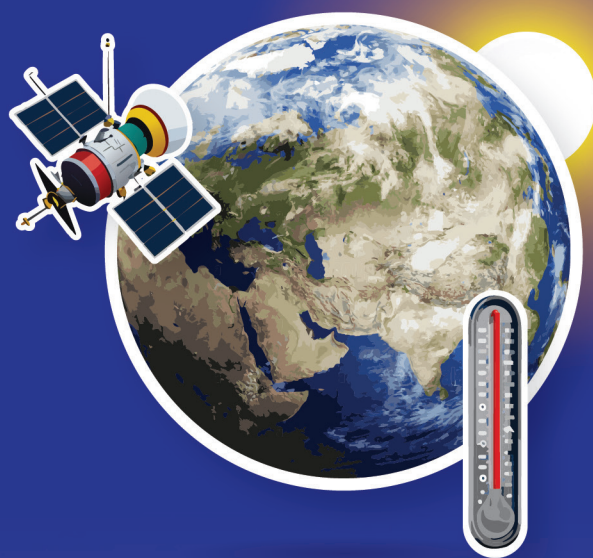




1

ПРОБЛЕМ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

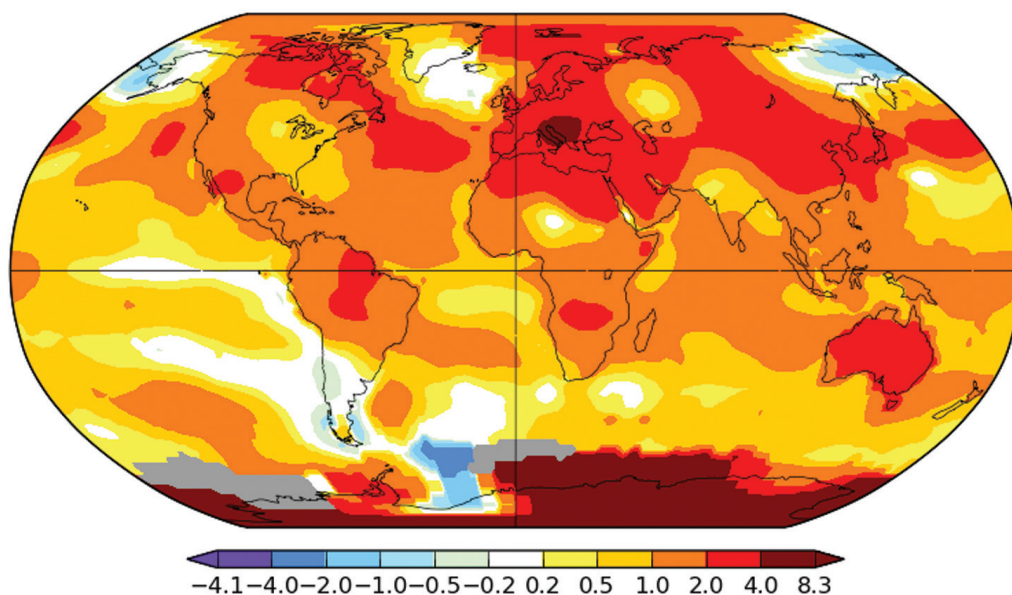
1 | ПРОБЛЕМ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Климатске промене представљају један од најзначајнијих проблема са којим се суочавамо данас. У прошлости, једино су научници говорили о климатским променама, а данас је ова тема свуда постала неизбежна, услед очигледних промена које сви уочавамо. Примећујемо да су временски услови постали све нестабилнији и да је све теже предвидети какве нас временске прилике очекују у некој сезони. Такође, уочавамо да су екстремни временски догађаји, попут олуја, топлотних таласа, јаких падавина праћених дугим периодима суше, учесталији и интензивнији.

Чињеница је да се клима на нашој планети мења, и то јако брзо. Просудите сами: од друге половине 19. века до данас просечна температура на Земљи порасла је за скоро 1,2 °C. То се можда не чини много, али на глобалној скали представља озбиљну претњу по живи свет планете, како за биљке, тако и за животиње, па и људе. Треба да запамтите да повећање глобалне температуре од 1,2 °C представља глобални просек, али да се ефекти овог повећања више осете изнад копна него океана, а најјаче на Арктику. Повећање температуре је такође јаче на северној него на јужној хемисфери, где већа површина апсорбује више Сунчевог зрачења. Загревање се такође дешава брже након 70-их година 20. века него у првој половини 21. века. У другој деценији 21. века, просечна температура у Србији била је за 1,8 °C виша од просечне температуре у другој половини 20. века (тачније, периода 1961–1990. године).

Слика 1.1.

Мапа осмотрених промена у приземној температури на Земљи, 1901–2022.



Напомена: Области у сивој боји означавају да недостају подаци.

Земља је све топлија!

Према подацима Светске метеоролошке организације, средња глобална температура на Земљи 2023. године била је за око 1,4 °C виша од просечне температуре у периоду 1850–1900. године. То значи да је 2023. била најтоплија година од почетка мерења, 1850. године. Због утицаја климатских промена, потребно је стално обнављати податке, јер скоро сваке године нови резултати мењају листу рекорда и временских екстрема.

Грчки филозоф Хераклит употребио је фразу „panta rei“ („све тече“) да би изразио концепт промене. То се односи и на климу, која се милионима година непрестано мења. Чак и пре 125 милиона година, просечне глобалне температуре биле су више за око један степен Целзијуса него данас.

Али, док се клима, а и просечна температура, мењала полако и постепено током милиона година, убрзање климатских промена последњих деценија има негативне последице по планету и све њене становнике.

Израз „климатске промене“ је свеобухватнији у поређењу са изразом „глобално загревање“, јер су више температуре само један од показатеља климатских промена на Земљи. Убрзане климатске промене доводе до топљења и нестајања глечера, топљења пермафроста, пораста јачине урагана, повећања учесталости и интензитета суша, поплава, топлотних таласа итд. Боље предвиђање временских прилика доводи до благовремене припреме за временске непогоде. Климатске промене доводе до изумирања многих животиња и биљака, јер не могу да се прилагоде новонасталим условима, утичу на економије земаља и угрожавају здравље и безбедност људи.

Постоје различити узроци промене климе на Земљи. На пример, промене активности Сунца и нагиб Земљине осе неки су од астрономских фактора који утичу на климатске промене. Људске активности су основни узрок климатских промена на глобалном нивоу током последњег века. Оно што је сигурно јесте то да су промене активности на Сунцу и у нагибу Земљине осе ван наше контроле, док је за неодрживу потрошњу природних ресурса и повећану емисију гасова са ефектом стаклене баште искључиво одговоран човек.



Циљ за климатске акције (Циљ 13) један је од 17 циљева одрживог развоја које су Уједињене нације усвојиле 2015. године. Треба да одговори на потребе у вези са прилагођавањем на климатске промене и да подстакне улагања у нискоугљенични развој.

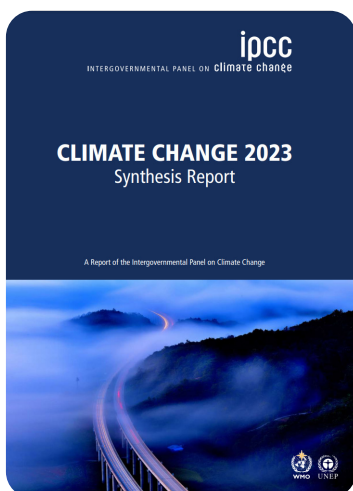
Међувладин панел за климатске промене и његови најновији резултати

Међувладин панел за климатске промене (енгл. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) међувладино је тело Уједињених нација, које су 1988. године основали Светска метеоролошка организација и Програм Уједињених нација за животну средину, како би унапредили научна сазнања и разумевање климатских промена, њихових покретача и последица, као и како се носити са њима.

Међувладин панел за климатске промене пружа владама најновије научне информације о климатским променама. Ово тело не спроводи своја истраживања, већ процењује сву релевантну научну литературу. То укључује осматрене промене у климатском систему и њихове пројекције; природне, економске и друштвене утицаје и ризике који проистичу из климатских промена, као и опције и могућности за ублажавање климатских промена (митигација) и за прилагођавање на измењене климатске услове (адаптација). Хиљаде научника и других стручњака добровољно се јављају да анализирају бројне публикације и да систематизују резултате у Извештајима о процени (енг. Assessment Report - AR) за креаторе политика, као и за јавност. Они представљају најпоузданији извор научних информација и процена о климатским променама, пошто водећи научници-проучаваоци климе и владе подржавају њихове процене. Извештаји IPCC-а играју кључну улогу на годишњим климатским конференцијама држава чланица Оквирне конвенције Уједињених нација о промени климе (енг. United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC, односно Конвенција), које су познате као COP (КОП, енгл. Conference of Parties - COP). Сваки од шест Извештаја о процени које је објавио IPCC довео је до великог напретка у преговорима Конвенције. Први Извештај о процени био је кључан за преговоре који су довели до усвајања Конвенције 1992. Године. Други Извештај о процени за преговоре о Протоколу из Кјота 1997. године. Четврти Извештај о процени донео је својим ауторима Нобелову награду за мир, а Пети извештај о процени био је кључан за преговоре о значајном Париском споразуму 2015. године. Најновији извештај IPCC-а јесте његов Шести Извештај о процени (AR6) објављен у периоду 2021–2023. Многи његови резултати укључени су у ово издање Климатског пакета (сл. 1.2).

Слика 1.2

Издвојене кључне поруке AR6 IPCC климатске промене 2021.
— физичке основе:



„Неоспорно је да људске активности проузрокују климатске промене, повећавајући учесталост и интензитет екстремних климатских догађаја, укључујући топлотне таласе, обилне падавине и суше.“
„Докази су јасни: време за акцију је – сада.“

Можете пронаћи више на:

<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

Дакле, шта се то заиста дешава са нашим временским приликама и климом? Како се клима планете мењала током прошлости, а како се мења данас? Ко може бити одговоран за промене које се данас одигравају? Шта су то гасови са ефектом стаклене баште и шта можемо учинити у вези са њима? Хајде да покушамо да одговоримо на ова питања.

1.1 | Клима и време

Људи се често жале на временске прилике, али се готово никада не жале на климу. Ево примера: „Октобар се истрошио у налету киша ношених ветровима што су хујали и стигао је новембар, хладан као смрзнуто железно, са јаким мразевима сваког јутра и дахом ветра који је штимао незаштићене руке и лице.“ (Џ. К. Роулинг, „Хари Потер и Ред феникса“). Леп је и пример: „У децембра кројача игла и конач бели од браде Мраза стара. По земљи игла корача, хаљину везе по жељи сребрног јануара. Звезду до звезде шије, беле провлачи конце и нагу земљу крије срмена жица до жице, само понекад боцне иглица неком лице...“ (Драган Лукић, „Децембар“). Песници и писци не пишу о клими. И лако је разумети зашто. Кад погледате кроз прозор, можете да видите какво је време. Временским приликама бавимо се сваког дана. Међутим, климу је много теже схватити. При томе, ипак сви – од научника до политичара и привредника – причају како се клима мења.

Када се вратите са одмора који сте провели са породицом негде далеко од куће, прво што људи желе да знају јесте: „Какво је било време?“. Али када препоручујете пријатељима да оду на одмор у исто место, вероватно ћете им казати: „клима је тамо веома добра“.

Дакле, каква је разлика између времена и климе?

ВРЕМЕ

је стање атмосфере на одређеном месту у одређено време, односно током ограниченог периода (на пример, током једног дана или месеца).

Дакле, време је тренутно стање нечега што зовемо „метеоролошки елементи“ и о чему слушамо сваке вечери у телевизијској временској прогнози: температура, влажност, атмосферски притисак, облачност итд. Неки не воле временске прилике када лети захладни током целе недеље и када пада тако јака киша да не желите ни нос да промолите напоље. Такође, у нашем српском језику постоје многе речи које описују временске услове, на пример, зиму – голомразица/сувомразица – мраз у време када је земља гола, без снега; мразовито време без снега; лети када је врућина – жега, или када је врућина а пала је киша – спарина.

КЛИМА

је просечно стање времена на одређеном месту током дугог периода (неколико деценија).

На пример: лета су топла и сува, док су зиме прохладне и влажне, са веома ретким снежним падавинама. То је кратак опис медитеранске климе. Као што пословица каже, „клима је оно што очекујемо, временске прилике оно шта добијамо“ и „најбоље је да прочитате временску прогнозу пре него што се помолите за кишу“. Кад погледате кроз прозор, не можете видети каква је клима! У нашем народу, добро су познате изреке: „Ако зима устима не уједе, она репом ошине“, „По јутру се дан познаје“, „Окреће се како ветар дува“.

У нашем старословенском календару, многи месеци били су везивани за одређене временске прилике: сечењ (јануар), љути (фебруар), сухи (март), зарев (август), листопад (октобар), груден (новембар), студен (децембар). Уколико се осврнемо на садашње временске прилике и упоредимо их са народним изрекама или старосрпским називима за месеце, видећемо колико су се оне измениле у односу на раније. Познате су и изреке: *Јовањски мраз (20. јануар).*

„Ведре ноћи у априлу опаке су и воћу и вину.“

Нема лета до Ђурђевог дана (6. мај).

„Пасје врућине“ (од јула до августа).

Од светог Илије (2. август) сунце све милије.

Свети Тома (19. октобар) – снег већ дома,

Свети Срђе (20. октобар) – снег све грђе.

Свети Мрота (24. новембар), снег до врата.

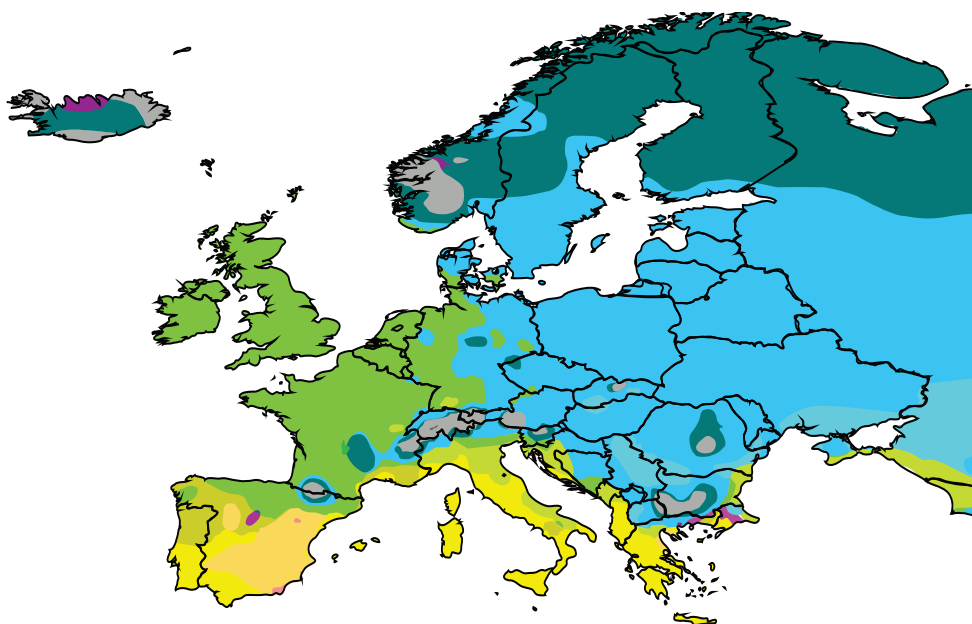
Основне одлике климе су:

- температура ваздуха и њене промене у зависности од годишњег доба;
- количина и расподела падавина (кише и снега) током године;
- правац кретања ваздушних маса;
- преовлађујући и други ветрови.

Слика 1.1.1

Пример климатске мапе Европе (В. Кепен)

- Хладна полусушна клима (BSk)
- Топла медитеранска клима (Csa)
- Умерена медитеранска клима (Csb)
- Топла морска клима/
влажна суптропска клима (Cfa)
- Умерена морска клима (Cfb)
- Свежа морска клима (Cfc)
- Топла континентална клима/
влажна континентална клима (Dfa)
- Умереноконтинентална клима/
влажна континентална клима (Dfb)
- Свежа континентална клима/
субарктичка клима (Dfc)
- Топла континентална клима/
медитеранска континентална клима (Dsa)
- Умереноконтинентална клима/
медитеранска континентална клима (Dsb)
- Свежа континентална клима (Dsc)
- Клима тундре (ET)
- Клима ледене капе (вечног мрза) (EF)



ВАЗДУШНА МАСА

је пространа маса ваздуха у којој се вредности метеоролошких параметара (температура ваздуха, атмосферски притисак, количина водене паре) мало мењају у хоризонталном правцу.

