



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE



## Okolje se spreminja

Podnebna spremenljivost Slovenije  
in njen vpliv na vodno okolje





# OKOLJE SE SPREMINJA

Podnebna spremenljivost Slovenije  
in njen vpliv na vodno okolje

Ljubljana, 2010



AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

---

# ***Okolje se spreminja***

## ***Podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje***

*Izdajatelj* Ministrstvo za okolje in prostor  
Agencija Republike Slovenije za okolje  
Vojkova 1b, Ljubljana, <http://www.arso.si>

*Urednik* Tanja Cegnar

*Avtorji* Klemen Bergant, Tanja Cegnar, Mojca Dolinar, Peter Frantar, Gregor Gregorič, Alenka Kambič, Mateja Klaneček, Mira Kobold, Stanka Koren, Mateja Nadbath, Boris Pavčič, Tjaša Pogačar, Mojca Robič, Petra Souvent, Igor Strojan, Andreja Sušnik, Florjana Ulaga, Gregor Vertačnik, Zorko Vičar, Silvo Žlebir, Ana Žust

*Lektoriranje* Tamara Gorup

*Naklada* 1000 izvodov

*Tiskarna* Utrip Brežice d.o.o.

Ljubljana, 2010

*CIP - Kataložni zapis o publikaciji*  
*Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana*

551.588.7:556(497.4)  
551.588.7:63(497.4)

*OKOLJE se spreminja : podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje / [avtorji Klemen Bergant ... [et al.] ; urednik Tanja Cegnar]. - Ljubljana : Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010*

ISBN 978-961-6024-55-6  
1. Bergant, Klemen, 1973- 2. Cegnar, Tanja  
253022208

---

## ***Kazalo prispevkov***

Tanja Cegnar <b><i>Podnebne spremembe in potreba po prilagajanju nanje</i></b> .....	3
Mojca Dolinar, Mateja Nadbath, Zorko Vičar, Gregor Vertačnik, Boris Pavčič <b><i>Spremljanje podnebja v Sloveniji</i></b> .....	17
Mojca Dolinar, Gregor Vertačnik <b><i>Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji</i></b> .....	37
Mira Kobold, Florjana Ulaga <b><i>Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost</i></b> .....	43
Peter Frantar <b><i>Pretočni režimi v Sloveniji</i></b> .....	59
Peter Frantar <b><i>Pojav ledu na Bohinjskem jezeru</i></b> .....	65
Igor Strojan, Mojca Robič <b><i>Višine morja in podnebne spremembe</i></b> .....	71
Tanja Cegnar <b><i>Podnebne storitve</i></b> .....	81
Andreja Sušnik <b><i>Podnebne spremembe v kmetijstvu</i></b> .....	93
Andreja Sušnik, Tjaša Pogačar, Ana Žust, Gregor Gregorič <b><i>Zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu</i></b> .....	107
Stanka Koren, Mateja Klaneček, Alenka Kambič <b><i>Kako upravljati z vodno infrastrukturo? Primer: neurja na porečjih Save in Drave</i></b> .....	119
Petra Souvent <b><i>Podnebne spremembe in njihov vpliv na oskrbo s pitno vodo</i></b> .....	137
Klemen Bergant <b><i>Podnebje v prihodnosti - koliko vemo o njem?</i></b> .....	141
Tanja Cegnar <b><i>Sklepna misel</i></b> .....	161





Spoštovani,

knjiga se posveča pereči temi podnebnih sprememb, ki je še posebej v zadnjem času postala zelo aktualna. Podnebne spremembe so tako posledica naravnih dejavnikov kot tudi človekovega delovanja, lokalno pa lahko podnebne razmere močno spremenijo tudi večji posegi v okolje. Posamezni sklopi opisujejo, kako se podnebne spremembe kažejo na različnih področjih, kakšne so lahko njihove posledice in kateri so možni načini ukrepanja.

Začenjamo s predstavitvijo dejstva, da smo v sodobnem času priča vedno hitrejšim podnebnim spremembam in da je potreba po prilagajanju nanje zato še toliko večja. Prikaz spremljanja stanja podnebja v Sloveniji skozi čas, pri tem pa poudarek na kakovostnem homogenem nizu podnebnih podatkov, ki je ključnega pomena za analizo podnebja v preteklosti, danes in v prihodnosti, je tema dveh obsežnejših poglavij, ki sledita.

Ugotavljamo, kako se posledice podnebnih sprememb odražajo v hidrološkem stanju voda; izpostavimo in podrobneje obravnavamo ekstremne razmere, kot so suše in poplave, spremembe v pretočnih režimih in zmanjševanje količine ledu na jezerih zaradi segrevanja ozračja.

Obsežen del knjige se ukvarja s povezavo med višinami morja in podnebnimi spremembami, kjer podajamo oceno ogroženosti in predstavimo sodoben monitoring višin morja za spremljanje podnebnih sprememb, v nadaljevanju pa ne pozabimo na podnebne storitve.

Posvetimo se podnebnim spremembam v kmetijstvu in prizadevanju za zmanjševanje tveganja suše v tem gospodarskem sektorju. Škodo in ukrepe po neurjih na območjih rek Drave in srednje Save predstavi razdelek v dveh delih, predzadnji izmed zbranih besedil pa obravnava vpliv podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo in projekt, ki pomaga pri reševanju tega problema.

Postavlja se nam seveda vprašanje, koliko pravzaprav vemo o podnebnju v prihodnosti. Ni namreč ključno samo poznavanje pretekle spremenljivosti podnebja; predvidene spremembe podnebja v prihodnje so z vidika priprave ukrepov prav tako pomembne, na kar z nazornim prikazom projekcij opozori še zadnje besedilo.

Izbrani članki posredno ali neposredno izpostavljajo, da podnebne spremembe niso le grožnja, ampak tudi priložnost za vzpostavitev novih vrednostnih načel in vzorcev obnašanja. S sodelovanjem pri različnih projektih in s pripravo strokovnih podlag za prilagajanje na spremembe podnebja se nanje odzivamo po najboljših močeh. Naj nam bo v razmislek, kaj vse lahko storimo, da si ustvarimo boljšo prihodnost, predvsem pa, kako uspešno zvečamo odpornost in zmožnost soočanja s spremembami okolja ter večjimi odkloni od običajnih vremenskih in podnebnih razmer. Agencija RS za okolje z velikim deležem svoje dejavnosti skrbi za pripravo informacij v te namene. Vsak mesec v biltenu Naše okolje opišemo vremenske, podnebne, agrometeorološke razmere, pa tudi stanje onesnaženosti zraka, temperature in višine rek in morja ter stanje podtalnice.

Podnebje se spreminja. Zakaj se ne bi tudi mi ...

*Dr. Silvo Žlebir*  
Generalni direktor Agencije RS za okolje



*S prilagajanjem na podnebne spremembe si lahko zagotovimo varnejšo prihodnost (foto: Marko Clemenzen).*

# Podnebne spremembe in potreba po prilagajanju nanje

Tanja Cegnar

*Hitrim podnebnim spremembam v veliki meri botruje človek z izpuščanjem toplogrednih plinov. Dvig povprečne temperature zraka, vremenski in podnebni ekstremi so samo peščica pokazateljev spreminjanja podnebja. Ob takšnih razmerah je potreba po prilagajanju na podnebne spremembe vse večja. Večina evropskih držav je že sprejela državno strategijo prilagajanja na podnebne spremembe, v Sloveniji pa je prilagajanje sklop dejavnosti, ki ga je še potrebno uveljaviti.*

Podnebje se spreminja hitreje, kot se je kdajkoli v preteklosti. Za takšno stanje smo večinoma krivi ljudje z izpuščanjem toplogrednih plinov (TGP) v ozračje. V začetku minulega stoletja je bil glavni vir energije premog, po 2. svetovni vojni pa je glavni vir energije in hitre gospodarske rasti postala razmeroma poceni nafta. Z njeno uporabo je tudi izpuščanje TGP v ozračje hitro naraščalo. Še danes je nafta najpomembnejši vir energije; obnovljivi viri in jedrska energija v svetu predstavljajo le manjši delež proizvedene energije, prav tako tudi zemeljski plin in biomasa. Ker imajo TGP dolgo življenjsko dobo, se bo ogrevanje ozračja v naslednjih desetletjih nadaljevalo in morali se bomo prilagoditi neizbežnemu delu podnebnih sprememb. Tudi če bi povsem ustavili izpuščanje toplogrednih plinov v ozračje, bi se to še naprej ogrevalo; ob doseženem ravnovesju bi bila povprečna svetovna temperatura za 1,4 °C višja kot v začetku minulega stoletja. Z ukrepi za zmanjševanje izpustov TGP lahko ogrevanje in druge posledice podnebnih sprememb omejimo na stopnjo, ki nam ne bo povzročila neobvladljive škode. Prizadevanjem Evropske unije za omejevanje izpustov TGP se je pridružila tudi Slovenija, za prilagajanje pa morata vsaka država in lokalna skupnost poskrbeti predvsem sami. Le za povodja, ki si jih deli več držav, je jasno izražena potreba po mednarodno usklajenih prilagoditvenih ukrepih.

Podnebje je že od nekdaj odločilno vplivalo na bivanje ljudi in njihov življenjski slog; skozi vso zgodovino človeštva se je odražalo v načinu gradnje, poljedelstvu, izboru domačih živali, gostoti poseljenosti, razpoložljivosti vodnih virov, običajih ljudi, prehranjevalnih navadah in zdravju. V dvajsetem stoletju je tehnološki razvoj zagotovil obilico energije, omogočil lahek dostop do fosilnih goriv, prinesel drugačen način gradnje, povečal mobilnost, nabor gojenih rastlin in omogočil boljše ter obilnejše pridelke. Ob hitrem tehnološkem razvoju se je zdelo, da smo si podredili naravo.

## Vzroki za podnebne spremembe in vloga TGP

V zadnjih dveh desetletjih so znanstveniki zbrali trdne dokaze, da ljudje s svojim delovanjem spreminjamo kemično sestavo ozračja. Ozračje je zmes plinov; nekateri izmed njih vpijajo in sevajo toplotne žarke. Prav ti plini prispevajo k ugodnim toplotnim razmeram na zemeljskem površju tako, da zadržujejo toploto v bližini površja. Brez toplogrednih plinov v ozračju bi se povprečna temperatura iz sedanjih 15 °C znižala za okoli 33 °C, temperatura -18 °C pa bi bila za današnje oblike življenja neustrezna. Ko smo ljudje s svojo dejavnostjo zvišali koncentracijo TGP v ozračju, smo okrepili učinek tople grede.

Koncentracija TGP je predvsem zaradi uporabe fosilnih goriv začela strmo naraščati. Lastnosti ozračja in podnebja so se začele spreminjati. Tudi Četrto poročilo Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC, <http://www.ipcc.ch/>) navaja, da gre prav večji vsebnosti TGP v ozračju pripisati pretežni del opaženih sprememb podnebja, ki obsegajo dviganje povprečne temperature zemeljskega površja, prerazporeditev padavin, pogostejše in močnejše vremenske in podnebne ekstreme, vključno s poplavami in sušo, taljenje ledenikov in polarnih ledenih pokrovov ter dvig morske gladine.

Seveda ima podnebje tudi naravno spreminljivost, ki temelji na astronomskih dejavnikih (spremembe elipse, po kateri se Zemlja giblje okoli Sonca, spremembe nagiba zemeljske osi, precesija zemeljske osi), preoblikovanju in premikanju celin. Vendar se te spremembe dogajajo zelo počasi (časovna skala 100.000 let) in jih z vidika prilagajanja in blaženja podnebnih sprememb lahko zanemarimo. Imamo tudi vplive, ki so primerljivi z življenjsko dobo ljudi; to so spremembe v sevanju Sonca – predvsem cikli sončnih peg in močni vulkanski izbruhi, ki vnašajo v ozračje veliko prašnih delcev in lahko svetovno

ozračje ohladijo za leto ali celo za nekaj let. Z vidika blaženja podnebnih sprememb je pomemben zgolj delež sprememb, ki ga je povzročil človek,

z vidika prilagajanja pa moramo upoštevati tudi naravno spremenljivost.



*Slika 1. Promet je pomemben vir TGP.*

## Definicija podnebnih sprememb

Okvirna konvencija Združenih narodov za podnebne spremembe (UNFCCC) in Medvladni odbor o podnebnih spremembah (IPCC) uporabljata za opredeljevanje podnebnih sprememb različni definiciji. Po definiciji IPCC lahko podnebne spremembe povzročajo tako naravni procesi kot tudi antropogeni dejavniki; eden ključnih vidikov poročil IPCC je odkriti, v kolikšni meri in na kakšen način prej omenjeni dejavniki vplivajo na podnebne spremembe ter kako so z njimi povezani.

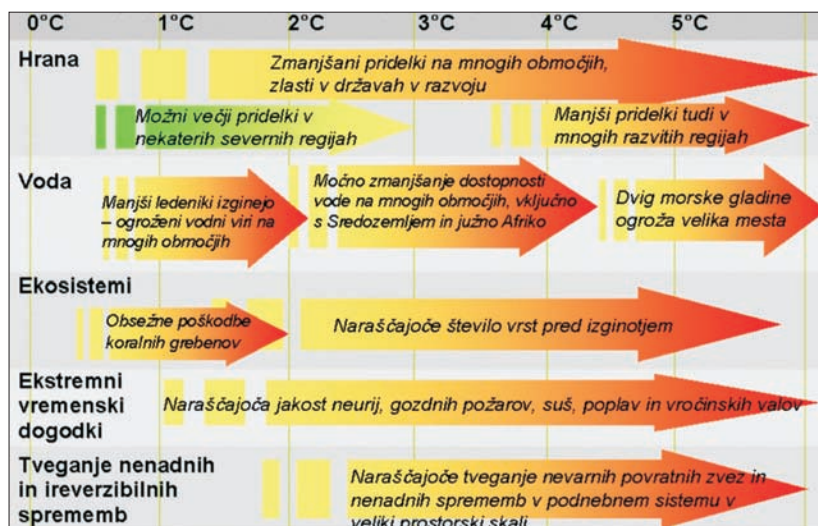
V UNFCCC uporabljajo izraz »podnebne spremembe« izključno za spremembe, ki jih je povzročil človek, naravne dejavnike pa opredeljujejo kot del podnebne nestanovitnosti (spremenljivosti). Taka uporaba izraza se v Okvirni konvenciji Združenih narodov za podnebne spremembe razlikuje od znanstvene definicije in vnaša zmedo med laično ter strokovno javnost.

Angleški izraz »mitigation« v slovenščino prevajamo kot »blaženje« in ga uporabljamo izključno za napore za zmanjšanje izpustov TGP. Angleški izraz »adaptation« prevajamo kot »prilagajanje« in ga uporabljamo za ukrepe omilitve učinkov podnebnih sprememb, predvsem za dvig odpornosti in sposobnosti odzivanja na učinke in posledice podnebnih sprememb. Nabor mogočih prilagoditvenih odzivov je zelo velik in sega od

čisto tehnoloških rešitev (npr. obramba pred poplavljanjem rek in morja), prek spremembe vedenjskih vzorcev, do upravljavskih (npr. spremenjene prakse kmetovanja) in političnih odločitev (npr. prostorski predpisi). Dejstvo pa je, da se moramo še vedno spopasti z visokimi okoljskimi, gospodarskimi, informacijskimi in družbenimi ovirami, z ovirami pri ukrepanju in vedenjskimi vzorci, ki zavirajo izvajanje ukrepov za prilagajanje spremembam.

## Gospodarski vidik podnebnih sprememb

Da je spreminjanje podnebja resen problem, so enotnega mnenja svetovna, evropska in slovenska politika ter strokovna in laična javnost. Posebno pozornost so podnebne spremembe pritegnile po objavi Sternovega poročila o gospodarskih posledicah podnebnih sprememb (Stern, [http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview\\_index.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm)), v katerem so spremembe in njihovi učinki finančno ovrednoteni. Glavno sporočilo tega dokumenta je, da lahko z odločnimi ukrepi preprečimo najhujše posledice. Finančni vložek enega odstotka bruto družbenega proizvoda, ki je potreben za učinkovito zmanjševanje izpustov TGP, je neprimerno manjši, kot bodo izgube za svetovno gospodarstvo, ki bodo ob neprimernem ukrepanju letno znašale okoli 5 % družbenega proizvoda.



**Slika 2.** Predvidene posledice za različne poraste temperature glede na obdobje pred industrijsko dobo (prirejeno po Stern, 2006)

Če upoštevamo širši krog možnih posledic, se ocenjene izgube povzpnejo na petino družbenega proizvoda. Če ne bomo ustrezno ukrepali, lahko podnebne spremembe resno prizadenejo razvoj. Brez ukrepov za zmanjševanje izpustov TGP lahko njihova koncentracija že čez tri desetletja doseže dvakratno predindustrijsko koncentracijo, do konca stoletja pa bi to lahko povzročilo dvig povprečne svetovne temperature za več kot 5 °C. Slednje bi bilo zelo nevarno, saj taka temperaturna razlika ustreza razliki v povprečni temperaturi med zadnjo ledeno dobo in sedanostjo. Ocenjujejo, da bodo v srednji Evropi močni nalivi s stoletno povratno dobo imeli sredi stoletja petnajstletno povratno dobo, ob koncu stoletja pa bi se zgodili do dvakrat v desetletju.

## Cilji in ukrepi za omejitev podnebnih sprememb

Evropski svet in parlament sta potrdila zavezo Evropske unije, da je potrebno porast svetovne temperature omejiti na 2 °C nad temperaturo predindustrijske dobe; s tem bi namreč ohranili spremembe v mejah znosnega (EEA, 2007). Da bi dosegli zastavljeni cilj, bi morali izpusti TGP po najnovejših izračunih doseči vrh že leta 2015, kar je s političnega vidika povsem nerealno. Še do nedavnega je veljalo, da bi morali vrh izpustov doseči pred letom 2025. Do sredine stoletja bi se morali izpusti zmanjšati na polovico izpustov iz leta 1990, za industrializirane države pa bi moralo biti zmanjšanje do sredine stoletja kar 95 %. Glede na dosedanje naraščanje izpustov se zdi tako zmanjšanje težko uresničljivo. Ob tem velja izpostaviti dejstvo, da je že omejitev porasta povprečne svetovne temperature za 2 °C slab kompromis, saj bodo nekatera območja že ob taki omejitvi nepopravljivo prizadeta, med

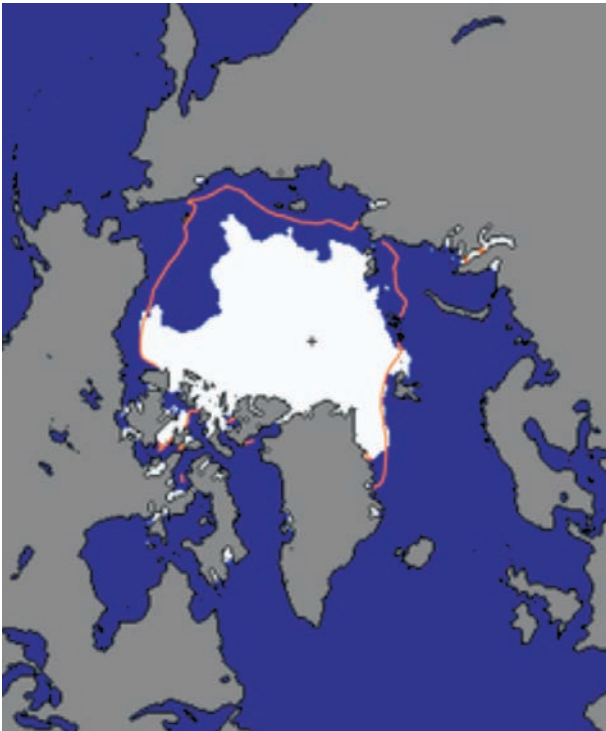
njimi so prav gotovo mali oceanski otoki.

Medtem ko so za sprejemanje in izvajanje ukrepov blaženja podnebnih sprememb glavni motiv mednarodne obveznosti, bi morali za vodilni motiv prilagajanja na podnebne spremembe prepoznati zagotavljanje varnosti in varovanje kakovosti življenja na lokalni, pokrajinski in državni ravni. Večina evropskih držav je že sprejela državno strategijo prilagajanja na podnebne spremembe. V mednarodnem merilu pa sta za Evropo vodilna dokumenta Zelena in Bela knjiga Evropske povezave o prilagajanju na podnebne spremembe.

## Kako se bodo kazale podnebne spremembe

Izračuni in predvidevanja kažejo, da posledice sprememb podnebja razdeljene enakomerno, ampak bodo nekatera območja bolj prizadeta od drugih. Že sedaj podatki kažejo, da je ogrevanje v Evropi nekoliko večje, kot je v svetovnem povprečju; območje Alp se ogreva še nekoliko hitreje od ostale Evrope. Svetovno ogrevanje za 5 °C bi se na območju Alp odražalo s 7 do 8 °C. Še močnejše bi bilo ogrevanje v okolici severnega pola, kjer bi se temperatura dvignila za okoli 16 °C, območje Amazonije, Kanada in severovzhod ZDA bi bili 10 °C toplejši. Napovedi kažejo nadpovprečno ogrevanje za območje Sredozemlja in južne Evrope tudi v prihodnje, predvsem poleti pa tudi občuten upad padavin. Višja temperatura in manj padavin pa seveda pomenita sušo in pomanjkanje vode. Najbolj verjetna ocena dviga morske gladine do konca stoletja je okoli 1 m, številne zagovornike pa ima tudi dvig za 1,4 m.

Vendar nas ne bi smelo skrbeti zgolj naraščanje temperature, ampak prav tako tudi druge spremembe. Med njimi je zakisljevanje



**Slika 3.** Poletni obseg ledu na Arktiki je bil najmanjši leta 2007, tudi leta 2008 ga je bilo nekoliko manj kot leta 2009, vendar se trend krčenja polarnega ledu nadaljuje. Na sliki je z rdečo črto označen povprečen obseg polarnega ledu v obdobju 1979–2000 (vir: National Data Snow Center v Boulderju).

oceanov, kar bo vplivalo na vrstno sestavo planktona; to ima lahko posledice na prehrabeni verigi, koralni grebeni pa bi se počasi stopili. Hitra izguba biotske raznovrstnosti je nepovratna sprememba, ogroženi so številni ekosistemi. Skrbeti bi nas morale taljenje ledenikov, ki predstavljajo dragocen vodni vir in napajajo številne reke. V srednji Evropi že opazajo porast povprečnih vodotokov v prvi polovici leta in upad v obdobju običajnih najnižjih pretokov, to je avgusta in septembra. Ti trendi bodo v prihodnje še močnejši. Take spremembe lahko temeljito spremenijo razmere, saj podnebje vpliva na videz pokrajine, rastlinstvo, živalstvo in na razpoložljivost vodnih virov. Spremembe določajo tudi naravno sposobnost okolja za prenašanje obremenitve z onesnaževali in njihovo naravno izločanje oziroma razkroj.

Lokalno spremembe podnebja krepimo tudi ljudje s posegi v okolje, posledice so navadno nezaželene. Najbolj znana lokalna sprememba podnebja je toplotni otok v mestih. V velemestih so spremembe zaradi urbanizacije primerljive s spremembami podnebja, ki jih v svetovnem merilu pričakujemo ob koncu stoletja. Seveda lahko s preiščljenimi posegi v okolje na lokalne podnebne razmere vplivamo tudi pozitivno in ne le negativno.

Pogosto spregledano dejstvo je tudi, da je večina procesov pri spreminjanju podnebja nelinearnih. Prav tako spremembe ne bodo porazdeljene enakomerno. Najbolj bodo prizadeta tista območja, ki so že sedaj izpostavljena dokaj neugodnim podnebnim razmeram. Sušna območja bodo še bolj suha, na dobro namočenih območjih pa bo padavin še več. Cirkulacija zraka se bo v zmernih geografskih širinah okrepila. Premalo je izpostavljena pričakovana večja spremenljivost podnebja, ki jo opazamo in občutimo kot vremenske in podnebne ekstreme. Nalivi in neurja z močnimi sunki vetra ter točo, suše, vročinski valovi, hitri prodori mrzlega zraka in z njimi hitre spremembe toplotnih razmer bodo v prihodnje še pogostejši in močnejši. Prav nalivi in obilne padavine so vzrok za številne človeške žrtve, poplave, pogosto pa tudi za proženje zemeljskih plazov. Ob tem radi pozabljamo, da je sodobna družba kljub visoki stopnji tehnološkega razvoja vse bolj ranljiva. Morda bodo največji problem za razvite države predstavljali »podnebni migranti«, torej ljudje, ki bodo zaradi sprememb v naravnem okolju prisiljeni zapustiti domače dežele in si poiskati dom drugje. Samo v delti Nila bi dvig morske gladine za 1 m povzročil preseljevanje 10 milijonov ljudi. V deltah azijskih veletokov pa lahko govorimo o stotinah milijonov ljudi, ki bodo prisiljeni iskati nov dom. Še prej kot dvig morske gladine bo preseljevanje sprožilo pomanjkanje vode; predvsem pitna voda je že marsikje na svetu postala prava dragocenost in bo v bodoče to še bolj.

## Spremljanje razmer v Sloveniji

Delovanje v povezavi s podnebnimi spremembami na Agenciji RS za okolje delimo na:

- spremljanje stanja podnebja in njegovega vpliva na okolje, ki v celoti sloni na meteorološkem, agrometeorološkem, hidrološkem in ekološkem spremljanju razmer;
- spremljanje izpustov TGP in prizadevanja za njihovo zmanjševanje;
- pripravo strokovnih podlag, s pomočjo katerih se bomo prilagajali spremembam v našem okolju.

Za spremljanje sprememb podnebja morajo biti meritve še posebej natančne. Zelo pomembno je, da ne spreminjamo okolice merilnega mesta, kjer je potrebno meritve opravljati tako, da z merilnimi instrumenti in načinom merjenja zagotavljamo med seboj primerljive izmerke v daljšem časovnem obdobju. Prav z ohranjanjem merilnega postopka, z instrumenti in okolico merilnega mesta imamo veliko težav, še največ s spremembami v okolici merilnega



***Slika 4.** Polovica človeštva že živi v mestih in delež se bo še povečeval. Mesta so ranljiva na podnebne spremembe.*

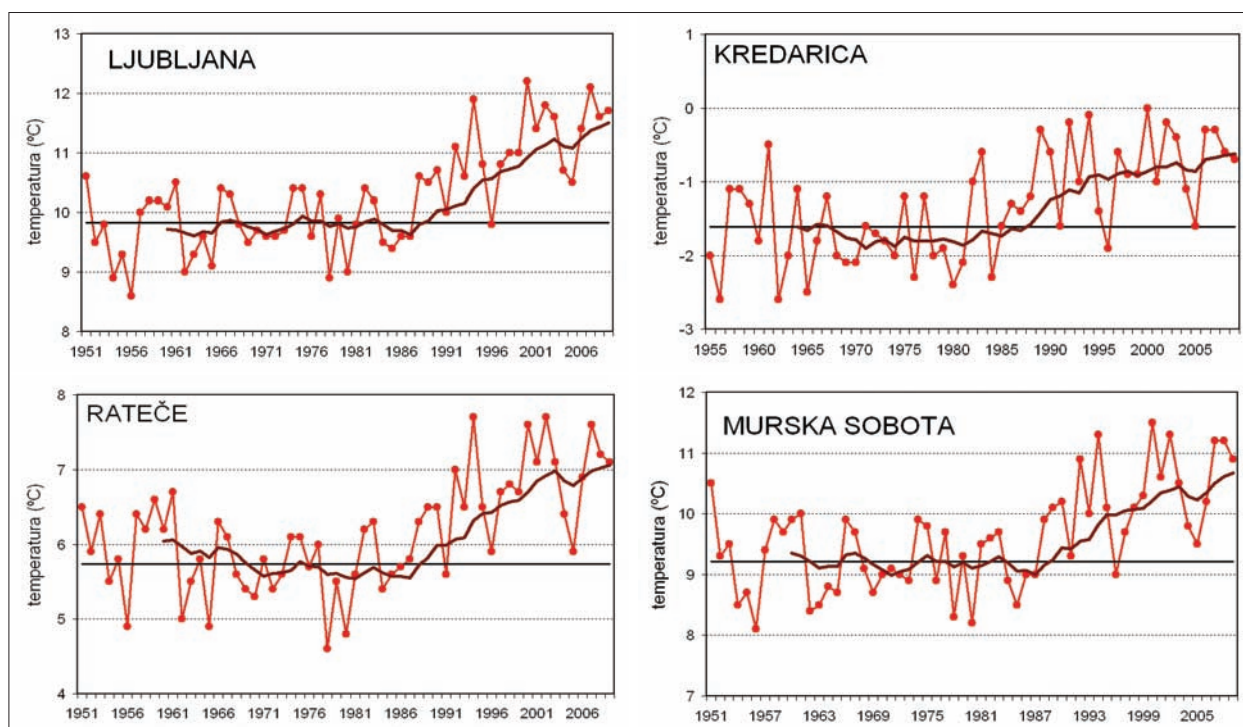
mesta. Spremljanje razmer vključno z vrednotenjem izmerjenih vrednosti opravlja Agencija RS za okolje.

Predvidevanja, kako se bodo podnebne spremembe kazale po pokrajinah in krajevno, otežujejo prepletanje gorskega, celinskega in sredozemskega podnebja ter geografske značilnosti slovenskega prostora. Tudi meritve temperature v Sloveniji kažejo podobne spremembe, kot jih zasledimo v svetu in Evropi, saj povprečna temperatura postopoma narašča, povečanje pa je najbolj opazno v zadnjih dvajsetih letih. Seveda segrevanje ozračja ni edina posledica, skrbijo nas tudi spremembe zračnih tokov, vremenskih vzorcev, spremembe razporeditve in količine padavin ter pogostost in moč nevarnih vremenskih dogodkov. V zadnjih dveh desetletjih ugotavljamo, da se spreminja padavinski režim. Po vsej državi se povečuje že tako izrazit jesenski višek padavin, v vseh ostalih letnih časih pa količina padavin upada. Najbolj nazorno nam spreminjanje podnebja dokazuje krčenje ledenikov, najbolj boleče pa nas na to opozarjajo vremenske ujme.

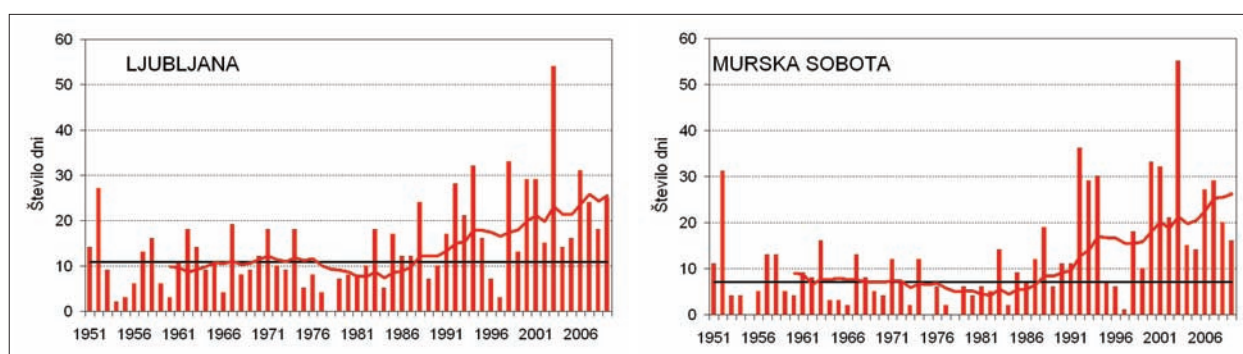
Zaradi podnebnih sprememb bo verjetno v prihodnje okrnjena varovalna vloga gozda, kar lahko prispeva k povečanju neugodnih geomorfoloških procesov, kot so zemeljski plazovi in hudourniške poplave. Podnebne spremembe bodo resna grožnja naši bogati biotski pestrosti. Zelene zime so vse pogostejše, morska gladina narašča, že do zdaj sušna območja postajajo še bolj suha, obilne padavine pa povzročajo

poplave in zemeljske plazove. Rastline se na toplejše ozračje odzivajo s podaljšanjem vegetacijske dobe, zato so ranljivejše za pomladansko pozebo. Škoda, ki nam jo povzročajo izredni vremenski in podnebni dogodki, strmo narašča predvsem zaradi vse dražje infrastrukture in ker izrabljamo tudi območja, ki jih naši predniki zaradi večje izpostavljenosti naravnim silam niso intenzivno izkoriščali.

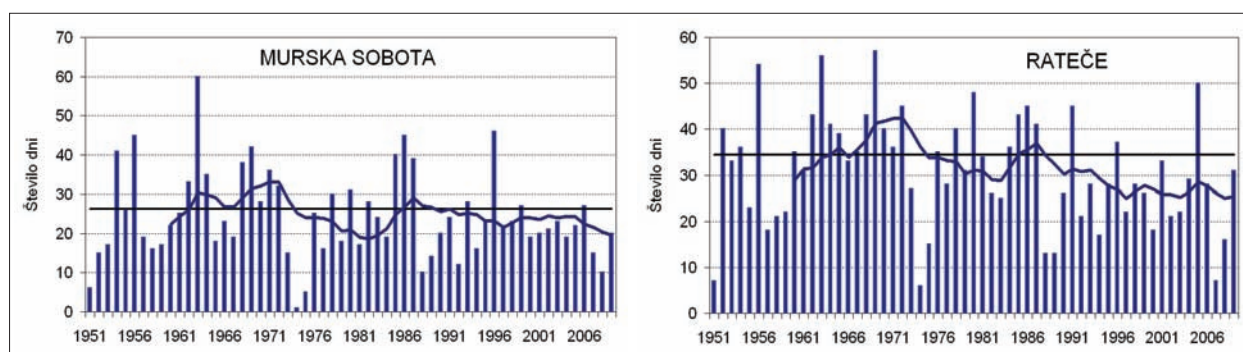
Čeprav v biltenu Agencije RS za okolje (ARSO) sproti poročamo o odklonih od dolgotrajnega povprečja in nevarnih ter izrednih vremenskih dogodkih, na kratko povzemamo nekaj najodmevnejših dogodkov v zadnjih letih. V zadnjem obdobju nas je presenetilo izjemno vroče poletje 2003, ki je kmetijstvo prizadelo s hudo sušo, težave so bile tudi zaradi nizkih pretokov rek in na severovzhodu države zaradi znižanja nivoja podtalnice. Izjemne so bile tudi topla in razmeroma suha jesen 2006, rekordno mila zima 2006/07, ki jo je označevala tudi skromna snežna odeja, in topla pomlad 2007. Obdobje od septembra 2006 do avgusta 2007 je bilo najtoplejše 12-mesečno obdobje doslej. Prav tako pa mrzla in snežena zima 2005/06 dokazuje, da ogrevanje ozračja ne poteka enakomerno in se hkrati večja tudi spremenljivost. To dokazuje tudi junij 2006, ki se je začel z neobičajno hladnim in deževnim vremenom, v drugi polovici meseca pa nas je zajel vročinski val. Rezultati projekta Prudence nakazujejo, da lahko največje spremembe padavin in temperature v prihodnje pričakujemo poleti (<http://prudence.dmi.dk/>); padavin naj bi bilo manj, temperatura pa opazno višja. Pozimi naj bi



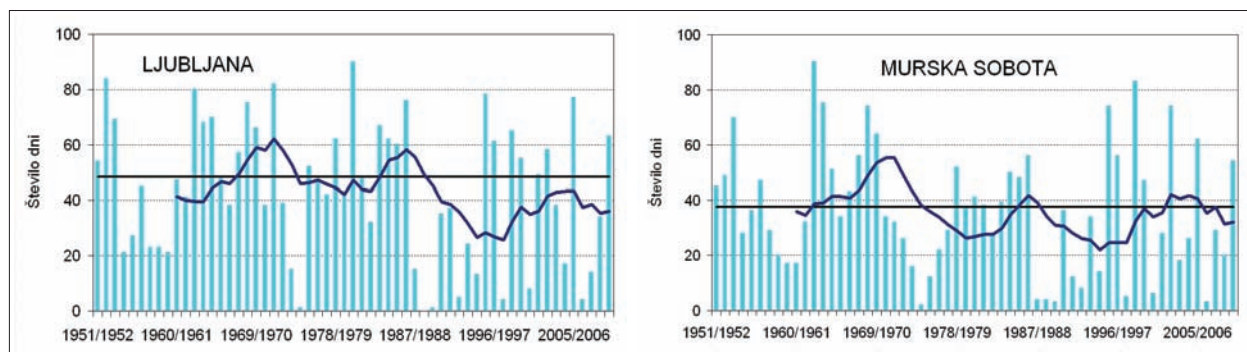
**Slika 5.** Potek povprečne letne temperature zraka v obdobju 1951–2009 in 10-letno drseče povprečje (debele črte) ter povprečje primerjalnega obdobja 1961–1990 (črna črta)



**Slika 6.** Število vročih dni (rdeči stolpci), desetletno drseče povprečje (rdeča črta) in povprečje primerjalnega obdobja 1961–1990 (črna črta), ko podnebne spremembe še niso bile tako opazne; obdobje 1951–2009



**Slika 7.** Število ledenih dni v obdobju 1951–2009 10-letno drseče povprečje (modra črta) in povprečje obdobja 1961–1990



**Slika 8.** Število dni s snežno odejo v zimah 1951/52–2009/10 in 10-letno drseče povprečje (debele črte) ter povprečje primerjalnega obdobja 1961–1990 (črna črta)

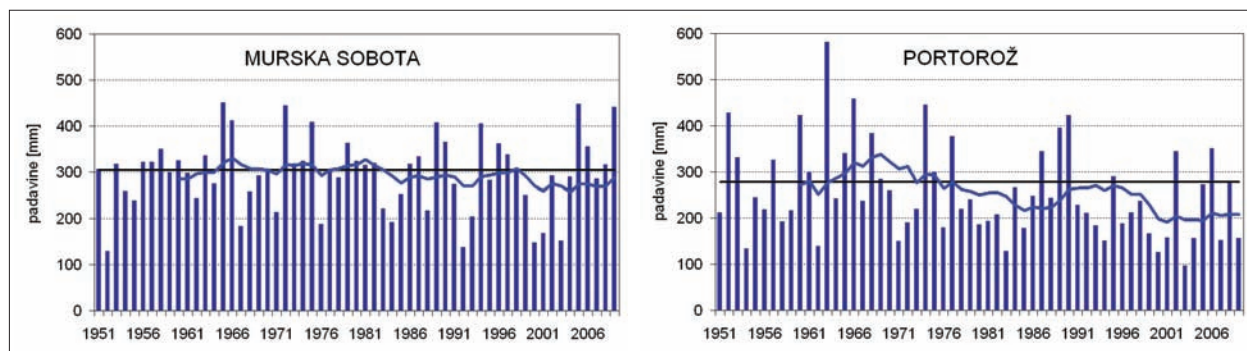
bilo ogrevanje nekoliko manj izrazito, padavin pa celo nekoliko več.

Še bolj kot spremembe povprečnih vrednosti spremenljivk, ki opisujejo vreme, nas skrbijo spremembe v pogostosti in jakosti ekstremnih dogodkov. Število vročih dni v zadnjih desetletjih narašča, prav tako pa ne beležimo izjemno nizkih temperatur. Nekatera območja že kažejo razlike v pogostosti nalivov. Število dni s padavinami nad 20 mm kaže tendenco naraščanja na Goriškem in Kozjanskem; njihovo število upada v Slovenskem Primorju, Alpah in na Dinarskem območju. Število dni z nevihto kaže porast v večjem delu vzhodne Slovenije in upad v pretežnem delu južne Slovenije, opazamo pa, da so močne nevihte v zadnjih letih pogostejše. Pričakujemo, da bo v prihodnje več tudi močnih kratkotrajnih nalivov.

Suša, zlasti kmetijska, je v Sloveniji znan in dobro opisan pojav. V preteklih stoletjih in desetletjih so občasno nastopila leta, ko je v občutljivih fazah rasti kmetijskih pridelkov zaradi

pomanjkanja padavin ter povečanih izgub zaradi izhlapevanja iz tal in rastlin prišlo do zmanjšanja pridelka, včasih pa pridelka sploh ni bilo. Vendar v preteklosti ni bilo potrebe po obsežnejšem namakanju kmetijskih površin.

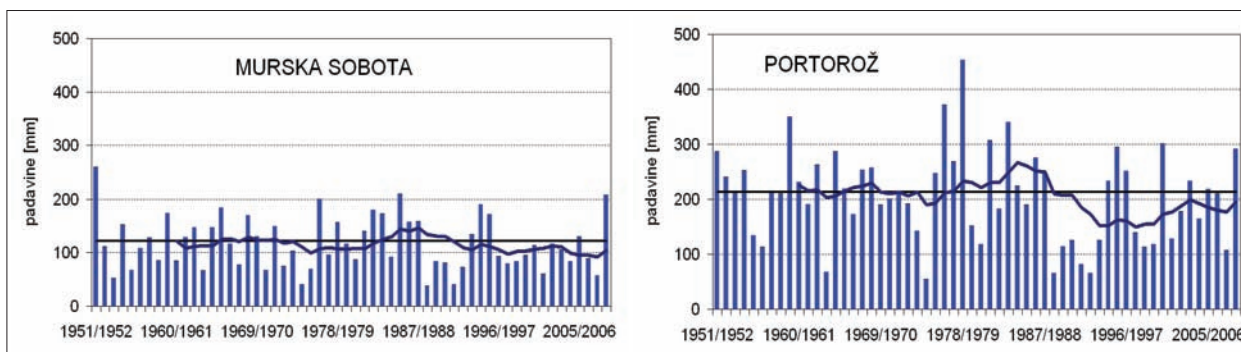
Kmetijska suša je v Sloveniji del naravne spremenljivosti podnebja, njeno jakost pa lahko ocenimo z razliko med vsoto padavin in izgubo vode zaradi izhlapevanja in dihanja rastlin (evapotranspiracije) v vegetacijskem obdobju. Ta pokazatelj je še jasnejši, če pri oceni izgub privzamemo, da so tla in rastline dobro preskrbljene z vodo (potencialna evapotranspiracija). Čeprav pojav suše ni novost, se je v zadnjem času pogostost sušnih let povečala. Preseneča predvsem to, da se pojavi suša v ravnem obdobju tudi v zaporednih letih. Spomin na vroča in sušna zgodnja poletja 2006 in 2007 je še vedno živ. Leto 2008 si bomo zapomnili predvsem po hudih poletnih neurjih z močnim vetrom in točo; bilo je toplejše od dolgoletnega povprečja (1961–1990) in za



**Slika 9.** Poletne padavine in 10-letno povprečje (modra črta) ter povprečje primerjalnega obdobja 1961–1990 (črna črta)

razliko od prejšnjih let dobro preskrbljeno s padavinami. Tudi v ravnem obdobju, od aprila do oktobra, je bila bilanca vode v tleh (padavine - izhlapevanje) pozitivna. Izjemi sta bili le obalno območje in severovzhodni del Slovenije, kjer je

vode v tleh občasno primanjkovalo. Tudi poletje 2009 se je vpisalo v zgodovino zaradi močnih poletnih neurij, ki so najbolj prizadela vzhodni del države.



**Slika 10.** Zimske padavine in 10-letno povprečje (modra črta) ter povprečje primerjalnega obdobja

## Ledeniki kot pokazatelji podnebnih sprememb

Ledeniki so nazorni pokazatelji sprememb podnebja. Odzivajo se na padavine, temperaturo, sončno obsevanje in veter. Oba ledenika v Sloveniji sta zaradi nizke lege zelo občutljiva na podnebne spremembe. Triglavski ledenik se je močno zmanjšal ob koncu izjemno vročega poletja 2003, v naslednjih letih pa si je spet nekoliko opomogel. Ledenik se je s svojo površino (približno 0,7 ha) jeseni 2006 precej približal stanju iz leta 2003, ko je meril 0,7 ha, v letu 2007 pa je z 0,6 ha dosegel do zdaj najmanjšo površino. Nadaljuje se tudi njegovo tanjšanje. Osrednji del ledenika je povsem konkaven, debelina nikjer ne presega 5 do 6 m. Ob nadaljevanju podobnega trenda lahko pričakujemo njegovo izginotje najkasneje v naslednjih desetih letih.

