

**МЕТОДОЛОГИЈА ОДРЕЂИВАЊА ПРАГОВА ЗА ЕКСТРЕМНЕ
ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У ИСТОЧНОЈ СРБИЈИ НА ПРИМЕРУ
ЈАНУАРА И ЈУЛА МЕСЕЦА У НЕГОТИНУ**

Садржај: Човеков живот и активности су прилагођени нормалним климатским условима у одговарајућем делу света. Због тога свако одступање у интензитету, учесталости или просторној распрострањености климатских појава много од нормале представља ванредну ситуацију и може имати неповољне последице. За такве појаве се каже да су екстремне. У раду су дефинисане екстремне температурне појаве и разрађена је методологија за њихово откривање на примеру града Неготина на истоку Србије.

Кључне речи: екстремне појаве, температура, прагови, Неготин, источна Србија.

Abstract: The human life and the most of human activities are adapted to the normal climatic conditions everywhere in the world. Therefore any deviation in intensity, frequency or spatial distribution of climatic events is considered as extraordinary climatic phenomenon which could cause unpleasant consequences. These events are known as extreme phenomenon. In this paper are formulated extreme air temperature events and methodology for identification is considered on example of town Negotin in eastern part of Serbia.

Key words: extremely phenomenon, temperature, thresholds, Negotin, Eastn Serbia.

Увод

Крајем прошлог века промене климе су постале једна од најважнијих тема светске јавности а научници и политичари из целог света почели су да посвећују посебну пажњу овом проблему. Дошло се до процена да ће последице климатских промена бити посебно изражене у веома честом јављању **екстремних климатских појава** у готово свим деловима света. Чак су се појавила мишљења да ће ове појаве имати такав интензитет и честину јављања да ће превазићи могућност и способност људског друштва и природне средине да се прилагоде њиховим последицама. Иако овакве ставове треба узети са резервом постало је веома важно *формулисати општу стратегију, дефиниције, класификације и критеријуме за идентификовање екстремних климатских појава у различитим географским областима*. Полазећи од чињенице да су људски живот и највећи број људских активности прилагођени нормалним климатским условима у одговарајућем делу света долази се до закључка да свако одступање у интензитету, учесталости или просторној распрострањености климатских појава много од нормале може бити **неповољно** и представљати екстремне појаве. Свака од њих се може идентификовати помоћу *статистичких прагова* као физичких параметара.

* **Мр Горан Анђелковић**, асистент, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

Температура ваздуха као неповољна климатска појава

Неповољне климатске појаве везане за температуру ваздуха су на првом месту. Ако не због свог директног онда сигурно индиректног значаја који је огроман знајући какав је њихов утицај на остале климатске елементе. А колики значај човек данас придаје неповољним температурним условима јасно је ако се има у виду колико се често у јавности говори о глобалном загревању. Осим тога, на овај проблем је стављен посебан акценат у међународним научним институцијама и програмима истраживања (WMO, UNEP, IPCC и др.).

Климатолози су често принуђени да различите временске појаве и климатске вредности окарактеришу речима, односно није довољно само изношење бројевних вредности у таблицама. Посебно је код различитих примењеноклиматолошких извештаја неопходно објашњење бројева. На пример, није довољно рећи да је 2005. године просечна температура у марту износила 5,2 °C јер се та вредност, у истој години, мења од места до места, и може се знатно разликовати од прошлогодишње или од нормалне вредности температуре и у истом месецу и у истом месту. То је разлог што је корисницима и обичним људима неопходно речима дати одређено обележје за вредност температуре ваздуха или неког другог климатског елемента. И тако се у одређеним извештајима наводе квалификације „нижа од нормалне“, „знатно нижа од просечне“ или „скоро уобичајена“ итд. Али све су то само мишљења оних који подносе извештај. При томе се не узима у обзир нека научно одређена и прецизна граница. Осим тога, просечне вредности климатских елемената нису ни близу довољне за опште обележје неповољних климатских услова. Важне су њихове екстремне вредности. На овакве проблеме указивао је још Павле Вујевић (Вујевић П., 1956). До данас није много урађено на њиховом решавању.

Најбитнији задатак је дефинисати неповољне температурне појаве, а после тога одредити критеријуме за њихово издвајање. Овде је тај поступак разрађен на примеру екстремних месеци, јануара и јула, у последњих 10 година (1996-2005) у Неготину. На тај начин добијене су „данашње“ величине прагова за екстремне температурне појаве. То нам омогућава да препознајемо савремене неповољне температурне услове у долинским областима источне Србије.

Сагласно природи климатских елемената и појава њихове екстремне вредности се могу класификовати као:

- 1) континуирани климатски елементи који постају неповољни када достигну екстремне вредности,
- 2) климатске појаве које се јављају повремено и постају неповољне када њихов интензитет пређе одређени праг и
- 3) климатске појаве које су увек неповољне када се јаве.

