



Study of long-term variability in mean monthly and annual air temperatures in the city of Sandanski

Antonia Goleva*, Svetoslav Mitkov

Department of Ecology, Environmental Protection and Restoration, Faculty of Ecology and Landscape Architecture, University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract: The climate system is complex and inherently dynamic. Climatic fluctuations constitute an integral part of its natural evolution. The interest in this topic has increased substantially in recent decades, particularly in the context of the marked rise in mean temperatures observed over the past 30–40 years (Eds: Marinova and Bocheva, 2023, in Bulgarian). The frequency of extreme weather events has also increased, alongside the occurrence of longer and more persistent drought periods (Alexandrov et al., 2004; Nikolova et al., 2012). These phenomena pose a major challenge to human health and socioeconomic activities and have important implications for the concept of sustainable development. The present study focuses on one of the climatic elements to which humans are most sensitive – air temperature. Variations in the regime of mean monthly and annual air temperatures in the Sandanski region were examined. Long-term temperature patterns were analyzed using central tendency, moving averages, and trend analysis. Air temperatures were evaluated across three key periods: the full 1931–2025 historical timeline, the 1961–1990 standard reference baseline, and the contemporary 1996–2025 climate window. Statistical processing of the data was performed using Microsoft Excel. Positive anomalies were identified for all mean monthly temperatures during the most recent 30-year period. The most pronounced changes in mean air temperatures were observed in February, March, June, July, August, and November, as well as in the annual mean values. Correlation and regression analyses revealed predominantly positive trends, with moderate to substantial relationships for several individual months and a strong relationship for the annual values. Comparison with the corresponding critical values of Student's t -distribution showed that the observed changes were statistically significant at $\alpha = 0.05$ significance level for the mean temperatures in July, August, September, and December, as well as for the mean annual temperatures (Mishev and Tsvetkov, 1998).

Keywords: climate, climate normal, air temperature, trends

*agoleva@ltu.bg

Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха в района на град Сандански

Антония Голева, Светослав Митков

*Катедра „Екология, опазване и възстановяване на околната среда“,
Факултет „Екология и ландшафтна архитектура“, Лесотехнически университет,
София*

Резюме: Климатичната система е сложна и динамична. Колебанията ѝ са неизменна част от естественото ѝ развитие. През последните десетилетия, интересът към темата е все по-актуален, особено на фона на значителното повишаване на средните температури, през последните 30-40 години (Ред: Маринова и Бочева, 2023). Нараства честотата на екстремните прояви на времето, като се установяват и по-продължителни периоди на засушаване (Alexandrov et al., 2004; Nikolova et al., 2012). Тези явления са истинско предизвикателство за живота и дейността на човешкото общество, като оказват влияние и върху концепцията за устойчивото развитие. Настоящото изследване е посветено на един от най-чувствителните за човека елементи на климата - температурата на въздуха. За целта са проследени колебанията в режима на средните месечни и годишни температури, за района на гр. Сандански. Чрез статистически методи (основни моменти, пълзящи средни, тренд анализ и др.) са изследвани многогодишните особености в хода на температурите. Сравнени са температурите през периодите от 1931 до 2025 г. (основен), от последните 30 години 1996 – 2025 г. (период на съвременен климат), спрямо периода – 1961 – 1990 г. Статистическата обработка на данните е извършена чрез Microsoft Excel. Установени са положителни отклонения за всички средни месечни температури през последния 30-годишен период. Най-значителни са измененията в средните температури на въздуха за месеците февруари, март, юни, юли, август и ноември, както и при годишните стойности. Чрез корелационен и регресионен анализ, са установени предимно положителни тенденции, с умерени до значителни (за някои от месеците) и силни (при годишните стойности) връзки. След сравняване със съответните таблични стойности (t -разпределение), е установено, че измененията са статистически значими (при ниво на значимост $\alpha = 0,05$), в средните за месеците юли, август, септември и декември, както и при средните годишни стойности (Мишев&Цветков, 1998).

