



ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

თეა ერაძე

ჰაერის წლიური და სეზონული ტემპერატურების
ანალიზი და პროგნოზი გლობალური კლიმატური
მოდელების გამოყენებით სამცხე-ჯავახეთის
რეგიონისათვის

ხელმძღვანელები: გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, ასოც. პროფესორი
მ. ელიზბარაშვილი
გეოგრაფიის აკად. დოქტორი რ. მაისურაძე

თბილისი 2018

აბსტრაქტი

გლობალური დათბობა მეტად აქტიურ და მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს XXI საუკუნეში. ისტორიული ტემპერატურისა და მოდელირებული ტემპერატურების შედარება და ანალიზი საშუალებას მოგვცემს თავიდან ავირიდოთ მოსალოდნელი შედეგები, ან შევარბილოთ მაინც. სამცხე ჯავახეთის კლიმატის ცვლილების ანალიზი 1971-2000 წლებში და მისი მოსალოდნელი განვითარება XXI საუკუნის 2071-2100 წლებისათვის, მოდელირების საფუძველზე გვაძლევს მოსალოდნელი შედეგების გარკვეულ სურათს. გასული საუკუნის ბოლო 30 წლის ტემპერატურის ცვლილების ტრენდი სამცხე-ჯავახეთის 4 სადგურისათვის დათვლილია მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვების მონაცემებზე დაყრდნობით, და იგი $0,3^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლია დეკადურად საშუალო წლიური ტემპერატურისათვის ახალციხე, აბასთუმანი და ახალქალაქის სადგურებისათვის ხოლო $0,2^{\circ}\text{C}$ ბორჯომის სადგურის დაკვირვებისათვის 10 წელიწადში. ყველაზე დაბალ, თითქმის უმნიშვნელო ზრდას აჩვენებს ტემპერატურა ზაფხულის და შემოდგომის სეზონებზე. $0,4^{\circ}\text{C}$ არის დეკადური ზრდა ზაფხულის სეზონისათვის ახალციხესა და აბასთუმნის სადგურებზე, ხოლო ყველაზე მაღალი - $0,6^{\circ}\text{C}$ -ზამთარში აბასთუმნის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვება აჩვენებს. მოდელების საშუალო მნიშვნელობასა და დაკვირვების ტემპერატურებს შორის სხვაობა $1,95^{\circ}$ -ია საშუალო წლიური ტემპერატურისათვის ბორჯომში, $2,72^{\circ}$, $4,88^{\circ}$ და $6,19^{\circ}$ შესაბამისად ახალციხე, აბასთუმანი და ახალქალაქის სადგურებზე. ყველაზე დიდი სხვაობა- $10,3^{\circ}$ არის ზაფხულის სეზონზე ახალქალაქში, ყველზე მცირე კი ზამთრის სეზონზე ბორჯომში $-0,25^{\circ}$. თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ IPCC-ის RCP8.5-ის შედეგები სათბური აირების უმაღლესი რაოდენობის არსებობას გულისხმობს.

Abstract

Global warming is very important subject in XXI century. Comparison and analyses of historical observation and modeled temperature give us opportunity to avoid bad results or make it light. Climate change analyse of Samtskhe Javakheti in 1971-2000 yy and future possible evolution in the end of XXI century (2071-2100yy) based on modelling gives us some result of future scenario. Temperature change trend of 4 stations of Samtskhe Javakheti are counted based on 4 meteorological stations in last 30 yy of previous century. Annual temperature trend in Akhaltsike, Abastumani and Akhalkalaki stations are $0,3^{\circ}\text{C}(10(\text{yr})^{-1})$ and $0,2^{\circ}\text{C}(10(\text{yr})^{-1})$ in Borjomi. The lowest, almost none change are in Spring and Autumn seasons. There are $0,4^{\circ}\text{C}$ decadal incrise in Summer season in Akhaltsike and Abastumani stations, and the highest rate $0,6^{\circ}\text{C}(10(\text{yr})^{-1})$ is in Winter season of Abastumani station observation. Difference between annual modelled and observed temperature in Borjomi are $1,95^{\circ}\text{C}$, and $2,72^{\circ}\text{C}$, $4,88^{\circ}\text{C}$ and $6,19^{\circ}\text{C}$ respectively Akhaltsike, Abastumani and Akhalkalaki stations. The highest difference exist is Akhalkalaki $10,13^{\circ}\text{C}$ in Summer season, the lowest – in Borjomi $-0,25^{\circ}\text{C}$ in Winter season. Although we don't forget that IPCC5 RCP8,5 corresponds the highest greenhouse gas emissions.

შესავალი

გლობალური დათბობა არის დედამიწის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის და მსოფლიო ოკეანის საშუალო წლიური ტემპერატურის სწრაფი ზრდის პროცესი. ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირზე ბოლო საუკუნის განმავლობაში $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ -ით გაიზარდა. კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო ჯგუფის (IPCC) დასკვნით „დედამიწის ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის ზრდა XX საუკუნის შუა წლებიდან სავარაუდოდ განპირობებულია ანთროპოგენური (ანუ ადამიანის საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი) სათბურის აირების კონცენტრაციის ზრდით“, რომლის შედეგადაც ძლიერდება ატმოსფეროს სათბურის ეფექტი, რაც ატმოსფეროს ქვედა ფენების ტემპერატურის მომატებას იწვევს. IPCC-ის დასკვნით XXI საუკუნეში მოსალოდნელია დედამიწის ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის შემდგომი ზრდა $1,1-6,4^{\circ}\text{C}$ -ით. სათბური აირების კონცენტრაციის ზრდის შეჩერების შემთხვევაშიც კი ეს დათბობა კიდევ ათას წელს გაგრძელდება. მხოლოდ ამის შემდეგ არის მოსალოდნელი დარღვეული წონასწორობის ხელახალი დამყარება და საშუალო ტემპერატურის დასტაბილურება.

ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის ზრდა გამოიწვევს ზღვის დონის აწევას. გაიზრდება ამინდისა და კლიმატის ექსტრემალური მოვლენების სიხშირე და ნიტენსივობა, შეიცვლება ნალექების რაოდენობა და განაწილება. შეიცვლება აგრეთვე სოფლის მეურნეობის მოსავლიანობა, შემცირდება მყინვარები, გადაშენდება ცოცხალი ორგანიზმების ზოგიერთი სახეობები, გაიზრდება დაავადებათა რიცხვი, რაც ფაქტობრივად უკვე დაწყებულია.

ჯერჯერობით უცნობია დედამიწის რომელი რეგიონი უფრო მეტად დაზარალდება ამ ცვლილებების შედეგად. სახელმწიფოთა უმრავლესობამ ხელი მოაწერა კიოტოს ოქმს, რომელიც ატმოსფეროში სათბურის აირების გაფრქვევათა შემცირებას ისახავს მიზნად. თუმცა არ წყდება კამათი იმის შესახებ, თუ რა უფრო რაციონალურია: გლობალური დათბობის შეჩერების ან შემოტრიალების მცდელობა თუ ადაპტაცია არსებულ და მოსალოდნელ ცვლილებებისადმი.

საერთაშორისო ორგანიზაცია „Global Humanitarian Forum“-მა გამოაქვეყნა დასკვნა, რომელშიც გლობალური დათბობის მსხვერპლთა ზუსტი რაოდენობაა დასახელებული. მკვლევართა მონაცემებით, ამჟამად გლობალური დათბობის გამო მსოფლიოში ყოველწლიურად დაახლოებით 300 ათასი ადამიანი იღუპება. საქმე იმაშია, რომ კლიმატის ცვლილება ამინდისა და კლიმატის ექსტრემალური მოვლენების რაოდენობის ზრდას

იწვევს, ისეთების, როგორცაა გვალვა და წყალდიდობა. ამას გარდა ცვალებადი კლიმატი გავლენას ახდენს განვითარებული ქვეყნების სოფლის მეურნეობაზეც, რასაც შიმშილობამდე მივყავართ. „Global Humanitarian Forum“-ის მონაცემებით, სიკვდილიანობის დიდი წილი (90%) განვითარებად ქვეყნებზე მოდის. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ 2030 წლისათვის დათბობის მსხვერპლთა რაოდენობა ყოველწლიურად 500 ათასამდე გაიზრდება. ამ პროცესების დაჩქარების ერთ-ერთ მიზეზად მოიაზრება პლანეტაზე მოსახლეობის რაოდენობის სწრაფი ზრდა და ტექნიკური პროგრესი. მოსახლეობის ზრდასთან ერთად იზრდება მოთხოვნები საკვებზე, წყალზე, ტყის რესურსზე, სამრეწველო პროდუქტებზე, ბუნებრივ რესურსებზე (ქვანახშირი, ნავთობი, გაზი, წიაღისეული და ა.შ.) ტექნიკური პროგრესის შედეგად ატმოსფეროს დაბინძურება უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს. ატმოსფეროს მთავარ დამაბინძურებელ რეგიონებად ითვლებიან: ა.შ.შ -30,3%; ევროპა - 27,7%; რუსეთი - 13,7%; იაპონია - 3,7%; ჩინეთი და ინდოეთი - 12,2%; არაბეთის ნახევარკუნძული - 2,6%; ავსტრალია - 1,3%; აფრიკა - 2,5%; სამხრეთ ამერიკა - 3,8%. ატმოსფეროში CO₂-ის რაოდენობამ 1958 წელთან შედარებით მოიმატა 13%-ით; 1750 წელთან შედარებით 25%-ით.

ბუნებრივია ისმის კითხვა: რა ელის საქართველოს გლობალური კლიმატური ცვლილებების შედეგად და რა უნდა გავაკეთოთ მისი ზემოქმედების შესამცირებლად? რა თქმა უნდა, დედამიწაზე მომხდარი ყველა ცვლილება საქართველოზეც აისახება, თუმცა, საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობის გამო პროცესები ისეთი მძაფრი არ იქნება როგორც ბევრ სხვა ქვეყანაში.