Појаве везане за температуру ваздуха које производе неповољне утицаје, сходно природи температуре ваздуха као климатског елемента, спадају у прву групу. Оне скоро никад немају директно разорно дејство на материјална добра, али у извесним случајевима могу директно угрожавати људске животе. Ове неповољне климатске појаве могле би се означити као **ванредне**, сагласно нивоу њихове штетности (деструктивности). Остаје сада да се одреди које су то појаве. Строго научно посматрано ту се могу убројати:

- 1) температура ваздуха *знатно изнад* нормалне (екстремни максимум),
- 2) температура ваздуха *знатно испод* нормалне (екстремни минимум),
- 3) међудневни раст максималних температура ваздуха *знатно преко* нормалног (екстремни раст),
- 4) међудневни пад минималних температура ваздуха *знатно преко* нормалног (екстремни пад).

Највише и најниже температуре ваздуха које су се у неком месту јавиле током одређеног временског периода, екстремне температуре (максималне и минималне), имају значај какав није потребно посебно истицати. За екстремне температуре ваздуха везано је неколико параметара (средњих и апсолутних вредности), али нису сви подједнако битни за човеково здравље и његове активности. За истраживање неповољних климатских појава важне су вредности знатно изнад, односно знатно испод нормалних.

Температурне промене у кратком временском интервалу често доводе до низа штетних последица. Тако, на пример, нагли пораст температуре понекад доводи до топлотног удара, тегоба код хроничних болесника, смањења ефикасности рада људи, низа механичких и електронских система итд. Нагли пад температуре се такође манифестује неповољно на здравље људи и њихове активности, јер свака већа промена температуре захтева напор организма за адаптацију на нове услове средине.

Примена ове класификације, одговарајућих дефиниција и критеријума за идентификацију, све у свему методологије комплексног научног испитивања, на климатске прилике источне Србије је нарочито захвална имајући у виду чињеницу да је то најконтиненталнији део наше земље. То значи да би у њему требало очекивати и екстремне температурне прилике. Неготин представља место са главном метеоролошком станицом (синоптичком) које је у том делу Србије највише изложено утицају континенталних ваздушних маса. Последица тога је да у Неготину владају најоштрије температурне прилике у односу на сва остала долинска места (Ракићевић Т., 1976). Јануар је наравно најхладнији, а јули најтоплији месец у току године; њихове средње температуре су најизраженије у источној Србији па је ту највеће периодско годишње колебање температуре (у климатском периоду 1961-1990. година оно је износило 23,2 °C). Основни показатељи температурних прилика у овом месту се могу видети у табели 1. У контексту савремених климатских промена се, ипак, поред појачања екстрема примећује да „цела Неготинска крајина полако губи континенталне климатске одлике“ (Живковић Љ., Живковић Н., Јанић-Сирићански М.; 2005).

Табела 1. Основни показатељи температурних прилика у Неготину (1961-1990 година) (РХМЗС)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Ср.макс.	2,3	4,9	10,6	17,6	22,8	26,2	28,5	28,2	24,5	17,6	9,9	4,5	16,5
Ср.мин.	-4,5	-2,4	1,0	6,1	10,9	14,1	15,5	14,7	11,2	5,8	1,9	-1,9	6,0
Апс.макс.	18,1	22,4	26,8	30,6	35,6	35,6	41,2	37,4	37,7	31,2	25,6	20,6	41,2
Апс.мин.	-28,5	-25,6	-19,0	-4,2	1,0	4,5	8,4	5,6	-3,6	-7,6	-13,7	-22,0	-28,5
Просек	-1,1	1,1	5,5	11,8	16,9	20,2	22,1	21,2	17,3	11,0	5,7	1,3	11,1

Истраживање ванредних климатских појава треба вршити у целој години јер су оне штетне било када да се јаве. Нарочито је то значајно урадити пошто оне нису до сада детаљније проучаване. Због тога би било потребно да се утврди постоје ли значајније разлике између појединих месеци и да ли је изражен годишњи ток тих појава. Да би се то могло сазнати потребно је да се формирају низови параметара климатских елемената који се прво сви прецизно дефинишу, а тек онда подвргну научном испитивању. У недостатку података поступак би се могао извести на средишним месецима сезона (јануар, април, јул и октобар). Ипак, и у том случају је потребно располагати огромним фондом података. Зато је овог пута методологија за испитивање ванредних температурних појава примењена само на репрезентативне месеце хладне и топле половине године (јануар и јули) и то не за последњи нормални климатски период него за последњих десет година (1996-2005). Иако тај период није дуг толико да би потпуно могао да задовољи све критеријуме статистичких испитивања, утолико је значајнији јер тачније осликава тренутне климатске услове.

Методологија израчунавања прагова

Распоред фреквенција статистичког скупа (низа података) приказаних у координатном систему може имати различит облик криве линије – криве расподеле. Идеални случај расподеле честина показује нормална или Гаусова расподела. У низу статистичких расподела нормална расподела је једна од најчешће коришћених. За случајну променљиву X каже се да има нормалну расподелу ако је њена густина дата функцијом:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{\pi}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\},$$

за

$$-\infty < x < +\infty.$$

Овде су μ и σ параметри расподеле, односно μ представља средњу вредност, σ стандардну девијацију, а σ^2 дисперсију (варијансу) расподеле.

