

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-84-104>

კლიმატის მიმდინარე ცვლილების გავლენა ჰიდროგეოლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პროცესებზე დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის მაგალითზე

- მარინე მარდაშოვა** გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: m_mardashova@gtu.ge
- თამარ რაზმაძე-ბროკიშვილი** ნავთობისა და გაზის ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: t_razmadze@gtu.ge
- თამარ მიქავა** გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: t.miqava@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. ფოფორაძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: n.poporadze@gtu.ge

ზ. კაკულია, სტუ-ის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

ანოტაცია. სავარაუდოა, რომ ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გამო, 21-ე საუკუნის კლიმატი მე-20 საუკუნის კლიმატისგან საკმაოდ განსხვავებული იქნება. ასევე, სავარაუდოდ, ცვლილებები მნიშვნელოვანწილად შეეხება ექსტრემალური მოვლენების სიმძლავრეს და სიხშირეს, ვიდრე კლიმატური პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობებს. კლიმატის ცვლილების მიმართ საზოგადოების მგრძნობელობა უმთავრესად განისაზღვრება ამ მახასიათებლებით,

ვინაიდან ექსტრემალურ კლიმატურ მოვლენებს სერიოზული მატერიალური ზარალისა და მსხვერპლის მოტანა შეუძლია. კლიმატის ცვლილების პროცესში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია უხვი ნალექების, მათი თანამდევი წყალდიდობების და მაღალი ტემპერატურების მოსალოდნელი სიხშირისა და ინტენსიურობის წინასწარ შეფასება. კლიმატის ცვლილების სცენარები და განსაკუთრებით ექსტრემალური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსიურობის პროგნოზირება აუცილებელია მომავალი დაგეგმარების

ყველა ასპექტისათვის, როგორცაა წყლის რესურსები, სოფლის მეურნეობა, ირიგაცია და მიწის დრენაჟი, გზა და სხვა სექტორები, სადაც ამინდი და კლიმატი ყოველდღიური ცხოვრების განმსაზღვრელი ელემენტებია.

კლიმატის ცვლილება განვსაზღვრეთ დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე 2020 – 2050 წლების პერიოდში კლიმატის ცვალებადობის პროგნოზის საფუძველზე. ძირითადი დასკვნაა ის, რომ შენარჩუნდება დათბობის ტენდენცია, რაც რიცხობრივად შეადგენს $+3^{\circ}\text{C}$ -ს საშუალო წლიური ტემპერატურის ამჟამად არსებულ სიდიდესთან შედარებით. დედოფლისწყაროს რეგიონისათვის, შევასეთ ძირითადი კლიმატური პარამეტრების მომავალი ცვლილება და ამ ცვლილების გავლენა საინჟინრო-გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერული ნალექები; დედოფლისწყარო; კლიმატის ცვლილება; ჰიდროგეოლოგია.

შესავალი

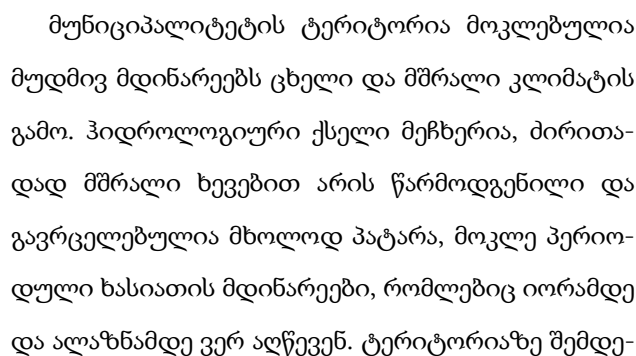
კლიმატის ცვლილების შესაფასებლად აუცილებელია იმის პროგნოზირება, თუ როგორ შეიცვლება მომავალში ანთროპოგენური საქმიანობით გამოწვეული სათბურის გაზების ემისია ატმოსფეროში. კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო საბჭომ (IPCC) დაამუშავა ემისიის არაერთი სცენარი, რომლებიც დაფუძნებულია მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სცენარებზე (A1, A2, B1, B2) [1], სადაც მოცემულია დეტალური

მათემატიკური აღწერა იმ მნიშვნელოვანი ფიზიკური მოვლენების და ატმოსფეროში, ოკეანესა და ხმელეთის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესებისა, როგორცაა ქარები და ოკეანური დინებები, ღრუბლები, ნალექები, ნიადაგები. გარკვეული საიმედოობით ამ მოდელების გამოყენება შესაძლებელია ადამიანის საქმიანობაზე კლიმატური სისტემის რეაქციის შესაფასებლად. მაგრამ, გლობალური ცირკულაციური მოდელები არასაიმედოა ლოკალურ დონეზე მიმდინარე პროცესების აღსაწერად და, ამიტომ, საჭიროა მოდელების რეგიონალიზაცია ლოკალურ დონემდე.

რეგიონული კლიმატური მოდელის (PRECIS) სათვლელი არე მოცავს 25×25 კმ ზომის 110×96 უჯრას, სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სხვადასხვა სცენარისა და გლობალური ცირკულაციური მოდელების გამოყენებით [2]. PRECIS-ი გაშვებულ იქნა სამხრეთ კავკასიის რამდენიმე ქვეყანაში. საქართველოს ფარგლებში შეფასდა ორჯერ: პირველი – საბაზისო პერიოდის (1961-1990) შეფასება ევროპის ამინდის საშუალოვადიანი პროგნოზების ცენტრის დაკვირვების მონაცემების და ამავე ცენტრის გლობალური მოდელის მიერ გამოთვლილი პარამეტრების შეჯერების შედეგად მიღებული არქივის (ERA40) მონაცემთა ბაზის გამოყენებით და მეორე – 2020-2050 წლების სცენარის აგება ECHAM4 გლობალური მოდელის და B2 სცენარის გამოყენებით. შერჩეული დედოფლისწყაროს რეგიონისათვის, შეფასდა ძირითადი კლიმატური პარამეტრების მომავალი ცვლილებები და ამ ცვლილების გავლენა ჰიდროგეოლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პროცესებზე.

კონკრეტული ლოკალური ადგილისთვის საუკეთესო მოდელის შესარჩევად ჩატარდა ტესტირება

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტს დასავლეთით და ჩრდილო-დასავლეთით სიღნაღის მუნიციპალიტეტი ესაზღვრება, ხოლო სამხრეთით, აღმოსავლეთით და ჩრდილო-აღმოსავლეთით – საქართველო-აზერბაიჯანის სახელმწიფო საზღვარი. მუნიციპალიტეტის ჩრდილოეთი ნაწილი გომბორის ქედის მონაკვეთს უჭირავს, ხოლო ჩრდილო-აღმოსავლეთი – ალაზნის ვაკის უკიდურეს სამხრეთ-აღმოსავლეთ მონაკვეთს.



დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე, რომელიც საქართველოს უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში მდებარეობს, გაანგარიშებულ

გი მდინარეები: ველიჯვარი, ლეკისწყალი, უზუნ-
დარასხევი, ქუშისხევი, ღორისწყლისხევი, ყუმუ-
რისხევი, პანტიშარისხევი და სხვა მცირე მდინა-
რეები, რომლებიც ძირითადად იკვებებიან წვიმის
წყლით, ზოგჯერ მიწისქვეშა წყლებითაც. მდ. იორი
და ალაზანი ტრანზიტული მდინარეებია [6].

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერი-
ტორიაზე მდებარეობს რამდენიმე ტბა, რომელთაგან
აღსანიშნავია ჯაფარიძის (ქოჩების) ტბა და პატარა
ტბა. ქოჩების ტბის აბსოლუტური ნიშნული 775 მეტ-
რია, ტბის აუზის ფართობია 1,3 კმ². ქოჩების ტბის
ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდებარეობს პატარა ტბა,
რომლის ნაპირები ძალზე შეჭრილ-შემოჭრილია.

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის კლიმა-
ტური დახასიათება მოხდა დედოფლისწყაროს მე-
ტეოსადგურის მონაცემებით.

მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე, 1951-1960 წწ.
პერიოდის მონაცემებით, საშუალო წლიური ტემპე-
რატურა 10.1°C-ია, ტემპერატურის აბსოლუტური
მაქსიმუმი – (+35°C), ხოლო აბსოლუტური მინიმუმი
– (-26°C). კონტინენტური კლიმატის გამო ტემპე-
რატურის წლიური ამპლიტუდა უდიდესია მთელ
საქართველოში და დაახლოებით 25°C-ს უდრის. ნა-
ლექების წლიური რაოდენობა მუნიციპალიტეტში
300–648 მმ საზღვრებში მერყეობს. ნალექების წლიუ-
რი ჯამი 648 მმ-ია, ნალექების მაქსიმალური რაოდე-
ნობა მოდის მაისში და 109 მმ-ს შეადგენს. წლის
განმავლობაში გაბატონებულია ჩრდილო-დასავლე-
თის და დასავლეთის ქარები (57%). წლის თბილ პე-
რიოდში რამდენადმე ხშირდება სამხრეთის მიმარ-
თულების ქარები. გაბატონებული ქარების საშუალო
სიჩქარე 5–8 მ/წმ-ია, ხოლო დანარჩენი მიმართუ-

ლების ქარებისა არის 1.5–2.5 მ/წმ. ძლიერი ქარები
იცის თებერვლიდან აპრილამდე.

