

PODNEBNI TRENDI PO LETU 1850

Darko Ogrin*



Povzetek

Za globalno raven, kakor tudi za Slovenijo, je za čas po drugi polovici 19. stoletja značilen trend postopnega segrevanja ozračja, ki je še posebej izrazit po letu 1980. Ne segreva se samo ozračje, ampak tudi oceani, opazne so tudi druge spremembe v podnebnem sistemu, ki že vplivajo na naravne in družbene razmere po svetu. Po večinskem prepričanju znanstvenikov je glavni vzrok za sodobno spreminjanje podnebja človek in njegovo izkoriščanje naravnih virov. Problematična je množična raba fosilnih goriv, zaradi česar se v ozračju povečuje koncentracija toplogrednih plinov in stopnjuje toplogredni učinek.

Ključne besede: podnebne spremembe, spreminjanje podnebja v instrumentalnem obdobju, globalno segrevanje ozračja, efekt tople grede, trendi segrevanja ozračja

CLIMATE TRENDS AFTER 1850

Abstract:

Typical of the second half of 19th century, at the global level – and consequently also on the territory of Slovenia – is a trend of gradual warming of the atmosphere, which has been particularly explicit since the year 1980. Not only the atmosphere but also the oceans are getting warmer, and other change has been observed in the climate system, which has already had an impact on natural and social conditions of the world. According to the majority belief of scientists, it is humans and their exploitation of natural resources that are the main cause of contemporary climate change. Problematic appears the mass use of fossil fuels due to which the concentration of greenhouse gasses in the atmosphere increases and the greenhouse effect intensifies.

Key words: climate changes, climate change in the instrumental period, global warming, greenhouse effect, atmosphere warming trends

Uvod

V zadnjih 25 letih znanost namenja veliko pozornost t. i. historični klimatologiji (paleoklimatologiji), ki se ukvarja z raziskovanjem preteklega podnebja. Eden glavnih vzrokov za povečano zanimanje so prav gotovo sodobne globalne in regionalne podnebne spremembe s trendi naraščanja temperatur, ki že puščajo posledice v okolju, ter subjektivne zaznave, da je v zadnjih letih vse več vremenskih ujm, od suš do močnih nalivov, nevihtnih neurij, zelenih in milih zim do vročinskih valov poleti. Za pravilno ovrednotenje spreminjanja podnebja v zadnjih desetletjih, pojavnosti t. i. izrednih vremenskih in podnebnih dogodkov ter za pripravo scenarijev možnega poteka podnebja v prihodnje, je potrebno čim bolj natančno

* Dr. Darko Ogrin je izredni profesor na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani darko.ogrin@ff.uni-lj.si

poznavanje zgodovine podnebja. Tako v instrumentalnem obdobju, za katerega imamo podatke meritev in opazovanj meteoroloških postaj, v zadnjih desetletjih tudi satelitskih meritev, kot v predinstrumentalnem obdobju, za katerega so na razpolago druga metodološka orodja, s katerimi si pomagamo rekonstruirati preteklo podnebje. V prispevku se bomo osredotočili na najpomembnejše poteze spreminjanja podnebja v zadnjih 150 letih na globalni ravni in na Slovenskem, na glavni vzrok za te spremembe in na nekatere posledice, ki se že kažejo v naravnem in družbenem okolju.

Globalno segrevanje ozračja in dokazi zanj

Po sredini 19. stoletja so številne meteorološke postaje po svetu začele meritve, ki nam omogočajo vpogled v podnebno dogajanje v zadnjih 100 do 150 letih. Podatki teh postaj, ki jih v sodobnosti kombinirajo s satelitskimi meritvami, kažejo, da se ozračje našega planeta segreva. V zadnjih 100 letih se je temperatura ozračja pri tleh dvignila za okoli 0,8 °C. Naraščanje ni linearno, prvi višek otoplitve je bil v prvi polovici 20. stoletja, drugi se je začel po letu 1980 in še traja. Na dvig temperature zraka po 1980 odpade tudi večina trenda, ki velja za zadnjih 100 let. Desetletje 1990–2000 je bilo na severni polobli najtoplejše v 20. stoletju, obdobje med 1998 in 2005 pa po mnenju nekaterih celo najtoplejše v zadnjih 1000 letih (Ahrens in Samson, 2011, str. 436). Leta 2010, 2005 in 1998 so bila doslej globalno najtoplejša leta (Stališče SMD o podnebnih spremembah, 2011, str. 9).

Stopnja segrevanja ni po vsem svetu enotna, prav tako segrevanje ni časovno enakomerno. Najbolj so se ogreli arktični predeli in večina kopna v srednjih geografskih širinah. Ponekod se ozračje tudi rahlo ohlaja, npr. nekateri oceanski predeli južne poloble, del Antarktike in morje okoli nje. Na splošno velja, da se je ozračje močnejše segrelo nad kopnim, manj nad morjem. Zime so se v zadnjem stoletju ogrele bolj kot poletja. Segrevanje ozračja v troposferi ima za posledico dvig tropopavze, to je meje med troposfero in stratosfero. Nasprotno pa se stratosfera zaradi zmanjševanja koncentracije ozona ohlaja. Opazno je tudi segrevanje oceanov. Po meritvah globinske vode v subtropskem delu Atlantika pri Bermudih znaša trend segrevanja 0,2 °C na 40 let (Ruddiman, 2001, str. 416).