График густине $f(x)$ једначине има облик звона и представља идеалан случај под претпоставком да су одступања или девијације (d) независне једна од других. Крива расподеле је потпуно симетрична са највећом густином у средишту ($d=0$), а лево и десно одатле има једнаке вредности ($-d$) и ($+d$).

Овом приликом треба посебно истаћи неке карактеристике нормалне расподеле, које ће касније бити коришћене за испитивање модела расподеле низова температуре ваздуха. Полази се од тога да је збир свих одступања (d) вредности појединих обележја од аритметичке средине једнак је нули:

$$\sum_{i=1}^n d_i = 0.$$

Најзначајнија карактеристика Гаусове расподеле је да су средња вредност (μ) модус (M_0) и медијана (M_e) једнаки:

$$\mu = M_0 = M_e.$$

Овде ћемо подсетити да модус представља вредност са највећом фреквенцијом у датој серији или узорку. Медијана је средишња вредност серије, односно број чланова серије чији су подаци сређени по величини од најмање до највеће вредности, са једне и са друге стране медијане је једнак. Одступања не би смела да буду већа од 5%.

Облик криве расподеле је одређен односом ова три параметра. Њен облик показују и коефицијенти асиметрије (α_3) и спљоштености (α_4). Међутим, они служе за детаљније испитивање нормалне расподеле. Теорема Корниа представља начин за проверу да ли се неки климатски елемент повинује Гаусовој расподели. По тој теорему двоструки коефицијент (количник) између квадрата стандардне девијације (σ) и квадрата средњег одступања (променљивости - d) је једнак Лудолфовом броју (π) када одређени низ података има нормалну криву расподеле. И овде одступања не би смела да буду већа од 5%.

$$\frac{2\sigma^2}{d^2} = \pi.$$

Испуњавање услова из теореме Корниа је нужан али не и довољан услов нормалне расподеле. Да би се то потврдило треба наћи колики је број девијација које

су по апсолутној вредности мање од σ . То се ради пребројавањем података који се налазе у интервалу $\mu \pm \sigma$ (налазе се између разлике и збира аритметичке средине и стандардне девијације). Наиме, по Гаусовом закону нормалне расподеле унутар интервала $\mu \pm \sigma$ лежи 68,27 % свих података, унутар интервала $\mu \pm 2\sigma$ лежи 95,45 % свих података, а у границама $\mu \pm 3\sigma$ чак 99,73 % података. Да би низ испуњавао критеријум нормалне расподеле број података у поменутом интервалу, значи, треба да буде већи од две трећине укупног броја података у испитиваном низу. У овом раду су извршене ове три главне провере за тип расподеле, а као услов је узето да сва одступања не буду већа од 5%.

Узима се да више климатских елемената имају статистичку расподелу блиску нормалној: температура ваздуха, ваздушни притисак итд. Приликом анализе расподела тих климатских елемената неопходно је да се утврди колико стварне њихове расподеле одступају од идеалне, односно теоријске расподеле. Ако је крива честине у виду звона, било симетрична или несиметрична, може се приступити израчунавању прагова по предвиђеној методологији, која је доле наведена, али ако има неки други облик та методологија није добра да опише право стање ствари.

Када се утврди да нивои података неких климатских елемената „прилично одговарају“ Гаусовом закону примењује се класификација вредности климатских елемената коју је поставио Чепмен (Chapman E. H., 1919). Она на основу тачно одређених бројевних вредности описује „степен нормалности“ неког елемента у климатологији. При томе се за нормалне узимају вредности које леже унутар интервала $\mu \pm \sigma$. Даље се, као што је доле приказано врши сврставање у класе које су ограничене вредношћу стандардне девијације (таб. 2). Тако се од нагађања и неодређености прелази на квантитативно одређење климатолошких појава.

Табела 2. Класификација климатских појава према степену „нормалности“ (модификована Чепменова скала)

Класе	Климатске одлике	Температурне одлике
испод $\mu - 3\sigma$	екстремно субнормалне	изузетно хладно
од $\mu - 2\sigma$ до $\mu - 3\sigma$	врло субнормалне	врло хладно
од $\mu - \sigma$ до $\mu - 2\sigma$	субнормалне	хладно
интервал $\mu \pm \sigma$	нормалне	нормално
од $\mu + \sigma$ до $\mu + 2\sigma$	изнад нормалних	топло
од $\mu + 2\sigma$ до $\mu + 3\sigma$	много изнад нормалних	врло топло
изнад $\mu + 3\sigma$	екстремно изнад нормалних	изузетно топло

Вујевић (Вујевић П., 1956) истиче да је боље да се поменуте класе издвајају на основу вредности вероватне девијације (r), која представља $0,6745 \sigma$, па су такви интервали ужи за трећину од оних код стандардне девијације и да границе таквих класа боље одговарају општем осећању човека. Међутим, тада се границе за екстремно неповољне појаве знатно проширују, што не би добро описивало данашње климатске услове било које географске области на Земљи (имајући у виду савремене трендове климатских промена, тј. појачање екстрема). Ово је прихваћено у најновијим уџбеницима климатологије широм света: у њима се наглашава да се баш стандардна девијација користи за описивање абнормалних климатских услова (нпр. Oliver J. E., Hidore J. J.; 2002).

