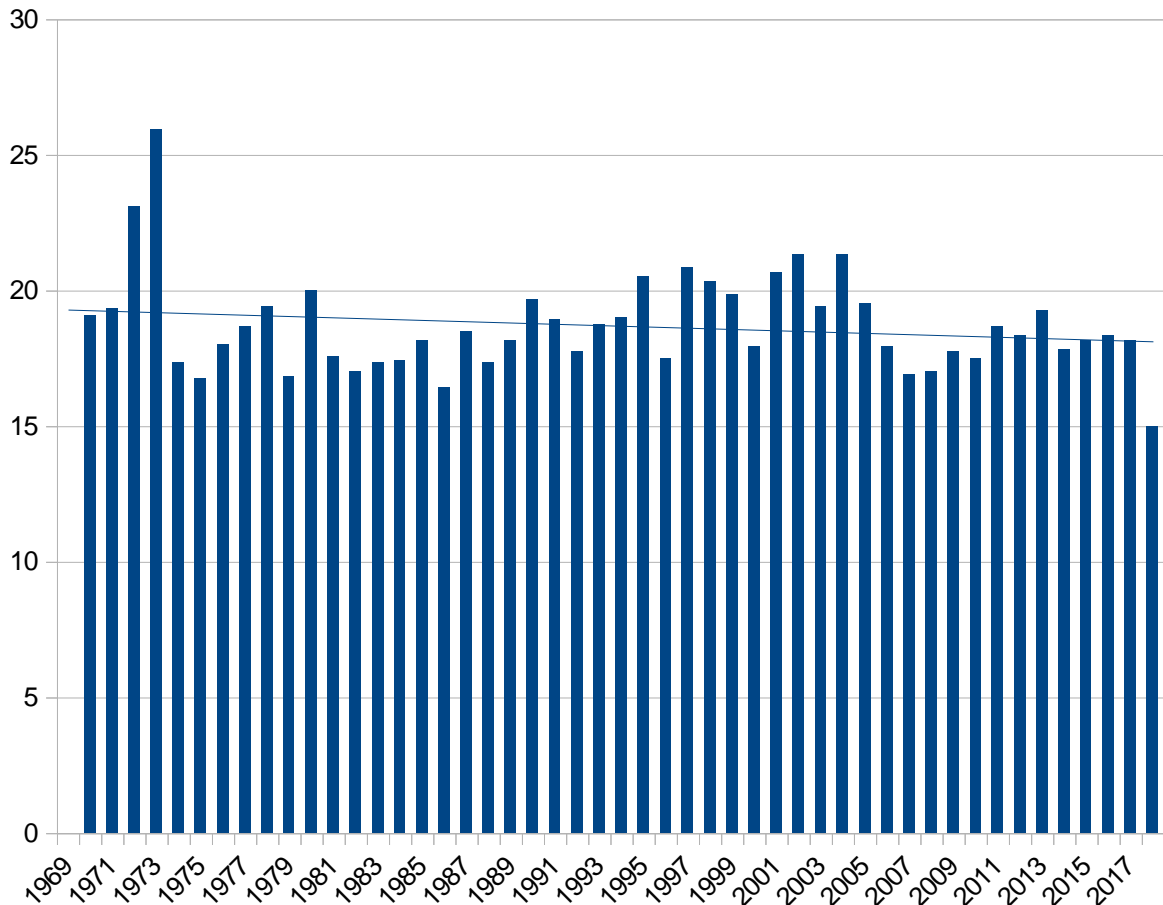
ნახ. 9 თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1989-1998 წწ.



ნახ. 10 თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 1999-2008 წწ.



ნახ. 11 თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება თვეების მიხედვით 2009-2018 წწ.



ნახ. 12 თბილისი. ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის დინამიკა წლების მიხედვით 1969-2018 წწ.

კვლევის შედეგად 1969-2018 წწ. თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების მონაცემებით, ხუთი ათწლეული პერიოდის განმავლობაში, I და V პერიოდის ჩათვლით აღინიშნა აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილება პერიოდების მიხედვით.

I-დან II პერიოდამდე აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე შემცირდა 2 მ/წმ-ით, II-დან III პერიოდამდე მოიმატა 1 მ/წმ-ით, III-დან IV პერიოდამდე არ შეცვლილა, ხოლო IV-დან V პერიოდამდე შემცირდა 1.5 მ/წმ-ით. ე. ი. 50 წლის განმავლობაში აღინიშნა აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის შემცირება 2 მ/წმ -ით.

2.3. ქარის მიმართულება.