S segrevanjem ozračja se spreminjajo tudi druge podnebne in pokrajinske značilnosti. Spremembe so največje tam, kjer je segrevanje najbolj izrazito, to je v višjih geografskih širinah severne poloble. Spreminjajo se količina, prostorska razporeditev padavin in padavinski režim. Količina padavin se je povečala v visokih geografskih širinah severne poloble, še posebno v hladni polovici leta, zmanjšala pa predvsem v subtropskih predelih. V teh predelih, h katerim lahko priključimo tudi Sredozemlje, se povečuje sušnost. Zaradi izrazitega naraščanja temperatur v visokih geografskih širinah severne poloble zapade manj snega. Grenlandija je npr. v zadnjih 50 letih izgubila okoli 20 % snežne odeje (Maslin, 2007). Povečuje se tudi pogostost in intenziteta vremenskih ujm, kakor so močne nevihte, suše in vročinski valovi.

Tali in krči se Grenlandski ledeni pokrov, umika se večina gorskih ledenikov, med njimi tudi Triglavski (Slika 1) in Ledenik pod Skuto. V hladni polovici leta se zmanjšuje obseg arktičnega morskega ledu, ki je tudi vse

tanjši. Satelitska opazovanja kažejo, da se je po letu 1978 arktični led krčil za skoraj 3 % na desetletje, poleti pa za več kot 7 % na desetletje (Kajfež Bogataj, 2008, str. 32). Manjši je tudi spomladanski obseg zasneženih površin na severni polobli. V visokih geografskih širinah se zaradi vse toplejših tal v poletnem času do vse večjih globin tali permafrost. To povzroča številne težave, saj v njem temeljijo različni objekti in infrastruktura, pogreza se površje, spreminja se hidrološki režim ipd.

Slika 1: Triglavski ledenik okoli leta 1945 (po razglednici) in poleti 1998

(foto: D. Ogrin).

Ledenik se je od druge polovice 19. stoletja, ko je meril okoli 45 ha, do današnjih dni skrčil na vsega 2,5 ha.



Čeprav je dvigovanje morske gladine zaradi globalnega segrevanja težje dokazovati, saj se ta spreminja tudi zaradi tektonskih vzrokov, pa na splošno kaže, da se gladina svetovnega morja viša. Po nekaterih podatkih naj bi se v zadnjih 100 letih dvignila za 10 do 20 cm (Vrhovec, 2005, str. 74; Ackerman in Knox, 2003, str. 451), v obdobju 1961–2003 znaša trend dvigovanja 1,3 do 2,3 mm na leto (IPCC, 2007). Večina dviga je posledica termične ekspanzije vode, preostalo pa taljenja polarnih ledenih pokrovov in gorskih ledenikov. Zaradi dviga gladine sta dva nenaseljena otoka v

Kiribatih leta 1999 že izginila pod gladino morja, 2000 prebivalcev otoka Carteret na Papui Novi Gvineji pa se je bilo prisiljeno preseliti (Melting ice-rising seas, 2006, str. 17). Veliko hujše posledice pa utegne imeti nadaljevanje tega trenda, saj živi ob zelo nizkih obalah več kot 100 milijonov ljudi.

Oceani postajajo tudi vedno bolj kisli, ker se zaradi večje koncentracije CO₂ v ozračju vse več tega plina raztopi v vodi. Ogljikov dioksid tvori pri raztapljanju šibko ogljikovo kislino, ki znižuje pH oceanske vode. Čeprav so spremembe kislosti majhne (od začetka industrializacije se je povprečni pH oceanov zmanjšal za 0,1 pH enot (Kajfež Bogataj, 2008, str. 34)), nastajajo zaradi zakisanja pomembne spremembe v oceanskih ekosistemih. V bolj kislem okolju začne primanjkovati karbonatnih ionov, ki so osnovni gradniki lupin in ogrodij številnih morskih organizmov, npr. koral in školjk, zato ti propadajo.

Zaradi toplejše morske vode v srednjih geografski širinah tropske živali in rastline migrirajo proti severu. Pojav t. i. tropikalizacije opazimo tudi v Sredozemskem in Jadranskem morju. Proti severnim delom Sredozemskega morja se širijo toploljubne vrste sredozemskih rib. Severni Jadran je dosegla balestra (*Balistes carolinensis*), ki že z zunanjo podobo opozarja na tropske korenine. Na prelomu tisočletja se je v slovenskem morju pojavil tudi knez (*Coris julis*) (Lipej in Kerma, 2012). Proti severu se iz tropskih in subtropskih predelov širijo različni insekti. Na drugi strani pa so zaradi sodobnega spreminjanja podnebja ogroženi nekateri ekosistemi (npr. koralni grebeni, mangrove, gorski ekosistemi), določenim vrstam grozi celo izumrtje. Prva žival, ki je uradno uvrščena na seznam ogroženih vrst zaradi podnebnih sprememb oz. segrevanja ozračja, je severni beli medved; na seznam so ga uvrstile Združene države Amerike (IUCN, 2008; cit. po: Stališče SMD o podnebnih spremembah, 2011, str. 14).