## Strokovne podlage za prilagajanje na spremembe podnebja

Podnebje in njegova vsakodnevna pojavna oblika vreme nam vedno znova dokazujeta, da sodobna družba z moderno tehnologijo še zdaleč ni tako neranljiva, kot si radi predstavljamo in kot bi si želeli. Podnebje postaja vse bolj cenjen naravni vir in naša naloga je, da ga v sedanji obliki, ki je človeštvu razmeroma prijazna, ohranimo tudi prihodnjim rodovom.

Tudi ob uspešnih ukrepih in omejitvi porasta povprečne svetovne temperature na 2 °C bodo spremembe podnebja opazne in potrebno se jim bo prilagoditi. Že uvodoma smo omenili, da so spremembe na našem območju večje kot v svetovnem povprečju.

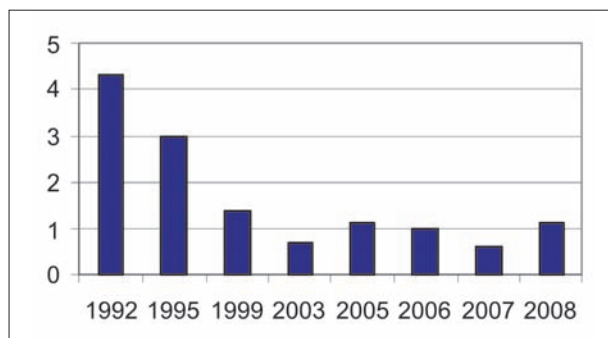
Evropska komisija je leta 2007 objavila Zeleno knjigo o prilagajanju na podnebne spremembe (Zelena knjiga – Prilagajanje podnebnim spremembam v Evropi – možnosti za ukrepanje EU, junij 2007, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0354:FIN:SL:>

HTML), ki ji je aprila 2009 sledila Bela knjiga (Bela knjiga – Prilagajanje podnebnim spremembam: evropskemu okviru za ukrepanje naproti, april 2009, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:SL:PDF>). Ob spoznanju, da je prilagajanje prav tako potrebno in pomembno kot blaženje podnebnih sprememb, je devet evropskih držav v zadnjih nekaj letih sprejelo državne strategije prilagajanja na podnebne spremembe (Danska, Finska, Nemčija, Francija, Madžarska, Nizozemska, Španija, Švedska, Združeno kraljestvo), prva med njimi je bila Finska.

Vse večji poudarek prilagajanju daje tudi Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC) v petletnem delovnem programu o vplivih, ranljivosti in prilagajanju na podnebne spremembe, ki so ga potrdili na konferenci v Nairobiu novembra 2006. Tudi v dokumentu Urada RS za makroekonomske analize in razvoj »Strategija razvoja Slovenije«, ki ga je Vlada RS sprejela 23. junija 2006, so omenjene podnebne spremembe, in sicer ne le na področju blaženja, ampak tudi prilagajanja. Kot področji prilagajanja sta posebej izpostavljena kmetijstvo in gozdarstvo, med področji vključevanja okoljevarstvenih meril v sektorske politike in potrošniške vzorce pa prilagajanje gospodarstva in poselitve podnebnim spremembam.

Prilagajanje podnebnim spremembam je sklop dejavnosti, ki ga je v Sloveniji še potrebno uveljaviti in mu dodeliti primerno mesto v vseh sektorskih strategijah. Seveda zgolj prilagajanje v sektorskih okvirih in brez medsektorske usklajenosti ne bo obrodilo pričakovanih rezultatov. Na tem področju čaka Ministrstvo za okolje in prostor še veliko dela, velika pa so pričakovanja tudi do Službe za podnebne spremembe, ki je bila ustanovljena leta 2009.

Pri pripravi strokovnih podlag za prilagajanje ima Agencija RS za okolje (ARSO), ki je organ v sestavi Ministrstva za okolje in prostor, zelo pomembno vlogo. S prvimi projekti smo začeli pred nekaj leti, ko je bila izdelana prva ocena ranljivosti slovenskega kmetijstva na podnebne spremembe. Ni naključje, da so se prizadevanja najprej začela v kmetijstvu, saj je povezava med vremenom in



**Slika 11.** Spreminjanje obsega Triglavskega ledenika (površina v ha), (vir: kazalci okolja, [http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind\\_id=201&menu\\_group\\_id=8](http://kazalci.arso.gov.si/?&data=indicator&ind_id=201&menu_group_id=8))

kmetijstvom splošno priznana, agrometeorologija pa že dolgo uveljavljena interdisciplinarna veda. V zadnjih letih in predvsem z Belo knjigo o prilagajanju je prevladalo spoznanje, da so skoraj vsi gospodarski sektorji ranljivi na podnebne spremembe in da se bodo morali nanje prilagajati. Podlaga za prilagajanje so sistematična prizadevanja za oceno ranljivosti Slovenije na podnebne spremembe, ki so se začela v letu 2006. Ob pomanjkanju ustreznih finančnih in človeških virov so rezultati na tem področju skromni. Ministrstvo za okolje in prostor ima pripravljen osnutek Državne strategije prilagajanja na podnebne spremembe, ki ga bo potrebno še dopolniti in sektorsko uskladiti. Še najdlje je na področju prilagajanja Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ki mu je Vlada poleti 2008 potrdila predloženo Strategijo prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam.

Podnebne spremembe niso le grožnja, ampak tudi priložnost za prestrukturiranje ter spremembe v načinu življenja in izrabi naravnih danosti, h katerim prištevamo tudi podnebje. Podnebje in vreme namreč posredno ali neposredno vplivata praktično na vse dejavnosti. Kljub velikanskemu tehnološkemu napredku (in tudi zaradi njega) jim še nismo kos in pomenijo resno grožnjo, s katero se bo človeštvo še dolgo spoprijemalo. So posledica človekovega razvrednotenja okolja in ponoven resen opomin zaradi nepremišljenega, preveč brezskrbnega poseganja v okolje.

Zgodnje upoštevanje spreminjajočega se podnebja dolgoročno prinaša varnejšo uporabo in prihranek sredstev. V primerjavi z mednarodnimi prizadevanji za zmanjševanje koncentracije TGP je pri prilagajanju večina dejavnosti in odločitev prepuščena državam. V Sloveniji je že bilo narejenih nekaj ozko usmerjenih študij o ranljivosti na podnebne spremembe, sistematične raziskave pa so šele na začetku. Nalogo otežuje podnebna raznolikost Slovenije in s tem posebna ranljivost posameznih pokrajin, posameznih gospodarskih dejavnosti in drugih delov družbe. Prilagajati se bo potrebno na pogostejše in močnejše izredne vremenske dogodke, kot so neurja, pozebe, žled,

toča, višja temperatura zraka, intenzivnejši nalivi in daljša sušna obdobja, a hkrati tudi na posledice vremenskih dogodkov, kot so poplave in plazovi ter požarna ogroženost naravnega okolja. S podnebnimi spremembami so povezani tudi migracijski tokovi, razširjenost in življenjski cikel žuželk ter razširjenost rastlinskih in živalskih bolezni. Poostriti bo treba ukrepe za preprečevanje vnosa novih bolezni in škodljivcev ter tujih vrst, ki lahko ogrozijo preživetje domačih vrst rastlin in živali.

Zelo pomembna in odgovorna naloga je napovedovanje izrednih meteoroloških in hidroloških dogodkov ter opozarjanje nanje. To nalogo opravljata v okviru ARSO Državna meteorološka in Državna hidrološka služba. Pogostost oziroma intenziteta teh dogodkov se ob podnebnih spremembah pri nas dokazano povečuje. Zavarovalništvo je panoga, ki je prav tako zelo ranljiva na podnebne spremembe, ob pravilno zasnovani strategiji pa lahko odigra pomembno vlogo pri vzpodbujanju prilagajanja nanje. V povezavi s podnebnimi spremembami se na novo zastavlja tudi vloga prostorskega planiranja. Že brez upoštevanja posledic podnebnih sprememb velik del Slovenije ogrožajo plazovi in hudourniške poplave. Obseg potencialno ogroženih območij se bo v prihodnje večal, kar bi morali v prostorskih načrtih nujno upoštevati.

Ocenjujemo, da v kmetijstvu pozitivni vplivi ne bodo odtehtali negativnih in bo kmetijska pridelava v prihodnje dražja. Pospešeno uvažanje ekološkega kmetovanja lahko pomembno pripomore k zmanjševanju vpliva podnebnih sprememb.

Povečala se bo že tako visoka ogroženost zaradi hitrih poplav, na drugi strani pa se lahko zaradi daljših sušnih obdobij pojavijo težave pri preskrbi z vodo, predvsem v Primorju in severovzhodnem delu Slovenije. Dolgoročno si je treba prizadevati za zmanjšanje končne porabe vode in zmanjševati izgube v vodovodnih sistemih. Zaradi močnejših nalivev se bosta povečala erozija in razvrednotenje delov naravnega okolja. Obala je ogrožena zaradi dviga morske gladine in možnih vplivov na morske rastline in živali zara-



**Slika 12.** Kmetijstvo je med sektorji, ki so najbolj ranljivi na podnebne spremembe.



**Slika 13.** Razvoj in širjenje škodljivcev ter bolezni, ki jih prenašajo žuželke, sta močno odvisna od podnebnih razmer.



**Slika 14.** Obalna območja bo ogrožal dvig morske gladine; tudi visoke plime ob nizkem zračnem pritisku in jugu bodo pogostejše.

di višje temperature vode ter biokemičnih sprememb. Z največjim izzivom prilagoditve podnebnim spremembam se srečuje zimskošportni turizem. Pri oskrbi z energijo lahko pričakujemo povečanje porabe v poletnih mesecih.

Pričakujemo večinoma negativne vplive na zdravje in počutje ljudi. Podaljšala se bo sezona pojavljanja fotokemičnega smoga; pričakujemo tudi ojačane obremenilne učinke ob vročinskih valovih. Sprememba podnebja lahko povzroči večjo prostorsko razprostranjenost ter poveča populacijo gostiteljev in prenašalcev bolezni, na primer klopov. Ranljivost prebivalstva se bo stopnjevala tudi zaradi vse večjega deleža starostnikov med prebivalstvom.

Potrebna bo ocena skupnih posledic podnebnih sprememb in medsebojnih učinkov ukrepov prilagajanja na posameznih gospodarskih področjih. Že izdelane ocene bo treba redno dopolnjevati z novimi spoznanji o spreminjanju podnebja in naraščanju njegove spremenljivosti. Zaskrbljujoča je slaba povezava med politiko in raziskavami na področju prilagajanja na spremembe. Pogosto potrebe politike prehitujejo razvoj znanja in razumevanja pojavov, njihovih medsebojnih povezav ter stranskih učinkov. Prav tako so raziskave pogosto preveč razdrobljene, resorsko neusklajene, izsledki pa niso predstavljeni tako, da bi bili politikom in ostalim deležnikom v procesu odločanja neposredno uporabni. Slovenija tudi ni bila vključena v projekt CIRCLE, ki je bil namenjen izmenjavi znanja in skupnemu financiranju raziskav na področju prilagajanja na podnebne spremembe. Kot kaže pa bo Slovenija vključena v nadaljevalni projekt CIRCLE-2.

## **Kaj se lahko naučimo od tistih, ki že imajo strategijo prilagajanja na podnebne spremembe**

Trenutno sta najpomembnejša ukrepa prilagajanja na podnebne spremembe informiranost in ozaveščanje javnosti o podnebnih spremembah, njihovih učinkih ter o načinih, kako jih omiliti.

Evropska unija (EU) je v Beli knjigi fazo priprave za sprejem strategije za prilagajanje, v kateri bo pridobila in analizirala podatke o ranljivosti sektorjev na posledice podnebnih sprememb oz. vzpostavila bazo znanja kot temelj za oblikovanje ukrepov na ravni EU, razpotegnila do leta 2012. Enako bi veljalo tudi v Sloveniji najprej oceniti ranljivost posameznih sektorjev in nato predlagati ustrezne ukrepe. Evidentiranju in ocenjevanju primernosti ukrepov naj bi sledilo odločanje o izbiri ukrepov, ki se medresorsko izključujejo. Z doseženim soglasjem med resorni-

mi ministrstvi bo hkrati določena vsebina državne strategije prilagajanja na podnebne spremembe. Po sprejetju strategije s strani primerne državne institucije bo sledila faza vključevanja ukrepov v sektorske programe in predpise.

Dosedanje aktivnosti so bile sektorsko nepovezane in pragmatične. Veliko je tudi nerazumevanja, kaj je prilagajanje, poleg tega pa je bilo prilagajanje dolgo označeno za manj pomembno od blaženja. Blaženje in prilagajanje morata biti usklajena in si ne smeta nasprotovati, ampak se podpirati in medsebojno krepiti. Prilagajanje zahteva večjo interdisciplinarno podporo, je za implementacijo težje in skriva pasti nepredvidenih povratnih učinkov in zank v znatno večji meri, kot je to zaznati pri blaženju. Prav tako je dejavnik negotovosti pomembno večji in bolj otežuje konkretne akcije. Za prilagajanje je opravljenih manj študij strošek/korist. Težava je tudi v družbeni sprejemljivosti nekaterih ukrepov in stroškov prilagajanja v primerjavi s trenutnimi potrebami in zahtevami (življenjski standard, zagotavljanje nizke stopnje brezposelnosti, trenutnih gospodarskih koristi, raba prostora in nasprotujoči si interesi ...); to je posebej izpostavljeno, ker na področju prilagajanja ni mednarodne obveznosti, ki bi mu zagotovila ustrezno prioriteto.

Večina prilagajanja poteka na državni, pokrajinski in lokalni ravni, saj mora biti prilagajanje primerno dejanskim razmeram področja, na katerem poteka. Tu se srečujemo s pomanjkanjem ustreznih strokovnih podlag z zadovoljivo prostorsko in tudi časovno ločljivostjo. Ker bodo nekatere akcije potekale na državni, nekatere na pokrajinski, druge pa na lokalni ravni, bo potrebno zagotoviti, da dejanje prilagajanja na enem območju ne bo poslabšalo razmer na drugem.

Ker Slovenija še nima sprejete državne strategije prilagajanja na podnebne spremembe, se lahko marsikaj naučimo iz primerov drugih držav, ki so s tem začele že mnogo pred nami. Pretok informacij in izmenjavo izkušenj med državami pod okriljem Evropske agencije za okolje zagotavlja neformalna interesna skupina za ranljivost in prilagajanje, ki se srečuje dvakrat letno. Njen cilj je, da udeleženci izmenjajo izkušnje in trende ter izkušnje o pristopih, ki so učinkoviti ali pa vnašajo slabosti in zastranitve.

Povodi za sprejetje strategij prilagajanja so bili doslej v državah Evropske unije dokaj heterogeni, enako velja tudi za pristope. Večina strategij je nastajala z vrha navzdol, čeprav vsi priznavajo, da je najboljši model razvoja od vrha navzdol in iz baze proti vrhu – torej kombiniran pristop. Ta je zelo pomemben, ker zagotavlja sprejemanje strategije s strani deležnikov in robustnosti za primer sprememb v vladi. Glavni povodi za razvoj državne strategije so bili:

- učinki ekstremnih vremenskih dogodkov;
- EU politika (Zelena in Bela knjiga);
- ocenjen gospodarski strošek v primeru neprimerne ukrepanja;
- pobude in zahteve nevladnih organizacij;
- zgledi drugih držav;
- UNFCCC;
- zaznavanje priložnosti ob prilagajanju;
- pobude privatnega sektorja;
- mediji;
- znanstvena spoznanja.

Ojačevalci procesa za izdelavo strategije prilagajanja:

- politična volja;
- posamezniki z izkušnjami in znanjem kot gonilna sila;
- razpoložljivost človeških in finančnih virov;
- dovolj trdna strokovna in znanstvena osnova za ukrepanje;
- primeren čas za razvoj in sprejetje;
- usklajenost in nenasprotovanje drugim politikam;
- dobro sodelovanje med ministrstvi.

## Kako naprej

V osemdesetih letih je znanost vso pozornost namenjala poznavanju podnebne sistema, v devetdesetih se je pridružila raziskava vplivov in blaženja. V večji meri se je začelo strokovno raziskovalno delo o prilagajanju na pokrajinski in lokalni ravni sredi prvega desetletja tega stoletja – vzporedno z razvojem modelov za podnebne projekcije z večjo ločljivostjo.

Komunikacija in ozaveščanje sta bistvena za zagotavljanje podpore državnim ukrepom za prilagajanje in razvoj sposobnosti prilagajanja. Prav tako tudi za prepoznavanje grožnje, izbor najboljših odzivov ter proučitev stranskih učinkov ukrepov na druge sektorje, seveda pa tudi za iskanje ojačitvenih in povratnih povezav med procesi. Zastaviti ju je potrebno namenu ustrezno, zato se pristop razlikuje od tistega za potrebe blaženja.

Večnivojsko upravljanje je velika težava v večini držav, prav tako vpletenost prilagoditvenih politik v ostale sektorske politike na vseh nivojih. To je verjetno večji izziv kot zgolj iskanje tehničnih rešitev. Strategija mora vsebovati načrte in postopke za ocenjevanje, posodobitve in udejanjanje državne prilagoditvene strategije. Politično soglasje ni dovolj, potrebni so tudi konkretni načrti, ki bi zagotavljali fleksibilen nabor ciljev in kazalnikov za poročanje in spremljanje učinkovitosti. Prav tako moramo imeti nabor mehkih instrumentov za olajšanje in vzpodbujanje, a tudi ukrepe za utrditev prilagajanja (na primer, ko plačnik ukrepov ni tisti, ki so mu namenjeni blagodejni učinki prilagajanja).

Ob koncu je potrebno izpostaviti, da moramo v strategiji prilagajanja predvideti tudi trajen vir finančnih sredstev za izvajanje prilagoditvenih ukrepov. ARSO pripravlja velik del strokovnih podlag za prilagajanje na podnebne spremembe, z zgodnjim opozarjanjem na nevarne ekološke, agrometeorološke, hidrološke in vremenske dogodke pa izvaja tudi enega izmed najpomembnejših kratkoročnih ukrepov.



*Kako so potekale meteorološke meritve od začetkov do danes (foto: Iztok Sinjur).*



*Kaj se lahko naučimo iz preteklih podnebnih razmer? (foto: Tanja Cegnar)*

# Spremljanje podnebja v Sloveniji

Mojca Dolinar, Mateja Nadbath, Zorko Vičar, Gregor Vertačnik, Boris Pavčič

*V Sloveniji se je z meteorološkimi meritvami začelo že zelo zgodaj. Ker so se skozi leta spreminjale tako lokacije postaj kot instrumenti, načini merjenja in opazovanja, merske enote ter okolica opazovanega prostora, je v izogib napačnim zaključkom pred analizo niza podatkov potrebna homogenizacija letnega. Pomagamo si z metapodatki, pri čemer je njihova obnova zahtevna in dolgotrajna. Prikazani sta rekonstrukcija temperaturnega niza v Ljubljani in rekonstrukcija višine snega na Kredarici.*

Podnebje po definiciji predstavlja povprečno vreme oziroma okvir, znotraj katerega lahko pričakujemo posamezne vremenske dogodke. Ta okvir ni statičen, ampak se nenehno spreminja. Vzroki za to so različni. V zadnjih desetletjih je vedno bolj očitno, da ima velik vpliv na spreminjanje podnebja človekova dejavnost. Ta vpliv ni kontroliran in ima lahko hude posledice za človeštvo. Zato se klimatologi že nekaj desetletij intenzivno ukvarjamo z razvojem modelov, s katerimi bi lahko ocenili spremembe podnebja v prihodnosti. Podnebje je zelo zapleten sistem, na katerega vpliva mnogo dejavnikov, ki se medsebojno prepletajo. Na nekatere spremembe dejavnikov se odziva zelo hitro, na druge bolj počasi. Če želimo razumeti vpliv posameznih dejavnikov nanj in predvideti, kakšno bo podnebje v prihodnosti, moramo zelo dobro vedeti, kaj se je z njim dogajalo v preteklosti.

Podnebne razmere opisujemo s podnebnimi spremenljivkami; najbolj poznane so padavine in temperatura. Žal meritve spremenljivk ne sežejo tako daleč v preteklost, da bi na podlagi teh lahko dobro ocenili delovanje celovitega podnebnega sistema. Zato si klimatologi pomagamo z drugimi podatki, preko katerih lahko sklepamo na podnebne razmere v nekem obdobju: s širino letnic pri zelo starih rastlinah (drevesih), razmerjem izotopov kisika v posameznih plasteh ledenega pokrova, kroniko različnih zgodovinskih virov ...

## Meteorološke meritve skozi čas

V Evropi so prvo mrežo meteoroloških opazovanj po italijanskih mestih in večjih mestih sosednjih držav vzpostavili Galilejevi učenci med leti 1654–1667. Prvo sistematično merjenje padavin pa se je začelo leta 1697 v angleškem kraju Kew Gardens. Najstarejše ohranjene meritve temperature so iz leta 1701, in sicer iz Ber-

lina. Tudi na ozemlju današnje Slovenije smo z meteorološkimi meritvami začeli zelo zgodaj. Iz zgodovinskih zapisov vemo, da so na območju današnje Primorske (Gorica, Tolmin in Piran) med leti 1781 in 1785 začeli z merjenjem padavin, vendar so zapisi teh meritev nepopolni. Prav tako ni ohranjenih zapisov prvih meritev v Ljubljani iz leta 1824. Najstarejši ohranjeni zapisi so iz leta 1850, ko so na brzojavnem uradu na železniški postaji v Ljubljani začeli sistematično meriti in zapisovati temperaturo in padavine. Poleg niza podatkov za Ljubljano, Agencija za okolje hrani zapise meteoroloških opazovanj in meritev številnih drugih postaj, kjer so z meritvami pričeli konec 19. stoletja. Ti dolgi neprekinjeni nizi opazovanj predstavljajo neprecenljiv vir za rekonstrukcijo podnebja na Slovenskem v preteklosti in za oceno morebitnih sprememb v prihodnosti.

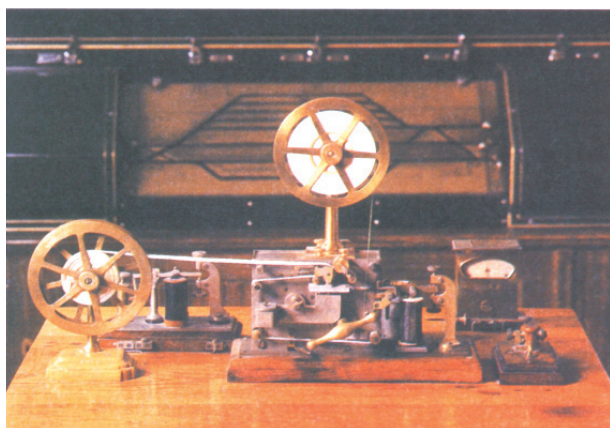
## Analiza nizov podatkov

Pred analizo dolgih nizov podatkov moramo vse stare zapise meritev, opazovanj, opise merilnih naprav in merilnih mest pretvoriti v digitalno obliko. To je zahtevno in dolgotrajno delo. Dolgi nizi meteoroloških podatkov nam služijo in nam še bodo v bodoče; ne le, da z njihovo pomočjo lahko analiziramo podnebje v preteklosti in njegovo oceno v prihodnosti, temveč tudi ranljivost posameznih območij na ekstremne vremenske dogodke. Slednje je izjemno pomembno, saj je bilo v preteklosti že veliko vremenskih dogodkov, ki so povzročili gmotno škodo in terjali življenja. Na podlagi meritev in opazovanj takih dogodkov pa lahko rekonstruiramo razmere v ozračju, predvidimo potek vremena ob podobnih razmerah v prihodnosti, opozarjamo na vpliv izrednega vremena na okolje in morebitno škodo, ki jo lahko povzroči.

## Slovenska meteorološka mreža

Danes slovenska meteorološka mreža pokriva čez 20.000 kvadratnih kilometrov veliko površino. Slovenija je hkrati alpska, panonska in sredozemska država. To je razlog, da so podnebne razmere na ozemlju Slovenije krajevno zelo spremenljive in zahtevajo gosto meteorološko mrežo. Kako pestre so, nam povedo naslednji podatki: v Sloveniji lahko izmerimo vetrove s hitrostjo do 200 km/h in dnevne padavine, ki presegajo 300 mm; na letni ravni lahko izmerimo čez 5000 mm padavin na severozahodu Slovenije in manj kot 500 mm na severovzhodu; temperaturni razpon je od okoli  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  do prek  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  stopinj Celzija.

Slovenska meteorološka stroka temelji na meteoroloških opazovanjih in meritvah, ki po zapisih segajo v leto 1779, ko so v Trstu začeli s prvimi sistematičnimi meteorološkimi opazovanji. Leta 1781 je sledila Gorica, 1784 Tolmin, 1785 v Piran in leta 1824 še Ljubljana. Leta 1848 je bil na Dunaju ustanovljen Osrednji zavod za meteorologijo in geomagnetizem, ki je preko enotnih kriterijev skrbel za meteorološko mrežo po celotni takratni skupni državi Avstrijskem cesarstvu. Leta 1896 so bila poslovenjena nemška navodila za delovanje »pluviometerskih in termometerskih postaj« *Predpisi o dežjemerskih opazovanjih z navodilom za opazovanje zračne toplote* (Gavazzi, 1925). Najstarejše ohranjene meteorološke meritve so mesečne vsote padavin v Piranu iz leta 1786. Župnik Giacomo Schiavuzzi je takrat meril padavine za potrebe medicine. Iskali so povezavo med pojavom malarije in količino padavin. Najstarejši originalni arhivski zapis temperature, pritiska in vlage, hranjen na Uradu za meteorologijo, sega v leto 1850, merilno mesto Ljubljana - Telegrafski urad (slika 2). To je bil čas, ko je Palatinsko meteorološko društvo vplivalo na postavitev meteoroloških postaj po celotni Evropi, tudi na Avstrijskem.



**Slika 1.** V preteklosti so opazovalci s telegrafom pošiljali podatke o vremenu v mednarodno izmenjavo.

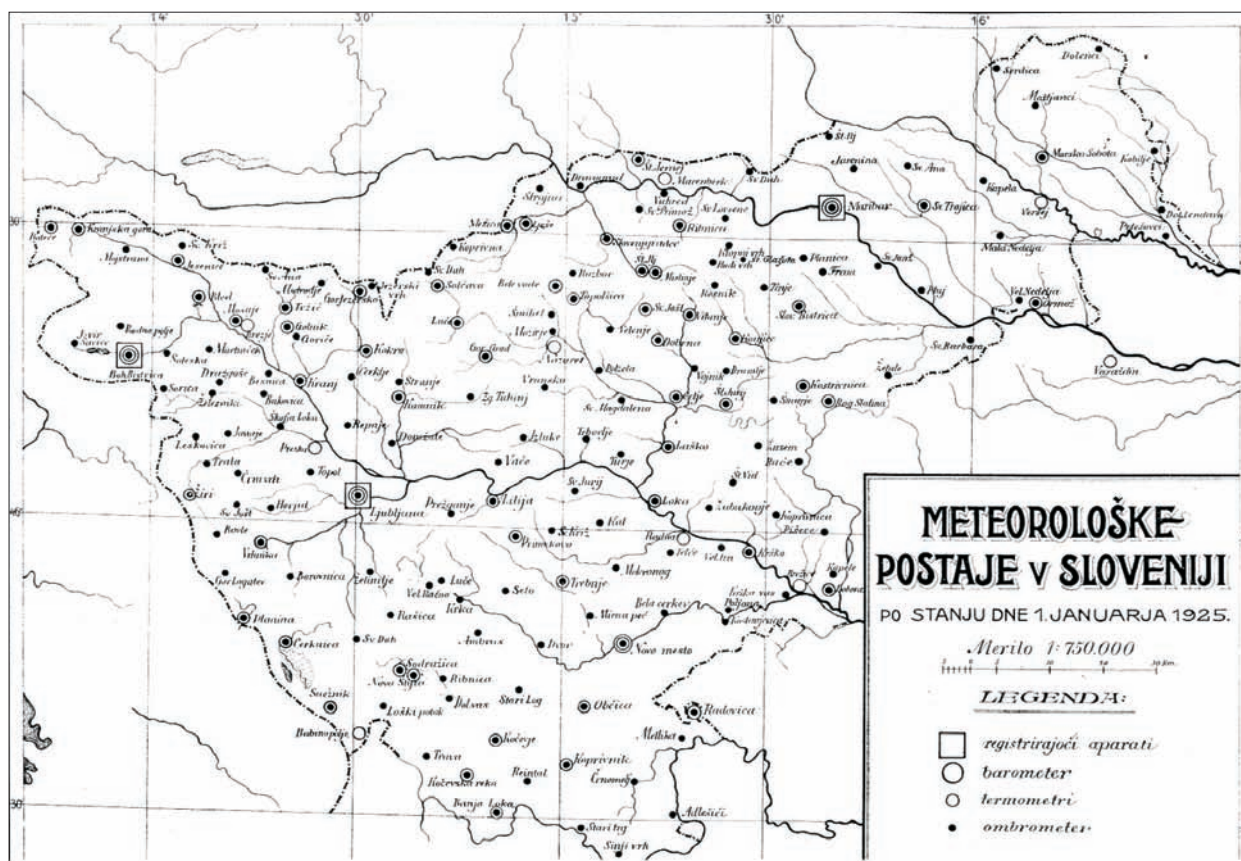
V Ljubljani smo na začetku merili temperaturo zraka, zračni pritisk (višino stolpca živega srebra v pariških linijah), vlažnost zraka s psihrometrom in opisno beležili pojave. Tako smo 23. marca 1850 na prvi dan meritev v Ljubljani izmerili naslednjo temperaturo zraka: ob 6.30  $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ob 10.15  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ob 12.00  $+1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ob 15.00  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  in ob 18.00  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Z merjenjem padavin, opazovanjem oblačnosti in z oceno moči ter smeri vetra smo začeli leta 1852; padavine smo merili v pariških linijah. Prva zapisana višina padavin dne 24. 2. 1852 je  $4''7'''5$  pariških linij, kar je najverjetneje kar mesečna februarska vsota za Ljubljano. Ena pariška linija (") je 2,256 mm, 12 pariških linij pa je en pariški palec (").

Po skromnih začetkih so potrebe po meteoroloških podatkih naraščale, zato se je meteorološka mreža na ozemlju Slovenije do konca 19. stoletja povečala na 85 postaj. Leta 1940 je število postaj naraslo na 183, leta 1950 pa že na 200. Največje število postaj v Sloveniji je bilo leta 1977, skupaj 347, od tega 103 klimatološke in 244 padavinskih (slika 4). Leta 2008 je njihovo število padlo na 230; klimatoloških postaj je še 38, padavinskih 175, naraslo pa je število samodejnih postaj - našteali smo jih 58. Samodejne meteorološke postaje so začele igrati pomembnejšo vlogo po letu 1993.

Danes meteorološke podatke, opazovanja in meritve pridobivamo iz različnih tipov postaj: popolnoma avtomatizirane meteorološke postaje, samodejne postaje z opazovalci in postaje zgolj z opazovalci. Slovenska uradna meteorološka mreža ima še 37 mehanskih pluviografov (zvezno beleženje višine padavin na trak), 22 heliografov in še ostale posebne senzorje ter redundančne registratorje (termografi, higrografi itn). Na trinajstih sinoptičnih postajah, vključno s štirimi

Meteorologische Beobachtungen									
Zeit		Temperatur		Barometer		Feuchtigkeit		Wind	
Stunde	Minuten	Luft	Wasser	Höhe	Wasser	Luft	Wasser	Richtung	Kraft
12	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
12	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
12	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
12	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
13	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
13	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
13	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
13	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
14	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
14	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
14	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
14	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
15	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
15	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
15	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
15	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
16	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
16	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
16	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
16	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
17	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
17	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
17	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
17	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
18	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
18	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
18	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
18	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
19	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
19	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
19	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
19	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
20	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
20	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
20	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
20	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
21	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
21	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
21	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
21	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
22	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
22	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
22	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
22	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
23	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
23	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
23	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
23	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
24	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
24	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
24	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
24	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
25	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
25	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
25	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
25	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
26	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
26	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
26	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
26	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
27	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
27	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
27	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
27	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
28	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
28	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
28	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
28	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
29	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
29	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
29	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
29	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
30	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
30	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
30	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
30	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
31	00	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
31	15	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
31	30	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1
31	45	1,1	0,8	28,5	28,5	75	75	SW	1

**Slika 2.** Prvi ohranjen originalni dnevni zapis meteoroloških meritev na ozemlju Slovenije iz leta 1850 (23. marec); merilno mesto Ljubljana.



**Slika 3.** Slovenska meteorološka mreža leta 1925, manjkajo postaje na ozemlju, ki ga je od matice ločila rapalska meja.

letališči, so še vedno profesionalni opazovalci. Na ostalih postajah opazovanja in meritve vršijo prostovoljni meteorološki opazovalci ali pa so avtomatizirana. Poleg klasičnih meritev in opazovanj od leta 1971 na ozemlju Slovenije merimo padavine tudi z meteorološkim radarjem, od leta 1996 dalje pa prejemo satelitske slike visoke ločljivosti (Meteosat Second Generation - MSG). Od leta 1995 meteorološki balon enkrat na dan z merilnimi senzorji in oddajnikom premeri vertikalni profil ozračja nad Ljubljano.

Zbiranje, hranjenje in vzdrževanje podatkov v Uradu za meteorologijo poteka po arhivskih standardih (slika 5). Klasične meritve se po pripravi digitalizirajo, kontrolirajo in vnesejo v relacijsko meteorološko bazo. Meritve avtomatskih postaj se v realnem času zapisujejo v relacijsko bazo. Vse podatke, stare in aktualne, obdelamo in vnesemo v bazo z istimi programskimi orodji oziroma algoritmi.

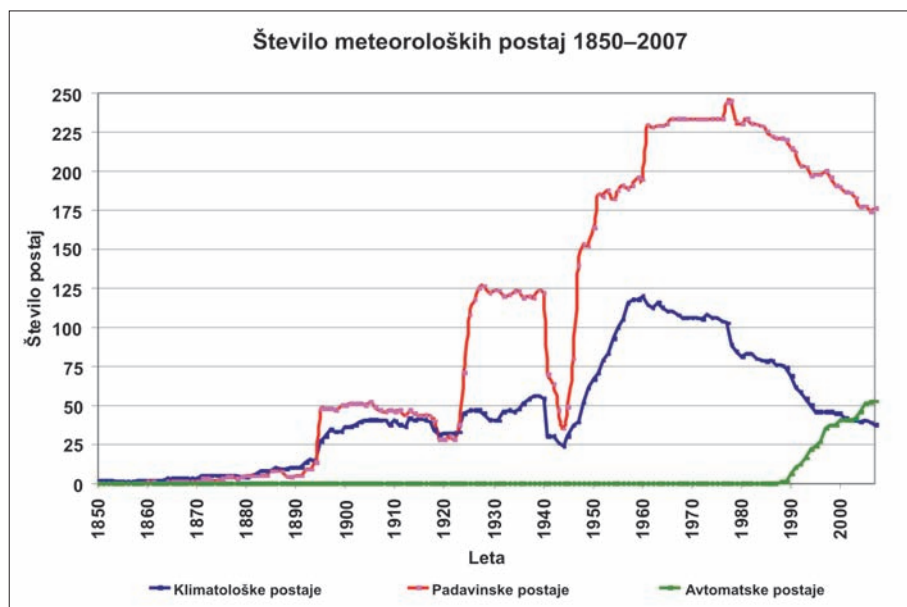
ARSO poseduje okoli 24.000 let podatkov v papirnati obliki; to je seštevek vseh letnih nizov z meteoroloških postaj. Približno tri četrtine tega arhiva je tudi v digitalni obliki. Od tega je dve tretjini podatkov samo o padavinah in atmosferskih pojavih, ostali del pa vsebuje tudi druge podatke, kot so temperatura, pritisk, vlažnost, veter itn.

## Dolgi nizi meteoroloških meritev

Podnebje se spreminja v različnih ciklih (od sezonskih do večstoletnih), ki se medsebojno prepletajo in drug drugega tudi zakrivajo. Zato je za ugotavljanje podnebne spremenljivosti in trendov zelo pomembno, da imamo dovolj dolg niz meritev. Pri ugotavljanju trendov meteoroloških spremenljivk se moramo zavedati, da na te poleg svetovne spremembe podnebja vplivajo tudi spremembe v okolici merilnega mesta (poselitev, vegetacija) in spremembe merilnih tehnik ter inštrumentov. Zaradi teh vplivov so spremembe nemalokrat reda velikosti svetovnih sprememb ali celo večje; zato je potrebno, da pred analizo spremenljivosti in trendov določene spremenljivke iz časovne vrste odstranimo vplive sprememb mikrolokacije merilnega mesta in merilnih tehnik; pomembno je torej, da časovni niz ustrezno homogeniziramo.

## Homogenizacija meteoroloških podatkov

Na ozemlju današnje Slovenije se meteorološke meritve opravljajo že več kot 150 let. V tako dolgem obdobju je težko zagotoviti, da bi postaje ves čas delovale na istem mestu. Vseh



**Slika 4.** Časovni potek spreminjanja števila meteoroloških postaj na ozemlju Slovenije od leta 1850 naprej. Maksimalno število postaj beležimo med letoma 1960 in 1980. Na grafu zaznamo tri izrazite padce: v času gospodarske krize v tridesetih letih 20. stoletja, med drugo svetovno vojno in konec 20. stoletja.

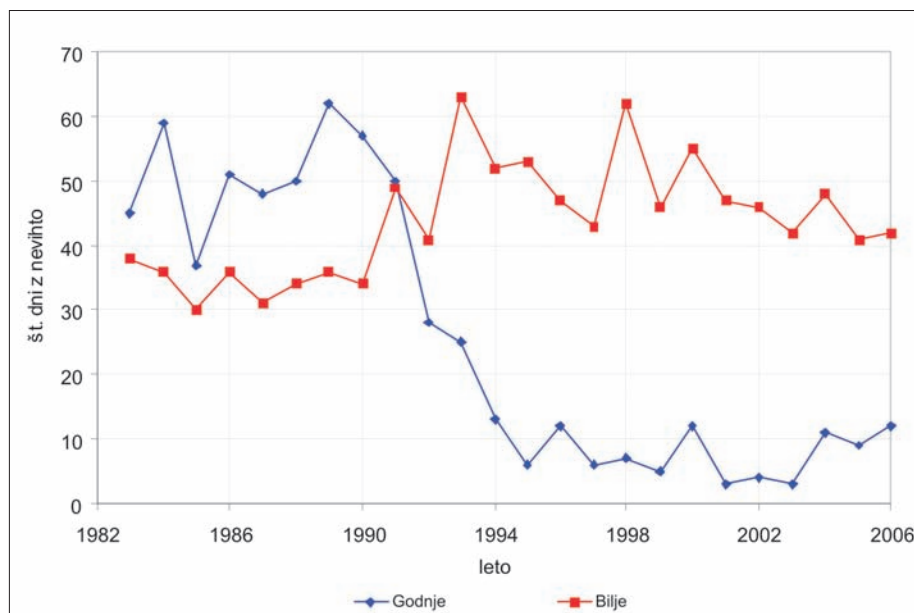


**Slika 5.** V letu 2001 smo ves arhiv zbrali v prenovljenih arhivskih prostorih, kjer se zagotavljata ustrezna vlaga in temperatura.

meteoroloških postaj, ki so kakorkoli in kadarkoli merile meteorološke spremenljivke, je bilo do leta 2007 780, merilnih mest pa kar 1.800. Večina postaj je v povprečju vsaj dvakrat zamenjala lokacijo opazovalnega prostora. Od začetkov meteoroloških meritev so se spreminjali tako lokacija, instrumenti, načini merjenja in opazovanja, merske enote kot okolica opazovalnega prostora.

Vse naštetu vpliva na izmerjeno temperaturo zraka in ostale meteorološke spremenljivke, ki so zaradi teh dejavnikov lahko drugačne, kot bi bile, če bi jih ves čas merili na natanko istem mestu, ob nespremenjeni ožji in širši okolici z istim termometrom in opazovalcem ter po enakem

standardu. Tako pa se pojavijo skoki in trendi v časovnih nizih meteoroloških spremenljivk, ki jih lahko neupravičeno interpretiramo kot spremembo podnebja (na primer segrevanje ali ohlajanje). Pri uporabi posameznega izmerka vpliv različnih dejavnikov ni problematičen, če je le merilno mesto reprezentativno za širšo okolico in meritve potekajo po veljavnem standardu svetovne meteorološke organizacije. Podatki so primerni za splošno uporabo, pa tudi za meteorološke izračune in napovedi. Problem se pojavi, ko skušamo na sestavljenem dolgem (nehomogenem) nizu podatkov izvesti klimatološke statistike in analize. Posebej problematične so časovne analize (določanje



**Slika 6.** Primerjava števila neviht na postajah Godnje in Bilje. Iz zelo različnega poteka števila neviht sklepamo na nehomogenost v nizih.

spremenljivosti in trendov), ki so pomembne za odkrivanje podnebnih sprememb in njihovo napoved. Vse študije in modeli o prihodnjem podnebnju temeljijo na poznavanju podnebja in njegovega spreminjanja v preteklosti.

V izogib napačnim zaključkom in interpretacijam je potrebno pred klimatološkimi analizami določenega niza podatkov izvesti homogenizacijo le-tega. To pomeni, da moramo meteorološke podatke enega niza s pomočjo statističnih metod popraviti tako, kot bi bile vse meritve opravljene na istem mestu ob enakih pogojih. Kadar nas zanima svetovna spremenljivost podnebja, je potrebno izločiti tudi trende zaradi spremembe okolice (recimo vpliv mesta). Tako popravljenemu nizu pravimo homogen niz.

Homogenizacija nizov meteoroloških podatkov poteka v dveh fazah: fazi iskanja nehomogenosti (skokov in trendov v nizih) in fazi prilagajanja nehomogenega dela homogenemu delu niza. Za iskanje nehomogenosti se uporabljajo različni statistični testi, izbira teh je odvisna od narave nehomogenosti. V primeru, da v nizih iščemo skoke v vrednostih podatkov, se poslužujemo drugačnih metod, kot če iščemo trende. Testirani niz primerjamo s t.i. referenčnimi nizi ali z nizi okoliških postaj. Kot referenčni služijo nizi s posameznih merilnih postaj ali pa njihova linearna kombinacija. Uporabimo lahko tudi samo posamezna homogena obdobja, izvzeta iz celotnega niza. Pogoj za uporabo določenega niza podatkov, ki je referenčen, je, da je v dobri korelaciji s testno postajo. V tej fazi je pogosto potrebna tudi subjektivna ocena izkušenega klimatologa, ki dobro pozna lokalne podnebne zakonitosti. Pri odpravljanju nehomogenosti potrebujemo tudi metapodatke. Z njihovo pomočjo potrdimo oziroma ovržemo sum na nehomogenost v nizu, natančneje lahko

določimo datum in vrsto nehomogenosti ter se na podlagi tega odločimo za vrsto popravka (popravek mesečnega ali letnega povprečja). Za vsak tovrsten popravek je potreben utemeljen razlog.