Ключови думи: климат, норма, температури, тенденции

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Климатичната система се характеризира с естествена изменчивост, проявяваща се в различни времеви мащаби. Палеоклиматичните реконструкции разкриват

значителни колебания на глобалната температура през геоложката история. Данните потвърждават високата чувствителност на климата към измененията в радиационния баланс, орбиталните параметри и концентрацията на парникови газове (Judd и др., 2024). Инструменталните измервания на температурата на въздуха през XX век показват ясно изразена тенденция към повишаване на глобалната температура, като този сигнал се откроява на фона на естествената климатична изменчивост и се усилва през втората половина на века (Jones&Moberg, 2003). Съвременните оценки потвърждават, че затоплянето е съпроводено от изменения в честотата и интензивността на екстремни климатични явления и от нарастващо въздействие върху природните и социалните системи (IPCC, 2023).

Подобни процеси се наблюдават и на регионално ниво, включително в България. Анализът на дългосрочните климатични редове за XX век показва климатична изменчивост. Установяват се температурни флукутации, отсъствие на ясно изразено затопляне за територията през целия век, но наличие на затопляне през последните десетилетия и статистически значимо зимно затопляне в отделни райони на страната (Alexandrov et al., 2004). По-нови изследвания показват, че през последните десетилетия се наблюдава отчетливо повишаване на средните температури на въздуха, увеличаване на честотата на горещите периоди в България, което потвърждава тенденция към затопляне в края на XX и началото на XXI век (Ред: Маринова и Бочева, 2023). Зачестява появата на екстремно сухи сезони през последните десетилетия на XX век, което потвърждава тенденцията към засушаване в непланинската част на Южна България (Nikolova et al., 2012). Проявленията на климатичните изменения не са пространствено еднородни. Изследванията върху връзката между изменението на глобалната средна приземна температура на въздуха и тази на локално ниво показват, че конкретните регионални температурни изменения не винаги са пряко отражение на глобалните тенденции. Често те са резултат от взаимодействието между климатичния сигнал, обусловен от външни фактори, и вътрешната климатична изменчивост (Sutton et al., 2015). Локалните температурни тенденции могат да се различават съществено от глобалните, да се проявяват със закъснение или временно да бъдат маскирани от вътрешната климатична динамика. В O'Reilly et al., (2021) е показана ролята на естествената флукутация на климатичната система и е демонстрирано, че в рамките на едно до няколко десетилетия, вътрешната динамика на атмосферната циркулация може да доминира регионалните температурни изменения, поради което те не винаги отразяват непосредствено глобалния климатичен сигнал. Тази роля на вътрешната климатична динамика се потвърждава и от анализ на данни от метеорологични станции, които показват, че глобалните тенденции не се проявяват еднакво във всички региони и че локалните температурни и валежни серии могат да показват различна тенденция или липса на статистически значими изменения (Clark et al., 2000). Анализът на дългосрочни инструментални наблюдения показва, че температурните редове от отделни

станции, могат да разкриват съществени различия в тенденциите дори в рамките на една климатична зона, което подчертава ролята на локалните географски условия и факторите, формиращи климатичната изменчивост (Lai&Dzombak, 2019). Съвременните регионални изследвания потвърждават тези изводи и показват, че пространствените различия в данните за температурите и валежите могат да бъдат значителни дори на сравнително малки територии, което отразява влиянието на локалните природни условия и регионалната атмосферна динамика (Bărbulescu&Postolache, 2023).

Регионалните климатични изследвания са необходими и за по-задълбочено разбиране на пространствената структура и динамиката на климатичните процеси, тъй като глобалните оценки не могат достатъчно детайлно да представят локалните особености.). Развитието на регионалното климатично моделиране показва, че то осигурява не само по-висока пространствена резолюция, но и възможност за директно представяне на ключови климатични процеси. Освен това локалните температурни серии предоставят информация за особеностите на климатичните процеси в отделни райони и позволяват да се установят различия в тенденциите дори между станции в сходни климатични зони (Lai&Dzombak, 2019).

Температурата на въздуха е сред основните показатели, използвани при оценката на климатичните изменения, тъй като глобалните оценки на климатичната система се основават в значителна степен именно на анализа на температурните редове (IPCC, 2023). Температурните наблюдения са сред най-дългите инструментални серии в метеорологията и позволяват надеждно проследяване на дългосрочните климатични тенденции както в глобален, така и в регионален мащаб (Jones&Moberg, 2003).