გლობალური დათბობა საქართველოში გამოიწვევს მყინვარების დნობას. მყინვარების ინტენსიური დნობა უკვე 60-იანი წლების შემდეგ შეინიშნება. 1960-1990 წლებში მყინვარების ფართობი შემცირდა ენგურის ხეობაში 11 კვ.კმ-ით, რაც დაახლოებით 20%-ზე მეტია, ლიახვის ხეობაში 0,8 კვ.კმ-ით (20 %), თერგის ხეობაში კი - 9 კვ.კმ-ით (15 %)(ე. ელიზბარაშვილი, საქართველოს ჰავა, 2017). სწორედ ენგურისა და თერგის ხეობებშია განლაგებული კავკასიონის ზოგიერთი მყინვარი: ლეხზირი, წანერი, აბანო, მნა და სხვა. 1960 წლის მონაცემებით მყინვარ გერგეთის ფართობი 6,77 კვ.კმ იყო. მისი ენა ზღვის დონიდან 2880 მ-ზე მკვეთრად წამახვილებული ფორმით მთავრდებოდა. აღნიშნულ პერიოდთან შედარებით კი დაახლოებით 0,9 კმ-ით დაიხია უკან. გლობალური დათბობის შედეგად მოსალოდნელია ბუნებრივი ვერტიკალური ზონალურობის გადაადგილება. აღმოსავლეთ საქართველოს საშუალო მთის ტყის ლანდშაფტის ადგილს სტეპები და ნახევარუდაბნოები დაიკავენ, აღმოსავლეთ საქართველოს

მათალმთის მდელის სუბალპური ლანდშაფტის ადგილას კი ფართოფოთლოვანი ტყეები გაბატონდება. შავი ზღვა შეუტევს და დაიტბორება ფოთი, ჭალადიდი, ქობულეთი, ბათუმი, ანაკლია. პალიასტომის ტბა შავი ზღვის ნაწილი გახდება. კლიმატური ცვლილებების შედეგად მოსახლეობა მთებისკენ გადაადგილდება, ხელსაყრელი პირობები შეექმნებათ მავნებელ-დაავადებებს გავრცელებისათვის, რაც უარყოფით გავლენას მოახდენს სოფლის მეურნეობაზე. (საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე) რა ღონისძიებები უნდა გავატაროთ გლობალური კლიმატური ცვლილებების შემთხვევაში?

1. კლიმატური ცვლილებების შერბილება;
2. მასთან ადაპტაცია.

კლიმატური პირობების სრულად შეჩერება შეუძლებელია, თუმცა, პროცესი შემარბილებელი ღონისძიებების განხორციელების საშუალებებით უფრო ადვილი სამართავი ხდება. შემარბილებელ ღონისძიებებში შედის: ატმოსფეროში სათბური აირების, განსაკუთრებით CO₂-ის ემისიის შემცირება, თბოენერგეტიკის ალტერნატიული დარგების პრიორიტეტული განვითარება, ენერგოეკონომიური ტექნოლოგიების დანერგვა, დედამიწის მწვანე საფარის შენარჩუნება და გაზრდა.

ადაპტაციურ ღონისძიებებს მიეკუთვნება: ეროზიის საწინააღმდეგო ჯებირების მშენებლობა, ქარსაცავი ზოლების გაშენება, საირიგაციო სისტემების მშენებლობა, სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის შეცვლა, საცხოვრებელი პირობების შეცვლა, მშენებლობის მეთოდებისა და ტექნოლოგიების ცვლილება ისე, რომ გარემოს ნაკლები ზიანი მიადგეს, ბუნებრივი რესურსების ყაირათიანი ხარჯვა, უნარჩენო წარმოებების დანერგვა და სხვა.

პარიზის 2015 წლის საერთაშორისო კონფერენცია, რომელშიც მსოფლიოს 180-ზე მეტი ქვეყანა მონაწილეობდა, ერთხმად შეთანხმდა პლანეტის კლიმატური ცვლილებების წინააღმდეგ რადიკალური ღონისძიებების გატარების თაობაზე. კონფერენციის რეზოლუციას საქართველოც შეუერთდა. იმედია, თანამედროვე მსოფლიო მომავლის გადარჩენის მიზნით შეძლებს გლობალური კლიმატური ცვლილებების შერბილებას.

გლობალურ-კლიმატური ცვლილებები სხვა გლობალურ პრობლემებთან (მშვიდობის შენარჩუნება, მოსახლეობის შიმშილისაგან და ეპიდემიებისაგან დაცვა და სხვა) ერთად ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა, რადგან კლიმატური ცვლილებები არ ემორჩილება ადმინისტრაციულ და პოლიტიკურ საზღვრებს. ამაზე მეტყველებს თუნდაც ბოლო ათწლეულში საქართველოს ტერიტორიაზე მკვეთრად გამოხატული გვალვები,

ტემპერატურათა მერყეობა, უხვნალექიანობა, სეტყვა, წყალდიდობები, მეწყერული პროცესები და სხვა, რამაც საქართველოს, როგორც გეოგრაფიულ ერთეულს, დიდი ზარალი მიაყენა.

სამცხე ჯავახეთი

სამცხე ჯავახეთის მხარე სამხრეთ საქართველოში მოიცავს ისტორიულ-გეოგრაფიული პროვინციების სამცხის, ჯავახეთის და თორის ტერიტორიებს. მხარის ფართობი შეადგენს 6413 კვ.კმ-ს. მოსახლეობა 2014 წლის საყოველთაო აღწერის მიხედვით 160,504 ადამიანია, მათგან 48,28% ეთნიკურად ქართველი, 50,52% კი - სომეხი. 54,633 ადამიანი ქალაქებში ცხოვრობს, 105,841 კი-სოფლებში. მხარის ადმინისტრაციული ცენტრია ქალაქი ახალციხე. რეგიონში სულ 5 ქალაქი: ახალქალაქი, ახალციხე, ბორჯომი, ვალე, ნინოწმინდა; 7 დაბა: ბაკურიანი, ბაკურიანის ანდეზიტი, წაღვერი, ახალდაბა, ადიგენი, აბასთუმანი, ასპინძა; და 258 სოფელია.

სამცხე სამხრეთ საქართველოს ერთ-ერთი უძველესი მხარეა. იგი მდ. მტკვრის ზემო ნაწილში მდებარეობს და, უმთავრესად, მისი მარცხენა შენაკადების ხეობებშია მოქცეული. სამცხეს ისტორიული ნაწილი დღევანდელი თურქეთის ფარგლებშია. სამცხეს დასავლეთით არსიანის ქედი ესაზღვრება, ჩრდილოეთით ფერსათის მთებია, სამხრეთით კი ერუშეთის ქედი, კასრის სერი, გუმბათისა და ვანის მთები მდებარეობს, აღმოსავლეთ მხარეს ჯავახეთი ვრცელდება. ამ უკანასკნელისაგან სამცხე ბრტყელი წყალგამყოფებითაა გამოყოფილი, რომლებიც აწყურთან ახლოს ჭობისხევით მთავრდება.

არაერთგვაროვანია სამცხის ბარისა და მთის ჰავის პირობები. ბარის ზონა სტეპური ჰავით (ცივი ზამთარი და თბილი ხანგრძლივი ზაფხული) ხასიათდება. რეგიონის ამ ნაწილში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 6-10⁰-ია. იანვარში ჰაერი -3-4⁰-მდე (ახალციხე) ცივდება. აბსოლუტური მინიმუმი ზოგჯერ -32⁰-მდე ეცემა. ივლისში კი ეს მაჩვენებელი 20-21⁰-ს აღწევს. ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა (500-600 მმ) მცირეა. მთის ზედა ნაწილში კი ნოტიო კონტინენტური ჰავაა და ჰაერის ტემპერატურა დაბალია. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 1000-1200 მმ-მდე მატულობს. ზომიერი ტენიანობის პირობებში მთისა და ბარის სუფთა ჰაერის შეზავება, რეგიონის ჰავას საკურორტო ნიშნებს ანიჭებს.

რეგიონი დასერილია საკამაოდ წყალუხვი მდინარეების ხშირი ქსელით. მათ შორის ძირითადი მდ. მტკვარი და მისი შენაკადებია: ფარავანი, ოშორა, ოთა, მერწობი, ხევისწყალი, ქვაბლიანი (ფოცხოვი), ურაველი. აქ მცირე

მდინარეები (აბასთუმნისწყალი ანუ ოცხე, წინუბნისწყალი, ჭვინთაღელე) გაედინება. მათ როგორც სარწყავად, ისე ჰიდროენერჯის მისაღებად იყენებენ. სამცხე მდიდარია სამკურნალო-მინერალური წყლებით: წყალთბილას გოგირდოვანი წყალი, ურაველისა და წინუბნის, ასპინძისა და აბასთუმნის სამკურნალო წყლები.