Када се све ово зна могу се израчунати границе, односно прагови честина - или вероватноћа појаве одређених вредности неког климатског елемента (овде температуре ваздуха). Узећемо да вредности климатског елемента које се налазе знатно или много испод нормалних (испод $\mu - 2\sigma$) и знатно или много изнад нормале (изнад $\mu + 2\sigma$) представљају **неповољну климатску појаву**. Сада треба узети у обзир

правило нормалне расподеле по коме је вероватноћа $p_2 = 0,9545$ (тзв. 2σ правило), тј. ван интервала $\mu \pm 2\sigma$ се налази $100\% - 95,45\% = 4,55\%$ података, што је $2,275\%$ на сваком крају распореда (са обе стране најчешће вредности у низу). У овом случају истраживања екстремних температурних прилика (дневних) то су *врло хладни* и *врло топли услови* (дани) као ванредне појаве.

Одређивање прагова екстремних вредности температуре ваздуха

Досадашња истраживања (Вујевић П., 1956; Радиновић Ђ., 1990) показала су да екстремне вредности температуре ваздуха мерене у метеоролошком заклону имају нормалну расподелу. Међутим, особености те расподеле нису детаљније истраживане. Због тога се мора прво утврдити колико стварне њихове расподеле одступају од идеалне, односно теоријске расподеле, па тек онда одредити прагови за екстремне вредности температуре.

Формирани су низови максималних и минималних дневних температура на синоптичкој станици у Неготину по месецима за последњих десет година: од 1996. до 2005. године. Први такав низ је за јануар. Он има 310 чланова (31 дан у јануару помножен са 10 година). Након тога је исто урађено за јули. Тако је добијено укупно 4 низа температура за ову синоптичку станицу. Сређивањем ових података по величини образује се статистички низ случајне променљиве T_n :

$$T_{n1} \leq T_{n2} \leq T_{n3} \leq \dots \leq T_{n310}$$

Низове температура треба груписати унутар одређених интервала. Најпре се одређује распон екстремних дневних температура за сваки месец. Том приликом се полази од најнижих дневних екстрема који су осмотрени у току последњег десетогодишњег периода и иде се до највиших вредности у низу. Тако добијени распон се дели на целе степене и узима за вредности на апсциси координатног система. Међутим, низови температуре као статистичке серије се могу само средити по величини од најниже до највише вредности. У овом случају је тако урађено. Другим речима, ширина групног интервала сведена је на ниво прецизности мерења температуре, тј. $0,1^\circ\text{C}$. У случају да се ради на први начин, на основу формираних интервала температуре представљених на апсциси треба разврстати све вредности и тако формирати ординату честине за сваки низ температуре. Добијене честине по температурним интервалима представљају криву расподеле која би требало да одговара нормалној расподели.

Основни статистички параметри средња вредност (μ), модус (M_0), медијана (M_e), девијација или средње апсолутно одступање (d), коефицијент асиметрије (a_3) и коефицијент спљоштености (a_4), узимају се ради утврђивања типа расподеле. Овом приликом су у компјутерском програму EXCEL директно израчунате све вредности поменутих статистичких параметара. На основу тако добијених вредности анализирано је одступање добијене расподеле честине температура од нормалне. Метод предвиђа да ако се одступања крећу у оквиру дозвољених граница (до 5%) онда се сматра да је добијена расподела нормална. Међутим, ако прелази те границе онда се мора тражити одговарајући облик расподеле.

Овом приликом резултати су показали да се може узети да сви формирани низови температура имају нормалну расподелу. Погледаћемо оне параметре који су одредили тип расподеле, а по потреби и анализирати облик криве, тј. рачунати коефицијенте α_3 и α_4 . Релевантни показатељи су дати у табели 3.

Табела 3. Основни статистички параметри екстремних температура у Неготину (1996-2005 година)

	Јануар		Јули	
	T_x	T_n	T_x	T_n
μ	3,3	-2,8	29,7	17,1
max	20,0	6,0	42,3	23,6
min	-6,5	-15,0	18,2	8,3
M_o	0,6	0,1	31,1	17,4
M_e	2,4	-2,5	29,8	17,4
d	4,15	3,25	3,35	2,16
σ^2	28,09	16,12	16,93	7,32
σ	5,30	4,01	4,11	2,71