Vzroki za sodobno segrevanje ozračja

Podnebje se v krajših časovnih obdobjih spreminja iz različnih vzrokov, npr. zaradi sprememb Sončeve aktivnosti (11-letni cikel Sončevih peg), velikih izbruhov vulkanov, ki lahko zmanjšajo dotok Sončeve energije na Zemljino površje, in oceanskih nihanj (severnoatlantska oscilacija, južna oscilacija El Niño). Močno prevladujoče mnenje znanstvenikov pa je, da je za sodobne spremembe podnebja vzrok v človeku in njegovem izkoriščanju naravnih virov, predvsem fosilnih goriv. Od industrijske dobe se je v ozračju zaradi kurjenja fosilnih goriv, prometa, emisij tovarn, kmetijstva ipd. močno povečala koncentracija toplogrednih plinov, predvsem ogljikovega dioksida (CO₂), s tem pa se je povečal toplogredni učinek ter sposobnost ozračja za zadrževanje toplote. Rezultati numeričnih podnebnih modelov kažejo, da bi se brez vpliva človeka, z upoštevanjem samo naravnih dejavnikov, ozračje po sredini 20. stoletja celo nekoliko ohladilo (IPCC, 2007).

Učinek tople grede, ki ga povzročajo vodna para, ogljikov dioksid, metan idr., je naravni pojav in za podnebje na Zemlji zelo pomemben. Toplogredni plini pomenijo manj kot 0,1 % volumna suhega zraka, imajo pa pomembno lastnost, da absorbirajo del dolgovalovnega sevanja Zemljinega površja. Del absorbiranega sevanja gre v vesolje, del pa nazaj proti površju. Tako Zemljino površje prejme več sevanja, kot bi ga samo zaradi sevanja Sonca. Toplogredni plini delujejo podobno kot steklo v rastlinjaki,

zato tudi »učinek tople grede«. Ta učinek omogoča življenje na Zemlji v obliki, kakor ga poznamo, Zaradi njega je povprečna temperatura površja Zemlje višja za 33 °C. Brez toplogrednih plinov bi bila temperatura Zemljinega površja okoli -18 °C, tako pa je okoli 15 °C. Od toplogrednih plinov je najpomembnejša vodna para: ta prispeva 31 °C od 33 °C naravnega učinka tople grede, CO₂ 2 °C, preostali toplogredni plini pa le 1 °C).

Današnja koncentracija ogljikovega dioksida v volumnu zraka blizu Zemljinega površja je več kot 380 ppm, kar je skoraj 40 % nad vrednostjo predindustrijske koncentracije. Tako velik porast pa ne more ostati brez posledic, čeprav je prispevek CO₂ k naravnemu učinku tople grede (toplogredni potencial, Preglednica 1) razmeroma majhen – le okoli 2 °C. Pri tem pa ne smemo prezreti t. i. pozitivnega odziva ozračja, saj se zaradi naraščanja koncentracije CO₂ povečuje tudi temperatura oceanov, kar povzroča povečano izhlapevanje. Dodatna vodna para v ozračju, ki je primarni toplogredni plin, pa bistveno pripomore k porastu temperature. Modeli napovedujejo, da se bo ob podvojitvi predindustrijske ravni koncentracije CO₂, ki je znašala okoli 280 ppm, globalna temperatura povišala za 2 do 6 °C. Podoben učinek, kot ga ima ogljikov dioksid, imajo tudi metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O) in klorofluorogljiki (CFCs), katerih koncentracije v ozračju, z izjemo CFC, v zadnjih letih tudi naraščajo (Preglednica 1).

Preglednica 1: Lastnosti najpomembnejših toplogrednih plinov v ozračju

(povzeto po: Stališče SMD o podnebnih spremembah, 2011, str. 24).

Toplogredni plin	Antropogeni vir	Življenjska doba v ozračju	Toplogredni potencial	Konc. pred industrijsko dobo	Današnja koncentracija
vodna para (H₂O)				0–4 %	nekaj % več
ogljikov dioksid (CO₂)	fosilna goriva, spremembe rabe tal	50–200 let	1	270 ppm	380 ppm
metan (CH₄)	fosilna goriva, smetišča	12	23	700 ppb	1700 ppb
dušikov oksid (N₂O)	gnojila, industrija	114	296	275 ppb	315 ppb
CFC-12 (CCl₂F₂)	hladilna sredstva, pene	100	10.600	0	0,54 ppb

ppm – delcev na milijon ppb – delcev na milijardo

Za izpuste toplogrednih plinov v ozračje nosijo največjo odgovornost razvite države (ZDA, evropske države, Japonska), in države, ki se v zadnjem času najhitreje razvijajo (Kitajska, Indija, Brazilija). Izpust ogljikovega dioksida na prebivalca je v teh državah še vedno bistveno večji kot v razvijajočih se državah. Tudi v Sloveniji, kjer je bil letni izpust leta 2009 14 ton na prebivalca (Kazalci okolja, 2009), kar je krepko nad svetovnim povprečjem, ki znaša 4 tone. Problematiko izpustov toplogrednih plinov in globalnega segrevanja ozračja na svetovni ravni poskuša mednarodna skupnost reševati na podnebnih konferencah, ki pa niso kaj prida uspešne. Cilj, ki si ga pogosto zastavljajo, je, da dvig globalne temperature ne bi presegel 2 °C glede na predindustrijsko raven, kar je glede na sedanje

trende in pripravljenost največjih onesnaževalcev za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov težko uresničljiva naloga. Če bi cilj želeli doseči, bi morali na globalni ravni ukrepati takoj, prelaganje ukrepov bo zahtevalo le še bolj drastične ukrepe.