Независимо от наличието на национални климатични оценки, локалните особености в отделни райони на България изискват допълнителни регионални анализи. Изследванията върху съвременните климатични изменения в планинските райони на Югозападна България показват ясно изразена пространствена диференциация на климатичните характеристики, обусловена от взаимодействието между орографията, експозицията на склоновете и регионалната циркулация, което води до значителни различия в температурните тенденции дори на сравнително малки разстояния (Grunewald et al., 2009; Giorgi, 2019).

Изследванията върху някои климатични явления в Югозападна България показват също, че регионът е чувствителен към проявите на климатичната изменчивост и че явления като засушаванията са свързани с температурни аномалии и изменения в циркулационните условия (Stoyanova&Nikolova, 2022). Тези резултати съответстват на по-общите изводи за климатичните изменения в България, при които се установяват повишаване на температурите и промени в климатичната изменчивост през последните десетилетия (Alexandrov et al., 2004; Ред: Маринова и Бочева, 2023).

В тази връзка, изследването на температурните изменения в района на гр. Сандански позволява да се уточнят регионалните проявления на климатичните флуктуации и да се оцени тяхната динамика във времето. Обработката на глобални температурни бази данни показва, че именно статистическият анализ на дългосрочните температурни редове позволява извеждането на надеждни оценки за мащаба и характера на климатичните промени (Jones&Moberg, 2003).

Целта на настоящото изследване е да се анализират дългосрочните изменения в режима на средните месечни и годишни температури на въздуха за района на гр. Сандански. За постигането на тази цел са изследвани температурните редове за продължителен период на наблюдения, като са сравнени съвременните стойности с тези от референтния период 1961–1990 г.

2. МЕТОДОЛОГИЯ

Измененията в температурата на въздуха (1931- 2025 г.) са анализирани на базата на данни за средните месечни и годишни стойности. Информацията е набавена от архива на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ).

За целта са анализирани колебанията на средните месечни и годишни температури на въздуха, в периода от 1931 до 2025 г. (основен). Сравнени са средните стойности за последните 30 години от посочения период (1996-2025 г.), както с тези от основния изследван, така и с трите десетилетия от 1961 до 1990 г.

Като задължителен етап, предхождащ статистическата обработка и анализа на използваните данни, е установяването на тяхната однородност и принадлежност към обща генерална съвкупност. За проверка на последното се прилагат тестове за нормалността предназначени за оценка на това, дали наблюдаваното разпределение се съгласува с някое теоретично разпределение. За целта е използван тестът на Kolmogorov - Smirnov като изчисленията са извършени с помощта на онлайн платформата StatsKingdom (StatsKingdom, 2025). Изчислените стойности показват, че редиците от използвани данни се подчиняват на закона за нормално разпределение.

Използвани са подходящи статистически методи, разкриващи показателите на разсейване и разпределението на данните (многогодишни средни ($\bar{x}$), грешките при средните многогодишни стойности (Er), медиана (Me), мода (Mo), стандартно отклонение (σ), коефициент на вариация (V), коефициентите на асиметрия (As), ексцес (Ex).

Широко прилаган метод за изследване измененията на климатичните елементи е методът на пълзящите средни (филтрирани средни). Чрез него се погасяват вълните на кратко периодичните колебания, а се очертават тези с по-голяма дължина на вълната (Николова, 2018). Резултатите зависят от дължината на периода на осредняване, като в настоящия случай е избрана десет годишна пълзяща средна (десет годишен период на осредняване). Такъв или близки по дължина периоди (например от 5, 10 и 11 години) на осредняване, са използвани в редица публикации, както у нас, така и в чужбина (Мартинов&Богачев, 1978;

Колева, 1987; Векилска, 1998; Топлийски, 1998; Славов и др., 2003; Владев, 2004; Fan и др., 2022), което улеснява сравняването на получените резултати.

Чрез методите на линейна регресия е разкрит трендът в изменението на температурите на въздуха, както и статистическата му значимост.

Част от математико-статистическата и графичната обработка на данните е извършена с Microsoft Excel, която включва широк набор от специализирани средства за извличане на информация от данните, както и възможности резултатите да бъдат представени в графична форма.

2. РЕЗУЛТАТИ

Резултатите от статистическата обработка на данните показват много близки стойности на многогодишните средни ($\bar{x}$) и съответните им медиана (Me) и мода (Mo) (Таблица 1). Показателите за асиметрия и ексцес са близки до нула, което е в подкрепа на хипотезата за нормалност на разпределението (Сираков, 1981).