Да видимо прво каква је ситуација код максималних дневних температура у јануару. Њихове вредности су се кретале у границама од $-6,5$ °C до $20,0$ °C, па се на основу тога може закључити да је расипање у односу на аритметичку средњу вредност од $3,3$ °C „прилично велико“. На основу осталих вредности статистичких параметара, приказаних у табели 3 проверавано је да ли се овај низ података покорав Гаусовом закону нормалне расподеле. Средње вредности дневних максимума, медијана и њихов модус износе редом: $3,3$ °C, $2,4$ °C и $0,6$ °C. Њихове разлике, у односу на расипање података, ипак нису велике да би негирале нормални распоред фреквенција температуре, већ указују да је он умерено негативно асиметричан ($\mu > M_e > M_o$). То је и потврђено израчунавањем α_3 , чија је вредност $0,2$ (лежи у интервали између -2 и $+2$ и већа је од нуле). По теорему Корниа двоструки коефицијент (количник) између квадрата стандардне девијације (σ) и квадрата средњег одступања (променљивости - d) износи $3,26$, тако да је однос између добијеног резултата и Лудолфовог броја (π) око $3,8\%$. И на крају, одређиван је број девијација које су по апсолутној вредности мање од σ . То је урађено пребројавањем вредности температура које се налазе у интервалу $\mu \pm \sigma$ (у овом случају између $-2,0$ °C и $8,6$ °C). Показало се да је број девијација у интервалу $\pm\sigma$ већи од $2/3$ укупног броја девијација (206 од 310) и да износи 221.

Кад су у питању минималне дневне температуре у јануару у табели 3 се види да су се оне кретале у границама од $-15,0$ °C до $6,0$ °C. Њихова средња вредност износи $-2,8$ °C, а медијана и модус су $-2,5$ °C и $0,1$ °C. Те разлике су у поређењу са укупним расипањем података мале, а величине им указују на умерену негативну асиметричност криве расподеле ($\mu < M_e < M_o$). То потврђује и вредност коефицијента α_3 која износи $-0,4$ (налази се у интервали између -2 и $+2$ а мања је од нуле). По теорему Корниа (износ $3,05$) однос између добијеног резултата и Лудолфовог броја је око $2,9\%$. И на крају, показало се да је број девијација у интервалу $\pm\sigma$ већи од $2/3$ укупног броја девијација и износи 211.

Максималне дневне температуре у јулу кретале су се у границама од $18,2$ °C до $42,3$ °C, што представља такође велико расипање у односу на аритметичку средњу вредност од $29,7$ °C. Остале вредности статистичких параметара показују да се овај низ података покорав Гаусовом закону нормалне расподеле. Средње вредности дневних максимума, $29,7$ °C, њихов модус, $31,1$ °C и медијана, $29,8$ °C су приближно једнаки и разлике им нису веће од 5% , (највећа је разлика између средње вредности и модуса $4,5\%$). Теорема Корниа показује да је однос између добијеног резултата ($3,01$) и броја π око $4,1\%$. Број девијација у интервалу $\pm\sigma$ је већи од $2/3$ укупног броја девијација и износи 207.

Кад су у питању минималне дневне температуре у јулу, њихове вредности су се кретале у границама од $8,3$ °C до $23,6$ °C, па се на основу тога може закључити да је и у овом случају расипање у односу на аритметичку средњу вредност од $17,1$ °C „прилично велико“. На основу осталих вредности статистичких параметара, приказаних у табели 3 проверавано је да ли се овај низ података покорав Гаусовом

закону нормалне расподеле. Средње вредности дневних максимума, њихов модус и медијана имају вредности редом: 17,1 °C, 17,4 °C и 17,4 °C. Види се да су модус и медијана једнаки, а да је средња вредност мања за само 1,7%. По теорему Корниа добија се резултат 3,56, па је разлика те вредности и π нешто већа него у претходним случајевима. И на крају, пребројавањем података у интервалу $\mu \pm \sigma$ показало се да их има 209 што је веће од $2/3$ укупног броја података.

Пошто се показало да криве расподеле честина екстремних дневних температура одговарају нормалној расподели, приступило се израчунавању прагова (најпре за максималне дневне температуре). Израчунавање прагова се врши на тај начин што се од укупне честине (310 за један месец) одузме 2,275 %, тј. 7 вредности полазећи у овом случају од највише вредности:

$$\frac{310}{100} \cdot 2,275 = 7,0525 \approx 7.$$

Тачна вредност температурног прага за максималне дневне температуре је за једну децималу нижа од последње вредности (податка) која се одузме (седме). И за овај део поступка је неопходан увид у распоред честина, при чему се врши просто одбројавање података. Међутим, уколико су формирани интервале температуре већи од 0,1 °C, тачна вредност температурног прага налазиће се у једном од неколико интервала са највишим вредностима па се онда мора израчунати путем пропорције честина изнад и испод последње, седме, вредности у датом интервалу температуре. Сви наведени поступци су идентични и за израчунавање прага за дневни минимум температуре, разлика је само у томе што се одбројавање честина од 2,275 % (7 података) уместо од највише у овом случају врши од најниже вредности.

Израчунавања показују да температурни праг за дневни јануарски максимум износи 15,5 °C, а за дневни минимум -11,6 °C. У другој, летњој, половини године температурни праг за дневни јулски максимум износи 36,9 °C, а за дневни минимум 10,8 °C. Ово значи да у јануару све температуре изван интервала -11,6 °C и 15,5 °C представљају *екстремну* температурну појаву, и све температуре у јулу које су ниже од 10,8 °C и више од 36,9 °C представљају *екстремну* температурну појаву.