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერი-
ტორია შედის მშრალ სუბტროპიკულ (სტეპების)
კლიმატურ ზონაში ზომიერად ცივი ზამთრით და
ცხელი ზაფხულით და ტენის საკმაოდ ძლიერი დე-
ფიციტით (განსაკუთრებით წლის ცივ პერიოდში
და ზაფხულის ორ უკანასკნელ თვეში – ივლისსა და
აგვისტოში) [7].

**მიმდინარე ცვლილებების შეფასების მეთოდო-
ლოგია.** დაკვირვებათა მასივის და მოდელით 1960-
1990 საბაზისო პერიოდისათვის სიმულირებული
მასივების ერთმანეთთან შესადარებლად გამოყენე-
ბულია ფარდობითი, კორელაციური და სხვაობითი
მეთოდები. სამივე მეთოდით შედარებული და და-
კალიბრებული იყო ტემპერატურის საშუალო, სა-
შუალო მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატუ-
რისა და ნალექების ჯამის ყოველთვიური მნიშვნე-
ლობები [3, 4]. ზემოაღნიშნული სამივე მეთოდის
არსი შემდეგია:

ფარდობითი მეთოდი: გამოითვლება ფარდობა
მოდელის მიერ გამოთვლილ ყოველი თვის 30-
წლიან საშუალო მნიშვნელობასა და დაკვირვებების
შესაბამის სიდიდეს შორის. მოდელის მიერ საბაზი-
სო პერიოდისათვის სიმულირებული მნიშვნელო-
ბის (ყოველი წლის, ყოველი თვის მნიშვნელობა 30-
წლიანი პერიოდისათვის) გამოთვლილ ფარდობა-
ზე გამრავლებით აიგო კლიმატური პარამეტრების
(ტემპერატურის საშუალო, ტემპერატურის მაქსიმა-
ლური და მინიმალური და ატმოსფერული ნალექე-
ბის ჯამი) 30-წლიანი მასივი, ისევ საბაზისო პერიო-
დისათვის, თითოეული პარამეტრის, ყოველი წლი-

სა და ყოველი თვისათვის. ხელოვნურად შექმნილი მასივი დარდება რეალურ დაკვირვებათა მასივს მოცემული კრიტერიუმების გამოყენებით.

კორელაციური მეთოდი: დგინდება კორელაციური კავშირი მოდელის მიერ გამოთვლილ ყოველი წლის ყოველი თვის მნიშვნელობებსა (საშუალო ან ჯამი) და დაკვირვებების შესაბამის სიდიდეს შორის. მოდელის მიერ საბაზისო პერიოდისათვის სიმულირებული მნიშვნელობების (ყოველი წლის, ყოველი თვის მნიშვნელობა) რეგრესიის წრფივ განტოლებაში ჩასმით აიგება კლიმატური პარამეტრების (ტემპერატურის საშუალო, საშუალო მაქსიმალური და მინიმალური და ნალექების ჯამი) 30-წლიანი მასივი, ისევე საბაზისო პერიოდისათვის, თითოეული პარამეტრის, ყოველი წლისა და ყოველი თვისათვის. ხელოვნურად შექმნილი მასივი დარდება რეალურ დაკვირვებათა მასივს ზემოთ მოცემული კრიტერიუმების გამოყენებით.

სხვაობითი მეთოდი: გამოითვლება სხვაობა მოდელის მიერ სიმულირებულ ყოველი თვის 30-წლიან საშუალო მნიშვნელობასა და დაკვირვებების შესაბამის სიდიდეს შორის. მოდელის მიერ საბაზისო პერიოდისათვის სიმულირებულ მნიშვნელობაზე (ყოველი წლის, ყოველი თვის მნიშვნელობა 30-წლიანი პერიოდისათვის) გამოთვლილი სხვაობის დამატებით აიგო კლიმატური პარამეტრების (ტემპერატურის საშუალო, საშუალო მაქსიმალური და მინიმალური და ნალექების ჯამი) 30-წლიანი მასივი, ისევე საბაზისო პერიოდისათვის, თითოეული პარამეტრის, ყოველი წლისა და ყოველი თვისათვის. ხელოვნურად შექმნილი მასივი დარდება რეალურ დაკვირვებათა მასივს ზემოთ მოცემული კრიტერიუმების გამოყენებით.

კლიმატური პარამეტრების ცვლილებების გამოსავლენად დედოფლისწყაროს მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით შეფასდა შემდეგი პარამეტრების სეზონური და წლიური მნიშვნელობები:

- საშუალო ტემპერატურა;
- ტემპერატურის საშუალო მინიმუმი და მაქსიმუმი (ყოველდღიური მაქსიმუმებისა და მინიმუმების სეზონური და წლიური საშუალო);
- ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი და მაქსიმუმი (ამორჩეულია ერთი რიცხვი 25-წლიან პერიოდში წლიური მაქსიმუმებიდან);
- ნალექების ჯამი;
- ნალექების დღეღამური მაქსიმუმი (ინტენსივობა);
- ქარის საშუალო და მაქსიმალური სიჩქარეები.

აღნიშნული პარამეტრებისათვის (გარდა ქარისა) შეფასდა ექსტრემალური კლიმატური ინდექსები და თითოეული პარამეტრისათვის 1956-2005 წლებში ცვლილების ტრენდების გამოვლენა.

მიღებული შედეგების საიმედოობის გაზრდის მიზნით დამატებით გამოთვლილ იქნა კლიმატის ექსტრემალური ინდექსები, რომელთა საშუალებითაც დგინდება ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების სიდიდის, სიხშირისა და ინტენსივობის ცვლილების კანონზომიერებები. ამ ინდექსების აღწერა და მათი მნიშვნელობები მოცემულია ქვემოთ [2;3;4].

- **FD0** – ყინვიან დღეთა რიცხვი წელიწადში: იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მინიმუმი $T_{Nij} < 0^{\circ}\text{C}$;

- **U25** – ზაფხულის დღეები: იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მაქსიმუმი $TX_{ij} > 25^{\circ}\text{C}$;
- **ID0** – ყინვიან დღეთა რიცხვი: იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მაქსიმუმი $TX_{ij} < 0^{\circ}\text{C}$;
- **TR20** – ტროპიკული დამეები: იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა დღის მინიმუმი $TN_{ij} > 20^{\circ}\text{C}$;
- **GSL** – სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა $T_j > 5^{\circ}\text{C}$; $T_j < 5^{\circ}\text{C}$;
- **WSDI** – წელიწადში იმ დღეთა რიცხვი, როცა მინიმუმ 6 დღის განმავლობაში თანმიმდევრობით $TX_{ij} > TX_{in}90$ (სითბური ტალღის მსგავსი);
- **CSDI** – წელიწადში იმ დღეთა რიცხვი, როცა მინიმუმ 6 დღის განმავლობაში თანმიმდევრობით $Tn_{ij} < Tn_{in}10$;
- **DTR** – დღიური ტემპერატურის დიაპაზონია. თუ TX_{ij} დღის მაქსიმალური და Tn_{ij} დღის მინიმალური ტემპერატურაა i დღესა

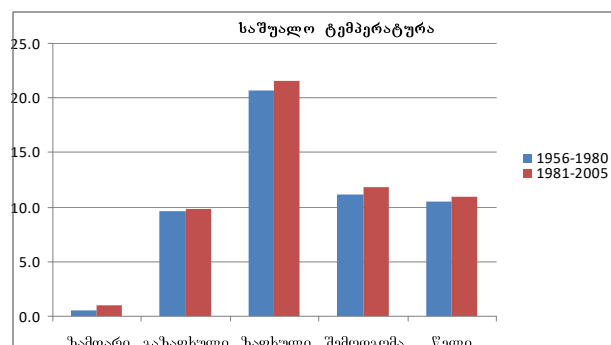
$$\text{და } j \text{ პერიოდში, მაშინ } DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (TX_{ij} - Tn_{ij})}{I} ;$$

- **RX1day** – ნალექის რაოდენობის 1 დღიანი მაქსიმუმი, $RX1_i = \max(RR_{ij})$;
- **RX5day** – ნალექის რაოდენობის 5 დღიანი მაქსიმუმი $RX5_i = \max(RR_{ij})$;

- **SDII** – მარტივი დღიური ინტენსივობის ინდექსი, ნალექების წლიური ჯამის შეფარდება ნალექებიან დღეთა რიცხვთან წელიწადში. $SDII_i = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W}$;

- **R10** – თავსხმა ნალექების რიცხვი წელიწადში, $RR_{ij} \geq 10$ მმ;
- **R20** – თქეში ნალექების რიცხვი წელიწადში, $RR_{ij} \geq 20$ მმ;
- **R50** – იმ დღეთა რიცხვი წელიწადში, როცა $RR_{ij} \geq 50$ მმ;
- **CDD** – მშრალ დღეთა რიცხვი: იმ დღეთა მაქსიმალური რაოდენობა, როცა თანმიმდევრობით დღიური ნალექების რაოდენობა $RR_{ij} < 1$ მმ;
- **CWD** – ნალექიან დღეთა რიცხვი: იმ დღეთა მაქსიმალური რაოდენობა, როცა თანმიმდევრობით დღიური ნალექების რაოდენობა $RR_{ij} \geq 1$ მმ.