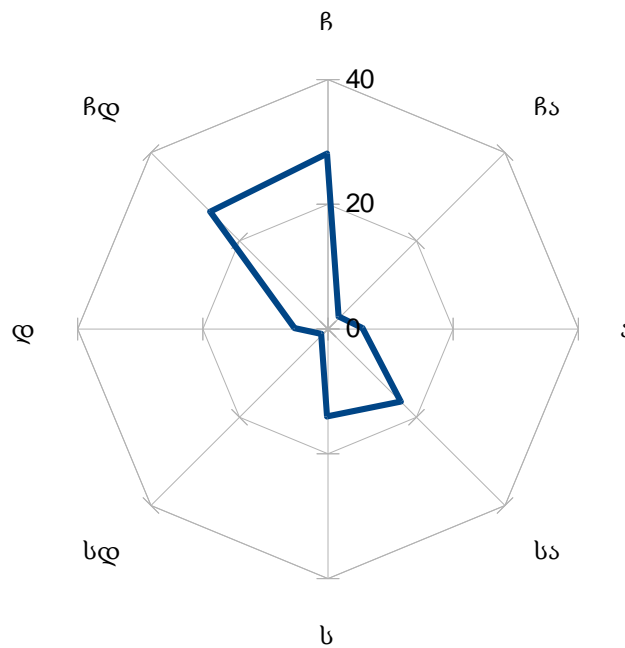
კვლევის შედეგად 1969-2018 წწ. თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების მონაცემებით, ხუთი ათწლეული პერიოდის განმავლობაში (ცხრ. 4, ცხრ. 5.) (ნახ. 13.- ნახ. 23.): I პერიოდში გაბატონებულია ჩრდილოეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა, სამხრეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები. II პერიოდში გაბატონებულია ჩრდილოეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა სამხრეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები. III პერიოდში გაბატონებულია ჩრდილოეთისა და სამხრეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა ჩრდილო-დასავლეთისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები. IV პერიოდში გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლეთისა და დასავლეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები. V პერიოდში გაბატონებულია ჩრდილოეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები.

ცხრ. 4. თბილისი. კარის მიმართულების ცვლილება თვეების მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

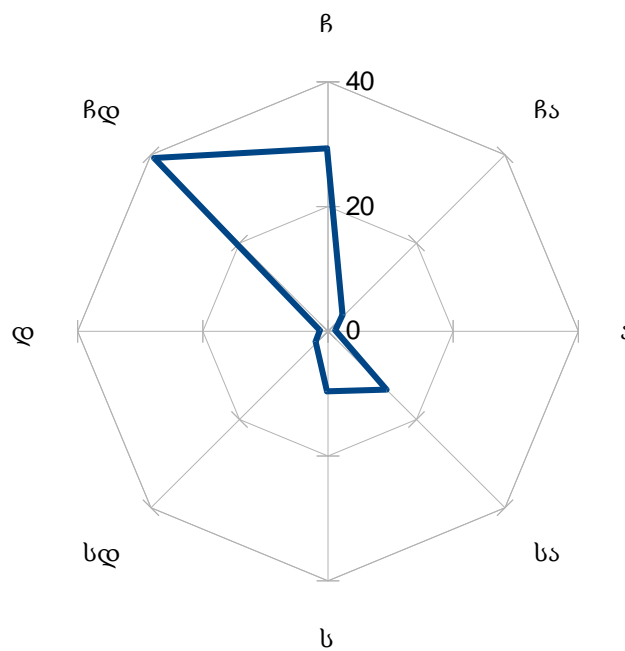
	ჩ	ჩდ	დ	სდ	ს	სა	ა	ჩა
1969-1978								
1	27	22	5	1	16	22	3	4
2	20	22	6	1	18	25	6	2
3	21	22	6	1	16	27	5	1
4	24	24	4	2	16	20	6	3
5	28	27	5	2	15	15	6	2
6	34	31	5	1	11	9	7	2
7	36	24	5	1	13	12	7	2
8	32	22	6	1	16	13	8	2
9	27	24	6	2	15	18	6	2
10	25	31	3	1	16	13	7	3
11	33	31	3	1	9	15	4	4
12	30	35	7	1	8	10	5	4
1979-1988	28	26	5	1	14	17	6	3
1	26	54	1	3	4	6	3	3
2	22	40	3	3	7	20	1	4
3	25	38	1	5	10	15	1	4
4	29	36	1	2	11	17	0	3
5	27	34	0	2	16	16	2	3
6	33	33	1	3	11	12	2	5
7	39	33	0	2	9	10	1	5
8	33	31	1	2	15	13	2	3
9	29	37	0	2	13	14	1	4
10	23	36	1	2	13	22	1	1
11	34	42	1	2	6	10	0	4
12	30	52	2	2	3	5	2	4
1989-1998	29	39	1	3	10	13	1	4
1	34	22	7	7	9	7	4	11
2	35	24	7	6	10	5	3	10
3	30	19	10	5	16	8	3	9
4	27	16	7	8	18	9	4	11
5	33	11	6	7	20	8	7	9
6	32	14	7	7	16	6	6	13
7	33	11	8	7	14	7	5	16
8	29	10	7	8	20	5	6	16
9	30	12	8	6	18	6	8	14
10	31	10	6	9	21	5	5	14
11	28	14	6	7	18	7	5	15
12	32	15	9	8	15	4	5	11
1999-2008	31	15	7	7	16	6	5	12
1	8	18	26	13	3	8	12	12
2	7	25	25	13	3	7	11	9
3	11	21	20	13	3	6	12	14
4	9	19	17	9	4	8	19	15
5	12	19	17	11	6	10	13	12
6	13	20	23	11	5	9	10	10
7	13	16	14	9	5	9	19	14
8	9	14	17	8	8	14	18	12
9	10	18	14	8	8	12	15	15
10	10	16	18	13	7	12	14	10
11	17	20	20	11	4	5	11	12
12	16	22	22	13	3	6	9	8
2009-2018	11	19	19	11	5	9	14	12
1	32	23	5	5	8	18	3	7
2	25	19	3	5	10	26	3	8
3	29	23	4	5	8	21	3	8
4	30	18	4	6	9	21	3	9
5	32	19	5	4	8	19	4	9
6	31	21	4	5	7	19	5	9
7	35	16	5	3	7	22	4	9
8	30	18	5	4	7	25	2	8
9	29	18	5	6	9	23	3	7
10	27	19	5	5	10	25	3	7
11	29	17	5	3	10	25	3	8
12	29	26	5	4	8	19	2	8