Осматрање, проучавање и прогнозирање времена представљају грану атмосферских наука која се зове метеорологија. Проучавањем климе Земље бави се атмосферска наука климатологија, која се бави анализом и разумевањем климатских услова, расподелом климатских карактеристика, климатских промена и њиховим практичним последицама.



Људи који живе у Србији у шали умеју да кажу: „Кружи ко киша око Крагујевца“. Свако ко живи или је био у граду Крагујевцу, или у његовој близини, зна да је често све црно, као пред кишу, да се облаци навуку на небо као сива завеса, чак и мирише на кишу, а кише – ни од корова. Статистика каже да су шездесетих година прошлог века свака олуја и киша обилазиле Крагујевац годинама, из неутврђених разлога. Ова узречица се употребљава и у ширем контексту, када, на пример, неко не одговори директно на постављено питање.

Који метеоролошки елементи одређују време?



Температура ваздуха може бити позитивна или негативна. Прелазна тачка између позитивне и негативне температуре ваздуха је 0 °C, када вода мрзне и претвара се у лед.



Видљивост је највећа удаљеност после које се посматрани предмет стапа са околином и више се не може разазнати.



Влажност ваздуха зависи од количине водене паре у ваздуху. Када је зими влажност ваздуха већа, нама је хладније. Али када су вредности температуре и влажности ваздуха високе, онда је спарно.



Магла е скуп ситних капљица воде или кристала леда који лебде у ваздуху углавном у приземном слоју атмосфере и смањују видљивост.



Облаци су скуп сићушних водених капи или кристала леда који лебде на висини у атмосфери.



Атмосферски притисак је притисак настао услед тежине ваздуха. Ветар је хоризонтална компонента кретања ваздуха изазвана разликама у атмосферском притиску.



Падавине варирају у зависности од тога да ли потичу из облака (киша, снег, ледена киша, град) или се образују на површини тла и предмета (роса, мраз, иње, лед).



Сигнали из природе су посматрање промена времена у природи.

Посматрање промена времена у природи је значило за пољопривредне радове, планирање садње за следећу годину, убирање летине или припреме за дужа путовања. Како раније људи нису поседовали савремена технолошка средства (нпр. апликацију на мобилном телефону о краткорочним временским приликама), уздали су се у природне појаве и знаке, попут:

- „Румена зора, мокра гора.“
- Црвен сунчев залазак, сутрашњи дан ће бити ветровит.
- „Притисак ниже, киша стиже.“
- Када земља мирише, знак је надолазеће кише.
- Муве („Досадан као мува“), комарци, обади и осе пецкају, немирно и ниско лете пред кишу.
- Пчеле („Пчеле знају, па се враћају“) пред кишу се раније враћају с пашњака или остају у кошници, а мрави затварају „врата“ мравињака.
- Цврчци цврче и после заласка Сунца, најављујући лепо и топло време.
- Кишне глисте излазе на површину земље пред кишу (како дишу преко коже, у својим тунелима би се удавиле ако би остале).
- Када жабе чешће и јаче крекећу, биће кише.
- Ласте ниско лете пред кишу.
- Главице маслачка или беле раде се затварају када је већа влажност ваздуха.
- Липа окреће лишће пре кише, јер има плитак корен и боље „осећа“ долазак падавина.

Такође, једна од најлепших врста жаба Европе, у народу позната као гаталинка – жаба која „гата“ и предвиђа временске прилике – када седи високо на дрвету, биће лепо време, а када дуго крекеће и спушта се при дну стабла, биће кише.



1.2 | Типови климе и климатске зоне

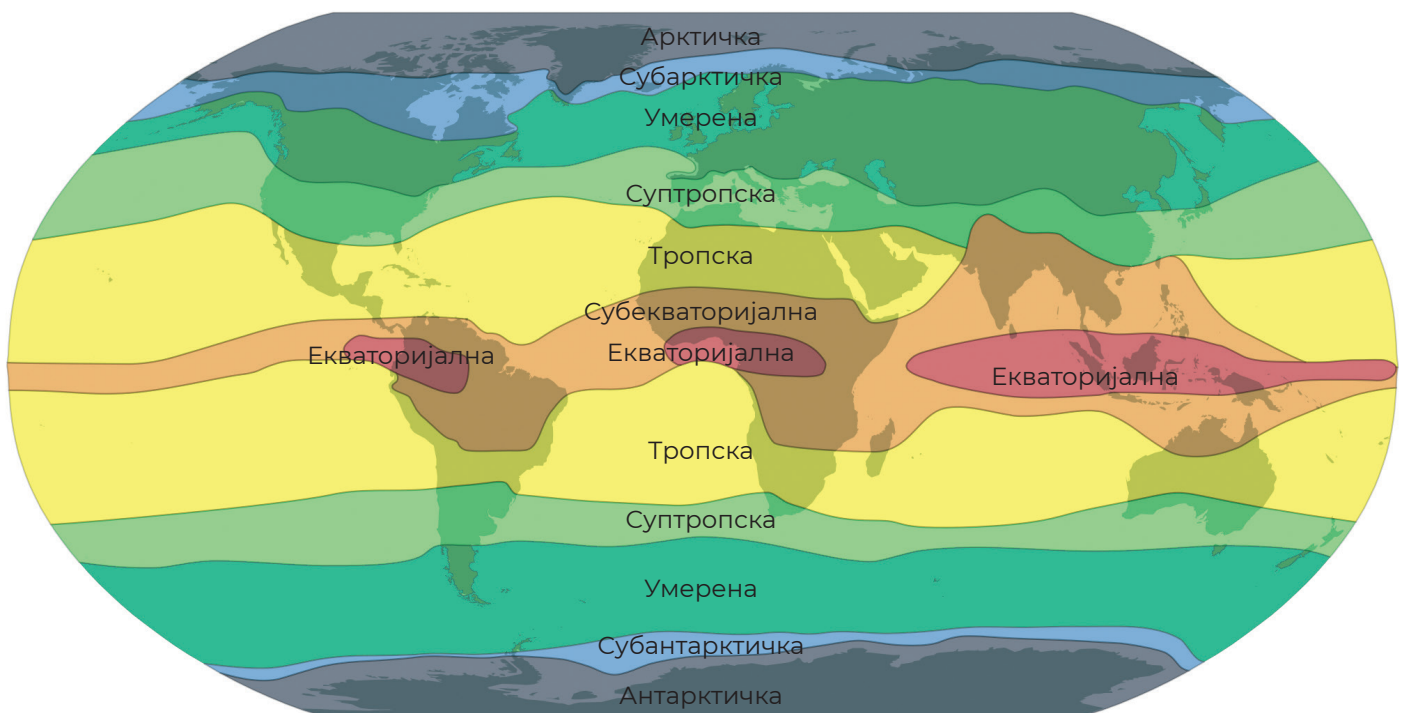
Различити делови Земљине кугле имају различите климе. У насељима на високим планинама наших простора, када људи зими погледају кроз прозор и свуда виде снег, добију жељу да оду на одмор у тропске земље где може да се ужива у топлом времену и да се плива у топлом мору током целе године.

Још од древних времена научници деле Земљу на климатске зоне, у зависности од висине Сунца над хоризонтом и дужине дана. Реч „клима“ потиче из грчког језика, у којем значи упадни угао Сунчевог зрачења. Разлике у клими на нашој планети постоје, пре свега, због чињенице да је Сунчева топлота неуједначено распоређена по површини Земље. Близина мора, атмосферска циркулација, обрасци падавина и други такозвани „климатски фактори“ такође имају велику улогу у одређивању климе, а они, са своје стране, много зависе од географске ширине и надморске висине.

Предел са сличним климама личе на широке пруге које обавијају Земљину куглу. Те пределе научници зову „климатске зоне“ (или „климатски појасеви“) и оне се смењују од екватора према половима (сл. 1.2.1).

Слика 1.2.1

Климе на Земљи (Б. Алисов)



Климатске зоне

су предели са релативно уједначеним средњим температурним карактеристикама.

Најпознатију класификацију климатских зона увео је немачко-руски климатолог Владимир Кепен 1884. године (сл. 1.1.1). Он је поделио климе на пет основних типова: А – тропска, Б – сува, В – умерена, Г – континентална, Д – поларна и алпска.

Други систем класификације климатских зона, који се обично користи у источној Европи, израдио је руски научник Борис Алисов педесетих година 20. века (сл. 1.2.1). У оквиру те класификације разликују се четири основне климатске зоне на свакој Земљиној хемисфери, као и три прелазне зоне.

Основне климатске зоне су: **екваторијална, тропска, умерена и поларна (арктичка на северној хемисфери и антарктичка на јужној хемисфери)**. Сматра се да су то основне климатске зоне, јер у свакој од њих током целе године доминирају исте ваздушне масе.

Између основних климатских зона постоје прелазне зоне: **субекваторијална, суптропска и субполарна (субарктичка на северној хемисфери и субантарктичка на јужној хемисфери)**. Сви називи прелазних климатских зона имају префикс „суб“, што на латинском значи „под“.

Ваздушне масе у прелазним климатским зонама мењају се са годишњим добрима, улазећи у њих из суседних зона у различитим добрима године. На пример, у суптропској клими лето је топло, као у тропској, али зима је прохладна, јер тропску ваздушну масу истискује маса из умерене зоне.

Неке климатске зоне имају специфичне климатске регионе са континенталном, морском или монсунском климом (видети табелу 1.2.1).

Годишња доба на јужној и северној хемисфери потпуно су супротна: од децембра до фебруара, када је северна хемисфера у хладном годишњем добу, на јужној хемисфери лето је у пуном јеку, а када је на северној хемисфери најхладнији период, на јужној хемисфери је најтоплији период.

Табела 1.2.1

Климе на Земљи (Б. Алисов)

Климатска зона	Тип климе	Просечна температура		Време и количина атмосферских падавина	Циркулација атмосфере и доминантни ветрови	Област
		Зима	Лето			
Екваторијална	Екваторијална	+26 °C	+26 °C	Током целе године, 2.000 mm	Топле, влажне екваторијалне ваздушне масе образују се у рејону ниског атмосферског притиска	Екваторијални региони Африке, Јужне Америке и Океаније
Суб-екваторијална	Тропска монсунска	+20 °C	+30 °C	Углавном током монсуна, 2.000 mm	Монсуни	Јужна и југоисточна Азија, западна и централна Африка, северна Аустралија
Тропска	Тропска сува	+12 °C	+35 °C	Током целе године, 200 mm	Пасатни ветрови	Северна Африка, централна Аустралија
Суптропска	Медитеранска	+7 °C	+22 °C	Углавном током хладног дела године, 500 mm	Лети антициклони са високим атмосферским притиском; зими циклони	Медитеран, јужна Африка, југозападна Аустралија, западна Калифорнија
	Суптропска сува	0 °C	+40 °C	Током целе године, 120 mm	Суве континенталне ваздушне масе	Унутрашњост континената између 30° и 45° северно и јужно од екватора
Умерена	Умерена морска	+2 °C	+17 °C	Током целе године, 1.000 mm	Западни ветрови	Западни делови Евроазије и Северне Америке
	Умерена континентална	-15 °C	+20 °C	Током целе године, 400 mm	Западни ветрови	Унутрашњост континената од 40° до 45° географске ширине до поларних кругова
	Умерена монсунска	-20 °C	+23 °C	Углавном током летњих монсуна, 560 mm	Монсуни	Источни ободи Евроазије
Субполарна (субарктичка и субантарктичка)	Субарктичка	-25 °C	+8 °C	Током целе године, 200 mm	Преовлађују циклони	Северни ободи Евроазије и Северна Америка
	Субантарктичка	-20 °C и нижа	Око 0 °C	Током целе године, до 500 mm	Преовлађују циклони	Мора јужне хемисфере од 60° јужне географске ширине
Поларна (арктичка или антарктичка)	Поларна (арктичка или антарктичка)	-40 °C	0 °C	Током целе године, 100 mm	Преовлађују антициклони	Мора Арктичког океана и копнени део Антарктика

Кратак опис различитих клима



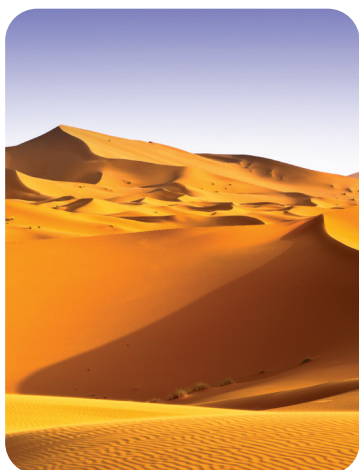
Екваторијална клима

Екваторијалну климу карактеришу топле и влажне екваторијалне ваздушне масе. Температура ваздуха је константна (24–28 °C) и током целе године има много кише (1.500–5.000 mm). Киша пада брже него што вода може испарити са површине, тако да је тло у екваторијалној клими стално влажно и прекривено густом и високом прашумом. Екваторијална клима заступљена је у северним деловима Јужне Америке, на обали Гвинејског залива, у сливу реке Конго и дела тока Нила у Африци, у већем делу Индонезанског архипелага и граничним деловима Индијског и Тихог океана у Азији.



Субекваторијална клима

Субекваторијалну климу карактеришу кишна лета и хладније и сувље зиме. У субекваторијалној клими падавине су неуједначене током године. На пример, у граду Конакрију (главном граду Гвинеје), само 15 mm падне у периоду од децембра до марта, а око 3.920 mm у периоду од јуна до септембра. Такав тип климе сусреће се у неким деловима Индијског океана, у западном Тихом океану, као и у јужној Азији и тропском региону Африке и Јужне Америке.



Тропска клима

У тропској клими доминирају антициклони са високим притиском, дајући ведро време скоро током целе године. Постоје два годишња доба: топлије и хладније. Температура може да варира од 20 °C на обали океана до 50 °C у унутрашњости копна. Температура, такође, може у великој мери да варира током једног јединог дана: у летње поподне ваздух се загрева до 40–45 °C, а ноћу се хлади до 10–15 °C. Пустине се често налазе у тропским климама, а највећа од њих је пустиња Сахара у Африци. Листопадне шуме (шуме које зими губе лишће) и саване уобичајене су у влажним пределима. Мексико, северна и јужна Африка, централна Аустралија и Арабијско полуострво имају тропску климу.



Суптропска клима

Суптропска клима налази се у регионима између тропских и умерених географских ширина, од око 30 до 45 степени северно и јужно од екватора. Те регионе карактеришу врела, тропска лета и прилично прохладне зиме. Просечна месечна температура износи преко 22 °C, а зими је изнад -3 °C. Ваздух који се налази у поларним пределима зими може проузроковати пад температуре од -10 °C до -15 °C, а понекад чак и до -25 °C. Овај тип климе типичан је за Медитеран, јужну Африку, југозападну Аустралију и северозападну Калифорнију.



Умерена клима

Умерена клима налази се на такозваним умереним географским ширинама, које се простиру од 40–45° географске ширине (јужно и северно од екватора) до поларних кругова. На северној хемисфери, више од половине умерене зоне заузима копно, у односу на море. Међутим, 98% умерене зоне на јужној хемисфери чине океани. Умерену климу одликују честе и снажне промене времена због циклona. Главна одлика умерене климе је подела на четири годишња доба, од којих је једно хладно (зима), једно је топло (лето), а остала два (пролеће и јесен) прелазна су. Просечна температура у најхладнијем месецу обично је испод 0 °C, а у најтоплијем месецу износи преко 15 °C. Зими је тло прекривено снегом. Претежни западни ветрови доносе кишу и снег током године, а падавине кише и снега крећу се од 1.000 mm у приобалном појасу до 100 mm дубоко у унутрашњости континента.