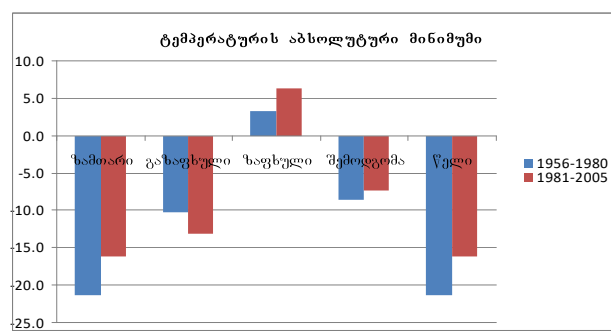
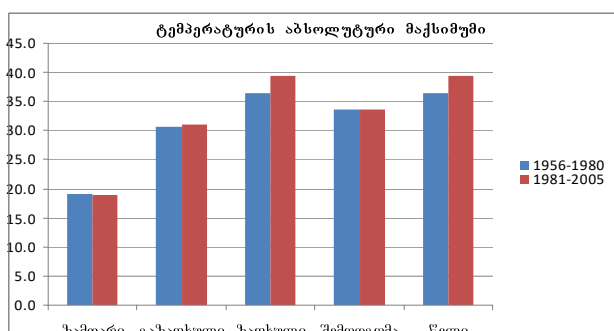
მიღებული შედეგების ანალიზი. 1–5 სურ-ებზე წარმოდგენილია ორი 25-წლიანი პერიოდის განმავლობაში დაკვირვების მონაცემთა სხვადასხვა კლიმატური პარამეტრის გასაშუალოებული მნიშვნელობები.



სურ. 1. 25-წლიანი საშუალო ტემპერატურის წლიური და სეზონური მნიშვნელობები (დედოფლისწყარო, °C)

საშუალო ტემპერატურა. პირველი სურათიდან ჩანს, რომ საშუალო წლიური ტემპერატურა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე მომატებულია (+0.4°C). დათბობა აღინიშნება ყველა სეზონზე, განსაკუთრებით ზაფხულში (+0.8°C), რაც დასტურდება წრფივი ტრენდების კოეფიციენტებითაც. ყველაზე შესამჩნევი დათბობა, მთელი პერიოდის განმავლობაში, არის ზაფხული-შემოდგომის სეზონზე.

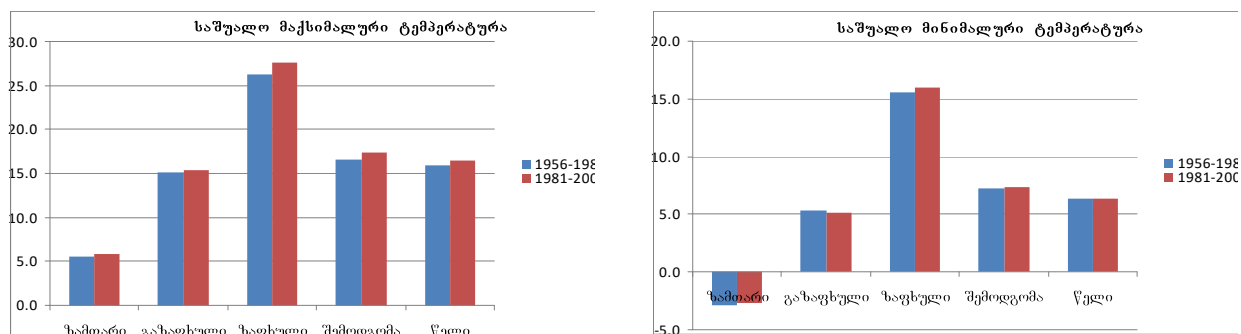
ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმი. ბოლო 25-წლიან პერიოდში ყველა სეზონზე, ზამთრის გარდა, დაფიქსირდა აბსოლუტური მაქსიმუმების მატება (ყველაზე დიდი სხვაობით – ზაფხულში +3°C). განხილული პერიოდის (1956–2005 წწ.) განმავლობაში აღნიშნული პარამეტრი ხასიათდება აღმავალი წრფივი ტრენდებით. ყველაზე მდგრადი ტრენდი ისევ ზაფხულისათვის გამოვლინდა.



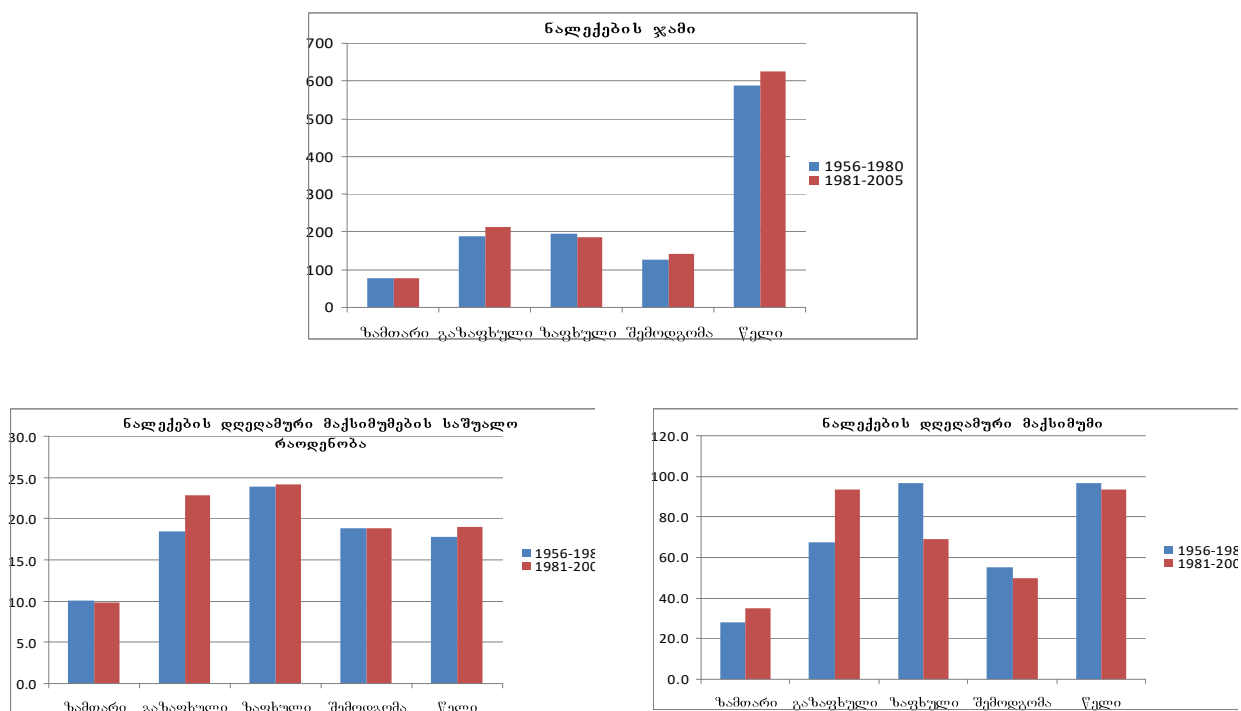
სურ. 2. 25-წლიანი პერიოდის ტემპერატურების აბსოლუტური მაქსიმუმისა და აბსოლუტური მინიმუმის წლიური და სეზონური მნიშვნელობები (დედოფლისწყარო, °C)

ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი. აბსოლუტური მინიმუმის მნიშვნელობა იკლებს, აგრილება მეორე 25-წლიან პერიოდში აღინიშნა მხო-

ლოდ გაზაფხულზე, ყველა დანარჩენ სეზონზე და წლიურად ეს პარამეტრი იზრდება. ამ პარამეტრის ცვლილება ყველაზე მდგრადი ზაფხულშია.