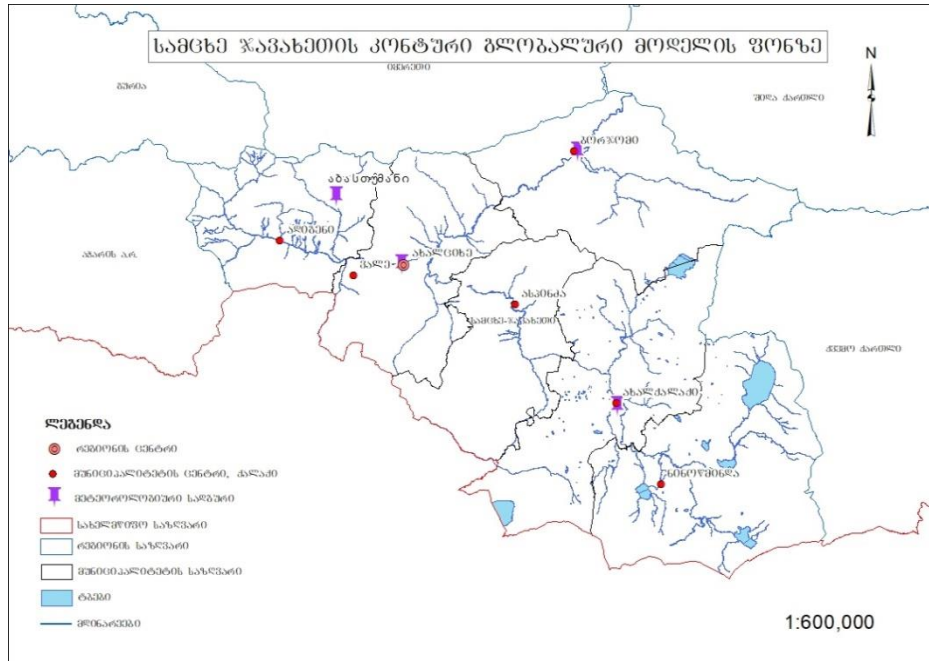
ჯავახეთი მდ. ფარავნისწყლის (მტკვრის მარჯვენა შენაკადი) აუზს მოიცავს. რეგიონი აღმოსავლეთით ქვემო ქართლისაგან ჯავახეთის ქედითაა გამოყოფილი, სამხრეთით ნიალის ქედით, ჩრდილოეთით მდ. ქციას წყალგამყოფით. ჯავახეთის ისტორიული სამხრეთი ნაწილი ამჟამად თურქეთის შემადგენლობაშია.

ჯავახეთი საკმაოდ მკაცრი კლიმატური პირობებით გამორჩეული რეგიონია. გერმანელმა მეცნიერმა კარლ რიტერმა მას „ჰაერიტა და წყლით მდიდარი გრილი კუნძული“ უწოდა. ჯავახეთის დაბალ ნაწილში მთის სტეპის (მცირე თოვლიანი ცივი ზამთარი და გრილი ზაფხული) ჰავაა. იანვრის თვის ჰაერის საშუალო (ახალქალაქი) ტემპერატურა $-7,5^{\circ}$ -ს შეადგენს, აგვისტოსში კი $14-16^{\circ}$ -ის ტოლია. ტემპერატურის აბსოლუტური (კარწახი) მინიმუმი -41° -მდე ეცემა. დაბალია (2000⁰) აქტიურ ტემპერატურათა ჯამიც. ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა მცირეა და 500-600 მმ არ აღემატება. მდგრადი თოვლის საფარი საკმაოდ ხანგრძლივად (4-5 თვე) დევს.

ჯავახეთის მთავარ ჰიდროგრაფიულ არტერიას მდ. ფარავანი წარმოადგენს. მისი შენაკადებია: აბულისწყალი, მურჯახეთისწყალი, ბარალეთისწყალი, ბულდაშენი, ჭობარეთისწყალი. რეგიონის დასავლეთ ნაწილში მდ. მტკვარი გაედინება. ტბების სიმრავლის გამო, ჯავახეთს „ტბათა მხარეს“ უწოდებენ. სწორედ აქ მდებარეობს სიდიდით საქართველოში პირველი ფარავნის ($37,5$ კმ², სიღრმე $-3,3$ მ) ტბა. აღსანიშნავია ხანჩალის, სადამოს, კარწახის, ბულდაშენის, მადას ტბები. მათ სუფთა წყალში მდიდარი იქთიოფაუნაა. ჯავახეთში მრავლადაა უხვდებიტიანი წყაროები (ვოკლუზები).

მონაცემები და მეთოდები

1971-2000 წწ ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციის დასათვლელად გამოყენებულია დაკვირვების მონაცემები 4 სადგურისათვის-ბორჯომი, ახალციხე, აბასთუმანი, ახალქალაქი (რუკა №1).



რუკა №1. მეტეოროლოგიური სადგურები სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში.

აღნიშნული სადგურების ზღვის დონიდან განსხვავებულ სიმაღლეზე მდებარეობენ. იხ. ცხრილი №1

მეტეო. სადგური	გრძედი	განედი	სიმაღ. ზღ. დონიდან (მ)
ბორჯომი	41°50'21.98"N	43°23'4.60"E	820
ახალციხე	41°38'20.17"N	42°59'10.18"E	962
აბასთუმანი	41°45'9.15"N	42°49'55.30"E	1297
ახალქალაქი	41°24'7.05"N	43°29'13.79"E	1720

ცხ. №1 მეტეოროლოგიური სადგურების მდებარეობის პარამეტრები.

მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვების მონაცემებთან ერთად გამოყენებულია ასევე CMIP5-ის (Coupled Model Intercomparison Project 5th phase) 10 მოდელის 36 სცენარი. მოდელები შეიცავენ 1850-2005 წლების ტემპერატურულ სცენარებს ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზემოქმედების გათვალისწინებით. ცხრილი №2 გვიჩვენებს რა კომპონენტებია გათვალისწინებული მოდელების მიერ ისტორიული ტემპერატურის სიმულაციების დროს.

ცხრილი №2 (გამოყენებული CMIP5-ის მოდელების პარამეტრები)

მოდელი	რეზოლუცია	Nat	Ant	GHG	SA	SD	Oz	LU	SI	VI	SS	Ds	BC	OC	MD	AA
CCSM4	192 X 288			Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
CESM1(CAM5)	192 X 288			Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
CanESM2	64 X 128			Y	Y		Y		Y	Y			Y	Y		
CSIRO-Mk3.6.0	96 X 192	Y	Y													
INM-CM4*	120 X 180															
MIROC-ESM	64 X 128			Y	Y		Y	Y	Y	Y			Y	Y	Y	
MIROC5	128 X 256			Y	Y		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
MPI-ESM-LR	96 X 192			Y	Y	Y	Y		Y	Y			Y	Y		
NorESM1-M	96 X 144			Y	Y		Y		Y	Y			Y	Y		
FIO-ESM*	64 X 128															

* ინფორმაცია ვერ მოიძებნა.

Nat - ბუნებრივი გავლენა (მზის და ვულკანური ენერჯია).

Ant - ანთროპოგენური გავლენა (სათბური აირები, ოზონი, მიწის გამოყენების ცვლილება).

GHG - დიდი რაოდენობის სათბური აირები.

SA - ანთროპოგენური სულფატების გამოფრქვევის პირდაპირი და არაპირდაპირი ეფექტი.

SD - ანთროპოგენური სულფატების გამოფრქვევის მხოლოდ პირდაპირი რაოდენობა.

Oz - ოზონი.

LU - მიწის გამოყენების ცვლილება.

SI - მზის გამოსხივება.

VI - ვულკანების ამოფრქვევა.

SS - ზღვის მარილი.

Ds - მტვერი.

BC - მური.

OC - ორგანული ნახშირორჟანგი.

MD - მინერალური მტვერი.

AA - ანთროპოგენური გამოფრქვევა.

2071-2100 წლების ტემპერატურები წარმოდგენილია ასევე CMIP5-ის მოდელებზე დაყრდნობით. იგი არის IPCC -ს (the Intergovernmental Panel on Climate Change) (Fifth Assessment Report) AR5-ის RCP8.5 სცენარი, რომელიც გულისხმობს სათბური აირების გამოფრქვევის მაქსიმალური რაოდენობის არსებობას. ასევე მოსახლეობის რაოდენობის მაღალი სიჩქარით ზრდას და ენერჯის მაღალ მოთხოვნილებას კლიმატური ცვლილების პოლიტიკის არსებობის გარეშე. CMIP ხელს უწყობს სტანდარტულ მოდელირებულ სიმულაციებს:

1. განავითაროს რამდენად რეალურია მოდელი ახლო წარსულისათვის.
2. აწარმოოს მომავლის კლიმატური მოდელი დროის 2 მასშტაბით, ახლო მომავლის - 2035 და შორეული - 2100 წლამდე და მეტი.

3. დააზუსტოს ზოგერთი ფაქტი, რომელიც პასუხისმგებელია განსხვავებებზე მოდელის პროექტებში, შემცველობის რაოდენობით ზოგიერთი საკვანძო უკუკავშირისა, როგორებიცაა ღრუბელი და ნახშირორჟანგის ციკლი.

არსებულ კვლევაში გამოყენებულია CMIP5-ის ექსპერიმენტული დიზაინის გრძელვადიანი სიმულაციები 2005-2100 წლებისათვის.

1971-2000 წლებისათვის დათვლილია საშუალო წლიური და საშუალო სეზონური ტემპერატურები მეტეოსადგურების მონაცემების საფუძველზე. ასევე მოდელის შედეგები თითოეული სცენარისათვის და მათი საშუალოები თითოეული მოდელისათვის. შედარებულია რეგიონის უთბილესი და უცივესი მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვების ტემპერატურის ცვლილების ტრენდები საშუალო წლიურ და საშუალო სეზონურ ტემპერატურის ცვლილების მოდელის მონაცემებთან და ასევე ტემპერატურული სხვაობები მოდელის მონაცემებსა და დაკვირვებას შორის ისტორიული და მომავალი პერიოდისათვის. მოცემულია კორელაცია დაკვირვების საშუალო წლიურ და საშუალო სეზონურ ტემპერატურებსა და მოდელის შესაბამის მონაცემებს შორის 1971-2000 წლებისათვის. ასევე მოდელის საშუალო მნიშვნელობა საშუალო წლიური და საშუალო სეზონური მონაცემებისათვის. მომავლის 2071-2100 წწ ტემპერატურის განსაზღვრისათვის კი მოცემულია CMIP5-ის RCP8.5-ის სურათი 10 მოდელის 36 სცენარის მიხედვით. თითოეული მოდელისათვის დათვლილია საშუალო მნიშვნელობა სცენარების საშუალოს გამოყვანის გზით და ასევე 10 მოდელის 36 სცენარის საშუალო ტემპერატურული მაჩვენებელი წლიური და სეზონური ტემპერატურები სამცხე-ჯავახეთისათვის. ცხრილი №3-ში წარმდგენილია მოდელის დასახელებები და სცენარების რაოდენობები თითოეული მოდელისათვის.