Субполарна клима (субарктичка, субантарктичка)

Субарктичка клима налази се између арктичке и умерене климатске зоне на северној хемисфери. Ту климу карактеришу ваздушне масе умерених температура преко лета и хладне ваздушне масе са Арктика преко зиме. Лета су кратка и хладна, а температура ваздуха у јулу ретко је већа од 15°C , и ноћу опада на вредности између 0°C и 3°C , при чему је ноћу могућа појава мраза током целог лета. Зими је температура дању и ноћу од -35°C до -45°C . Пејзаж субарктичке климе чине тундре где је тло пермафрост, на коме има тек по неколико биљака и животиња. Северна Русија и Канада, Аљаска (САД), јужни Гренланд и најсевернији делови Европе имају субарктичку климу.

Субантарктичка клима заступљена је на јужној хемисфери, између умерене и антарктичке зоне. Већи део субантарктичке зоне састоји се од океана. Годишње падавине (киша и снег) у овим пределима износе до 500 mm.



Поларна клима

Поларна клима налази се на северу, од 70 степени северне географске ширине (арктичка клима), и на југу, од 65 степени јужне географске ширине (антарктичка клима). Поларне ваздушне масе доминирају током целе године. Сунце се не појављује изнад хоризонта током неколико месеци (тај период назива се „поларна ноћ“), а током других месеци оно не залази иза хоризонта („поноћно сунце“ или „поларни дан“). Од снега и леда рефлектује се више топлоте него што се апсорбује, тако да је ваздух врло хладан и снег се никад не топи. Атмосферски притисак је висок током целе године (антициклон), тако да су ветрови слабији и готово да нема облака. Има врло мало снежних падавина, ваздух је пун ледених иглица, а лети се често јављају измаглице. Просечна температура лети је испод 0°C , а зими температура се креће између -20°C и -40°C .

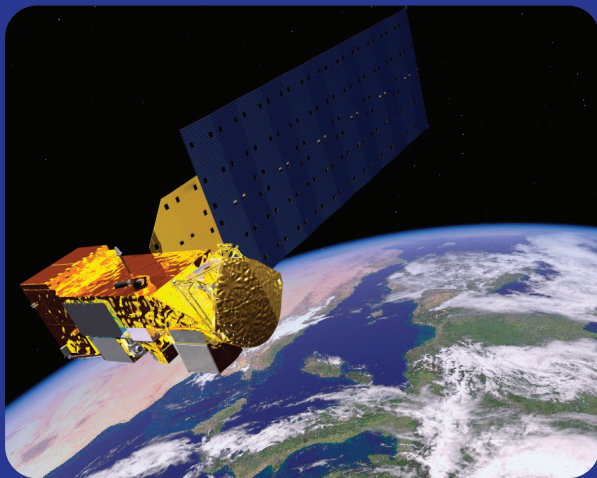
Која су најхладнија и најтоплија места на Земљи?

Најхладније место на Земљи су источне равнице Антарктика. У августу 2010. године, амерички сателити Националне ваздухопловне и свемирске администрације (NASA Aqua) регистровали су нову рекордно ниску температуру од $-93,2^{\circ}\text{C}$ (сл. 1.2.2 и 1.2.3). Новија анализа научника НАСА показује да су температуре на истој локацији пале и ниже, на -98°C . Међутим, није вероватно да ће тај рекорд бити званично признат, зато што важећи стандарди захтевају да се температура ваздуха мери са површине Земље, а не из свемира, да би мерења могла да се прогласе валидним. Дакле, међународно признати рекорд у погледу ниске температуре и даље остаје $-89,2^{\circ}\text{C}$, и ову вредност је регистровала совјетска (сада руска) истраживачка станица Восток на Антарктику 21. јула 1983. године (сл. 1.2.4). Село Ојмјакон у источном Сибиру је најхладније стално насељено место на Земљи, са просечном зимском температуром од -50°C . Најхладнији дан у овом граду био је 1924. године, када су температуре пале на $-71,2^{\circ}\text{C}$.

Најтоплије место на нашој планети је Долина смрти у САД, где је апсолутна рекордна температура ваздуха (у хладу, како захтевају прописани стандарди мерења) од $56,7^{\circ}\text{C}$ забележена 13. јула 1913. године (сл. 1.2.5). Светска метеоролошка организација је у процесу верификовања два мерења температуре од $+54,4^{\circ}\text{C}$, забележена на истом месту, 16. августа 2020. и, поново, 9. јула 2021. Ако се потврди, ово би била највиша забележена температура на Земљи од 1913. године

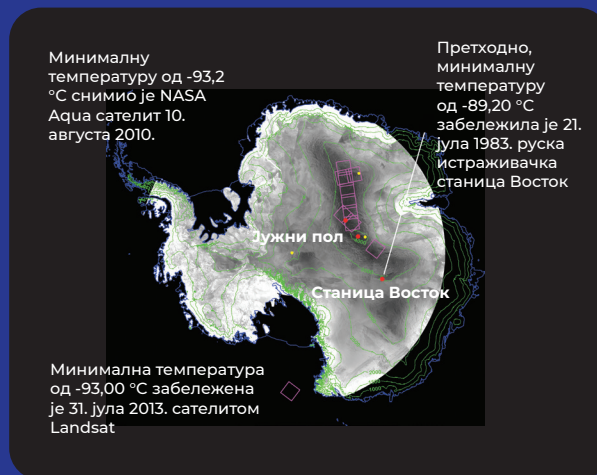
Слика 1.2.2

Амерички сателит NASA Aqua лансиран је 2002. године да би се проучавали физички процеси на Земљи



Слика 1.2.3

Подаци о температури ваздуха на површини, на Антарктику, добијени са америчких сателита NASA Aqua у периоду 2003–2013. године, и Landsat 8 у 2013.



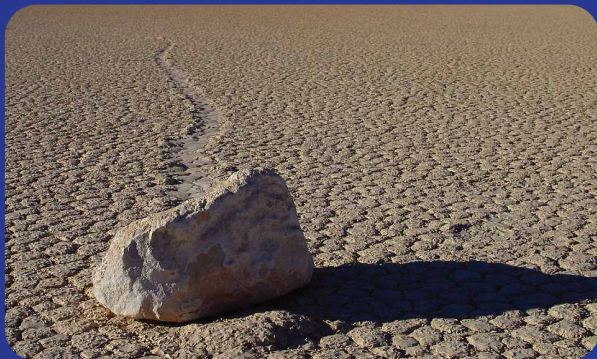
Слика 1.2.4

Руска истраживачка станица Восток на Антарктику



Слика 1.2.5

Долина смрти, САД

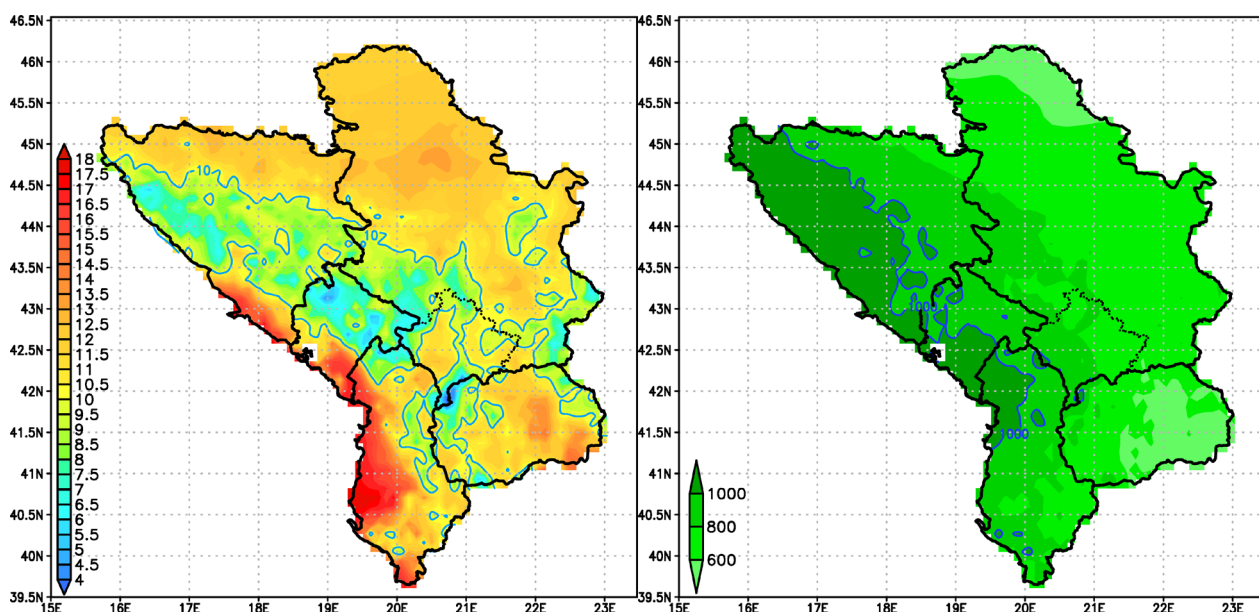


1.2.1 | Западни Балкан, са фокусом на Србију

Клима у области Западног Балкана, на коме се налази Србија, карактерише се као топла, умерено континентална у низијским и брдским пределима и планинска на већим надморским висинама. Умерено континенталну климу карактеришу топла, чак и жарка лета и хладне зиме, са највише падавина у току касног пролећа и раног лета. Планинска клима има краћа и блага лета и хладне зиме са обилним снегом и дужим задржавањем снежног покривача. Утицај Средоземља на климу Србије опада од југа ка северу, као и од запада према истоку, па су карактеристике умерено континенталне климе најизраженије у северним областима земље (Војводина) и источнијим низијским пределима. Због климатских промена, опште карактеристике суптропске климе продиру од југа ка северним пределима ове области, што значи да се очекује померање сезоне са највише падавина ка хладнијој половини године, дуже трајање лета и сушних летњих периода. Ипак, због географског положаја Србије и утицаја континенталности на климатске услове, задржаће се веће сезонске разлике у температурама, због чега се и даље могу очекивати хладни периоди, али са мањом учесталošћу. Због пораста температуре, очекује се и повећање краткотрајних интензивних олуја са обилним падавинама и градом.

Слика 1.2.1.1

Средња годишња температура (лево) и средња годишња сума падавина (десно) за област Западног Балкана (део Балканског полуострва у који спадају: Босна и Херцеговина, Црна Гора, Република Србија, Албанија и Северна Македонија), за период 1996–2015, добијени из Е-OBS података (Вуковић и Вујадиновић Мандић, 2018)



Ветрови

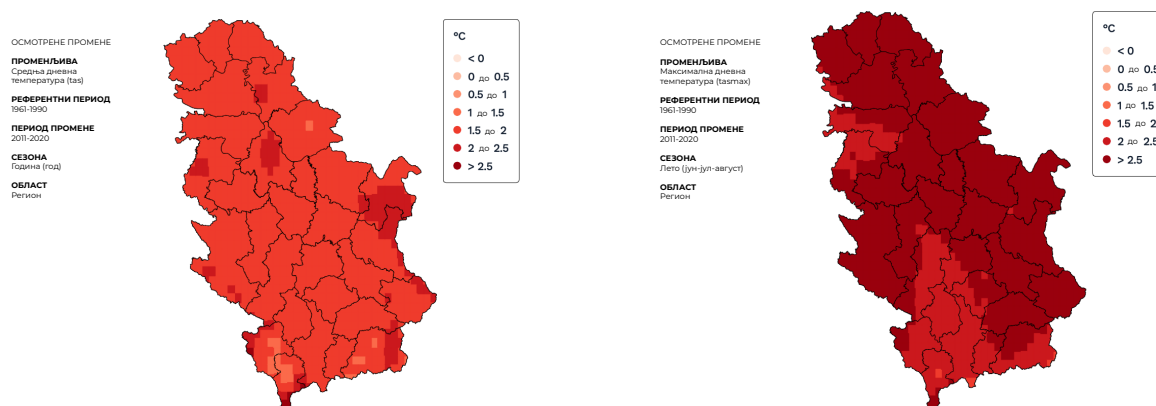
Карактеристични за регион Западног Балкана су бура, кошава и фен. Бура је ветар који дува са копна на море у обалским областима Јадранског мора, због пребацивања хладног ваздуха преко планинских венаца ка мору. Овај тип ветра је јак и хладан. Кошава је карактеристичан ветар за Србију. Може дувати са истока, југоистока и са југа, у области Поморавља и Подунавља. Ако дува претежно са истока, углавном дува као хладан ветар, а ако дува из јужних делова, најчешће је топао. Кошава може имати изузетно јаке ударе, чак преко 100 километара по часу. Кошава може дувати и по неколико дана, када су брзине ветра преко 30 или чак 50 километара на час. Фен је топао и сув ветар који се јавља у „заветреним“ странама брдских и планинских области. Ваздух, када наиђе на препреку, подиже се, стварају се облаци, излучују се падавине и сув ваздух који се спушта са друге стране падине се загрева и може донети отопљење и за више од 10 °C за кратко време.

Просечан тренд пораста средње годишње температуре на територији Србије од када су дигитализована мерења са већине мерних станица, тј. од 1961. године, до данас је скоро 0,4 °C по деценији, тј. на десет година.

Међутим, овај тренд промене температуре, узимајући у обзир период од 1981. године, када пораст температуре постаје значајан на територији Србије, има вредност 0,6 °C по деценији, указује да је пораст температуре убрзан током последњих деценија. Првих 10 рекордно најтоплијих година на територији Србије (по средњим годишњим температурама осредњених за целу Србију) десило се током 21. века.

Слика 1.2.1.2

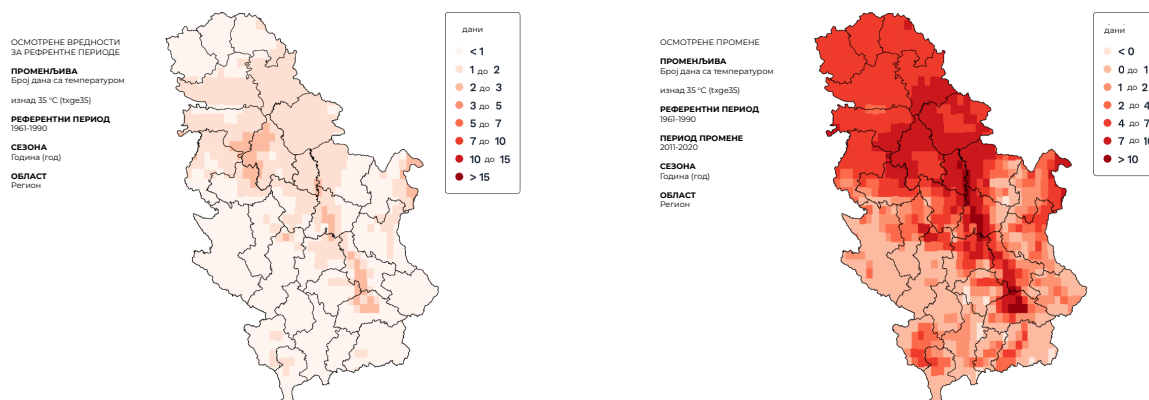
Промена средње температуре за период 2011–2020. у односу на 1961–1990. (лево) и промена средње максималне дневне температуре током лета (јун-јул-август) у периоду 2011–2020. у односу на вредност из 1961–1990 (десно).



Слика 1.2.1.3

Средњи број дана по години са температурама преко 35 °C у периоду 1961–1990. (лево) и промена у периоду 2011–2020. у односу на период 1961–1990. (десно).

Извор: atlas-klime.eko.gov.rs



Анализе климатских промена на регионалном или националном нивоу ради планирања прилагођавања (адаптације) на климатске промене раде се у односу на сценарија емисија гасова **са ефектом стаклене баште** по којима се добија процена климатских промена које обухватају највероватнији исход по садашњем тренду промена и планирања смањења емисија. На овај начин државе планирају своје активности како би ублажиле или спречиле негативне утицаје правовременим планирањем и имплементацијом мера адаптације.

За **референтни период** у односу на који се анализирају промене климатских услова углавном се узима неки скорији климатски период у току 20. века, од када постоји довољно података на регионалном или националном нивоу, када климатске промене још нису биле значајне. То су управо биле климатске карактеристике региона у оквиру којих се градила инфраструктура, развијала производња хране и друго.

