

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА И ЛОКАЛНОТО ЗАТОПЛЯНЕ В АТМОСФЕРАТА НА РАЙОН СТАРА ЗАГОРА

Веселин Ташев<sup>1</sup>, Ролф Вернер<sup>1</sup>, Ангел Манев<sup>1</sup>, Мариана Горанова<sup>2</sup>, Ана Шишкова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление

<sup>3</sup>НИМХ

e-mail: veselinlt@abv.bg;

**Ключови думи:** Температура на въздуха, слънчева енергия, метеорологични измервания.

**Резюме:** Температурата на атмосферата се определя от разликата на количеството топлина, която загрява въздуха и количеството топлина, която се отнема и охлажда въздуха. В настоящата разработка се изследва температурната динамиката без да се има в предвид приноса на отделните фактори. За да се проследи изменението на температурата се използват данните, получени от сензорите на метеорологична станция Vantage Pro 2 Plus. Събраните данни от сензорите са обработени, осреднени и подредени по часове, дни, месеци и години. Получените резултати са оформени в графичен и табличен вид. Целта на изследването е да се проследи доколко голяма е повторемостта на температурните стойности през различните периоди. Наблюдението е извършено за региона на Стара Загора.

## RESEARCH OF TEMPERATURE AND LOCAL WARMING IN THE ATMOSPHERE OF STARA ZAGORA REGION

Veselin Tashev<sup>1</sup>, Rolf Werner<sup>1</sup>, Angel Manev<sup>1</sup>, Mariana Goranova<sup>2</sup>, Ana Shishkova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control

<sup>3</sup>НИМХ

e-mail: veselilt@abv.bg

**Keywords:** Air Temperature, solar energy, measurement of meteorological parameters

**Abstract :** The temperature of the atmosphere is determined by the difference of the amount of heat which heats the air and the amount of heat which cools the air. In this development is examined the thermal dynamics without taking into account the contributions of the individual factors. To trace the temperature variation using data obtained from sensors on weather station Vantage Pro 2 Plus. The data collected from the sensors are processed, averaged and ranked by hours, days, months and years. The results obtained are shaped in graphical and tabular form. The purpose of the study is to trace how big is a repetition in different periods. Monitoring is performed in the region of Stara Zagora.

### 1. Въведение

Когато количеството топлина, което загрява въздуха е по-голямо от количеството топлина, което охлажда въздуха, температурата на атмосферата се покачва и обратно. Топлината, която загрява въздуха зависи от температурата на земната повърхност и от погълнатата слънчева радиация. Топлината, която охлажда въздуха зависи от адиабатното изстиване, излъчване на топлина и предаване на топлина при контакт с по-студена повърхност. Съвременните методи за измерване на температура изискват отчитането да става на колкото може по-кратки периоди. След това тези измервания се осредняват за по-дълги периоди. Поради тази причина измерванията са извършени на всеки 15 минути. Натрупаните и обработени данни за 7 години са в размер на около 245 000 записа.

## 2. Теория и изследване на температурната динамика

Известно е, че слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през летните месеци отколкото през зимните. Това се отнася и за дневните периоди. Слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през дневния период отколкото през през нощния. Логично е да се очаква, че именно тези фактори ще определят динамиката на температурата на атмосферата през съответните периоди. В този смисъл са проследени промените на температурата в дневни, месечни и годишни цикли.

Температурата на атмосферата зависи от действителното количество топлина погълната от въздуха. Действителното количество топлина се определя като разлика между топлината, която нагрява въздуха и топлината, която охлажда въздуха.

### 2.1. Основните фактори за предаване на топлината от почвата на въздуха са:

-Топлинна конвекция — представлява термически обусловен вертикален обмен на въздуха. В досег с нагрятата повърхност на земята, въздухът се затопля, става по-лек и се издига нагоре. На негово място странично идва нов по-тежък и по-хладен въздух, който също се нагрява и т.н.

-Топлинна адвекция — представлява хоризонтално движение на въздушни маси, при което в нашите географски ширини става пренос на топлина от субтропика.