N	მოდელის სახელი	სცენარების რაოდენობა
1	CanESM2	5
2	CCSM4	6
3	CESM1-CAM5	3
4	FIO-ESM	3
5	CSIRO-Mk3-6-0	10
6	MIROC5	3
7	MPI-ESM-LR	3
8	inmcm4	1
9	NorESM1-M	1
10	MIROC-ESM-CHEM	1

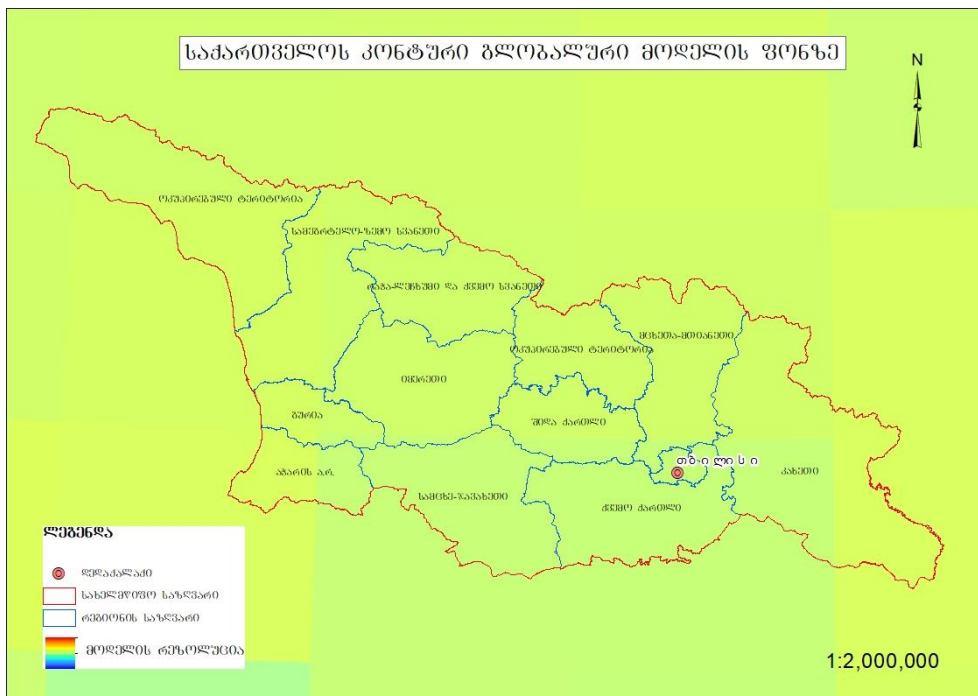
ცხრილი №3. (მოდელის სახელები და მათი სიმულაციების რაოდენობა)

№4 ცხრილში მოცემულია მეოცე საუკუნის ბოლო 30 წლისათვის (1971-2000) სამცხე ჯავახეთის 4 სადგურის: ბორჯომი, ახალციხე, ახასთუმანი, ახალქალაქი და მათი საშუალო წლიური და სეზონური ტემპერატურები.

სადგური	სიმრალე ზღ. დონიდან (მ)	გაზა ფხული	ზაფხული	შემოდგომა	ზამთარი	საშ. წლიური
ბორჯომი	820	8.82	19.03	10.22	-0.39	9.43
ახალციხე	962	8.53	18.94	9.73	-2.47	8.66
ახასთუმანი	1297	6.00	16.10	7.60	-3.80	6.50
ახალქალაქი	1720	4.48	14.94	6.93	-5.62	5.19

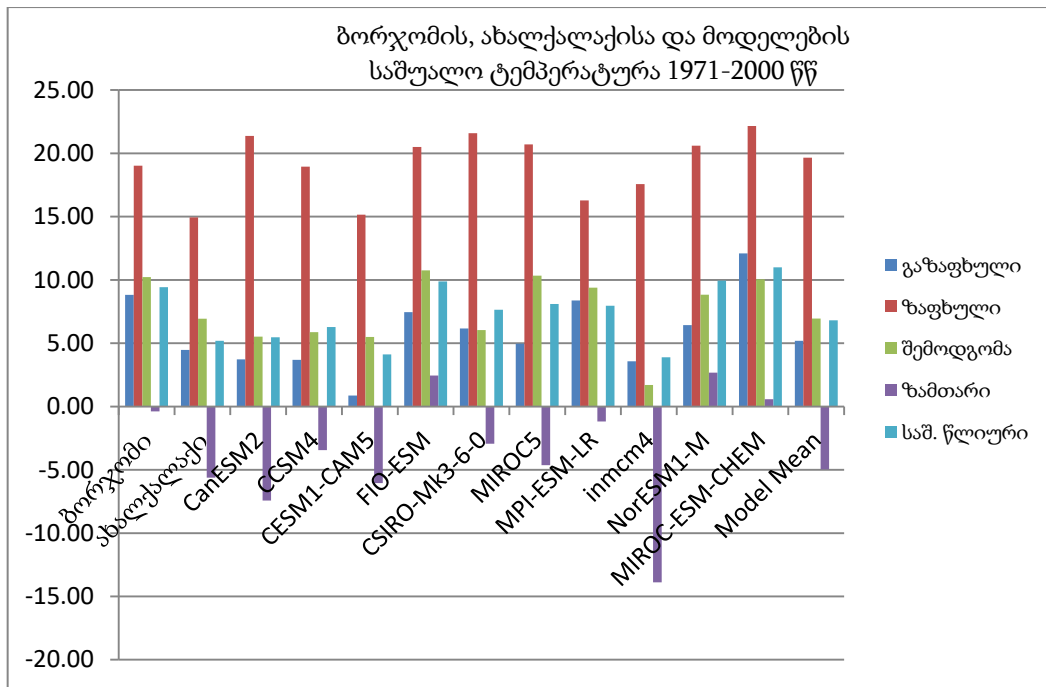
ცხრილი №4. (მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვების შედეგები 1971-2000 წწ)

საქართველო ფართობით პატარა ქვეყანაა და გლობალური მოდელების რეზოლუციის გათვალისწინებით სულ რამდენიმე განსხვავებულ მონაცემს მოიცავს (რუკა №2). აღნიშნული სადგურები კი მდებარეობს სიახლოვის გამო ერთნაირ მონაცემებს შეიცავს, რომელიც ასევე საერთოა მთელი რეგიონისათვის.



რუკა №2. (საქართველოს კონტური გლობალური მოდელის ფონზე)

გრაფიკი №1-ზე ნაჩვენებია მოცემული 4 სადგურიდან 2, უთბილესი (ბორჯომი) და უცივესი (ახალქალაქი) სადგურების მიხედვით ტემპერატურის საშუალო მაჩვენებელი დაკვირვებისა და მოდელის მონაცემების მიხედვით.



გრაფიკი №1.(ბორჯომისა და ახალქალაქის მეტეო. სადგურთა დაკვირვებისა და მოდელების საშუალო ტემპერატურა 1971-2000 წწ)

თუკი მოდელებს განვიხილავთ ინდივიდუალურად, სეზონებისა და წლიური საშუალო ტემპერატურის მიხედვით რამდენიმე მათგანის გამოყოფა შეიძლება. გაზაფხულის სეზონის ტემპერატურის მიხედვით ბორჯომის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებთან ყველაზე ახლოს არის MPI-ESM-LR 8,38° მაშინ, როდესაც დაკვირვების შედეგად გასული საუკუნის ბოლო 30 წლის საშუალო არის 8,82°. ახალქალაქის მეტეო სადგურისათვის ყველაზე ახლოს კი MIROC5 მოდელია 4,96°-ით, 4,48° დაკვირვების მონაცემისათვის. ზაფხულის სეზონისათვის ბორჯომში CCSM4 მოდელი აჩვენებს ყველაზე დიდ მსგავსებას 18,95°, როცა დაკვირვების შედეგი 19,03°-ია. ახალქალაქისათვის კი-CESM1-CAM5 აჩვენებს 15,16°, მაშინ როდესაც დაკვირვების შედეგი 14,94°-ია. შემოდგომის სეზონზე ბორჯომისა და ახალქალაქის სადგურისათვის შეგვიძლია გამოვყოთ FIO-ESM და MIROC5 მოდელები, როგორც ყველაზე ახლოს მდგომი ქართული დაკვირვების შედეგებთან, შესაბამისად 10,75° და 10,33° მაშინ როდესაც დაკვირვების შედეგი 10,22°-ია. ხოლო ზამთარში ბორჯომის სადგურისათვის MPI-ESM-LR და MIROC-ESM-CHEM მოდელები, შესაბამისად -1,17° და 0,58°, -0,39° დაკვირვების შედეგისათვის. ახალქალაქში კი -5,62° დაკვირვების მონაცემისათვის შესაბამისი მოდელი არის CESM1-CAM5 -6,05° მნიშვნელობით. განხილული 10 მოდელიდან 3 მათგანი - FIO-ESM, NorESM1-M და MIROC-ESM-CHEM აჩვენებენ დადებით საშუალო ტემპერატურას ზამთრის სეზონისათვის შესაბამისად - 2,45°, 2,68°

და 0,58⁰, რაც შეეხება საშუალო წლიურ მაჩვენებელს ბორჯომისათვის FIO-ESM და NorESM1-M – შესაბამისად 9,98⁰, 9,95⁰, მაშინ როდესაც დაკვირვების შედეგია 9,43⁰. ახალქალაქისათვის საშუალო წლიური ტემპერატურა 1971-2000 წლებში 5,19⁰-ია, მოდელეებიდან კი მსგავს შედეგს აჩვენებს CanESM2 (5,47⁰). მოცემული 10 მოდელის 36 სცენარის სიმულაციები ახალქალაქისათვის უკეთესად სიმულირებულია ვიდრე შედარებით თბილი ბორჯომისათვის, გარდა ზაფხულის სეზონისა.