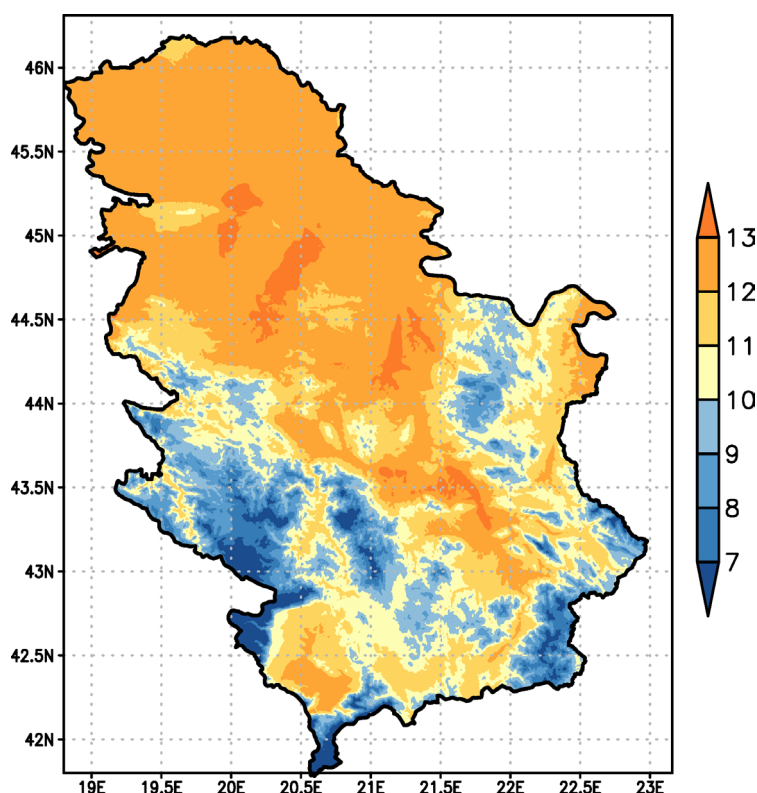
У случају да се у Србији спроведу активности које су тренутно планиране од стране држава у оквиру Конвенције и потписница Париског споразума, за сада најреалнији је сценарио који представља „**стабилизациони сценарио**“ (RCP4.5), односно стабилизацију у порасту емисија гасова са ефектом стаклене баште средином 21. века. Овај сценарио се сматра за сценарио „на пола пута“ до испуњења Париског споразума и по њему се очекује глобални пораст температуре од око 2,7 °C у односу на преиндустријско доба. **Сценарио који се узима као горња граница за очекиване климатске промене** подразумева да ће се пораст емисија наставити током 21. века (RCP8.5). По овом сценарију очекује се пораст глобалне температуре од око 4,4 °C у односу на преиндустријско доба.

Очекује нас отопљење. Стога питање климатских промена није више питање да ли треба нешто предузети, већ да ли хоћемо или нећемо, да ли смо одговорни или нисмо.

У Србији, у проценама климатских промена ради извештавања према Конвенцији и процени ризика од климатских опасности за израду Програма прилагођавања на измењене климатске услове Републике Србије за референтни период узет је климатски период 1961–1990. Кратак преглед резултата анализа осматрених и будућих климатских промена добијених из резултата климатских модела по одабраним сценаријима („стабилизациони“ – RCP4.5, и „гранични“ – RCP8.5) за Србију дат је у табели 1.2.1.1. У периоду 2041–2060. није присутна значајна разлика у резултатима по различитим сценаријима, док се у другој половини века промене стабилизују (успоравају) по „стабилизационом сценарију“ а убрзавају по „граничном сценарију“.

Слика 1.2.1.4

Средња годишња температура на територији Србије за период 1998–2017, добијена интерполацијом (на 1 километар резолуције) дневних осматрених температура¹. Ове вредности се могу сматрати репрезентативним климатским вредностима „садашње“ климе. Треба имати у виду да је друга половина овог периода била нешто топлија од прве половине, као и да је овакве мапе и податке потребно обнављати новим подацима на сваких пет, а највише десет година, због пораста температуре.



¹Из годишњака Републичког Хидрометеоролошког Завода за потребе рејонизације воћарских подручја Србије (пројекат Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде).

Табела 1.2.1.1

Преглед главних карактеристика осматраних и будућих промена климе у Србији; преузето из Програма прилагођавања на измењене климатске услове Републике Србије, адаптирано

Климатска зона	Осматрене промене за 2001–2020. (2011–2020) у односу на 1961–1990.	Будуће промене за 2041–2060. и 2081–2100. у односу на 1961–1990.
Превише топло	Средња температура у Србији се повећала за 1,4 °C у периоду 2001–2020. (за 1,8 °C у 2011–2020). Највише је порасла температура за јун-јул-август: +2,0 °C (+2,4 °C); а средња максимална температура за те месеце чак за +2,2 °C (+2,6 °C). Просечан број топлотних таласа по години се повећао за 2,4 (за 3), док се у периоду 1961–1990. они нису јављали сваке године (учесталост је мања од 1). Број дана по години са температурама преко 35 °C порастао је у опсегу +4 до +7 у низијским областима (у појединим регионима +10).	Средња температура за Србију у периоду 2041–2060. порашће по различитим сценаријима за 3,1 °C односно 5,8 °C. Просечан број топлотних таласа по години у периоду 2041–2060. износиће 45 по години. У периоду 2081–2100. повећање по години биће још веће. Број дана по години са температурама преко 35 °C у периоду 2041–2060. биће већи за око 20 у низијским пределима, а појављиваће се и у вишим планинским областима. У периоду 2081–2100. број таквих дана биће још већи.
Превише воде/влаге	Просечан годишњи максимум падавина се помера ка ранијим месецима, ка хладнијем делу године и периоду отапања снега (мења се годишња расподела падавина). У високом ризику од екстремних падавина је око 7% територије Србије (процењено за период 2001–2020).	Екстремне падавине настављају да се повећавају. У периоду 2041–2060, у ризику од екстремних падавина биће 56% територије Србије.
Утицај на водне ресурсе и земљиште У домаћим рекама, јужно од Саве и Дунава, повећавају се протоци у одређеним периодима године. Расте вредност максималних протока. Ово значи повећани ризик од изливања и поплава. Повећава се ризик од деградације земљишта због повећаног ризика од екстремних падавина.		
Премало воде/влаге	Смањена је просечна количина падавина за јун-јул-август у опсегу 10-20% (последича промене годишње расподеле падавина). Повећана учесталост суше. У периоду 2001–2020. било је просечно 4 године са сушом по деценији (у периоду 2011–2020. 5 година по деценији), док се у периоду 1961–1990. јављала само 1 по деценији. Екстремна суша десила се једном у периоду 2011–2020.	Наставиће да се смањује просечна количина падавина за јун-јул-август. Свака година ће бити година са сушом на територији Србије у периоду 2041–2060, и даље, у другој половини века. Екстремне суше ће бити заступљене у 3 до 4 године по деценији у периоду 2041–2060, а у периоду 2081–2100. још више.

Утицај на водне ресурсе и земљиште

Смањују се протоци у рекама у периоду године са нижим протицајима. Продужава се период у току године са нижим протицајима. Смањује се вредност минималних протока, а повећава се ризик од пресушивања мањих река у току године. Смањује се брзина обнављања подземних вода.

Повећава се ризик од деградације земљишта услед повећања степена аридности климатских услова.

Повећана је учесталост временских услова погодних за појаву и ширење пожара.

Олује

Повећава се интензитет и учесталост олуја, укључујући појаву јаких удара ветра и града. Повећава се просечна величина зрна града.

Када је било најтоплије у Србији

Према подацима ERA5-Land, Copernicus ECMWF, 2023. година је најтоплија година у Србији од 1951. године (додатно, према прелиминарној анализи података, лето 2024. је најтоплије у Србији од 1951. године). Одступање од просечне годишње температуре за 2023. годину, у односу на просек из периода 1991–2020, износи 1,32 °C, тако да је до тада најтоплија 2019. година са 1,18 °C, померена на друго место. С обзиром на овако малу разлику између 2023. и 2019. године, могуће је да ће детаљна анализа осматрања са метеоролошких и климатолошких станица Републичког хидрометеоролошког завода Србије дати мало другачији резултат у смислу редоследа најтоплијих година.

Када је било најхладније у Србији

Најнижа икад забележена температура у Србији измерена је 13. јануара 1985. у насељу Карајукића Бунари на Пештеру и износила је -39,5 °C. Ово је изузетно ниска температура, јер је, на пример, најнижа измерена у Београду скоро 15 °C виша, тј. -26,2 °C (8. јануара 1947).

Велике поплаве су све чешће у Србији

Због поплава 2014. године проглашена је ванредна ситуација на читавој територији Србије. У периоду од 14. априла до 5. маја 2014. године у већини места пало је између 120 и 170 литара кише по метру квадратном, а на неким локацијама и више (на Копаонику 270 литара по метру квадратном, на Златибору 280 литара по метру квадратном). Обреновац је био највише погођен поплавом и цело насеље је евакуисано. Знатне поплаве су се десиле и наредних година, и довеле су до проглашења ванредне ситуације, евакуације становништва и/или наношења штете, и то 2016, 2017, 2019, 2020. и 2021. године. Последице тих поплава, већином изазване бујицама услед екстремних падавинских догађаја, биле су појава клизишта, пуцање брана, уништавање кућа, велике штете у пољопривредној производњи итд.

Када су биле највеће суше у Србији

За целу територију Србије суше су забележене током 2000, 2003, 2007, 2012. и 2017. године, као и велики пожари у шумама у периоду 2000–2009. Проценат година са сушом у анализираном периоду просечно за територију Републике Србије повећао се за +30% у периоду 2001–2020. (+40% у периоду 2011–2020) у односу на период 1961–1990. Учесталост у периоду 1961–1990. била је 10%. У Србији су се повећали учесталост, интензитет и трајање метеоролошких суша као резултат повећања температуре, смањених летњих падавина и већег броја дугих сушних периода. Промене у режиму падавина и суше имају директни утицај на водостај и проток у рекама.

Када је било највише снега у Србији

Током историје, као година највећег снега памти се 1962. година, када је снег потпуно блокирао Србију након Нове године (у Београду је висина снежног покривача била 80 cm). Током фебруара 2012. године Србију су захватиле екстремно ниске температуре са великом количином снежних падавина, које се сада сматрају за веома ретке временске догађаје. Тада је у Београду највећа висина снежног покривача била 52 cm, у Сјеници 83 cm, а на Копаонику 126 cm. Великих снегова било је и 1954, 1955, 1963, 1966, 1969, 1973, 1984. (када су зимске олимпијске игре одржане у тадашњој Југославији; те године је на Копаонику било рекордних 198 cm снега, а на Митровцу на Тари 213 cm снега), 1985, 1996. и 1999. године. Просечно трајање снежног покривача дебљег од 1 cm за другу половину двадесетог века износи око 37 дана. Просечна дебљина и трајање снежног покривача на територији Србије се прогресивно смањује као последица климатских промена.





ПИТАЊА

1

Када је на северној хемисфери зима, које доба године је на јужној хемисфери?

2

Шта је ветар? Које врсте ветрова познајете? Које су разлике између њих? У којим климама они преовлађују и зашто?

3

У којој климатској зони живите? Шта знате о уобичајеним временским приликама у различито доба године у својој климатској зони?

4

У којој климатској зони је присутна највећа разноврсност живог света?

5

Где је хладније – на Северном полу или на Јужном полу?

6

Колико тачно познајете климатску терминологију? Тестирајте се помоћу климатског речника UNDP: <https://www.undp.org/publications/climate-dictionary>





ЗАДАЦИ



1

Задатак 1. Игра

Материјали: Картице које показују одлике различитих типова климе: екваторијалне, тропске, умерене, поларне.

Ово је игра за 12–24 особе. Сваки играч добија једну картицу са једном одликом климе.

Изазов се састоји у томе да се разговара са осталим учесницима у игри и да се са њима образује група играча односно тим у ком су спојене све одлике једне климе. Сваки тим затим опонашањем показује осталим тимовима коју врсту климе има.

2

Задатак 2. У нашем региону, који је у умереној климатској зони, котлина Метохије има измењено медитеранску климу, а не излази на Јадранско море. Медитерански утицаји у клими Метохије огледају се у изразито топлим летима (понекад без капи кише) и благим и кишовитим зимама.

На мапи пронађите Метохијску котлину и набројите планине које је окружују. Шта мислите, због чега је клима у овој котлини медитеранска? Објасните свој одговор.

3

Задатак 3. Шта су „повољни“ и „неповољни“ климатски услови?

Поделите се на групе и изаберите један тип климе. Осмислите кратку представу или неколико шала о типу климе који сте изабрали.

4

Задатак 4. Игра

Приказ осећања покретима тела: Замислите да сте у тропској кишној шуми Амазона, где често у току дана пада киша. Топло је и влажно. Почине киша.

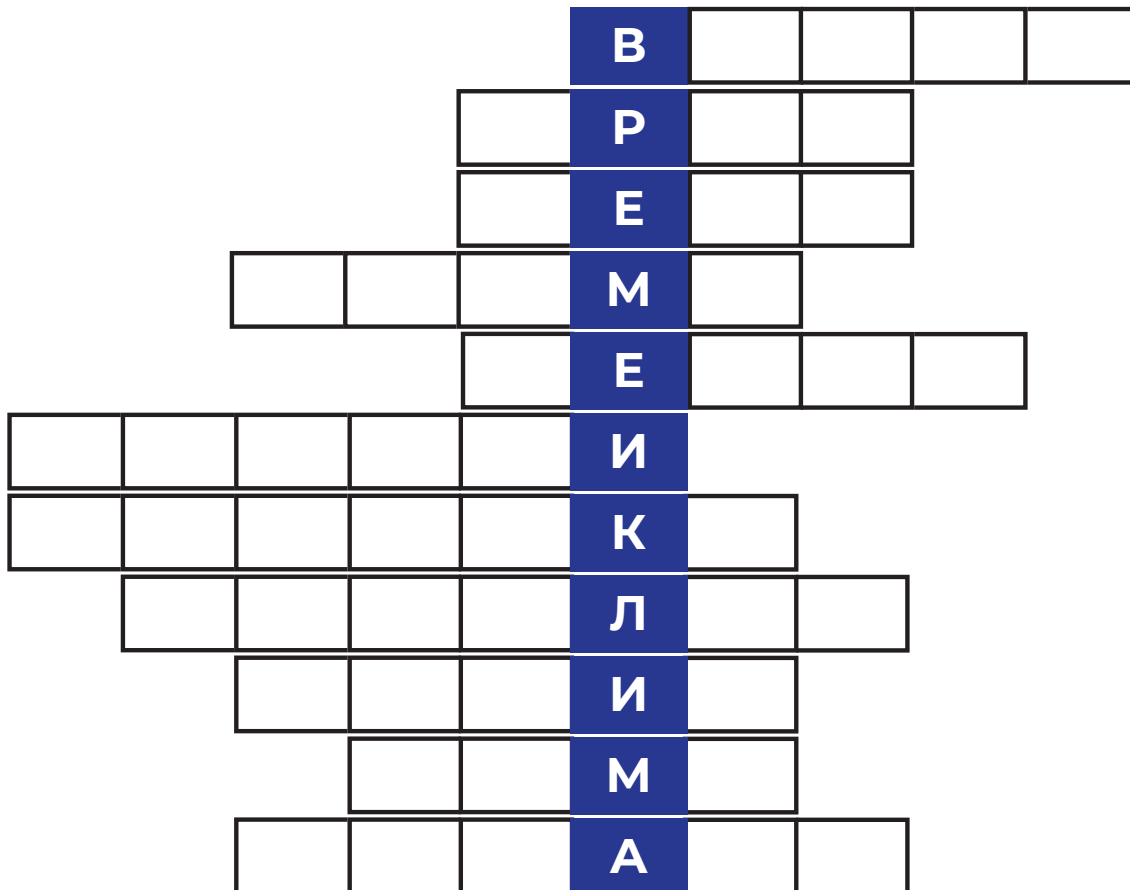
Како се игра: Играчи стоје у кругу. Вођа стоји у средини круга и показује своје покрете свим осталим играчима. Како начини покрет, вођа се полако окрене на својој оси. Он започиње нови покрет када сви играчи у кругу почну да имитирају претходни покрет. Сваки играч прелази на следећи покрет тек када се вођа нађе насупрот њему. У међувремену, остали играчи настављају извођење претходног покрета.