ცხრ. 5. თბილისი. ქარის მიმართულების ცვლილება 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

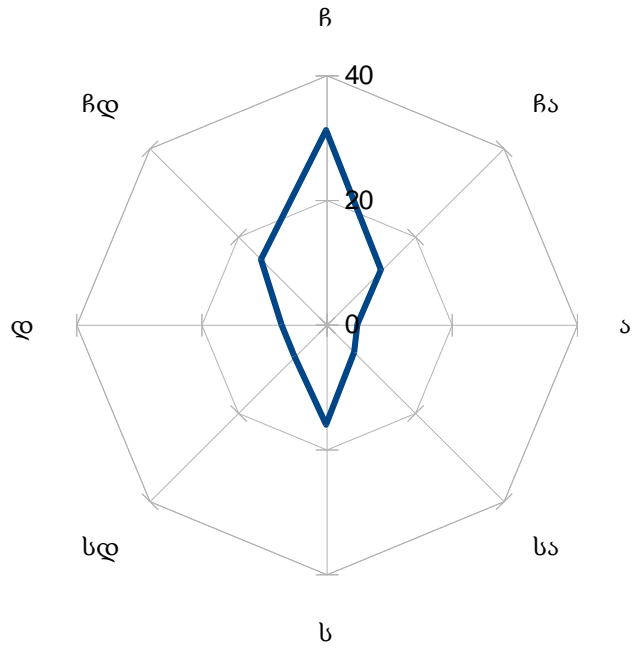
	ჩ	ჩდ	დ	სდ	ს	სა	ა	ჩა	შტილი
1969-1978	28	26	5	1	14	17	6	3	49
1979-1988	29	39	1	3	10	13	1	4	72
1989-1998	31	15	7	7	16	6	5	12	59
1999-2008	11	19	19	11	5	9	14	12	57
2009-2018	30	20	5	4	8	22	3	8	34
საშუალო	26	24	7	5	11	13	6	8	54



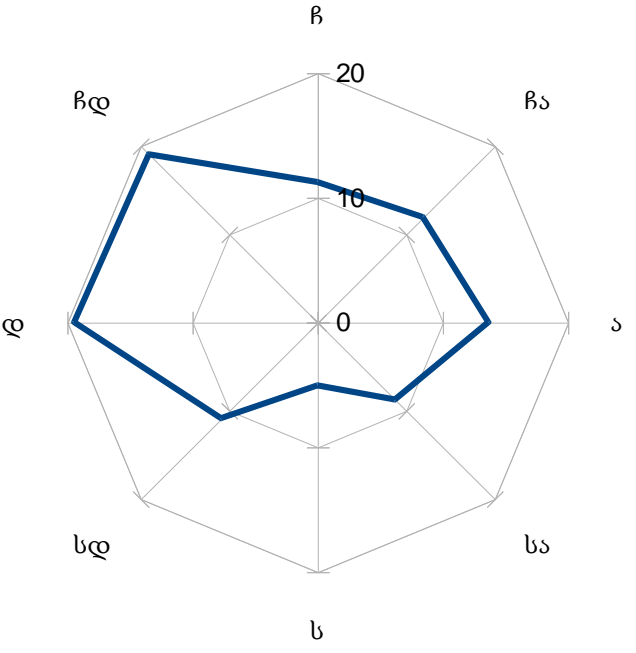
ნახ. 13 თბილისი. ქარის მიმართულების ცვლილება 1969-1978 წწ.