თუ შევადარეთ ინდივიდუალურად დაკვირვების შედეგებს თითოეული სადგურისათვის და 10 მოდელის საშუალო მნიშვნელობას წლიური და სეზონური ტემპერატურებისათვის, სხვაობა მოდელისა და დაკვირვების მონაცემებს შორის ერთი და იგივე პერიოდისათვის მოცემულია ცხრილი №5-ში.

	Ens mean-Geo [°C (30yr) ⁻¹]			
	(1971-2000)-(1971-2000) [°C (30yr) ⁻¹]			
სეზონი	ბორჯომი	ახალციხე	აბასთუმანი	ახალქალაქი
გაზაფხული	-3.63	-3.33	-0.80	0.72
ზაფხული	0.62	0.71	3.55	4.71
შემოდგომა	-3.27	-2.79	-0.65	0.02
ზამთარი	-4.57	-2.49	-1.16	0.66
საშ.წლიური	-2.62	-1.85	0.31	1.61

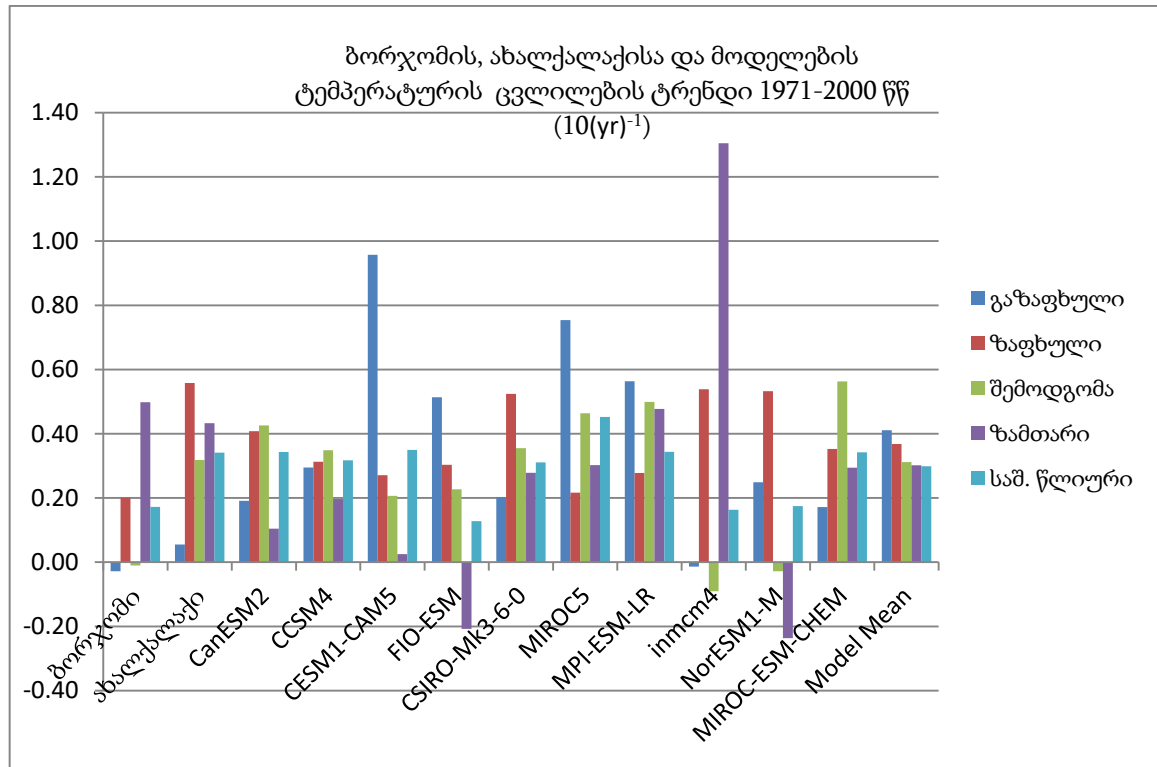
ცხრილი №5.(მდელის მონაცემებისა და დაკვირვები შედეგებს შორის სხვაობა 1971-2000 წლებისათვის სეზონური და საშუალო წლიური ტემპერატურებისათვის)

სადგური	გრძედი	განედი	სიმაღლე ზღ. დონიდან (მ)	გაზაფხული (°C)	ზაფხული (°C)	შემოდგომა (°C)	ზამთარი (°C)	საშ.წლიური (°C)
ბორჯომი	41.84	43.38	820	0.0	0.2	0.0	0.5	0.2
ახალციხე	41.639	42.986	962	0.0	0.4	0.1	0.5	0.3
აბასთუმანი	41.753	42.832	1297	0.0	0.4	0.1	0.6	0.3
ახალქალაქი	41.4	43.48	1720	0.1	0.6	0.3	0.4	0.3

ცხრილი №6. (ტემპერატურის ცვლილების დეკადური ტრენდი დაკვირვების მონაცემებზე დაყრდნობით)

ცხრილი №6-ში მოცემულია ტემპერატურის ცვლილების დეკადური სიჩქარე. დაკვირვების შედეგად გაზაფხულზე თითქმის არ შეინიშნება

ტემპერატურის ცვლილება არც ერთ სადგურზე, მცირეა ზრდის ტენდენციაც შემოდგომით. ყველაზე მაღალი ზრდის მაჩვენებელი დაფიქსირებულია ზამთრის სეზონზე საშუალოდ $0,6^{\circ} 10$ წელიწადში აბასთუმნის სადგურზე. საშუალო წლიური მაჩვენებლით ყველაზე დაბალი არის ბორჯომი $0,2^{\circ} 10$ წელიწადში, ახალციხე, აბასთუმანი, ახალქალაქი კი $0,3^{\circ} 10$ წელიწადში. გრაფიკი №2 გვიჩვენებს ტემპერატურის ცვლილების დეკადურ ტრენდს დაკვირვებისა და მოდელის მონაცემებისათვის.



გრაფიკი №2. (ბორჯომის, ახალქალაქისა და მოდელების ტემპერატურის დეკადური ცვლილების ტრენდი 1971-2000 წწ)

აღებული სადგურებიდან უთბილესის (ბორჯომი) დაკვირვების მაჩვენებლის მიხედვით გაზაფხულზე ტემპერატურის ცვლილება უმნიშვნელოა - $-0,03^{\circ} 10$ წელიწადში. ასევე უმნიშვნელო მაჩვენებელი, ტემპერატურის კლების მხრივ აღინიშნება inmcm4 მოდელის მონაცემების შედეგებით - $-0,01^{\circ}(10yr)^{-1}$. უცივესი ახალქალაქისათვის კი დაკვირვების შედეგად ტემპერატურის ცვლილების ტრენდი არის $0,06^{\circ}(10yr)^{-1}$. მოდელების მიხედვით ზრდა მერყეობს $0,17^{\circ}(10yr)^{-1}$ -დან $0,96^{\circ}(10yr)^{-1}$ -მდე. მოდელების საშუალო ზრდის მაჩვენებელი კი $0,4^{\circ}(10yr)^{-1}$. რაც შეეხება ზაფხულს, დაკვირვების შედეგების მიხედვით ბორჯომში $0,2^{\circ}$ -იანი მატებაა დაფიქსირებული 10 წელიწადში. მსგავს ტრენდს აჩვენებს ასევე MIROC5 $0,22^{\circ}(10yr)^{-1}$ და ახალქალაქისათვის იგივე სეზონის მაჩვენებელი დაკვირვების მიხედვით არის $0,56^{\circ}(10yr)^{-1}$, ყველაზე მსგავს მნიშვნელობას

კი inmcm4 მოდელი აფიქსირებს $0,54^0(10yr)^{-1}$ და NorESM1-M $0,53^0(10yr)^{-1}$, მოდელის საშუალო მაჩვენებელი კი $0,37^0(10yr)^{-1}$. შემოდგომის სეზონისათვის დაკვირვების შედეგად ტემპერატურის შემცირების მაჩვენებელი $-0,01^0(10yr)^{-1}$ -ია ბორჯომში, რაც ისე მაღალია 10 წლისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ ასევე შემცირების ტრენდს გვაძლევს inmcm4 და NorESM1-M შესაბამისად $-0,09^0(10yr)^{-1}$ და $-0,03^0(10yr)^{-1}$. ახალქალაქის შემთხვევაში კი დაკვირვების შედეგი $0,32^0(10yr)^{-1}$ -ია, შესაბამისი მოდელები კი CCSM4 და CSIRO-Mk3-6-0 აღმოჩნდნენ თანაბარი $0,35^0(10yr)^{-1}$ მნიშვნელობით. ზამთრის სეზონისათვის დაკვირვების შედეგად ბორჯომში $0,5^0$ დეკადური მატებაა ტემპერატურისა. მსგავსი შედეგის მაჩვენებელია MPI-ESM-LR მოდელი ხოლო ყველაზე დიდ $1,3^0(10yr)^{-1}$ მატებას inmcm4 მოდელი აჩვენებს. ყველაზე მცირე მატებას კი CESM1-CAM5 $0,03^0(10yr)^{-1}$, ხოლო FIO-ESM და NorESM1-M მცირე, მაგრამ, აციებას გვიჩვენებს, შესაბამისად $-0,21^0$ და $-0,24^0$ 10 წელიწადში. ახალქალაქის მეტეო სადგურის დაკვირვების მონაცემებით $0,43^0(10yr)^{-1}$. ამ შედეგის ყველაზე მეტად მსგავსია MPI-ESM-LR მოდელი $0,48^0(10yr)^{-1}$ -ით. რაც შეეხება საშუალო წლიურ მაჩვენებელს დაკვირვების შედეგად იგი ახალქალაქში $0,34^0$ 10 წელიწადში. მსგავს შედეგებს გვიჩვენებს განხილული 10 მოდელიდან 5 მათგანი: CanESM2, CCSM4, CSIRO-Mk3-6-0, MPI-ESM-LR და MIROC-ESM-CHEM ტრენდებით შესაბამისად: $0,34^0(y)^{-1}$; $0,32^0(10yr)^{-1}$; $0,31^0(10yr)^{-1}$; $0,34^0(10yr)^{-1}$ და $0,34^0(10yr)^{-1}$. იგივე მაჩვენებელი კი ბორჯომის მეტეოროლოგიური სადგურის შესაბამისად არის $0,17^0(10yr)^{-1}$. მასთან ახლოს შესწავლილი მოდელებიდან არის FIO-ESM, inmcm4 და NorESM1-M შესაბამისად $0,13^0$, $0,16^0$ და $0,17^0$ დეკადურად. მოდელების საშუალო მნიშვნელობის მიხედვით კი წლიური საშუალო ტემპერატურის ცვლილების ტრენდი 10 წელიწადში $0,3^0$ -ია.