След покрета: Вођа и први играч (а онда редом други, трећи играч итд.) склапају своје дланове и њима праве лагане кружне покрете. Затим

5

пуцкетају прстима, па лупају дланом о длан, онда се тапшу по бутинама и на крају ударају ногама о под. Када се след покрета заврши, сви поступци се понављају обрнутим редом. Ефекат је опонашање звукова кише која пљушти, од почетка до краја.

5. Укрштеница



Питања за Укрштеницу - водоравно:

1. Стање атмосфере у одређено време и на одређеном месту.
2. Ледена киша која пада у облику ледених куглица или грудвица.
3. Доба године које деца школског узраста у Србији највише воле.
4. Просечно стање времена на одређеном месту током дугог периода.
5. Хоризонтално кретање ваздуха, изазвано разликом у атмосферском притиску.
6. Скуп сићушних водених капи или кристала леда које лебде на висини у атмосфери, множина.
7. Тип климе којој припада пустиња Сахара.
8. Чувени италијански композитор који је написао низ дела под називом „Четири годишња доба“.
9. Годишња доба се смењују у једној...
10. Најхладније годишње доба.
11. Ветар карактеристичан за Поморавље и Подунавље.

1.3

Како се и зашто клима мењала у прошлости

Није тешко доказати да се клима на Земљи одувек мењала. Наравно, јунаци цртаних филмова и рачунарских игара о диносаурусима и леденом добу су измишљени, али диносауруси су заиста постојали, што нам је познато захваљујући пронађеним фосилизованим костима и јајима диносауруса. Када су те животиње живеле, клима на нашој планети Земљи била је много топлија него што је сада. Али било је и хладних периода, када је клима била много хладнија него сада и када су глечери досезали дубоко на југ, до Берлина или Проклетија, Шаре и Коритника и када су били високи као вишеспратнице!

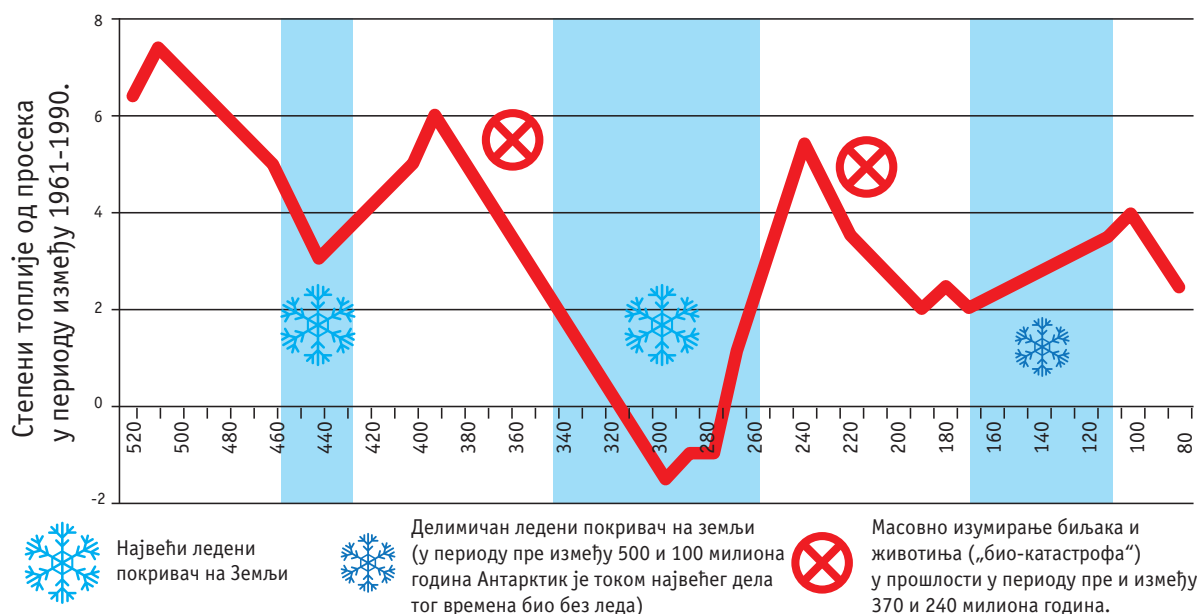
Српски научник Јован Цвијић (1865–1927) први је прикупио доказе о ледничкој морфологији Балкана крајем 19. века. Објавио је неколико стотина научних радова, а једно од његових најважнијих дела јесте „Балканско полуострво“.



Током стотина милиона година историје планете температура на Земљи се у великој мери променила – за око 10 °C (сл. 1.3.1). То је много! Кад би данас температуре биле за 10 °C више, онда би клима у Стокхолму била сасвим другачија: просечна температура током године у главном граду Шведске била би као што је сада температура на медитеранској обали, на пример, у Барселони или Марсеју. Вероватно мислите да би то било лепо? Али онда би у Београду било топло као у Дубаију, а на Арабијском полуострву било би толико топло да људи ту вероватно не би могли ни да живе!

Слика 1.3.1

Температура на Земљи током протеклих 500 милиона година



Како научници знају каква је била клима у прошлости?

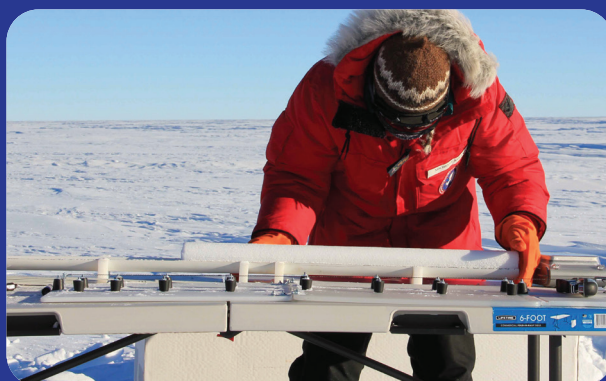
Научници процењују каква је била температура на Земљи у прошлости проучавајући стене и седименте на дну језера, мора и океана. Лед оставља трагове на стенама, док седименти из онога што су некада била древна мора садрже остатке биљака које су могле да преживе једино на одређеним температурама.

Много бољи извор података за процену температуре у последњих милион година за научнике представља истраживање леда са Антарктика. Тај лед садржи мехуриће ваздуха који пружају доказ о томе какав је био састав гасова у атмосфери и колика је била температура на Земљи у прошлости (сл. 1.3.2). Најобимнији низ података (око 800.000 година) прибављен је са руске станице Восток на Антарктику.

Годови дрвећа представљају добар извор информација о климатским променама у минулим вековима. Годови за време топлих година су шири, а из хладнијих година ужи. Љуштуре морских и слатководних мекушаца су још један добар показатељ климе у прошлости.

Наука која се бави проучавањем климе у прошлости зове се **палеоклиматологија**.

Слика 1.3.2 Научници извлаче стуб антарктичког леда из којег ће моћи да одреде температуру ваздуха и садржај угљен-диоксида у атмосфери током стотина хиљада година.



1.3.1 | Узроци климатских промена: милиони година

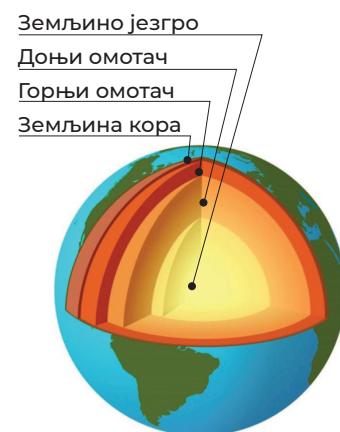
У настојању да објасне главне промене климе на Земљи, које су се догодиле током протеклих пола милијарде година, научници су посматрали разне геолошке, астрономске, биолошке, геомагнетне и космичке факторе. Разматрали су чак и могућност доласка посетилаца са других планета, који су можда користили неку врсту климатског оружја. Међутим, научници нису пронашли никакав траг деловања ванземаљаца. Оно што су пронашли јесте податак да је температура на нашој планети током последњих неколико стотина милиона година била одређена положајем континената на Земаљској кугли!

Континенти се померају

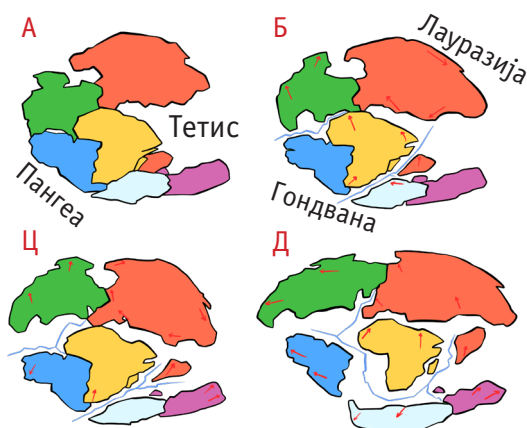
Земљино језгро је само танки горњи слој наше планете (сл. 1.3.3). Испод ње почиње омотач који представља главни део планете и који на већој дубини прелази у веома топлу и лепљиву течност. Кора и горњи слојеви омотача састоје се од релативно тврдых („литосферних“) плоча, које могу да пукну, да се раздвоје или споје, померајући се само неколико центиметара сваке године, али покривајући хиљаде километара током милиона година! То се зове „померање континената“. Древни континент Пангеа, који је представљао једну целину, постепено се делио на засебне континенте, који су се одвојили и сударали се једни с другима (сл. 1.3.4). Ако погледате западну страну Африке и источну страну Јужне Америке, видећете да се оне уклапају као комадићи слагалице. То је зато што су некада били део једног истог континента који се раздвојио на више делова.

Слика 1.3.3

Шта се налази унутар Земље



На континентима који су близу екватора лед се не акумулира, али ако су континенти близу полова, они убрзо бивају затрпани испод глечера (ледених маса) какве сада видимо на Антарктику и Гренланду. Од беле површине леда и снега Сунчево зрачење се одбија назад у свемир и зато лед и снег остају хладни, док тамне површине земљишта или воде апсорбују велики део долазног Сунчевог зрачења и тако се загревају. Нижи делови атмосфере, у којима се одвијају временски процеси и развија живи свет, највише се загревају од топлоте подлоге (површине земљишта, воде, снега и леда), због чега је загревање подлоге „сунцем“ важно и за загревање ваздуха.



Слика 1.3.4

Померање континената током последњих 500 милиона година

- А** – формирање континента Пангеа;
- Б** – дељење континента Пангеа, формирање Лауразије и Гондване;
- В** – дељење Гондване, формирање Хиндустана, Аустралије и Антарктика;
- Г** – формирање Јужне Америке, почетак дељења Лауразије.

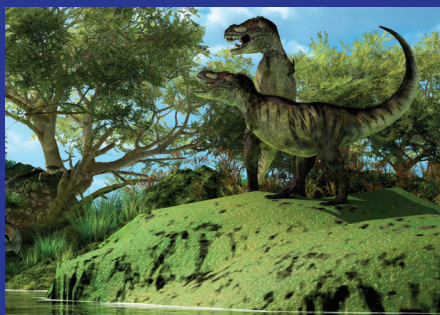
Када се то догоди на великом подручју, постаје главни фактор који утиче на климу целе планете. Током највећег дела времена у последњих пола милијарде година континенти су имали мање леденог покривача него што имају сада, што значи да је клима на Земљи била топлија.

Од беле површине леда и снега Сунчево зрачење се великим делом одбија назад у свемир и зато лед и снег остају хладни, док тамне површине земљишта или воде апсорбују велики део Сунчевог зрачења и тако се загревају. Алbedo је карактеристика површине која одређује колико ће се Сунчевог зрачења рефлектовати. Снег има највећи алbedo, а тамно земљиште и асфалт имају најмањи алbedo.

Када би се догодила велика промена климе, нарочито када би дошло до хлађења, настале би такозване „био-катастрофе“: читаве групе организама су изумирале, а преживљавале су само оне које су се најбоље прилагодили новим условима.

Једно од тих хладних раздобља од пре око 60 милиона година довело је до нестанка диносауруса. То је сигурно био постепен процес, који је трајао више милиона година. Тачан узрок изумирања диносауруса није познат, а можда их је било и неколико, а не само један.

Зашто су изумрли диносауруси?



Диносауруси су изумрли на Земљи пре око 60 милиона година. Научници још не знају шта се тачно догодило.

Једна теорија говори о томе да диносауруси нису могли да се надмећу са боље прилагођеним организмима. На пример, са топлокрвним сисарима који нису били већи од веверице, али који су могли да поједу јаја диносауруса или да их нападну ноћу, када хладнокрвни диносауруси нису могли да се крећу.

Према другој теорији, огроман метеорит погодио је Земљу у области данашњег Карипског мора, услед чега се велика количина прашине подигла у атмосферу, заклањајући Сунчево зрачење током дужег периода, што је утицало на расположивост хране. Птице, сисари и многи други организми прилагодили су се новим температурама, али диносауруси нису.

Постоји још једна верзија. Познато је да за поједине гмизавце (крокодиле, корњаче) температура земљишта одређује да ли ће се мужјаци или женке излећи из јаја која су положена у песку дуж речних и морских обала. Биолози претпостављају да је та зависност можда постојала и код диносауруса, који су такође били гмизавци. Уколико је температура била таква да су се само женке (или мужјаци) диносауруса излегли из јаја, те врсте су могле брзо да нестану.

Услед промене из непроменљиве, влажне климе у климу са сезонским променама (чак и малим променама) могли су да настану кратки периоди хладних ноћи, када огромна тела диносауруса нису могла да сачувају довољно топлоте. Многе од тих животиња би губиле снагу и на крају би угинуле.

Али најзначајнији климатски догађај десио се пре 50 милиона година, када су се континенти удаљили од полова. Покривач од снега и леда се смањио, а температуре су порасле до нивоа који је за око 12°C био виши него данас. Затим се, „изненада“, Индија, која је до тада била мала, засебна литосферна плоча, сударила са Евроазијом. На месту судара појавили су се Хималаји. Остале плоче кретале су се тако да је Антарктик заузео своје место на Јужном полу и био је прекривен слојем леда (пре око 30–40 милиона година). Температура на Земљи почела је нагло да пада када је ледени покривач, формиран на Антарктику, почео да рефлектује већи део Сунчевог зрачења назад у свемир.

Пре око 10 милиона година, Гренланд је стигао на своју садашњу локацију и постао је прекривен слојем леда, који је још више спустио температуру, до нивоа приближних онима које имамо данас.

Пре 100 милиона година на Земљи је било много топлије него данас. Пре 30–40 милиона година Антарктик је постао прекривен ледом, а пре око 10 милиона година исто се догодило и са Гренландом, што је довело до пада температура на њихов садашњи ниво.

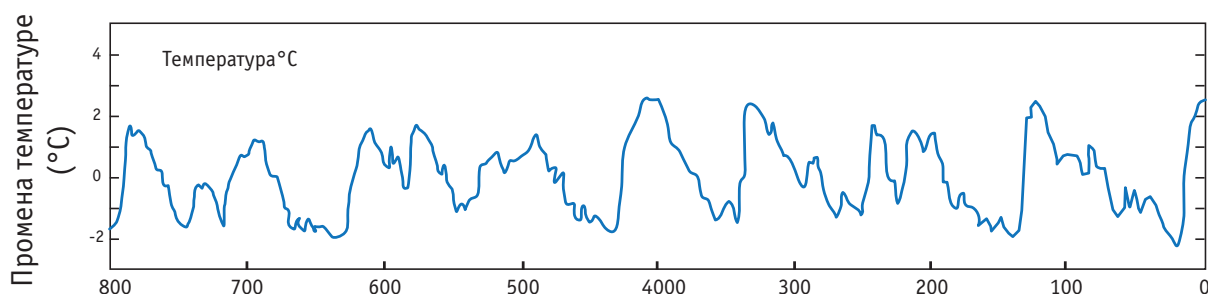
1.3.2

Узроци климатских промена: десетине и стотине хиљада година

Познато нам је да се температура на Земљи мења у оквиру сваког периода који траје око милион година. Утврђено је да око сваких 100.000 година постоји релативно краћи топли период, док је током преосталог времена клима много хладнија (такозвани „гласијални периоди“ или „ледена доба“). Тренутно живимо у топлим периоду.