-Турбулентност — представлява безпорядъчни вихрови движения на въздуха в различни посоки вътре в общото въздушно течение. В зависимост от пораздащите я причини тя бива динамична и термична:

- Динамичната турбулентност възниква от триенето на въздуха със земната повърхност и от обтичането на въздушния поток по неравностите (дървета, храсти, хълмове, сгради и др.). Тя е по-силно изразена в пресечени местности.

- Термичната турбулентност възниква от нееднородното нагряване на отделни места от повърхността — различия в цвета и влажността на почвата, различия в изложението и т.н. При това се проявява температурна нееднородност на въздуха — над по-нагreti повърхности той се издига по-високо и обратно. По този начин в непосредствена близост възникват възходящи и низходящи въздушни струи, които предизвикват характерно трептене на въздуха (забелязват се при слънчево време над асфалтови пътища, угари и т.н.).

-Излъчването на земната повърхност също допринася за нагряването на въздуха. Атмосферата е слабо прозрачна за дълговълновата радиация и поглъща значителна част от нея.

-Изпарението и по-точно водните пари, които попадат в атмосферата, също са източник на скрита топлина, която се освобождава при кондензацията на водните пари и отива за нагряване на въздуха.

### 2.2 Изстиването на въздуха става по няколко причини. Основните фактори за отнемане на топлината от въздуха са:

-Адиабатното изстиване е основна причина. С издигане на въздуха на височина той попада в условия на по-ниско атмосферно налягане и се разширява. Разширяването на въздуха става за сметка на съдържащата се в него топлинна енергия.

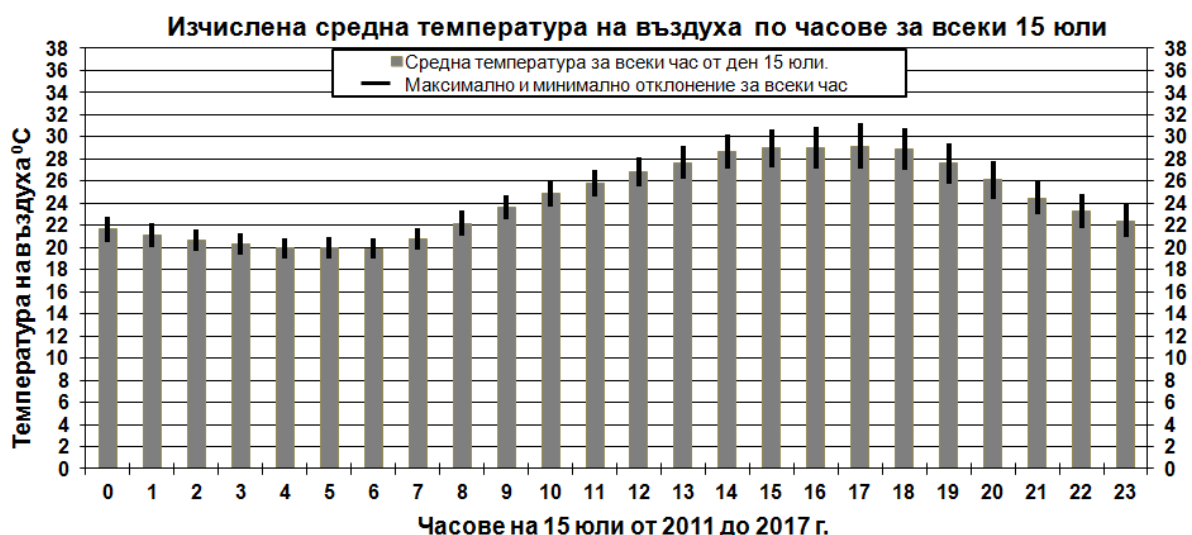
-Други, по-маловажни, причини са:

- Излъчване на топлина;
- Предаване на топлина при съприкосновение с по-студена повърхност.