კვლევის პროცესში ასევე დათვლილი იქნა კორელაციის კოეფიციენტი დაკვირვების საშუალო წლიურ და სეზონურ და მოდელირებულ წლიურ და სეზონურ მონაცემებს შორის. კორელაციის კოეფიციენტი სადგური ბორჯომის დაკვირვების მონაცემებსა და მოდელის მონაცემებს შორის საკმაოდ მრავალფეროვანია. გაზაფხულის სეზონისათვის კორელაციის კოეფიციენტი საკმაოდ დაბალია და ზოგიერთ შემთხვევაში უარყოფითიც. ყველაზე მაღალ კორელაციას აჩვენებს MIROC-ESM-CHEM მოდელი $0,47$. მოდელების საშუალოსა და დაკვირვებას შორის კრელაცია კი საკმაოდ დაბალი - $0,01$ -ია.

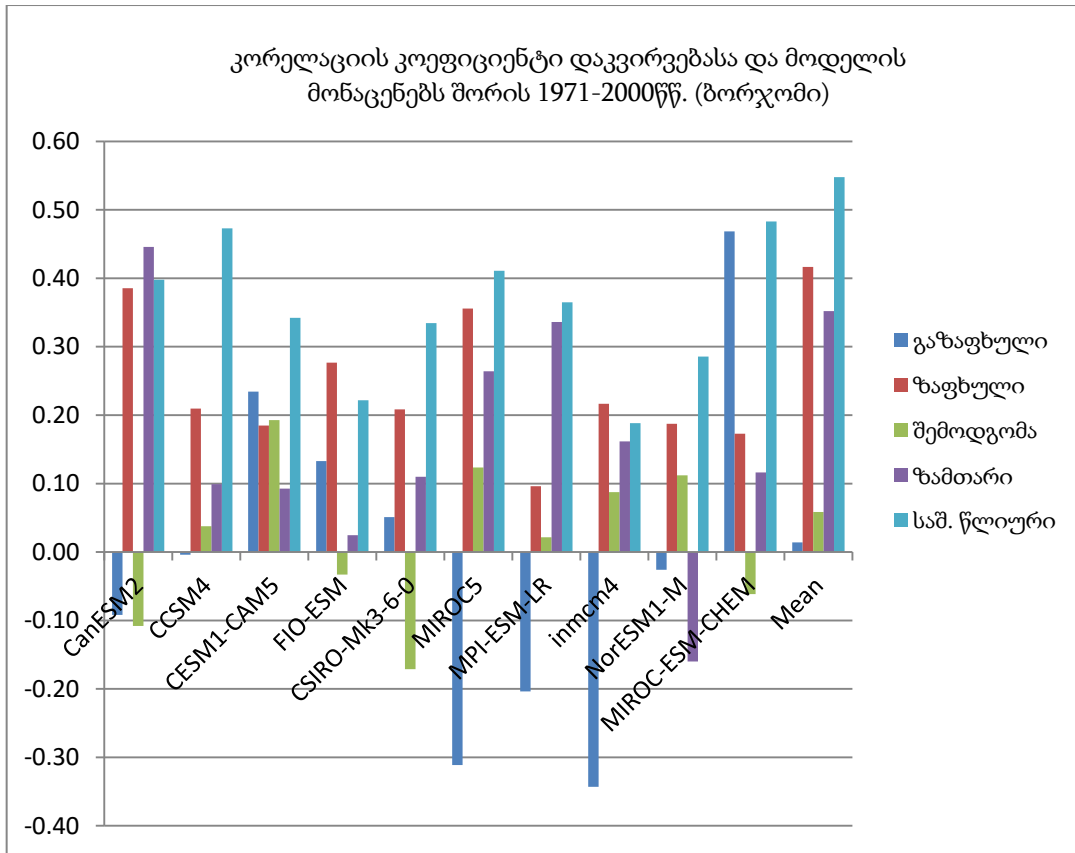
ზაფხულის სეზონისთვის კორელაციის კოეფიციენტის შედარებით უკეთესი მაჩვენებლები გვაქვს. აღარ გვხვდება უარყოფითი კოეფიციენტები, თუმცა უმაღლესი ნიშნული მხოლოდ $0,39$ -ია CanESM2

მოდელისათვის, ხოლო საშუალო - 0,42. საკმაოდ დაბალია კორელაციის კოეფიციენტები შემოდგომისა და ზამთრის სეზონებისათვის. მოდელების საშუალოსა და დაკვირვებას შორის კორელაციის კოეფიციენტი შემოდგომით არის 0,06, ხოლო ზამთრის სეზონისთვის - 0,35. სეზონებთან შედარებით ყველაზე მაღალ მაჩვენებლებს საშუალო წლიური მაჩვენებლები აფიქსირებენ, მოდელების საშუალოს შემთხვევაში კოეფიციენტი 0,55-ის ტოლია.

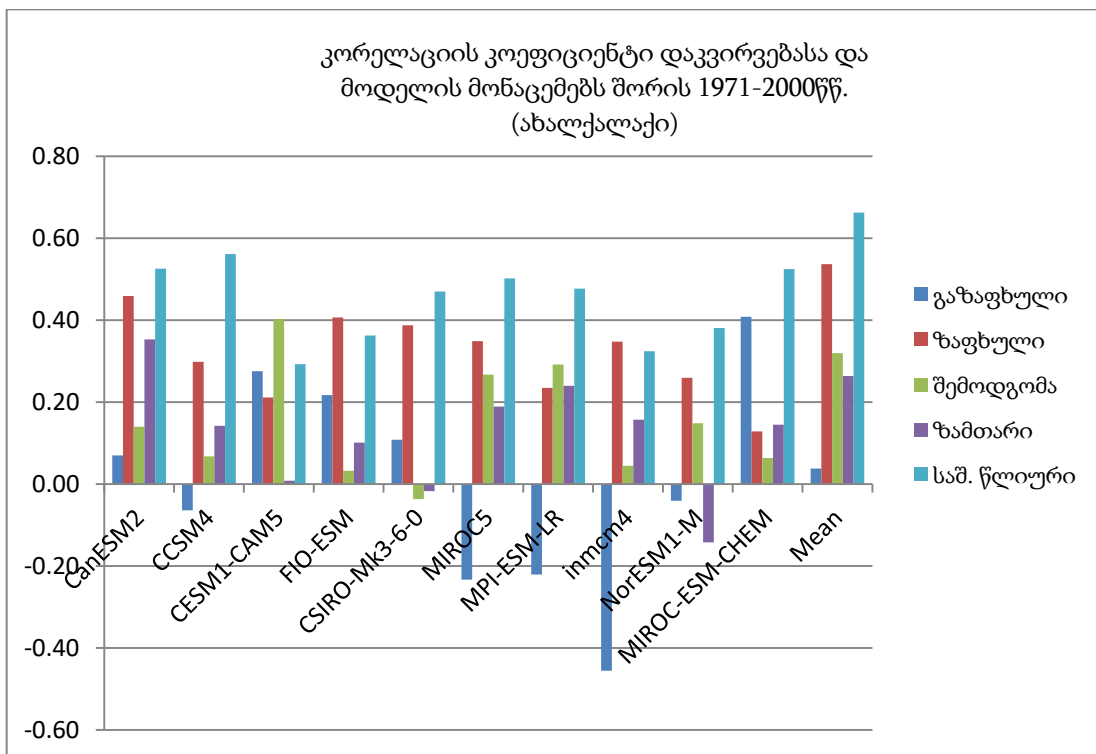
კორელაციის კოეფიციენტები დაკვირვებასა და მოდელის მონაცემებს შორის ახალციხის სადგურისათვის საკმაოდ დაბალი და ზოგიერთ შემთხვევაში უარყოფითიცაა. გაზაფხულზე მაქსიმალურ მაჩვენებელს MIROC-ESM-CHEM მოდელი გვაძლევს რომელიც 0,43-ის ტოლია, საშუალო მაჩვენებელი კი მხოლოდ 0,03-ია. ზაფხულის სეზონისათვის უარყოფითი მაჩვენებელი არ შეინიშნება. კორელაციის კოეფიციენტები მერყეობენ 0,15-დან, და საშუალო 0,51-ია. საკმაოდ დაბალია კორელაციის კოეფიციენტი შემოდგომის სეზონისთვის, ზოგიერთ შემთხვევაში კი უარყოფითიც. საშუალო მაჩვენებელი მხოლოდ 0,16-ია. ზამთრისათვის კი - 0,27 რაც ასევე დაბალი მაჩვენებელია. ყველაზე კარგ მაჩვენებელს საშუალო წლიური ტემპერატურის შემთხვევა გვთავაზობს, იგი ბორჯომის სადგურის მაჩვენებელთან შედარებით ოდნავ მაღალია. ინდივიდუალურად განხილვის შემთხვევაში MIROC5 მოდელი აფიქსირებს ყველაზე მაღალ 0,52-ის ტოლ მონაცემს, საშუალო კი - 0,65-ია.