Слика 1.3.5

Промена температуре на Земљи током последњих 800.000 година у односу на просечну температуру



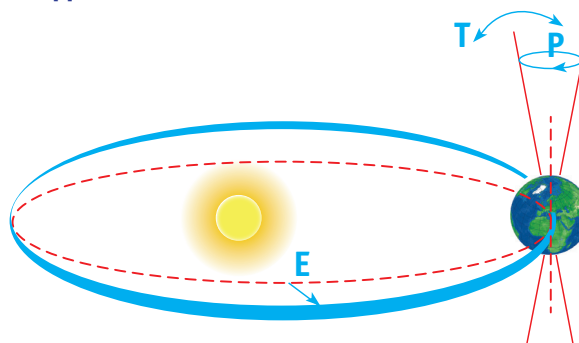
Зашто се то дешава? Научници су утврдили да за смењивање ледених доба и топлих периода постоје астрономски узроци (сл. 1.3.6).

Сваких 41.000 година нагиб Земљине осе мења се у распону од 22° до $24,5^{\circ}$ (тренутно је на $23,5^{\circ}$). Што је нагиб осе већи, већа је температурна разлика у току лета и зиме, јер је већи упадни угао Сунчевог зрачења током лета и веће је загревање површине Земље, а тиме и ваздуха, а мањи је током зиме, због чега је ова сезона хладнија. Утицај промене нагиба осе не утиче на укупну енергију коју Земља прима од Сунца, већ на распоред те енергије на Земљи.

Слика 1.3.6

Промене у орбити Земље и у њеној оси ротације које утичу на смену ледених и међуледених доба

Т — нагиб Земљине осе ротације;
Е — промене у облику Земљине орбите (одступање орбите од круга – ексцентричност орбите);
Р — промена смера нагнутости Земљине осе ротације – осна прецесија.

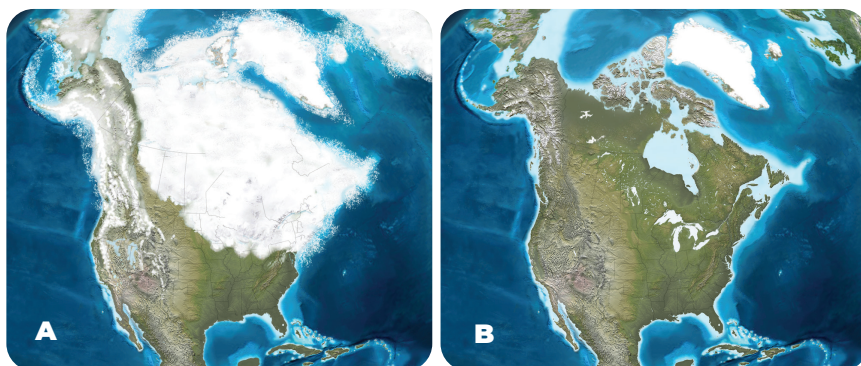


Период промене осне прецесије је близу 19.000–23.000 година. Ова промена личи на промену оријентације осе ротације чигре која успорава и оса јој није више усмерена вертикално, већ њен врх прави кругове. Земља је као чигра која се врти. Наравно, нипошто не може престати да ротира током наредних неколико милиона година, али дошло је до извесног успоравања. Кругови које описује оса Земљине ротације не утичу на количину топлоте која на Земљу долази од Сунца (не више од нагиба осе као такве), али утиче на расподелу долазне Сунчеве енергије на Земљи. Тренутно усмерење нагиба осе ротације Земље је такво да је током месеци јун–август северна хемисфера нагнута „ка“ Сунцу (на северној хемисфери је већи упадни угао Сунчевог зрачења) и у тим месецима је лето, а јужна је нагнута „од“ Сунца и тамо је зима. При промени осне прецесије распоред годишњих доба током године може бити потпуно обрнут.

Земљина орбита око Сунца се мења отприлике сваких 400.000 и 100.000 година. Орбита има облик елипсе, која је врло блиска кружници. Када је Земљина орбита скоро потпуно кружна, количина Сунчевог зрачења која долази до Земље у различитим годишњим добима је више уједначена, јер Земља обилази Сунце током године на скоро уједначеном растојању, у односу на ситуацију када орбита има елиптични облик.

Када су зиме у поларним пределима дуже и оштрије и када има више снежних падавина, мање снега се отопи током лета и услед те акумулације образују се глечери. Ти бели глечери, за разлику од тамне површине земље или воде, одбијају готово све Сунчево зрачење које доспева до њих. Као резултат тога, хладноћа се појачава и глечери настављају да расту, померајући се од полова према умереним географским ширинама. Тада почиње глацијални период (сл. 1.3.7).

После неколико десетина хиљада година, услови су се мењали тако да зиме у поларним и умереним пределима постају краће и топлије. Глечери почињу да се повлаче, а клима се враћа у пређашње стање. Управо то се догодило пре око 13.000 година, када се завршио последњи глацијални период.



Слика 1.3.7

Северна Америка током А) глацијалног периода пре 125.000 година; Б) данас

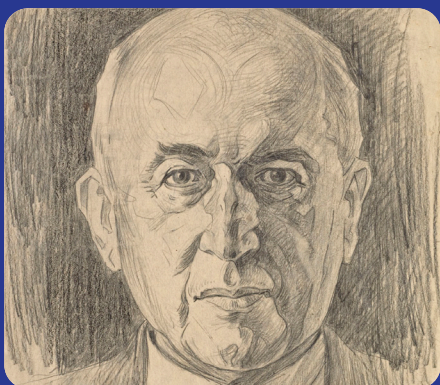
Пре око 5.000–7.000 година клима је била топлија и влажнија него што је сада, и то је створило услове повољне за развој људске цивилизације, али би погрешно било мислити да ће убрзано загревање за неколико степени бити добро за модерну цивилизацију. Људи данас имају другачије потребе и другачије услове живота: обиље траве за домаће животиње и мноштво дивљачи за лов у шумама нису више довољни да би наша друштва могла нормално да функционишу.

Ниво океана на Земљи променио се током наступајућих и одлазећих глацијалних периода. Током хладних периода ниво мора био је 50–100 m испод данашњег нивоа. То су била времена када су древни људи прешли из Евроазије у Америку, углавном копненим путем, а делимично и преко уског мореуза прекривеног ледом. У топлијим периодима током последњих неколико стотина хиљада година, океан је био на данашњем нивоу или за 5–10 m виши.

Колико десетина хиљада година је остало до следећег глацијалног периода на Земљи? Сложеност периода промене Земљине орбите и ротације око своје осе онемогућава научницима да предвиде да ли ће се десити за 15.000, 20.000 или 30.000 година.

Математичку теорију утицаја промене положаја Земље у односу на Сунце на климу Земље поставио је српски научник Милутин Миланковић. Он је открио да су периодичне промене ексцентричности Земљине орбите (период промене око 100.000 година), нагиба Земљине осе (период промене 41.000 година) и осне прецесије (смера нагиба осе ротације, период промене 26.000 година) узрок дугорочних климатских промена, тј. смене ледених (глацијалних) и међуледених (интерглацијалних) доба. Ове промене су познате као **Миланковићеви циклуси**.

Другим речима, наведена три фактора утичу на положај Земље у односу на Сунце, па самим тим и на количину енергије примљене од Сунца, а највише на промену распореда примљене енергије по географским ширинама. Математички модел Миланковићевих циклуса показује промену температуре током дуге историје Земље услед утицаја наведених фактора, која показује добра слагања са палеоклиматолошким мерењима. Ова теорија омогућила је реконструкцију климе давне прошлости и предвиђање вероватне климе планете Земље далеко у будућност. Међутим, услед садашњег антропогеног утицаја, могући су значајнији поремећаји ових природних циклуса, што зависи од спровођења мера за ублажавање утицаја човека на климу планете у будућности.



Милутин Миланковић (1879–1958), српски геофизичар, климатолог, астроном и грађевински инжењер, доктор техничких наука, популаризатор науке и физичар (Паја Јовановић, скица за портрет Милутина Миланковића, 1943, Музеј Града Београда ЛПЈ76)

На Месецу, Миланковићево име, по одлуци Скупштине Међународне астрономске уније, добио је јасно изражен кратер средње величине. И једном кратеру на Марсу дато је Миланковићево име. Милутин Миланковић је у свом богатом стваралачком животу урадио и предложио, између осталог, реформу грегоријанског и јулијанског календара, која је водила изградњи јединственог, до сада најпрецизнијег календара (Миланковићев календар).

Садашњи интергласијални период (период између два ледена доба) – холоцен, по Миланковићевим циклусима требало би да траје још 25.000–50.000 година. Међутим, због повећања емисија гасова са ефектом стаклене баште и повећања средње глобалне температуре, услед екстремног сценарија, могуће је да ће почетак следећег леденог доба бити одложен и да се неће десити у наредних 100.000 година.

Ипак, две ствари су познате. Прво, то ће се догодити. Вероватно ће наши далеки потомци моћи да се прилагоде, зато што клима на централним и тропским географским ширинама неће бити много хладнија него што је сада. Друго, наредни гласијални период неће наступити ускоро и неће наступити у року од годину дана нити чак за сто година, већ ће се гласијално кретање одвијати током стотина и хиљада година. Изгледни да ће наступити гласијални период немају значаја за климу у последњем миленијуму или за неколико предстојећих векова.

Историју климатских промена на Земљи током протеклих милион година карактерише смена гласијалних и интергласијалних доба. Отприлике сваких 100.000 година клима се загрева. Топао период траје 20.000–40.000 година и онда опет наступа хлађење. Нов гласијални период је неминован, али он неће наступити током наредних 15.000 или 30.000 година. Изгледни да ће наступити ново „ледено доба“ немају значаја за климатске промене које се сада дешавају и које ће се дешавати током наредних неколико векова



1.3.3 | Уроци климатских промена: векови

Различити делови Земље били су топлији и хладнији у различитим временским раздобљима током последњих хиљаду година. Било је неколико деценија када је температура ваздуха варирала за 3-4 °C. Наравно, пре хиљаду година није било термометара (људи су могли да мере температуру ваздуха током последњих 300 година; Галилео је изумео термометар у 16. веку), али сачувани записи о „плодним“ (топлим) и „мање плодним“ (хладним) периодима представљају доказ значајних климатских колебања. Научници могу да извуку закључке о температури из прошлости и из наслага на дну мора и река, као и на основу других знакова. Годишњи годови дрвећа представљају нарочито добар извор информација.

Научници објашњавају периодичне температурне флукуације током деценија променама соларне активности, вулканским ерупцијама и процесима који се одвијају у океанима.

Промене у активности Сунца

Интензитет Сунчевог зрачења варира периодично и има једанаестогодишње циклусе. Али посматрања која су започета још у 17. веку показују и циклусе промена Сунчеве активности који су трајали 40–45, 60–70, 100 и 200 година.

Варијације у интензитету Сунчевог зрачења обично су незнатне, али када неколико периода ниске активности наиђе један за другим, може имати утицаја на температуру на Земљи. То се догађало, на пример, од 1640. до 1715. године, током периода који се назива „мало ледено доба“.

То је било време када су се људи у Холандији зими клизали по замрзнутим каналима Амстердама. Убрзо после тога, тај хладни талас се завршио и употреба клизаљки постала је много ређа (сл. 1.3.8).



Слика 1.3.8

Холанђани који се клизају по замрзнутом каналу. Гравуре из серије „Модерни ликови“ Ромејна де Хогеа (1682–1702)

Вулканске ерупције

Која природна појава нас највише задивљује својом снагом и енергијом? Одговор је, свакако, ерупција вулкана. Шта мислите, да ли вулкани загревају Земљину атмосферу или је хладе? На први поглед, чини се да они сигурно загревају атмосферу. Истина је да ужарена лава и врели гасови подижу температуру ваздуха, али само у близини вулкана. Оно што највише утиче на климу није лава или гас, већ вулкански пепео. Ерупција га избацује високо у атмосферу, до висина од 10–15 km (у стратосферу), где се он дуго задржава. Пепео спречава продор дела Сунчевог зрачења и због тога цела планета постаје хладнија.



Свака снажна вулканска ерупција у којој стуб пепела доспева у стратосферу изазива краткотрајно хлађење годину дана касније. На пример, после Наполеонових ратова у Европи, људи су се питали зашто је температура постала просечно нижа током извесног броја година. Разлог томе била је ерупција вулкана Тамбора, који је сада у Индонезији (сл. 1.3.9). Исто се догодило и 1983. године после ерупције вулкана Ел Чичон у Мексику, као и 1992. године после ерупције вулкана Монт Пинатубо на Филипинима.

Након 2-3 године пепео се слегне, а вулкани престају да утичу на Земљину климу, све док наредна велика ерупција не избаци пепео у стратосферу.



Слика 1.3.9

Вулкан Тамбора на острву Сумбава у Индонезији. Масивна ерупција из 1815. године изазвала је урушавање горњег дела вулкана, услед чега је настао кратер широк 6 km и дубок 1 km.

Ерупције о којима слушамо не утичу на Земљину климу. На пример, ерупција вулкана чији назив се тешко изговара, „Ејафјад-лајекјудл“, на Исланду, године 2010. избацио је много пепела, али само у доњи део атмосфере. Авио-саобраћај био је заустављен у целој Европи, али се пепео из овог исландског вулкана брзо слегао, не раширивши се по осталом делу света.

Океанске струје

Установљено је да се откриће Гренланда од стране норвешких Викинга пре хиљаду година подударило са топлим периодом. Због тога су његови проналазачи изабрали управо тај назив. Наравно, чак ни тада Гренланд није био потпуно зелен: глечери су покривали већи део острва, као и данас, али јужни обод био је без леда и релативно топао. Разлог томе биле су промене океанских струја: када су оне јаче, локална клима постаје нешто топлија; када су слабије, клима постаје хладнија. Такво понашање океанских струја довољно је да изазове топлије и хладније периоде у различитим деловима света.



Клима на Земљи се променила неколико пута у прошлости. Али никада раније просечна температура на планети није порасла тако брзо као што се мења сада: за 1,2 °C током 130 година. Та, досад незабележена брзина није уобичајена за природне процесе. За најбрже природне промене увек су биле потребне стотине или хиљаде година, што је веома споро у односу на просечан људски век. Катастрофе у којима се клима драстично мења у року од једне или две године могле би да буду тема неког филма о пропасти, али оне су далеко од реалности и од онога што би било који научник предвидео.





ПИТАЊА

1

Који је главни фактор климатских промена током милијарди година?

2

Који сладолед се спорије топи на сунцу: бели сладолед од ваниле или тамни сладолед од чоколаде? Зашто? Како то илуструје процесе који се одвијају на Земљи?

3

Које се велико померање литосферних плоча догодило пре 50 милиона година? Како је то утицало на Земљу какву данас познајемо?

4

Шта користе научници да би одредили температуру и хемијски састав атмосфере током последњих 800.000 година?

5

Зашто се јављају глацијални периоди?

6

Када се завршио последњи глацијални период? Да ли ће наступити нов глацијални период? Да ли би он могао да почне следеће године?

7

Како су древни људи прешли из Евроазије у Америку? Бродове нису имали, а Берингов мореуз је сада широк 86 km (не може се ништа видети с једне стране на другу).

8

Да ли вулкани загревају или хладе Земљину атмосферу?





ЗАДАЦИ



1

Задатак 1.

Ставите лист папира за копирање на мапу света, прекопирајте обресе Африке и Јужне Америке и исеците их. Спојте исечене континенте.

Да ли изгледа као да су они представљали једно целовито копно? Како се то копно звало? Шта се догодило са тим копном?

Како је то утицало на Земљину климу? Зашто?

Задатак 2. Експеримент

Материјали: два мала листа папира (бели и црни); два комада пластелина дужине 4 cm и дебљине 0,5 cm.