Упоредимо, на крају екстремне вредности температуре ваздуха у последњем деетогодишњем периоду са вредностима из нормалног климатског периода 1961-1990 година (таб. 1). Кад су упитању јануарски екстреми запажа се да су и апсолутне максималне и апсолутне минималне температуре више, али је разлика нарочито изражена код минимума: 18,1 °C према 20,0 °C, али -28,5 °C према „само“ -15,0 °C. Јулски екстреми су, међутим, постали мање изражени: апсолутни максимум је „данас“ 42,3 °C док је раније био 41,2 °C, а минимум је чак опао са 8,4 °C на 8,3 °C. Ове чињенице указују на пораст минималних зимских температура, а то значи ублажавање екстрема хладне половине године. Наравно, мора се истаћи: десет година није довољно репрезентативан период, ни за испољавање екстрема ни за испитивање типа њихове расподеле; овде је искоришћен само као разрада једне методологије.

Одређивање прагова међудневних промена екстремних температура

Промена температуре ваздуха од једног до другог дана - међудневна или интердиурна променљивост температуре ваздуха, као разлика између температуре два узастопна дана може се одређивати за различите показатеље температуре, али се најчешће узима у обзир средња дневна температура. При израчунавању се поступа тако што се од средње дневне температуре на пример данашњег дана одузима средња дневна температура јучерашњег дана. Поступак се даље наставља за свака два суседна

дана. За први дан у низу за израчунавање се узима температура последњег дана у претходном месецу. Добијају се позитивне и негативне разлике температуре; све те разлике се саберу без обзира на предзнак и поделе бројем дана. Тако се добија средња међудневна променљивост температуре. За вишегодишњи низ осматрања израчунава се нормална међудневна променљивост, за сваки месец посебно по истој методологији и на крају се рачуна средња вредност као аритметичка средина.

Проблем наглих промена температуре и њихових последица је до сада врло мало проучаван. У климатологији је понекада израчунавана интердиурна промена температуре, али само као одређена климатска карактеристика. За наше потребе међудневне промене средњих дневних температура или температура одређеног термина немају нарочити значај. Највећи значај имају међудневне промене екстремних дневних температура, јер се оне највише одражавају на здравље и активност људи.

Међудневне промене екстремних температура нису до сада детаљније проучаване. Због тога би било потребно да се утврди постоје ли значајније разлике између појединих месеци и да ли је изражен годишњи ток тих промена. Да би се то могло сазнати потребно је да се формирају низови међудневних промена екстремних (максималних и минималних) температура са средишним месецима сезона (јануар, април, јул и октобар). Овом приликом је из познатих разлога то урађено само за екстремне: јануар и јули.

Добијена су за сваки месец по два низа за климатски период 1996-2005. година. Претпоставило се да ови низови имају нормалну расподелу. Ипак израчунати су сви неопходни параметри да се то и провери: средња вредност (μ), модус (M_0), медијана (M_e), девијација или средње апсолутно одступање (d), коефицијент асиметрије (a_3) и коефицијент спљоштености (a_4). Честине температура ваздуха у овим низовима су упоређене са теоријском кривом расподеле.

Табела 4. Неки статистички параметри међудневних промена екстремних температура ваздуха у Неготину (1996-2005)

	Јануар		Јул	
	T_x	T_n	T_x	T_n
μ (приближно)	0	0	0	0
M_e	-0,1	-0,2	0,7	0
M_0	0	0	0	0
d	2,8	2,5	2,6	2,0
σ	3,8	3,5	3,5	2,7
σ^2	14,7	11,9	12,3	7,0
макс. раст	14,8	13,4	7,9	7,3
макс. пад	-12,0	-8,0	-14,0	-8,3
сред. променљ.	$\pm 2,8$	$\pm 2,5$	$\pm 2,7$	$\pm 2,0$

Дошло се до резултата који показују да сва четири низа података о међудневним променама екстремних температура подлежу моделу нормалне расподеле. Као што се види у табели 4 све средње вредности тих низова, њихове медијане и модуси износе 0 (негде се незнатно разликују од нуле). То је сасвим нормална појава када се има у виду да се ради о два екстремна месеца у току којих долази до преокрета годишњег тренда температуре ваздуха (до јануара оне опадају а затим расту, а код јула месеца је ситуација обрнута; зато је $\mu=0$). По теореме Корниа двоструки коефицијенти (количници) између квадрата стандардне девијације (σ) и квадрата средњег одступања (променљивости - d) износе редом за апсолутне вредности међудневних промена максималних и минималних температура јануара и јула: 3,24; 3,81; 3,52 и 3,40. Види се да разлике у доносу на број π нису „блиске“, али

се при томе мора узети у обзир „кратак“ низ података (морао би бити бар неколико пута дужи да би се строго испоштовала толеранција од 5%). И на крају, одређиван је број девијација међудневних промена максималних и минималних температура, прво за јануар па за јули месец, које су по апсолутној вредности мање од σ . То је урађено, као и код екстремних дневних температура, пребројавањем вредности које се налазе у интервалу $\mu \pm \sigma$ (ради се о интервалима температура између $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) при чему се показало да је број девијација у наведеним интервалима већи од $2/3$ укупног броја девијација (206 од 310) и да износи редом: 235, 219, 232 и 212.