Spremembe podnebja v Sloveniji v zadnjih 150 letih

Sredi 19. stoletja, ko je temperatura zraka po mali ledeni dobi začela naraščati, so nekatere meteorološke postaje na ozemlju današnje Slovenije in v sosedstvu začele redna in neprekinjena opazovanja, s katerimi lahko rekonstruiramo potek podnebja v zadnjih 150 letih. Od leta 1841 imamo podatke za Trst, od 1851 za Ljubljano in od leta 1876 za Maribor. S podatki za Ljubljano lahko ponazorimo spreminjanje zmerno celinskega podnebja v osrednji Sloveniji, s podatki za Trst zmerno sredozemskega (submediteranskega) v jugozahodni Sloveniji, s podatki za Maribor pa zmerno celinskega (subpanonskega) v vzhodni in SV Sloveniji. Postaje so v svoji zgodovini večkrat spremenile lego in merilne naprave, zato je homogenost njihovih podatkovnih nizov nekoliko vprašljiva. Še posebej za Ljubljano, saj se je postaja po 2. svetovni vojni preselila na obrobje mesta, ki je do konca 20. stoletja postalo del strnjenegega mestnega kompleksa. Glede na to, da podatki niso bili korigirani, se pri Ljubljani, še posebej pri ugotavljanju spreminjanja temperature zraka, prepletajo vplivi mestne klime in splošnih tendenc spreminjanja podnebja. Podobno je pri Mariboru, za katerega Žiberna (2011) ugotavlja, da širitev mesta pomeni manjši prispevek k dvigu temperature zraka. Bolj homogeni so podatkovni nizi za Trst, kjer se je postaja tudi selila, vendar nikoli iz območja mesta. Razen tega so temperaturne podatke tudi korigirali, tako da ustrezajo meritvam, kot bi jih imeli, če bi postaja stalno delovala na današnji lokaciji v centru mesta nedaleč stran od morja (Ogrin D., 2003).

Splošni potek temperature zraka in nekoliko manj padavin je med postajami skladen, z razliko, da je variabilnost večja pri Ljubljani in Mariboru. Na vseh treh postajah kažejo temperature, še posebej zimske, splošni trend naraščanja. V Mariboru znaša trend naraščanja povprečne letne temperature $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ (Žiberna, 2011), v Ljubljani $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$, v Trstu, ki je pod podnebnim vplivom morja, pa le $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$. Trenda za Maribor in Ljubljano sta pomembna, za Trst pa ne. Med letnimi časi so se najbolj segrele zime (trend za Ljubljano je $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$, za Maribor $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$, za Trst $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$) in pomladi, najmanj pa jeseni in poletja. Zime so zadnja leta v Ljubljani, v primerjavi z zimami sredi 19. stoletja, toplejše za okoli $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poletja izkazujejo v Trstu celo rahlo negativen trend ($-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$), kar je posledica nadpovprečno toplih poletij v začetku delovanja te postaje in relativno hladnih v drugi polovici 20. stoletja do 80. let. Po letu 1980 so se začela tudi poletja v Trstu bolj intenzivno ogrevati.

Padavine se od leta do leta in od letnega časa do letnega časa bolj spreminjajo od temperature zraka. Povprečna sezonska relativna variabilnost je med 30 in 40 %, letna pa okoli 20 %. Pri vseh treh postajah je opazen trend zmanjševanja letne količine padavin (Trst: $-80\text{ mm}/100\text{ let}$; Maribor $-40\text{ mm}/100\text{ let}$; Ljubljana: $-36\text{ mm}/100\text{ let}$), ki pa ni značilen. V Trstu in Ljubljani se zmanjšujejo predvsem jesenske padavine (linearni trend je za Ljubljano $-38\text{ mm}/100\text{ let}$; za Trst: $-44\text{ mm}/100\text{ let}$), v Mariboru pa spomladanske (trend $-34\text{ mm}/100\text{ let}$). Zmanjševanje jesenskih padavin

je v Ljubljani po drugi polovici 20. stoletja pripeljalo do spremembe padavinskega režima. Zmerno sredozemski režim s primarnim viškom v jeseni, ki je prevladoval v prvi polovici stoletja, so zamenjale značilnosti zmerno celinskega režima, ki ima glavni višek padavin v poletnih mesecih. Nestabilnost padavinskega režima v osrednji Sloveniji dokazuje dejstvo, da se v zadnjih desetletjih v osrednji Sloveniji ponovno uveljavlja zmerno sredozemski padavinski režim in da se njegove značilnosti postopno selijo proti vzhodu države (Ogrin D., 2009). V Trstu se ob jesenskih rahlo zmanjšujejo tudi poletne in spomladanske padavine, medtem ko zimske ne kažejo nobene tendence. V Ljubljani se ob jesenskih zmanjšujejo spomladanske padavine, rahlo pa naraščajo poletne in zimske. V Mariboru pa se ob spomladanskih rahlo zmanjšujejo tudi jesenske in poletne padavine, medtem ko zimske neznatno naraščajo.