Po potrditvi nehomogenosti s pomočjo metapodatkov niz prilagodimo homogenemu delu. Popravke izračunamo na obdobju 5 do 10 let pred nehomogenostjo in 5 do 10 let po njej, odvisno od časovne bližine ostalih nehomogenosti. Obdobje mora biti po eni strani dovolj dolgo, da nam izračuna ne pokvarijo osamelci, po drugi strani pa ne preveč, da nam popravka ne pokvarijo morebitni naravni trendi. Sprejmemo samo popravke, ki jih lahko pojasnimo z metapodatki. V primeru, da teh nimamo, sprejmemo le statistično značilne popravke. Popravke računamo na mesečnih ali letnih vrednostih. Na letnih vrednostih jih lahko računamo takrat, ko so razlike čez celo leto bolj ali manj stalne. Nehomogenosti popravljamo v obratnem vrstnem redu, kot so se časovno zgodile. Ko v takem vrstnem redu odpravimo vse nehomogenosti, so vse meritve skladne z zadnjim merilnim obdobjem; to pomeni, da so primerljive s tekočimi meritvami, če postaja še deluje.

## Metapodatki

Z imenom metapodatki na splošno označujemo podatke, ki opisujejo druge podatke; to so podatki, ki se nanašajo na vsebino, strukturo, kvaliteto, lastništvo, distribucijo, tehnologijo, namen, uporabnost in druge elemente, pomembne za pravilno interpretacijo oziroma uporabo opisanih podatkov.

V klimatologiji metapodatki povedo *kje* (podatki o lokaciji), *s čim* (podatki o instrumen-

tih) in *kako* (način opazovanj in meritev) so bili izmerjeni meteorološki podatki.

Metapodatki:

- *o lokaciji postaje* so podatki, ki opisujejo lokacijo meteorološke postaje; podani so s posrednim opisom, to je s točnim naslovom opazovalca in neposredno z imenom kraja, geografskimi koordinatami in nadmorsko višino postaje, fotografijami in kartami opazovalnega prostora, popisom ovir na opazovalnem prostoru ter besedilnim opisom lokacije;
- *o inštrumentih na postaji* so podatki, ki opišejo tip instrumenta, njegove lastnosti, datum umerjanja in način postavitve;
- *o načinu merjenja in opazovanja* meteoroloških spremenljivk so informacije o načinu opazovanja in meritev (npr. klasična meteorološka postaja, samodejna postaja, termini opazovanj in meritev), vpisani tečaji usposabljanja opazovalcev in zamenjava opazovalcev.

Za klimatologijo in klimatološke obdelave so metapodatki nepogrešljivi; pomembni so tako pretekli kot sedanj in tudi vsaka njihova sprememba. Zato morajo biti vse spremembe v lokaciji postaje, inštrumentih, načinu merjenja in opazovanj, začetku ali koncu opazovanj dokumentirani ter zahtevajo stalno dopolnjevanje in posodabljanje.

### ***Pomen metapodatkov***

Z metapodatki v klimatologiji lahko ovrednotimo izmerjeni podatek, ocenimo ustreznost meteorološke postaje za posamezno meteorološko spremenljivko in ocenimo dejavnike za spremenljivost izmerjenega podatka v času in prostoru; metapodatke uporabimo pri kontroli meteoroloških podatkov, klimatoloških analizah in modeliranju, pri izdelavi podnebnih kart, homogenizaciji dolgoletnih nizov podatkov, spremljanju podnebnih sprememb in za mednarodno izmenjavo klimatoloških podatkov.

### ***Zbiranje in rekonstrukcija metapodatkov***

Obnova zgodovinskih metapodatkov je zahtevna in dolgotrajna. Za obnovo podatkov o pretekli lokaciji postaje, njenih inštrumentih in opazovalcih ter načinih meritev pregledamo vso obstoječo dokumentacijo o postaji: kartoteke, temeljne knjige, skice in fotografije postaj, meteorološke dnevnike, knjige terena, stare evidence postaj, stare statistične letopise, literaturo in članke. Za podatke, stare fotografije, zemljevi-

de, načrte mest in podobno se obrnemo na druge ustanove: Zemljepisni muzej, Oddelek za geografijo na Filozofski fakulteti ter na Narodno in univerzitetno knjižnico. Meteorološki opazovalci pogosto veliko vedo o zgodovini meteoroloških opazovanj v svojem kraju.

Stare skice meteoroloških postaj so pomemben vir metapodatkov. Iz njih lahko razberemo, kje je bila meteorološka postaja, katere instrumente so imeli na postaji in kako so bili nameščeni, kakšne so bile ovire na opazovalnem prostoru, kdo je bil opazovalec in drugo. V času Avstro-Ogrske (to je do konca I. svetovne vojne) in kasneje v času Kraljevine Jugoslavije (do II. svetovne vojne) so bile skice postaj zelo natančne. Ohranjene imamo le skice padavinskih meteoroloških postaj, ki so pred II. svetovno vojno spadale v t.i. hidrografski oddelek, pod okriljem Hidrografičnega osrednjega urada s sedežem na Dunaju in kasneje v Ljubljani.

Včasih lahko sklepamo na lokacijo meteorološke postaje iz poštne naslova opazovalca, če se v kraju ulice in številčenje hiš niso spremenili. Za določitev okvirne lokacije meteorološke postaje iz preteklosti se lahko opremo na podatek o poklicu opazovalca. Učitelji in duhovniki so ponavadi bivali v bližini ali v sami ustanovi (recimo v šoli, župnišči), kjer so opravljali poklic. Mnoge tovrstne ustanove, kot so cerkve in župnišča, imajo še danes isto lokacijo. Ta način rekonstrukcije je skoraj neuporaben na Kočevskem, kjer so po II. svetovni vojni mnogo cerkva podrli in močno spremenili izgled vasi.

Pri zbiranju in obnovi metapodatkov se pogosto srečamo z dokumenti v nemščini, madžarščini in italijanščini ter z drugačno pisavo - mnoge skice postaj in meteorološki dnevniki so napisani še v gotici. V avstro-ogrskih in italijanskih arhivih so imena krajev zapisana v tujem jeziku, denimo Gotschee za Kočevje, Eisern (Eisern) za Železnike, Alsolendva za Lendavo, Karfreit (nemško) ali Caporetto (italijansko) za Kobarid itd.

Za lažjo uporabo metapodatkov pri podnebnih analizah ne zadostuje le natančen klasičen papirni arhiv, metapodatke je potrebno digitalizirati in vzpostaviti digitalno metabazo.

## **Rekonstrukcija temperaturnega niza v Ljubljani**

### ***Meteorološka postaja v Ljubljani***

V Ljubljani smo z meteorološkimi meritvami in opazovanji začeli 23. marca 1850. Vršili so jih na brzojavnem uradu na železniški postaji (nadmorska višina 298 m) (slika 7). Urad je bil v

prvem nadstropju, na vzhodni strani stavbe. Na tem mestu je bila meteorološka postaja do konca leta 1852. Prvi opazovalci so bili: A. Wagner 20. 3. 1850–31. 7. 1850, Seyfert 1. 8. 1850–30. 8. 1850, Zeilinger 1. 9. 1850–31. 12. 1853.

Od januarja 1853 do konca junija 1895 je bila meteorološka postaja v Prečni ulici (nadmorska višina 295 m). V tem času so bili opazovalci: J. Zeilinger 1. 1. 1853–31. 12. 1857, Karel Deschmann 1. 1. 1858–10. 3. 1889, Serafina Deschmann 1861–1863, 11. 3. 1889–1895, Kajs 1861–1863.

V arhivu nam manjkajo meteorološki podatki za obdobje 1861–1864. Podatke za leti 1861 in 1862 smo našli objavljene v časopisu Laibacher Zeitung (hrani ga Narodna in univerzitetna knjižnica Ljubljana).

Od decembra 1895 do julija 1919 je v Ljubljani delovala tudi padavinska postaja, ki jo je ustanovil Ljubljanski hidrografski odsek. Ombrometrična postaja (kot so takrat imenovali padavinsko postajo) je bila na Levstikovi ulici, na nadmorski višini 297 m (slika 8). Opazovalci v tem času so bili: Ferdinand Schulz 1896–1897, Anton Rupar 1897–1911, Zofija Rupar 1907–1908, Franc Dolenc 1908–1914, Josip Letnar 1914–1916, Karel Tekauc 1916–1919.

Od julija 1895 do konca 1924 so meteorološke meritve in opazovanja potekala na Realki na Vegovi ulici (nadmorska višina 295 m) (slika 9). Postaja se je selila tudi znotraj zgradbe; 13. junija 1922 so padavinomer prestavili s strehe zgradbe na dvorišče. Zaradi neprimerne

lokacije meteorološke hišice nad podzemnim oknom prostora za centralno kurjavo je A. Gavazzi (Gavazzi, 1925) vzpostavil vzporedne meritve temperature zraka v Zgornji Šiški in kasneje na vrtu porodnišnice.

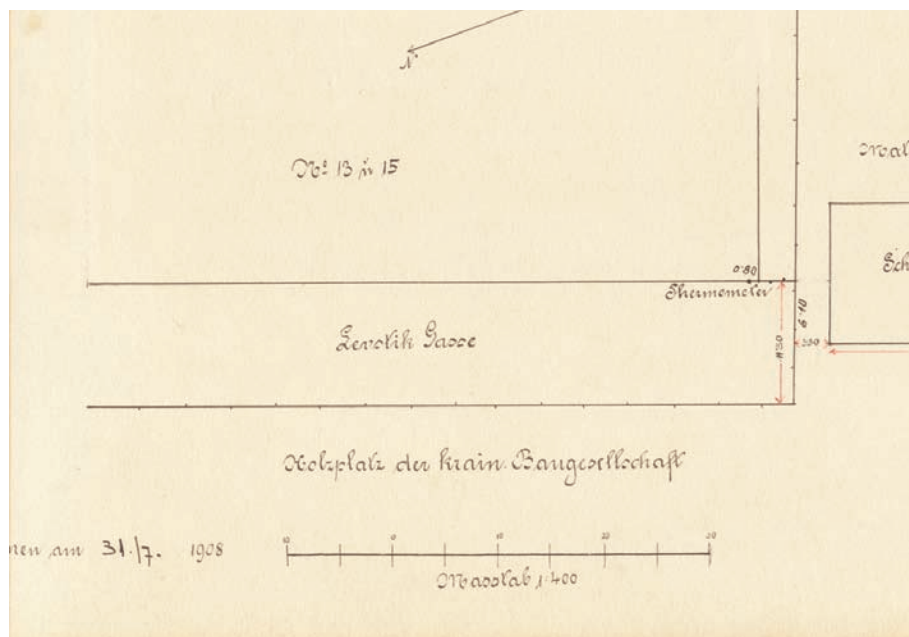
Opazovalci na Realki so bili: M. Vodušek 1. 7. 1895–31. 1. 1919, prof. dr. Čadež in Fr. Marinšek 1.2.1919–1. 12. 1924.

- Od januarja 1921 do marca 1922 so potekale vzporedne meritve temperature zraka v Zgornji Šiški, opazovalec je bil Ivan Černe, lokacija postaje pa ni točno znana.
- Marca 1922 so vzporedne meritve premestili k ženski bolnici (porodnišnici), azilu na Šlajmerjevi ulici 3, nekdanj na Stari poti (nadmorska višina 288 m). Merili so temperaturo in vlago zraka ter višino in jakost padavin s pluviografom, slednje v času od 1. 4. 1944–18. 10. 1947.

S 1. januarjem 1921 so začeli spremljati meteorološke pojave na Geografskem inštitutu v Deželnem dvorcu, v današnji stavbi Univerze (slika 10); vremenska hišica je bila na oknu Geografskega inštituta v drugem nadstropju, s pogledom na Gosposko ulico. Instrumente so znotraj stavbe večkrat premestili, nazadnje januarja 1926 (nadmorska višina 295 m). Meteorološki opazovalci so bili: Fr. Marinšek 1921–1925, Oskar Reya 1926–1927, Franc Blanč 1930–1941, Mitja Vencelj 1940–1946, Vladimir Černe 1944–1947, Petar Jovanovič in Markič (ime je v arhivih manjkalo) 1947–1948.



**Slika 7.** Lokacija meteorološkega opazovalnega prostora na železniški postaji; Ljubljanska železniška postaja iz sredine 19. stoletja (vir: 150 let meteorologije na Slovenskem, 2000)



**Slika 8.** Lokacija opazovalnega prostora padavinske postaje na Levstikovi ulici v času od 1895–1919 (arhiv ARSO)



**Slika 9.** Poslopje Realke, kjer je bila meteorološka postaja v času od 1895–1924 (vir: 150 let meteorologije na Slovenskem, 2000).

Od začetka leta 1948 so meteorološke meritve in opazovanja za Bežigradom, na Celjski ulici 1 (nadmorska višina 299 m). Od leta 1948 se postaja ne seli več, spreminja se le njena okolica. Ob postavitvi postaje Ljubljana Bežigrad je bil opazovalni prostor na relativno velikem travniku

ob parku. Na jugu je bila Bežigrajska gimnazija, kjer so imeli meteorološki opazovalci v prvih letih svoje prostore. Na zahodu in severozahodu od opazovalnega prostora so bile nizke stavbe vojašnice, na severu so bile stanovanjske stavbe. Ceste so bile makadamske.



**Slika 10.** Poslopje Univerze – Dvorec; v njem je bila meteorološka postaja v času od 1921–1947 (vir: 150 let meteorologije na Slovenskem, 2000)



**Slika 11.** Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad okoli leta 1950, slikano proti zahodu, s stolpa zgradbe na Celjski ulici 1. V ozadju so nizke stavbe vojašnice (foto: arhiv ARSO).



**Slika 12.** Načrt mesta Ljubljana v merilu 1:15 000 iz leta 1953 (levo) (vir: Ljubljana, 1953) in leta 2001 (desno) (vir: Atlas mesta Ljubljana in okolica, 2001); s črnim krogom je označena lokacija opazovalnega prostora Ljubljana Bežigrad.



**Slika 13.** Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, slikan proti jugovzhodu konec 80-ih let 20. stoletja (levo) in februarja 2008 (desno) (foto: arhiv ARSO). Na desni sliki so za opazovalnim prostorom vidni podaljšano parkirišče, vrtec, zgradba krajevne skupnosti ter podaljšek v obliki črke T (z rumeno fasado), slednjega na levi sliki še ni.



**Slika 14.** Ortofoto opazovalnega prostora meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, leva ortofoto iz leta 2001 (vir: Interaktivni naravovarstveni atlas) in desna ortofoto iz leta 2006 (vir: Atlas okolja, 2007). Na levi sliki parkirišče še ni podaljšano, na desni pa se ga dobro vidi.



**Slika 15.** Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, slikan proti zahodu konec aprila 1984 (levo) in oktobra 2007 (desno) (foto: arhiv ARSO)

Do leta 1950 so ob opazovalnem prostoru zgradili prvo stavbo z naslovom Celjska ulica 1. Sledili so izgradnje vrtca in stavbe krajevne skupnosti južno od opazovalnega prostora

ter niz vrstnih hiš na severu. Leta 1976 sta bili na vzhodu zgrajeni stavbi na Vojkovi cesti 1a in b, leta 1990 so ju razširili z dograditvijo kraka v obliki črke T. Leta 1996 so na mestu vojašnice

postavili poslovno-stanovanjski kompleks Bežigrajski dvor. Junija 2004 so del travnika med vrtcem in opazovalnim prostorom spremenili v parkirišče.

Okolica opazovalnega prostora se je tekom let močno spremenila. Danes je meteorološka postaja sredi mesta. Opazovalni prostor je na travniku, in sicer velikosti 50 m × 70 m. Okoli opazovalnega prostora rastejo posamezna drevesa, oddaljena približno 30 do 50 m v smereh

sever, jug in zahod. Na zahodu je v oddaljenosti 70 m kompleks stavb Bežigrajskega dvora. Na vzhodni strani opazovalni prostor obdajajo štirinadstropna stavba Agencije RS za okolje v oddaljenosti 50 m proti vzhodu, 20 m proti jugovzhodu je pritlično skladišče, 30 in 40 m proti severovzhodu sta pritlična in enonadstropna stavba. Na jugu so parkirišče, vrtec in stavba krajevne skupnosti; slednja sta od opazovalnega prostora oddaljena približno 60 m.



**Slika 16.** Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, slikan proti severu (levo) in proti vzhodu, februarja 2008 (foto: arhiv ARSO). Na levi sliki so za opazovalnim prostorom vidne zgradbe Bežigrajskega dvora (levo od opazovalnega prostora) in nižje stanovanjske hiše. Na desni sliki so za opazovalnim prostorom zgradbe Agencije RS za okolje na Celjski 1 in 1a ter osrednja zgradba na Vojkovi 1a in b (z zeleno-rumeno fasado).



**Slika 17.** Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, slikan proti jugu (levo) in proti zahodu februarja 2008 (desno) (foto: arhiv ARSO). Na levi sliki je v ozadju najprej podaljšek parkirišča, sledi nižja zgradba vrtca, levo od vrtca je stavba krajevne skupnosti, zadaj je višja Bežigrajska gimnazija. Na desni sliki so v ozadju vidne stavbe Bežigrajskega dvora.

V 60. letih se je na meteorološki postaji Ljubljana Bežigrad zvrstilo kar 59 meteoroloških opazovalcev. Prvi meteorološki opazovalec je bil Petar Jovanovič, sledili so mu še: Ludvik Česenj, Dušan Marolt, Anton Pogačar, Bogdan Finžgar, Edvin Zdovc, Mirko Pristovšek, Bogdan Valentin, Franc Slavec, Janez Lavrenčič, Ivan Dežnak, Slavko Žgur, Jože Lanipelj, Ivan Trbežnik, Peter Denžič, Irma Vehover, Franc Janša, Vinko Župančič, Jože

Zevnik, Angelca Jerman, Štefan Šaubah, Ivica Konečnik, Slavka Meh, Miro Bergant, Mirko Zunič, Marjetka Jontes, Lovro Markun, Janko Pristov, Viljem Vaš, Miodrag Kostić, Peter Stepic, Ksenija Mraković-Delić, Marko Jurgele, Marjan Grunt, Vojko Maksimovič, Radmilo Pavlovič, Jelenčič, Janez Jereb, Roman Savinšek, Primož Sever, Rudolf Trampuš, Vinko Urankar, Peter Štupica, Alenka Kmecl, Stane Pavlič, Bojan Paradiž, Janez



**Slika 18.** Lokacije meteoroloških opazovalnih prostorov v Ljubljani od 1850–2007, številke na karti so povezane z zgornjim opisom lokacij meteorološkega opazovalnega prostora (vir: Interaktivni Atlas Slovenije, 1998).

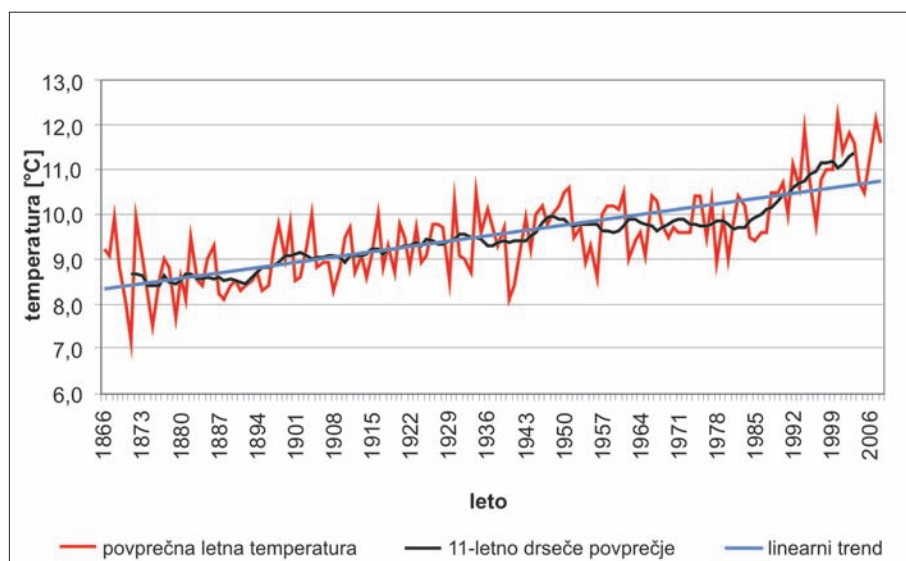
Meden, Milan Gosar, Slavko Pavlič, Aleksander Lah in Matjaž Prelog. Sedaj meteorološka opazovanja in meritve opravljajo: Boris Voglar od aprila 1973, Jože Oberstar od septembra 1997 in od maja 2005 še Aleksander Žagar, Branislav Pevce, Ladislav Ponikvar, Toni Vidmar, Viljem Jamnik in Zoran Železnik.

### **Spremenljivost temperature zraka v Ljubljani**

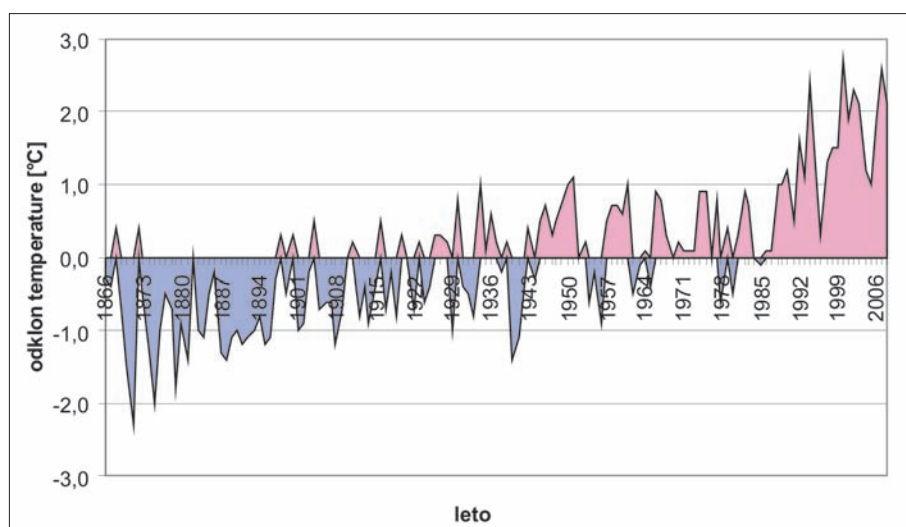
Na območju Slovenije je najdaljši niz meritev in opazovanj z območja Ljubljane. Čeprav je bilo merilno mesto večkrat predstavljeno na lokacije z različno okolico in se je tudi sama okolica merilnih mest spreminjala, lahko meteorološke podatke s homogenizacijo poenotimo na primerljivo raven. Po rekonstrukciji temperaturnega niza in klimatološki analizi se pokaže, da povprečna temperatura zraka na območju Ljubljane narašča že od začetka meritev (slika 19). Prvih 40 let prejšnjega stoletja je naraščala počasi, nato je sledilo približno 30-letno obdobje, ko je bila konstantna, zadnjih 30 let pa zopet narašča, in sicer hitreje kot v prvem obdobju. Tako so vsa leta od 1986 dalje nadpovprečno topla (slika 20). Glede na linearni trend se je povprečna letna temperatura za časa meritev zvišala za kar 2,2 °C. Eden izmed razlo-

gov za naraščanje temperature je širitev mesta in posledično toplotni otok, ki se pri tem pojavi. Vendar se ne da natančno določiti, kolikšen delež toplotni otok prispeva k segrevanju. Glede na merilna mesta izven Ljubljane pa lahko rečemo, da je vsekakor manjši od deleža, ki je posledica svetovnega segrevanja.

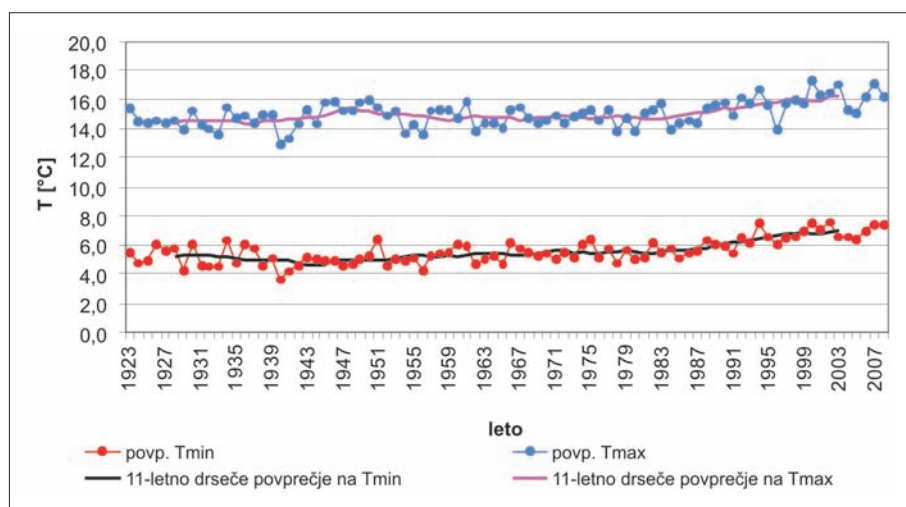
Podnebne značilnosti na določenem območju lahko prikažemo tudi s podnebnimi indeksi. To so različne statistike, ki se izračunajo iz najvišje in najnižje dnevne temperature zraka ter dnevnih padavin. Najpogostejše se uporabljajo indeksi, ki štejejo dni v letu, ko temperatura preseže določen prag. Na primer: »mrzli dnevi« so dnevi, ko najnižja temperatura zraka pade pod 0 °C, »ledeni dnevi« pa, ko najvišja temperatura ne preseže 0 °C. Indeks nam povesta, kaj se dogaja v hladnem delu leta. Na toplejši del leta se nanaša indeks »topli dnevi«, ki šteje dneve z najvišjo temperaturo nad 25 °C, in indeks »tropske noči«, ki šteje dneve, ko najnižja temperatura ne pade pod 20 °C. Podobno kot povprečna temperatura zraka se tudi najvišja in najnižja temperatura v povprečju višata (slika 21). Posledično je vedno manj ledenih in mrzlih dni, kar kaže na vedno toplejše in bolj mile zime (slika 22). Toplih dni in tropskih noči pa je vedno več, kar pomeni, da so poletja vedno bolj vroča. Tropskih noči do leta 1972 v Ljubljani sploh ni bilo, v letu 2003, ko smo imeli najtoplejše poletje v zadnjih stotih letih, pa jih je bilo kar 8 (slika 23).



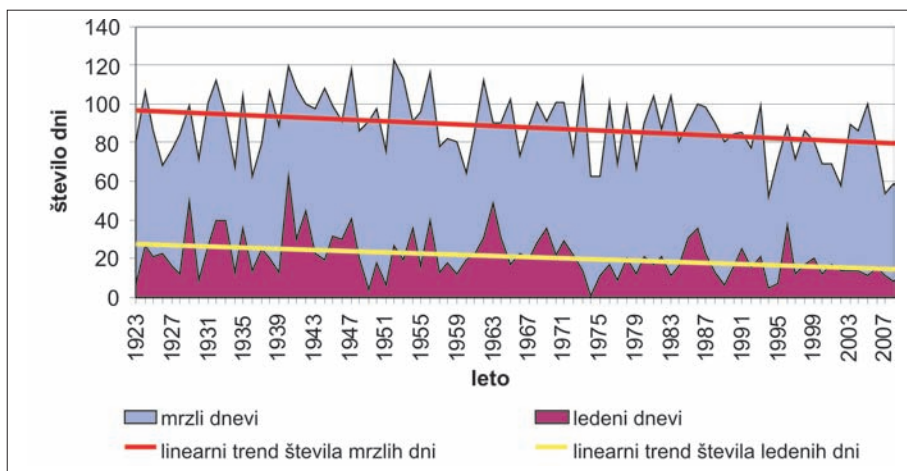
**Slika 19.** Povprečna letna temperatura zraka, 30-letno drseče povprečje povprečne letne temperature zraka in linearni trend v Ljubljani od leta 1866 do 2007



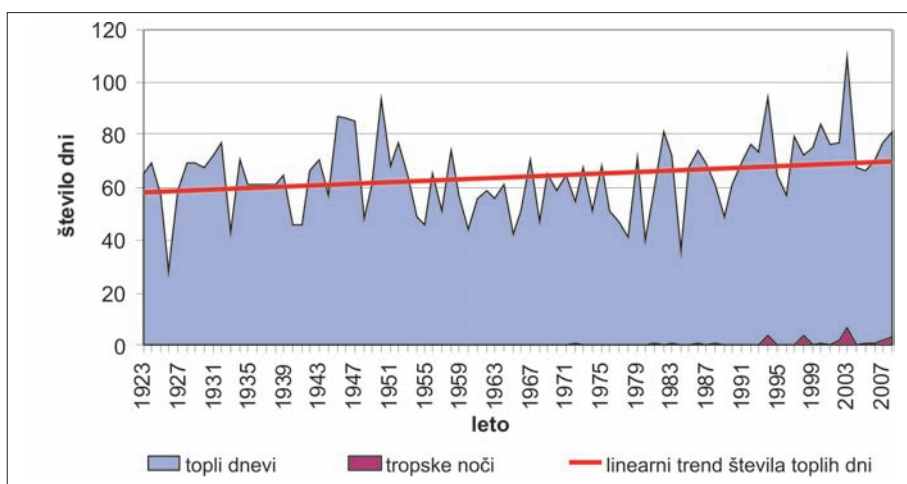
**Slika 20.** Odklon povprečne letne temperature zraka od dolgoletnega povprečja obdobja 1866–2007



**Slika 21.** Povprečna letna najnižja ( $T_{\text{povp. min}}$ ), povprečna letna najvišja ( $T_{\text{povp. max}}$ ) temperatura zraka in njuni 30-letni drseči povprečji v obdobju 1923–2007 v Ljubljani



**Slika 22.** Število mrzlih dni in število ledenih dni na leto v Ljubljani v obdobju 1923–2007



**Slika 23.** Število toplih dni in število tropskih noči na leto v Ljubljani v obdobju 1923–2007

## Rekonstrukcija višine snega na Kredarici

### Meteorološka postaja Kredarica

Meteorološka postaja Kredarica je naša najvišja meteorološka postaja in se nahaja na nadmorski višini 2514 m. Opazovalni prostor je poleg Triglavskega doma na Kredarici, od katerega je oddaljen približno 15 m. Nad meteorološko postajo se na zahodni strani dviga najvišji vrh Slovenije Triglav (2864 m), na jugozahodni Mali Triglav (2738 m), na severovzhodu pa grebena Kredarice (2539 m) in Rži (2538 m). V okolici Triglavskega doma se svet na jugozahodu najprej spusti za približno 20 m v sedlo proti Triglavu, na jugovzhodni do južni strani se pobočje strmo spušča proti Krmi in Snežni Konti pod Malim Triglavom, na severu in zahodu se teren prevesi proti Triglavskemu ledeniku, na severovzhodu pa se dviga proti grebenu Kredarice.

Snežno odejo smo merili v bližini opazovalnega prostora do leta 1972; ker pa močni vetrovi sneg pogosto odpihnejo, smo jo od leta 1972 merili za Triglavsko kočo. Od leta 1978 so štirje snegomeri postavljeni pod vznožjem Triglavskega ledenika, kjer je svet bolj položen in v glavnem ni izpostavljen plazovom. Višina snežne odeje je kombinacija vrednosti na vznožju ledenika, pri koči in pa razvoja vremena.

Z meteorološkimi meritvami in opazovanji smo na Kredarici začeli julija 1897; omejene so bile na poletne mesece. Merili smo temperaturo zraka in višino padavin ter opazovali meteorološke pojave. Časovni potek meritev in opazovanj je bil sledeč:

- leta 1897 so potekala od 6. julija do 1. oktobra;
- leta 1898 meritev in opazovanj ni bilo;
- leta 1899 smo jih opravljali le v avgustu;
- leta 1900 in 1903 julija in avgusta;
- leta 1901 julija, avgusta in septembra;
- leta 1902 pa smo z meteorološkimi meritvami začeli junija in zaključili s koncem julija.



Slika 24. Lokacija meteorološke postaje Kredarica, 1:50 000 (vir: Interaktivni Atlas Slovenije, 1998)



Slika 25. Opazovalni prostor slikan proti severozahodu, okrog leta 1960 in leta 2005 (arhiv ARSO)



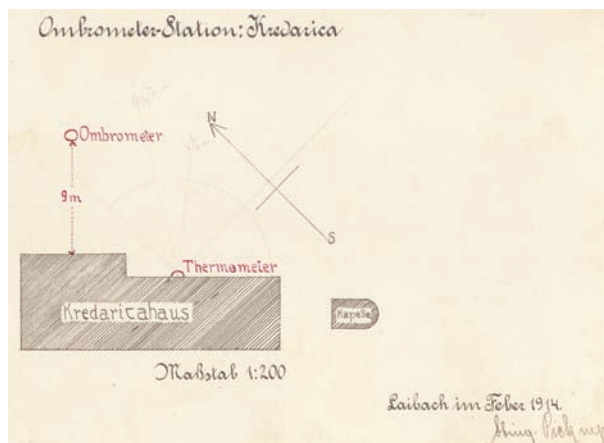
Slika 26. Opazovalni prostor slikan proti zahodu, okrog leta 1960 in leta 2005 (arhiv ARSO)



**Slika 27.** Opazovalni prostor slikan proti jugu, leta 2005 (levo) (arhiv ARSO) in proti severu (desno) (foto: M. Trontelj, Pristov et al, 1998)



**Slika 28.** Meritve snežne odeje na robu Triglavskega ledenika (vir: Klima v Triglavskem narodnem parku, 1998)



**Slika 29.** Skica meteorološkega opazovalnega prostora na Kredarici iz leta 1914 (arhiv ARSO)

V naših arhivih podatkov po letu 1903 ni več. Sodeč po podatkih iz kartoteke meteorološke postaje Kredarica, so merjenja potekala do avgusta 1905, obnovili naj bi jih spet julija in avgusta leta 1912, 1921 ter 1922.

Prvi meteorološki opazovalec na Kredarici poleti 1897 je bil Anton Pekoveč. Naslednja poletja so delo opazovalca opravljali: J. Hamerlick in Primož Pušar 1899, J. Lipovšek 1900, Franc Arh julija in avgusta v obdobju 1901–1903 in 1912, 1921 ter 1922.

Neprekinjene meteorološke meritve na Kredarici potekajo od 1. avgusta 1954. Od avgusta 1954 do marca 2008 so se na Kredarici zvrstili meteorologi: Bojan Paradiž: avg. 1954, dec. 1954, Janko Pristov: avg.–sept. 1954, Andrej Hočvar: dec. 1954–feb. 1955, dr. Vital Manohin: sept. 1954, Janko Pučnik: avg. 1954, Evald Vrančič: avg.–sept. 1954, Slavko Strašek: okt.–dec. 1954, Zoran Dolenc: feb., mar., dec. 1955, Mirko Kovač: apr., maj, 1955 in okt. 1962, Janez Dežnak: maj–julij 1955, Ignac Markič: avg., sept. 1955, Milan Gunčar: okt. 1955–feb. 1956, Zdravko Petkovšek: okt. 1955 in mar., apr. 1956, Janez Meden: dec 1955–feb. 1956, Franc Ivačič: mar. 1955–mar. 1958, jun. 1959–

sept. 1962, sept. 1966–maj 1967, jan.–apr. 1968 in feb., mar. 1969, Tomo Lešnik: maj in julij 1956, Janko Pristov: sept., okt. 1956, Slavko Žgur: nov., dec. 1956, Tone Polc: jan.–mar. 1957 in apr. 1958–maj 1959, Peter Denzič: apr.–dec. 1957, Štefan Hozjan: dec. 1957–dec. 1959, Petar Jovanovič: feb. 1958–maj 1960, apr., maj 1962, in mar., apr. 1969, Anton Štular: jan. 1960–feb. 1967, Marjan Repar: jun. 1960, Mičo Drobac: nov. 1960–avg. 1961, Aleksander Lah: sept. 1961–jan. 1962, okt. 1965–avg. 1966 in okt.–dec. 1967, Boštjan Rekar: nov. 1962–mar. 1965, sept. 1966–dec. 1968, Mariča Štular: nov. 1962–sept. 1965, Andrej Trink: maj 1967–mar. 1970, Čedomir Stankovič: nov. 1968–jan. 1969, Anton Novak: jul. 1969–maj 1972, Alojz Žvokelj: nov. 1969–jun. 1972, Janez Rekar od aprila 1969, Jernej Gartner: junij 1972–30. 9. 2005, Franc Zupančič: junij 1972–30. 9. 2005, Janez Gartner od novembra 1977, Beno Zupančič: april 1991–31. 12. 2007, Andrej Rekar od marca 1995, Milan Kos (pripadnik Slovenske vojske - SV) od januarja 2006, Rado Jeklar (SV) od januarja 2006, Zvone Sinkovič (SV) od januarja 2006, Rudi Komac

(SV) rezerva od januarja 2006. Od leta 2006 so na Kredarici med meteorološkimi opazovalci tudi pripadniki Slovenske vojske.

Opazovalci so nekaj časa merili in opazovali ob klimatoloških terminih: ob 7., 14. in 21. uri po zimskem času (srednjeevropski čas SEČ) (Trontelj, 1994), potem še v sinoptičnih: ob 4., 10., 13., 16., in 19. uri; ponoči so merili registrični aparati. Od leta 1958 smo stalno merili v vseh omenjenih terminih. Od 15. aprila 1991 smo na Kredarici uvedli 24-urna opazovanja in meritve, od maja 2005 pa zopet potekajo v času od 4. do 21. ure. Od septembra 1994 je na Kredarici samodejna meteorološka postaja, ki neprestano beleži meteorološke spremenljivke.

Prvo kočjo so na Kredarici zgradili že leta 1896, na pobudo Jakoba Aljaža. Kočo so večkrat prenovili in povečali, prvič že leta 1908, v današnji velikosti pa je Triglavski dom od 19. septembra 1983.

### Višina snega na Kredarici

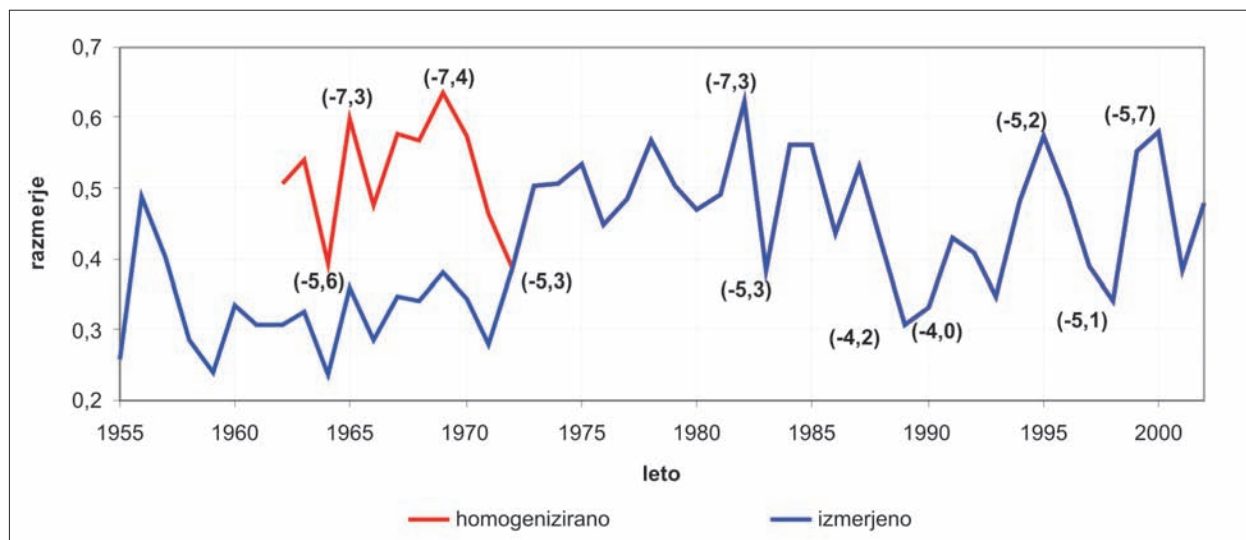
Višina snežne odeje je eden najpomembnejših meteoroloških podatkov za zimski turizem, gornike in v zadnjih letih zaradi vse bolj očitne podnebne spremembe tudi za klimatologe. V slovenski državni mreži meteoroloških postaj je le ena visokogorska postaja – Kredarica, zato morajo biti podatki s te postaje podrobno pregledani, prečiščeni in homogenizirani, če želimo primerno ovrednotiti snežne razmere v visokogorskem svetu vzhodnih Julijskih Alp.

Na oddelku za klimatologijo smo se zato odločili, da podrobno pregledamo izmerjene vrednosti skupnega snega na tej visokogorski

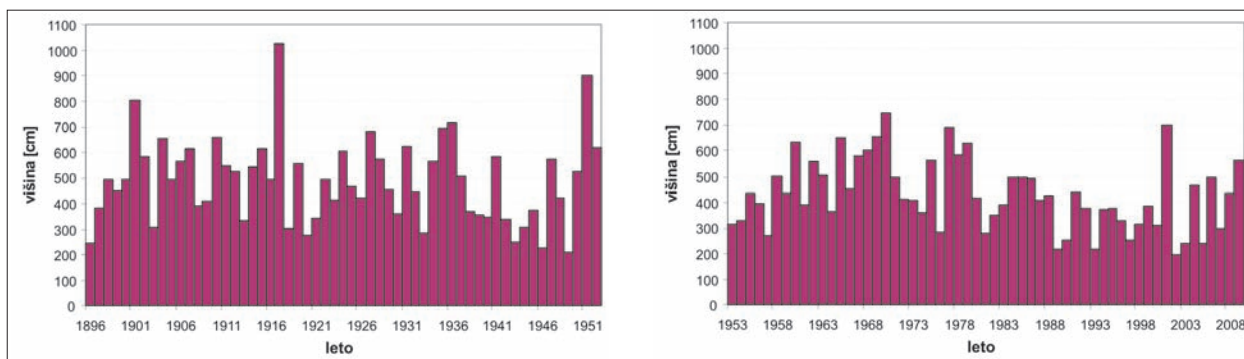
postaji, meritve padavin in temperatur na sosednjih postajah ter homogeniziramo niz meritev največje sezonske višine skupnega snega (NSVSS). S pomočjo dosegljivih podatkov smo se odločili tudi za rekonstrukcijo niza pred začetkom meritev in tako dobili več kot stoleten niz NSVSS. NSVSS je največja izmerjena višina snežne odeje ob 7. uri po zimskem času v sezoni, ki traja od 1. avgusta do 31. julija naslednje leto.

Postaja na Kredarici leži na grebenu, ki se proti zahodu nadaljuje v vrh Triglava, kar močno vpliva na vetrovne razmere, zlasti na smer vetra. Pogosto piha močan veter, ki nosi sneg in gradi snežne zamete, zato je višina snežne odeje od kraja do kraja zelo spremenljiva. Zaradi neugodnih razmer meteorološki opazovalci dnevno na več mestih izmerijo višino novega in skupnega snega, nato upoštevajo še razvoj vremena in tako dobijo dobro oceno za višino snežne odeje na tej nadmorski višini. Na žalost pa se je metoda merjenja v preteklosti spreminjala, zato izmerjene vrednosti niso medsebojno primerljive. Kljub homogenizaciji ne moremo popolnoma rekonstruirati dejanskih vrednosti, lahko se jim le bolj ali manj približamo. Za obdobje pred začetkom meritev se moramo opreti na meritve delujočih okoliških postaj in s pomočjo modela oceniti NSVSS za vsako sezono posebej.

Napaka pri merjenju padavin na Kredarici je v določenih vremenskih situacijah zelo velika (več deset odstotkov), zato smo se odločili, da v postopku homogenizacije NSVSS uporabimo podatke sosednjih dolinskih postaj; tam je zaradi šibkejšega vetra ta napaka bistveno manjša. Vsakoletne meritve vodnosti snežne odeje pod Triglavskim ledenikom so pokazale, da povprečna gostota snega v času največje višine



**Slika 30.** Razmerje med NSVSS in povprečjem višine padavin na treh okoliških postajah (Trenta, Mojstrana, Bohinjska Bistrica) za izmerjen (1955–2002) in homogeniziran (1961–1971) niz NSVSS. V oklepaju je podana povprečna temperatura v obdobju november–april za izbrane sezone oz. leta (leto se nanaša na april).