## 3. Изследване на дневния ход на температурата

На фиг. 1 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата на атмосферата за всеки час, а с черни линии минималните и максимални отклонения от тези стойности. Те са измерени за всеки час на всеки 15 юли в продължение на 7 години. Средата на месец Юли, т. е. 15 Юли е избран, защото статистически температурите са най-високи.

На тази графика ясно се вижда, че средните температури са най-високи от 15 до 18 часа с максимална динамика, а най-ниска от 4 до 6 часа с минимална динамика. В същото време слънчевата радиация е най-висока от 11 до 14 часа, а през нощта е практически нула. Това фазово отместване от 4-5 часа между двата екстремума се дължи на времето необходимо на слънцето да загрее земята, а тя от своя страна въздуха. С този факт се потвърждава теорията, че земята е основния фактор за загряване на атмосферата, а слънчевата радиация вторичен.

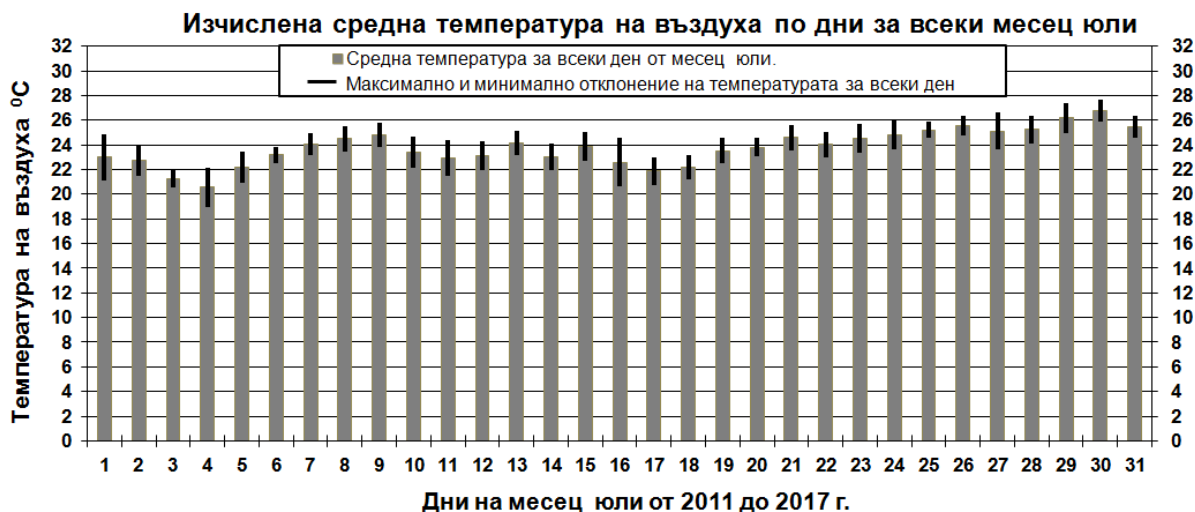


Фиг. 1. Средна температура измерена за всеки час на 15 юли 2011-2017 г.

В обществото, обаче съществува мнение, че температурите са най-високи по обяд между 12 и 15 часа. Това мнение е погрешно и хората, които имат здравословни проблеми трябва да се съобразят с научните изследвания.

От графиката се вижда и другият безспорен факт, че температурната динамика е най-висока в часовете от 15:00 часа до 18:00 часа, а най – малка от 4:00 часа до 6:00 часа. Следователно – когато температурата е най-висока, тогава и промяната в нейните стойности е най-голяма. Обратно - когато температурата е най-ниска, тогава и промяната в нейните стойности е най-малка.

На фиг. 2 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата за всеки ден от месеците юли в продължение на 7 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии.