Експеримент. Залепите листове папира тако да лева половина буде бела, а десна половина да буде црна. Причврстите комаде пластелина усправно на позадину папира, тако да један комад пластелина буде на белом делу, а други на црном. Поставите лист на ивицу и држите га близу лампе (најбоље би било да је то лампа с јаким светлом). Лампа ће осветлити папир.

Који комад пластелина је први отпао када је лампа загрејала папир? Зашто? Наведите пример сличног процеса који се одвија на Земљи.

3

Задатак 3. Већ знате да је клима на Земљи у доба диносауруса била топлија него данас. Да би свет био поново топао као у доба када су живели диносауруси, Антарктик би морао да се удаљи од Јужног пола довољно да би сав његов лед могао да се отопи.

Узмите физичку мапу света и, на основу њене размере, израчунајте колико километара би Антарктик морао да се удаљи пре него што његово средиште доспе на 40 степени јужне географске ширине.

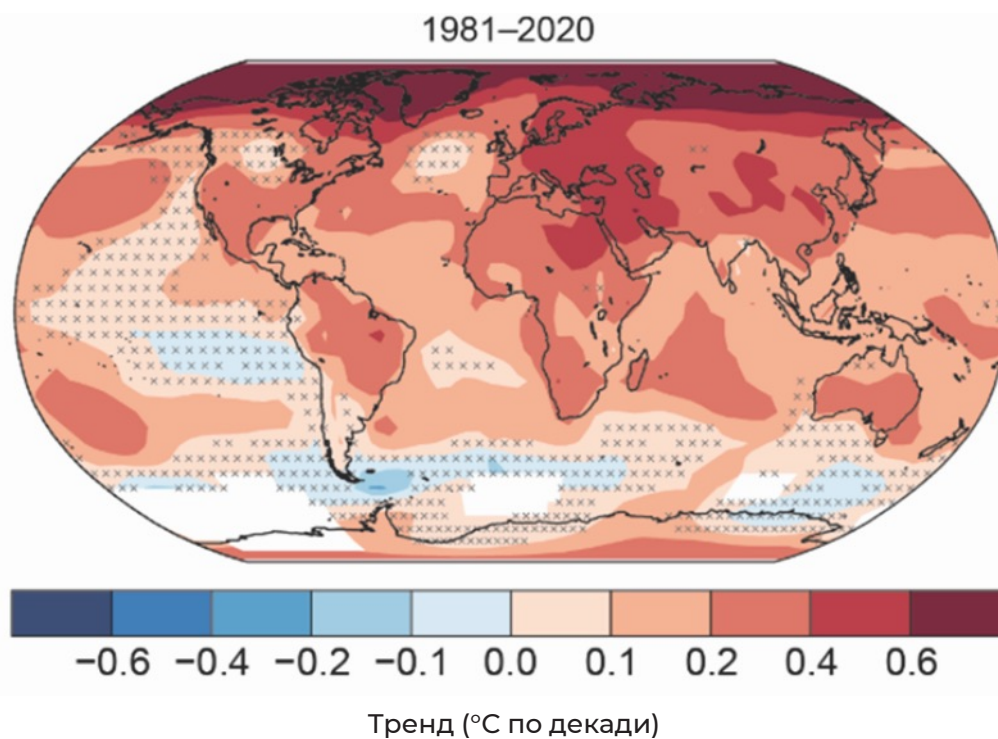
Претпоставимо да се Антарктик креће „брзином“ од 2 cm годишње. Колико година би било потребно да би дошло до загревања на Земљи изазваног искључиво кретањем Антарктика, а које би било довољно да диносауруси могу поново да живе на Земљи?

1.4 | Климатске промене данас

Током двадесетог века, температура на Земљи почела је убрзано да расте, што се не може објаснити природним појавама. За 130 година, средња температура ваздуха на Земљи је постала за скоро 1, 2 степена виша! Према извештају IPCC AR6 за 2021, током последњих 50 година стопа пораста глобалне температуре је највећа у најмање последњих 2.000 година. Глобалне површинске температуре нису биле топлије у последњих 125.000 година. Осмотрено и пројектовано загревање је јаче над копном него над/у океанима, а најјаче је на Арктику.

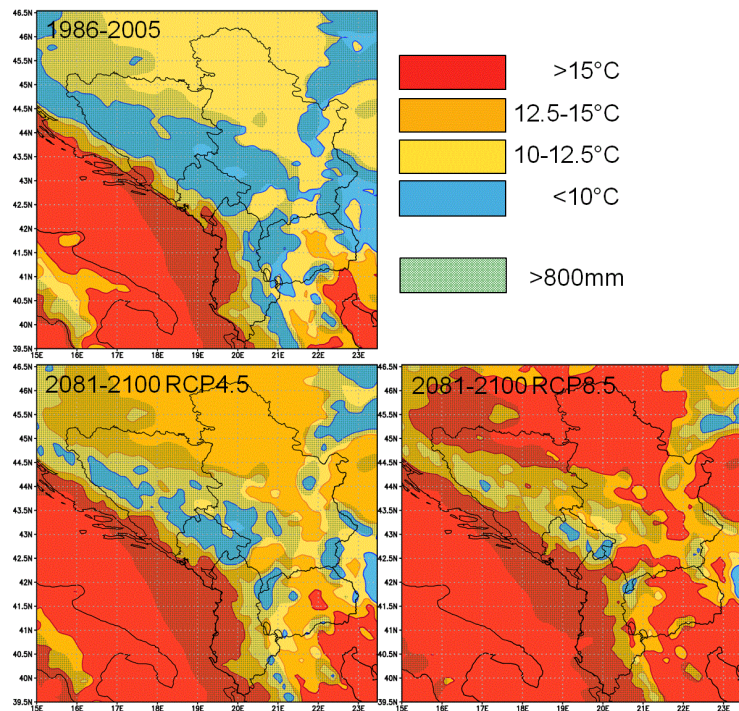
Слика 1.4.1

Мапа показује тренд осматраних промена температуре на Земљи по деценији у различитим регионима света у периоду 1981–2020. у поређењу са периодом 1850–1900.



Слика 1.4.1.1

Средње вредности температуре у области Западног Балкана за периоде 1986–2005. и 2081–2100, по RCP4.5 (сценарио који предвиђа заустављање глобалног раста емисија гасова са ефектом стаклене баште 2040. године) и RCP8.5 (сценарио константног пораста емисија гасова са ефектом стаклене баште до краја века). Осенчена област представља простирање средњих годишњих падавина преко 800 mm. Сценарији и периоди су изабрани у складу са Петим извештајем IPCC (Вуковић и Вујадиновић Мандић, 2018; Бабић и сар. 2018).



Слика 1.4.1.2

Реке Сава и Дунав у Београду, са ледом и без леда;
аутори: Филип ла Моине (лево), Дамир Цветојевић (десно)



Научници објашњавају глобално загревање које се сада дешава као последицу појачаног „ефекта стаклене баште“.

Ефекат стаклене баште

Ефекат стаклене баште је задржавање топлоте коју емитује површина Земље у атмосфери, јер гасови са ефектом стаклене баште, који су саставни део атмосфере, апсорбују Земљино топлотно зрачење. Када су научници први пут описали тај ефекат пре 200 година, приметили су да Земљина атмосфера делује као стаклена башта за гајење поврћа. Зато су гасови који апсорбују Земљину топлотну радијацију добили назив „гасови са ефектом стаклене баште“.

Главни гасови са ефектом стаклене баште у атмосфери су угљен-диоксид, метан и азот-субоксид (из практичних разлога, наводићемо их по њиховим хемијским формулама, CO_2 , CH_4 и N_2O) и још неки, као и водена пара. Они спречавају да дуготаласно инфрацрвено (топлотно) зрачење Земљине површине у потпуности оде у космос. Као резултат тога, доњи слој атмосфере, где се одвијају све временске прилике и где је највећа концентрација гасова, загрева се. Без ефекта стаклене баште просечна површинска температура ваздуха не би била 14°C , као сада, већ -19°C . Топлота Земљине површине одлазила би у свемир без загревања атмосфере. Услед тога, тешко да би могао да постоји живот на нашој планети.

Слика 1.4.2

Енергетски биланс Земље и ефекат стаклене баште



Научници су одавно предвидели да ће производњом и сагоревањем угља, нафте и гаса људи емитовати велике количине CO_2 и CH_4 и тако повећати ефекат стаклене баште. Средином 20. века то предвиђање је потврђено: концентрација тих гасова на целом свету почела је убрзано да се повећава (сл. 1.4.3).

Слика 1.4.3

Концентрације угљен-диоксида у атмосфери током протеклих 400.000 година



Повећање концентрације гасова са ефектом стаклене баште

представља главни узрок климатских промена данас. Као резултат људских активности, пре свега сагоревања фосилних горива, развоја индустрије и саобраћаја и крчења шума, атмосферске концентрације гасова са ефектом стаклене баште, као што су угљен-диоксид (CO_2), метан (CH_4) и азот-субоксид (N_2O), достигле су рекордне нивое – више су него у било ком периоду у последњих најмање 800.000 година. Природна концентрација угљен-диоксида у атмосфери варијала је током историје и кретала се између 180 и 300 ppm (енг. parts per million – делова на милион других честица). Најновија анализа осматраних вредности Светске метеоролошке организације показује да су глобално просечне површинске концентрације CO_2 , CH_4 и N_2O у ваздуху достигле нове максимуме 2022. године, CO_2 на 418 ppm, CH_4 на 1923 ppb и N_2O на 336 ppb. Ове вредности представљају, респективно, повећање на вредности 150%, 264% и 124%, у поређењу са вредностима у преиндустријском добу (пре 1750. године). Мишљење да људска активност води ка јачању ефекта стаклене баште први је изразио шведски научник Сванте Аренијус, још 1896. године.

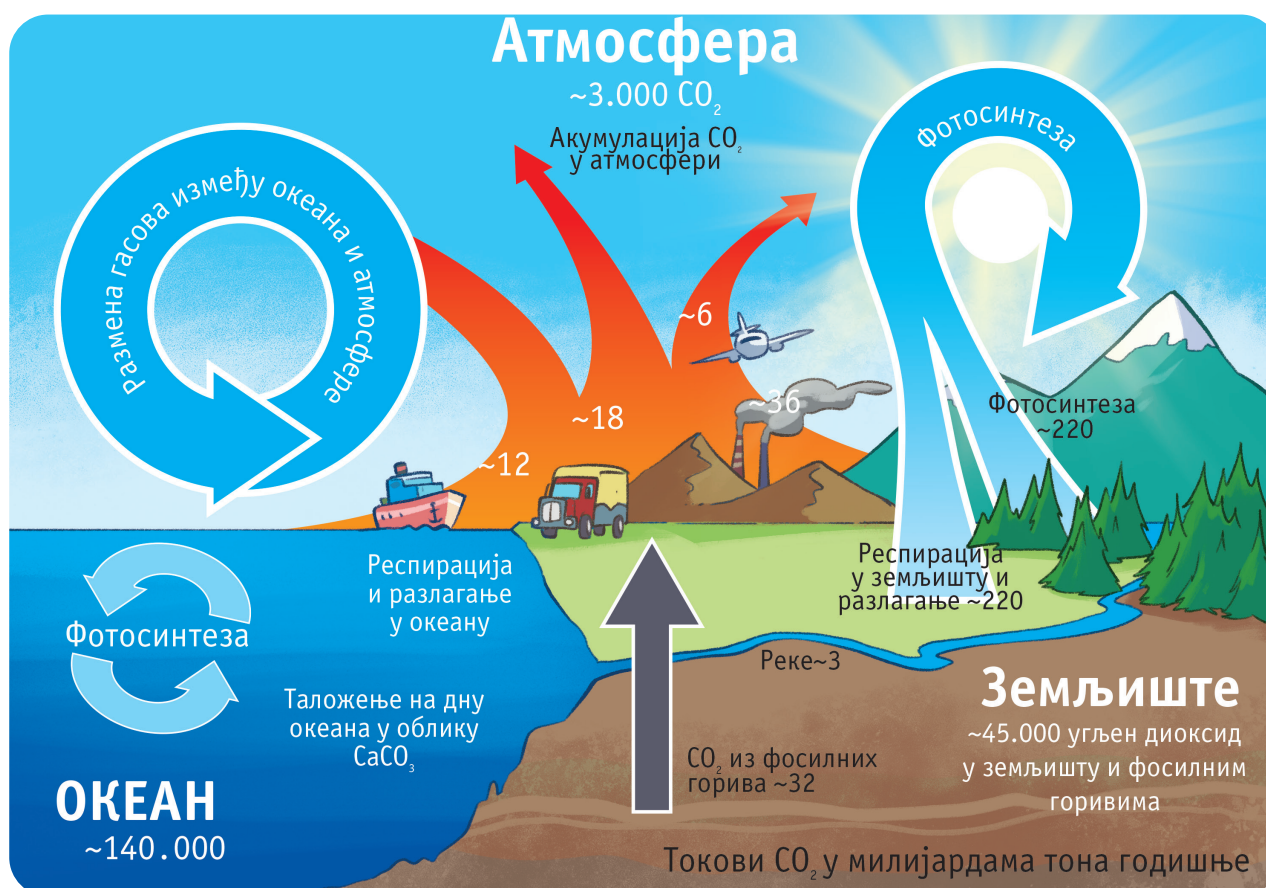
Да ли до повећања концентрације CO_2 долази искључиво због људских активности или је то и природан процес?

Природни процеси као што су дисање живих организама, разградња, размена океана и атмосфере, вулканска активност и шумски пожари ослобађају угљен-диоксид у атмосферу и имају кључну улогу у Земљиним циклусу угљеника (слика 1.4.4). Међутим, изотопска анализа открива да је недавни пораст атмосферског угљен-диоксида првенствено од људских активности, као што је сагоревање фосилних горива, које се изразито разликује у молекуларном саставу од угљен-диоксида ослобођеног овим природним процесима.

АНАЛИЗА ИЗОТОПА

Атоми исте супстанце могу садржати различите количине одређених честица које се зову неутрони. Број неутрона у атому указује на то да ли атмосферски угљен-диоксид потиче од дисања живих бића или од сагоревања угља, нафте и природног гаса.

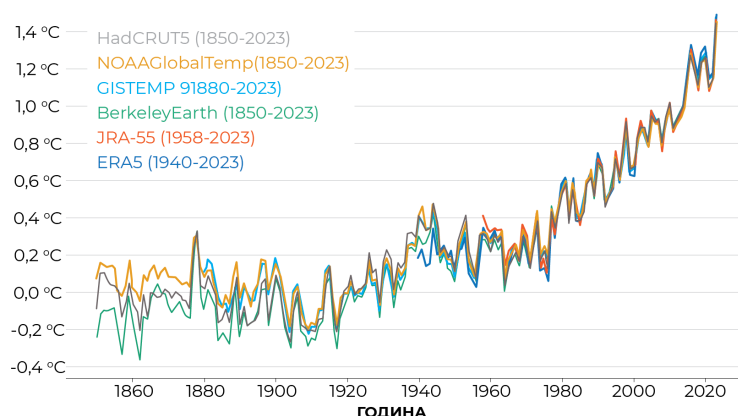
Слика 1.4.4

Циклус CO_2 у природи

Океани, шуме и тло наше планете „помажу“ човечанству апсорбујући половину CO_2 који је створио човек, док се друга половина акумулира у атмосфери (сл. 1.4.4) и појачава ефекат стаклене баште. Услед тога загрева се атмосфера (сл. 1.4.5), а затим и океан (сл. 1.4.6). Повећање глобалне средње просечне температуре између 1850. и 2023. године (сл. 1.4.5) илуструје налаз Светске метеоролошке организације, заснован на подацима из различитих метеоролошких центара, да су протеклих девет година, између 2015. и 2023, биле најтоплије године у историји. Сличан тренд се примећује у океанима. Људи су посекали велики део светских шума, тако да је њихова способност да апсорбују CO_2 из атмосфере сада мања него што је била у прошлости.