**Slika 31.** Rekonstrukcija niza največje sezone višine skupnega snega na Kredarici za obdobji 1896–1952 (zgoraj) in 1953–2009 (spodaj)

snežne odeje iz leta v leto niha manj kot višina padavin. Ugotovili smo tudi, da je na splošno v milejših zimah pri enaki količini padavin snežna odeja zaradi večjega sesedanja tanjša kot v hladnih zimah (slika 30). Na podlagi teh ugotovitev smo sestavili enostaven model za oceno NSVSS, ki sloni na višini padavin in povprečni temperaturi zraka od novembra do aprila.

Končni rezultat rekonstrukcije in homogenizacije je niz NSVSS za obdobje 1896–2009 (slika 31). Ta niz lahko glede na vir podatkov razdelimo v štiri dele. Do leta 1954 na Kredarici ni bilo temperaturnih meritev, zato smo v model vstavili popravljeno temperaturo z visokogorske postaje Dobrač na Avstrijskem Koroškem, ki se po tej meteorološki spremenljivki s Kredarico ujema najbolje od delujočih postaj v tem obdobju. Količino padavin smo rekonstruirali na podlagi meritev v Kranjski Gori, Mojstrani, Bohinjski Bistrici in na Bledu. V obdobju 1955–1961, torej v prvih letih meritev na Kredarici, je izmerjena višina snega zaradi različnih opazovalcev ne-konsistentna s padavinami in temperaturo; te meritve smo zato zavrgli in upoštevali le modelske rezultate. Naslednjih 11 let, do leta 1971, so bile meritve sicer konsistentne, a neprimerljive z današnjimi, saj so izmerjene vrednosti občutne prenizke. Podatke v tem obdobju smo zato s pomočjo modela homogenizirali (slika 32); od leta 1972 dalje pa je niz meritev zadovoljivo homogen, zato jih nismo popravljali.

Zaradi enostavnosti modela in vhodnih podatkov, ki so zgolj približek dejanskih razmer na Kredarici, je rekonstruiran niz le ocena dejanskega stanja (slika 32). Kljub temu lahko iz rekonstrukcije izluščimo nekaj informacij. V letih 1917 in 1951 je po modelskem izračunu NSVSS dosegel kar 9–10 m, kar je precej nad izmerjenim rekordom 700 cm leta 2001. S slike 31 lahko razberemo tudi opazno zmanjšanje NSVSS v zadnjih desetletjih, po letu 1979 je višina snega na Kredarici le v dveh letih presegla 5 metrov. Pred letom 1979 je bilo, sodeč po rekonstrukciji,

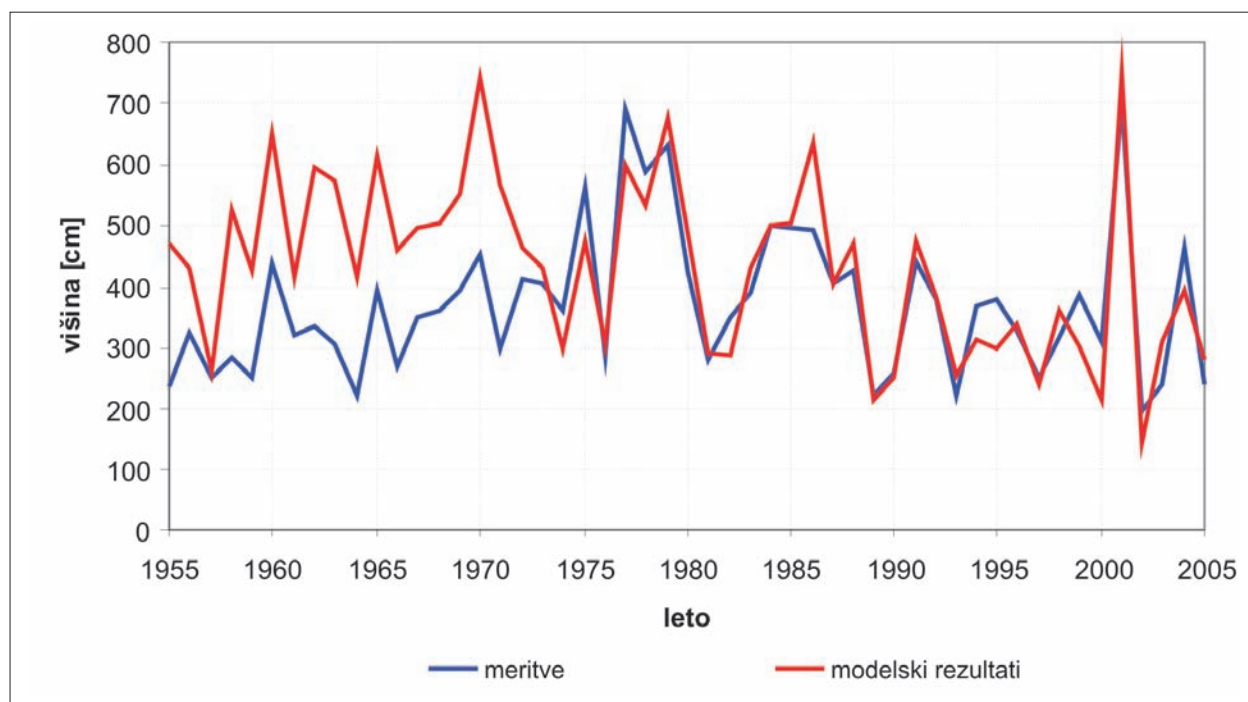
na Kredarici v povprečju vsako drugo leto prek 5 metrov snega. Rekonstrukcija se ujema tudi z obnašanjem Triglavskega ledenika, ki je v zadnjih desetletjih zaradi višjih poletnih temperatur in zmanjšane količine snega praktično izginil.

## Sklep

Spremenljivost podnebja v Sloveniji spremljamo na osnovi bogate zgodovine meteoroloških meritev, ki segajo v prvo polovico 19. stoletja. Z analizo dolgih nizov meritev lahko zanesljivo zaznamo trende in jih ločimo od cikličnih sprememb ter naravne spremenljivosti meteoroloških spremenljivk. Skrbno zbiranje metapodatkov nam omogoča homogenizacijo daljših časovnih nizov. Le na osnovi homogeniziranih nizov namreč lahko kritično presodimo rezultate statistične analize meritev in podamo pravilno interpretacijo spremenljivosti podnebja.

## Viri in literatura

1. Trontelj, M., 2000, *150 let meteorologije na Slovenskem, Ob 150-letnici meteorološke postaje v Ljubljani*, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana
2. Gavazzi, A., 1925, *O meteoroloških postajah v Sloveniji*, Geografski vestnik Ljubljana
3. Pučnik, J., 1980, *Velika knjiga o vremenu*, Cankarjeva založba, Ljubljana, 73-94
4. *Kartoteka meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad*, Agencija RS za okolje, Ljubljana
5. *Temeljna knjiga meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad I. reda – observatorij*, Agencija RS za okolje, Ljubljana
6. *Interaktivni atlas Slovenije, Slovenija na zemljevidih, slike in v besedi*, 1998, Založba Mladinska knjiga, d.d., Geodetski zavod Slovenije, Globalvision (Tehnološki park Ljubljana – Prostorski informacijski sistemi d.o.o.),



**Slika 32.** Primerjava modelskih rezultatov (padavine na sosednjih postajah, temperatura na Dobraču) in izmerjenih vrednosti. Dobro ujemanje med modelom in izmerki od leta 1972 kaže na smiselnost uporabljenega modela in nam da oceno o napaki rekonstrukcije pred letom 1955.

- Ljubljana, verzija 2.0 revizija 14
7. Ljubljana, Turistično-prometni zemljevid, 1953, Turistično društvo, 1:15000, Ljubljana
8. Atlas mesta Ljubljana in okolica, 2001, Geodetski zavod Slovenije d.d., 1:15000 (Kod & Kam), Ljubljana
9. Interaktivni naravovarstveni atlas, MOP Agencija RS za okolje, MOP Geodetska uprava RS, Realis d.o.o., Ljubljana, <http://kremen.arso.gov.si/NVatlas/>, 22. 10. 2007, 14. 12. 2007
10. Atlas okolja, 2007, MOP Agencija RS za okolje, LUZ d.d., Ljubljana (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>), 17. 3. 2008
11. Povše, M., Seznam krajev z vremenskimi postajami v SR Sloveniji in s kronološkim pregledom meteoroloških opazovanj do leta 1984, Agencija RS za okolje, Ljubljana
12. A. M. Kir. Foldmivelesugyi Mministeriu Fenhatosaga alatt allo, M. Kir. Orszagos, Meteoroloigai es foldmagnessegizintezet, EVKONYVEL, Hivatalos kiadvany. (Jahrbucher, Der Dem KGL. UNG, Ministerium für Ackerbau Unterstehenden, KGL. UNG.; Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Amtliche Veröffentlichung, Budapest) 1901–1906, 1909–1920
13. Jahrbuch des K.K. hydrographischen Zentralbureaus, Hydrographischer Dienst in Oesterreich, Wien, 1893, 1895–1911
14. Jahrbücher der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Officielle Publication, Wien, 1864–1920
15. Bolettino Mensile, Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle Acque, Venezia, 1919, 1923, 1925–1933, 1935–1941
16. Bolettino Annuale, Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle Acque, Venezia, 1923–1933, 1936–1937
17. Trontelj, M., 1994, Vreme v visokogorju, 40 let meteoroloških opazovanj na Kredarici, Ljubljana
18. Pristov, J., Pristov, N., Zupančič, B., 1998, Klima v Triglavskem narodnem parku, Triglavski narodni park, Bled, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana
19. Cegnar, T., 2004, Meteorološka postaja Kredarica 1954–2004, Agencija RS za okolje, Ljubljana, zgibanka
20. Hočevar, A., 2004, Začetki moje strokovne poti – Meteorološka opazovanja na Kredarici, Pol stoletja Slovenskega meteorološkega društva, Slovensko meteorološko društvo, Ljubljana
21. Kartoteka meteorološke postaje Kredarica, Agencija RS za okolje, Ljubljana
22. Temeljna knjiga meteorološke postaje II. reda Kredarica, Agencija RS za okolje, Ljubljana
23. ALP-IMP, <http://www.zamg.ac.at/ALP-IMP/>, Member area, 16. 2. 2007



*Samo kakovostni podatki nudijo pravo sliko podnebja (foto: Tanja Cegnar).*

# Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji

Mojca Dolinar, Gregor Vertačnik

*Spremenljivost povprečne temperature zraka in spremenljivost padavinskih razmer v Sloveniji sta prikazani na podlagi homogenih nizov HISTALP. Pri vrednotenju rezultatov obeh je potrebna previdnost zaradi nehomogenosti, ki je iz izmerjenih nizov ni mogoče popolnoma odstraniti. Agencija za okolje se zaveda pomena kakovostnih homogenih nizov podnebnih podatkov, zato se je v zadnjem desetletju pridružila nekaterim mednarodnim projektom, katerih poglavitni cilj je bil priprava omenjenih nizov. Le to namreč omogoča usklajeno sliko podnebne spremenljivosti v Sloveniji.*

Na Agenciji za okolje se zavedamo pomena kakovostnih homogenih nizov podnebnih podatkov, ki so ključnega pomena za analizo podnebja v preteklosti, danes in v prihodnosti. Zato smo se v zadnjem desetletju pridružili nekaterim mednarodnim projektom, katerih poglavitni cilj je bil priprava omenjenih nizov. Obsežen samostojen projekt prenovljene kontrole in homogenizacije vseh dolgoletnih nizov podatkov pa od leta 2008 teče tudi na sami Agenciji.

## Mednarodni projekti, pri katerih sodelujemo

Prvi tak projekt, ki se mu je Agencija za okolje priključila konec devetdesetih let, je bil HISTALP (Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region). Kot že ime pove, je bil cilj zbrati dolge nize podnebnih podatkov na širšem območju Alp. Seveda taka baza podatkov ni sama sebi namen, ampak je ključen element vseh analiz podnebja in priprave podnebnih scenarijev za tako občutljiv sistem, kot so Alpe. Zato smo v okviru projekta najdaljše nize preverili z enotnimi metodami prostorske in časovne kontrole podatkov, izločili nepravilne podatke in v zadnjem koraku vse časovne nize podatkov tudi homogenizirali. Takšni kvalitetni homogeni nizi so primerni tudi za analize spremenljivosti podnebja.

Leta 2005 smo se pridružili tudi triletnemu INTERREG projektu FORALPS. Namen projekta je bil izboljšati kakovost meteoroloških in hidroloških napovedi na območju Alp, kar bi omogočilo kvalitetnejše upravljanje z vodnimi viri. Zato se je ena od delovnih skupin, ki se ji je priključila tudi ARSO, ukvarjala z reševanjem, kontrolo in homogenizacijo historyčnih podatkov, s pomočjo katerih so bili preverjeni in izboljšani tako meteorološki kot hidrološki modeli za na-

povedovanje ekstremnih padavinskih dogodkov. Hkrati se je izboljšala tudi kvaliteta verjetnostne porazdelitve ekstremnih padavinskih dogodkov na območju Alp.

Leta 2008 smo na Uradu za meteorologijo Agencije za okolje začeli obsežen interni projekt, v okviru katerega bomo prekontrolirali in homogenizirali vse nize podatkov, ki so se od leta 1961 zbirali na območju Slovenije. Zavedamo se namreč, da le na podlagi kvalitetnih homogenih nizov lahko dobimo usklajeno sliko podnebne spremenljivosti v Sloveniji.

Pregled spreminjanja temperaturnih in padavinskih razmer smo naredili na podlagi homogenih nizov podatkov, ki so rezultat ali vmesni rezultat vseh zgoraj omenjenih projektov.

## Spremenljivost povprečne temperature zraka

Za analizo temperature smo imeli na voljo homogene nize meteoroloških podatkov projekta HISTALP. Letne vrednosti so izračunane kot aritmetična sredina šestih homogeniziranih nizov (Ljubljana, Celje, Kočevje, Trst, Zagreb in Dobrač). Ker smo imeli za Slovenijo na voljo homogene nize le za 3 postaje, smo v podnebni indeks povprečne temperature dodali še 3, ki so reprezentativne za posamezna geografska območja Slovenije s specifičnim podnebjem. Za primorsko regijo Trst, za alpsko regijo Dobrač, za vzhodni celinski del Slovenije pa Zagreb.

Slika 2 prikazuje potek odklona povprečne letne temperature zraka 2 m nad tlemi za Slovenijo glede na obdobje 1961–1990. Pri vrednotenju rezultatov je potrebno upoštevati, da posamezne letne vrednosti le bolj ali manj realno odražajo dejanske razmere. Iz izmerjenih nizov namreč ni možno popolnoma odstraniti precejšnje prostorske spremenljivosti temperaturnih odklonov

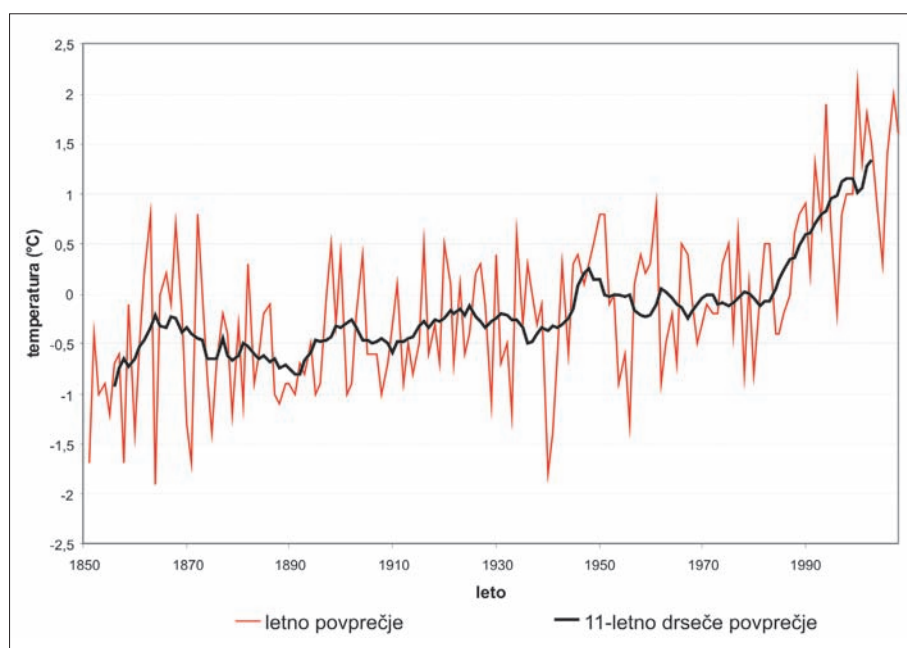


**Slika 1.** Meteorološka postaja z vremensko hišico v ospredju.

in nehomogenosti. Napaka večletnih obdobj (drseče povprečje) je manjša, zato lahko na podlagi prikazanih meritev zaključimo, da je od sredine 19. stoletja do 70. let 20. stoletja temperatura v Sloveniji le počasi naraščala, menjavala so se hladnejša in toplejša obdobja. V zadnjih 30 letih temperatura hitro narašča in zlasti zadnja leta dosega vrednosti, ki znatno presegajo celo najvišje letne vrednosti pred letom 1990. V zadnjem 30-letnem obdobju, 1979–2008, je izračunan temperaturni trend nenavadno visok,

okoli  $6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$  (razpon s stopnjo zaupanja 95 % znaša od  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kar daleč presega svetovno povprečje.

S slike je moč razbrati spremenljivost v nihanju temperatur med leti; v začetnem delu je opaziti velike skoke, nato se okoli l. 1890 nihanje prehodno močno zmanjša. Relativno veliko nihanje temperatur iz leta v leto onemogoča zanesljivo oceno trenda v krajših časovnih obdobjih (nekaj let).



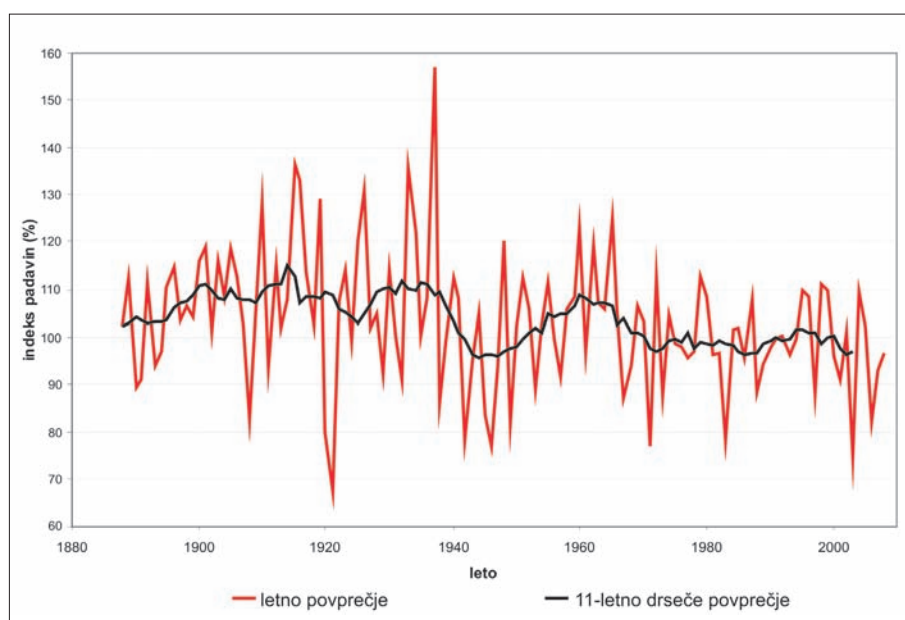
**Slika 2.** Odklon povprečne letne temperature zraka 2 m nad tlemi za Slovenijo glede na obdobje 1961–1990. Povprečna temperatura za Slovenijo je izračunana kot povprečje homogenih nizov meritve temperature v Ljubljani, Celju, Kočevju, Trstu, Zagrebu in na Dobraču.

## Spremenljivost padavinskih razmer

Podobno kot temperaturne smo tudi padavinske razmere najprej analizirali na podlagi sedmih homogenih nizov HISTALP. Na sliki 3 je prikazan potek razmerja med letno višino padavin za območje Slovenije in povprečjem obdobja 1961–1990. Letne vrednosti so izračunane kot aritmetična sredina sedmih homogenih nizov iz projekta HISTALP; to so Ljubljana, Celje, Kočevje, Maribor, Trst, Zagreb in Beljak, ki predstavljajo tipične padavinske režime na območju Slovenije. Podobno kot pri vrednotenju temperaturnih, moramo biti previdni tudi pri interpretaciji padavinskih razmer, saj z le 7 postajami ne moremo

zajeti velike prostorske spremenljivosti padavin, poleg tega v nizih lahko ostane nehomogenost, saj določenih vplivov iz izmerjenih nizov ni možno popolnoma odstraniti.

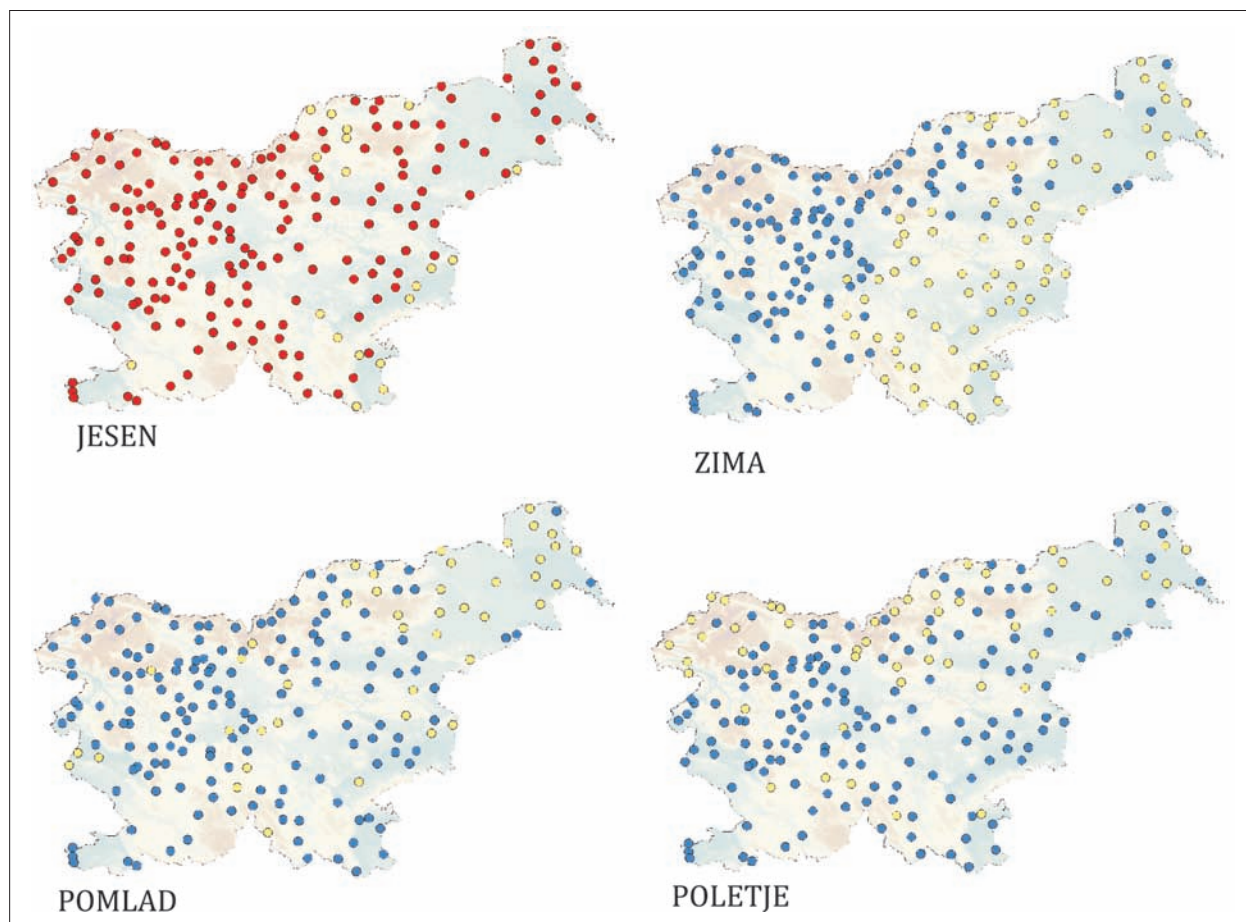
Napaka večletnih obdobj (drseče povprečje) je manjša, zato lahko zaključimo, da je bilo do 30. let 20. stoletja ter v 50. in 60. letih 20. stoletja v povprečju padavin nekoliko več, medtem ko so v ostalem obdobju prevladovala zmerno namočena ali sušna leta. Daleč najbolj namočeno je bilo leto 1937 z okoli 50–60 % presežkom, medtem ko je l. 1921 padlo le približno 2/3 povprečnih padavin obdobja 1961–1990. Nenaavadno je, da je v prvi polovici obdobja, ki ga prikazuje slika, nihanje med leti znatno večje kot v drugi.



**Slika 3.** Delež povprečnih letnih padavin za Slovenijo glede na obdobje 1961–1990. Povprečna letna količina padavin za območje Slovenije je izračunana kot povprečje homogenih nizov meritev padavin v Ljubljani, Celju, Kočevju, Mariboru, Trstu, Zagrebu in Beljaku.

Čeprav se ob globalnih podnebnih spremembah predvidevajo tudi spremembe v količini padavin, te na območju Slovenije na letnem nivoju niso tako očitne (slika 3). Drugače pa je, če pogledamo spremenljivost padavin po sezonah. Na sliki 4 so prikazani statistično značilni trendi v letni količini padavin po letnih časih. Izračunali smo jih na kontroliranih podatkih merilnih postaj, ki so v obdobju 1971–2005 delale neprekinjeno (projekt FORALPS in interni projekt). Podatki še niso homogenizirani, zato nismo iskali velikosti trenda, ampak samo njegov predznak. Poleg tega smo obravnavali le postaje, kjer ni bilo večjih premikov merilnih inštrumentov. Tako smo se izognili večjim nehomogenostim, ki bi lahko vplivale na predznak trendov.

Zelo očitno je, da se jeseni količina padavin večja skoraj po vsej državi, z izjemo manjših območjih v Beli Krajini, v okolici Brežic in na Koroškem, kjer ni opaziti statistično značilnih sprememb. Tudi pozimi opazimo zelo enoten prostorski vzorec sprememb: količina padavin se zmanjšuje v vsej zahodni Sloveniji ter na Koroškem in Pohorju, medtem ko v vzhodni polovici države sprememb v zimski količini padavin ni. Tudi spomladi je opaziti dokaj enoten trend zmanjševanja padavin, razen na vzhodni Štajerski, Prekmurju in Goričkem. Poleti je situacija nekoliko drugačna: padavin je povsod manj, razen v višjih legah Alp, kjer ni opaziti sprememb. Očitno je torej, da se spreminja padavinski režim. Jesenski maksimum postaja bolj izrazit, medtem ko se v ostalih mesecih količina padavin zmanjšuje ali pa ostaja enaka.



**Slika 4.** Statistično značilni trendi v količini padavin po letnih časih (obdobje 1971–2005) Rdeč znak pomeni statistično značilno naraščanje letne količine padavin, moder znak statistično značilno upadanje letne količine padavin, rumen znak pa pomeni, da trend ni statistično značilen.

## Sklep

Na podlagi homogeniziranih nizov meritev lahko z gotovostjo trdimo, da povprečna temperatura zraka v Sloveniji narašča. Še posebej je trend ogrevanja izrazit od sredine 80. let dalje. Za

padavine je trend spreminjanja na letnem nivoju bistveno manj izrazit: od začetka 60. let opazimo le rahlo upadanje. Značilneje je, da se spreminja padavinski režim: jesenski višek padavin je povsod po državi večji, medtem ko je za ostale letne čase značilen upad v količini padavin.

*Ohranimo pokrajino zeleno in vodo modro (foto: Tanja Cegnar).*



*Posledice podnebnih sprememb so tudi vse pogostejše suše in poplave  
(foto: Marko Clemenž).*



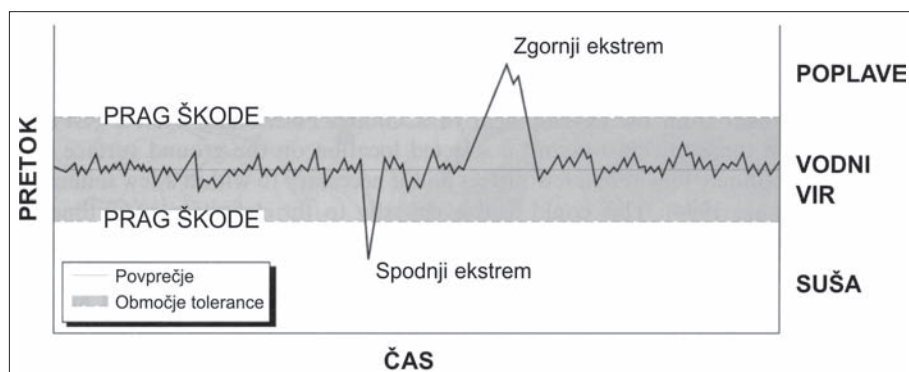
# Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost

Mira Kobold, Florjana Ulaga

*Posledice globalnega segrevanja in podnebnih sprememb se odražajo v vse pogostejših naravnih katastrofah, povezanih s preobilico ali premalo vode. Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) je v letu 2008 izdal tehnično poročilo o podnebnih spremembah in vodi, v katerem navaja, da zapisi opazovanj in podnebne napovedi jasno kažejo na ranljivost sladkovodnih virov in močan vpliv podnebnih sprememb nanje. V Sloveniji se v zadnjih letih spopadamo na eni strani s hidrološko sušo, na drugi s poplavami, medtem ko je običajno letna količina padavin blizu obdobjnega povprečja. Prikazani so vzroki za nastanek ekstremnih hidroloških pojavov v Sloveniji, vpliv podnebnih sprememb na te pojave ter trendi na podlagi opazovanj in podatkov hidrološke merilne mreže.*

Hidrološko stanje voda je v največji meri posledica vremenskega dogajanja, vendar lahko tudi človek s svojim poseganjem v vodni režim bistveno prispeva k slabšanju tega stanja, kar se odraža zlasti pri poplavah in suši. Dokler je pretok reke blizu srednji ali pričakovani vrednosti, ne predstavlja potencialne nevarnosti, ampak vodni vir za različne namene in rabo vode. Lahko pa doseže vrednost, ki za okolico in človekovo dejavnost predstavlja nevarnost. Daljše nizkovodno stanje z malimi pretoki odraža sušo, zelo veliki pretoki pa poplavno nevarnost (slika 1). Intenziteta in časovno trajanje dogodka povečujeta ogroženost ljudi in okolice.

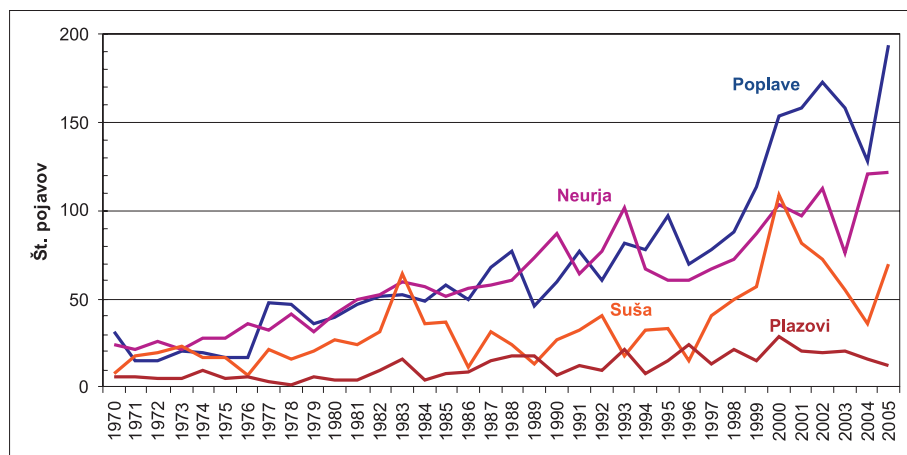
V svetu v zadnjih letih dramatično narašča število z vremenom povezanih ekstremnih dogodkov, kot so neurja, poplave in suše (slika 2), s tem pa narašča tudi škoda, ki jo te ujme povzročajo (CRED, 2008). Poplave so med naravnimi nesrečami najštevilčnejše in v svetovnem merilu predstavljajo približno tretjino vseh naravnih nesreč (slika 3). Za Evropo odstotek poplav za obdobje 1970–2005 predstavlja skoraj 40 %, neurja predstavljajo 20 % in ekstremne temperature 14 % vseh naravnih nesreč (slika 3).



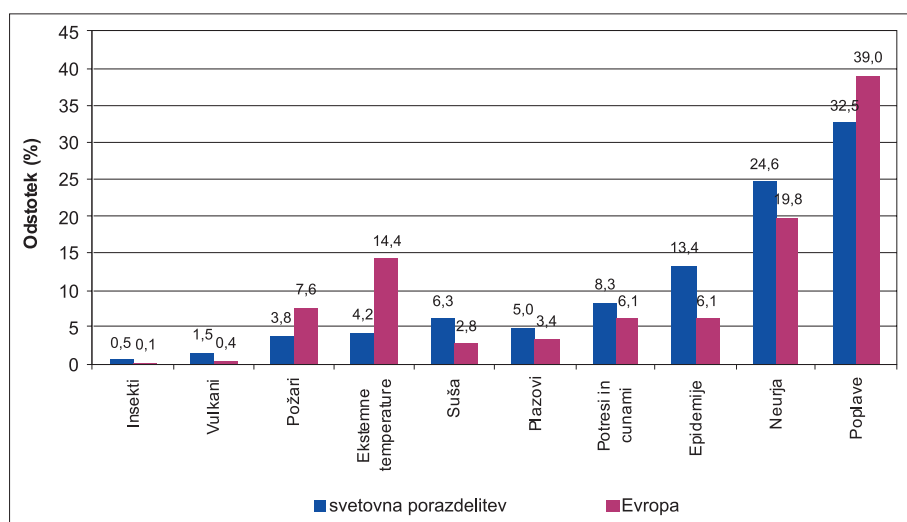
**Slika 1.** Časovno spreminjanje hidrološkega stanja reke in hidrološko tveganje glede na spremenljivost rečnega pretoka ter prag škode (vir: Smith in Ward, 1998)

Vzrok za naraščanje ujm je vsekakor spreminjanje podnebja na Zemlji zaradi globalnega segrevanja. V obdobju od leta 1906 do 2005 znaša dvig globalne temperature zraka  $0,74 \pm 0,18$  °C, pri čemer je trend v zadnjih 50 letih precej strmo naraščajoč (IPCC, 2008). Vse pogostejše občutimo na eni strani sušo in pomanjkanje vode, na drugi pa se soočamo s poplavami. Obe skrajnosti lahko nastopita celo v istem letu. Dogaja se, da se hidrološko stanje voda iz nizkovodnih ali sušnih razmer sprevrže v poplave. To potrjujejo tudi izkušnje zadnjih let v Sloveniji,

ki so bila v letnem povprečju skromnejša s padavinami, toda bogata z ujmami, kot so neurja z vetrom, zemeljski plazovi in poplave. Meritve in analize meteoroloških parametrov kažejo, da se spreminjajo padavinski vzorci, količina in intenziteta padavin. Vse večji delež padavin pade, kadar so te intenzivne, saj se zaradi višanja temperature zraka in temperature površine oceanov povečuje vlažnost zraka; pogostejši so obilni padavinski dogodki in posledično poplave - tudi tam, kjer letna količina padavin upada.



**Slika 2.** Časovno spreminjanje števila hidrometeoroloških pojavov v obdobju 1970–2005 (vir: CRED, 2008)



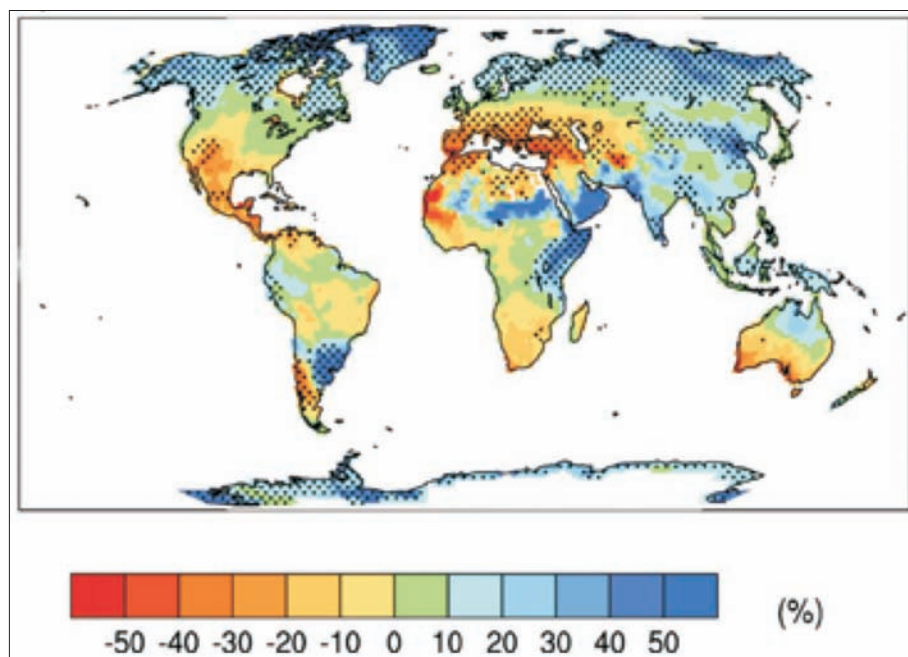
**Slika 3.** Svetovna in evropska porazdelitev naravnih nesreč za obdobje 1991–2005 (vir: CRED, 2008)

## Podnebne spremembe in voda

Medvladni odbor za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) je v juniju 2008 izdal tehnično poročilo Podnebne spremembe in voda (IPCC, 2008), v katerem podaja spoznanja o opazovanih in predvidenih spremembah podnebja v povezavi z vodo in vodnimi viri v različnih sektorjih in regijah, ranljivosti vodnih virov, ukrepih za blažitev podnebnih sprememb ter posledicah za gospodarstvo in trajnostni razvoj. Kot znanstveniki v poročilu ugotavljajo, zapisi opazovanj in podnebne napovedi jasno kažejo, da so sladkovodni viri ranljivi in pod močnim vplivom podnebnih sprememb, kar ima lahko dramatične posledice za človeško družbo in ekosisteme. Povprečni letni odtok in razpoložljive količine vode naj bi se zaradi svetovnega segrevanja ozračja in spremembe padavinskega režima do sredine 21. stoletja spremenile. Zelo verjetno je, da se bodo vodne količine dvignile v območjih severnih zemljepisnih širin in v nekaterih vlažnih tropskih območjih ter se zmanjšale v suhih območjih srednjih zem-

ljepisnih širin in suhih tropskih območjih (slika 4). Še posebej neugodne napovedi o pomanjkanju vode so za območje Sredozemlja, zahod ZDA in severovzhodno Brazilijo. Ker napovedi predvidevajo, da bo večina padavin padla v obliki intenzivnih padavinskih dogodkov, se bo povečalo tveganje poplav in suš po celem svetu.

Poročilo navaja, da ima severna Evropa že značilno več padavin, Sredozemlje pa postaja bolj sušno, saj so za vzhodni del trendi letne količine padavin za obdobje 1950–2000 negativni. Opazen je dvig intenzitete padavin v večjem delu Evrope, celo na območjih, ki postajajo bolj suha, podobni trendi pa naj bi se nadaljevali tudi v prihodnje. Občutljivost Evrope na podnebne spremembe narašča od severa proti jugu, torej bo južna Evropa precej bolj prizadeta. Podnebne napovedi za Evropo kažejo, da se bodo povprečne letne padavine dvignile v severni Evropi in upadale proti južnemu delu. Že vroče in precej suho podnebje južne Evrope bo postalo še toplejše in še bolj suho. V osrednji in vzhodni Evropi bo poleti manj padavin, kar bo povzročalo večje pritiske na vodne vire. Poplave bodo pozimi pogostejše



**Slika 4.** Povprečna sprememba površinskega odтока (v odstotkih) iz več modelov napovedi za obdobje 2080–2099 glede na obdobje 1980–1999 (vir: IPCC, 2008). Območja s pikami pomenijo, da je vsaj 80 % modelov skladnih glede predznaka spremembe.

v obalnih območjih, pomladne bodo povezane s topljenjem snega v osrednji in vzhodni Evropi, povsod pa bodo pogostejše hudourniške poplave. Posledično se bodo spremenili časovni in geografski poplavni vzorci, upadli bodo srednji mali pretoki, prav tako lahko pričakujemo tudi težave s preskrbo s pitno vodo, saj bo raven podtalnice in črpanja zalog podtalne vode padla pod obstoječo spodnjo raven. Zaradi dviga morske gladine bodo poplavno ogrožena vsa obalna mesta.

Do leta 2070 se za sever Evrope predvideva povečanje srednjega letnega odтока do 30 %, na jugu pa upad do 36 %. Upadanje količine padavin poleti bo imelo za posledico več suš z negativnimi učinki na dostopnost vodnih virov, saj je upad pretokov v poletnih mesecih predviden celo do 80 %. Pričakujemo lahko daljša sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena obdobja intenzivnih padavin. Sušno tveganje bo najmanjše na severu, naraščalo pa bo v zahodni in južni Evropi, kjer lahko v nekaterih delih pričakujemo stoletno sušo na vsakih 10 let. Napovedi stoletnih poplav so sledeče: pogostejše bodo nastajale v severni in severovzhodni Evropi, v centralni in vzhodni Evropi (alpske reke) ter atlantskem delu južne Evrope, manj pogosto pa v večjem delu južne Evrope.

Z ekstremnimi hidrometeorološkimi pojavi se v Sloveniji srečujemo skoraj vsako leto. Slovenija v Evropi sodi med območja z največjim številom neviht (Cegnar, 2003). Raznolikost Slovenije se odraža v različnih padavinskih režimih in različnih intenzitetah padavin. Časovne spremembe letne količine padavin na večini območij Slovenije niso statistično značilne. Pri padavinskem režimu opazamo upadanje količine padavin

v prvi polovici leta in naraščanje v drugi polovici. Čeprav je padavin v povprečju dovolj, pa te niso porazdeljene enakomerno. Večkrat nas prizadenejo obilna večdnevna deževja, kratkotrajni močni nalivi in suše. Meritve kažejo, da vse večji delež padavin pade v obliki intenzivnih padavin. Ob močnih nevihtah lahko v eni uri pade celo nad 100 mm padavin. Ekstremne padavine seveda ne povzročijo vselej poplav in proženja plazov. Ekstremni dogodki so tudi časovno in prostorsko omejeni in običajno ne zajamejo cele Slovenije hkrati.

## Pogostost poplav v Sloveniji

Poplave in izredne razmere v Sloveniji najpogostejše nastanejo zaradi obilnih padavin po dolgotrajnem, večdnevnem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevni ekstremnih padavin so poplave večjega obsega. Sem vsekakor spadajo poplave iz leta 1990 (Kolbezen, 1991) in leta 1998 (Polajnar, 1999), ki jih štejemo med največje v Sloveniji z več kakor stoletno povratno dobo. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo njeno taljenje in velik, lahko tudi katastrofalen površinski odtok. Velikokrat poplave povzročijo lokalno omejeni kratkotrajni in močni nalivi v sušnem obdobju. Leta 2003, ki velja za eno najbolj sušnih let v Sloveniji glede na obdobje meritev, so hudourniške poplave v avgustu največ škode naredile v Zgornjesavski dolini in porečju Tržiške Bistrice. V septembru 2007 so po skoraj enomesečnem obdobju brez omembe vrednih padavin prizadele porečja Selške Sore, Pšate in Savinje (Kobold, 2008). Katastrofalna

ujma leta 2007 je poleg ogromne materialne škode zahtevala šest človeških življenj. V letu 2008 pa smo kljub nadpovprečni količini padavin beležili skoraj polletno hidrološko sušo, ki so ji decembra ponekod po Sloveniji sledile poplave.