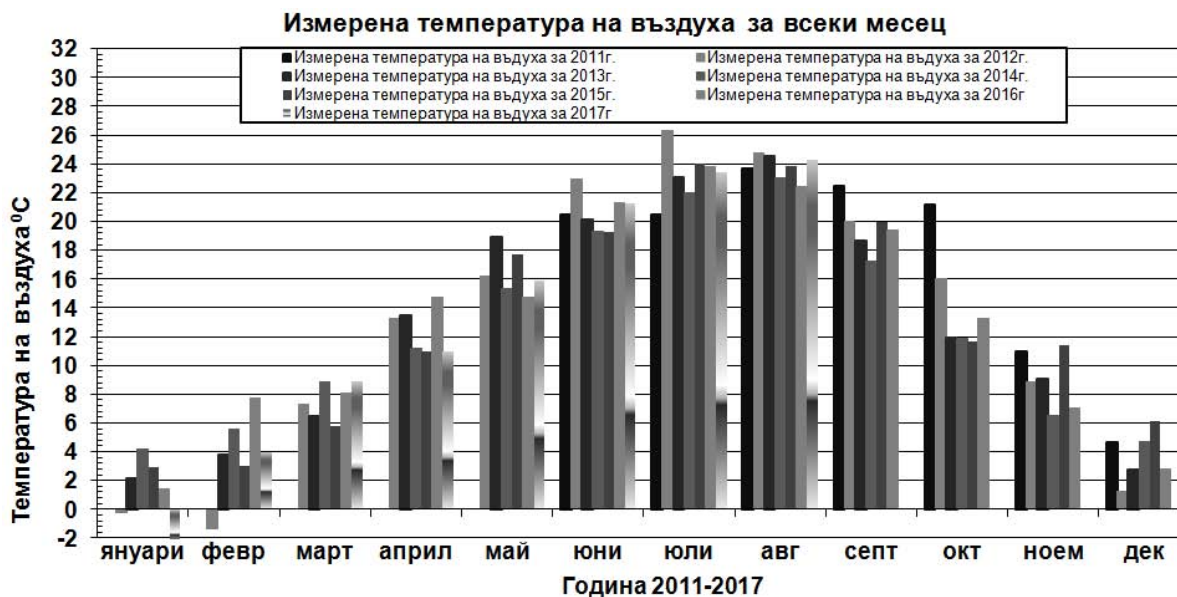


Фиг. 2. Средна температура измерена за всеки ден от Юли от 2011 до 2017 г.

На тази графика ясно се вижда, че динамичните промени са много по-малки от тези за всеки час, тъй като се получава усредняване в рамките на всеки един ден. Освен това наблюдаваме, че максимумите и минимумите на средните температури имат статистически порядък. Това се дължи на прякото и непряко въздействие на слънчевата радиация, която пък зависи от наличието на прах, влага, газови съставки и други компоненти в състава на атмосферата. Към казаното дотук трябва да се добави и факта, че фазовото отместване между максимумите и минимумите съответно на слънчевата радиация и температурата са минимални. От това пък следва, че средните дневни стойности на температурата в значителна степен зависят от слънчевата радиация и само косвенно от температурата на земята.