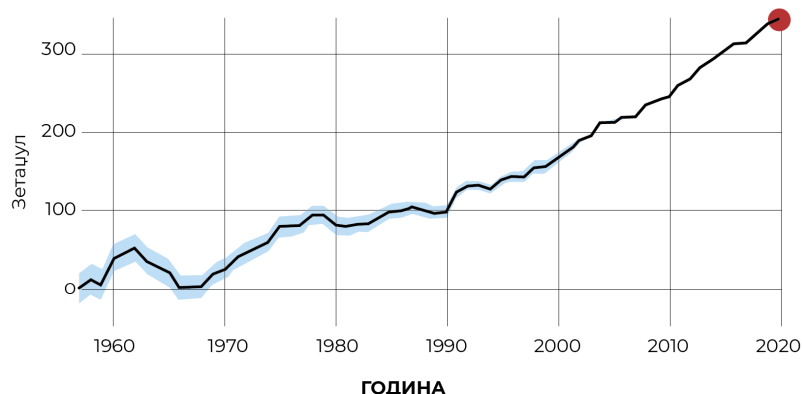
Слика 1.4.5

Повећање глобалне средње температуре на Земљи између 1850. и 2023. како показују различити метеоролошки центри



Слика 1.4.6

Повећање топлотног садржаја океана између 1955. и 2020. године



Од свих чинилаца океан има најзначајнију улогу у обликовању климе на Земљи. Он садржи више од 90% енергије климатског система планете. Када би температура атмосфере расла, али не и температура океана, било би много мање разлога за аларм. То би значило да је главна карика у климатском систему остала непромењена. Нажалост, температура океана такође расте из године у годину. Годишње процене загревања океана за његових првих 2.000 метара између 1955. године, године када је почело модерно вођење евиденције, и 2022. (слика 1.4.6) представљају просек за пет година – на пример, вредност за 2020. је просек за 2018–2022. Зато климатолози верују да хладне зиме, па чак и хлађење ваздуха на планети, не могу да буду знак да је глобално загревање заустављено, јер количина топлоте у климатском систему Земље као целине наставља да се повећава из године у годину. Повећање температуре океана, за које је потребно много више топлоте него за загревање копнених површина, јасан је сигнал дешавања интензивног загревања климатског система.

Осим што мењају количину гасова у атмосфери, људи загађују ваздух аеросолима. Аеросоли су мале честице које долазе у многим облицима. Могу бити природни, попут дима од пожара, вулканских гасова или сланог морског спреја. Људске активности такође могу створити аеросоле, као што су честице загађеног ваздуха или чађи.

Осим што мењају количину гасова у атмосфери, људи загађују ваздух аеросолима. **Аеросоли** су мале честице које долазе у многим облицима. Могу бити природни, попут дима од пожара, вулканских гасова или сланог морског спреја. Људске активности такође могу створити аеросоле, као што су честице загађеног ваздуха или чађи.

Слика 1.4.7

Аеросоли емитовани из природних процеса и људских активности



Улога аеросола у науци о клими је сложена. Генерално, честице светле боје у атмосфери ће рефлектовати долазно Сунчево зрачење и изазвати хлађење. Светли аеросоли су они који се формирају од гаса сумпор-диоксида (SO_2) који се емитује ерупцијом вулкана, који се комбинује са водом у атмосфери и формира ситне честице које могу да круже и остану у ваздуху неколико година. Сагоревањем фосилних горива ослобађају се сулфатне честице и SO_2 , који, попут вулканских аеросола, могу рефлектовати Сунчево зрачење и учинити атмосферу хладнијом. Честице тамне боје апсорбују Сунчево зрачење и чине атмосферу топлијом. Пример тамно обојених честица је чађ, састављена од честица угљеника из сагоревања фосилних горива, дрвета или других биљних материја. Пошто различите врсте честица имају различите ефекте, аеросоли су актуелна тема у климатским истраживањима.

Без загађења аеросолом, Земља би била за око $0,4^\circ\text{C}$ топлија него што већ јесте према извештају IPCC AR6 за 2021. Ово се пореди са загревањем које долази од емисије гасова са ефектом стаклене баште, процењене на око $1,5^\circ\text{C}$. Дакле, људска активност и загрева и хлади планету, али је њен утицај на глобално загревање (јачањем ефекта стаклене баште) око три пута већи од расхладног ефекта аеросола који у великој мери потичу од људске активности. Према томе, постоји реалан разлог да се говори о „климатским променама“ изазваним људским активностима.

Још седамдесетих година 20. века климатолог Михаил Будико предвидео је да ће се до 2000. године човечанство суочити са проблемима у виду нових и „чудних“ промена климе. Био је у праву.

Од времена када су људи почели да ложе угаљ, температура ваздуха на површини Земље повећала се за око 1,2 °C, а 0,85 °C тог повећања догодило се у последњих 50 година (сл. 1.4.5). На први поглед чини се да је та промена умерена и не изгледа као да представља претњу. Међутим, не смемо заборавити да је то просечна промена за целу планету и за сва годишња доба. На неким местима та промена била је много већа. Научници су открили да се Земљини полови загревају брже од глобалног просека, што је феномен познат као поларно појачање. Овај феномен се већ примећује на Арктику, који се загревао скоро четири пута брже од глобалног просека у последње четири деценије. Недавне студије показују да се Антарктик загрева двоструко брже од глобалног просека. Температуре ваздуха на далеком северу, на Арктику, порасле су чак за 2-3 °C (сл. 1.4.1).

У неким северним деловима Европе, Северне Америке и Азије, зиме су постале хладније а не топлије. Гледајући недеље и месеце, откривамо да би температура могла бити 10 °C топлија две до три недеље, а затим 9 °C хладнија од просека за то доба године у том региону у другој половини 20. века, са укупним загревањем од 1-2 °C. Најупадљивија није укупна промена, већ чињеница да је време постало много променљивије, са олујним ветровима и обилним падавинама или снежним падавинама.

Средња температура ваздуха за територију Србије порасла је око 1,8 °C у односу на климу средином 20. века (погледати и поглавље 1.2.1), а у Београду и више, због додатног утицаја појачаног ефекта урбаног топлотног острва. Пораст температуре је значајан од 80-их година 20. века, а последња деценија била је најтоплија до сада. Највећи пораст је осматрен у максималној температури током лета, када се дешава и највеће смањење падавина.

*„Јутро је... Оштар мраз спалио зелено лисје,
А танак и бео снег покрио поља и равни,
И сниски, тршчани кров. У даљи губе се брези
И круже видокруг тавни.“*

(Одломак из песме „Зимско јутро“, српског песника Војислава Илића, 1862–1894)

Зар се није време и у прошлости чудно понашало? Свакако да јесте. Александар Пушкин, чувени руски песник, написао је у свом ремек-делу, „Евгенију Оњегину“ (1833):

„Те године је изнад села трајала дуго јесен стара, земља је жудно снега хтела, а пао је тек јануара [трећег] ноћу...“

Пушкин користи јулијански календар „старог стила“, па је његов 3. јануар заправо по садашњем календару 20. децембар. Али то је и даље веома касно за први снег у централном делу европске Русије – снег обично почиње да пада већ крајем октобра.

Опис јаке зиме даје и Петар Кочић, српски књижевник, у својој приповеци „Кроз мећаву“: „Сува зима стегла. Одасвуд бије, пржи и као уједа оштра и немила студен. Рушти се окорели снег, и жалосно цвилећи угиба се под ногама“.

На врелину лета подсећа песникиња Десанка Максимовић у песми „Ближи се ближи лето“: „...„Помаља златну косу у зрелим њивама жутим...“

Слика 1.4.8

„Шидски шор у снегу“, Сава Шумановић (Србија, 1940)



И у 19. веку било је топлих дана зими и хладних раздобља лети, олуја и поплава, обилних снежних падавина и суша, па чак и ледене кише која све прекрива дебелом кором леда.

Кључна чињеница је да се такве опасне природне појаве сада чешће дешавају и да ће оне постати још чешће у будућности. И даље ћемо доживљавати периоде веома хладног времена, иако ће, с временом, то вероватно постати мање уобичајено. Биће и неких позитивних ефеката глобалног загревања, али тренутно видимо више негативних ефеката.

Користећи климатске моделе да би били укључени ефекти различитих процеса који утичу на климу (и природне и оне које изазива човек), климатолози не само што могу да објасне шта се сада дешава већ могу да дају процене будуће промене климе. У зависности од тренда промене будућих емисија гасова који изазивају појачани ефекат стаклене баште, температура на Земљи могла би драстично да порасте током овог века. Према повољном сценарију, очекивана промена средње глобалне температуре била би у опсегу 1,5-2,0 °C у поређењу са почетком 20. века. Међутим, по најлошијем сценарију, који подразумева даље повећање емисија гасова са ефектом стаклене баште, стопом пораста као до сада, средња глобална температура ваздуха највероватније ће се повећати за више од 5,0 °C.

Очекује се да ће се северна Европа брже загревати. Такође, Арктик се загревао скоро четири пута брже од глобалног просека у протекле четири деценије и очекује се да ће се овај тренд загревања наставити и бити израженији током 21. века. Ово ће имати велики утицај на количине падавина, ниво мора и учесталост и жестину екстремних временских непогода. Како ће се 21. век завршити зависиће у великој мери од људских активности и акција које сада предузимамо. Наравно, утицај Сунца, вулкана, океанских струја и других природних процеса такође је веома важан. Али утицаји на време и климу које они изазивају краткотрајни су и њихова улога током дугих периода је мала.

Научници наглашавају да сваки делић степена глобалног загревања доводи до експоненцијалних промена средње регионалне температуре, падавина и влаге у земљишту. Научници су користили базу података са стотинама сценарија како би проценили како ће глобално загревање утицати на индикаторе климе, као што су глобалне температуре, падавине и влага у земљишту. Због побољшања глобалних модела, успели су да дођу до прецизнијих регионалних процена.

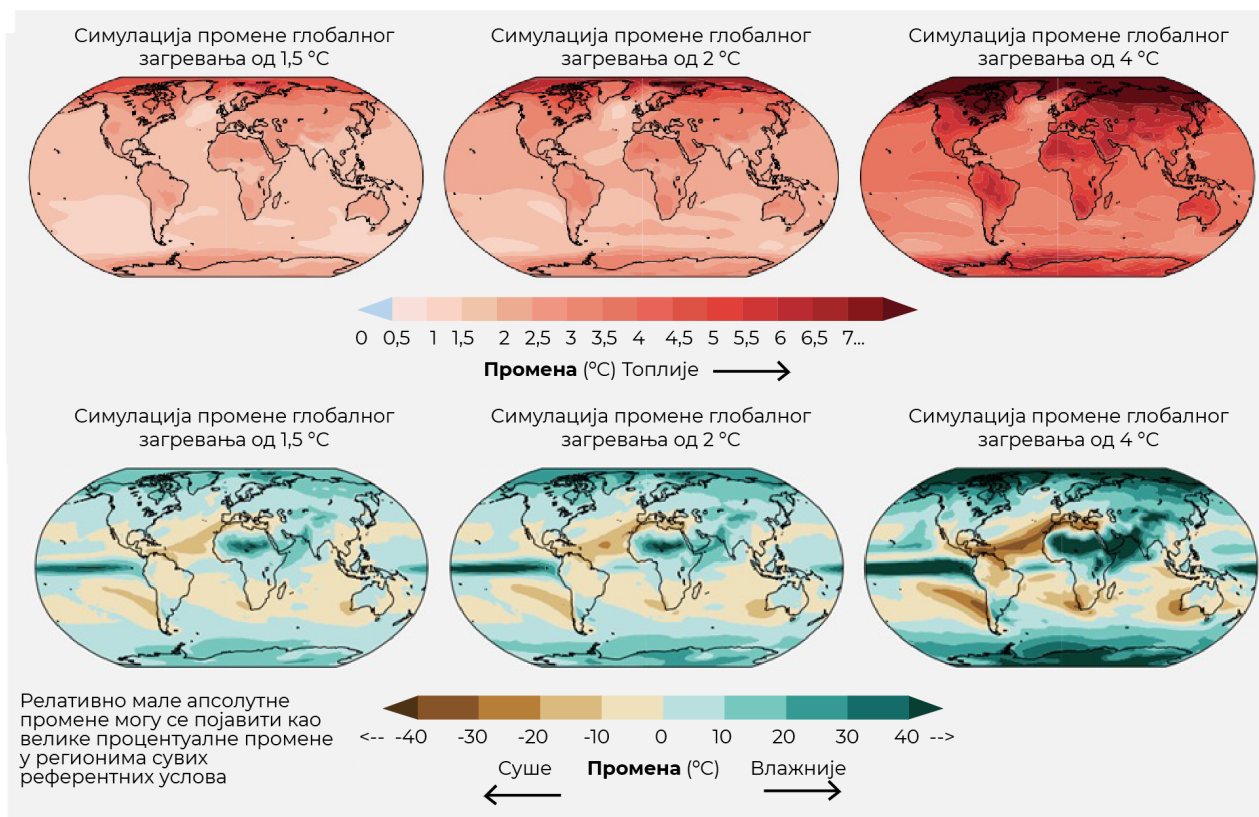
Основне информације о климатским променама у нашем региону представљене су у поглављу 1.2.1.

Студије моделирања сада нам говоре о годишњим променама средње температуре и годишњим променама средње количине падавина које су резултат глобалног просечног повећања температуре од 1,5 °C, 2 °C и 4 °C (слика 1.4.9). Они сугеришу да се копнена подручја греју више од океанских, а Арктик и Антарктик више него тропска подручја. Ови резултати такође сугеришу да се предвиђа да ће падавине порастати на високим географским ширинама, екваторијалном Пацифику и деловима монсунског региона, али ће се смањити у деловима суптропских и у ограниченим областима тропских предела.

Предвиђа се да ће многе промене у климатском систему постати веће у директној вези са повећањем глобалног загревања, укључујући закисељавање океана, отапање леда на Арктику и Антарктику и пораст нивоа мора.

Слика 1.4.9

Промене средње годишње температуре ($^{\circ}\text{C}$) и годишњих падавина у односу на период 1850–1900, за глобална просечна повећања температуре од $1,5^{\circ}\text{C}$, 2°C и 4°C



Зато се већина научника слаже да је човечанство одиграло највећу улогу у климатским променама које се дешавају на Земљи током последњих 70 година (од средине 20. века) и које ће се наставити током наступајућих векова. Они снажно наглашавају хитну потребу за смањењем емисија гасова са ефектом стаклене баште у текућој деценији ако желимо да да задржимо пораст температуре знатно испод 2°C и $1,5^{\circ}\text{C}$.

Највећи утицај човека на климатски систем потиче од емисија гасова који изазивају појачан ефекат стаклене баште а који настају сагоревањем фосилних горива: угља, природног гаса и нафтних деривата. Смањење употребе фосилних горива у електранама, саобраћају, индустрији и свакодневном животу смањиће утицај човека на климу. Али сагоревање фосилних горива није једини фактор. Човек утиче на климу и сечењем шума које су апсорбовале CO_2 из атмосфере, допуштањем да се велике количине метана ослободе из цевовода, и индустријском применом нових синтетичких и моћних гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Због тога је тако тешко решити проблем климатских промена: оно што је потребно јесте трансформација наших друштава и целокупне светске привреде да би она постала „зелена“ и да би могла да функционише и у корист људи и у корист климе.



ПИТАЊА

1

Шта би се десило да нема ефекта стаклене баште? Како је он изазиван?

2

Зашто је температура на Земљи тако много порасла за последњих 100 година?

3

Да ли су до пораста концентрација CO_2 у атмосфери довели природни узроци или човекове активности? Како је то доказано?

4

Зашто можемо да кажемо да човечанство утиче и на загревање и на хлађење климе Земље? Који је од та два ефекта већи?

5

За колико степени су се температуре повећале током протеклих 130 година? Да ли је то повећање у северној Европи било веће или мање у односу на цео свет? Да ли је повећање у региону у коме је Србија било веће или мање у односу на северну Европу?





ЗАДАЦИ

Пронађите дебео, глатко одсечен балван или неки велики пањ. Погледајте годове: видећете да су неки ужи а неки шири. Најстарији годови налазе се у средишту балвана или пања, а најмлађи су на рубу.

Широки годови означавају топле године, а уски годови означавају хладне године. Избројите колико је у последњих 20 година било топлих, а колико хладних година.