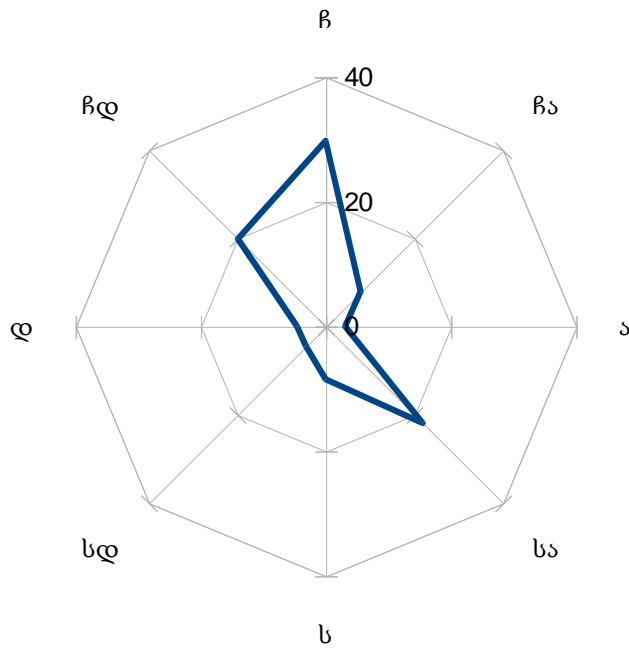
ნახ. 14 თბილისი. ქარის მიმართულების ცვლილება 1979-1988 წწ.



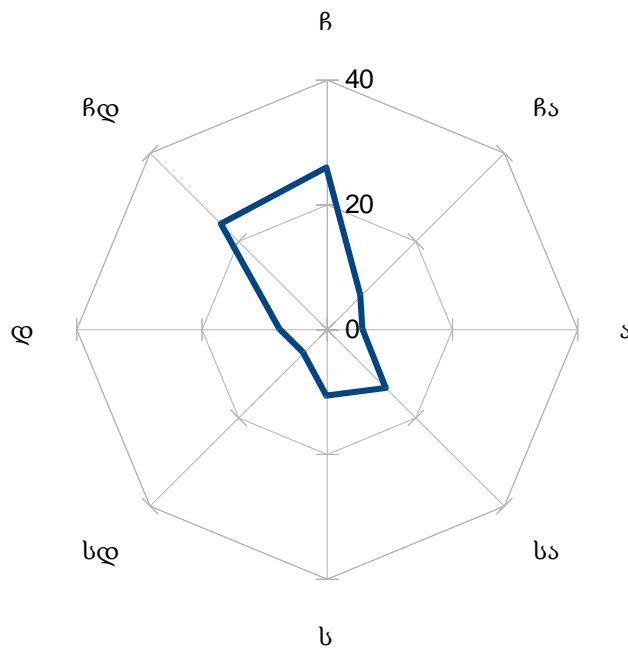
ნახ. 15 თბილისი. ქარის მიმართულებების ცვლილება 1989-1998 წწ.



ნახ. 16 თბილისი. ქარის მიმართულებების ცვლილება 1999-2008 წწ.



ნახ. 17 თბილისი. ქარის მიმართულების ცვლილება 2009-2018 წწ.