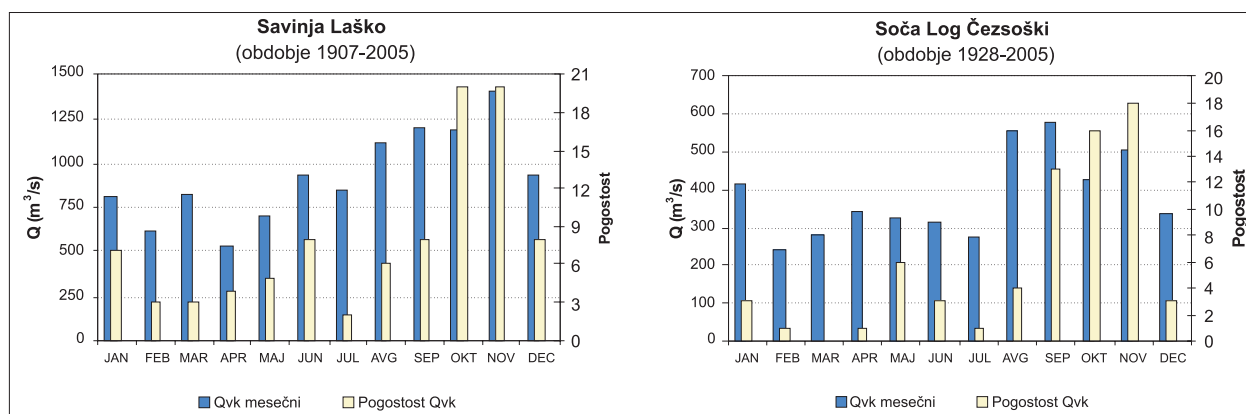
Poplave v Sloveniji se lahko zgodijo v katerem koli mesecu leta, so pa najpogostejše v jesenskem obdobju, predvsem v oktobru in novembru. Poplave največjih razsežnosti v Sloveniji se običajno zgodijo jeseni ob prehodu hladne fronte preko srednje Evrope ali ob prehodu sredozemskega ciklona iznad Genovskega zaliva. Najizdatnejše padavine nastanejo ob kombinaciji ciklonskih in orografskih padavin, ko lahko pade več kot 70 mm/uro in 240 mm/dan. Ker pozno jeseni upade zadrževalni učinek vegetacije, sta oktober in november značilna kot meseca, ko na večjih slovenskih vodotokih nastanejo največji pretoki (slika 6). Ker leži Slovenija v glavnem v po-

virju rek, so poplave najpogostejše hudourniškega tipa. Trajajo le do nekaj ur, razen ob Dravi in Muri, kjer lahko trajajo tudi več dni. Posebnost so tudi poplave kraških rek, ki nastanejo počasi in prav tako trajajo več dni.

Glavna in najobsežnejša območja poplav so v nižinsko-ravninskih predelih severovzhodne Slovenije, v predalpskih dolinah in kotlinah ter v osrednji in vzhodni Sloveniji. Poplave s povratno dobo 50 in več let pomenijo katastrofo. V večini primerov poplave z enako povratno dobo ne nastanejo na celotnem povodju hkrati. Na manjših povodjih so za njihov nastanek odločilne intenzivne padavine krajšega trajanja (do nekaj ur), ki so najpogostejše v poletnem obdobju, medtem ko so za poplave na večjih povodjih odločilne padavine z daljšim trajanjem, ki nastanejo večinoma v pomladanskem ali jesenskem času.



**Slika 5.** Uničenje v Železnikih po poplavi Selške Sore 18. septembra 2007 in sled visoke vode na prizadetih objektih (foto: M. Burger)



**Slika 6.** Največje mesečne visokovodne konice (Qvk) in pogostost letnih konic po mesecih za vodomerni postaji z dolгим nizom podatkov



**Slika 7.** Meritve visoke vode 12. decembra 2008 na v. p. Trnovo na Reki (foto: P. Gajser)

## Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek

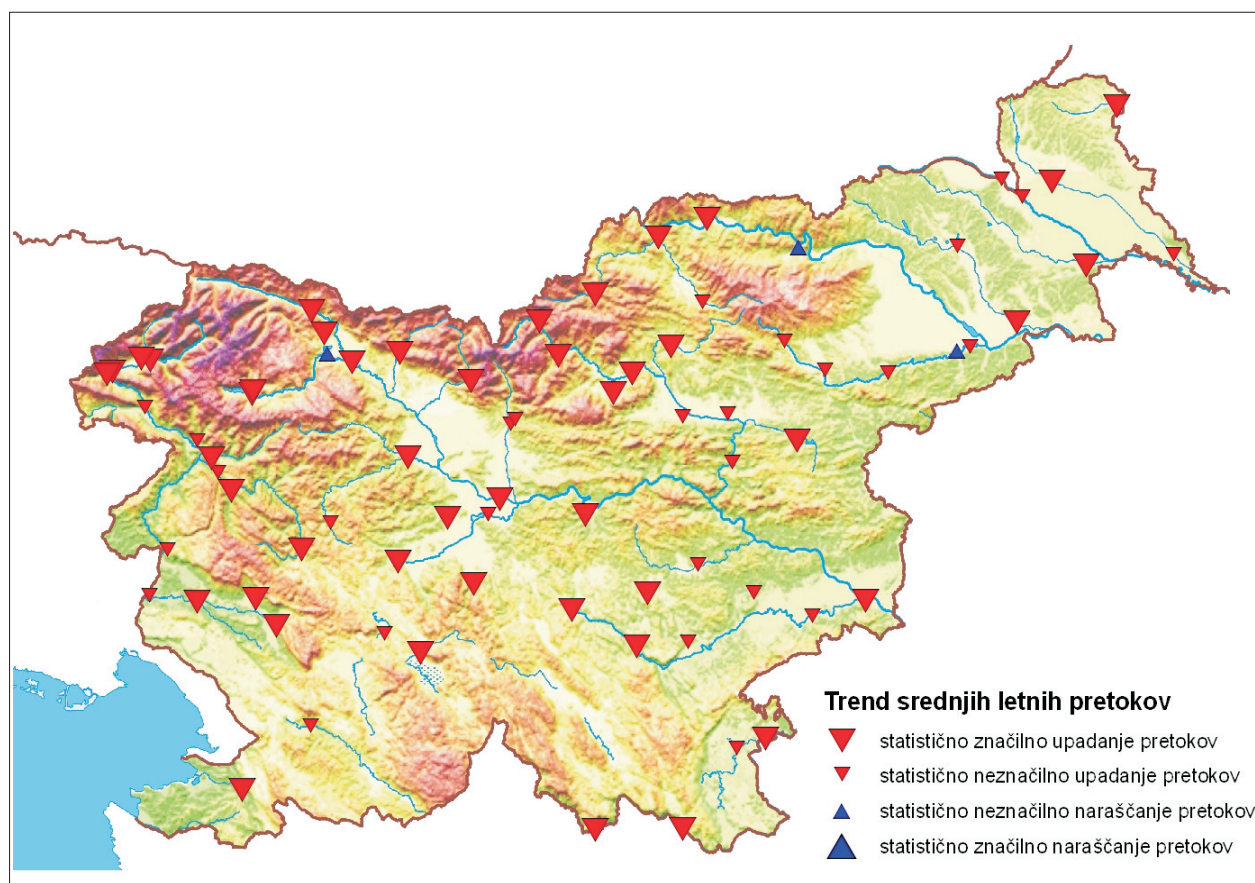
Analiza trendov značilnih pretokov daje informacije o obnašanju pretokov v daljšem časovnem obdobju. Pri tem smo največkrat omejeni z obdobji opazovanj, za katere imamo na razpolago podatke. Pretoki rek so odraz podnebnega dogajanja, spremembe v pretokih in pretočnih režimih v daljših časovnih obdobjih pa odraz podnebne spremenljivosti; zaradi tega so z vidika zaznavanja podnebnih sprememb, upravljanja z vodami in prilagajanja na spremembe analize trendov značilnih pretokov (malih, srednjih in velikih pretokov) izjemnega pomena. Na pretoke rek vpliva s svojimi dejavnostmi tudi človek, neposredno s spremembami v rabi tal in

posredno z emisijami, kar intenzivira procese globalnega segrevanja in s tem povezane posledice. Glede na dramatične poplave in dolgotrajne suše, ki smo jim priča v zadnjih letih, je odkrivanje trendov dolgih časovnih nizov velikega pomena, tako z znanstvene kot s praktične plati.

Prve statistične analize trendov srednjih letnih pretokov so nakazovale statistično značilno zmanjševanje pretokov rek v severozahodnem alpskem delu Slovenije (Ulaga, 2002). Nadaljnja analiza (Frantar in sod., 2008) predstavlja razširitev na večje število vodomernih postaj s podatkovnim nizom nad 50 let. S tem kriterijem dolžine niza je analiza zajela 22 vodomernih postaj v glavnem večjih slovenskih rek; rezultati kažejo statistično značilno zmanjševanje srednjih letnih pretokov. S ponovljeno analizo, ki zajema vodomerne postaje vsaj s 30-letnim obdobjem po-

datkov (Jurko, 2009), je rezultat podoben, analiza trendov pa zajema tudi manjša porečja (slika 8). Statistično značilno upadanje pretokov s stopnjo značilnosti nad 90 % izkazujejo vse reke Alpskega in Predalpskega sveta, reke Dinarske Slovenije in reke v Pomurju. Statistično neznačilno upadanje srednjih pretokov pa v spodnjem toku Soča, Vipava, Krka in Savinja, pa tudi Dravinja in Drava. Naraščanje srednjih letnih pretokov izkazujejo le

Radoljna, Polskava in Bohinjska Bistrica, vendar z nizko stopnjo značilnosti. Trend srednjih letnih pretokov kaže, da se letna količina razpoložljive vode v strugah vodotokov zmanjšuje. Upadanje pretokov je v prvi vrsti posledica manjše letne količine padavin. V nasprotju s padavinami pa je značilen porast povprečne letne temperature zraka, ki vpliva na evapotranspiracijo in s tem prav tako na manjše srednje letne pretoke rek.



**Slika 8.** Trend srednjih letnih pretokov na vodomernih postajah ARSO

## Vpliv podnebnih sprememb na nastanek poplav in trendi

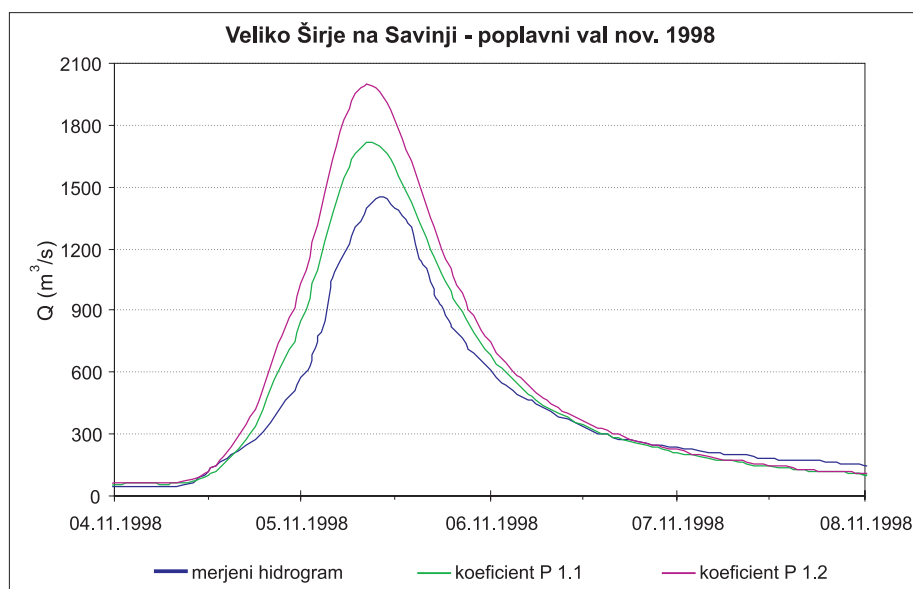
Napovedi podnebnih sprememb za Slovenijo predvidevajo, da se bo do konca 21. stoletja temperatura zraka dvignila v povprečju za 3 °C in da se bo povečala intenziteta padavin; skupna količina padavin naj bi se nekoliko povečala v hladni polovici leta in zmanjšala v topli (Kajfež-Bogataj, 2006). To pomeni, da bodo pogostejše hudourniške poplave in proženje zemeljskih plazov. Največji odziv na intenzivnejše padavine pričakujemo v alpskem in predalpskem svetu, kjer se predvideva povečanje visokovodnih konic odtokov do 30 %, najmanj do 10 % pa se zaradi podzemnih akumulacij vode pričakuje pri kraških vodotokih (Kobold, 2007a).

Primerno orodje za ugotavljanje vplivov podnebnih sprememb na hidrološki režim in oceno odtoka so konceptualni hidrološki modeli. Nekatere napovedi podnebnih sprememb predvidevajo povečanje intenzitete padavin za 20 % (Zupančič, 1999). Da bi ugotovili vpliv tega povečanja na največje poplave v Sloveniji, je bilo narejenih več modelskih izračunov. Za poplavni dogodek iz novembra 1998, ko so bili na povodju Savinje zabeleženi pretoki s stoletno povratno dobo, modelski izračun za vodomerno postajo Veliko Širje na Savinji kaže naslednje: pri povečanju intenzitete padavin za 10 % se pretok konice visokovodnega vala ( $Q_{vk}$ ) poveča za 18 % v, pri 20-odstotnem povečanju padavin pa za 37 % (slika 9). Zaradi nelinearnosti naravnih procesov se odtok relativno bolj povečuje, če se večja količina

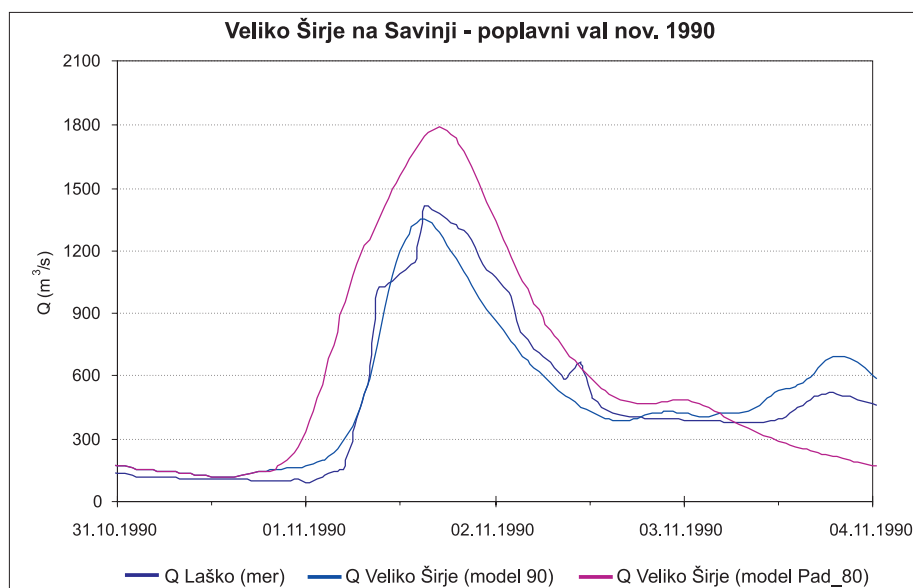
padavin (Kobold, 2007b). V Velikem Širju bi se ob povečanju intenzitete padavin za 20 % med 3. in 5. novembrom 1998 pretok konice vala približal 2000 m<sup>3</sup>/s, kar pomeni pretok blizu tisočletni povratni dobi velikih pretokov.

Ploskovne padavine na povodju Savinje, ki so v poplavnem dogodku novembra 1998 znašale 133 mm, niso bile dotlej največje izmerjene. Večje so bile v dogodku 9. oktobra 1980, ko so znašale 142 mm, vendar so padle na tla z nizko predhodno namočenostjo, saj je bilo pred tem skoraj enomesečno sušno obdobje brez omembe vrednih padavin; pretok konice vala je bil za okrog 200 m<sup>3</sup>/s manjši od konice poplavnega vala v letu 1998. Večja intenziteta padavin na

povodju Savinje je torej pričakovana, predhodna namočenost tal pa tudi močno vpliva na velikost odtoka (Kobold, 2007b). Zelo namočeno predhodno stanje tal je bilo v poplavi 1. novembra 1990, ki je zabeležena kot največja poplava na povodju Savinje v obdobju po letu 1900. Ploskovne padavine, ki so povzročile ta poplavni val, so znašale 115 mm, kar je za okrog 14 % manj kakor v poplavi novembra 1998. Simulacija padavin 9. oktobra 1980 na namočeno začetno hidrološko stanje 1. novembra 1990 daje pretok 1800 m<sup>3</sup>/s, kar je za 400 m<sup>3</sup>/s več od največjega izmerjenega pretoka v Velikem Širju (slika 10). Ne gre torej zanemariti dejstva, da so na povodju Savinje mogoči večji pretoki od doslej izmerjenih.



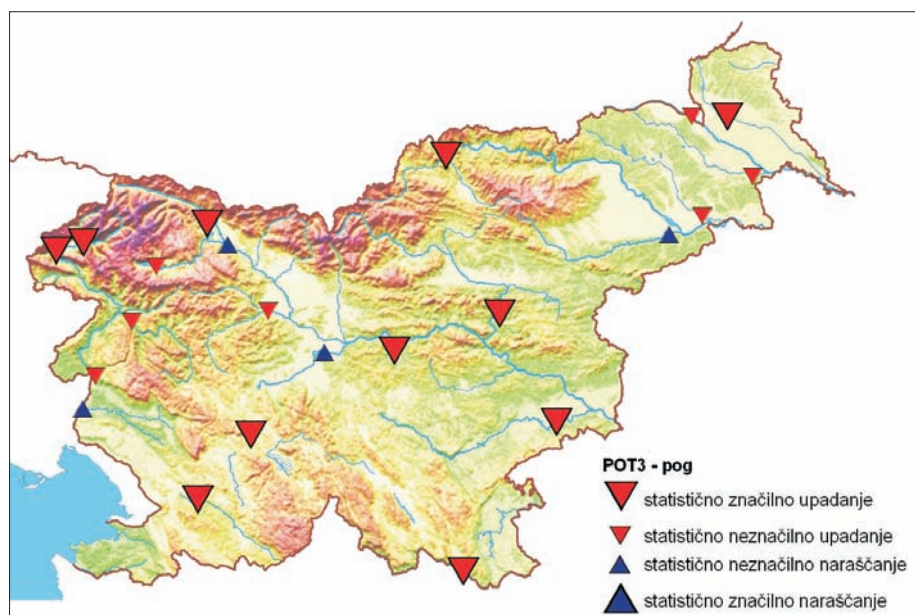
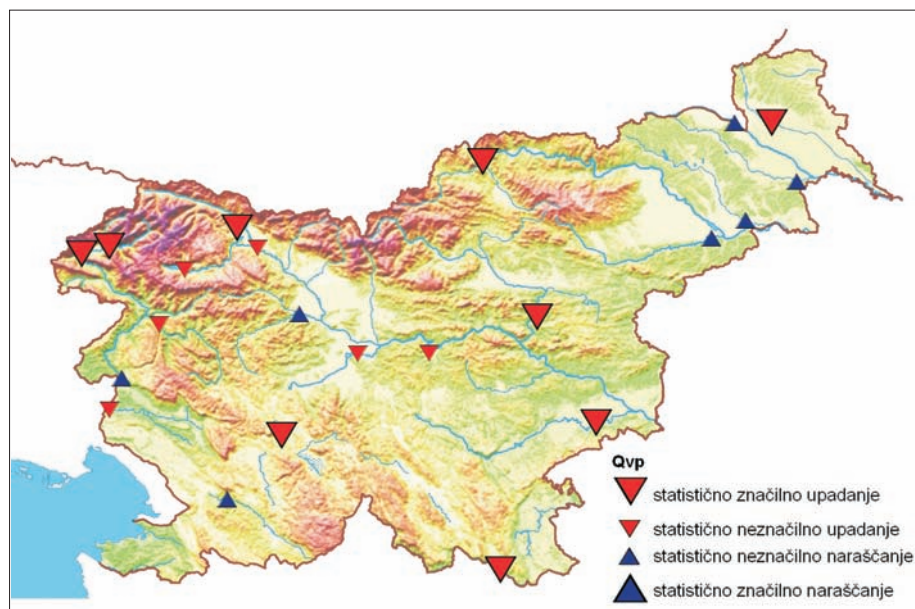
**Slika 9.** Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1998 s povečanjem intenzitete padavin za 10 in 20 %



**Slika 10.** Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1990 za Veliko Širje s padavinami iz poplavnega dogodka leta 1980

Analiza trendov velikih pretokov izkazuje za največje letne srednje dnevne pretoke (Qvp) na splošno upadajoč trend letnih konic (slika 11). Tudi trend pogostosti visokovodnih ekstremov (v povprečju trikrat na leto - POT3 - pog) ne kaže

na večanje števila visokovodnih dogodkov (slika 11). Na podlagi teh analiz ne moremo zaključiti, da se število poplav in njihova pogostost v Sloveniji dramatično povečujeta, kakor napovedujejo nekatere podnebne napovedi.



**Slika 11.** Trend največjih letnih srednjih dnevnih pretokov (Qvp) in trend pogostosti visokih ekstremov v povprečju trikrat letno (POT3 - pog). Za statistično značilen trend je privzeta stopnja značilnosti nad 90 % (Svensson in sod., 2004).

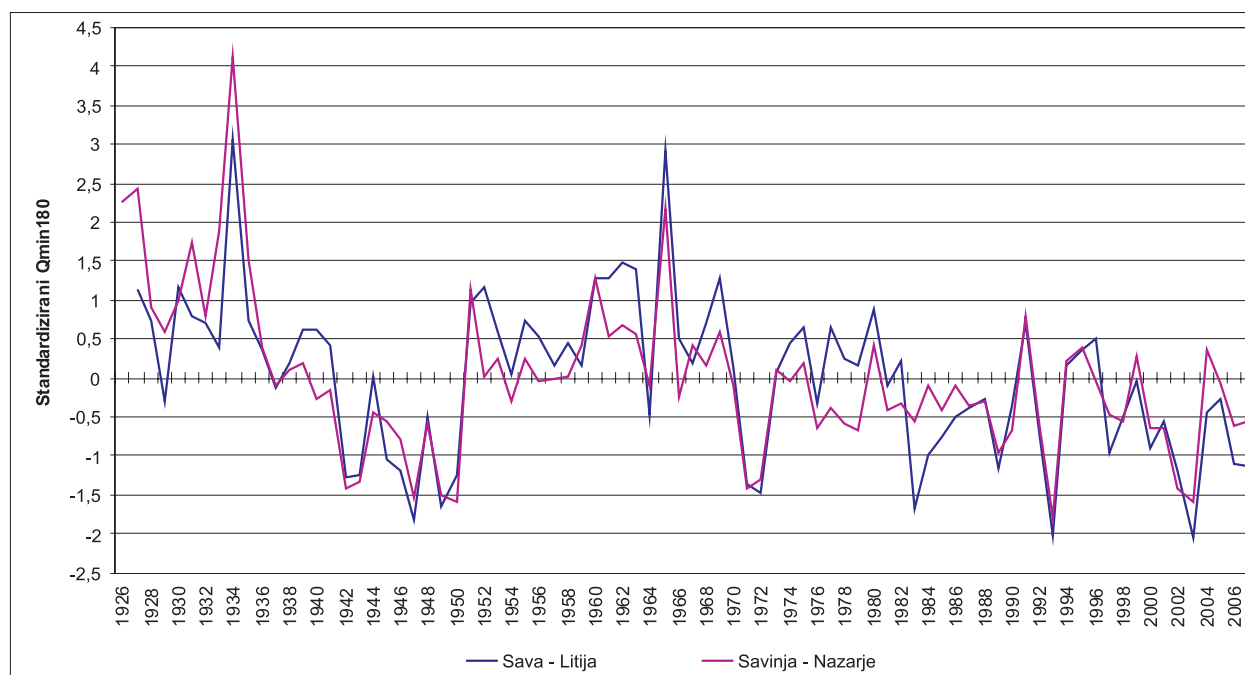
## Hidrološke suše in trendi

Poleg soočanja s hudourniški poplavi so za obdobje od leta 2000 naprej za slovenske vodotoke značilna dolga nizkovodna stanja, ki so posledica pomanjkanja padavin. Še zlasti to velja za leto 2003, ko so bili pretoki od februarja do septembra pod srednjimi malimi vrednostmi (Kobold in Sušnik, 2004). Dolgo sušno obdobje

smo beležili tudi v drugi polovici leta 2006, ki se je nadaljevalo v prvi polovici leta 2007. Čeprav letna količina padavin v Sloveniji značilno še ne upada, pa beležimo vse pogostejše suše. Prikaz vrednosti standardiziranega najmanjšega letnega pretoka je primerno orodje za analizo hidrološke suše (slika 12). Vrednost indeksa med 0 in -1 pomeni male pretoke, od -1 do -1,5 zmerno sušo, od -1,5 do -2 govorimo o hudi suši, indeks

pod -2 pa pomeni ekstremno sušo (Dakova, 2004). Po letu 1970 so bila večinoma suha leta, med njimi pa je bilo kar nekaj hudih suš (1971, 1972, 1983, 1993, obdobje od 2000 do 2003). Je pa suša regionalni pojav in nikoli ne zajame enakomerno cele Slovenije. Analiza malih pretokov

ob upoštevanju trajanja malih pretokov in deficiata odtoka uvršča med hidrološko najbolj suha leta glede na razpoložljiva obdobja podatkov leti 1947 in 1949 za večino vodomernih postaj, nato pa leti 2003 in 1993 (preglednica 1).



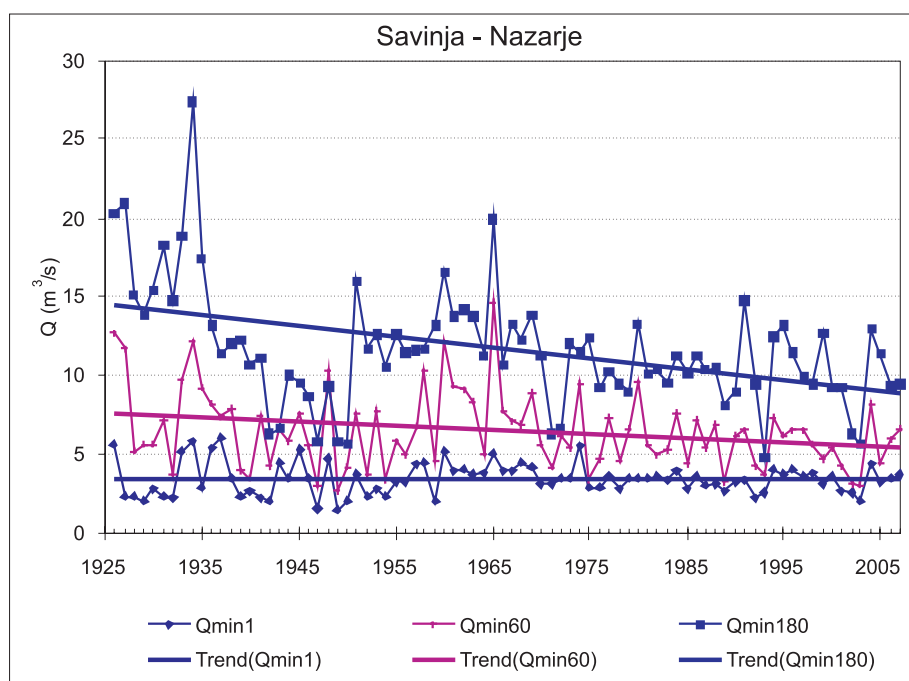
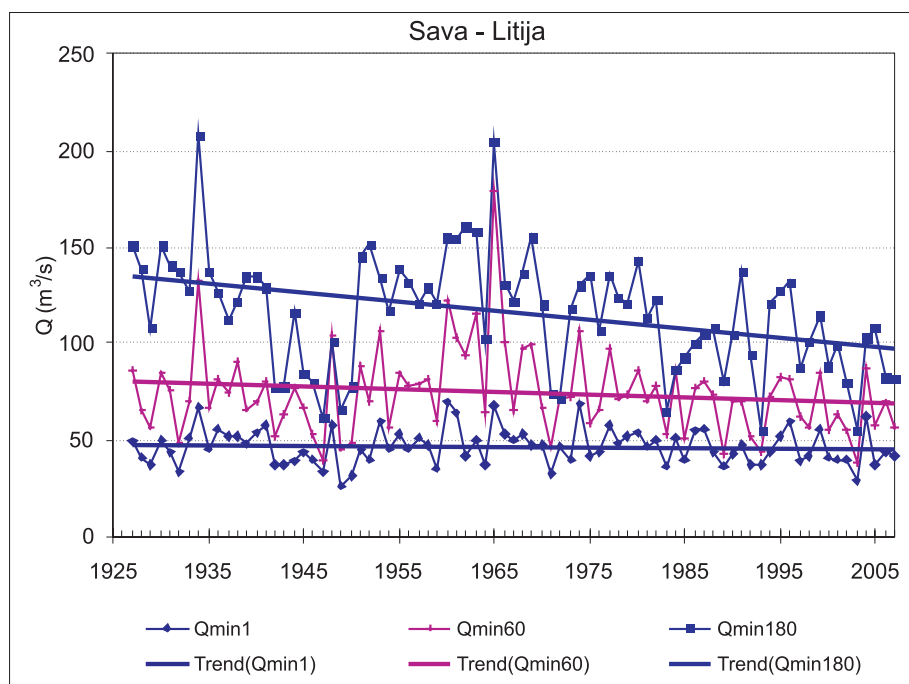
**Slika 12.** Časovna spremenljivost standardiziranega najmanjšega letnega 180-dnevnega pretoka za dve vodomerni postaji

Vodotok, vodomerna postaja	Najbolj suho leto	Neprekinjeno obdobje opazovanj
Mura, v. p. Gornja Radgona	1947	1946–2006
Ščavnica, v. p. Pristava	2003	1954–2006
Sava, v. p. Litija	2003	1927–2006
Sora, v. p. Suha	1947	1945–2006
Kamniška Bistrica, v. p. Kamnik	1993	1946–2006
Ljubljana, v. p. Moste	1947	1946–2006
Savinja, v. p. Nazarje	1949	1926–2006
Savinja, v. p. Laško	1949	1907–1939, 1946–2006
Krka, v. p. Podbočje	1946	1933–2006
Soča, v. p. Solkan	1947	1945–2006

**Preglednica 1.** Najbolj suho leto v obdobju opazovanj na posameznih vodomernih postajah ob upoštevanju trajanja nizkovodnega stanja in primanjkljaja odtoka

Značilnost največjih hidroloških suš so dolga neprekinjena obdobja z malimi pretoki, ki so ponekod trajala kar tretjino leta. Zlasti se to kaže za obdobje po letu 1970, za katerega so značilni dokaj pogosti mali pretoki. Čeprav za

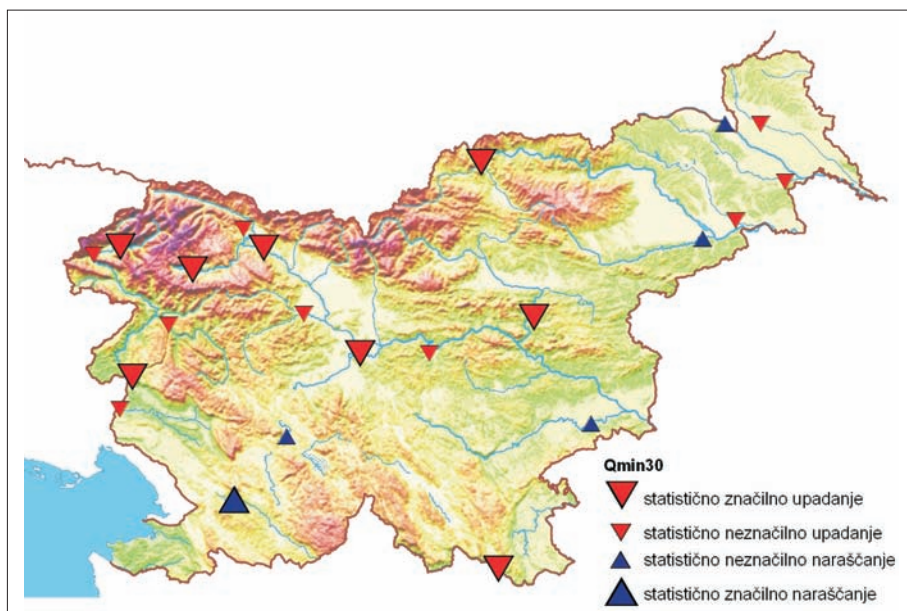
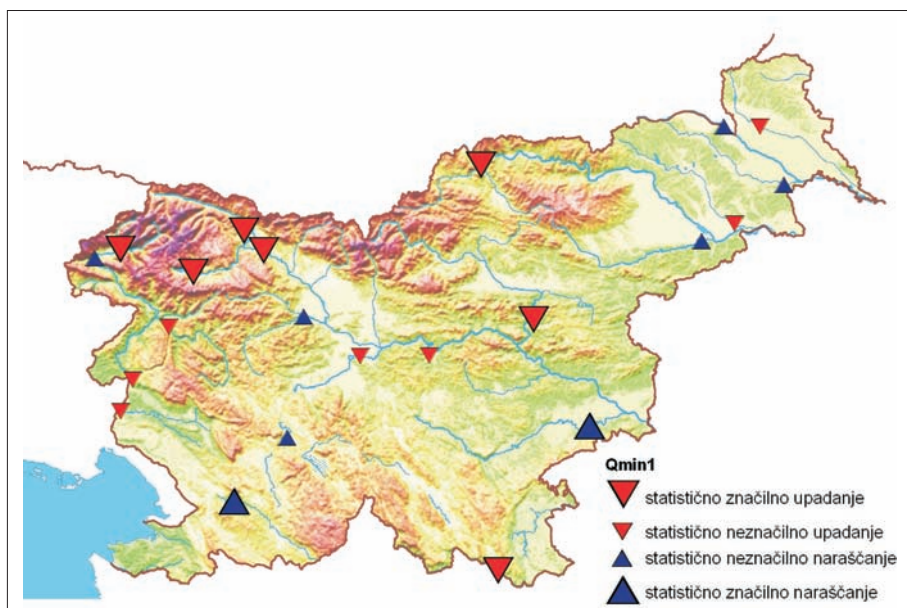
najmanjše letne srednje dnevne pretoke ( $Q_{min1}$ ) ni značilen upadajoči trend, pa je za najmanjše letne pretoke daljših trajanj (nad 30 dni) ta trend zelo izrazit (sliki 13 in 14).



**Slika 13.** Trendi najmanjših letnih srednjih dnevni pretokov ( $Q_{min1}$ ), najmanjših letnih 60-dnevni pretokov ( $Q_{min60}$ ) in najmanjših letnih 180-dnevni pretokov ( $Q_{min180}$ ) za dve vodomerni postaji

Mali pretoki kažejo statistično značilen trend upadanja na vodomernih postajah z gorskim zaledjem. Eden od razlogov je ta, da so zime v zadnjih tridesetih letih manj bogate s snegom, kar prispeva k manjšim spomladanskim pretokom in posledično daljšim sušnim obdobjem. Izrazito upadajoč trend je značilen tudi za srednje letne pretoke, kar kaže na to, da se letna količina vode zmanjšuje (Frantar in sod., 2008). Upadanje

pretokov je predvsem posledica upadanja letne količine padavin in porasta povprečne letne temperature zraka ter z njo povezanega večjega izhlapevanja vode. Povprečna letna temperatura zraka se je v Sloveniji v zadnjih 50 letih (od 1956 do 2005) statistično značilno povečala za  $1,4 \pm 0,6$  °C (Kajfež-Bogataj, 2006). Ob napovedanih podnebnih spremembah se bodo trendi manjšanja pretokov in dolžine hidrološke suše nadaljevali.



**Slika 14.** Trend najmanjših letnih srednjih dnevnih pretokov ( $Q_{min1}$ ) in trend najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov ( $Q_{min30}$ ). Trend je statistično značilen s stopnjo značilnosti nad 90 %.

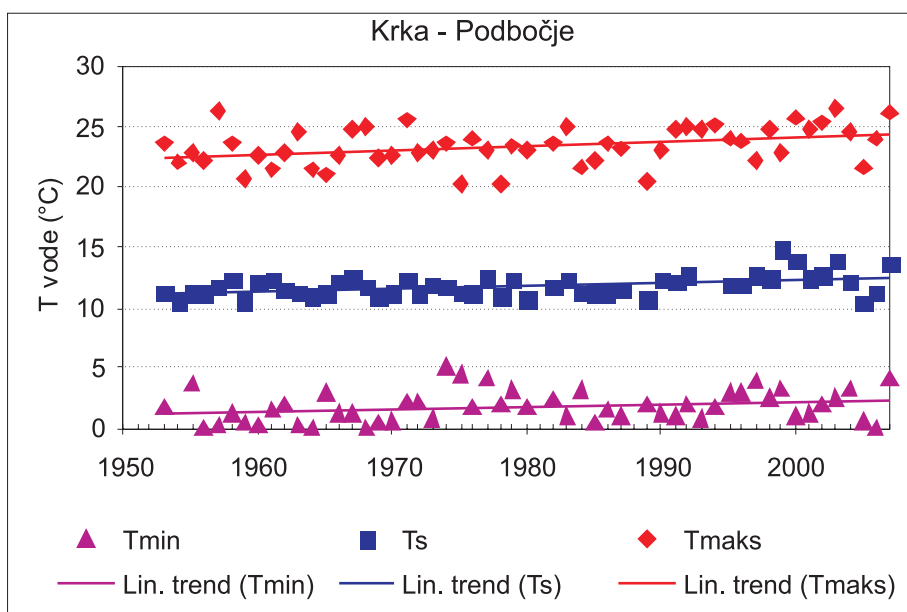
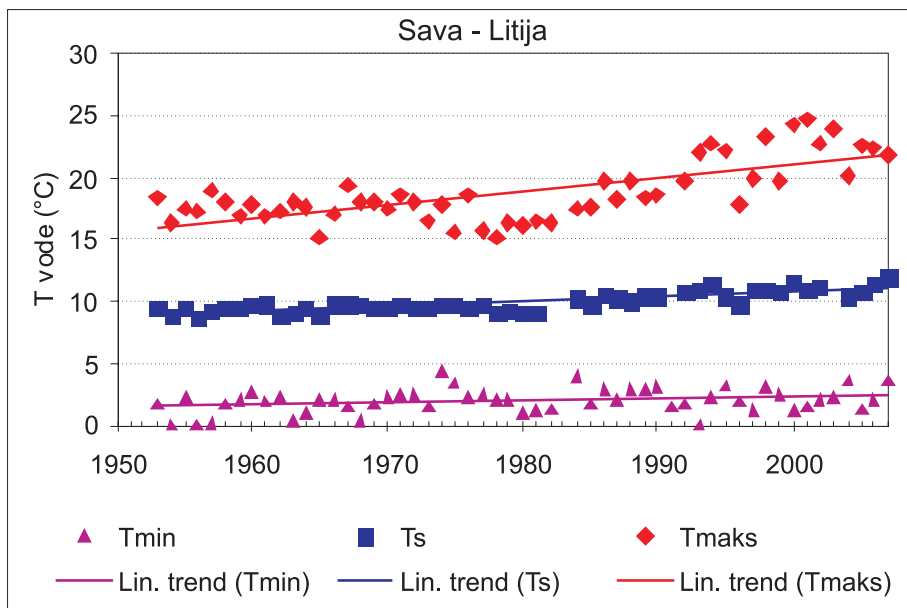


**Slika 15.** Presušitev na v.p. Gorenje Jezero na Strženu julija 2006 (foto: M. Kobold)

## Vpliv podnebnih sprememb na temperaturo vode

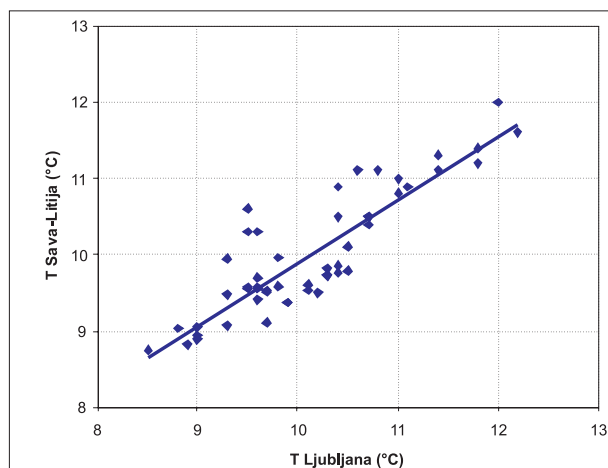
V okviru državnega hidrološkega monitoringa poleg osnovnih hidroloških parametrov, kot sta vodostaj in pretok, spremljamo še temperaturo vode. Tako kot pri pretokih so tudi tu zaznane spremembe. Temperatura vode je eden od osnovnih hidroloških parametrov, saj vpliva na življenje v vodi neposredno in posredno.

Neposredno vpliva na vrstno sestavo živih organizmov. Različni organizmi se namreč razlikujejo glede temperaturnega območja vode, znotraj katerega lahko preživijo in se razmnožujejo. Posredno temperatura vpliva na fizikalno-kemične procese v vodi, s tem pa tudi na kakovost življenjskih razmer. Sposobnost prevzemanja termičnih obremenitev je ob višjih temperaturah vode manjša.



**Slika 16.** Najvišje ( $T_{maks}$ ), srednje letne ( $T_s$ ) in najmanjše ( $T_{min}$ ) temperature vode v obdobju opazovanj (vrednosti ob sedmi uri zjutraj) na dveh vodomer-nih postajah

Na temperaturo vode močno vplivajo vremenski pogoji, najbolj temperatura zraka. Temperatura vode se opazno zviša predvsem v poletnih mesecih (Vodenik in sod., 2008). Statistična analiza trendov kaže, da na vodomer-  
nih postajah Podbočje na Krki in Solkan na Soči, ki imata razmeroma dolg niz podatkov o tempe-  
raturi vode (enkrat dnevna opazovanja ob sed-  
mi uri zjutraj), narašča trend najvišje in srednje  
letne temperature vode (slika 16). Primerjava  
dveh sušnih let 2003 in 1993 pokaže, da so bile  
temperature vode v poletnih mesecih leta 2003  
v povprečju za 3° do 5 °C višje kot v letu 1993 in  
v območju najvišjih obdobnih vrednosti. Najvišje  
temperature vode v letu 2003 so bile v glavnem  
zabeležene v avgustu. Na avtomatskih merilnih  
postajah so bile izmerjene naslednje najvišje  
vrednosti: Podbočje na Krki 28,3 °C, Moste na  
Ljubljani 25,8 °C, Veliko Širje na Savinji 27,2 °C,  
Solkan na Soči 21,9 °C, v Gornji Radgoni na Muri  
pa je bila najvišja temperatura vode izmerjena v  
juliju in je znašala 26,6 °C.