სურ. 3. საშუალო მაქსიმალური და საშუალო მინიმალური ტემპერატურების წლიური და სეზონური მნიშვნელობები (25-წლიანი პერიოდებისათვის) (დედოფლისწყარო, °C)

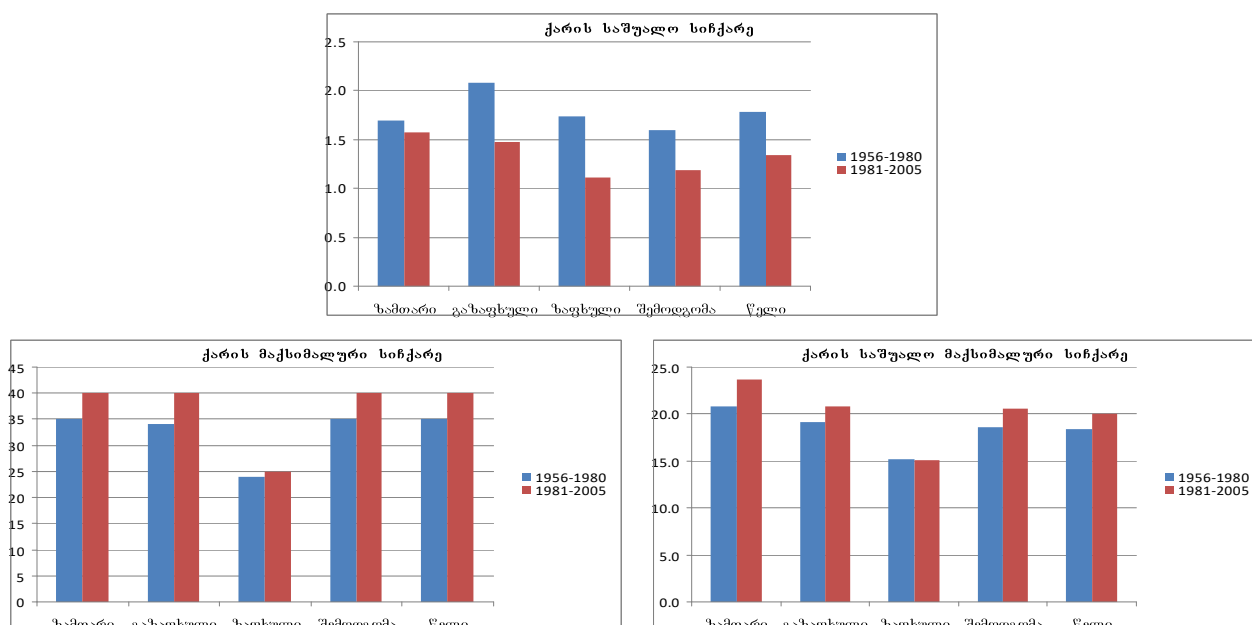


სურ. 4. ნალექების ჯამი და დღე-ღამეში მოსული ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა წლისა და სეზონების მიხედვით (დედოფლისწყარო, მმ)

დღე-ღამეში მოსული ატმოსფერული ნალექების მაქსიმალური მნიშვნელობა. მეორე 25-წლიან პერიოდში აღინიშნა ამ პარამეტრის სეზონური მნიშვნელობების მატება წლის პირველ ნახევარში – გაზაფხულზე, საკმაოდ მნიშვნელოვნად (26 მმ, 38%). ნალექების დღეღამური მაქსიმუმების საშუალო წლიური მნიშვნელობების დადებითი ნაზარდებიც, ძირითადად, გაზაფხულზე ამ მახასიათებლის მატებითაა განპირობებული (+4.4 მმ-ით). წრფივი ტრენდების შესაბამისად, სეზონების მიხედვით დღეღამური მაქსიმალური ნალექების როგორც საშუალო, ისე მაქსიმალური რაოდენობა ყველაზე მნიშვნელოვნად ისევ გაზაფხულზე იზრდება. ზაფხულში აღინიშნება დღე-ღამეში მოსული ნალექების რაოდენობის, ისევე როგორც სეზონური ჯამების, შემცირება, რასაც გაზრდილი ტემპერატურების და ქარების ფონზე სერიოზული გავლენა აქვს.

ქარის საშუალო სიჩქარე შემცირებულია ყველა სეზონზე. ყველაზე მნიშვნელოვანი კლება გამოვლენილია გაზაფხულსა და ზაფხულში (-0.6 მ/წმ), წლიური კლება შეადგენს 0.4 მ/წმ-ს. ტრენდებიც ყველგან დადებითი და მდგრადია.

მაქსიმალური სიჩქარის ქარების სიძლიერე, სხვაობის მეთოდის მიხედვით, ყველა სეზონზე იზრდება. ამას ადასტურებს წრფივი ტრენდები წლის ყველა დროისათვის. ყველაზე საიმედო ზრდას კი წლის ცივი პერიოდის ტენდენციები ავლენს. ამასვე აჩვენებს, ორივე მეთოდით გამოვლენილი, ქარების საშუალო მაქსიმალური სიჩქარის ცვლილების ხასიათი. ორ პერიოდს შორის ქარის მაქსიმალური სიჩქარის საშუალო წლიური მატება +1.6 მ/წმ-ია, ზამთრის სეზონისთვის კი სხვაობა ორი პერიოდის საშუალო სიდიდეებს შორის +2.9 მ/წმ-ს აღწევს.



სურ. 5. ქარის საშუალო და მაქსიმალური სიჩქარე წლისა და სეზონების მიხედვით (დედოფლისწყარო, მ/წმ)

**კლიმატური პარამეტრების ცვლილების წრფივი ტრენდის დახრის კუთხეები
(უარყოფითი სიდიდეები ცვლილების უარყოფით ხასიათს აღწერს)**

პარამეტრი	საშ. ტემპერატურა, °C	საშ. მაქსიმალური ტემპერატურა, °C	ტემპერატურის აბს. მაქსიმუმი, °C	საშ. მინიმალური ტემპერატურა, °C	ტემპერატურის აბს. მინიმუმი, °C	ნალექების რაოდენობა	ნალექების დღეობრივი მაქსიმალური რაოდენობა
ზამთარი	0.0085	0.0029	-0.0044	0.0029	0.0302	0.0874	0.0433
გაზაფხული	0.0105	0.0174	0.0151	-0.0012	0.0190	0.8493	0.1084
ზაფხული	0.0335	0.0536	0.0612	0.0212	0.0184	-0.4023	0.1235
შემოდგომა	0.0331	0.0429	0.0587	0.0111	0.0021	0.4924	0.0058
წელი	0.0188	0.0270	0.0608	0.0055	0.0135	1.2096	0.2218

ზამთარი, ბოლო 25 წლის მონაცემებზე დაყრდნობით, დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში წინა 25 წელთან შედარებით დამთბარია (ძირითადად, მაქსიმალური ტემპერატურების აწევის ხარჯზე). აღნიშნულის გამო გაზრდილია საშუალო დღეობრივი ამპლიტუდა (+0.2°C). ტრენდები აღმავალია, მხოლოდ აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურის ცვლილების ტენდენცია არის ოდნავ უარყოფითი და ნაკლებად ნიშნადი. შესაბამისად, პირველ პერიოდთან შედარებით, ცივი დღეებისა (FD0) და ყინვიანი დღეების (ID0) რაოდენობა მცირდება 13 და 18 დღით, შესაბამისად (5 და 3%-ით). ამ სეზონზე იზრდება დღე-ღამეში მოსული ნალექის მაქსიმალური რაოდენობა, ასევე, დღეთა რიცხვი 10 მმ-ზე მეტი ნალექით, თუმცა მეორე პერიოდში მოსული ჯამური ნალექის რაოდენობა 2%-ით ნაკლებია. სავარაუდოდ, შემცირებულია მცრენალექიან დღეთა რიცხვი. უმნიშვნელოდ მცირდება ქარის საშუალო სიჩქარე, მაქსიმალური ქარების ტენდენცია კი დადებითია. ზამთარი ხდება უფრო თბილი, გახში-

რებულია ექსტრემალური ნალექები, ხოლო მცირე-ნალექიანი დღეების ხდომილობა ნაკლებია და მათულობს მასიმალური ქარების სიჩქარე.