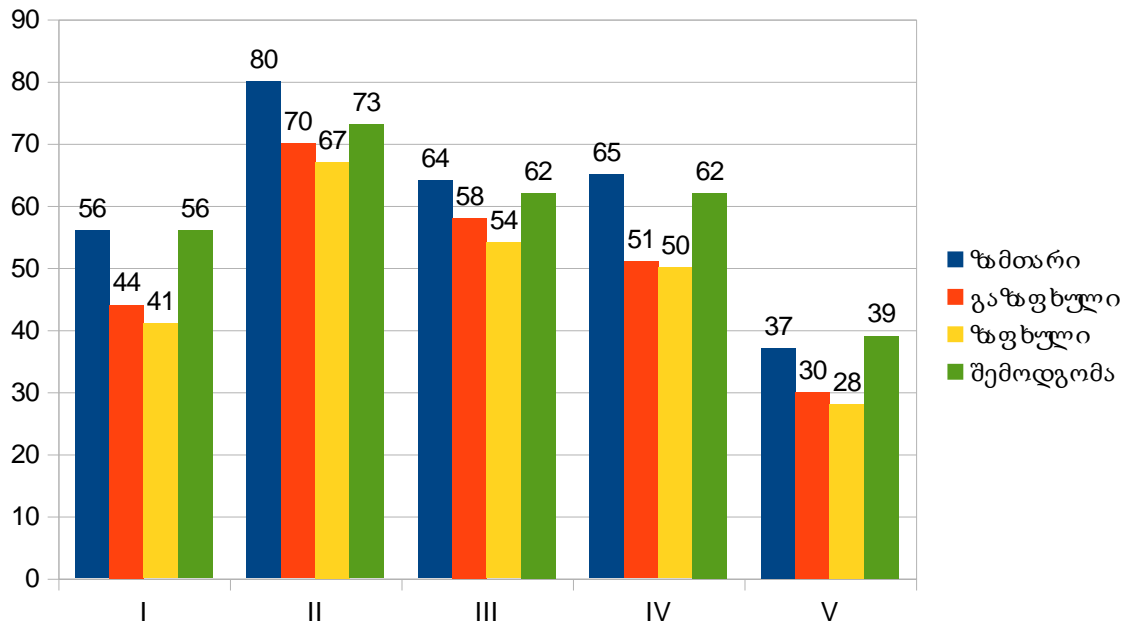


ნახ. 18 თბილისი. ქარის მიმართულების ცვლილება 1969-2018 წწ.

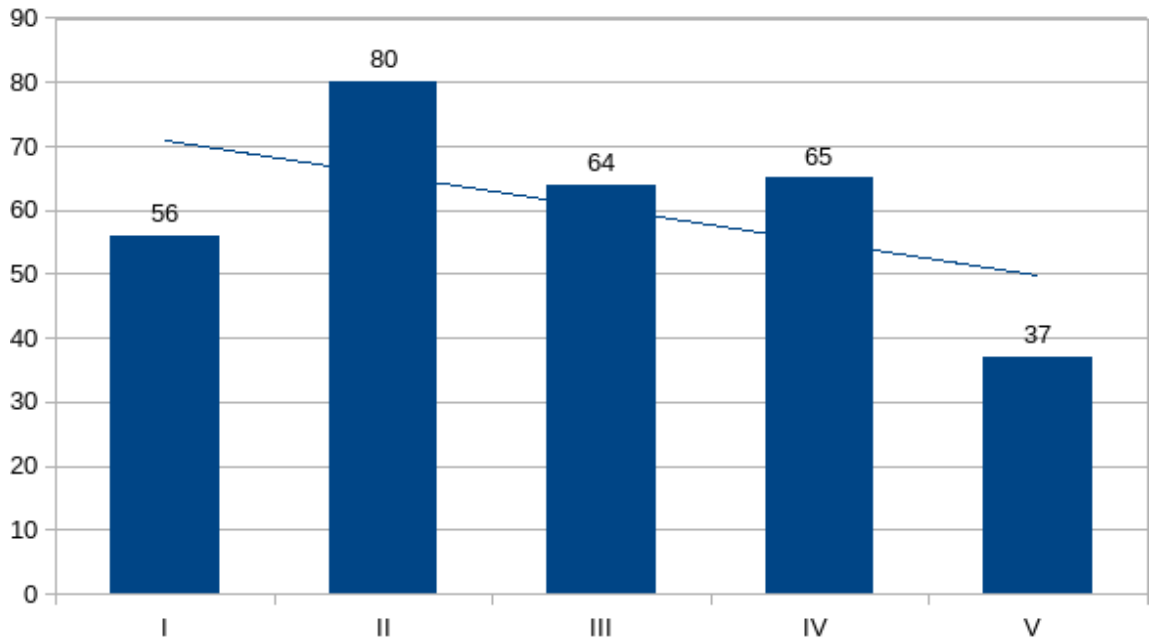
კვლევის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით (ცხრ.6.) და (ნახ.19-23.), ზამთრის სეზონის განმავლობაში შტილის დღეების რაოდენობა შემცირდა 71-დან 50 დღემდე, გაზაფხულის სეზონის განმავლობაში შტილის დღეები შემცირდა 60-დან 41დღემდე, ზაფხულის სეზონის განმავლობაში შემცირდა 57-დან 39 დღემდე, ხოლო შემოდგომის სეზონის განმავლობაში შემცირდა 67-დან 50დღემდე.