**Slika 17.** Odvisnost srednje letne temperature Save v Litiji od temperature zraka

Temperatura površinskih voda je v ve-  
liki meri odvisna od temperature zraka; med  
njima obstaja močna korelacija (slika 17). Glede  
na prevladujoč vpliv temperature zraka na tem-  
peraturo površinskih voda lahko v skladu z glo-  
balnimi trendi segrevanja zemeljskega ozračja  
pričakujemo trende segrevanja vodotokov, jezer  
in morja, kar potrjuje analiza značilnih tempe-  
ratur vode za daljše časovno obdobje.

## Zaključek

Kakor kažejo trendi meteoroloških in  
hidroloških spremenljivk, se spremembe podneb-

ja, ki vplivajo na vodno okolje, dogajajo. Analiza  
trendov spreminjanja pretokov rek potrjuje dom-  
nevo o splošnem zmanjševanju vodnih količin in  
kaže na pokrajinsko raznolikost Slovenije. Anali-  
za preteklega stanja je le pregled zabeleženih  
dogodkov, ki sami po sebi niso vedno dovolj  
zgovorni, njihova interpretacija pa lahko razkri-  
je marsikateri pokrajinski pojav. Spremembe v  
pokrajini potekajo različno hitro, na kar vplivajo  
razni dejavniki. Pri presoji spreminjanja količin  
vode v izbranem porečju moramo upoštevati  
podnebne spremembe, vpliv evapotranspiracije,  
poraščenost z gozdom, količine zalog podtalne  
vode, spreminjanje naravnih površin v kmetij-  
ska in urbana območja. Da se je povprečna letna  
temperatura zraka v Sloveniji povečala in da je  
proces zaraščanja močno opazen, predvsem v  
zahodni Sloveniji, sta dejstvi, ki nas opozorita na  
upoštevanje evapotranspiracije pri interpretaciji  
spreminjanja količine razpoložljive vode v na-  
ravi. Skrb za prihodnost se tako kljub upadanju  
srednjih letnih pretokov rek ne nanaša le na  
pomanjkanje vode, pač pa tudi na njeno kako-  
vost in sposobnost prevzemanja toplotnih obre-  
menitev zlasti v sušnih mesecih leta; to je poleg  
vodne bilance porečij in ogroženosti pred popla-  
vami bistvo hidrološkega raziskovanja in vre-  
dnotenja pokrajine. Vendar kljub pomislekom ob  
splošnem zmanjševanju vodnih zalog stanje ni  
zaskrbljujoče, saj je Slovenija bogata z vodnimi  
viri, ukrepi prilagoditev na spremembe pa mora-  
jo biti ustrezno prilagojeni hidrološkim lastno-  
stim porečja.

Tudi v prihodnje lahko pričakujemo daljša  
sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena  
obdobja intenzivnih padavin. Vpliv predvidenih  
podnebnih sprememb (tj. nadaljnja rast tempe-  
rature zraka in večja intenziteta padavin) se bo  
odražal v večji poplavni ogroženosti in delovanju  
erozijskih sil, nižanju srednjih in malih pretokov  
ter ravni podtalnice, težavah z vodooskrbo in  
manjši proizvodnji električne energije. Upadanje  
količine padavin v poletnih mesecih bo imelo za  
posledico več suš z negativnimi učinki zlasti v  
kmetijstvu, otežena bo tudi dostopnost vodnih  
virov. Pogostejše bodo kritične gladine morja in  
poplavljanje obale. Podobno kakor se svetovno  
segrevanje odraža v povečanju temperature zra-  
ka, je opazno tudi naraščanje temperature vode.  
Manjša bo sposobnost prevzemanja toplotnih  
obremenitev in večja nevarnost onesnaževanj.

Ne smemo prezreti dejstva, da na ek-  
stremne hidrološke pojave ne vplivajo le spre-  
menjene podnebne razmere, temveč tudi človek  
s svojim poseganjem v vodni režim in okolje, ki  
tako pospešuje dinamiko naravnih procesov in  
bistveno prispeva k slabšanju hidrološkega stan-  
ja, kar se odraža tako pri poplavih kot pri suši.  
Poplave lahko predvidimo in se nanje pripravi-

mo, ne moremo pa jih preprečiti. Storiti moramo vse, da se izognemo še hujšemu poplavljanju zaradi človekovih posegov in da zmanjšamo ogroženost ljudi in premoženja. Prebivalstvo se mora zavedati možnih in dejanskih nevarnosti ter sprejemati preventivne ukrepe.

## Literatura in viri

1. Cegnar, T., 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. Zbornik referatov, VGB, Maribor.
2. CRED, 2008. Disaster statistics. Occurrence: trends-century. International Strategy for Disaster Reduction, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. <http://www.unisdr.org/disaster-statistics/pdf/isdr-disaster-statistics-occurrence.pdf>
3. Dakova, S., 2004. Low flow and drought spatial analysis. Proceedings of BALWOIS conference, Ohrid, FY Republic of Macedonia, 11pp.
4. Frantar, P., Kobold, M., Ulaga, F., 2008. Trendi pretokov (v: Vodna bilanca Slovenije 1971–2000, ur. P. Frantar), MOP ARSO, Ljubljana, 50–61.
5. IPCC, 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P., Eds.) IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
6. Jurko, M. 2009. Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, UL.
7. Kajfež-Bogataj, L., 2006. Podnebne spremembe in nacionalna varnost. Ujma 20, Ljubljana, 170–176.
8. Kobold, M., 2007a. Vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek. Mišičev vodarski dan 2007. Zbornik referatov, VGB, Maribor, 101–108.
9. Kobold, M., 2007b. Vpliv napake ocene padavin na napako napovedi odtoka pri napovedovanju poplav. Doktorska disertacija, UL FGG, Ljubljana, 134 str.
10. Kobold, M., 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma 22, Ljubljana, 65–75.
11. Kobold, M., Sušnik, M., 2004. Analiza nizkovodnih razmer slovenskih vodotokov leta 2003. Ujma 17–18, Ljubljana, 120–126.
12. Kolbezen, M., 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5, Ljubljana, 16–18.
13. Polajnar, J., 1999. Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13, Ljubljana, 143–150.
14. Smith, K. and Ward, R., 1998. Floods. Physical Processes and Human Impacts. John Wiley & Sons, England.
15. Svensson, C., Kundzewicz, Z.W. and Maurer, T., 2004. Trends in flood and low flow series. GRDC Report 33, Koblenz.
16. Ulaga, F., 2002. Trendi spreminjanja pretokov slovenskih rek (v: Geografija in njene aplikativne možnosti, ur. M. Špes) Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, 2002, Ljubljana, 93–114.
17. Vodenik, B., Robič, M., Kobold, M., 2008. Vpliv podnebnih sprememb na temperaturo površinskih voda. Mišičev vodarski dan 2008. Zbornik referatov, VGB, Maribor, 32–41.
18. Zupančič, B., 1999. Analiza klimatskih sprememb. Interno poročilo, HMZ RS, Ljubljana.

*Pretočni režimi se odzivajo na spremembe okolja (foto: Tanja Cegnar).*



*Ali dovolj spoštujemo moč vode? (foto: Tanja Cegnar)*



# Pretočni režimi v Sloveniji

Peter Frantar

*Kateri so dejavniki, ki oblikujejo pretočni režim, in od česa so pretočni režimi pravzaprav odvisni? Raziskave v Sloveniji so pokazale spremembe pretočnih režimov v zadnjem obdobju, kar pomeni, da se podnebne spremembe vse bolj izrazito kažejo tudi pri vodovju. Višje povprečne temperature, spremenljiva količina padavin in krajše trajanje snežne odeje v sredogorju in v nižinah so posebej izstopajoče podnebne razlike, ki vplivajo na pretočni režim.*

Rečni pretočni režim opisuje povprečno sezonsko obnašanje pretoka reke (Krasovskaia, 2000, str. 1). Spreminja se v odvisnosti od količine vode, padavin, temperature tal in drugih klimatskih dejavnikov (Streamflow, 2003, str. 1). Dejavniki, ki oblikujejo pretočni režim, so številni in raznovrstni, med pomembnejše spadajo podnebje, relief, kamninska podlaga, prst, rastlinstvo in človek. Največji vpliv imajo fizičnogeografski dejavniki, najpomembnejši izmed njih pa je podnebje.

Pretočni režimi so odvisni predvsem od letne razporeditve padavin in temperatur ter od trajanja snežne odeje (Frantar et al., 2005). Spremembe v podnebnju se torej posledično odražajo na spremenjenem pretočnem režimu naših rek. Slednje pa vpliva tudi na biotop, torej na živalsko in rastlinsko življe.

- dinarski dežno-snežni režim,
- panonski dežno-snežni režim in
- sredozemski dežni režim.

## Sprememba padavinskega režima

Na količino vode močno vpliva količina padavin. Letni potek padavin direktno vpliva na letni potek pretočnih režimov (Frantar et al., 2008). Sezonski trendi količine padavin kažejo na statistično značilno rast količine padavin jeseni po vsej Sloveniji, kar se odraža tudi na jesenskih viških slovenskih voda. V ostalih treh letnih časih je zaznan pretežno upadajoč trend količine padavin. Skupno se to pokaže v večjih nihanjih povprečnih pretokov in v spremembah pretočnega režima.

## Raziskave pretočnih režimov pri nas

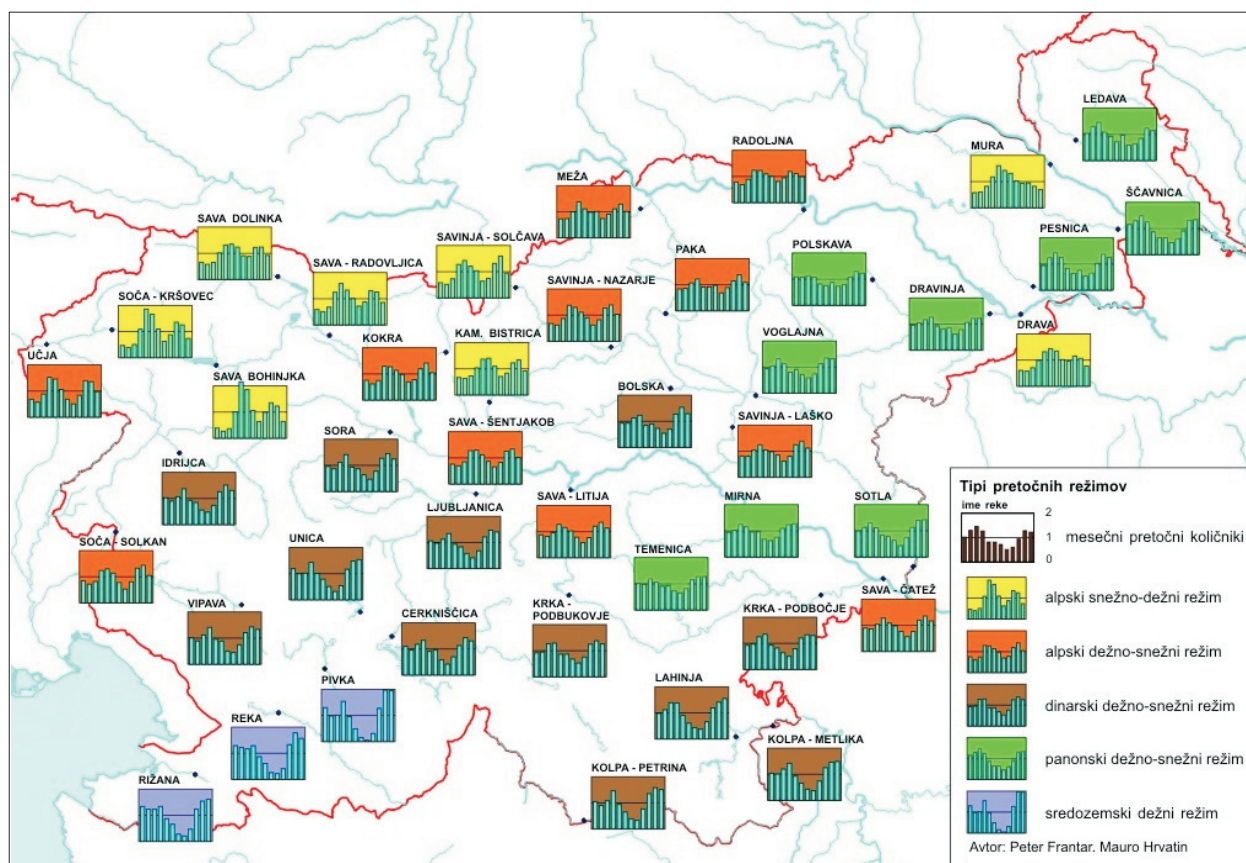
V Sloveniji je bilo opravljenih že kar precej raziskav pretočnih režimov. Zadnja vseh slovenska, ki je zajemala obdobje 1971–2000 (Frantar et al., 2005), je pokazala spremembe pretočnih režimov v primerjavi z raziskavami, ki so zajele prejšnja obdobja. Če primerjamo rezultate v obdobjih (1961–1990) (Hrvatina, 1998) in 1971–2000 (Frantar et al., 2005) ugotovimo, da so se spremembe zgodile kljub zgolj desetletnemu zamiku. Glavne spremembe so opazne zlasti po letu 1980.

V zadnji raziskavi (Frantar et al., 2005) (slika 1) smo ugotovili v zadnjem obdobju pet tipov pretočnih režimov; poimenovali smo jih glede na pokrajinsko enoto, za katero so značilni, ter glede na vodni vir, s katerim se reke napajajo. Vsak tip ima svoje sezonske posebnosti, s katerimi se razlikuje od drugih režimov. V Sloveniji ločimo naslednje pretočne režime:

- alpski snežno-dežni režim,
- alpski dežno-snežni režim,

## Krajše trajanje snežne odeje

Primerjava pretočnih režimov med letoma 1971 in 2000 z režimi v preteklih obdobjih kaže številne razlike. Predvsem se je marsikje močno zmanjšal vpliv snega, kar se odraža v neizrazitem zimskem snežnem zadržku in v skromnem spomladanskem višku, ki je v veliki meri odvisen od taljenja snežne odeje. Dolinar in Ovsenik – Jeglič (2000) ugotavljata, da se je v zadnjih dveh desetletjih 20. stoletja močno skrajšalo trajanje snežne odeje na visokih dinarskih planotah ter v alpskih hribovskih in kotlinah. Na Trnovskem gozdu in Snežniku se je na primer snežna doba skrajšala za več kot 30 dni. Le na najvišjih gorskih območjih Slovenije se trajanje snežne odeje ni bistveno spremenilo. Zato sneg ostaja najpomembnejši dejavnik pretočnega režima zgolj na peščici rečnih odsekov ob vznožju alpskega visokogorja. Celo Mura in Drava, ki so ju vsi dosedanja raziskovalci prištevali med reke z enostavnim, snežnim režimom, sta se pri novi klasifikaciji uvrstili med reke z mešanim, snežno-dežnim režimom.



Slika 1. Tipi pretočnih režimov v Sloveniji med letoma 1971 in 2000 (vir: Frantar et al., 2005)



Slika 2. Visoka voda na reki Soči pri Logu Čezsoškem (foto: Peter Frantar)

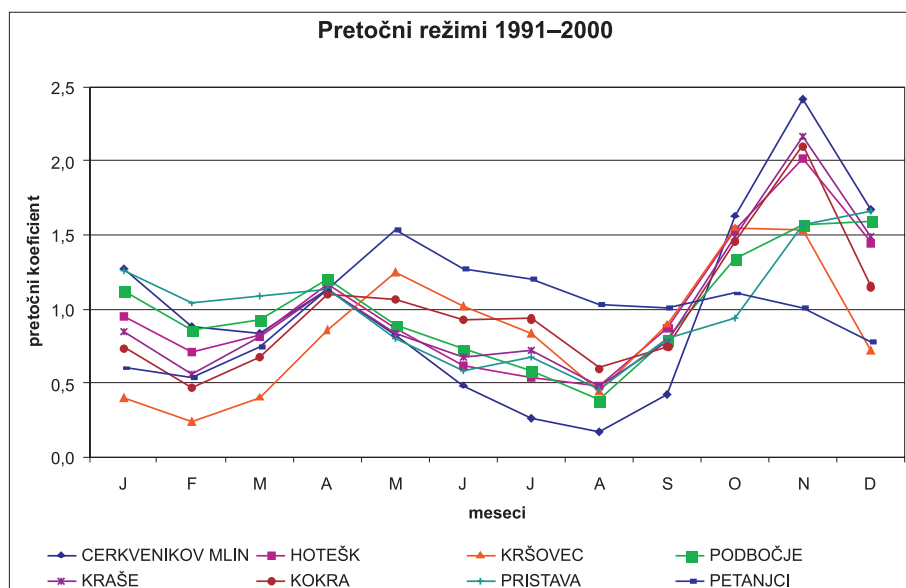
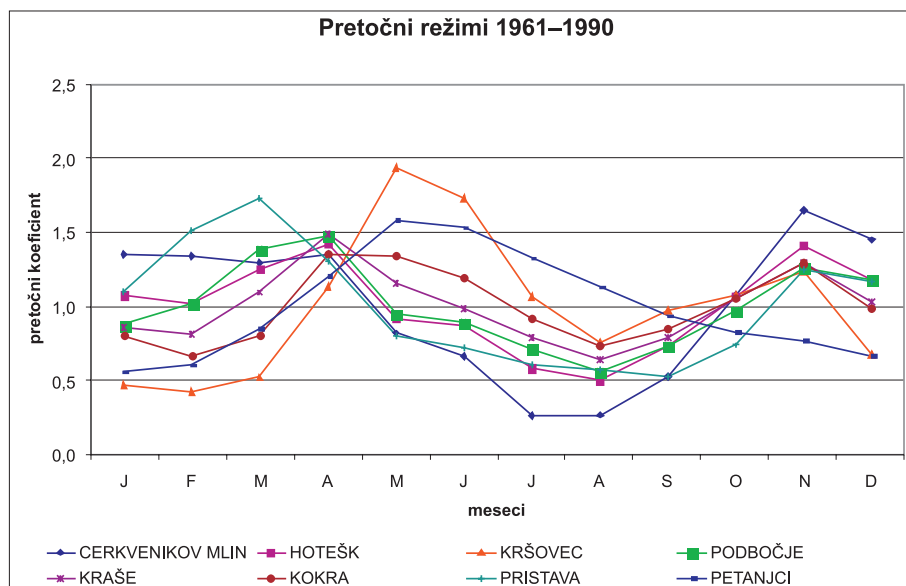
## Vpliv naraščanja temperatur

Globalno naraščanje temperatur zraka (Ogrin, 2004) pospešuje predvsem poletno izhlapevanje vode (iz rastlin, zemlje ter vodnih površin), zaradi česar vseskozi narašča delež rek, ki imajo sredi poletja glavni pretočni nižek. Za temperaturne razmere zraka v obdobju 1971–2000 je najbolj značilno, da so v povprečju skozi celotno obdobje temperature naraščale po vsej državi, k porastu temperature pa najbolj prispeva dvig povprečne temperature ravno poleti (Frantar et al., 2008). Porast temperatur nedvomno spada med najpomembnejše vplive na upadanje povprečnih letnih pretokov slovenskih rek (Bat in Uhan, 2004) ter na spremembe pretočnih režimov. Najvišji porast temperatur

poleti posledično zmanjšuje količino vode v slovenskih rekah.

## Pretočni režimi v obdobjih 1961–1990 in 1971–2000

Zaradi zviševanja temperatur zraka, sprememb v sezonski razporeditvi padavin, zmanjšane vloge zimskega snežnega zadržka in povečane vloge poletnega izhlapevanja se razlike med posameznimi pretočnimi režimi postopoma zmanjšujejo. Pretočna kolebanja slovenskih rek so si vse bolj podobna, posledica tega je tudi manjše število tipov pretočnih režimov pri najnovejši členitvi. Spremembe med obdobjema 1961–1990 (Hrvatina, 1998) in 1971–2000 (Frantar et al. 2005) so povzete v preglednici 1.



**Slika 3.** Grafa prikazujeta pretočne režime na značilnih vodomernih postajah po 7 tipih pretočnih režimov na osnovi Hrvatineve študije obdobja 1961–90 (Hrvatina, 1998) v dveh obdobjih: 1961–90 in 1991–2000. V zadnjem obdobju se zelo poveča jesenski višek, medsebojno bolj podobni pa so si tudi režimi, kar je potrdila tudi zadnja vse-slovenska študija (Frantar et al., 2005).

Pretočni režimi 1961–1990	Pretočni režimi 1971–2000
alpski snežni režim	alpski snežno-dežni režim
alpski visokogorski snežno-dežni režim	
alpski sredogorski snežno-dežni režim	alpski dežno-snežni režim
alpski dežno-snežni režim	
dinarsko-alpski dežno-snežni režim	dinarski dežno-snežni režim
dinarski dežno-snežni režim	
panonski dežno-snežni režim	panonski dežno-snežni režim
sredozemski dežni režim	sredozemski dežni režim

**Preglednica 1.** Primerjava tipov pretočnih režimov v obdobjih 1961–1990 in 1971–2000

Raziskave pretočnih režimov na Savi, Savinji ter po posameznih vodomernih postajah (Frantar, 2003; Frantar, 2004; Frantar, 2005) so pokazale, da se je največja sprememba pri

pretočnih režimih v Sloveniji začela po letu 1991. Preglednica 1 je predstavljena tako, da te spremembe lahko kar najbolj nazorno prikaže.



**Slika 4.** Suha struga reke Idrije poleti nakazuje, da ima reka sredozemski pretočni režim (foto: Peter Frantar).

## Sklep

Primerjava pretočnih režimov med leti 1961 in 1990 ter 1971 in 2000 je pokazala, da se vplivi podnebnih sprememb vse bolj izrazito kažejo tudi pri vodovju. Posebej izstopajo naslednje podnebne razlike, ki vplivajo na pretočni režim:

- *višje povprečne temperature zraka:* višja temperatura zraka pomeni večje izhlapevanje, ki se poveča zlasti v rasti dobi rastlin. Količina vode v rekah se zato še dodatno zmanjšuje;

večji delež padavinske vode namreč porabijo (zadržijo) rastline, posledično pa se zmanjša delež odtoka vode. Izrazitejše povečevanje poletnih temperatur še izdatneje vpliva na že tako nizke količine voda v strugah;

- *spremenljiva količina padavin:* sezonske spremembe v padavinskem režimu vplivajo zlasti na povečanje jesenskega odtoka, hkrati pa negativni trendi količine padavin zmanjšujejo pretoke v ostalih treh letnih časih. Povečujejo se razlike med najnižjimi in najvišjimi pretočnimi količinami;

- *krajše trajanje snežne odeje v sredogorju in v nižinah* pomeni skromnejši snežni zadržek, posledično pa manjši vpliv snega in pomladanskega taljenja na količine vode v rekah. Taljenje snega sicer še vedno pomembno prispeva h količini vode v strugi, vseeno pa se njegov delež zmanjšuje. Povečuje se vpliv dežnih padavin in s tem direktnjši in hitrejši odtok padavin.

S študijami ugotavljamo, da so razlike med posameznimi pretočnimi režimi manj izrazite kot v preteklosti, zato je tudi število tipov pretočnih režimov manjše. Pestrost sezonskih pretočnih nihanj v Sloveniji se zmanjšuje. Zmanjševanje vpliva neposredno na rečni in obrečni prostor, pomeni pa tudi zmanjševanje pestrosti vodnega in obvodnega ekosistema. Širijo se manj specializirane živalske in rastlinske vrste na račun endemičnih, posebnih lokalnih vrst.

## Viri in literatura

1. Bat, M., Uhan, J., 2004: *Vode*. Narava Slovenije. Ljubljana.
2. Dolinar, M., Ovsenik - Jeglič, T., 2000: *Snow cover duration variability in Slovenia*. Poster at 26th International Conference on Alpine Meteorology. Innsbruck.
3. Frantar, P., 2003: *Pretočni režimi na reki Savi in njihove spremembe med obdobjem 1961–1990 in 1991–2000*. 14. Mišičev vodarski dan. Maribor.
4. Frantar, P., Uhan, J., 2003: *Trendi pretokov voda v Triglavskem narodnem parku*. Triglavski narodni park? Ljubljana.
5. Frantar, P., 2004: *Hidrogeografija Šaleške in Zgornjesavinjske doline*. Elaborat, Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
6. Frantar, P., 2005: *Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spremenljivost*. Ujma 19. Ljubljana.
7. Frantar, P., Hrvatin, M., 2005: *Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000*. Geografski vestnik 77-2. Ljubljana.
8. Frantar, P., Dolinar, M., Hrvatin, M., 2008: *Vpliv podnebne spremenljivosti na pretočne in padavinske režime Slovenije*. Mišičev vodarski dan 2008. Maribor.
9. Hrvatin, M., 1998: *Pretočni režimi v Sloveniji*. Geografski zbornik 38. Ljubljana.
10. Ilešič, S., 1948: *Rečni režimi v Jugoslaviji*. Geografski vestnik 19 (1947). Ljubljana.
11. Ogrin, D., 2004: *Vreme in podnebje*. Narava Slovenije. Ljubljana.
12. Krasovskaia, I., 2000: *River Flow Regimes*. Medmrežje: [http://www.geofysikk.uio.no/ENGELSK/HYDRO/GF246/RF\\_Regimes.pdf](http://www.geofysikk.uio.no/ENGELSK/HYDRO/GF246/RF_Regimes.pdf) (2/7/2003).
13. *Streamflow: Hydrologic resource monitoring parameters*. Medmrežje: [www.aqd.nps.gov/grd/geology/monitoring/surface\\_water\\_quality.pdf](http://www.aqd.nps.gov/grd/geology/monitoring/surface_water_quality.pdf) (10/7/2003).

*Varujmo naravo in si zagotovimo prihodnost (foto: Marko Clemenz).*



# Pojav ledu na Bohinjskem jezeru

Peter Frantar

*Spreminjanje vremena in podnebja se odraža tudi na jezerih. Analiza podatkov z vodomerne postaje Agencije RS za okolje kaže na upadanje števila dni z ledom na Bohinjskem jezeru, kar je v skladu z znanstvenimi spoznanji o podnebnih spremembah (višanje temperatur, ogrevanje). V zadnjih petindvajsetih letih se je Bohinjsko jezero znatno ogrelo in glede na sedanje trende je v naprej pričakovano še nadaljnje zmanjševanje števila dni z ledom.*

Spreminjanje vremena in podnebja se odraža tudi na jezerih, ki blažijo oz. gladijo vremenska nihanja. Jezero beleži glavne podnebne poteze (Frantar, 2002) in je zato primerno tudi za analizo o klimatski spremenljivosti v njegovi okolici.

Bohinjsko jezero je največje naravno stalno jezero v Sloveniji. Jezersko kotanjo, v kateri danes leži jezero, je izdolbel Bohinjski ledenik. Nahaja se na nadmorski višini 525 m, njegova površina je 318 ha, največja globina pa 45 m (Firbas, 2001, str. 84). Znano je, da so jezera močno povezana z atmosferskimi pojavi, ki se odražajo v fizikalnih in kemičnih parametrih jezerske vode. Tako se vreme »zgladi« in odrazi v jezerskih temperaturah in pojavljanju ledu na jezeru.

Po podatkih različnih organizacij naraščanje koncentracij toplogrednih plinov povzroča »umetno« povečan efekt tople grede in posledično segrevanje ozračja. Preko temperatur zraka, padavin itn. pa se vse to odraža tudi na jezerih (Lohmann, 2003). Po raziskavah klimatskih sprememb in vplivih le-teh na ledenike, led in jezera se je segrevanje izrazito povečalo po letu 1980 oz. 1990 (Trivedi, 2002; Danielson, 2002; Nadbath, 1999; Gabrovec, 1998; Houghton J.T. et al, 2001; etc). Pri nas je za visokogorje Julijskih Alp značilen trend rasti povprečnih temperatur zraka in upadanja števila dni pod 0 °C, ki so potrebni za tvorjenje in ohranjanje ledu – v primeru Triglavskega ledenika (Nadbath, 1999).

## Pojav ledu

Da je led (gledano širše) res pokazatelj podnebnih sprememb, nas opozarjajo različni strokovni sestavki, ki med drugim izpostavljajo tudi manjšanje Triglavskega ledenika in ostalih ledenikov po Evropi in Svetu (Gabrovec,

1998; Nadbath, 1999; Lohmann, 2003; etc). Zmanjševanje »količine ledu« kaže na podnebne spremembe. Ker je količina ledu na jezeru v tesni povezavi s trajanjem pojava ledu, je tudi trajanje pojava ledu na Bohinjskem jezeru posreden pokazatelj podnebnih sprememb.

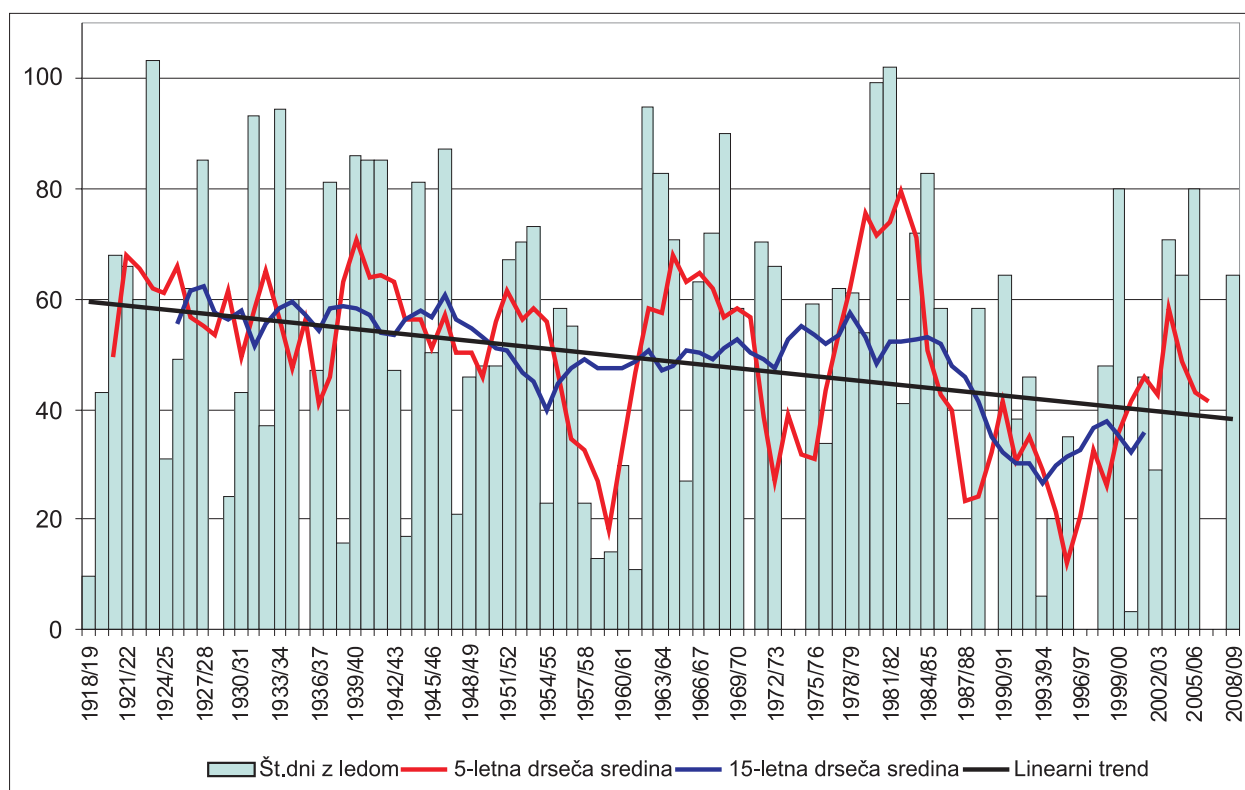
## Analiza

Pri analizi smo uporabili podatke o stanju gladine in temperature zgornjega sloja vode Bohinjskega jezera z vodomerne postaje Agencije RS za okolje, ki leži pri cerkvi Sv. Duha na južni obali in deluje neprekinjeno vse od leta 1919 (manjka zgolj leto 1929) (slika 1). Podatki so pridobljeni z enkrat dnevnim opazovanjem stanja jezerske vode.

Rezultati kažejo, da je bilo v 90 analiziranih zimah skupaj 4382 dni s pojavom ledu na jezeru. Če za zimo štejemo četrtno leta, 91 dni, skupaj v 90 letih nanese 8190 zimskih dni, kar pomeni, da je bil v tem obdobju povprečno več kot pol zime na jezeru led. Povprečno število dni z ledom na jezeru med leti 1919 in 2009 je bilo 48,7 dni na leto. Spremenljivost podatkov je zelo velika, saj je standardni odklon kar 30 dni. Porazdelitev pa je asimetrična v levo, kar pomeni, da so v celotnem opazovanem nizu »hude« zime redkejšje kot »milde«. Glede na celotno opazovano obdobje bi lahko ob predpostavki o klimatski »nespremenljivosti« trdili, da je zgolj 12 % možnosti, da se led pozimi sploh ne bo pojavil na jezeru. Pa vendar se je potrebno zavedati podnebne spremenljivosti, katere posledica je vedno manj ledu na jezeru v zadnjem času. Slika 2 nam pokaže, da se je število let brez ledu po letu 1970 začelo večati, zlasti pa po letu 1980. Po letu 1970 je kar 10 od 11 zim brez ledu, po letu 1980 pa 7 od 11 v vseh 90 analiziranih zimah.



**Slika 1.** Vodomerna postaja na Bohinjskem jezeru, ki deluje že vse od leta 1919 (foto: Peter Frantar).



**Slika 2.** Število dni z ledom pozimi, linearni trend letnih podatkov ter 5 in 15-letna drseča sredina

Trend kaže na upadanje števila dni z ledom na Bohinjskem jezeru, kar je v skladu z znanstvenimi spoznanji o podnebnih spremembah (višanje temperatur, ogrevanje) in tudi z drugimi ugotovitvami sprememb na Bohinjskem jezeru (Frantar, 2004; Frantar et al., 2005). Pearsonov koeficient korelacije med številom dni s pojavom ledu in časovno vrsto je negativen ( $-0,212$ ) in je statistično značilen (95,5 %).

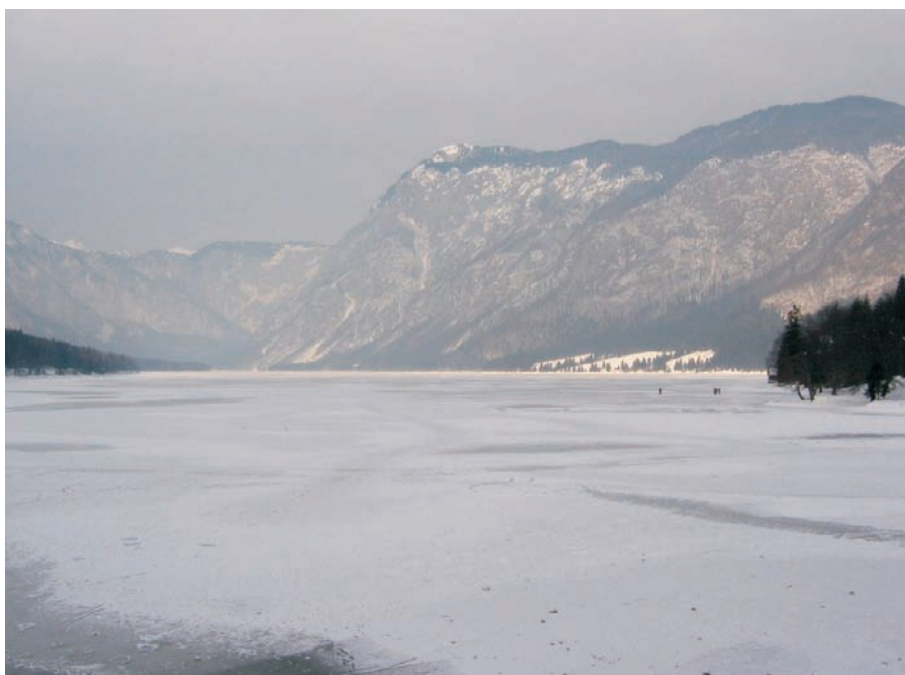
Glede na predstavljeno linearno upadanje (ob enakem segrevanju ozračja) lahko pričakujemo, da bo najkasneje čez 150 let pojav ledu le še izredni pojav. Trend drsečih sredin pa izdaja, da skladno z globalnimi in regionalnimi podnebnimi raziskavami trend »upadanja« pojava ledu narašča zlasti v zadnjih dvajsetih letih (slika 2).

Povprečni čas ledu na sezono po različnih obdobjih v dneh kaže preglednica 1. Primerjava povprečnih vrednosti števila dni z ledom po tridesetletnih obdobjih, referenčnih po standardih Svetovne meteorološke organizacije, med obdobji 1931–60 in 1961–90 ne pokaže bistvenih sprememb. Upad pojava ledu je minimalen. Sprememba je 2 dni manj ledu, kar lahko pripišemo naravni spremenljivosti podnebja. Tudi obdobje 1919–30 nima večjega odstopanja. Tridesetletno obdobje 1971–2000 pa že pokaže precej večje odstopanje od prejšnjih dveh. Leta brez ledu na koncu 20. stoletja so prispevala k bistveno nižji povprečni vrednosti, ki je skoraj 10 dni in gre na račun devetdesetih let. V obdobju 1991–2000 je bilo ledenih dni v povprečju le 33,7 na leto, kar je skoraj 20 dni manj od dolgoletnega povprečja 1961–90. V obdobju po letu 2001 je sicer bilo v povprečju spet nekaj več dni s pojavom ledu, a vseeno precej manj kot v referenčnem obdobju 1961–90.

Obdobje	Dnevi
1918/19–1929/30	54,6
1931–1960	52,3
1961–1990	50,6
1971–2000	41,9
1991–2000	33,7
2001–2009	39,7

**Preglednica 1.** Povprečni čas ledu na sezono po različnih obdobjih v dneh

Na trend segrevanja podnebja in s tem na manjšanje pojava ledu kažejo tudi značilne trendne linije (slika 2). 5-letna drseča sredina kaže še precejšnje valovanje. Med leti 1921 in 1955 je nihanje manjše. Vrednosti 5-letnih drsečih sredin so med 40 in 70 dnevi ledu na jezeru v letu. Nihanje je dokaj enakomerno, s tremi valovi, po letu 1955 pa je nihanje večje. Variacija vrednosti 5-letnih drsečih sredin se poveča. Izdvojimo lahko tri obdobja z manj ledu: konec petdesetih let, začetek sedemdesetih let ter obdobje po koncu osemdesetih let do začetka novega tisočletja. Obdobje z manj ledu po osemdesetih letih glede na petletno drsečo sredino še traja; zadnje »z ledom bogatejše« obdobje je bilo manj izrazito od prejšnjih viškov. 15-letna drseča sredina je že zelo zglačena linija, ki pa še vedno kaže glavna nihanja. Zelo dobro se opazi padajoči trend, ki ga potrjuje že sam linearni trend v istem grafu. Pokaže pa nam še na opazno zmanjšanje pojava ledu po letu 1985, kar potrjuje tudi 5-letna drseča sredina.



**Slika 3.** Zaledenelo Bohinjsko jezero z nekaj sprehajalci na ledu, januarja 2006 (foto: Peter Frantar)

## Sklep

Bohinjsko jezero in njegove značilnosti skozi obravnavano obdobje preko temperaturnih indikatorjev klimatskih sprememb jasno potrjujejo skladnost z znanstvenimi spoznanjih o nakazanih podnebnih spremembah. Daljše in blažje cikle »naravnih« klimatskih segrevanj in ohlajanj vidimo iz analiz podatkov (drsečih sredin) pred letom 1980, kasneje pa analiza pojava ledu pokaže na dejstvo, da se je v zadnjih petindvajsetih letih Bohinjsko jezero znatno ogrelo. Glede na sedanje trende lahko pričakujemo v naprej še nadaljnje zmanjševanje števila dni z ledom in s tem tudi manj možnosti za drsanje na Bohinjskem jezeru.

## Literatura

1. Baza hidroloških podatkov, SSOHP, 2009. Agencija RS za okolje. Ljubljana.
2. Frantar, P., 2002. Velika jezera. Geografski obzornik, ZGDS, Letnik 49, št.4., str. 15–22.
3. Frantar, P., 2004. Analiza temperaturnega režima in pojava ledu na Bohinjskem jezeru. Ujma, št. 17–18, str. 71–77. Ljubljana.
4. Frantar, P., Uhan, J., 2005: »Ledeno« opozorilo Bohinjskega jezera – Posledica podnebnih sprememb? Delo znanost 17. 03. 2005
5. Gabrovec, M., 1998. Triglavski ledenik med letoma 1986 in 1998. Geografski zbornik, Založba ZRC, letnik 37, str 89–110.
6. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A.. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, Cambridge University Press. Medmrežje: [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/) (21/2/2003)
7. Lohmann, U., 2003. PHYC/OCEA 2800.03 *Climate Change*. Medmrežje: <http://www.mscs.dal.ca/~lohmann/clch/course.html> (20/2/2003)
8. Remec Rekar, Š., 2002. *Monitoring kakovosti jezer v letu 2000*. Ljubljana, Agencija RS za okolje.
9. Remec Rekar, Š., 2003. *Poročilo o kakovosti jezer v letu 2001*. Ljubljana, Agencija RS za okolje.
10. Nadbath, M., 1999. Triglavski ledenik in spremembe podnebja. Ujma, Uprava RS za zaščito in reševanje, Letnik 13, str. 24–29.
11. Trivedi, B.P., 2002. Antarctica Gives Mixed Signals on Warming. National geographic, 2002 – 1, medmrežje: [http://news.nationalgeographic.com/news/2002/01/0125\\_020125\\_antarcticclimate.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2002/01/0125_020125_antarcticclimate.html) (21/2/2003)



*Kakšna je povezava med višino morja in podnebnimi spremembami?  
(foto: Tanja Cegnar)*

*Se bo morje pogosteje prelivalo prek obale? (foto: Tanja Cegnar)*



# Višine morja in podnebne spremembe

## Prilagoditve monitoringa višin morja predvidenemu razvoju podnebnih sprememb in lokalni trendi dolgoletnega niza podatkov

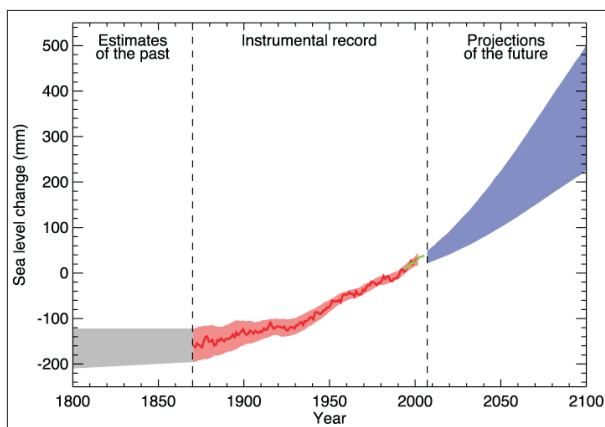
Igor Strojan, Mojca Robič

*Obravnavamo povezavo med višinami morja in globalnimi podnebnimi spremembami. Narejena je ocena ogroženosti ter opisan monitoring višin morja skupaj z opisom prilagoditev merilne postaje Koper za namen spremljanja podnebnih sprememb. Izračunani so trendi in nekatere druge analize podatkov meritev višin morja na dolgoletnem nizu 1960–2008. V sklepu je predlagano delo za v prihodnje.*

### Višine morja in podnebne spremembe

Plimovanje morja je pojav, sestavljen iz:

- gravitacijskega plimovanja, ki je odvisen predvsem od položaja nebesnih teles Sonca in Lune (astronomsko plimovanje);
- sprememb plimovanja, ki jih povzročajo vremenske spremembe zračnega tlaka in vetra ob prehodih ciklonskih območij;
- sprememb plimovanja zaradi z vetrom vzbujenih lastnih nihanj morja, ki so poleg vetra pogojena z reliefom obale in dna;
- drugih redkejših vplivov, kot so potresi in ob tem pojavi tsunamijev.