საკმაოდ დაბალია სეზონური კორელაციის კოეფიციენტები ახასთუმნის სადგურისათვის დაკვირვებისა და მოდელის მონაცემებს შორის, ზოგიერთ შემთხვევაში კი უარყოფითიც. გაზაფხულის სეზონისათვის 0,02, ზაფხულისათვის კი შედარებით მაღალია 0,52. 0,19 და 0,34 შესაბამისად შემოდგომა და ზამთრის სეზონებისათვის. საშუალო წლიური ტემპერატურებს შორის კორელაციის კოეფიციენტი კი - 0,63-ის ტოლია. ახალქალაქის შემთხვევაში კი კვლავ ყველაზე დაბალი კორელაციის კოეფიციენტი გაზაფხულის სეზონისთვისაა - 0,04, და მოდელების მიხედვით გამოირჩევა უარყოფითი მაჩვენებლებიც. ზაფხულის სეზონზე უარყოფითი მაჩვენებელი არ გვხვდება, საშუალო მაჩვენებელი კი 0,54-ის ტოლია. სუსტია შემოდგომის სეზონის კორელაციის მაჩვენებლებიც, საშუალო მაჩვენებელი კი 0,32-ის ტოლია. უარყოფითი კოეფიციენტები გვხვდება ზამთრის სეზონზეც. დადებითი მაჩვენებლებიც საკმაოდ დაბალია, საშუალო კი - 0,26. სხვა სადგურებთან შედარებით ყველაზე მაღალია კორელაციის კოეფიციენტი საშუალო წლიური ტემპერატურის შემთხვევაში -0,66. ინდივიდუალურად მოდელებს შორის მაქსიმალურს კი CanESM2 მოდელი აჩვენებს - 0,53. კორელაციის კოეფიციენტი მოცემული 4

სადგურიდან უთბილესისა და უცივესის საშუალო ტემპერატურებსა და მოდელს შორის კი ასე გამოიყურება გრაფიკი №3 და გრაფიკი №4.

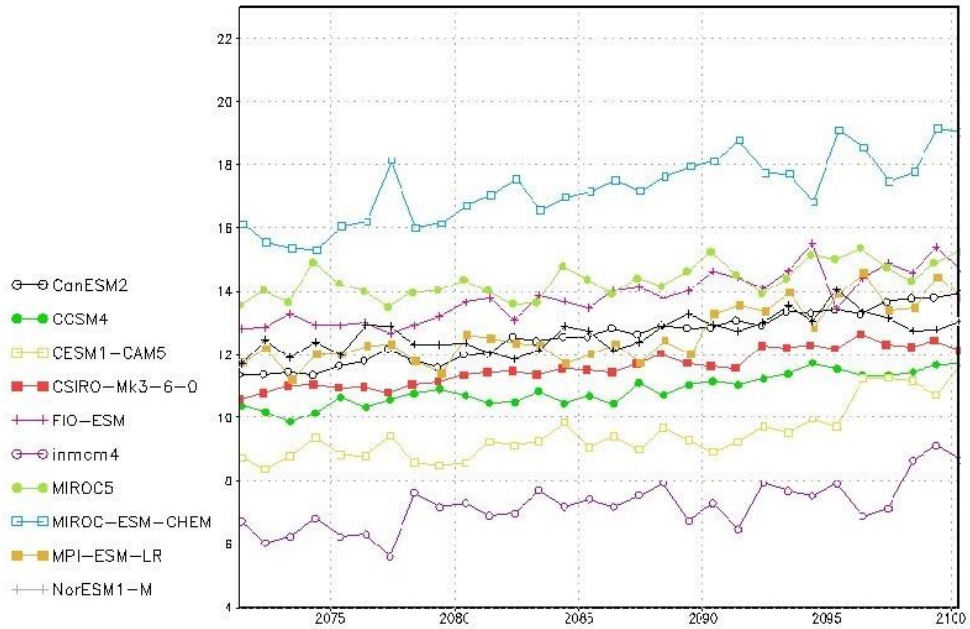


გრაფიკი №3. (კორელაციის კოეფიციენტი ბორჯომის სადგურის საკვირვების მონაცემსა და მდელის მონაცემებს შორის)



გრაფიკი №4. (კორელაციის კოეფიციენტი ახალქალაქის სადგურის საკვირვების მონაცემსა და მდელის მონაცემებს შორის)

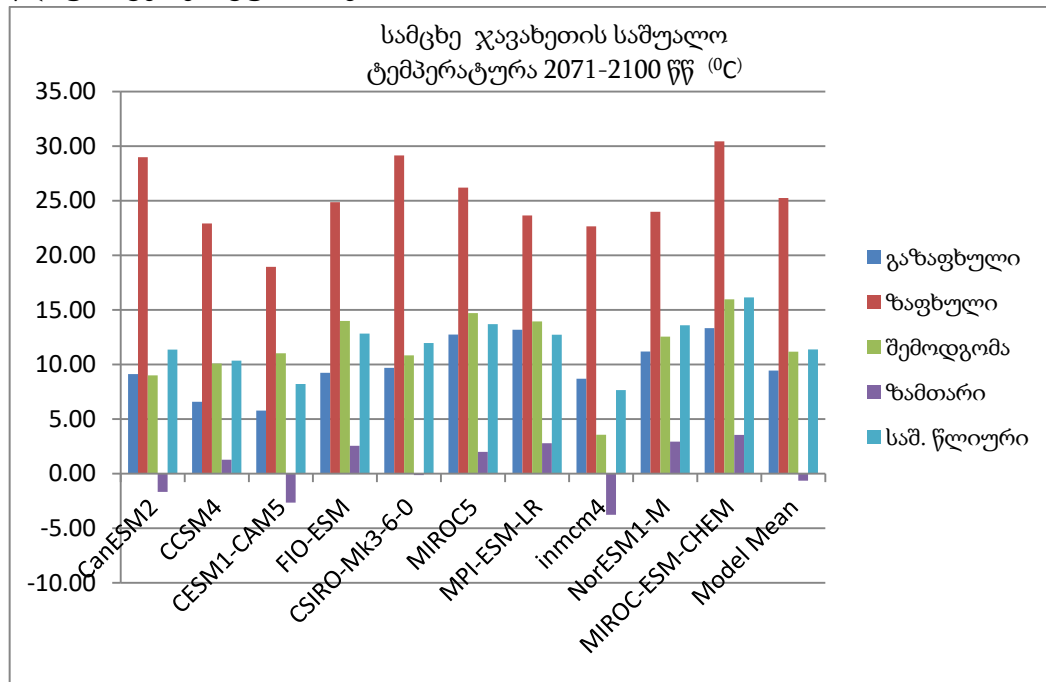
მოცემული 10 მოდელის 36 სცენარი მომავლის ტემპერატურების ერთმანეთისაგან განსხვავებულ ვერსიებს გვათავაზობენ (გრაფიკი №5).



გრაფიკი №5. (მოდელირებული საშუალო წლიური ტემპერატურა სამცხე ჯავახეთისათვის 2071-2100 წლებში)



გრაფიკი №6. (მოდელირებული სიმულაციების საშუალო 2071-2100 წლის საშუალო წლიური ტემპერატურისათვის)



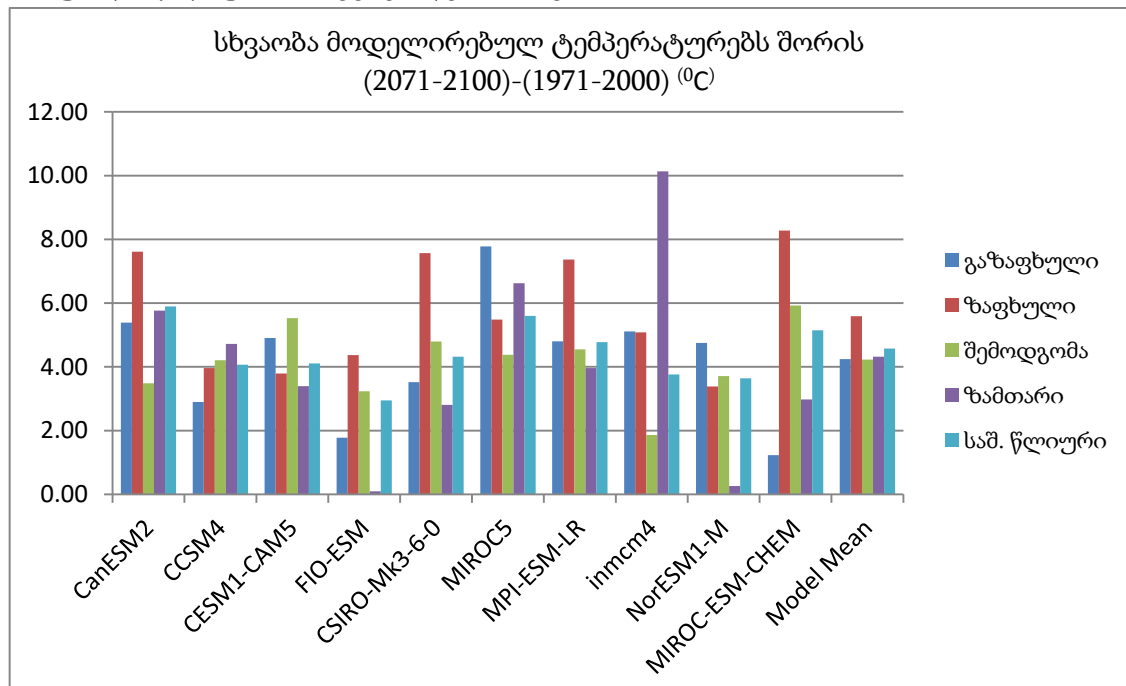
გრაფიკი №7. (სამცხე ჯავახეთის საშ. წლიური და საშ. სეზონური ტემპერატურები 2071-2100 წწ მოდელების მიხედვით)