#### 4. Изследване на месечния ход на температурата

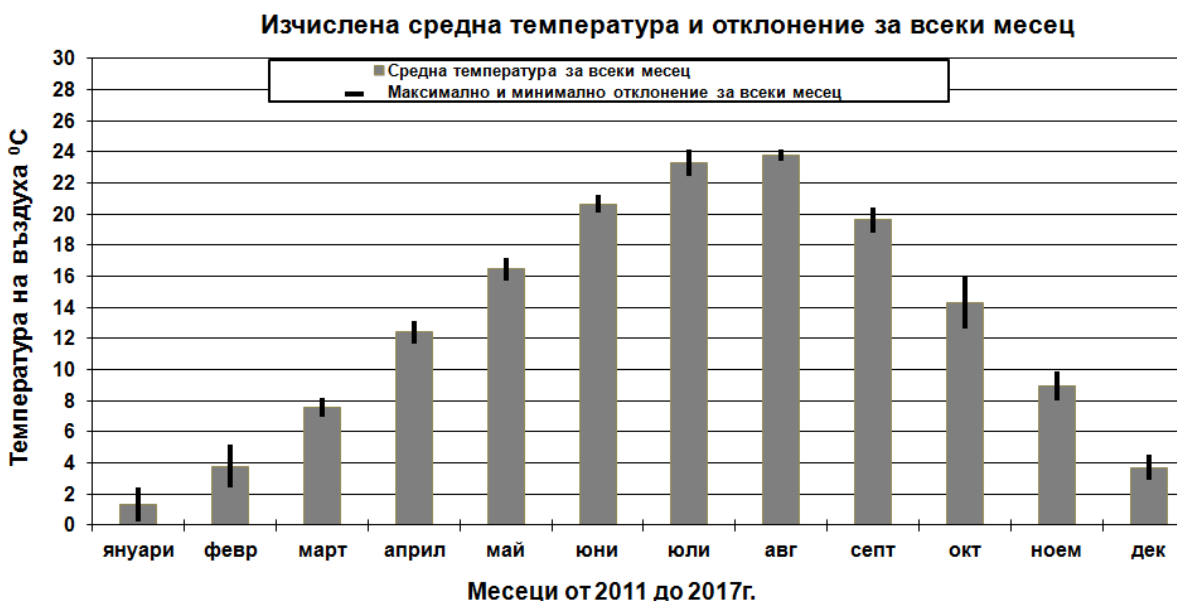
На фиг. 3 са показани измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2017 г.



Фиг. 3. Средно измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2017 г.

За всяка година лентите са оцветени с различен нюанс на черния цвят. От графиката се вижда, че най-високи са температурите през месец юли и август, а най-ниски през месеците януари и февруари. Тук основна роля вече играе количеството на слънчева радиация и съвсем малко земната повърхност. В този случай динамиката на температурата е по-малка от дневната и се дължи на инертността, която внася земната повърхност. С по-голяма динамика се отличават месеците октомври, а с по-малка месеците март на фиг. 3.

На фигура 4 са показани със сиви ленти изчислените средни стойности на температурата за всеки едноименен месец в продължение на 7 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии. Тук още по-ясно се вижда динамиката на температурата за една астрономическа година.