ცხრ. 6 თბილისი. შტილის ცვლილება სეზონების მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

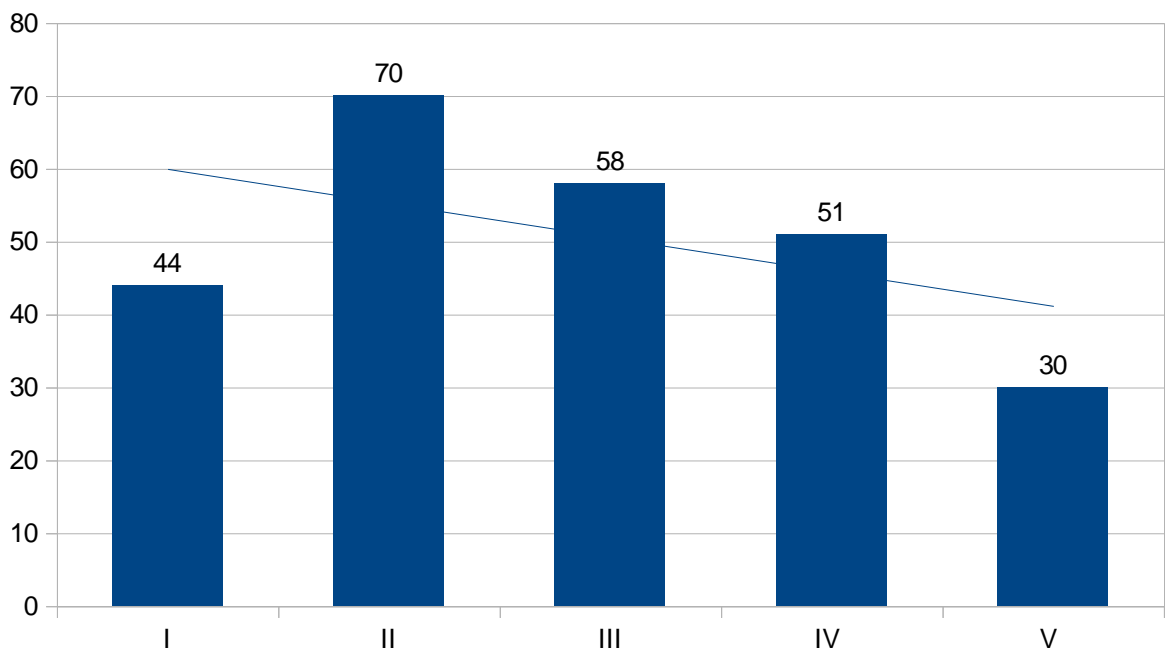
	I	II	III	IV	V
ზამთარი	56	80	64	65	37
გაზაფხული	44	70	58	51	30
ზაფხული	41	67	54	50	28
შემოდგომა	56	73	62	62	39



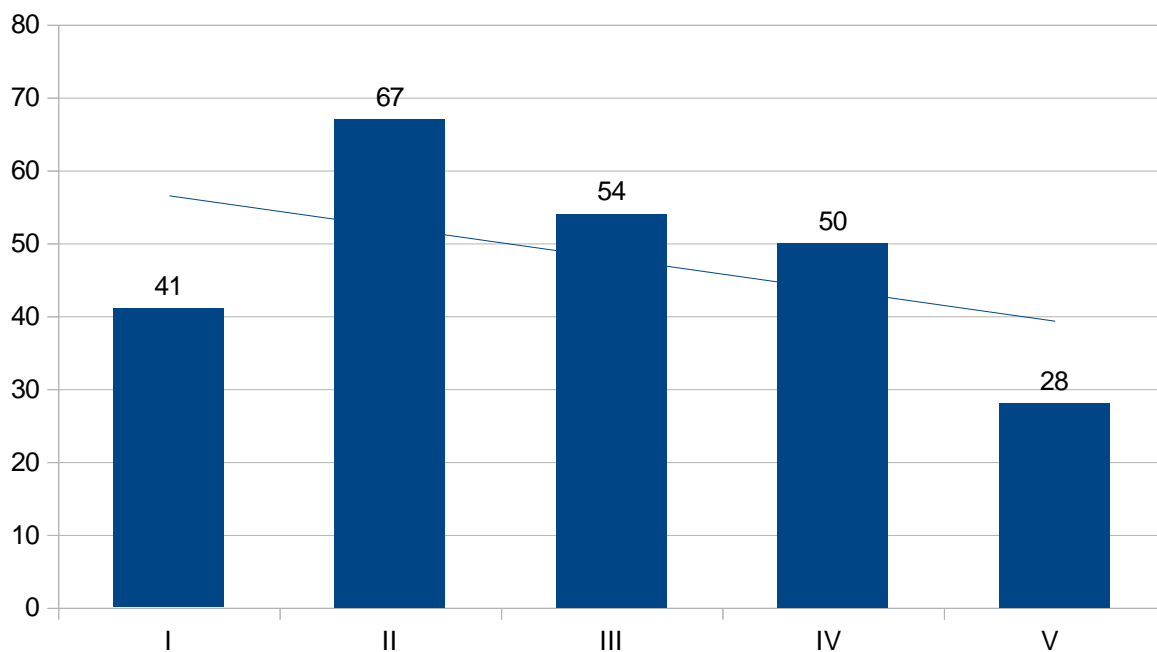
ნახ. 19 თბილისი. შტილის ცვლილება სეზონების მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)