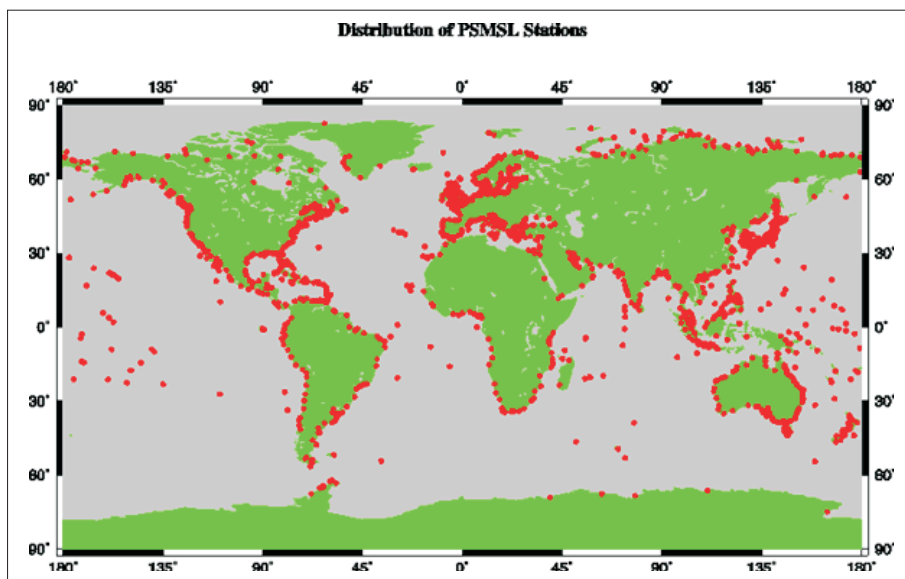
**Slika 1.** Dolgoročnejše spremembe globalnih višin morja zaradi globalnega segrevanja z napovedjo do konca tega stoletja (vir: IPPC 2007)

Temperatura zraka vpliva na višino morja neposredno zaradi sprememb volumna ali posredno s taljenjem ledenih gmot v morju ter z razpadanjem večjih ledenih gmot na kopnem.

Dolgoročnejše spremembe višin morja povezujemo predvsem s spremembami srednje višine morja zaradi predvidenega globalnega segrevanja ter s povečanjem števila prehodov ciklonskih območij in intenzitete vremenskih vplivov ob njihovih prehodih.

Pri proučevanju sprememb in napovedi sprememb višine gladin morja so poglavitni trije časovni mejniki: obdobje pred pričetkom meritev višin morja, obdobje meritev in prihodnje obdobje, za katerega želimo napovedati spremembe višin gladine morja. V prvem primeru spremembe višin morja najbolj uspešno osvetljujejo geologi, ki z analizami zemeljskih struktur določajo višine morja v različnih obdobjih. Tako je globalno segala globina morja pred okoli 20000 leti 120 metrov nižje kot danes. Spremembe višin morja, ki so jim pogojevali tudi tektonski pomiki, so se ustalile nekaj tisočletij nazaj na višinah, ki se le malo razlikujejo od današnjih (vir: <http://www.globalwarmingart.com/wiki>).

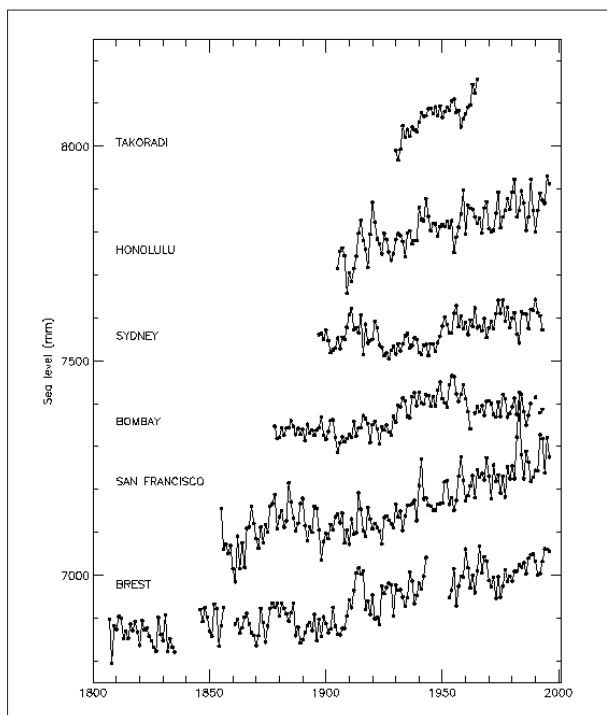
Obdobje načrtnih meritev višin morja se večinoma prične v 19. stoletju z meritvami na najbolj izpostavljenih lokacijah. Danes se meritve morja opravljajo neprekinjeno s časovnimi intervali, ki ustrezajo različnim najpogostejšim uporabam podatkov, kot so: določevanje geodetskih izhodišč, varnost plovbe, napovedovanje poplavnih višin, napovedovanje in zaznavanje tsunamijev, spremljanje podnebnih sprememb. Med njimi so kriteriji meritev višin morja, ki so namenjene spremljanju podnebnih sprememb, med bolj zahtevnimi (slika 2).



**Slika 2.** Lokacije merilnih postaj po svetu (vir: PSMSL)

Za to obdobje so izračunani lokalni, regionalni in globalni trendi. Lokalni trendi se lahko med seboj dokaj razlikujejo (slika 3).

Med seboj se razlikujejo tudi trendi satelitskih meritev in meritev na obalnih postajah. Trendi izračunani iz meritev satelitske altimetrije, ki so najpogostejše nad oceani, so 50 % večji kot trendi izračunani na podlagi podatkov obalnih merilnih postaj. V Sredozemlju je doseđani trend zviševanja morja nekaj večji od 1 mm/leto. Doseđani globalen trend višin morja je 1,8 mm/leto.



**Slika 3.** Trendi zvišanja višin morja na bolj znanih merilnih postajah po svetu (vir: PSMSL)

Pri napovedovanju sprememb višin morja v tem stoletju je najbolj znana napoved iz četrtega poročila IPPC (leto 2007), kjer je predvideno globalno zvišanje gladin morja do konca leta 2100 glede na 2000 za 18 do 59 cm. V primeru, da se bo zaradi zvišanj temperature povečal tok ledenih gmot iz Grenlandije in Antarktike, kot je predvideno, bi se gladine morja lahko zvišale od 48 do 79 cm. Trend zviševanja gladin bi se torej večal. Ob tem so objavljene prve napovedi, ki upoštevajo pomike merilnih instrumentov, izmerjene z natančnimi GPS meritvami na merilnih postajah. Napovedane višine so v tem primeru 27 % nižje (Wopelman). Prostorske porazdelitve zvišanj bi bile neenakomerne in jih je težko predvideti. Ponekod bi se gladine morja lahko celo znižale.

### Sodoben monitoring višin morja za spremljanje podnebnih sprememb v Sloveniji

Današnje merilne metode največkrat delimo na daljinske (satelitska altimetrija) in obalne (merilne postaje na obali). Merilni instrumenti so se razvijali od vodomernih letov, merilcev na plovec in neprekinjenih zapisov na papir do tlačnih, akustičnih in radarskih merilnih instrumentov s prenosom podatkov preko podatkovnih shranjevalcev na merilni postaji in avtomatskih prenosov podatkov s kratkim časovnim zamikom. Za spremljanje podnebnih sprememb so merilne postaje v zadnjem desetletju dodatno opremljene z referenčnimi GPS meritvami, kar omogoča natančno spremljanje položaja merilnega instrumenta. Prenos podatkov v centre spremljanja, arhiviranja in

analiziranja podatkov se je razvijal od posredovanja občasnih meritev preko digitaliziranja neprekinjenih zapisov na neskočni papir, shranjevanja in prenašanja podatkov z uporabo podatkovnega registratorja do avtomatskega prenosa podatkov na različne načine (telefonske zveze, sateliti). Arhiviranje podatkov se je iz zapisov na papir prenašalo v digitalno obliko skladno z razvojem računalnikov in programskih orodij, dostop do podatkov pa od dopisov do dostopa posameznih arhivskih podatkov na spletnih naslovih. Skupaj z opisanimi deli monitoringa so se razvijale metode kontrol in obdelav podatkov.

Merilno mesto na mareografski postaji v Kopru in Luki Koper skupaj z nizom urnih podatkov deluje od leta 1958 dalje. Monitoring višin morja smo pričeli prilagajati podnebnim spremembam po letu 1996, ko smo se vključili v EU projekt COST 40 Višine morja v Evropi. Leta 2006 posodobljena mareografska postaja v Kopru Agencije za okolje Republike Slovenije v sklopu projekta šestega okvira raziskav EU Razvoj infrastrukture Evropske službe za višine morja je med najbolj sodobnimi v svetu. Izdelana je po mednarodnih priporočilih strokovnih združb, ki vključujejo tudi vsa osnovna načela za spremljanje podnebne spremenljivosti v okviru programa Svetovnega podnebnega opazovalnega sistema (Global Climate Observing System – GCOS); ta načela zagotavljajo kakovostno spremljanje podnebnih razmer (vir: <http://www.arso.gov.si>). Ena od značilnosti merilne postaje je možnost ločevanja pomikov merilnih instrumentov od sprememb višin morja. Na ta način postanejo meritve sprememb višin morja tako natančne, da lahko govorimo o zaznavanju sprememb na letni milimetrski skali, kar naj bi zadostovalo tudi za zgodnje odkrivanje posledic večjih in hitrejših podnebnih sprememb.

Podatkovne nize podatkov, ki jih potrebujemo za dodatne analize o vetru in zračnem pritisku, spremljamo na mareografski postaji v Kopru in na oceanografski boji Vida. Skupaj z lastnikom oceanografske boje Vida, Nacionalnim inštitutom za biologijo Morska biološka postaja Piran, smo na oceanografski boji uvedli meritve valovanja in morskega toka. Delovanje boje sofinancira Agencija Republike Slovenije za okolje. Na boji potekajo poleg drugih parametrov meritve morskega toka in temperature po vsej globini. Prenos polurnih podatkov poteka v realnem času. Podatki so dostopni na portalih MBP in ARSO. Dodatni podatki meritev z lokacij izven slovenskega prostora, ki vplivajo na plimovanje morja ob slovenski obali, so dostopni preko meteorološke GTS mreže ter preko povezav s sorodnimi čezmejnimi institucijami.

## **Tehnične prilagoditve in značilnosti mareografske postaje Koper za učinkovitejše spremljanje posledic podnebnih sprememb**

Specifične tehnične prilagoditve merilnega mesta v Kopru, ki zagotavljajo veliko kakovost spremljanja podnebnih sprememb, so:

- monoliten objekt;
- objekt temeljen na trdno podlago;
- merilni instrumenti so neposredno povezani z referenčno GPS postajo, nosilni element GPS antene je toplotno izolirana karbonska cev z izredno majhnimi temperaturnimi raztezki (slika 4);
- v t. i. kontaktni točki merilne postaje se združujejo nivelmanske, GPS in gravitacijske geodetske meritve, ki točko povezujejo s sosednjimi kontrolnimi reperji in mednarodnimi geodetskimi mrežami (slika 5);
- poleg klasičnega merilnega instrumenta s plovcem, ki je bil na lokaciji v uporabi od leta 1958 dalje, so na lokaciji uporabljeni najsodobnejši instrumenti za merjenje višin morja (enostavnejši radarski merilnik izven merilnega bazena v objektu, natančen radarski merilnik v objektu) ter merilniki pripadajočih fizikalnih veličin. Vse meritve so enotne in natančne na 1 cm.



*Bo morje pogosteje poplavljal?*



**Slika 4.** Nosilec GPS antene je zaradi neposredne povezave z merilnimi instrumenti višin morja izdelan iz karbonske cevi in izolacijsko zaščiten (levo). Preverjanje temperaturnih raztezkov karbonskega nosilca v laboratoriju (desno).



**Slika 5.** GPS mreža mareografske postaje Koper (izvajalec del FGG)

## Ocena ogroženosti slovenske obale ob realizaciji globalnih sprememb višin morja

Podlaga za oceno ogroženosti so predvideni scenariji sprememb višin morja in danosti obalnega okolja. Podnebne spremembe so globalen pojav, pri katerem so ogroženosti lokalnih področij različne. Pri dolgoročnem napovedovanju sprememb gladine morja ob slovenski obali se do sedaj opiramo na trend dolgoletnega niza podatkov 1960–2008 z mareografske postaje v Kopru, na trend sprememb v Sredozemlju ter predviden globalni porast, iz katerega sklepamo, da je lokalno možen hitrejši porast višin morja, kot ga izkazuje dosedANJI trend. Slovenska obalna mesta so postavljena tesno ob obalo in tik nad morsk gladino, kar kaže na to, da so bila tveganja sprememb obstoječih naravnih danosti, kot je plimovanje morja, pri urbanizaciji delno upoštevana.

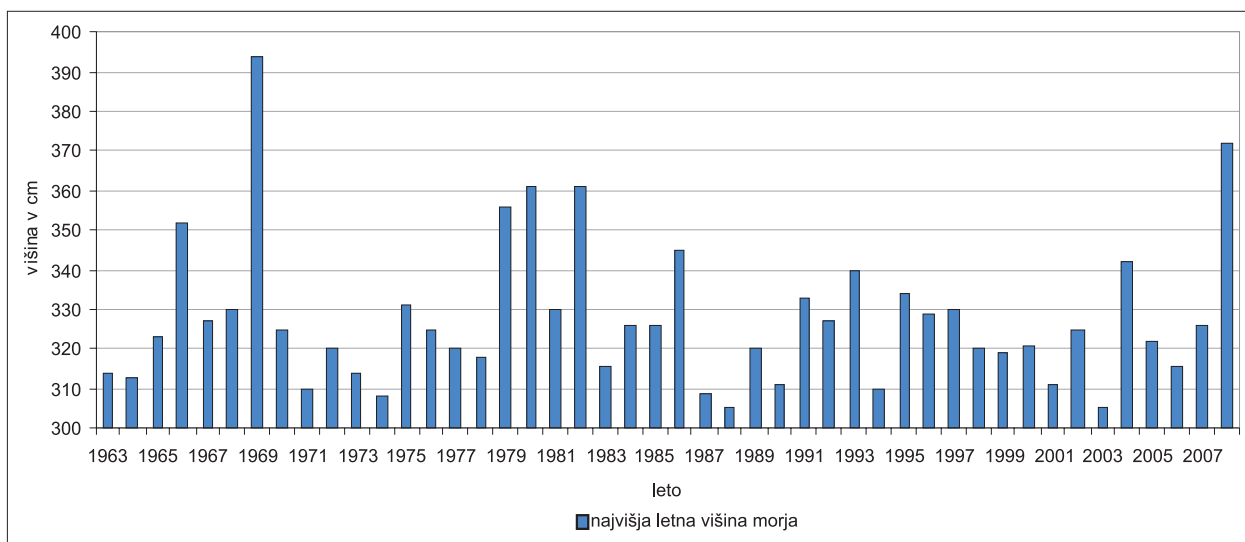
Obalna področja tako sodijo med bolj ogrožene zaradi načina urbanizacije obale in svoje lege v skrajnem severovzhodnem delu

Jadrana, kjer so poplavljanja morja nižje ležečih predelov obale že sedaj pogosta. Ogrožena pa ni samo urbana obala, temveč tudi naravna okolja.

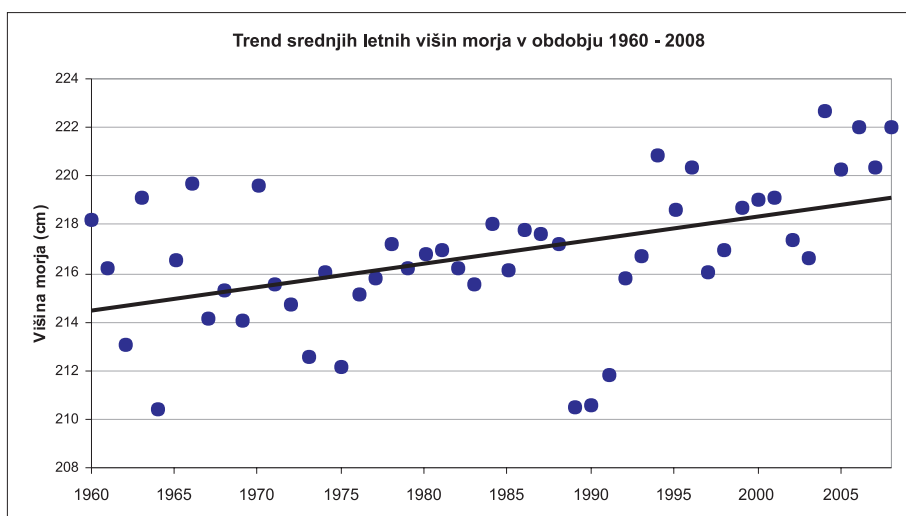
Predvideni posledici podnebnih sprememb sta dodatno spremenjen režim plimovanja zaradi spremembe v režimih vremenskih razmer in zvišanje srednje višine morja zaradi spremembe volumna morja (vpliv temperaturnega raztezanja morja in taljenja ledu) ob povišanju globalne temperature. Uresničitev scenarijev globalnih povišanj srednje gladine morja bi prinesla veliko pogostejša manjša poplavljanja in večje posledice ob izjemnih plimovanjih. Manjša poplavljanja, pri katerih so sedaj poplavljeni deli starejših pomolov, deli cest, parkirišč, pešpoti ipd. in ki se včasih kažejo kot zanimiv pojav, bi se ob zvišanju gladine zaradi globalnega segrevanja (slika 8) pokazala kot vsakokratna poplavljanja pritličnih prostorov stavb, prometnejših delov cest, povečala bi probleme s kanalizacijskim omrežjem ipd. Pogostost teh poplavljanj, ki je sedaj v povprečju osemkrat na leto (slika 9), ne bi bila več sprejemljiva in bi zahtevala prilaganja širšega obalnega okolja.



**Slika 6.** Poplavljanje morja v Piranu 1. decembra 2008



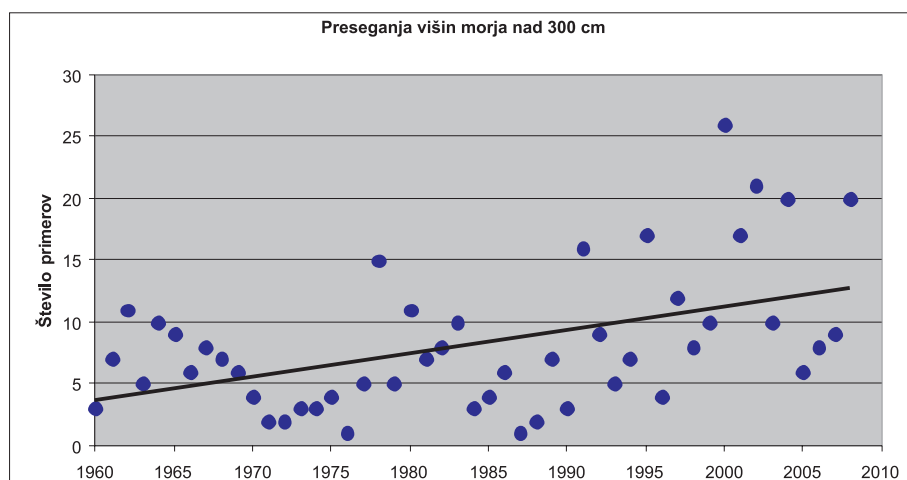
**Slika 7.** Vse najvišje letne višine morja v dolgoletnem obdobju presegajo višino morja 300 cm na mareografski postaji Koper. V celotnem dolgoletnem obdobju ni bilo izostanka poplavljanj obale.



**Slika 8.** Trend porasta srednjih letnih višin morja v obdobju 1960–2008

Zaradi predvidenih scenarijev podnebnih sprememb je tako največja pozornost namenjena spremljanju sprememb srednje gladine morja ter pogostosti in ekstremnosti poplavnih višin morja. To nalogo lažje opravljamo po pre-

novi mareografske postaje v Kopru leta 2005, pri kateri je bil eden od ciljev prenove postavitve sodobnega monitoringa višin morja za spremljanje podnebnih sprememb.

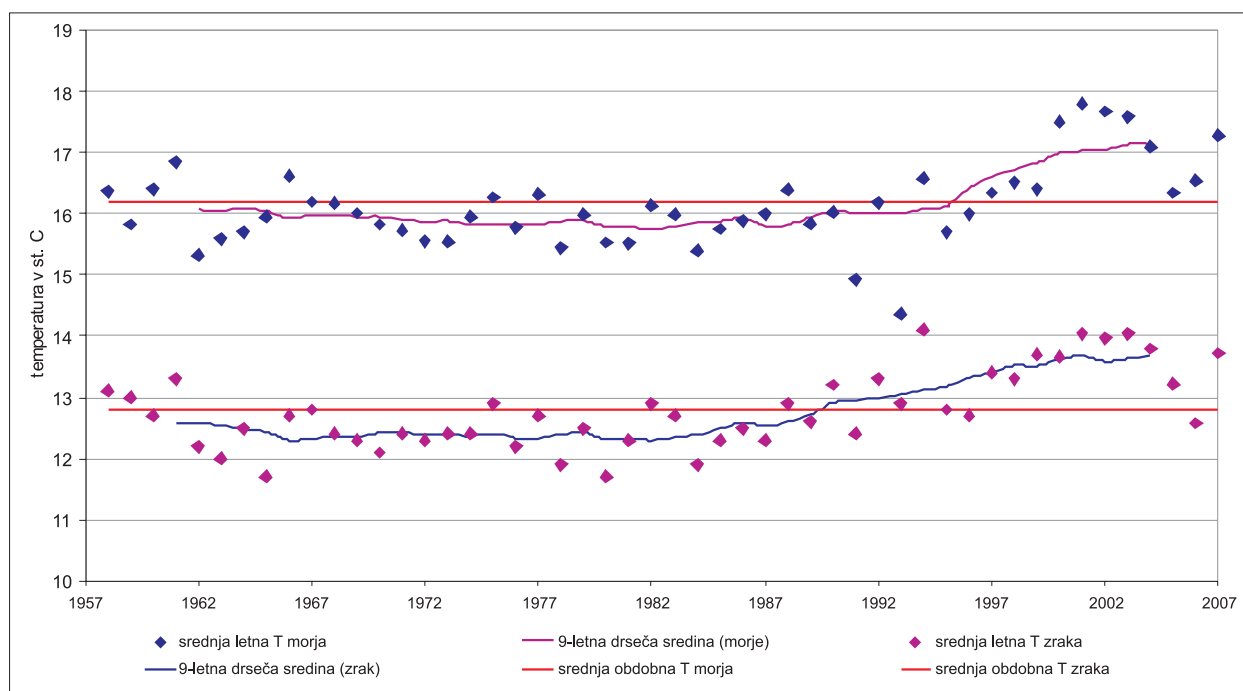


**Slika 9.** Povečanje pogostosti preseganja višin morja nad 300 cm v posameznih letih na mareografski postaji Koper. Ob tej višini morje poplavi nižje ležeče predele obale.

## Temperature morja in zraka

Zaradi majhnosti in plitvosti Tržaškega zaliva je povezava med povprečno temperaturo morja in zraka na letni ravni zelo očitna. Za temperaturo zraka v obmorskih krajih je pomembno, da se morje spomladi počasi segreva in jeseni

počasi ohlaja. Morje doseže ekstremne temperature (v povprečju) dva meseca za ustreznima solsticijema in je v povprečju toplejše od zraka za okoli 3 °C. Povprečna temperatura morja v 50-letnem obdobju je 16,2 °C, zraka pa 12,8 °C. Trenda sta pozitivna in kažeta na močnejši porast predvsem po letu 1990.



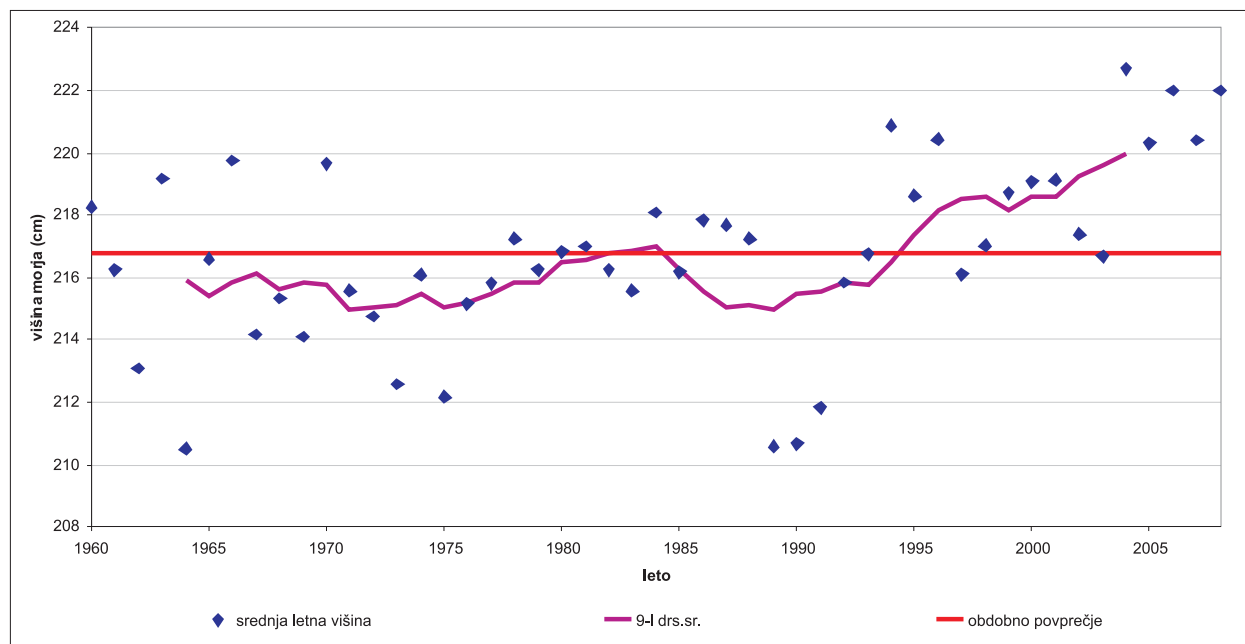
**Slika 10.** Srednje letne temperature zraka v Portorožu in morja v Kopru

## Srednje letne višine morja

Večletno spremljanje višin morja na mareografski postaji Koper kaže, da trend srednjih letnih višin morja narašča. Raztros podatkov je velik; najnižja letna višina morja, 210,5 cm, je bila izračunana leta 1964, najvišja, 222,7 cm, pa leta 2004.

Višine morske gladine nad 350 cm, ki že resno poplavlajo slovensko obalo, so bile prvič

zabeležene novembra 1966; znova pa v novembru leta 1969, ko je bila izmerjena najvišja višina morja v opazovalnem obdobju, in sicer 394 cm. Ta poplava je skupaj z neurjem in visokimi valovi povzročila veliko gmotno škodo. Ob koncu decembra 1979 je morje doseglo 356 cm. Višino 361 cm je doseglo dvakrat, 25. oktobra 1980 in v začetku decembra 1982.



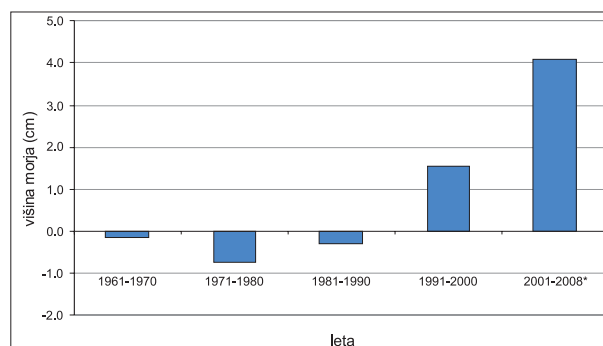
**Slika 11.** Srednje letne višine morja z izračunanim 9-letnim drsečim povprečjem in srednjo obdobjno vrednostjo

## Odstopanja po obdobjih

Visoke plime so v opazovalnem obdobju nastopale od 2 do 26-krat letno. Daleč najpogostejše so višine poplavnih gladin morja do 320 cm, medtem ko je povprečna višina vseh poplavnih gladin morja 309 cm.

Prikaz odstopanja od srednje obdobjne vrednosti po desetletjih nam pokaže močno odstopanje zadnjega (še ne dopolnjenega) obdobja. Navzgor odstopa tudi obdobje 1991–2000; ostala obdobja odstopajo navzdol, vendar odstopanja niso tako velika. Največje odstopanje navzdol izkazuje prvi dve obdobji, vendar v prvem desetletju posamezna leta tudi močno presegajo srednjo obdobjno vrednost. Leta 1970–1979 najbolj odstopajo navzdol, z izjemo leta 1970, ki je močno nadpovprečno.

Povprečje srednjih letnih višin morja prvih tridesetih let opazovanj (obdobje 1961–90 je hkrati tudi priporočeno primerjalno obdobje WMO) je 215,5 cm, prvih štiridesetih 216,1 cm in celotnega obdobja že 216,8 cm.



**Slika 12.** Odstopanje srednjih višin morja od srednje obdobjne višine po desetletjih (Op.: zadnje desetletje ni polno)

Najugodnejši meteorološki pogoji za zviševanje vodne gladine najpogosteje nastopajo jeseni in zgodaj pozimi. V tem času preide naše kraje največ ciklonov in vremenskih motenj. Več kot 60 % vseh visokih plim se pojavi v jesenskem času, najpogosteje novembra, sledijo oktober, december in september. Najredkeje se izjemno visoke plime pojavijo poleti.

## Sklepne misli

Izjemna plimovanja so že sedaj resna grožnja obalnemu okolju. Poplavna ogroženost slovenske obale pa postaja vse večja tudi zaradi predvidenih posledic podnebnih sprememb, ki se bodo izražale v pogostosti in ekstremnosti poplavljanj obale. Takim razmeram smo se prilagodili s prenovo monitoringa višin morja in merilno postajo v Kopru. Narejene so osnovne analize podatkov višin morja, ki kažejo na trend zviševanja višin morja; ta trend sovпада s trendom v Sredozemlju. V naslednjih letih bo za analizo podatkov višin morja dovolj dolg tudi niz GPS podatkov. V nadaljevanju nas torej čakata dve glavni nalogi:

- analiza podatkovnih nizov vključno s podatki GPS in meteorološkimi veličinami;
- dolgoročna lokalna prognoza.

Rezultat prve naloge bo z upoštevanjem niza GPS podatkov niz t.i. absolutnih višin morja. Možni tektonski pomiki na širšem območju, zemeljski pomiki, kot je posedanje merilne postaje in drugi pomiki merilnih instrumentov bodo s tako analizo podatkov izloženi. Dodatne analize podatkov je potrebno izdelati na podlagi residualnih višin morja, ki so posledica meteoroloških vplivov. Pri izvedbi druge naloge bodo na podlagi izdelanih nizov absolutnih višin morja mareografske postaje Koper uporabljene metode za dolgoročno prognozo, ki je sedaj ocenjena na podlagi dosedanjega trenda. S takim pristopom bi prispevali k boljši oceni posledic podnebnih sprememb v prihodnosti.



*foto: Tanja Cegnar*



*Poznavanje okolja je nujno za učinkovito prilagajanje  
(foto: Marko Clemenz).*

*Naši predniki so živel v sožitju z naravnim okoljem, znamo tudi mi?*  
(foto: Marko Clemenž)



# Podnebne storitve

Tanja Cegnar

*Podnebje prištevamo med pomembne naravne vire. Informacije o podnebnih razmerah so ključen prispevek k njihovemu trajnostnemu izkoriščanju. Uporabnikom prilagojene podnebne informacije, ki upoštevajo posebnosti posameznih gospodarskih dejavnosti, so lahko bistven prispevek tako k varnosti kot tudi h gospodarnejšemu poslovanju. Svetovna meteorološka organizacija si že vrsto let prizadeva, da bi njene države članice lahko ponudile več kakovostnejših informacij, namenjenih in prilagojenih posameznim gospodarskim dejavnostim. Septembra 2009 je mednarodna skupnost sprejela zavezo, da v ta namen ustanovijo Svetovni okvir za podnebne storitve.*

Podnebje postaja vse bolj cenjen naravni vir, saj odločilno vpliva na proizvodnjo hrane, vodne vire, počutje in zdravje, na proizvodnjo in porabo energije, promet in industrijsko dejavnost. Mednarodnim naporom, da bi omejili naraščanje vsebnosti toplogrednih plinov v ozračju, so se v zadnjem času pridružila razmišljanja in iskanja načinov, kako naj se prilagodimo že opaženim in prihajajočim spremembam podnebja na način, da bi nam le-te povzročile čim manj škode.

## Programi in cilji Svetovne meteorološke organizacije

Vreme in podnebje ne poznata političnih in ekonomskih meja. Svetovna meteorološka organizacija (SMO) je vzor uspešnega in učinkovitega mednarodnega sodelovanja, ki veliko prispeva k blagostanju človeštva, saj programe SMO zasnujejo članice in prek njih dosegajo svoje trajnostne razvojne cilje. V bodoče bodo največji izzivi SMO proces globalizacije, tržno usmerjeno gospodarstvo, rast prebivalstva in degradacija okolja. Potrebni bodo boljši vremenski in podnebni podatki ter napovedi. Javnost bo terjala kvalitetnejše storitve, ki bodo prispevale k izboljšanju varnosti prometa po kopnem, morju in zraku, nudile potrebne strokovne osnove kmetovalcem in upravljalcem vodnih zalog ter pomagale zaustaviti širjenje puščav. Posebej aktivna bo SMO pri razvijanju metod zgodnjega odkrivanja in napovedovanja naravnih nesreč ter pri ukrepanju za ublažitev njihovih posledic. Podpirala bo interdisciplinarne programe raziskav in se vključevala v pripravo ukrepov. Članicam bo pomagala pri izobraževanju, pripravi ustrezne zakonodaje, soočanjem s komercializacijo in pripravi kakovostnejših informacij za javnost. Prizadevala si bo za neoviran pretok in medna-

rodno izmenjavo meteoroloških ter hidroloških podatkov in izdelkov. Pomen in vloga SMO se bosta krepili, saj le tesno mednarodno sodelovanje zagotavlja uspešno soočanje z izzivi, ki jih prinaša 21. stoletje.

Stoletja se je človeštvo dokaj dobro prilagajalo vplivom vremena in podnebja z gradnjo stavb, pridelavo hrane in oskrbo z energijo ter življenjskim slogom v skladu s podnebjem in okoljem. V zadnjih desetletjih so porast prebivalstva, povečana poraba energije in industrijski razvoj prispevali k povečani obremenitvi in s tem poslabšanju življenjskega okolja. Številne države po svetu si prizadevajo doseči razvojne cilje na področju zdravja, hrane, vode in blaženja revščine. Med ta prizadevanja spada tudi učinkovito preprečevanje in blaženje naravnih ujm, med katerimi je kar 90 % neposredno povezanih z vremenom, podnebjem in vodo, torej s področji v pristojnosti SMO.

Tudi za SMO so zanimivi nekateri izzivi, ki so jih leta 2000 zastavili Združeni narodi kot Milenijske razvojne cilje. Med tistimi, ki naj bi jih dosegli do leta 2015, so:

- zmanjšati na polovico delež prebivalstva, ki živi z manj kot dolarjem dnevno ali trpi lakoto;
- zmanjšati na polovico delež človeštva brez zadostne količine pitne vode;
- za izboljšanje varnosti se je potrebno soočiti z ranljivostjo in tveganjem, kar vključuje tudi preventivo, zmanjševanje posledic, pripravljenost, odzivnost in odpravljanje posledic;
- soočiti se s podnebnimi spremembami, kar vključuje tudi spremljanje, predvidevanja in uvajanje ustrezne strategije na državni, regionalni in mednarodni ravni;
- zagotoviti trajnostno upravljanje z okoljem;
- razvijati globalno sodelovanje za skupen napredek.

SMO kot vodilna sila ZN na področju vremena, podnebja in voda nosi odgovornost za usklajevanje in izvajanje programov, ki prispevajo h globalnim naporom pri doseganju razvojnih ciljev tisočletja in ostalih zavez k trajnostnemu razvoju, vključno z Agendo 21 in mednarodnimi konvencijami, kot so tiste za zaščito ozonske plasti, o podnebnih spremembah, dezertifikaciji in biotski raznovrstnosti.

Da bi v 21. stoletju izboljšali medsebojno komunikacijo in pretok informacij za učinkovito soočenje z okoljskimi in razvojnimi izzivi na področju vremena, podnebja in voda, si tako SMO kot tudi državne meteorološke službe želijo okrepiti sodelovanje s politiki in drugimi državotvornimi dejavniki, znanstveniki, partnerskimi organizacijami, zasebnim sektorjem, mediji in javnostjo.

## Ustanovitev Globalnega okvira za podnebne storitve



Predsedniki držav in vlad, ministri in visoki vladni uradniki 160 držav so v Ženevi med 31. avgustom in 4. septembrom 2009 sodelovali na 3. podnebni svetovni konferenci (WCC-3), ki je

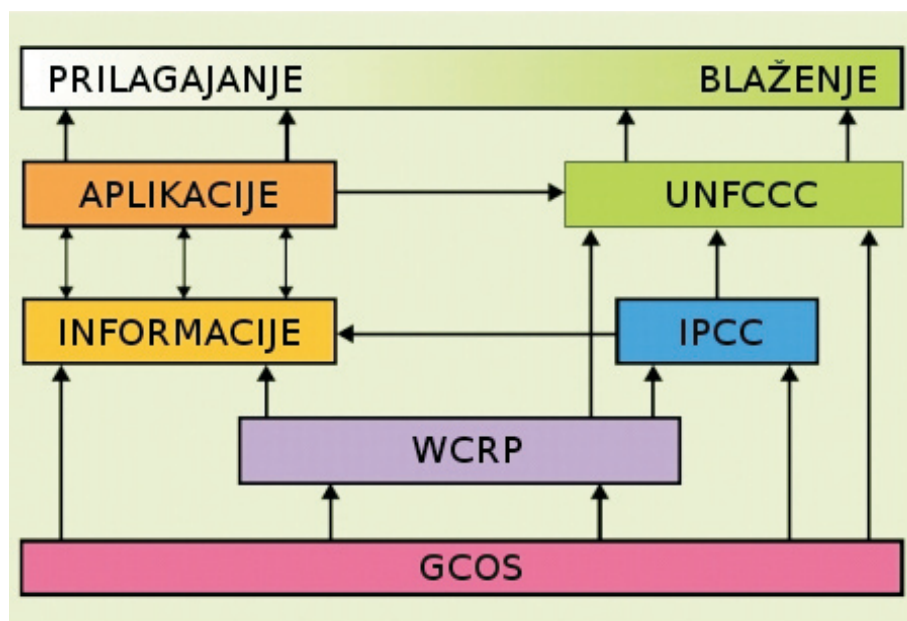
odločila, da se bo vzpostavil Globalni okvir za podnebne storitve, ki bo zagotovil in okrepil zagotavljanje in uporabo podnebnih informacij, izdelkov ter napovedi po vsem svetu.

Na 3. svetovni podnebni konferenci sprejeta deklaracija predvideva vzpostavitev

Globalnega okvira za podnebne storitve, katerega namen je okrepiti izdelavo, razpoložljivost, posredovanje in uporabo znanstveno osnovanih podnebnih napovedi in storitev. Deklaracija od generalnega sekretarja SMO zahteva, da v roku štirih mesecev od 3. svetovne podnebne konference organizira medvladno zasedanje članic SMO, na katerem se sprejme pravila delovanja delovne skupine na visoki ravni, ki jo sestavljajo neodvisni svetovalci imenovani s strani generalnega sekretarja SMO, upoštevajoč strokovnost, geografsko enakopravnost in enakopravnost med spoloma.

11. in 12. januarja 2010 je bilo pod vodstvom predsednika SMO Alexandra Bedritskyega medvladno zasedanje delovne skupine na visoki ravni v povezavi z Globalno mrežo za podnebne storitve. Zasedanje je organizirala Svetovna meteorološka organizacija na podlagi odločitve sprejete na 3. svetovni podnebni konferenci. Na zasedanju so sprejeli pravila delovanja in sestavo delovne skupine, ki bo pripravila podlage za vzpostavitev in operativno delovanje Globalne mreže za podnebne storitve.

Številni programi in dejavnosti SMO so izjemni primeri družbeno-gospodarskih koristi, ki jih je mogoče doseči v mnogih sektorjih v sodelovanju z meteorologijo, predvsem v smislu varnosti ljudi in dobrega počutja. Izstopajo dosežki v kmetijstvu in zagotavljanju varnosti hrane, na področju zdravja, prevoza, turizma, gradbeništva in energetike. V tem sklopu prizadevanj je tudi Globalni okvir za podnebne storitve (v izvirniku GFCOS), ki je namenjen krepitvi zagotavljanja in uporabe podnebnih napovedi, izdelkov in informacij po vsem svetu.



**Slika 1.** Globalni okvir za podnebne storitve temelji na okrepljenem Globalnem sistemu za opazovanje podnebja (GCOS) in Svetovnem raziskovalnem programu podnebja (WCRP), ki podpirata tesno povezani informacijsko in aplikativno komponento Svetovnega podnebnega sistema storitev (WCSS), ki dopolnjuje in podpira monitoring sprememb in politično vlogo IPCC in UNFCCC pri blaženju ter prilagajanju na podnebne spremembe (prirejeno po SMO).



**Slika 2.** Udeleženci tehnične konference o spreminjajočem se podnebnju in potrebi po podnebnih storitvah v podporo trajnostnemu razvoju (vir: SMO)

Globalni okvir za podnebne storitve bo odločilen za podporo prilagajanja na podnebne spremembe. Z okrepljenimi raziskavami in informacijami, pa tudi novimi mehanizmi sodelovanja med uporabniki in ponudniki informacij o podnebnju, bo okvir zagotovil, da bodo vsi družbeni sektorji dobili uporabniku prijazne izdelke, ki bodo omogočili boljše načrtovanje in izvajanje odzivov na spreminjanje podnebja. S tem pristopom bo SMO še okrepila svojo vlogo v službi človeštva v prihodnjih desetletjih.

Da bi vzpostavili potrebne strokovne temelje za implementacijo Globalnega podnebnega okvira za podnebne storitve, so bile februarja 2010 v Turčiji tri zaporedne konference, in sicer sestanek Združenega znanstvenega odbora Svetovnega raziskovalnega programa, Tehnična konferenca o spremembah podnebja in potrebi po podnebnih storitvah za trajnostni razvoj ter 15. zasedanje komisije za podnebje. V ospredju so bile naloge, povezane s potrebami za zagotovitev pogojev za uspešno delovanje Globalnega okvira za podnebne storitve.

Že vrsto let v okviru SMO poteka projekt CLIPS, ki je bil namenjen pripravi posebej prilagojenih informacij in storitev za posamezne gospodarske in družbene sektorje. Z Globalnim okvirom za podnebne storitve je osnovna ideja programa CLIPS dobila politično podporo in v času hitro spreminjajočih se naravnih in družbenih ter gospodarskih razmer tudi potrebne vire za izvajanje tako obsežnega, a tudi nujnega projekta. Vse bolj sta izraženi tudi želja in potreba po tesnejšem sodelovanju z vsemi mednarodnimi organizacijami, katerih delo se nanaša na spremenljivost in spremembe podnebja ter s tem povezane učinke in posledice.