Пошто је утврђено да ови нивои имају расподелу која је блиска нормалној прешло се на израчунавање прагова $\pm 2\sigma$ за међудневни раст максималне температуре ваздуха знатно преко нормалног и међудневни пад минималне температура ваздуха знатно преко нормалног (редом најпре у јануару па у јулу). Начин на који се то ради је исти као и код самих екстремних температура. Врши се одбројавање 2,275% честина (7 података), када су у питању максималне температуре од највише, а када су питању минималне онда од најниже вредности (неповољни су екстремни раст максималних и екстремни пад минималних дневних температура). Као прагови добијене су следеће температурне промене између два дана: у јануару је екстреман сваки дан у коме је највиша температура порасла преко $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ него у претходном дану, а у јулу за $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$; такође, у јануару су екстремни и дани када се температура спусти за $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже него претходног дана, а у јулу када се спусти више од $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. То значи да су све промене које прелазе наведене границе *неповољне*. Запажа се да су прагови за јулске температуре нижи од јануарских. Разлог томе је већа „стабилност“ јулских температурних екстрема, што показују параметри њихових расподела, пре свих растурање око аритметичке средине, али и посебно важан параметар средња вредност међудневних промена температуре. Његове вредности су веће у јануару него у јулу и износе, по редоследу анализе (табела 4): $\pm 2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осим тога, и када се упореде апсолутне вредности екстрема види се да расипање података одговара односу добијених резултата. Оно износи редом (у поређењу са одговарајућим прагом): $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9,0), $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6,7), $7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6,7) и $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5,5).

На крају да истакнемо и чињеницу да у извесним случајевима и апсолутно највећи пад максималне дневне температуре између два суседна дана има биоклиматски значај (у истраживаном периоду је забележен у јануару $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у јулу $14\text{ }^{\circ}\text{C}$) као и апсолутно највећи раст минималних дневних температура (овде забележен у јануару $13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, али у јулу $7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). И наравно треба напоменути да десет година није довољно дуг период, што се посебно одразило на теорему Корниа; чак овакви параметри захтевају низ дужи и од тридесет година, по неким истраживачима он би требало да износи педесет година.

Закључак

Полазећи од чињенице да су људски живот и највећи број људских активности прилагођени нормалним климатски условима у одговарајућем делу света долази се до закључка да свако одступање у интензитету, учесталости или просторној распрострањености климатских појава много од нормале може представљати екстремне (неповољне) појаве. Због тога је постало веома важно формулисати општу стратегију, дефиниције, класификације и критеријуме за идентификовање екстремних климатских појава у различитим географским областима. Овде је примењена једна таква методологија на температурне прилике Неготина у источној Србији, имајући у виду чињеницу да је то најконтиненталнији део наше земље.

Екстремне појаве везане за температуру ваздуха скоро никад немају директно разорно дејство на материјална добра, али у извесним случајевима могу директно угрожавати људске животе. Ове неповољне климатске појаве могле би се означити као ванредне, сагласно степену њихове штетности (деструктивности). Строго научно посматрано ту се могу убројати: температура ваздуха много изнад нормалне, температура ваздуха много испод нормалне, међудневни раст максималне температуре ваздуха знатно преко нормалног и међудневни пад минималне температуре ваздуха знатно преко нормалног.

Примењена методологија израчунавања прагова за температурне екстремне је заснована на нормалној расподели измерених екстремних вредности температуре у јануару и јулу током последњих десет година (1996-2005). Приликом анализе неопходно је било да се утврди колико стварне њихове расподеле одступају од идеалне, односно теоријске расподеле. Ако је крива честине у виду звона, било симетрична или несиметрична, може се приступити израчунавању прагова по одређеној методологији, али ако има неки други облик та методологија није добра да опише право стање ствари.

Пошто су испитивања овом приликом показала да нивои података „одговарају“ Гаусовом закону примењена је класификација вредности климатских елемената коју је поставио Чепмен. Она на основу тачно одређених бројевних вредности описује „степен нормалности“ неког елемента у климатологији. При томе се за нормалне узимају вредности које леже унутар интервала $\mu \pm \sigma$. Даље се врши сврставање у класе које су ограничене вредношћу стандардне девијације. Границе, односно прагови честина, или вероватноћа појаве екстремних или неповољних вредности температуре ваздуха се израчунавају тако што се узима да вредности које се налазе много испод нормалних (испод $\mu - 2\sigma$) и много изнад нормалних (изнад $\mu + 2\sigma$) представљају ванредну климатску појаву. Ван интервала $\mu \pm 2\sigma$ се налази 4,55% података, што је 2,275% на сваком крају распореда. У овом случају су то *неповољне* температурне прилике.