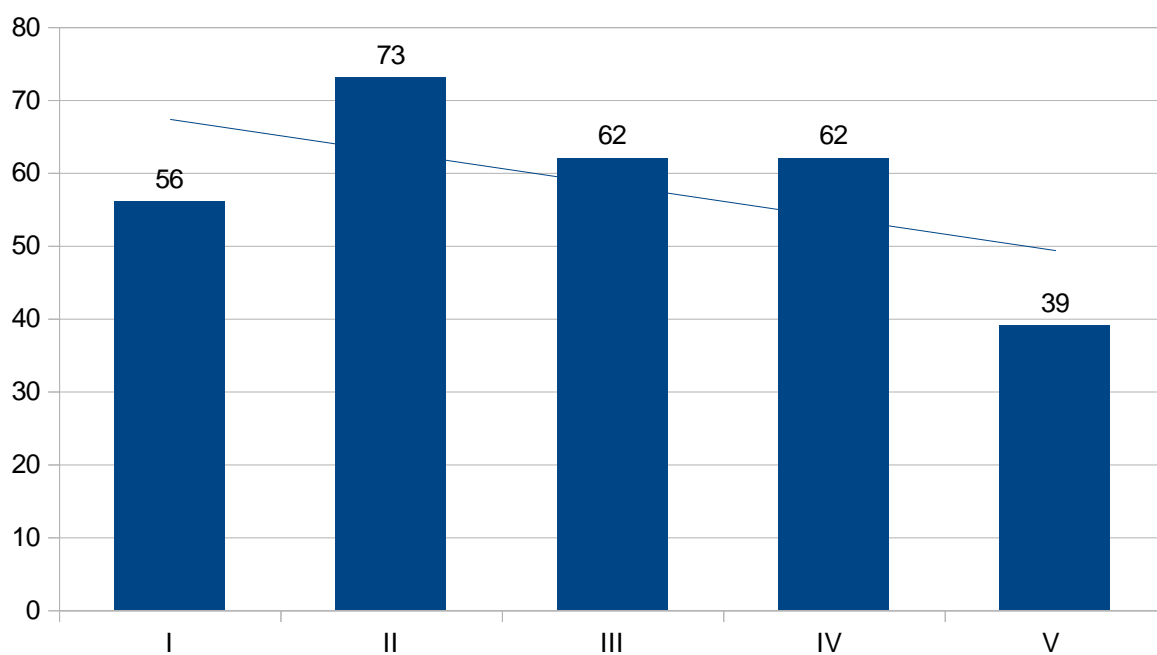
ნახ. 20 თბილისი. შტის ცვლილება ზამთრის სეზონის მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)



ნახ. 21 თბილისი. შტის ცვლილება გაზაფხულის სეზონის მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)



ნახ. 22 თბილისი. შტილის ცვლილება ზაფხულის სეზონის მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)



ნახ. 23 თბილისი. შტილის ცვლილება შემოდგომის სეზონის მიხედვით 1969-2018 წწ. (ათწლიანი პერიოდები)

ძირითადი შედეგები

თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების მონაცემებით 1969-2018 წწ, ათწლიანი პერიოდების შედარებამ გვიჩვენა, რომ ზამთრის განმავლობაში ქარის საშუალო სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე აღინიშნა IV პერიოდში 2.1 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II პერიოდში 0.6 მ/წმ;

ზაფხულზე მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს IV და V პერიოდში 2.5 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II პერიოდში 0.9 მ/წმ; ზაფხულში განმავლობაში მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს IV პერიოდში 2.85 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II პერიოდში 0.92 მ/წმ.; ხოლო შემოდგომაზე ქარის საშუალო სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს IV პერიოდში 1.9 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II პერიოდში 1 მ/წმ.

ზამთრის განმავლობაში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს IV პერიოდში 22 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II პერიოდში 17 მ/წმ.

ზაფხულზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს I პერიოდში 23 მ/წმ, ხოლო მინიმალური V პერიოდში 17 მ/წმ.