Naraščanje temperatur ob hkratnem zmanjševanju padavin povečuje potencialno evapotranspiracijo, kar vodi v slabšanje vodne bilance. Trend je najbolj skrb zbujajoč v vzhodni in SV Sloveniji, kjer pade manj padavin in kjer so naši najbolj intenzivni kmetijski predeli. Po podatkih za Maribor v obdobju 1876–2010 se je vodna bilanca (razlika med padavinami in potencialno evapotranspiracijo) zmanjšala za stopnjo 240 mm/100 let (Žiberna, 2011). To pomeni, da postaja deficit vlage v topli polovici leta običajno stanje in da je sušna ogroženost vedno večja.

Podnebne tendence po 2. svetovni vojni

Po 2. svetovni vojni se je pokritost slovenskega ozemlja z meteorološkimi postajami povečala, tako da imamo celovitejšo predstavbo o tendencah spreminjanja podnebja po posameznih pokrajinah. Žal nimamo t. i. referenčnih meteoroloških postaj, kjer bi opazovanja in meritve potekale v nespremenjeni okolici opazovalnega prostora in kontinuirano, kar bi nam zagotovilo homogene nize podnebnih podatkov, ki bi verodostojno odsevali spremembe podnebja.

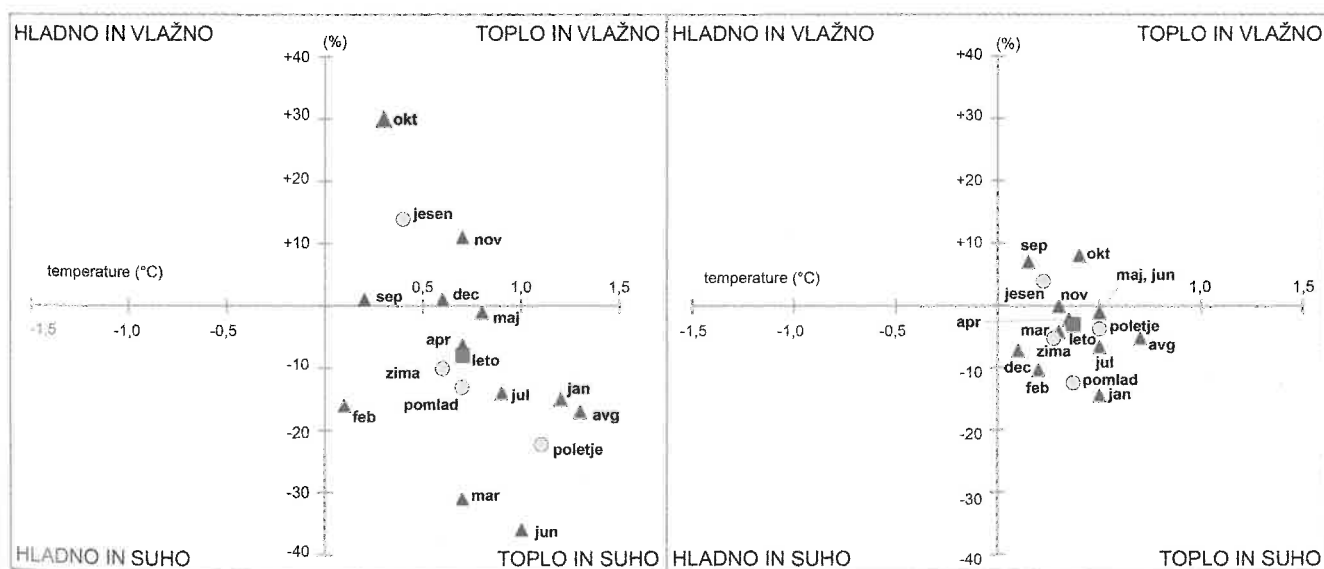
V obdobju 1951–2000 se je povprečna temperatura zraka statistično značilno zvišala za $1,1 \pm 0,6$ °C. Najbolj se je dvignila v urbaniziranih okoljih (Maribor $1,7 \pm 0,6$ °C/50 let, Ljubljana $1,4 \pm 0,6$ °C/50 let) in v gorskem svetu (Kredarica $1,2 \pm 0,6$ °C/47 let), manj pa v manj urbaniziranih in neurbaniziranih okoljih ter ob morju ($0,6-0,8 \pm 0,6$ °C/50 let). Ogrevanje je najizrazitejše pozimi in spomladi, kar se npr. kaže v zmanjšanju števila dni s snežno odejo in zgodnejšem nastopu fenoloških faz rastlin (Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji, 2004; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006). Zelo izrazit trend ogrevanja je v zadnjih treh desetletjih. Za obdobje 1979–2008 znaša za Slovenijo, preračunan na 100 let, kar okoli 6 °C, kar daleč presega svetovno povprečje (Dolinar in Vertačnik, 2010, str. 38). Študije kažejo, da se spomladanske razvojne faze pri rastlinah (cvetenje, olistanje drevja) v zadnjih desetletjih začnejo 6 do 10 dni prej, kakor v 50. letih 20. stoletja (Črepinšek in Zrnec, 2005).