Таблица 1. Основни статистически показатели за средните месечни и годишни температури на въздуха (°C) за периода 1931-2025.

Table 1. Main statistical characteristics of the mean monthly and annual air temperature (°C) for the period 1931–2025.

Сандански (204 m)	$\bar{x}$	Me	Mo	(σ)	Min	Max
I	2,6	2,9	3,5	2,1	-2,9	7,7
II	4,8	4,9	5,6	2,3	-1,5	10,4
III	8,8	8,7	10,0	1,8	4,2	13,0
IV	13,7	13,7	14,1	1,5	8,9	17,6
V	18,6	18,6	19,5	1,4	15,3	21,9
VI	22,7	22,5	22,3	1,4	19,6	27,7
VII	25,2	25,1	25,8	1,4	22,7	29,3
VIII	24,9	25,1	24,0	1,7	19,8	28,2
IX	20,6	20,6	21,0	1,6	16,3	25,1
X	14,7	14,7	15,8	1,7	10,3	19,3
XI	9,0	9,1	8,6	1,8	4,0	13,3
XII	4,3	4,5	5,4	2,0	-2,6	8,3
Ср. год.	14,2	14,0	13,4	0,7	12,4	16,5

Таблица 2 представя средните месечни и средногодишни температури на въздуха в станция Сандански (204 m) за периодите 1961–1990 г., 1931–2025 г., както и за съвременния период 1996–2025 г., като са показани и отклоненията спрямо периода 1961–1990 г. За основния изследван период, от 1931 до 2025 г., средногодишната температура е 14,2°C, като минималната стойност е 12,4°C (1940 г.), а максималната – 16,5°C (2024 г.).

Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха в района на град Сандански

Таблица 2. Средни месечни и годишни температури на въздуха (°C) за периодите 1931–2025 г. и 1996–2025 г. и разлики спрямо съвременната климатична норма (1961–1990 г.).

Table 2. Average monthly and annual air temperatures (°C) for the periods 1931–2025, 1996–2025 and differences over the modern climate (1961–1990).

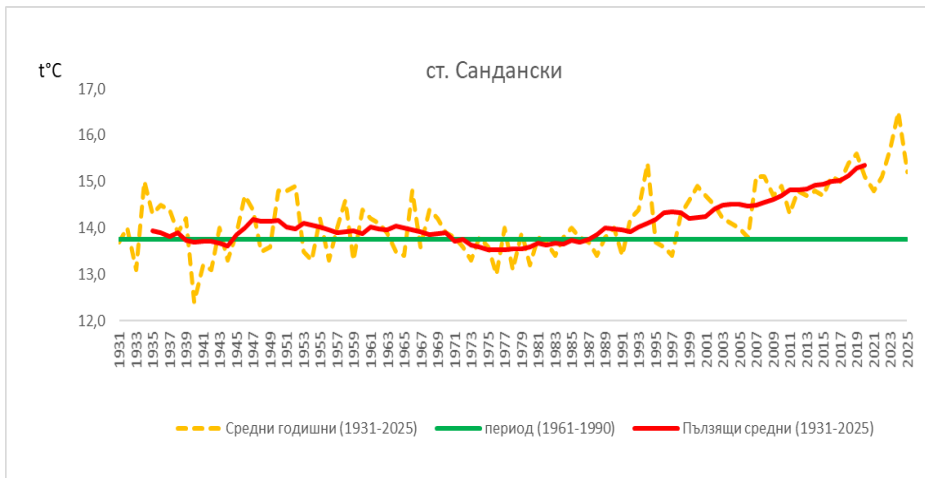
Сандански (204 m)	средни температури в периода 1961–1990	средни температури в периода 1931–2025	разлики спрямо 1961– 1990 (Δt)	средни температури в периода 1996–2025	разлики спрямо 1961– 1990 (Δt)
I	2,4	2,6	+0,2	3,2	+0,8
II	4,2	4,8	+0,6	5,9	+1,7
III	8,6	8,8	+0,2	9,5	+0,9
IV	13,5	13,7	+0,2	13,9	+0,4
V	18,6	18,6	-	19,0	+0,4
VI	22,1	22,7	+0,6	23,5	+1,4
VII	24,3	25,2	+0,9	26,4	+2,1
VIII	23,8	24,9	+1,1	26,1	+2,3
IX	20,2	20,6	+0,4	20,9	+0,7
X	14,5	14,7	+0,2	14,7	+0,2
XI	8,6	9,0	+0,4	9,6	+1,0
XII	4,2	4,3	+0,1	4,6	+0,4
Ср. год.	13,7	14,2	+0,5	14,8	+1,1