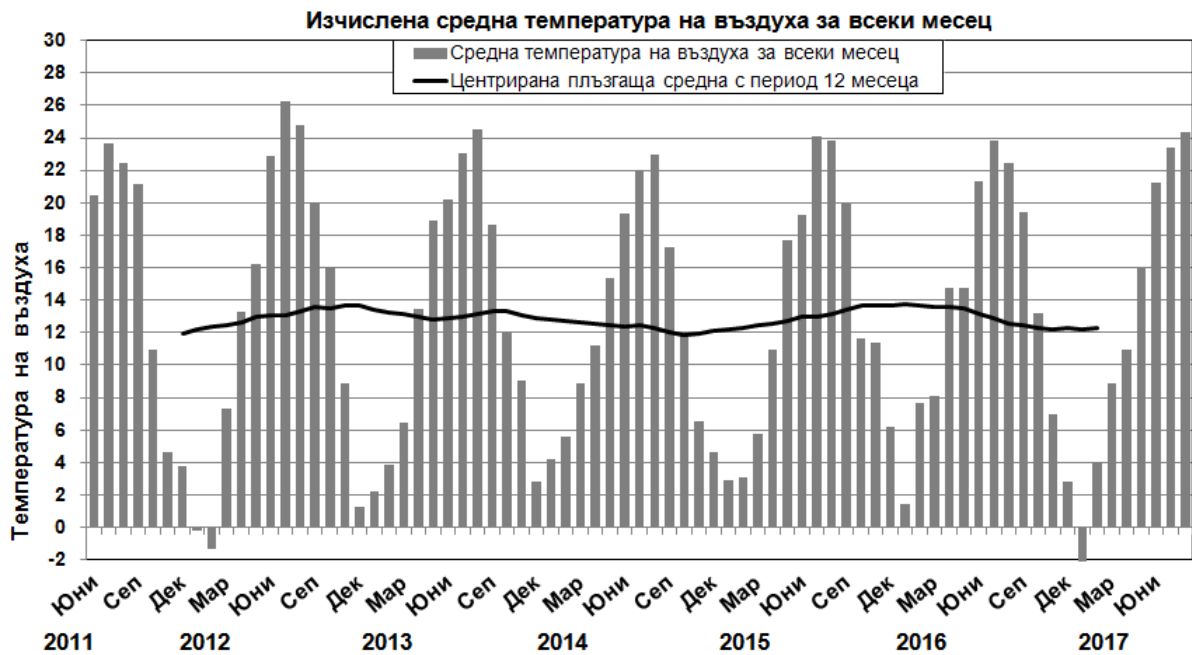


Фиг. 4. Средно изчислена температура за всеки месец

Най-малки са отклоненията през месеците март през седемте години, а най-големи през месеците февруари и октомври. Данните за слънчева радиация показват, че има известни отклонения в динамиката между месеците с най – ниска и месеците с най-висока температура.

Следователно съществуват и други фактори, които оказват влияние върху температурата на въздуха. Определено може да се каже, че тези фактори са същите както при слънчевата радиация, но има и други за които може да се обобщи, че са свързани с движението на въздуха, както споменахме в теоретичната част.

На фиг. 5 са показани центрирана плъзгаща се средна стойност на температурата във вид на черна линия, както и средномесечната температура със сиви ленти.



Фиг. 5. Центрирана плъзгаща средна с период от 12 месеца в продължение на 7 години

Плъзгащата средна е с период от 12 месеца, т.е. съответства на една година в продължение на 7 години. От графиката се вижда, че стойността на плъзгаща средна е почти постоянна и е по-малка от  $2^{\circ}\text{C}$ . Динамиката на годишната средна стойност или плъзгащата средна е много по-малка от месечната и не се наблюдава ясно изразена тенденция за повишение или понижение на температурата. Разбира се това твърдение не може да бъде категорично, защото става въпрос за твърде кратък период от време.

Въпреки, че измерените температури през едноименните месеци си приличат много, има и някои изключения. Например само месеците януари и февруари 2012 година и месец януари 2017 година имат отрицателна средна температура видно както от фиг. 5 така и от таблица 1. Най-големи разлики в температурата на едноименните месеци е през месец февруари  $9,05^{\circ}\text{C}$  и октомври  $9,52^{\circ}\text{C}$ . Същото може да се отбележи и за максималните температури. Например за месец юли 2012 година тя е  $26,29^{\circ}\text{C}$ , а през месец юли 2014 година  $22^{\circ}\text{C}$ , което се равнява на  $4,9^{\circ}\text{C}$  разлика. В същото време годишното отклонение, както отбелязахме е около  $2^{\circ}\text{C}$ . Следователно средно годишните отклонения са значително по-малки от средно месечните на едноименните месеци. Плъзгащата се средна нарочно е избрана с период 12 месеца за да съответства на период от една година. Въпреки, че температурата варира в диапазон от  $2^{\circ}\text{C}$  в рамките на 7 години, то от графиката на фиг.5 се вижда, че от година до следващата година разликата е не повече от  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

В таблица 1 са показани измерените и изчислени средни стойности за всички месеци в периода от Юни 2011г. до Август 2017г. В графа "Максимална разлика" е изчислена разликата между максималната и минималната стойност на температурата за едноименните месеци на този период. Както от графиката на фиг. 4 така и от таблица 1 ясно се вижда месечния ход на температурата на въздуха, Най-висока е температурата през месец август със средна стойност  $23,7^{\circ}\text{C}$ , а най-ниска през месец януари със средна стойност  $1,3^{\circ}\text{C}$ ,

От таблицата се вижда, че месечните стандартни отклонения на температурата се колебаят от  $0,78$  до  $3,41^{\circ}\text{C}$ . Не се наблюдава някаква зависимост на стандартното отклонение от сезона, както е например при слънчевото греене. Най-големи са стандартните отклонения съответно за месец октомври  $3,41^{\circ}\text{C}$  и месец февруари  $2,76^{\circ}\text{C}$ . Най-малко е стандартното отклонение е за месец август съответно  $0,81^{\circ}\text{C}$ . Това отклонение е близо да годишното отклонение. Основната причина за това е инертността на земята, защото въздуха се нагрява предимно от земята и това е главния фактор, който определя температурата на въздуха.