Zaradi poviševanja temperature se po vsej Sloveniji, še najmanj v obsredozemskih pokrajinah, povečuje število toplih in vročih dni, zmanjšuje pa število hladnih in ledenih dni. Število toplih dni, ko najvišje dnevne temperature presežejo 25 °C, se je v obdobju 1950–2009 povečevalo s stopnjo od 2,2 (Novo mesto) do 4,8 dni (Postojna) na desetletje. Ledenih dni, ko tudi najvišje dnevne temperature ne presežejo 0 °C, pa je bilo od

2,7 (Rateče) do 5,2 dneva (Novo mesto) na desetletje manj. Tropske noči (najnižje nočne temperature nad 20 °C), ki so bile z izjemo obalnega pasu Slovenske Istre v notranjosti Slovenije redek pojav, so postale v nekaterih mestih v notranjosti Slovenije že vsakoleten pojav (Bertalanič in sod., 2010, str. 4). Opazno je tudi zmanjševanje števila dni z meglo in podaljševanje trajanja Sončevega obsevanja.

Letna količina padavin v obdobju 1971–2005 ne kaže enotnega vzorca spreminjanja. Ta ponekod statistično značilno narašča, drugod se zmanjšuje, veliko je tudi merilnih mest, kjer trend ni statistično značilen. Zelo očitno pa je, da se skorajda po vsej državi povečuje jesenska količina padavin in da se, razen v visokogorju, zmanjšujejo poletne padavine. V zadnjih 15 do 20 letih je vse več jesenskih padavin tudi v Prekmurju, ki med slovenskimi pokrajinami izstopa po svojih celinskih podnebnih potezah, manj pa je padavin spomladi in poleti, ko so velikega pomena za kmetijstvo. V Murski Soboti je npr. jesenski višek padavin že zamenjal poletnega, v Lendavi sta se oba viška poravnala. Naraščanje zimskih temperatur in manj padavin pozimi vpliva tudi na sneg in snežno odejo. Za Slovenijo je značilno, da se po 2. svetovni vojni višina novozapadlega snega znižuje s stopnjo od 2 (Murska Sobota) do 22 cm (Rateče) na desetletje, število dni s snežno odejo v sezoni pa od 2 do 4 dni na desetletje (Bertalanič in sod., 2010, str. 4). To pomeni velike težave z zagotavljanjem dovolj dolgega obdobja z zadostno višino snežne odeje v naših smučarskih središčih, še posebej v nižje ležečih (Ogrin M. in sod., 2011).

Če združimo spreminjanje temperature zraka in padavin po letnih časih, ugotovimo, da postajajo zime, pomladi in poletja v zadnjih desetletjih vedno bolj topli in suhi, jeseni pa toplejše in bolj vlažne. Leta kot celota pa so vedno bolj topla in samo zaradi krepitve jesenskega viška padavin nekoliko bolj vlažna (Slika 2, Preglednica 2).



Slika 2: Odklon temperature zraka (v °C) in padavin (v %) v obdobju 1991–2009 od povprečja standardnega klimatološkega obdobja 1961–1990 za Trst (levo) in Mursko Soboto (desno).

Spreminjanje podnebnih elementov ima za posledico določene spremembe v prostorski razporeditvi podnebnih tipov pri nas. Primerjava karte podnebnih tipov za obdobje 1961–1990 (Ogrin D., 1996) s tipizacijo za 1971–2000 (Ogrin D. in Plut, 2009) razkriva širjenje zmerno sredozem-

skega podnebja proti notranosti Slovenije, pomik podnebja nižjega gorskega sveta v višje lege (otopilo se je tudi v gorskih dolinah in kotlinah) ter ublažitev zmerno celinskega temperaturnega režima (povprečne januarske temperature po nižinah vzhodne Slovenije so postale pozitivne). Pri padavinskem režimu je najočitnejši pomik meje med zmerno sredozemskim in zmerno celinskim padavinskim režimom proti vzhodu zaradi povečevanja količine jesenskih padavin. Po podatkih za obdobje 1971–2000 je meja približno tam, kjer je bila v obdobju 1931–1960.

Preglednica 2: Odklon temperatur in padavin v obdobju 1991–2005 od povprečja 1961–1990 po podnebnih tipih Slovenije.