შესწავლილი 10 მოდელის შედეგად სამცხე ჯავახეთის ტერიტორიისათვის გაზაფხულის სეზონის საშუალო ტემპერატურა 5,78⁰-დან (CESM1-CAM5) 13,33⁰-მდე (MIROC-ESM-CHEM) მერყეობს, საშუალო კი 9,44⁰-ია. ზაფხულის სეზონისათვის კი ყველაზე დაბალ ტემპერატურას გვთავაზობს CESM1-CAM5 მოდელი - 18,95⁰, ხოლო ყველაზე მაღალს - MIROC-ESM-CHEM - 30,43⁰. მოდელების საშუალო ტემპერატურა კი 25,24⁰-ია რაც საკმაოდ მაღალია გასული საუკუნის იგივე პერიოდის ტემპერატურაზე. მეოცე საუკუნის ბოლო 30-წლის საშუალო ტემპერატურა სამცხე ჯავახეთის რეგიონისათვის შემოდგომის სეზონზე მოდელების სიმულაციების მიხედვით 3,57⁰-დან 15,97⁰-მდე მერყეობს. სიმულაციებს შორის საშუალო კი - 11,18⁰-ია. ერთმანეთისგან საკმაოდ განსხვავებულ შედეგებს გვთავაზობენ მოდელები ზამთრის სეზონისთვისაც. 1971-2000 წლების საშუალო ტემპერატურა ზამთრის სეზონისთვის მოდელების მიხედვით - 3,76⁰-დან 3,55⁰-მდე მერყეობს, საშუალო კი -0,64⁰-ია. საშუალო წლიური ტემპერატურის შემთხვევაში კი მოდელები გვთავაზობენ 7,65⁰ დან 16,14⁰-მდე სხვა და სხვა სცენარებს, რომელთა საშუალო 11,38⁰-ია. ცხრილში №7 მოცემულია ტემპერატურული სხვაობები 2071-2100 წლის მოდელირებულ საშუალოსა და 1971-2000 წლის დაკვირვების ტემპერატურებს შორის.

სეზონი	Ens mean-Geo [$^{\circ}\text{C}$ (30yr) $^{-1}$]			
	(2071-2100)-(1971-2000) [$^{\circ}\text{C}$ (30yr) $^{-1}$]			
	ბორჯომი	ახალციხე	ახასთუმანი	ახალქალაქი
გაზაფხული	0.62	0.91	3.44	4.97
ზაფხული	6.21	6.30	9.14	10.30
შემოდგომა	0.96	1.44	3.58	4.24
ზამთარი	-0.25	1.83	3.16	4.98
საშ.წლიური	1.95	2.72	4.88	6.19

ცხრილი №7. (სხვაობა მოდელირებული მომავლის და დაკვირვების ტემპერატურებს შორის).

გრაფიკი №6 კი გვიჩვენებს სხვაობებს მოდელირებულ მომავლისა და მოდელირებული წარსულის ტემპერატურებს შორის სეზონებისა და საშუალო წლიური მაჩვენებლებისათვის.



გრაფიკი №6. (სხვაობა მოდელირებული მომავლის და დაკვირვების ტემპერატურებს შორის)

როგორც №8 გრაფიკიდან ჩანს ყველა მოდელი ტემპერატურის ზრდის ტენდენციას აჩვენებს. გაზაფხულის სეზონზე ტემპერატურული სხვაობის მინიმუმი მოდელირებულ მომავალსა და მოდელირებულ წარსულს შორის MIROC-ESM-CHEM მოდელის მიხედვით არის $1,23^{\circ}$, ხოლო მაქსიმუმი - $7,78^{\circ}$ (MIROC5). ზაფხულისათვის იგივე მაჩვენებელი NorESM1-M მოდელის

მიხედვით 3,39⁰-ია, მაქსიმუმი კი - 7,57⁰ (CSIRO-Mk3-6-0). რაც შეეხება შემოდგომის სეზონს, იგი მინიმალურ სხვაობას inmcm4 მოდელით აჩვენებს - 1,86⁰, ხოლო მაქსიმალურს - MIROC-ESM-CHEM, 5,93⁰. ზამთრის საშუალო ტემპერატურათა შორის სხვაობებში უმცირესის მაჩვენებელი არის FIO-ESM - 0,09⁰ ხოლო უდიდესი- inmcm4 - 10,13⁰. რაც შეეხება საშუალო წლიურ მაჩვენებელთა შორის სხვაობებს უმცირესს FIO-ESM მოდელი გვთავაზობს 2,95⁰, ხოლო უდიდესს CanESM2 5,89⁰. რაც შეეხება მოდელების საშუალოთა მნიშვნელობების სხვაობებს XXI და XX საუკუნის ბოლო 30 წლის საშუალო მნიშვნელობებს შორის გაზაფხულის, ზაფხულის, შემოდგომის და ზამთრის სეზონებისათვის შესაბამისად ასე ნაწილდება: 4,24⁰; 5,59⁰; 4,23⁰ და 4,32⁰, ხოლო საშუალო წლიური ტემპერატურისათვის კი სხვაობა 4,58⁰-ის ტოლია. (ცხრილი №8)

(2071-2100)-(1971-2000) (°C)					
მოდელი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	ზამთარი	საშ. წლიური
CanESM2	5.39	7.61	3.48	5.76	5.89
CCSM4	2.89	3.96	4.21	4.72	4.07
CESM1-CAM5	4.91	3.79	5.53	3.39	4.11
FIO-ESM	1.78	4.37	3.23	0.09	2.95
CSIRO-Mk3-6-0	3.52	7.57	4.79	2.81	4.32
MIROC5	7.78	5.48	4.38	6.63	5.60
MPI-ESM-LR	4.80	7.37	4.55	3.96	4.78
inmcm4	5.11	5.08	1.86	10.13	3.76
NorESM1-M	4.75	3.39	3.71	0.26	3.64
MIROC-ESM-CHEM	1.23	8.27	5.93	2.97	5.15
Model Mean	4.24	5.59	4.23	4.32	4.58

ცხრილი №8. (მოდელირებული მომავლისა და წარსულის წლიური საშუალო ტემპერატურებს შორის სხვაობა)

დასკვნა

აღნიშნული კვლევის შედეგად შეიძლება ითქვას რომ სეზონური ტემპერატურები გლობალური კლიმატური მოდელებით ცუდად სიმულირებულია სამცხე ჯავახეთისათვის, შედარებით უკეთესი შედეგის მაჩვენებელია წლიური საშუალო ტემპერატურა. ყველა მოდელი წლიური საშუალოს შემთხვევაში ტემპერატურის ზრდას პროგნოზირებს, რაც საშუალოდ 0,3⁰ -ია დეკადურად. საშუალო წლიური ტემპერატურა კი საუკუნის ბოლოსათვის საშუალოდ 11,38⁰-ს მიაღწევს. სამცხე ჯავახეთის სეზონური საშუალო ტემპერატურები მოდელების საშუალოს მიხედვით

9,44⁰, 25,24⁰, 11,18⁰ და -0,64⁰ გახდება შესაბამისად გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომა და ზამთარი, მაშინ როდესაც XX საუკუნის ბოლო 30 წლის სეზონური საშუალო ტემპერატურა შესწავლილი 4სადგურიდან უთბილესში არის 8,82⁰, 19,03⁰, 10,02⁰ და -0,39⁰ სეზონების შესაბამისად, ხოლო ყველაზე ცივ ახალქალაქის სადგურზე კი 4,48⁰, 14,48⁰, 6,93⁰ და -5,62⁰- შესაბამისად. თუმცა გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ IPCC AR (Assessment Report)-ის მიერ ათვისებული RCP8.5 სათბური აირების არსებობის უმაღლეს დონეს გულისხმობს მის მიერ წარმოებულ მოდელებში. ამის გათვალისწინებით მოყვანილი რიცხვები ყველაზე უარესი შედეგია, რასაც შეიძლება ველოდოთ.

გამოყენებული ლიტერატურა

- ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს ჰავა. თბილისი, 2017.
- კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი, საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე, თბილისი, 1999.
- საქართველოს ახალი ლანდშაფტური რუკა და გეოინფორმაციული სისტემა, წიგნი-კატალოგი, რ. მაისურაძე, ნ. ჯამასპირაშვილი, ზ. სეფერთელაძე, ნ. ბერუჩაშვილი, ნ. ინაშვილი, თ. ხარბიანი. ერთჯერადი გამოცემა წიგნი-კატალოგი, თბილისი, 2012.
- ტიელიძე ლ. კავკასიონის მყინვარების გლაციო-გეომორფოლოგიური კვლევა თანამედროვე კლიმატის ცვლილების ფონზე და გამყინვარების ევოლუცია გვიან პლეისტოცენსა და ჰოლოცენში, სადოქტორო დისერტაცია, თსუ, 2016.
- David H. Douglass, John R. Christy, Benjamin D. Pearson and S Fred Singer, 2007. A comparison if tropical temperature trends with model predictions. International Journal of Climatology.
- LIANG CHEN AND OLIVER W. FRAUENFELD, 2013, Surface Air Temperature Changes over the Twentieth and Twenty-First Centuries in China Simulated by 20 CMIP5 Models. Journal of Climate, 3920-3937.
- Michael E. Schlesinger, Michael Ring, Emily F. Cross, Daniela Lindner. Fair Plan 7: Earth's Climate Future=Humanity's Choice. 2015, Scientific Research Publishing.