გაზაფხულზე, მაქსიმალური ტემპერატურის აწევის (+0.3°C) შედეგად, საშუალო ტემპერატურა სხვა სეზონებთან შედარებით უმნიშვნელოდაა მომატებული (+0.1°C). მაქსიმალური ტემპერატურის წრფივი ტრენდები ყველაზე საიმედოა სხვა მახასიათებლებთან შედარებით. საშუალო მინიმალური ტემპერატურა შემცირებულია (-0.3°C). აღსანიშნავია, რომ ეს ერთადერთი ტემპერატურული მახასიათებელია, რომელიც შემცირებულია ორ პერიოდს შორის. შედეგად, გაზრდილია ტემპერატურის დღეობრივი ამპლიტუდა (+0.5°C-ით). ბოლო 25-წლიან პერიოდში ადგილი ჰქონდა მინიმალური ტემპერატურის აბსოლუტური მნიშვნელობის მატებას, გაზაფხულზე თბილი ღამეებია: ორ განხილულ პერიოდს შორის 5-ში შემთხვევით შემცირებულია ისეთი ღამეების რაოდენობა, როდესაც $T_{min} < 0$ (FD0), ხოლო ყინვიან დღეთა რიცხვი, როდ-

საც $T_{max} < 0$ (ID0), პირიქით, 16 დღით არის მომატებული, თუმცა ამ უკანასკნელის ტენდენცია არცთუ საიმედოა. ამავე დროს, შედარებით საიმედო მატებას აჩვენებს ცხელი დღეების ინდექსი (SU25) (18 დღით). ნალექების სეზონური ჯამი მეორე პერიოდში სწორედ გაზაფხულზეა ყველაზე მეტად მომატებული (+14%). დღე-ღამეში მოსული ნალექის უდიდესი რაოდენობა +26 მმ-ით მეტია ამ სეზონზე. მთელი პერიოდის განმავლობაში წრფივი ტრენდები ნალექის ყველა მახასიათებლისთვის მატებას აჩვენებს. შესამჩნევად იმატებს დღეთა რიცხვი 10 და 20 მმ-ზე მეტი ნალექით ანუ გაზაფხული ხდება უფრო თბილი და ნოტიო. წაყინვების საშიშროება იკლებს, თუმცა უმნიშვნელოდ, რასაც ადასტურებს FD0 ინდექსის კლება. სავეგეტაციო პერიოდის ($< 5^{\circ}\text{C}$; $> 5^{\circ}\text{C}$) ხანგრძლივობა მცირდება საშუალოდ 3 დღით, თუმცა ტრენდი არ ადასტურებს ამას.

ზაფხულის ტემპერატურა სხვა სეზონებთან შედარებით ყველაზე მეტადაა მომატებული. ექსტრემუმებიც (აბსოლუტური მაქსიმუმი და მინიმუმი) დამთბარია. ზაფხულში ცხელი დღეების რაოდენობა (ინდექსი SU25) 227-ით, ხოლო ტროპიკული ღამეების ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ TR20,) 29 დღით არის გაზრდილი. აღსანიშნავია, რომ მთელი პერიოდისათვის გამოვლენილი წრფივი ტრენდები ყველაზე მდგრადი და აღმავალია სწორედ ამ სეზონისათვის. მთელი განხილული პერიოდის განმავლობაში ნალექების საზონური ჯამი იკლებს (4%-ით), ისევე როგორც დღელამური მაქსიმუმები. ნალექების შემცირებას აჩვენებს ექსტრემალური ინდექსებიც. იზრდება მხოლოდ თავსხმა ნალექიანი დღეების (50 მმ-ზე მეტი ნალექით) რაოდენობა 3 დღით ორ პერიოდს შორის. ქარის სიჩქარე შემცირებულია სხვა სეზონებზე მეტად (-0.6 მ/წმ), მაქსიმალური ქარების ცვლილებაში კი მდგრადი ტენდენცია არ არის გამოვლენილი. ამრიგად, ზაფხულისთვის, მომატებული ტემპერატურისა და ნალექების შემცირების ფონზე, რისკია გვალვების გახშირება.

შემოდგომა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე მაქსიმალური ტემპერატურების მომატების ხარჯზე არის დამთბარი. თუმცა ზაფხულთან შედარებით დათბობა ნაკლებია (0.7°C). დამთბარია ექსტრემუმები. აბსოლუტური მაქსიმუმი გაზრდილია 1°C -ით. მეორე პერიოდში 124 დღით მომატებულია ცხელი დღეების (SU25) რაოდენობა, 2-ჯერ აღინიშნა ტროპიკული ღამეებიც, რაც პირველ პერიოდში არ დაფიქსირებულა. ყინვიანი დღეები, როდესაც დღის მაქსიმუმი უარყოფითია (ID0), შემცირებულია 3 დღით, ხოლო ყინვიანი ღამეები (FD0) ასევე 3 შემთხვევით არის მომატებული. შედეგად, საშუალო მინიმალური ტემპერატურა უცვლელია, რის გამოც შემოდგომის გაყინვების საშიშროება კვლავ არსებობს. ტემპერატურის დღელამური რყევადობა ყველაზე მეტად შემოდგომაზე იზრდება (0.9°C -ით). ასეთი ცვლილებები დასტურდება წრფივი ტრენდითაც. ნალექების სეზონური ჯამები, ზაფხულისგან განსხვავებით, მატულობს (+11%). ნალექებთან დაკავშირებული ექსტრემალური კლიმატური ინდექსები (R10mm, R20mm, R50mm და სხვ.) ადასტურებს ერთ დღეში მოსული ნალექების რაოდენობის ოდნავ ზრდას. შემოდგომა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში ხდება უფრო თბილი და ნოტიო. ქარის საშუალო სიჩქარე შემცირებულია (-0.4 მ/წმ), ქარების ინტენსივობა კი – გაზრდილი.

სტუ-ის შრომები – Works of GTU
№3 (525), 2022

ექსტრემალური კლიმატური ინდექსების ცვლილება
(ტრენდი აგებულია დაკვირვების მთელი პერიოდისათვის),
სხვაობა აღებულია ორ 25-წლიან პერიოდს შორის

ექსტრემალური ინდექსი	ტრენდის კოეფიციენტი	ცვლილება	ექსტრემალური ინდექსი	ტრენდის კოეფიციენტი	ცვლილება
tr20 (დღ. რ.)*	0.034	0.2	rx1day (მმ)	0.368	5.7
su25 (დღ. რ.)	0.595***	14.1	rx5day (მმ)	-0.08	7.0
id0 (დღ. რ.)	-0.049	0	sdii (მმ/დღე)	0.022	0.5
fd0 (დღ. რ.)	-0.053	0	R10mm (დღ. რ.)	0.065	1.4
gsi (პ.ბ)**	0.073	-3.3	R20mm (დღ. რ.)	0.029	0.9
wsgi (პ.ბ)	0.368	9.8	R50mm (დღ. რ.)	0.012	0.3
csg (პ.ბ)	-0.08	-0.5	cdd (პ.ბ)	0.041	0.04
dtr (°C)	0.022	0.6	cwd (პ.ბ)	0.013	0.4

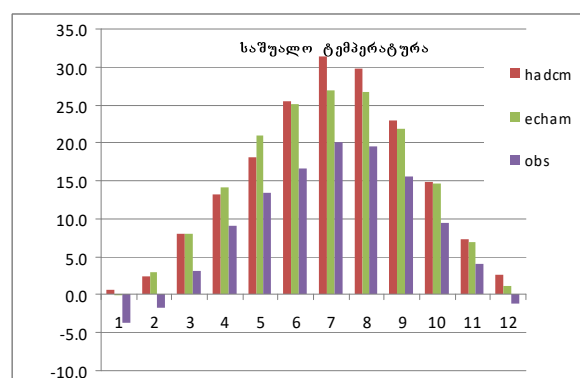
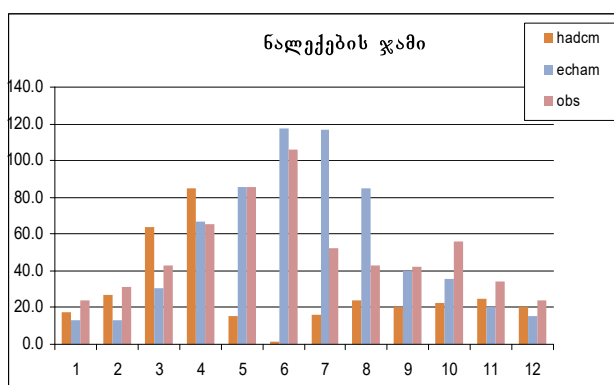
* დღ. რ. – დღეთა რიცხვი

** პ.ბ – პერიოდის ხანგრძლივობა

კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილება 2020–2050

წწ. აღნიშნული პერიოდისათვის კლიმატის ცვლილებების სცენარი შეფასდა რეგიონალური PRECIS მოდელით, რომელშიც გამოყენებულ იქნა ECHAM4 გლობალური მოდელი და მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ორი (A2, B2) სცენარი.