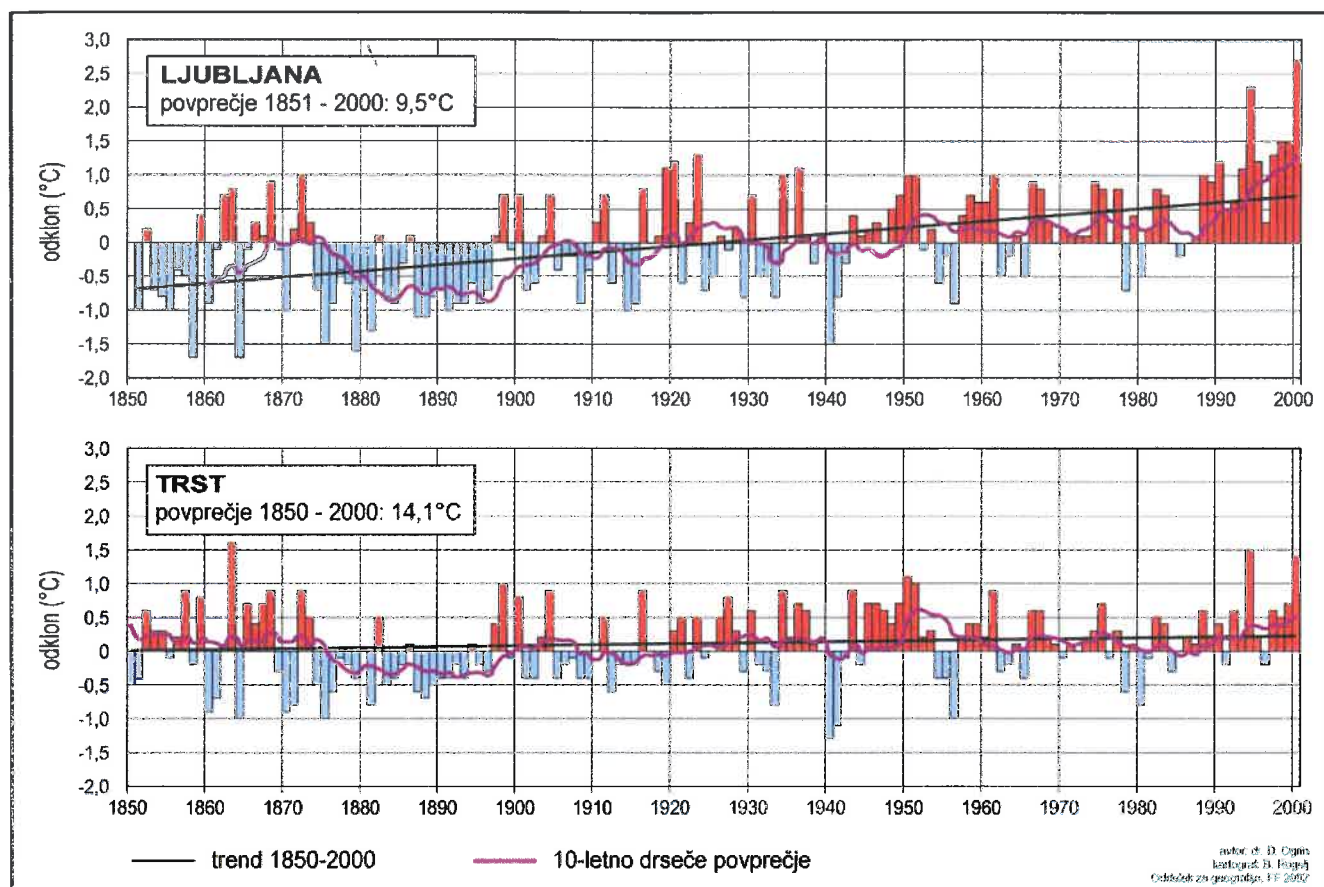
Gorsko podnebje (Kredarica, 2514 m)					
	Pomlad	Poletje	Jesen	Zima	Leto
Temp. (v °C)	0,3	0,5	0,0	0,2	0,4
Pad. (v %)	-3	-1	7	-6	0
Zmerno sredozemsko podnebje (Bilje, 55 m)					
Temp. (v °C)	0,3	0,4	0,2	0,0	0,3
Pad. (v %)	-4	-4	9	-7	0
Zmerno celinsko podnebje (Murska Sobota, 188 m)					
Temp. (v °C)	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
Pad. (v %)	-12	-4	4	-5	-12
Zmerno celinsko podnebje (Celje, 244 m)					
Temp. (v °C)	0,3	0,5	0,2	0,0	0,4
Pad. (v %)	-5	-3	7	-4	-1
Zmerno celinsko podnebje (Nova vas na Blokah, 722 m)					
Temp. (v °C)	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
Pad. (v %)	-1	-1	9	-2	2
Zmerno celinsko podnebje (Ljubljana, 299 m)					
Temp. (v °C)	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4
Pad. (v %)	-5	-4	9	-7	-1

Sklep

Glavni trendi spreminjanja podnebja v zadnjem stoletju so nedvoumni. Tako na globalni kakor tudi na regionalni ravni. Na to, da so nekatere spremembe podnebnih elementov pomembne in že presegajo meje običajne variabilnosti, opozarjajo spremembe v okolju. O vzrokih za sodobno spreminjanje podnebja se je znanost večinoma poenotila. Ni pa se občestvo poenotilo v ukrepih, da bi ublažili globalno segrevanje, čeprav nam v glavnem prinaša le negativne posledice in nam projekcije bodočega podnebja ne obetajo nič dobrega. Ukrepi ne zadevajo samo mednarodne skupnosti, držav in vlad, ampak tudi vsakega posameznika. Vsak od nas ima možnost vplivanja na emisije toplogrednih plinov, npr. z zelo drobnimi koraki, kakor je izogibanje vožnje z avtom na kratke razdalje ali da ne damo vroče hrane v hladilnik.