Следователно земята оказва усреднително действие на температурата на въздуха за по-дългосрочните периоди, а за краткосрочни тя е фактора, който определя моментната температура. Освен земята, обаче съществуват и други факторите, които влияят на нагряването на въздуха и имат случаен характер. С течение на времето за по-дълги периоди те взаимно се компенсират и осредняват.

Табл. 1. Разпределение на температурата на въздуха по едноименни месеци

Месец	Янри	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
2011 г. [°C]						20.48	20.48	23.67	22.49	21.17	10.94	4.64
2012г. [°C]	-0.25	-1.36	7.30	13.29	16.23	22.91	26.29	24.76	20.04	16.05	8.83	1.28
2013г. [°C]	2.17	3.82	6.45	13.44	18.93	20.17	23.03	24.50	18.68	11.96	9.05	2.78
2014г. [°C]	4.22	5.59	8.89	11.19	15.37	19.31	21.98	23.00	17.22	11.91	6.54	4.66
2015г. [°C]	2.90	3.04	5.77	10.93	17.67	19.26	24.06	23.82	19.92	11.66	11.39	6.16
2016г. [°C]	1.41	7.70	8.10	14.71	14.71	21.28	23.79	22.41	19.42	13.21	7.01	2.79
2017г. [°C]	-2,54	4	8,88	10,96	15,93	21,24	23,41	24,32				
Средна стойност [°C]	1,32	3,80	7,57	12,42	16,47	20,67	23,29	23,78	19,63	14,33	8,96	3,72
Максимална разлика [°C]	4,47	9,05	3,12	3,78	4,21	3,66	5,8	2,35	5,27	9,52	4,84	4,88
Стандартно Отклонение	2,20	2,76	1,18	1,47	1,42	1,19	1,67	0,78	1,59	3,41	1,80	1,60
Относителен спад [%]	166,45	72,6	15,56	11,81	8,63	5,74	7,16	3,28	8,11	23,78	20,1	43,05

В последния ред на таблицата е изчислен относителния спад. За студения месец януари той е 166,45 %, а за топлия месец август само 3,28 %. Тази значителна стойност на относителния спад за януари се дължи не на промяната в температурата, а на ниската стойност на средната температура. Средната стойност на температурата за месец януари е 1,32 °C, а за месец август 23,78 °C. В този смисъл величината „Относителен спад“ не ни носи информации за промяната на температурата, която е предмет на това изчисление, а за абсолютната средна стойност на температура, което вече е известно.

### 3. Заключение

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху загреването и охлаждане въздуха, респективно върху неговата температурата. От направените изследвания се оказа, че средната температура на атмосферата при краткосрочните периоди, като часове и дни зависи повече от температурата на земята отколкото от слънчевата радиация. При дългосрочните, като месец и година по-силно влияние оказва слънчевата радиация отколкото температурата на земята. Това се дължи на факта, че слънчевата радиация загрева първо земята, а тя от своя страна атмосферата. Другият важен извод е, че средната годишна температура се променя много слабо и не се наблюдава тенденция за трайно повишение или понижение.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната температура в дългосрочен план за определен географски регион, както и очакваните температурните промени.

### Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus*. Reference. Guide.
2. Събев, Л., Св. Станев, 1963, Климатичните райони на България и техният климат, Земиздат, София.
3. Димитров, Д., 1979, Климатология на България, Наука и изкуство, София.
4. Лингова, С., 1981, Радиационен и светлинен режим на България, Изд. на БАН, София.
5. Векилка, Б., 2004, Обща климатология, Унив. изд., София.
6. Велев, Ст., 1990, Климатът на България, Народна просвета, София.
7. Такучев, Н. 2003, Климатология, Хидрология и Агриметеорология, Изд. "Шибилев" Ст. Загора.