*Източник: НИМХ

За целия изследван период 1931–2025 г. средните месечни температури на въздуха в повечето случаи са по-високи от тези в периода 1961–1990 г. Най-значителни положителни отклонения се наблюдават през летните месеци август (1,1°C) и юли (0,9°C). По-слабо изразени положителни отклонения се установяват за февруари и юни (от по 0,6°C). Най-слаби са положителните отклонения за септември и ноември (съответно по 0,4°C), както и незначителни за януари, март, април и октомври (около 0,2°C). Изключение има при температурите за месец май, за който средната остава без промяна спрямо периода от 1961 до 1990 г. Средногодишната температура за периода 1931–2025 г. е 14,2°C, което представлява увеличение с 0,5°C спрямо тази от 1961–1990 г.

За последния 30-годишен период (1996–2025 г.) положителните отклонения спрямо периода от 1961 до 1990 г., са значително по-изразени. Най-големи увеличения се наблюдават за средномесечните температури за август (+2,3°C) и юли (+2,1°C). Значително повишение се установява и за месеците февруари (+1,7°C) и юни (+1,4°C). Съществени положителни отклонения се наблюдават през ноември (+1,0°C), март (+0,9°C) и септември (+0,7°C). За останалите месеци увеличенията са между +0,2°C и +0,4°C. Средната многогодишна температура за периода 1996–2025 г. достига 14,8°C, което представлява увеличение от +1,1°C спрямо избрания за сравнение период (1961–1990 г.).

Ходът на средните годишни температури на въздуха, за периода от 1931 до 2025 г. е представен чрез пълзящи средни (фигура 1.).



Фиг. 1. Пълзящи средни с десет годишен филтър за средните годишни температури на въздуха (1931 - 2025 г.).

Fig. 1. Ten-year moving average of the annual mean air temperature for the period 1931–2025.

Графиката на десет годишните осреднени стойности, е очертала следните колебания, спрямо периода 1961-1990 г. От началото на изследването до 1943 г., пълзящата средна съвпада с линията на средната от предходната климатична норма. От 1944 г. започва по-топъл период, който продължава до 1971 г. Между 1972 и 1989 г., е очертано слабо изразено захлаждане. След 1990 г. средната от 1961 до 1990 г., е надхвърлена отново, като до края на изследването графиката очертава добре изразен топъл период. През този последен етап, по-голямата част от средните годишните температури са разположени стабилно над предходната климатична норма.

В Таблица 3 са представени резултатите от изследването чрез метода на линейна регресия. Разкрити са тенденциите в изменението на температурите на въздуха, за периода от 1996 до 2025 г., като са посочени и статистически значимите резултати. Положителни тенденции в изменението на температурите на въздуха са установени през всички месеци, с изключение на месец май, където те са отрицателни. Положителни са тенденциите и при средногодишните температурни стойности. Коефициентите на корелация показват умерени положителни връзки между температурните изменения и изследвания период за месеците юли, август и декември ($0,3 \leq r \leq 0,5$), значителни положителни за месец септември ($0,5 \leq r \leq 0,7$) и високи за средногодишните стойности ($0,7 \leq r \leq 0,9$). Измененията в средните температури (1996-2025 г.) за юли, август, септември и декември, както и средногодишните показатели, са статистически значими (при ниво $p < 0,05$).

Изследване на многогодишните колебания на средните месечни и годишни температури на въздуха в района на град Сандански

Таблица 3. Тенденции в средните месечни и годишни температури на въздуха за периода от 1996 до 2025 г.