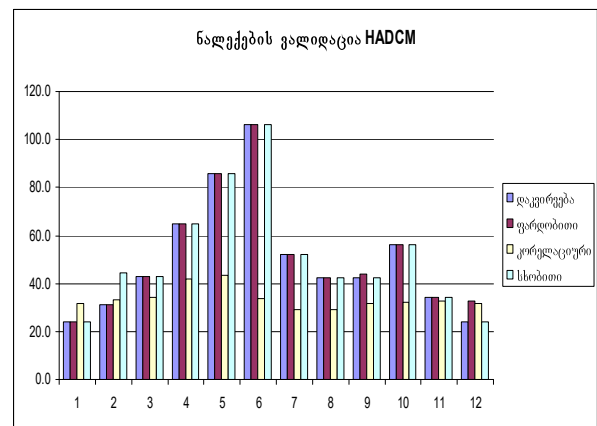
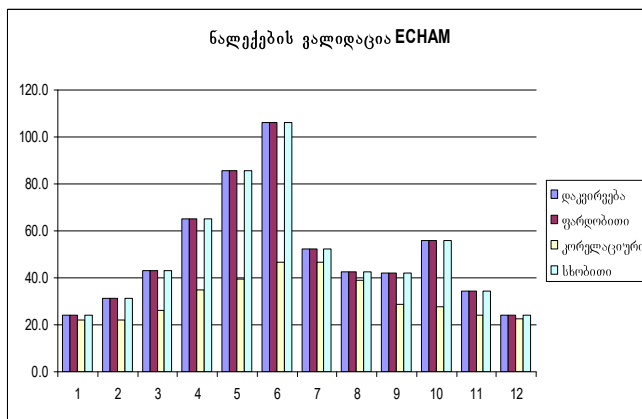
მოდელის დაკალიბრება მოხდა დედოფლისწყაროს მეტეოსადგურის რეალური დაკვირვების მონაცემებით. მე-6 სურ-ზე მოცემულია საშუალო ტემპერატურებისა და ნალექების ჯამების 30-წლიანი დაკვირვების საშუალო მნიშვნელობები თითოეული თვისათვის და იმავე პარამეტრების მნიშვნელობები გამოთვლილი ECHAM4 და HADCM3 მოდელებით.



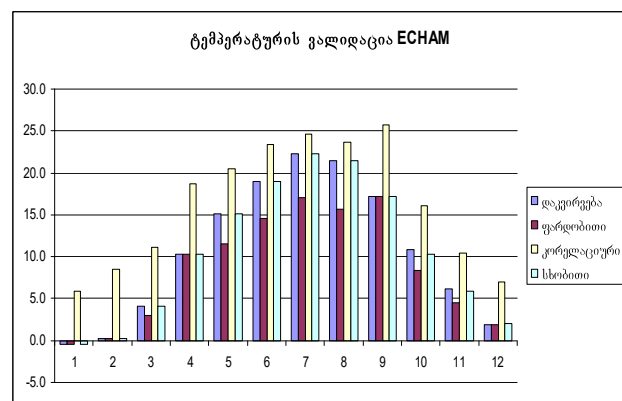
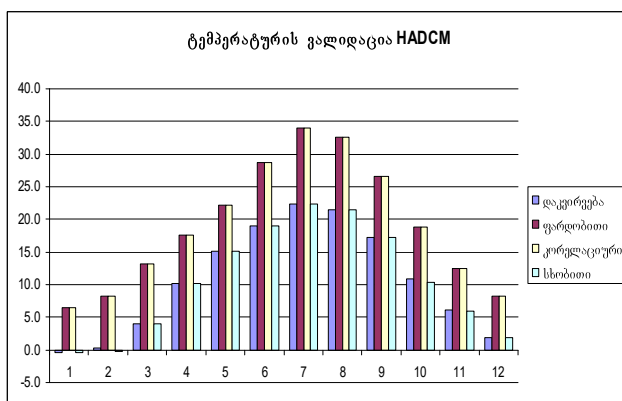
სურ. 6. საშუალო ტემპერატურებისა და ნალექების ჯამების 30-წლიანი დაკვირვების საშუალო მნიშვნელობები (დედოფლისწყარო, °C, მმ)

დედოფლისწყაროს მეტეოსადგურის დაკვირვებებისა და მოდელების მიერ გამოთვლილი თვის საშუალო ტემპერატურების შედარებისას ირკვევა, რომ მოდელები ყოველ თვეში გაცილებით მაღალ ტემპერატურას აჩვენებს. HADCM მოდელით დათვლილი ზაფხულის თვეების საშუალო ტემპერატურები უფრო მეტად ამახინჯებს რეალურ დაკვირვებებს. ნალექების სიმულორება არ ემთხვევა განხილული ორი მოდელის მონაცემებს. კერძოდ,

1,2,9,10,11,12 თვეებისათვის რეალური დაკვირვებების მნიშვნელობები უფრო მაღალია, მაგრამ ასევე უფრო მაღალია თბილი თვეებისათვის (3,4,5,6,7,8) მოდელებით დათვლილი მნიშვნელობები. ამასთან ერთად, ECHAM მოდელი III-IX თვეებისათვის უფრო ახლოსაა დაკვირვებულ მონაცემებთან. ორივე სიმულაციის დაკალიბრების შედეგები მოცემულია მე-7 და მე-8 სურ-ებზე.



სურ. 7. ნალექების თვის ჯამების 30-წლიანი საშუალო მნიშვნელობები სამი სხვადასხვა მეთოდით დაკალიბრების შემდეგ (დედოფლისწყარო, მმ.)



სურ. 8. საშუალო თვიური ტემპერატურის 30-წლიანი საშუალო მნიშვნელობები სამი სხვადასხვა მეთოდით დაკალიბრების შემდეგ (დედოფლისწყარო, °C)

მოდელის შედეგების კალიბრაციის საუკეთესო მეთოდის შესარჩევად გამოყენებულ იქნა შემდეგი კრიტერიუმები: საშუალო მნიშვნელობა, საშუალო ცდომილება და მაქსიმალური ცდომილება. ამ კრიტერიუმების ანალიზის მიხედვით, გამოტანილია დასკვნა, რომ ტემპერატურისათვის ორივე მოდელით (ECHAM4, HaDCM3) დაკალიბრების ყველაზე კარგი საშუალება სხვაობის მეთოდია, კორელაციური კავშირი მოდელის ორივე პროგნოზსა და დაკვირვებას შორის საკმაოდ მაღალია (≈ 0.9). ამ მეთოდით დაკალიბრებული მოდელის მნიშვნელობები ECHAM4 კარგ თანხვედრაშია დაკვირვებულ მონაცემებთან. ნალექებისათვის ფარდობის მეთოდის საშუალებით მოხდა კალიბრება, რადგან მომავალში ზოგიერთი თვისათვის მოდელით პროგნოზირებული ნალექების ჯამი იმდენად მცირეა, რომ სხვაობის მეთოდის გამოყენება შეუძლებელი ხდება. ამდენად, მომავლის სცენარის აგებისას გამოყენებული იქნება სხვაობითი მეთოდი ტემპერატურისათვის და ფარდობითი ნალექებისათვის.

ექსტრემალური მოვლენები. ნალექების ინდექსები გვიჩვენებს, რომ უხვნალექიან დღეთა რიცხვი, როცა ნალექების დღეღამური ჯამი მეტია 10, 20 და 50 მმ-ზე, ასევე თანმიმდევრულად ნალექიანი პერი-

ოდის ხანგრძლივობა გაზრდილია. ექსტრემალური ინდექსის (SDII) მატება აჩვენებს, რომ იზრდება ინტენსივობა ანუ ნალექების წლიური ჯამის შეფარდება ნალექიან დღეთა რიცხვთან წლის განმავლობაში, რაც განპირობებულია ნალექების წლიური რაოდენობის ზრდით. ეს რეგიონი კლიმატურად არ არის უხვნალექიანი, დღის განმავლობაში 50 მმ-ზე მეტი ნალექი ბოლო 50-წლიან პერიოდში 23-ჯერაა დაკვირვებული [8, 9]. აქედან 9-ჯერ პირველ და 14-ჯერ მეორე 25-წლიან პერიოდში, ხოლო 90მმ-ზე მეტი ნალექი თითო-თითოჯერ ორივე პერიოდში. ამ რაიონში მეწყრებისა და ღვარცოფების საშიშროება არ არსებობს. ექსტრემალურმა ნალექებმა შესაძლოა გამოიწვიოს ნიაღვრების გაჩენა. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ნალექთა წლიური ჯამის 200 მმ და მეტით გადამეტების შემთხვევები, პირველ პერიოდში მხოლოდ ერთხელ დაფიქსირდა, ხოლო მეორეში ასეთი იყო 2 შემთხვევა (ცხრილი 3).

გვალვა ისევე, როგორც სხვა რეგიონებისათვის შეფასდა ნალექების სტანდარტიზებული ინდექსით (SPI). ცხრილში მოყვანილია მკაცრი და ექსტრემალური გვალვების განმეორებადობათა რიცხვის ცვლილება ორ პერიოდს შორის.