Пошто је утврђено да криве расподеле честина екстремних дневних температура у Неготину током јануара и јула одговарају нормалној расподели, приступило се израчунавању прагова. Израчунавање прагова се врши на тај начин што се од укупне честине (310 за месец) одузме 2,275 %, тј. 7 података полазећи од крајње вредности. Температурни праг за дневни јануарски максимум износи 15,5 °C, а за дневни минимум -11,6 °C. У другој, летњој, половини године температурни праг за дневни јулски максимум износи 36,9 °C, а за дневни минимум 10,8 °C. Ово значи да у јануару све температуре које се појаве изван интервала -11,6 °C и 15,5 °C представљају неповољну температурну појаву, и све температуре у јулу које су ниже од 10,8 °C и више од 36,9 °C означавају неповољне прилике.

Промену температуре ваздуха од једног до другог дана (међудневна или интердиурна променљивост) у функцији последица на здравље и активност људи треба испитивати само на екстремним дневним температурама. Овде се показало да сва четири низа података о међудневним променама екстремних температура (максималне и минималне за јануар и јули) подлежу моделу нормалне расподеле. На основу тога приступило се израчунавању прагова $\pm 2\sigma$ за међудневни раст максималне температуре ваздуха знатно преко нормалног и међудневни пад минималне температуре ваздуха знатно преко нормалног (редом, најпре у јануару па у јулу). Начин на који се то ради је исти као и код самих екстремних температура. Израчунато је да је у јануару неповољан сваки дан у коме се температура попела преко 9 °C изнад највише у претходном дану, а у јулу преко 6,7 °C; такође, у јануару су неповољни и дани када се температура спусти преко 6,7 °C испод најниже претходног дана, а у јулу

када се спусти преко 5,5 °C. Запажа се да су прагови за јулске температуре нижи од јануарских. Разлог томе је већа „стабилност“ јулских температурних екстрема.

Резултати указују да је дошло до пораста минималних зимских температура, а то је уствари ублажавање екстрема хладне половине године. Ипак, када су у питању закључци такве врсте овом приликом треба бити опрезан јер десет година није довољно репрезентативан период, ни за испољавање екстрема ни за испитивање типа њихове расподеле (овде је искоришћен само као разрада једне методологије); са друге стране, већа нестабилност зимских екстрема је чињеница која је и раније била позната.

Иако су важне, ове чињенице нису биле превасходни циљ рада. Циљ овог рада је био да се истакну ванредне температурне појаве као вид екстремних (неповољних) климатских услова, дефинишу њихови параметри и објасни и примени поступак њиховог израчунавања. Узет је простор источне Србије јер се у њему очекивало добро испољавање екстрема у кратком периоду (што би једино даља истраживања могла да потврде).

ЛИТЕРАТУРА

- Ракићевић Т. (1976): **Климатске карактеристике источне Србије**. Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“, књ. 28, Београд
- Живковић Љ., Живковић Н., Јанић-Сирићански М. (2005): **Термички режим Неготинске крајине**. Гласник Српског географског друштва, св. LXXV, бр. 1, Београд
- Вујевић П. (1956): **Климатолошка статистика**. Научна књига, Београд.
- Oliver J. E., Hidore J.J. (2002): **Climatology - An Atmospheric Science**. Prentice Hall, New Jersey.
- Radinović Đ. (1990): **Extraordinary, severe and hazardous weather phenomena – definitions, forecasts and warnings**. Fifth International Youth School on Meteorology and Hidrology, Vol. 2, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia.
- [http://: www.hidmet.sr.gov.yu](http://www.hidmet.sr.gov.yu)
- [http://: www.tutiempo.clima.net](http://www.tutiempo.clima.net)
- Чарман Е. Н. (1919): **On the use of the normal curve of errors in classifying observations in Meteorology**. Meteorological Office London, Professional Notes, No. 5, London.

GORAN ANĐELKOVIĆ

S u m m a r y

METHODOLOGY OF DETERMINATION OF EXTREME AIR TEMPERATURES THRESHOLDS IN EASTERN PART OF SERBIA IN NEGOTIN ON JANUARY AND JULY

Deviations of climatic elements and events in intensity, frequency and territorial distribution, above normal situation, are considered as unpleasant occurrences. Those occurrences are known as extreme climatic events. Each extreme climatic event could be identified by statistical thresholds as physical parameters. Some unpleasant temperature events are considered as state of emergency. Those are: air temperature above normal temperature, air temperature under the normal temperature, interdaily increase in maximal temperature above normal interdaily increase and interdaily decrease in minimal temperature under the normal interdaily decrease. Applied methodology of calculating thresholds for temperature extremes is based on normal distribution of measured daily air temperature extreme values. This methodology is worked out on temperature conditions in Negotin in eastern part of Serbia, during January and July in last ten years (1996-2005). Thresholds of extreme or unpleasant temperatures are determined as values out of frequency interval $\mu \pm 2\sigma$. It is done by counting 2,275% of data on the end of extreme temperatures ten years series. As a result there are thresholds giving the measure of normality of climatic conditions in eastern part of Serbia.