ზაფხულში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს I პერიოდში 20 მ/წმ, ხოლო მინიმალური II და V პერიოდში 16 მ/წმ.

შემოდგომაზე ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარის მაქსიმალური სიდიდე გვაქვს I პერიოდში 20 მ/წმ, ხოლო მინიმალური V პერიოდში 16 მ/წმ.

მთლიან პერიოდში (1969-2018 წწ.) ჭარბობს ჩრდილოეთისა და ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები, მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით გამოირჩევა სამხრეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები.

წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით, გამოიკვეთა შტილის დღეების რაოდენობის შემცირება ყველა სეზონში.

დასკვნა

ქალაქ თბილისის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების მონაცემებით, წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით ქარის საშუალო სიჩქარე იცვლებოდა 1.2 მ/წმ-იდან 1.8 მ/წმ-მდე, ე. ი. 50 წლიან პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარემ მოიმატა 0.6 მ/წმ-ით; ხოლო ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე იცვლებოდა 19.2 მ/წმ-იდან 18.3 მ/წმ-მდე, ე. ი. 50 წლიან პერიოდში ქარის აბსოლუტური მაქსიმალური სიჩქარე შემცირდა 0.9მ/წმ-ით.

წრფივი აპროქსიმაციის ტრენდით, ჩრდილოეთის მიმართულების ქარების დღეების რაოდენობა შემცირდა 28-დან 23-დღემდე; ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულების ქარები შემცირება 30-დან 17-დღემდე; დასავლეთის მიმართულების ქარები გაიზარდა 4-დან 11-დღემდე; სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ქარების გაიზარდა 2-დან 8-დღემდე; სამხრეთის მიმართულების ქარები შემცირება 14-დან 7.5-დღემდე; სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების 12-დან 15-დღემდე; აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების გაიზარდა 4 -დან 7-დღემდე; ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების მნიშვნელობების მომატება 4 -დან 12-დღემდე.

შტილის დღეების რაოდენობა შემცირება 64-დან 45-დღემდე.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ბერიტაშვილი ბ., კლიმატის ცვლილებასთან ქალაქ თბილისის ადაპტირების აქტუალური საკითხები, 2016, გვ. 42, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები.
2. გელოვანი მ., ერისთავი ვ., ზედგინიძე ა. და სხვ, საქართველოს ქარის ენერგეტიკული ატლასი, 2004, 183 გვ., energy.gov.ge
3. გოგიშვილი კ., თბილისის კლიმატი, 1960, 40 გვ.
4. თბილისის ქარის ელექტროსადგურის პროექტი, სკოპინგის ანგარიში, 2019, 162 გვ., mepa.gov.ge
5. საქართველოს ეროვნული ანგარიში (1999, 2006, 2016).
6. Chandru. (2006-09-09) CHINA: Industrialization pollutes its country side with Acid Rain. Southasiaanalysis.org
7. EPA: Acid Rain in New England, A Brief History
8. Galloway, J. N., Zhao Dianwu, Xiong Jiling and G. E. Likens. 1987. Acid rain: a comparison of China, United States and a remote area. Science 236:1559–1562.
9. Glickman, Todd S. (June 2000). Glossary of Meteorology. Boston: American Meteorological Society. ISBN 978-1-878220-49-3.
10. Hoppe, Gunnar (1986). "Åke Sundborg". Geografiska Annaler. 69 (1): 1–3. doi:10.1080/04353676.1987.11880191.
11. Hong, Je-Woo; Hong, Jinkyu (2016-02-24). "Changes in the Seoul Metropolitan Area Urban Heat Environment with Residential Redevelopment". Journal of Applied Meteorology and Climatology. 55 (5): 1091–1106. doi:10.1175/JAMC-D-15-0321.1. ISSN 1558-8424.
12. Kungl. Vetenskapsakademiens årsberättelse 2007" (PDF) (in Swedish). No. 81. Stockholm. 2008. pp. 30–31.
13. Meehl, G. A (2004). "More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century". Science. 305 (5686): 994–7. doi:10.1126/science.1098704. PMID 15310900.
14. Robinson, Peter J (2001). "On the Definition of a Heat Wave". Journal of Applied Meteorology. 40 (4): 762–775. doi:10.1175/1520-0450(2001)040<0762:OTDOAH>2.0.CO;2.

15. Seinfeld, John H.; Pandis, Spyros N (1998). Atmospheric Chemistry and Physics — From Air Pollution to Climate Change. John Wiley and Sons, Inc. ISBN 978-0-471-17816-3
16. www.wikiwand.com
17. www.weg.ge