ცხრილი 3

ექსტრემალური ნალექების რაოდენობის ცვლილება

	დღეღამურად მოსული ნალექების ჯამი > 50 მმ-ზე	დღეღამურად მოსული ნალექების ჯამი > 90 მმ-ზე	ნალექების წლიური ჯამის 200 და მეტი მმ-ით გადაჭარბების შემთხვევები
შემთხვევათა რიცხვის ცვლილება	+5	0	+1

ცხრილი 4

სხვადასხვა პერიოდის მკაცრი გვალვების საშუალო რაოდენობა

პერიოდების მიხედვით

მკაცრი გვალვა (SPI>-1.5)	1-თვიანი	3-თვიანი	6-თვიანი	9-თვიანი	12-თვიანი
1956-1980	17	23	23	27	30
1981-2005	20	18	17	10	11
სხვაობა	3	-5	-6	-17	-19

ცხრილი 5

სხვადასხვა პერიოდის ექსტრემალური გვალვების საშუალო რაოდენობა

პერიოდების მიხედვით

ექსტრემალური გვალვა (SPI>-2.0)	1-თვიანი	3-თვიანი	6-თვიანი	9-თვიანი	12-თვიანი
1956-1980	7	8	12	15	15
1981-2005	13	8	8	4	1
სხვაობა	6	0	-4	-11	-14

ცხრილებიდან ჩანს, რომ როგორც მკაცრი, ისე ექსტრემალური გვალვების ცდომილების ალბათობა შემცირებულია ყველა დროითი მასშტაბით, რაც განპირობებული უნდა იყოს ამ რაიონში ნალექიანობის მომატების ტენდენციით. გაზიარებულია მხოლოდ 1-თვიანი გვალვები, რაც ძირითადად, ზაფხულის სეზონის ხარჯზე უნდა ხდებოდეს.

ღვარცოფი და მეწყერსაშიში პროცესები: ნალექების ინდექსები გვიჩვენებს, რომ ნალექის დღეღამური მაქსიმალური რაოდენობა (rx1day), ისევე როგორც 5 დღის განმავლობაში მოსული ნალექის მაქსიმალური რაოდენობა (rx5day) გაიზარდა. შემცირდება წელიწადში იმ დღეთა რიცხვი, როცა ნალექების დღიური ჯამი მეტია 10, 20 და 25 მმ-ზე.

გაიზარდა როგორც უწყვეტად ნალექიანი პერიოდები (CWD), ასევე უწყვეტად მშრალი პერიოდის ხანგრძლივობა (CDD). ექსტრემალური ინდექსის (SDII) შემცირება აჩვენებს, რომ მცირდება ნალექების წლიური ჯამის შეფარდება ნალექიან დღეთა რიცხვთან წლის განმავლობაში, რაც განპირობებული უნდა იყოს, ძირითადად, ნალექიან დღეთა წლიური რიცხვის ზრდით, ე.ი. საშუალოდ ერთ დღეზე მოსული ნალექების რაოდენობა შემცირებულია. მომავალი 2020-2050 წწ. პერიოდისთვის ღვარცოფსაშიში დღეების რაოდენობა, 50 მმ-ზე მეტი ნალექით თითქმის იმდენივეა, რაც იყო დაკვირვების მეორე პერიოდში [10, 11].

ღვარცოფისა და მეწყერისათვის საშიში ნალექების რაოდენობის

ცვლილება 2020–2050 წწ პერიოდში

ღვარცოფ- და მეწყერსაშიში პროცესები	დღეღამურად მოსული ნალექების ჯამი > 50 მმ-ზე	დღეღამურად მოსული ნალექების ჯამი > 90 მმ-ზე	ნალექების წლიური ჯამის 200 მმ და მეტის შემთხვევები
შემთხვევათა რიცხვის ცვლილება სცენარსა და დაკვირვების პირველ პერიოდს შორის	+6	-1	-1

მე-7 ცხრილი აჩვენებს, რომ ღვარცოფის რისკი დედოფლისწყაროს რაიონში იზრდება, ხოლო მეწყერსაშიში პროცესები ამ რაიონში არ არსებობს.

გვალვა შეფასდა ნალექების სტანდარტიზებულ-

ლი ინდექსით (SPI). მე-8 ცხრილში მოყვანილია მკაცრი და ექსტრემალური გვალების განმეორებადობათა რიცხვი განხილული სამივე პერიოდის განმავლობაში.

ხვადასხვა ხანგრძლივობის „მკაცრი გვალების“ განმეორებადობის

ჯამური რაოდენობა განხილულ პერიოდში

მკაცრი გვალა (SPI>-1.5)	1-თვიანი	3-თვიანი	6-თვიანი	9-თვიანი	12-თვიანი
1957-1981	17	23	23	27	30
1982-2006	20	18	17	10	11
2020-2050	23	28	30	28	27

სხვადასხვა ხანგრძლივობის „ექსტრემალური გვალების“ განმეორებადობის

ჯამური რაოდენობა განხილულ პერიოდში

ექსტრემალური გვალა (SPI>-2.0)	1-თვიანი	3-თვიანი	6-თვიანი	9-თვიანი	12-თვიანი
1956-1980	7	8	12	15	15
1981-2005	13	8	8	4	1
2020-2050	7	10	8	9	8

ცხრილების თანახმად, 1-, 3- და 6-თვიანი მკაცრი გვალების რიცხვი იზრდება, უფრო ხანგრძლივი

მკაცრი გვალებისა და თითქმის ყველა ხანგრძლივობის ექსტრემალური გვალების რიცხვი იკლებს.

ცხრილი 10

კლიმატის ცვლილების სცენარი (2020–2050 წწ.)

მეტეოსადგური	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
დედოფლის-წყარო	დათბება დაახლოებით 3 °C-ით	დათბება დაახლოებით 1.5 °C-ით	დათბება დაახლოებით 3 °C-ით	დათბება დაახლოებით 2.5 °C-ით. ღამის ტემპერატურის მატების ხარჯზე	წლიური საშუალო მოიმატებს 2 °C-ით მიმდინარე პერიოდთან შედარებით.
	ნალექები იმატებს 17%-ით	ნალექები უზრუნდება I პერიოდის საშუალოს	ნალექები იმატებს ორივე პერიოდთან შედარებით 9%-ით. ინტენსივობა მცირდება	ნალექები მცირდება და უზრუნდება I პერიოდს	წლიური ნალექები იგივე დარჩება რაც მიმდინარე პერიოდში, რაც თავის მხრივ 6%-ით მეტია პირველ პერიოდზე
	FD(0)-(-45) ID(0)-(-349) 50% SU25-(0) TR20-(0)	FD(0)-(-7) ID(0)-(-17) SU25-(+87) TR20-(0)	FD(0)-(0) ID(0)-(0) SU25-(+674) 50% TR20-(+195) 126%	FD(0)-(-2) ID(0)-(-20) 90% თითქმის აღარ იქნება (მხოლოდ 3 შემთხვევა) SU25-(+119) TR20-(0) პირველ პერიოდში საერთოდ არ დაიკვირვებოდა. მეორე პერიოდში იყო 3 შემთხვევა	FD(0)-(-54) ID(0)-(-386) SU25-(+880) TR20-(+195)

დასკვნა

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე 2020 – 2050 წლების პერიოდში კლიმატის ცვლილების პროგნოზის შედეგად, ძირითადი დასკვნა ისაა, რომ შენარჩუნდება დათბობის ტენდენცია, რაც $+3^{\circ}\text{C}$ -ს შეადგენს საშუალო წლიური ტემპერატურის ამჟამად არსებულ სიდიდესთან შედარებით. როგორ აისახება ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორი განსახილველი ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე?

საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესებიდან კლიმატის ცვალებადობის მიმართ, როგორც ცნობილია, განსაკუთრებით სენსიტიურია ღვარცოფები, წყალმოვარდნები და მეწყრები. დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორია, რომელიც საქართველოს უკიდურეს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილს მოიცავს, მშრალი კონტინენტური კლიმატით ხასიათდება, აორთქლების წლიური ნორმის მკვეთრი აღმატებით ნალექების საშუალო წლიურ რაოდენობაზე. ტერიტორიის დანაწევრებული რელიეფის უბნები ფაქტობრივად მხოლოდ მშრალი ხევებით არის დასერილი, რომელთა კალაპოტში ნაკადი ძალზე იშვიათად ჩნდება, ისიც ხანმოკლე, ძლიერი წვიმის შემთხვევაში, რაც აგრეთვე ძალზე იშვიათი მოვლენაა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე [12, 13]. მიუხედავად იმისა, რომ გეოლოგიურად განსახილველი ტერიტორია ახალგაზრდა (პლიოცენი - მეოთხეული) ფხვიერი წარმონაქმნებით არის აგებული (კონგლომერატები, თიხები, თიხნარები), რაც თავისთავად ღვარცოფის ჩასახვის და განვითარების ერთ-ერთი წინაპირობაა, მშრალი კონტინენტური კლიმატი და ატმოსფერული ნალექების უმნიშვნელო რაოდენობა ღვარცო-

ფების წარმოქმნის რისკს გამოიცხადებს როგორც ამჟამად, ისე მომავალში, მით უმეტეს, რომ სცენარის მიხედვით, ნავარაუდები საშუალო წლიური ტემპერატურის $+3^{\circ}\text{C}$ -ით მატება, კიდევ უფრო აძლიერებს მშრალი კონტინენტური კლიმატის თვისებებს.

დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში ჩვენ მიერ ჩატარებული მრავალჯერადი სავლე კვლევის საფუძველზე, აგრეთვე საფონდო და ლიტერატურული მასალების პერიოდულად დამუშავების შედეგად, უნდა აღვნიშნოთ, რომ განსახილველ ტერიტორიაზე მეწყრული მოვლენები პრაქტიკულად არ ხდება. ისეთ უბნებზე, სადაც დელუვიონის სიმძლავრე 10 მეტრს აღემატება, რაც ხშირად ფერდობზე მეწყრის წარმოქმნის მიზეზად გვევლინება, რელიეფი რბილია და ფერდობის უმნიშვნელო დახრილობა ($\alpha < 8^{\circ}$) მის დინამიკურობას გამოიცხადებს. მაშასადამე, მეწყრების და ღვარცოფების საშიშროების რისკი დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე არც ამჟამად არსებობს და არც მომავალში არის სავარაუდო, როგორც უნდა განვითარდეს კლიმატის ცვალებადობა.

მოცემულ შემთხვევაში განსაკუთრებით სენსიტიურად კლიმატის ელემენტების ცვალებადობაში დედოფლისწყაროს რაიონის ჰიდროგეოლოგიური პირობები აღიქმება. როგორც კლასიკურ მაგალითს, მოკლედ განვიხილავთ მუნიციპალიტეტის ერთ-ერთი ყველაზე ფართო და მნიშვნელოვანი რეგიონის დიდი შირაქის ველის ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს. გეოლოგიურად შირაქის ველი ჩაკეტილი, დამრეცი და ფართო მულდისმაგვარი სინკლიური სტრუქტურაა, რომელიც ე.წ. „წითელწყაროს“ წყების (აღჩაგილ-აფშერონი) კონგლომერა-

ტებით არის აგებული [13, 14]. ჩრდილოეთით შირაქის ველი მკაფიოდ არის გამიჯნული ალაზნის დაბლობიდან 400 მ სიმაღლის ძლიერ ეროზირებული, ტექტონიკური საფეხურით, რომელიც ზემო ქედის ანტიკლინური სტრუქტურით არის ფორმირებული. საფეხურის მთისძირებში საკმაოდ უხვდებიტანი (>10 ლ/წმ) დაღმავალი წყაროები გამოდის – რუსის წყალი, ჩინარი, ქავთარაძის წყარო და სხვ. ეს წყაროები დედოფლისწყაროს წყებაში არსებული წნევიანი ჰორიზონტების (შირაქის არტეზიული აუზი) ბუნებრივ განტვირთვას წარმოადგენს. მათი კვების არე შირაქის სინკლინური სტრუქტურის სამხრეთ-დასავლეთ ბორტზე მდებარეობს – შუამთის, კალაღარას ქედების თხემზე. ნაწილობრივ, წყაროების კვება დაკავშირებული უნდა იყოს იმ ატმოსფერულ ნალექებთან, რომლებიც უშუალოდ ზემოთ აღნიშნული ტექტონიკური საფეხურის ფარგლებში მოდის. კლიმატის დათბობის მოსალოდნელ ფონზე, ცხადია, კვების ფაქტორი მკვეთრად შემცირდება, რასაც აღნიშნული წყაროების დებიტების კლება ან საერთოდ დაშრობა უნდა მოჰყვეს. გარდა ამისა, დებიტების მკვეთრად შემცირების საფრთხე საკუთრივ დედოფლისწყაროს

ტერიტორიაზე არსებულ დიდდებიტთან კარსტულ წყაროებთან მიმართებაშიც არსებობს. დღესდღეობით კარსტული წყაროები – „მაზოვკა“, „ატეკას წყარო“, „ჯარის წყალი“, „ირაკლის წყარო“ და სხვ. ქალაქის სასმელი წყალმომარაგების ჯერჯერობით უალტერნატივო შესაძლებლობაა, რომ არაფერი ვთქვათ მრავალრიცხოვან საყოფაცხოვრებო ჭებზე, საიდანაც წყალს სწორედ ზედა იურის დაკარსტული კირქვებიდან მოიპოვებენ.

ცალკე განხილვის საგანია ჯაფარიძის ტბა, რომელიც მიწისქვეშა წყლების ბაზაზე იკვებება და უკვე ამჟამად ევტროფიკაციის სტადიაშია. თუ არ იქნა მიღებული სათანადო ზომები ტბის ხელოვნურად კვების ხაზით (მით უმეტეს კლიმატის დათბობის პირობებში), ამ ბუნებრივი წყალსაცავის გადაგვარება გარდაუვალია.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე მივდივართ საერთო დასკვნამდე, რომ დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე კლიმატის ცვალებადობის საპროგნოზო სცენარი უშუალოდ აისახება რაიონის ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე და სერიოზულ პრობლემებს შეუქმნის ზოგიერთი დასახლებული პუნქტის სასმელი წყლით მომარაგებას.

ლიტერატურა

1. United Nations Environment Programme (2009). *Buildings and Climate Change: Summary for Decision Makers*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/32152>;
2. Caucasus Environmental NGO Network (CENN). (2010, May). *Strengthening Local Capacity and Developing Structured Dialogue for Climate Change Adaptation (CCA), Natural Disaster Risk Reduction (DRR) and Post-Conflict Environmental Rehabilitation in Georgia*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pdacw849.pdf
3. Roeckner, E., Arpe, L., Bengtsson, L., Christoph, M., Clauseen, L., Dümenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U. and Schulzweida, U. (1996). *The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and*

- simulation of present-day climate*. Max-Planck-Institut für Meteorologie Report Series. 218. Technical Report. Max-Planck-Institut für Meteorologie;
4. Bacher, A., Oberhuber, J. & Roeckner, E. (1998). ENSO dynamics and seasonal cycle in the tropical Pacific as simulated by the ECHAM4/OPYC3 coupled general circulation model. *Climate Dynamics*, 14, 431–450.
<https://doi.org/10.1007/s003820050232>
 5. *Geology of the USSR*. (Vol. 10). (1964). Moscow: Nedra. (In Russian);
 6. *Hydrogeology of the USSR*. (1970). Moscow: Nedra. (In Russian);
 7. *Atlas of the Georgian SSR*. (1964). Academy of Sciences of the Georgian SSR Institute of Geography named Vakhushti. (In Georgian);
 8. *Atlas of threats and risks of natural disasters typical for the territory of Georgia*. (2012). Tbilisi, CENN / ITC. (In Georgian);
 9. Tavartkiladze, K. (2008). Peculiarities of climate change in Georgia. *Proceedings of the V. Bagrationi Institute of Geography*, 2 (81). (In Georgian);
 10. *Second National Communication of Georgia to the Framework Convention on Climate Change*. (2009). (In Georgian);
 11. Meladze, G. (1971). *Agroclimatic conditions and forecasts of subtropical technical crops*. (In Georgian);
 12. *Agro-climatic resources of the Georgian SSR*. (1978). Tbilisi: Gidrometeoizdat. (In Russian);
 13. Gaganidze, Z. (2012). *Study of hydrogeochemical indicators of oil fields in southeastern Georgia for their use as search criteria (Candidate's dissertation)*. Tbilisi: GTU Library. (In Georgian);
 14. Zviadadze, Y., Kenia, G. (1964). *Report of the Iora GGP on the work of 1961-1963*. Tbilisi: Funds of the Department of Geology of the Georgian SSR. (In Georgia).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-84-104>

The Influence of Current Climate Change on Hydrogeological and Engineering-geological Processes on the Example of Dedoplistskaro Municipality

Marine Mardashova Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str
E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Tamar Razmadze-Brokishvili Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str
E-mail: t_razmadze@gtu.ge

Tamar Mikava Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str
E-mail: t.mikava@gtu.ge

Reviewers:

N. Poporadze, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: n.poporadze@gtu.ge

Z. Kakulia, Director of the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, GTU

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

Abstract. It is likely that the climate of the 21st century will be quite different from the climate of the 20th century due to the impact of human agricultural activities. Society's sensitivity to climate change is determined by the frequency and severity of extreme events, as climate events can cause serious material damage and casualties. To assess the potential threat posed by climate change and manage the risks, it is necessary to create reliable models that will be able to construct climate change scenarios with high accuracy. It is especially important to anticipate the expected frequency and intensity of changes in extreme events in the process of climate change, such as heavy rainfall, associated floods and high temperatures. This prediction is essential for future planning of water resources, agriculture, irrigation and drainage, road, construction design, and other sectors such as tourism and etc., where weather and climate are the defining factors.

Climate change scenario has been defined in the territory of Dedoplistskaro municipality as a result of the forecast of climate variability in the period of 2020-2050. It was concluded that the warming trend will be maintained, which in numerical expression equals +30C, compared to the current average annual temperature. The nature of the changes in the main climatic parameters and the impact of these changes on the engineering-geological and hydrogeological conditions for the selected regions of Dedoplistskaro were assessed.

Keywords: atmospheric precipitation; climate change; Dedoplistskaro; hydrogeology.

განხილვის თარიღი 05.02.2022

შემოსვლის თარიღი 14.02.2022

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 23.09.2022