Table 3. Trends in the mean monthly and annual air temperature for the period 1996–2025

Сандански (204 m)	уравнения на тренда	(r)	(r ²)
I	$y = 0,0543x - 105,925$	0,22	0,05
II	$y = 0,0858x - 166,47$	0,34	0,11
III	$y = 0,0586x - 108,26$	0,30	0,09
IV	$y = 0,0412x - 69,013$	0,21	0,04
V	$y = -0,0284x + 76,077$	0,20	0,04
VI	$y = 0,0259x - 28,488$	0,15	0,02
VII	$y = 0,0657x - 105,58$	0,40	0,16
VIII	$y = 0,0643x - 103,11$	0,43	0,18
IX	$y = 0,0882x - 156,33$	0,54	0,29
X	$y = 0,0254x - 36,228$	0,12	0,02
XI	$y = 0,07x - 131,16$	0,34	0,12
XII	$y = 0,0556x - 96,93$	0,46	0,21
Ср. год.	$y = 0,0521x - 90,013$	0,75	0,56

* Статистически значимите резултати са в **червен** цвят.

Графичното представяне на средногодишните температури на въздуха за периода 1996–2025 г. (Фигура 2) потвърждава резултатите от линейния анализ на тренда, направен в Таблица 3. Наблюдава се ясно изразена възходяща тенденция на средногодишната температура, а коефициентът на корелация ($r = 0,75$) показва силна положителна връзка между температурата и времето. От фигурата се вижда още, че след около 2010 г. средногодишните температури са предимно над климатичната норма за периода 1961–1990 г., като най-високи стойности се наблюдават в края на изследвания период, което потвърждава засилващата се тенденция към затопляне в района на Сандански.



Фиг. 2. Тенденции в средните годишни температури на въздуха (1996 до 2025 г.)

Fig. 2. Trends in the annual mean air temperature for the period 1996–2025.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените изследвания и анализ на данните за изменението на температурите в района на гр. Сандански за периода 1931–2025 г. могат да се направят следните съществени изводи:

- средногодишната температура на въздуха (1931–2025 г.) е 14,2°C;
- средната температура през основния изследван период е с 0,5°C по-висока спрямо периода от 1961 до 1990 г.;
- за съвременния период 1996–2025 г. се установява по-изразено повишаване на температурите, като средногодишната стойност достига 14,8°C, което представлява увеличение от +1,1°C спрямо периода 1961–1990 г.;
- Най-значителни положителни отклонения на средните месечни температури през периода 1996–2025 г. се наблюдават за месеците юли (+2,1°C) и август (+2,3°C).

Анализът на десетгодишните пълзящи средни разкрива последователност от температурни фази при средните годишни стойности, очертаващи леко затопляне (1944 и 1971 г.), последвано от слабо захлаждане от 1972 до 1989 г. От 1990 г. до края на изследването, се очертава ясно изразена тенденция към затопляне.

Резултатите от анализа на тренда, за периода 1996–2025 г., показват положителни тенденции в изменението на температурата за повечето месеци и при средногодишните стойности, като статистически значими са измененията за юли, август, септември и декември, както и за средните годишни температури.

Установените температурни изменения са в съответствие с наблюдаваните тенденции на регионално и глобално ниво и потвърждават засилващото се влияние на съвременните климатични промени върху температурния режим в Югозападна България.

ЛИТЕРАТУРА

- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva, E., Moisselin, J.-M. (2004) Climate variability and change in Bulgaria during the 20th century, *Theoretical and Applied Climatology*, 79, 133–149, doi:10.1007/s00704-004-0073-4.
- Bărbulescu, A., Postolache, F. (2023) Are the Regional Precipitation and Temperature Series Correlated? Case Study from Dobrogea, Romania, *Hydrology*, 10(5), 109, doi:10.3390/hydrology10050109.
- Clark, J. S., Yiridoe, E. K., Burns, N. D., Astatkie, T. (2000) Regional Climate Change: Trend Analysis of Temperature and Precipitation Series at Selected Canadian Sites, *Canadian Journal of Agricultural Economics / Revue canadienne d'agroeconomie*, 48(1), 27–38, doi:10.1111/j.1744-7976.2000.tb00263.x.
- Fan, X., Duan, Q., Shen, C., Wu, Y., Xing, C. (2022) Evaluation of historical CMIP6 model simulations and future projections of temperature over the Pan-Third Pole region,