Zelo malo smo pripravljeni narediti tudi pri zmanjševanju ranljivosti družbe zaradi izrednih vremenskih in podnebnih pojavov, ki utegnejo biti v prihodnje še bolj pogosti in intenzivni. V povezavi z njimi imamo še vedno zelo kratek spomin, tudi tisti, ki ga ne bi smeli imeti. To so načrtovalci in odločevalci o družbenem razvoju, zato na negativne posledice, ki nam jih ti pojavi povzročajo, zelo hitro pozabimo. Nič čudnega torej, da nas

vreme in podnebje vedno znova najdeta nepripravljene in presenečene ter da vremenskim pojavom vse pre pogosto pripisujemo »izjemnost« in »izrednost«, kar nas še ni doletelo (»Kaj takega ne pomnijo niti najstarejši ljudje«), čeprav večinoma to niso.



Slika 3: Odklon in trend povprečne letne temperature zraka v Ljubljani in Trstu v obdobju 1850–2002.

Viri in literatura

1. Ackerman S. A., Knox J. A., 2003, *Meteorology, Understanding the Atmosphere*, Thomson Brooks/Cole, 486 str.
2. Ahrens C. D., Samson P., 2011, *Extreme Weather and Climate*, Brooks/ Cole, 508 str.
3. Bertalanč R., Demšar M., Dolinar M., Dvoršek D., Nadbath M., Pavčič B., Roethel-Kovač M., Vertačnik G., Vičar Z., 2010, *Spremenljivost podnebja v Sloveniji*, MOP ARSO, Ljubljana, 11 str.
4. Črepinšek Z., Zrnec C., 2005, *Petinpetdeset let fenoloških opazovanj v Sloveniji, 1951–2005*, *Acta Agriculturae Slovenica* 85 – 2, Ljubljana, str. 283–297.
5. Dolinar M., Vertačnik G., 2010, *Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji, Okolje se spreminja – Podnebna spreminljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje* (Ur.: T. Cegnar), MOP ARSO, Ljubljana, str. 37–40.
6. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 996 str.
7. Kajfež Bogataj L., 2008, *Kaj nam prinašajo podnebne spremembe?* Pedagoški inštitut, Ljubljana, 127 str.

8. Kazalci okolja 2009, Izpusti toplogrednih plinov, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO.
9. Lipej L., Kerma S., 2012, Stanje in ogroženost biološke raznovrstnosti slovenskega morja. Geografija stika Slovenske Istre in Tržaškega zaliva (Ur.: Ogrin D.), GeograFF 12, FF UL, Ljubljana, v tisku.
10. Maslin M., 2007, Globalno segrevanje, zelo kratek uvod, Založb Krtina, Ljubljana, 183 str.
11. Melting ice-rising seas, 2006, Understanding global issues, Cheltenham, str. 17.
12. Ogrin D., 1996, Podnebni tipi v Sloveniji, Geografski vestnik 68, Ljubljana, str. 39–56.
13. Ogrin D., 2003, Spreminjanje temperature zraka in padavin po letnih časih v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–2002, Dela 20, Ljubljana, str. 115–131.
14. Ogrin D., 2009, Slabitev celinskih podnebnih značilnosti v zadnjih desetletjih. Pomurje, geografski pogledi na pokrajino ob Muri (Ur.: T. Kikec), ZGS in Društvo geografov Pomurja, Murska Sobota, str. 66–78.
15. Ogrin D., Plut D., 2009, Aplikativna fizična geografija Slovenije, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 246 str.
16. Ogrin M., Ogrin D., Rodman N., Močnik M., Vengar R., Smolej A., Bunčič G., 2011, Climate change and the future of winter tourism in Slovenia, Hrvatski geografski glasnik 73 – 1, Zagreb, str. 215–228.
17. Podnebne razmere v Sloveniji, obdobje 1971–2000, ARSO, Ljubljana 2006, Medmrežje: http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_slo71_00.pdf (cit. marec 2012).
18. Ruddiman W. F., 2001, Earth's Climate, Past and Future, W. H. Freeman and Company, New York, 465 str.
19. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji (Ur.: A. Sušnik), 2004, MOPE ARSO, Ljubljana, 40 str.
20. Stališče SMD o podnebnih spremembah, 2011, Vetrnica, ločeni odtis številke 03–11, Slovensko meteorološko društvo, Ljubljana, 29 str.
21. Vrhovec T., 2005, Oceani in spreminjanje podnebja, Geografski vestnik 77 – 1, Ljubljana, str. 67–77.
22. Žiberna I., 2011, Trendi temperatur, višine padavin in vodne bilance v Mariboru v obdobju 1876–2010, Revija za geografijo 6 – 1, Maribor, str. 23–31.