- Environmental Science and Pollution Research, 29(18), 26214–26229, doi:10.1007/s11356-021-17474-7.
- Giorgi, F. (2019) Thirty years of regional climate modeling: Where are we and where are we going next?, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(11), 5696–5723, doi:10.1029/2018JD030094.
- Grunewald, K., Scheithauer, J., Monget, J. M., Brown, D. (2009) Characterisation of contemporary local climate change in the mountains of southwest Bulgaria, *Climatic Change*, 95(3–4), 535–549, doi:10.1007/s10584-008-9508-8.
- IPCC (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Lee, H., Romero, J. (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- Jones, P. D., Moberg, A. (2003) Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update to 2001, *Journal of Climate*, 16(2), 206–223, doi:10.1175/1520-0442(2003)016<0206:HALSSA>2.0.CO;2., *Journal of Climate*, 16, 206–223.
- Judd, E. J., Tierney, J. E., Lunt, D. J., Montañez, I. P., Huber, B. T., Wing, S. L., Valdes, P. J. (2024) A 485-million-year history of Earth's surface temperature, *Science*, 385(6715), eadk3705, doi:10.1126/science.adk3705.
- Lai, Y., Dzombak, D. A. (2019) Use of Historical Data to Assess Regional Climate Change, *Journal of Climate*, 32(14), 4299–4320, doi:10.1175/JCLI-D-18-0630.1.
- Nikolova, N., Alieva, G., Voislavova, I. (2012) Drought periods in non-mountainous part of South Bulgaria on the background of climate change, *Geographica Pannonica*, 16(1), 18–25, doi:10.5937/GeoPan1201018N.
- O'Reilly, C., Befort, D., Weisheimer, A., Woollings, T., Ballinger, A., Hegerl, G. (2021) Projections of Northern Hemisphere extratropical climate underestimate internal variability and associated uncertainty, *Communications Earth & Environment*, 2, 194, doi:10.1038/s43247-021-00268-7.
- Sutton, R., Suckling, E., Hawkins, E. (2015) What does global mean temperature tell us about local climate?, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2054), 20140426, doi:10.1098/rsta.2014.0426.
- StatsKingdom (2025) Kolmogorov-Smirnov Test Calculator. Available at: <https://www.statskingdom.com/kolmogorov-smirnov-test-calculator.html> (Accessed: 2025)
- Stoyanova, R., Nikolova, N. (2022) Meteorological drought in southwest Bulgaria during the period 1961–2020, *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 72(3), 243–255, doi:10.2298/IJGI2203243S.
- Бекилска, Б. (1998) Многогодишни колебания в континенталността на климата в България В: Международна научна конференция „100 години география в Софийски университет“: Сборник статии. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 11–17.
- Владев, Д. (2004) Отклоненията от вековите норми на валежите и температурите в България през последното столетие, *Проблеми на географията*, 1–2, 24–33
- Колева, Ек. (1987) Многогодишни колебания в хода на температурата на въздуха и валежите в България. *Проблеми на метеорологията и хидрологията*, кн. 2, 27–40.
- Маринова, Т., Бочева, Л. (ред.) (2023) Промениящият се климат на България – данни и анализи, Национален институт по метеорология и хидрология, София, ISBN 978-954-90537-3-9.

- Мартинов, М., Богачев, А. (1978) Особенности в режима на температурата в София през 20-то столетие, *Хидрология и метеорология*, 27(1), 32–39.
- Мишев, Г., Цветков, С. (2008) *Статистика за икономисти*, Университетско издателство „Стопанство“, 299 с.
- Николова, Н. (2018) *Методи за изследване на климата. Първа част*. Изд. Авангард Прима, София, 154 с., ISBN 978-619-239-055-6.
- Сираков, Д. (1981) *Статистически методи в метеорологията*. София. Изд. Наука и изкуство, 265 с.
- Славов, Н., Колева, Ек., Александров, В. (2003) *Климатични особености на засушаването*, В: Раев, И. (ред.) *Засушаването в България – съвременен аналог за климатични промени: природни, икономически и социални измерения на засушаването (1982–1994 г.)*. Академично издателство „Проф. Марин Дринов“, София, 50–59. ISBN 954-90896-1-4.
- Топлийски, Д. (1998). *Хронологична структура на индекса на овлажнение по Торнтуейт в България*. В: *Международна научна конференция „100 години география в Софийски университет“*: Сборник статии. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 31–38.