Tudi v preteklosti je SMO odločilno vplivala na oblikovanje mednarodnega zaznavanja ogroženosti podnebja. Na tem mestu postavljamo le pet najpomembnejših mejnikov delovanja SMO na področju podnebne spremenljivosti in podnebnih sprememb:

- 1976: uradna izjava SMO o kopičenju ogljikovega dioksida v ozračju in možnih vplivih na podnebje;
- 1979: po 1. podnebni konferenci SMO in Mednarodni svet za znanost (ISCU) ustanovita Svetovni podnebni raziskovalni program;
- 1989: SMO in UNEP ustanovita Medvladni odbor za podnebne spremembe;
- 1990: po 2. podnebni konferenci SMO, Mednarodni svet za znanost (ISCU), UNEP in UNESCO vzpostavijo Globalni sistem za opazovanje podnebja;
- 2009: na 3. podnebni konferenci mednarodna skupnost sklene ustanoviti Globalni okvir za podnebne storitve.

## Namen in struktura globalnega okvira za podnebne storitve

Osnovni namen Globalnega okvira za podnebne storitve je omogočiti prilagajanje podnebnim razmeram in upravljanje s podnebnimi tveganji z vključevanjem znanstveno osnovanih podnebnih informacij in napovedi v politiko in delovanje na vseh nivojih. Sestavljajo ga štiri komponente:

- opazovanja in spremljanje stanja okolja,
- raziskave in modeliranje,
- informacijski sistem podnebnih storitev in
- program za uporabo podnebnih storitev.

Okrepiti bo potrebno Globalni podnebni opazovalni sistem in Svetovni podnebni raziskovalni program, da bi pridobili kakovostnejše podatke o preteklem in zanesljivejše ocene prihodnjega podnebja. Vzpostaviti bo potrebno informacijski sistem za podnebne storitve, ki bo zagotavljal razvoj uporabniško usmerjenih informacij in njihovo lažjo dostopnost. Da bi premostili vrzel med znanostjo in uporabniki, pa bo potrebno vzpostaviti program za uporabo podnebnih storitev.

## Opazovanja

Če želimo zaščititi podnebje kot naravni vir za sedanje in prihodnje generacije, je potrebno skrbno spremljati podnebne razmere. Ko opisujemo podnebni sistem, moramo upoštevati vse njegove komponente in njihove medsebojne povezave ter učinke. Podnebje se je vedno spreminjalo zaradi naravnih vzrokov, zdaj pa se spreminja tudi zaradi vse večjega človekovega



**Slika 3.** Struktura Globalnega okvira za podnebne spremembe (prirejeno po SMO)

vnosa toplogrednih plinov v ozračje. Prav SMO zagotavlja usklajena opazovanja in meritve po natančno določenih protokolih ter mednarodno izmenjavo podatkov.



**Slika 4.** Za pravočasna in zanesljiva opozorila na nevarne dogodke moramo dobro poznati podnebne razmere in dogajanje v ozračju. To lahko dosežemo le s kakovostnimi in dovolj gostimi standardiziranimi meritvami.

## Sezonske in podnebne napovedi

V zadnjem desetletju je v ospredju razvoj metod za sezonske in podnebne napovedi. Sezonske napovedi so napovedi za obdobje od meseca do treh, šestih ali dvanajstih mesecev, včasih tudi za daljše obdobje. Vsebujejo informacijo o pričakovanem odklonu mesečne temperature in padavin od dolgoletnega povprečja. Podnebne napovedi nudijo oceno razmer čez nekaj desetletij. Za zdaj so sezonske napovedi uspešne za tropsko območje, manj pa za zmerne širine. Cilj Podnebne informacijskega in prognostičnega sistema (Climate Information and Prediction Services - CLIPS) je bil okrepiti sposobnost državnih meteoroloških služb za optimalno uporabo dosežkov v klimatologiji na področju dolgoročnega planiranja, zagotavljanja hrane in upravljanja vodnih zalog. SMO sodeluje v prizadevanjih za zaustavitev širjenja puščav in preprečevanje posledic suše. Ocenjujejo, da bo čez deset let 700 milijonov ljudi podhranjenih.

Izjemni so tudi dosežki na področju sezonskih napovedi pojavov, kot sta El Niño in La Niña; zahvaljujoč se izboljšanju znanja o takih pojavih in boljši merilni mreži je zdaj možno pripraviti uporabno napoved teh pojavov za obdobje od nekaj mesecev do leta vnaprej.

## Naravne nesreče

Poznavanje vpliva vremena in podnebne spremenljivosti na proizvodnjo hrane je za trajnostni razvoj bistvenega pomena. Trajnostni razvoj sočasno ogroža naraščajoč vpliv ekstremnih vremenskih dogodkov, kot so na primer tropski cikloni, poplave, suše in vročinski valovi. Naravne nesreče niso prihranjene nobeni državi, vendar so najšibkejši najbolj ogroženi. Že eno samo veliko neurje lahko povzroči posledice, ki jih odpravljajo več let. Pričakujemo, da bodo spremembe podnebja prinesle več ekstremnih dogodkov. SMO in državne meteorološke in hidrološke službe držav članic si prizadevajo, da bi z informacijami prispevale k zmanjšanju žrtev in škode, ki jo povzročajo naravne nesreče meteorološkega, hidrološkega ali podnebne izvora. SMO državne meteorološke in hidrološke službe vzpodbuja tudi k delovanju na drugih področjih (med najpomembnejšimi so vodne zaloge in njihova kakovost), na katere vplivata vreme in podnebje. Povezovanje z organizacijami ZN in nevladnimi organizacijami je pomembno predvsem na območjih velikih povodij, ki si jih deli več držav.

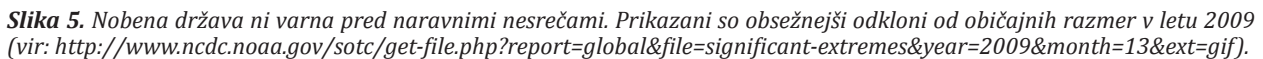
Čeprav nihče ne more nadzorovati vremena, natančna opazovanja in velika zanesljivost napovedi lahko pomembno izboljšajo možnosti

za varno in udobno življenje ter za varovanje dragocenih naravnih virov. Izboljšanje napovedi s poudarkom na dogodkih z velikimi posledicami je prioriteta naloga, saj pravočasna in zanesljiva opozorila na nevarne dogodke omogočajo boljšo pripravljenost, osveščenost in zmanjšajo ranljivost.

Dejstvo je, da podnebje, vreme in voda povzročijo kar 90 % naravnih nesreč in 65 % vse škode v povezavi z naravnimi nesrečami. Praktično vse človekove dejavnosti (promet, urbanizacija, zdravstvo, zagotavljanje hrane, upravljanje z vodami in drugimi naravnimi viri, energetika, turizem in šport) so tako ali drugače odvisne od vremena, podnebja in vode, vse večji delež teh dejavnosti pa je ranljiv za ekstremne dogodke.

Slovenija sicer ne spada med države, ki jih prizadenejo vremenske in podnebne ujme večjih razsežnosti, se pa z njimi v manjšem obsegu sooča vsako leto. Lokalno je uničenje lahko skoraj popolno in za ljudi, ki jih neurje prizadene, je to katastrofa. Kmetijstvo je zaradi neposredne odvisnosti od vremena in podnebja med najbolj občutljivimi dejavnostmi, po statističnih podatkih je v zadnjih šestih letih največ škode povzročila suša, sledila so ji neurja, toča in pozeba. Ker koncentracija toplogrednih plinov v ozračju še vedno narašča in še ni opaziti znamenj umirjanja naraščanja, lahko pričakujemo, da bo podnebje in vreme v prihodnje še bolj muhasto in da se bomo še pogostejše soočali z vremenskimi ujmami in nevarnimi izrednimi podnebnimi dogodki. Ekstremnih vremenskih dogodkov ne moremo preprečiti, lahko pa z vnaprejšnjim opozorilom zmanjšamo tveganje za materialno škodo in izgubo človeških življenj. Tudi pri gradnji stavb, prometnih povezav in pri urbanističnih posegih se moramo zavedati, kako močnim silam narave bodo ti objekti izpostavljeni in kako trdni morajo biti, da bodo vzdržali vremenske ujme.

Pogostost nesreč bo zelo verjetno naraščala, še hitreje pa škoda. Vzrokov za to je več: danes izrabljamo več površin, kot so jih naši predniki, marsikje se je ljudsko izročilo o ogroženosti posameznih območij izgubilo, pri načrtovanju se odločamo, da bodo objekti zdržali vremenske sile z neko določeno pogostostjo, skoraj nikoli pa jih ne gradimo tako, da bi lahko vzdržali izjemne dogodke, na katere računamo vsakih sto ali več let. Želimo si boljše in več pridelkov, zato se odločamo za take, ki so manj odporni na velik razpon vremenskih dogodkov in zelo občutljivi na izredne dogodke, kot so suša, pozeba, toča in nalivi z močnim vetrom. Promet nam ponuja vse boljše udobnejše in hitrejša možnosti prevoza, a že močno sneženje ali močan veter ga lahko povsem ohromita, da težav ob poledici niti ne omenjamo. Naš čas je vse bolj načrtovan in vsaka



## Podnebne spremembe danes: opaženi učinki in ranljivosti

- fizični sistemi: taljenje ledu povzroča naraščanje velikosti in števila ledeniških jezer, kar povečuje nevarnost njihovih izliti in poplav. Zaradi taljenja se povečuje nestabilnost tal na trajno zamrznjenih območjih, v gorskih predelih pa nevarnost kamnitih plazov. V rekah, ki jih napajajo ledeniki in sneg, se povečuje količina odtekaajoče vode in nastajajo predčasna spomladanska izlita. Jezera in reke v številnih regijah se segrevajo, kar ima učinke na toplotno strukturo in kakovost vode;
- biološki sistemi: pomladni dogodki (razvoj listov na rastlinah, selitev ptic, valjenje jajc) nastopajo bolj zgodaj. Območja rastlinskih in živalskih vrst se pomikajo proti poloma na globalni ravni in proti večjim nadmorskim višinam na lokalni ravni. Rastlinstvo in živalstvo na Arktiki in Antarktiki se spreminjata, kar lahko pripelje do trajnih motenj v prehranski verigi.

Potrebni bodo bolj podrobni scenariji na regionalnem nivoju, vključno s spremenljivostjo režima padavin in neurij. Bolje bo potrebno proučiti posledice in vplive dviga morske gladine ter grožnje urbanim območjem. SMO si prizadeva za izboljšanje monitoringa in razvoj boljših podnebnih modelov za zmanjšanje negotovosti v podnebnih predvidevanjih, kar bo prispevalo k boljšemu prilagajanju in omogočilo smiselno politično in ekonomsko ukrepanje ter načrtovanje na državnem in mednarodnem nivoju.

Antropogena komponenta segrevanja je v zadnjih treh desetletjih vidno vplivala na mnoge fizične in biološke sisteme. Prek 89 % od več kot 29.000 podatkovnih nizov z različnih območij kaže na razlike v smeri, pričakovani kot odziv na segrevanje.

Med urejenimi in človeškimi sistemi, kjer so že vidni učinki regionalnega naraščanja temperature, najdemo naslednje:

- kmetijstvo in gozdarstvo: učinki na gospodarjenje na višjih severnih geografskih širinah, kot so predčasno sajenje poljščin in motnje gozdnih režimov zaradi požarov in škodljivcev;
- zdravje: povečana umrljivost v Evropi in Aziji zaradi daljših vročinskih valov, širjenje območij z nalezljivimi boleznimi (na primer bolezni, ki jih prenašajo komarji in klopi) povečanje števila alergenih pelodov na visokih in srednjih severnih geografskih širinah;
- človekove dejavnosti: nekatere sestavine življenjskega okolja avtohtonega prebivalstva na Arktiki, kot so lov in potovanje po snegu in ledu, so se spremenile. Negativne posledice so prizadele tudi zimske športe na nižje ležečih alpskih območjih.

## Pričakovani učinki podnebnih sprememb

V nekaterih sistemih bodo učinki še posebej negativni: ekosistemi, kot so tundra, severni gozdovi, alpski in sredozemski ekosistemi, mangrove, koralni grebeni; nizko ležeče obale, vodni viri v državah na srednjih geografskih širinah in suhih državah na nizkih geografskih širinah, kmetijstvo v regijah na nizkih geografskih širinah, človekovo zdravje.

Območja, ki bodo še posebej prizadeta, so na primer Arktika, Afrika (predvsem južna), majhni otoki in velike azijske delte, kot sta Ganges–Brahmaputra in Zhujiang.

Znanstveniki pričakujejo, da bodo imele podnebne spremembe naslednje učinke v posameznih podnebno občutljivih sistemih in sektorjih:

- Voda: Obstaja velika verjetnost, da se bosta količina odtekajoče vode in njena razpoložljivost povečali na velikih geografskih širinah in na nekaterih mokrih tropskih območjih ter zmanjšali v nekaterih suhih regijah na srednjih geografskih širinah in na suhih tropskih območjih, kjer vode ponekod že tako ali tako primanjkuje. Količina vode, shranjene v ledenikih in snegu, se bo zmanjšala, z njo pa tudi njena razpoložljivost.
- Ekosistemi: Obstaja velika verjetnost, da bo v 21. stoletju obstoj številnih ekosistemov ogrožen zaradi kombinacije podnebnih sprememb in z njimi povezanih motenj (npr. poplave, suše, požari v naravi, žuželke,

kisanje oceanov) ter drugih spodbujevalcev sprememb, kot so sprememba rabe tal, onesnaževanje, čezmerno izkoriščanje naravnih virov. Če se povprečna svetovna temperatura dvigne za več kot 2 do 3 °C nad predindustrijsko raven, lahko pričakujemo, da bodo motnje v delovanju nekaterih ekosistemov tako velike, da bodo imele negativne učinke tudi na izdelke in storitve, ki jih proizvajajo (voda in hrana). V tem primeru lahko pričakujemo, da bo nevarnost izumrtja ogrozila 20–30 % rastlinskih in živalskih vrst (po sedanjih ocenah). Koralni grebeni bodo zaradi svoje nizke sposobnosti prilagajanja ogroženi zaradi toplotnih obremenitev in postopnega kisanja oceanov. Dvig morske gladine bo imel negativne posledice na obalna mokrišča, kot so slana močvirja in mangrove.

- Hrana: V regijah z zmernim podnebjem bi lahko dvig povprečne temperature za 1,5 do 3,5 °C nad predindustrijsko raven imel manjše pozitivne učinke na pridelavo poljščin, ki pa bodo v nekaterih regijah manjši, če bo dvig temperature večji. Na območjih na nizkih geografskih širinah bodo tudi zmerni dvigi temperature imeli negativne učinke na produktivnost obdelovalnih površin, pri čemer bodo pogostejše suše in poplave ogrozile kmetijstvo, zlasti v sektorjih samooskrbe.
- Gospodarstvo, naseljenost, družba: Stroški in koristi podnebnih sprememb bodo zelo različni glede na lokacijo in razsežnosti. Nekateri učinki na območjih z zmernim podnebjem in polarnih območjih bodo pozitivni, drugi učinki drugod po svetu pa bodo negativni. Na splošno lahko rečemo, da se z večanjem podnebnih sprememb, povečujejo tudi njihovi negativni učinki. Najbolj ranljive gospodarske panoge, naselja in družbe so na splošno na obalnih in poplavnih območjih tj. območjih, katerih gospodarske dejavnosti so tesno povezane s podnebno občutljivimi viri. Revne skupnosti so še bolj ranljive, posebej tiste, strnjene na območjih, kjer so tveganja visoka. Te skupnosti imajo ponavadi omejeno sposobnost prilagajanja spremembam in so bolj odvisne od podnebno občutljivih virov, kot sta lokalna voda in proizvodnja hrane. Po napovedih bo v 80. letih 21. stoletja veliko več ljudi ogroženih zaradi poplavljanja obalnih območij, ki ga bo povzročil dvig morske gladine, še posebej v gosto naseljenih in nizko ležečih območjih, kjer je sposobnost prilagajanja na spremembo razmeroma nizka in kjer se ljudje že spopadajo z drugimi izzivi, kot so tropske nevihte ali lokalno pogrezanje obale. Največ

ljudi bo ogroženih v velikih deltah Azije in Afrike, pri čemer bodo najbolj izpostavljeni manjši otoki.

- Zdravje: Znanstveniki menijo, da bo imelo globalno segrevanje negativne učinke na veliko ljudi, zlasti na tiste, ki živijo v regijah z nizko sposobnostjo prilagajanja na spremembe. V teh regijah se bo povečala stopnja podhranjenosti, kar bo imelo negativne posledice na rast in razvoj otrok. Na splošno lahko pričakujemo večjo umrljivost, obolevnost ter več poškodb zaradi vročinskih valov, poplav, neviht, požarov in suš. Število bolezni srca, ožilja in dihal se bo povečalo zaradi višjih koncentracij prizemnega ozona, pričakovati pa je tudi nekatere mešane učinke, kot sta na primer povečanje ali zmanjšanje dosega in potenciala prenašanja malarije v Afriki.

## Učinki podnebnih sprememb v Evropi

Obsežni učinki podnebnih sprememb se na naši celini kažejo v naslednjih pojavih: izginjajoči ledeniki, daljše sezone kmetijske pridelave, selitve rastlinskih in živalskih vrst ter učinki na zdravje človeka zaradi vročinskega vala brez primere v zgodovini. Opažene spremembe se ujemajo z napovedanimi podnebnimi spremembami v prihodnosti.

Gledano v celoti bodo v Evropi učinki podnebnih sprememb prizadeli skoraj vse regije, z njimi pa se bodo morali spopasti mnogi gospodarski sektorji. Pričakuje se, da bodo podnebne spremembe povečale regionalne razlike pri evropskih naravnih virih, na primer pri razpoložljivosti vode.

V severni Evropi bodo podnebne spremembe najprej prinesle mešane učinke, vključno z nekaterimi koristmi, ki jih prinašajo manjši dvigi temperature: manjša potreba po ogrevanju prostorov, večja kmetijska pridelava, večja rast gozdov. Z nadaljevanjem podnebnih sprememb pa bodo negativni učinki (pogostejše zimske poplave, ogroženi ekosistemi, večja nestabilnost tal) prevladali nad vsemi koristmi.

V srednji in vzhodni Evropi se bo količina poletnih padavin zmanjšala, kar bo pripeljalo do večjega pomanjkanja vode. Vročinski valovi bodo povzročali več zdravstvenih težav. Produktivnost gozdov se bo zmanjšala, pogostost požarov, ki jih bo povzročil vžig šote, pa se bo povečala.

V južni Evropi bodo podnebne spremembe povzročile poslabšanje stanja (visoke temperature in suša), saj je to regija, ki je že zdaj občutljiva za podnebno raznolikost: večja

zdravstvena tveganja zaradi vročinskih valov, več požarov v naravi, manjša razpoložljivost vode s tem pa tudi manjši potencial vodne energije in manjša kmetijska pridelava.

Učinki, ki jih lahko pričakujemo, so:

- Nevarnost poplav se bo povečala zaradi vse večjega taljenja ledu in snega, hitre in nepričakovane poplave bodo postale pogost pojav po vsej Evropi, zimske poplave bodo pogostejše na obalnih območjih, povečala pa se bo tudi erozija.
- Če ukrepi za prilagajanje spremembam ne bodo sprejeti, se bodo povečala zdravstvena tveganja (vročinski valovi, poplave, bolezni).
- Biotska raznovrstnost se bo korenito spremenila, zlasti v alpskem svetu, saj se bo velika večina organizmov in ekosistemov stežka prilagajala spremembam.
- Izzivi, s katerimi se bodo ukvarjale gospodarske panoge (kmetijstvo in gozdarstvo, turizem, proizvodnja energije), bodo vse večji.
- Evropa ima sicer precejšnjo sposobnost prilagajanja spremembam, vendar jo ovirajo precejšnje izvedbene omejitve in težave pri izvajanju ukrepov za dvig odpornosti na ekstremne dogodke.

## Znanstvena spoznanja za oblikovanje ukrepov za zaščito podnebja

Znanstveniki menijo, da je verjetna uresničitev naslednjih temeljnih predpostavk:

- Če se človeštvo ne bo spopadlo s podnebnimi spremembami, bodo te dolgoročno zelo verjetno presegle sposobnost prilagajanja naravnih, urejenih in človeških sistemov. Vplivi se bodo razlikovali od regije do regije, v svetovnem merilu pa bodo povzročili velike stroške, ki se bodo povečevali skladno z rastjo povprečne svetovne temperature in prevladali nad morebitnimi koristmi, ki jih bodo podnebne spremembe tudi prinesle. Skupni učinek bo verjetno veliko bolj negativen, če bo segrevanje obsežnejše in hitrejše.
- Nekateri učinke, zlasti tiste, ki jih znanstveniki pričakujejo po letu 2020, je mogoče preložiti ali zmanjšati z zmanjšanjem izpusta plinov, ki škodujejo podnebnju. S hitrimi in ambicioznimi ukrepi za zmanjševanje izpustov bomo povečali verjetnost, da bodo učinki podnebnih sprememb blažji.
- Vplivom, ki so posledica segrevanja in se jim je nemogoče izogniti zaradi preteklih izpus-

- tov, se bomo morali prilagoditi.
- Nadaljnji ukrepi za prilagajanje spremembam so ključnega pomena za zmanjšanje ranljivosti fizičnih, bioloških in človeških sistemov na prihodnje podnebne spremembe, še vedno pa so tu precejšnje ovire, omejitve in stroški. Potencial zmanjševanja tveganj je bodisi zelo omejen bodisi zelo drag pri nekaterih ključnih ranljivostih, kot so izguba biotske raznovrstnosti, taljenje gorskih ledenikov ali razpadanje velikih ledenih plaščev.
  - Občutljivost za podnebne spremembe dodatno povečujeta onesnaževanje okolja in revščina, odvisna pa je tudi od razvojne poti posamezne družbe.
  - Trajnostni razvoj lahko zmanjša občutljivost za podnebne spremembe z okrepitevijo prilagoditvene in obnovitvene sposobnosti ekosistemov.



**Slika 6.** Pomanjkanje pitne vode že sedaj ogroža veliko ljudi.

## Zdravje

V Globalnem okviru za podnebne storitve je izpostavljeno zagotavljanje storitev na področju voda, kmetijstva, zdravja, energije, ekosistemov, turizma in prometa. Vplivi podnebja in njegovih sprememb na kmetijstvo in vode so podrobneje obdelani v posebnih člankih. Tudi vplive na zdravje smo v tem članku že nekajkrat bežno omenili, tu pa jih obravnavamo nekoliko bolj natančno.

Podnebje je del naravnega okolja, ki se mu ljudje neprestano prilagajamo, če želimo ostati zdravi. Po opredelitvi Svetovne zdravstvene organizacije zdravje že dolgo ni več le odsotnost bolezni, ampak stanje fizičnega, duševnega in

socialnega ugodja. Zdravi ljudje se lahko razmeram v ozračju prilagajamo v presenetljivo velikem razponu, prilagoditvene sposobnosti nam omogočajo, da lahko živimo celo v tako ekstremnih podnebnih razmerah, kot so vroči in vlažni tropski pas, ledena polarna območja, žgoče puščave in velike nadmorske višine. Veliko epidemioloških raziskav je proučevalo vpliv teh ekstremnih razmer na obolevnost in umrljivost. Vendar ne smemo pozabiti, da smo tudi v zmernem podnebnem pasu neprestano izpostavljeni spremenljivim vremenskim pogojem. Prilagodljivost starostnikov, bolnih, nosečnic in otrok je v splošnem manjša in kaj hitro se lahko zgodi, da razmere ogrozijo zdravje.

## Onesnaženost zraka

S širjenjem in rastjo velemest urbano onesnaženje ogroža vedno več ljudi po svetu. Približno polovica človeštva živi v velikih mestih, veliko jih je brez nadzora nad onesnaženjem in kakovostjo zraka, najpogosteje so take razmere v državah v razvoju. Zagotavljanje sredstev za spremljanje onesnaženosti zraka in razvoj ustreznih politik je v teh državah dodaten izziv.

Veter, dež, sneg, sončno sevanje in temperatura lahko različno vplivajo na prenos in zadrževanje onesnaževal v zraku. Mestni toplotni otok lahko zadržuje onesnaževala, dež in sneg jih izpirata iz ozračja na tla in v oceane. Za ocenjevanje in napovedovanje vzorcev onesnaženosti zraka znanstveniki uporabljajo meteorološke modele. Pravočasna in natančna napoved onesnaženosti zraka prispeva k varovanju življenj in lastnine ter dopolnjuje tradicionalne vsebine vremenskih napovedi. S pomočjo SMO so bili v mnogih državah že vzpostavljeni projekti za spremljanje in napovedovanje onesnaženosti zraka ter preprečevanje posledic prekomerne onesnaženosti.

V vseh s kakovostjo zraka povezanih programih si SMO in državne meteorološke in hidrološke službe prizadevajo tudi za večjo ozaveščenost o prepletenosti med vremenom, podnebjem in zrakom, ki ga dihamo. Prispevajo najbolj relevantne in verodostojne informacije za oblikovalce politik in širšo javnost. Z namenom varovanja človeškega življenja in okolja bodo državne meteorološke službe s posredovanjem informacij nadaljevale tudi v prihodnosti; v ta namen je potrebno sodelovanje vseh skupnosti in sektorjev.

## Metode raziskav v biometeorologiji

Pomen biometeorologije človeka, torej proučevanja vplivov vremena, podnebja in kako-

vosti zraka na ljudi se je v zadnjih letih povečal tudi zaradi večjega zanimanja javnosti za podnebne spremembe. Podnebne spremembe bodo pomembno vplivale na javno zdravje ljudi, saj ocenjujejo, da bodo vročinski valovi pogostejši in izrazitejši, širilo se bo območje, kjer živijo žuželke, ki prenašajo človeku nevarne bolezni. V Sloveniji se srečujemo predvsem s klopnim meningitisom in borelijo. V svetu pa je najbolj skrb zbujajoč vpliv ekstremnih vremenskih dogodkov, ki vsako leto ogrožajo številna življenja in zdravje mnogih ljudi, širijo se bolezni, ki se prenašajo z žuželkami, vodo in hrano, spremenjene podnebne razmere ogrožajo pridelavo hrane in dosegljivost pitne vode. Biometeorologija bo s strokovnimi spoznanji pomembno prispevala k učinkovitemu prilagajanju na podnebne spremembe in omilitvi negativnih učinkov na zdravje ljudi.

Izsledki raziskav bodo pomagali oblikovati napotke in smernice za delovanje tako zdravstvenih služb, da bodo sposobne slediti in se prilagajati novim razmeram, kot tudi meteorološkim službam, da bodo lahko nudile pravočasne in pravilne strokovne informacije, prilagojene za neposredno rabo v vsakdanjem življenju, ob izrednih razmerah in pri načrtovanju na najrazličnejših strokovnih področjih.

Nekatere izmed povezav med vremenom, podnebjem in zdravjem so očitne in že dolgo dobro poznane, nekatere smo natančneje opredelili in spoznali šele v zadnjih letih, veliko pa je še nedorečenega, saj sta tako človeško telo kot ozračje vsak zase zelo zapletena sistema, ki ju človeštvo že dolgo proučuje, a še vedno nismo odkrili vseh njunih skrivnosti. Še težje je določiti medsebojne povezave, dovzetnosti za vplive, odvisnosti. Ko želimo predvideti posledice podnebnih sprememb za človeštvo, naletimo na še več neznank in vprašanj.

Upoštevat moramo vpliv ozračja in dogajanja v njem v celoti, vendar za lažje razumevanje vplive pogosto delimo na toplotno in vodno izmenjavo med telesom in okoljem, vpliv kratko in dolgovalovnega sevanja, učinke elektromagnetnega polja in kemične sestave ozračja.

Razvoj modelov za vodno in energijsko bilanco telesa je omogočil objektivizacijo in poenotenje pristopov, saj so v preteklosti uporabljali le empirično ugotovljene povezave med enim ali dvema elementoma vremena in toplotnim ugodjem oz. neugodjem. Te povezave so bile uporabne le v razmerah, za katere so bile izpeljane in niso bile splošno veljavne. Modele uporabljamo za primerjavo in vrednotenje podnebnih razmer širom po svetu, temeljijo na enačbah energijskih in vodnih tokov med telesom in okoljem; z njimi količinsko določimo toplotne tokove, temperaturo telesnega jedra in kože, znojenje in količino izločene vode ter omočenost kože v

odvisnosti od razmer v okolju. Modeli upoštevajo tudi fiziološke parametre in izolacijsko vlogo obleke. Z modeli pripravljamo bioklimatske karte, ki nam omogočajo objektivno primerjavo podnebnih razmer v času in prostoru. Izdelane so v različnih skalah: od razmer na mestnih ulicah in cestah, prek celih mest in regij ter držav do celin in sveta v celoti.

Vročinske valove opredelimo glede na lokalno podnebje; splošno veljavne opredelitve ni, saj so odločilne običajne razmere, na katere so ljudje prilagojeni in šele večji odkloni od običajnih razmer lahko privedejo do hujših zdravstvenih posledic. Posledice vročinskega vala so lahko bakterijske okužbe, dehidracija, glavobol, krči, vročinska kap in v skrajnem primeru tudi smrt. S podnebnimi spremembami narašča pogostost vročinskih valov in njihova intenzivnost. V zahodni in srednji Evropi je še vedno živ v spominu vročinski val, ki je poleti 2003 prizadel zahodno Evropo.

Vpliv kakovosti zraka na počutje in zdravje ljudi proučujemo z epidemiološkimi študijami; vse več je tudi modelov, ki opisujejo vpliv vremenskih pogojev na širjenje in koncentracijo plinov in aerosolov ter naravnih alergenov, kot je na primer cvetni prah. Številne študije proučujejo vpliv in posledice načetega zaščitnega ozonskega plašča na zdravje ljudi. Zaradi propadanja ozona v višjih plasteh ozračja narašča moč UV žarkov pri tleh; posledice so lahko hude, na primer kožni rak, okvare vida in oslabele imunski sistem.

Temperaturna razlika med središči velikih mest in podeželjem je že zdaj enaka pričakovanim podnebnim spremembam v naslednjem stoletju, v prihodnje se bodo razlike še povečale, zato je upoštevanje izsledkov gradbene in urbane meteorologije še toliko bolj pomembno.

Že v 60. letih so določili povezave med elektromagnetnim sevanjem v ozračju (sferiksi) in vremenskimi razmerami. Na zdravje ljudi in počutje pa vplivajo tudi ioni in električno polje.

Ker se odzivamo na vpliv ozračja v celoti, lahko le sestavljene mere za vrednotenje počutja opišejo učinek ozračja na ljudi v celoti. Preprosto seštevanje učinkov posameznih komponent nam ne daje pravih skupnih učinkov. Priljubljen je sinoptični pristop, ki združuje množico različnih meteoroloških spremenljivk v sestavljene značilnosti zračnih gmot. Ta metoda ima veliko prednosti in je razširjena predvsem v Združenih državah Amerike.

Ponovno se uveljavlja izkoriščanje podnebnih razmer za utrjevanje in zdravljenje; to je tako imenovana klimatska terapija, pri kateri pacienti nadzorovano izpostavljajo določenim vremenskim razmeram s ciljem, da bi povečali

njihovo odpornost in jih na ta način posredno ozdravili. V preteklosti je klimatska terapija temeljila le na izkušnjah, v zadnjem desetletju so jo predvsem nemški zdravniki in meteorologi znanstveno utemeljili.

Čeprav se ljudje lahko prilagajamo širokemu spektru podnebnih razmer, lahko hitre spremembe vremenskih razmer sprožijo bolezen ali celo smrt. Epidemiološke študije so dokazale povezavo med letnimi časi in povečanjem umrljivosti ter nekaterimi vrstami bolezni.

### ***Biometeorologija in prilagajanje na podnebne spremembe***

Ljudje moramo ohranjati temperaturo telesnega jedra v zelo ozkih okvirjih. Meteorološki dejavniki, ki vplivajo na toplotno ugodje, so temperatura in vlažnost zraka, dolgovalovno in kratkovalovno sevanje in veter. Ljudje, ki živijo na območjih z izrazito visoko temperaturo zraka, so takim razmeram prilagojeni z bivališči, načinom življenja, obleko in prehrano, prilagoditev pa je opazna tudi na fiziološkem nivoju. V zmernem podnebnem pasu, kjer so vremenski ekstremi redki in jim prebivalstvo ni prilagojeno, opazamo večjo občutljivost pri obolevnosti in pri umrljivosti. Vročinski vali vsako leto terjajo kar nekaj življenj predvsem v velemestih zmernih geografskih širin.

Fiziološka prilagoditev na podnebne razmere je opazna že po nekaj dneh, popolna prilagoditev na ekstremne razmere pa lahko traja tudi več let. Tako imajo ljudje v podnebju z visoko temperaturo več znojnic kot ljudje v zmernem

podnebju. Prilagoditev podnebnim razmeram je tudi temna polt prebivalcev tropskega pasu, kjer je moč sončnih žarkov največja, naravna zaščitna ozonska plast v ozračju pa najtanjša. Tudi pri prebivalcih polarnih območij opazimo prilagojen metabolizem in razmerje med površino in maso telesa.

Biometeorologija človeka je postala ob izteku tisočletja spet pomembnejša, k temu so prispevale že opažene in pričakovane posledice podnebnih sprememb na zdravje ljudi. V biometeorologijo človeka uvrščamo študije o razvoju ljudi v pradavnini, njihovem migriranju iz območij razvoja, urbano meteorologijo, katere namen je narediti mesta in bivalne objekte ljudem prijazne, medicinsko meteorologijo, ki proučuje vpliv vremenskih in podnebnih razmer na zdravje, določanje optimalnih klimatskih pogojev zaprtih prostorov, spremljanje širjenja in kopičenja škodljivih in alergenih snovi v zraku, učinke vremena na počutje, delovno storilnost in zdravje ljudi. Z biometeorologijo ljudi lahko povežemo tudi razmere, ki vplivajo na kmetijstvo in oskrbo s pitno vodo, saj tudi ti dve od vremena in podnebja odvisni področji posredno vplivata na zdravje ljudi. Prav gotovo bo ostala povezava med podnebjem, vremenom in zdravjem ljudi v središču pozornosti še vrsto let.

Turizem, šport in prosti čas so prav tako področja, kjer je informacija o podnebju koristna, če ne celo nujna, saj omogoča načrtovanje in izbiro primerne časa in kraja potovanja ter primerne aktivnosti; s pomočjo vremenske napovedi se lahko sproti prilagajamo vremenskim razmeram. Pogosto je od vremena odvisna varnost, še posebej v prometu in športu.



*Kmetijstvo je zelo ranljivo za podnebne spremembe (foto: Marko Clemenž).*

# Podnebne spremembe v kmetijstvu

Andreja Sušnik

*Podnebne spremembe so največje tveganje kmetijske pridelave. Številni kazalci kažejo, da je tudi evropsko kmetijstvo kljub svoji tehnološki razvitosti zelo ranljivo na podnebne spremembe. Agencija RS za okolje se je s tem problemom spoprijela v okviru sodelovanja pri različnih projektih. Podnebne spremembe je potrebno jemati resno in v najbližji prihodnosti skupaj s kmetijsko stroko pripraviti konkreten načrt za ublažitev njihovih posledic.*

## Globalno kmetijstvo vse bolj izpostavljeno podnebnim spremembam

Kmetijstvo je zaradi svoje odvisnosti od vremenskih razmer eden najbolj izpostavljenih gospodarskih sektorjev. V številnih predelih sveta so podnebne spremembe in z njimi povezani ekstremni podnebni dogodki, kot so suše, poplave, neurja, tropski cikloni, vročinski valovi, pozebe in močni vetrovi največje tveganje kmetijske pridelave (Sivakumar, 2007). Strokovnjaki menijo, da bo celo manjše globalno segrevanje znižalo donos pridelka in povzročilo večjo spremenljivost donosa v tistih svetovnih regijah, ki ležijo ob ekvatorju. Še posebej prizadeti bodo mali posestniki in samooskrbni kmetje, saj so se ti tudi manj sposobni prilagoditi. Pričakujemo, da bo takšno stanje povečalo tveganje lakote, še posebej na afriški celini (EC, 2008).

Strategije za prilagajanje podnebnim spremembam so nujno potrebne, predvsem za večino ranljivih revnih držav. Večina od več kot 920 milijonov podhranjenih po svetu živi na podeželju, kjer je glavni vir prihodkov kmetijstvo (FAO, 2008, 2009). Proizvodnja biogoriv je prikrajšala svet za okoli 100 milijonov ton žit, ki bi lahko »nahrnila lačne«. Globalno segrevanje in biogoriva pa grozijo, da se bo število lačnih v prihodnjih desetletjih še povečalo. Globalni cilj o zmanjševanju lakote za polovico do leta 2015 se vedno bolj oddaljuje (FAO, 2009a). Svetovna finančna kriza odvrta pozornost od še vedno trajajoče prehranske krize.

Kmetijstvo se v 21. stoletju sooča s številnimi izzivi: pridelati mora več hrane za naraščajoče prebivalstvo ob zmanjšani razpoložljivi delovni sili v kmetijstvu, sooča se z naraščajočo porabo surovin za biogoriva in vlogo v splošnem razvoju v kmetijsko odvisnih državah v razvoju. Obenem pa mora vzdrževati stalno

pridelavo, skrbeti za nemoteno oskrbo s hrano, zmanjševati toplogredne pline in se prilagajati na podnebne spremembe. Treba je poudariti, da je do nedavnega kmetijstvo ostalo marginalna tema pri klimatskih pogajanjih. Rahli izjemi sta le pogozdovanje in upravljanje z gozdovi.

## Pritisk na vodne vire in degradacija rodovitnih tal – dodatna skrb kmetijstva?

Pomemben dejavnik tveganja za preskrbo z naravnimi viri je vse večja populacijska rast. Število prebivalcev na Zemlji močno narašča. Po podatkih Svetovnega sveta za vode (CPWC, 2008) se je prebivalstvo v zadnjem stoletju potrojilo, poraba vode pa pošesterila. V naslednjih petdesetih letih naj bi se po večini napovedi število prebivalstva povečalo še za 40 do 50 %, k temu pa je treba dodati še povečano breme industrializacije in urbanizacije ter krize zaradi pomanjkanja razpoložljive pitne vode. Zaskrbljujoč je tudi podatek, da je le 1 % zemeljske zaloge sladke vode na voljo za preživetje prebivalstva.

Navajajo tudi, da bo do leta 2025 dve tretjini prebivalcev Zemlje živelo v razmerah pod stresom suše in ob pomanjkanju pitne vode zaradi onesnaženja. Najnovejše znanstvene ocene IPCC kažejo, da se je povečal delež intenzivnejših in daljših suš ter območij s sušo. Od leta 1970 do danes se je površina s sušo ogroženih območij podvojila, predvsem v tropih in subtropih (IPCC, 2007). Kmetijstvo predstavlja 70 % globalne porabe vode (FAO Water, 2009), v državah v razvoju je delež celo do 95 %. Po ocenah Združenih narodov se bo zaradi naraščajoče potrebe po hrani v naslednjih tridesetih letih porabilo 14 % več vode za kmetijstvo (FAO, 2008). Kmetijski sektor je tudi odgovoren za velik del onesnaženja površinskih vod in morij s hranili, izgubo biot-

ske raznovrstnosti in za ostanke pesticidov v podtalnici. Reforme skupne evropske kmetijske politike v devetdesetih letih prejšnjega stoletja in ukrepi, ki jih je sprejel sam sektor, so sicer privedli do nekaterih izboljšanj, vendar je treba storiti več za uravnoteženje kmetijske proizvodnje, razvoja podeželja in okolja. Za poljedelstvo se v Evropi porabi 24 % izčrpane vode in čeprav se to ne zdi veliko v primerjavi s 44 % vode, ki se izčrpa za hlajenje pri proizvodnji energije, je vpliv na rezerve veliko večji. Medtem ko se skoraj vsa hladilna voda vrne v vodno telo, je ta delež v poljedelstvu pogosto le tretjinski (EEA, 2008).

V omejeno vodno preskrbo je v najbolj ranljivih državah posegla še nenačrtovana urbanizacija. Ta je predvsem v semiaridnih območjih povzročila, da poraba vode narašča hitreje kot oskrba z njo. Tudi v Evropi, kjer je okrog 42 % kmetijskih površin, jih vsakih deset let nadalje izgubimo okrog 2 % zaradi urbanizacije. Spremenila se je tudi struktura porabnikov vode (EEA, 2008). V letu 2007 je človeštvo prvič postalo bolj urbano kot ruralno (CPWC, 2009). Trendi kažejo, da se bo urbana populacija do leta 2050 podvojila (slika 1).



**Slika 1.** Povečana urbanizacija vpliva na vodno preskrbo.

Zaradi povečane urbanizacije je voda v hidroloških zalogah pogosto uporabljena za številne druge konkurenčne namene (npr. turizem, namakanje, rekreacija, hidroenergija), kar lahko predstavlja še dodatno obremenitev za vodne vire. Omejeni vodni viri zmanjšujejo rastlinski pokrov in spreminja se mikroklima; pogostokrat se zaradi tega srečujemo z erozijo. Erozijska nastaja tudi zaradi napačnih drenaž mokrišč ali neprimerne zaraščanja, slabega upravljanja s tlemi in vodo ter neprimerne kmetovanja.

### Podnebne spremembe povečujejo tveganje v kmetijstvu

Vplivi podnebnih sprememb in povečane vsebnosti CO<sub>2</sub> v ozračju na rastline in živali bodo številni: biofizikalni in ekonomski. Pri bi-

ofizikalnih gre v prvi vrsti za vpliv povečane koncentracije CO<sub>2</sub> na fiziološke, morfološke in fenološke značilnosti živega sveta ter njegovo biodiverzitetu, v drugi vrsti pa za neposreden in posreden vpliv spremenjenih vremenskih razmer, predvsem povečane temperature zraka. V marsikateri regiji, tudi v Evropi, bodo vplivi lahko tudi pozitivni kot na primer podaljševanje vegetacijskega obdobja, premik vegetacijskih pasov in pojav novih pridelovalnih območij za pridelavo osnovnih kmetijskih kultur. Ekonomski vplivi so težje predvidljivi, saj bodo povezani s političnimi odločitvami (še posebej v stanju gospodarske recesije in ob menjavi centrov in težišč kmetijske proizvodnje), s povečanimi tveganji kmetijske proizvodnje, različnimi subvencioniranjem, uvozom in izvozom hrane ipd.

Kazalci podnebnih sprememb kažejo, da se bodo statistične porazdelitve meteoroloških veličin, kot so maksimalna temperatura zraka, intenzivnost padavin in trajanje sončnega obsevanja s povečano vsebnostjo toplogrednih plinov spremenile; zato se bo spremenila tudi verjetnost pojava ekstremnih dogodkov, ki se sicer že pojavljajo in so se pojavljali tudi v preteklosti. Večina študij kaže, da se bodo v naslednjih desetletjih močno povečala razna tveganja, ki spremljajo kmetijstvo. Predvsem bo večja verjetnost neposrednih vremenskih stresov, kot so vročina, suša in neurja. Če pogled usmerimo izven meja Slovenije, ugotovimo, da se svet kar pogosto srečuje z večjimi naravnimi katastrofami. Poročilo Svetovne meteorološke organizacije za zadnje desetletje navaja, da je več kot 80 % naravnih nesreč hidrološkega ali meteorološkega izvora (WMO, 2008). Na vodo vezane naravne nesreče v Evropi predstavljajo 13 %, v Aziji 35 % in v Afriki 29 % vseh naravnih nesreč. V Evropi največji delež predstavljajo poplave (50 %), suše (11 %) in erozije (9 %). Gospodarska škoda zaradi vremensko pogojenih naravnih nesreč je v Evropi v preteklih dvajsetih letih v povprečju presegla 10 milijard evrov na leto (EEA, 2008).

### Evropa je prav tako ranljiva

Kmetijstvo sicer predstavlja majhen delež bruto družbenega proizvoda (BDP) v Evropi. Prevladuje mnenje, da je splošna ranljivost evropske ekonomije na spremembe v kmetijstvu majhna. Kmetijstvo pa je veliko bolj pomembno po površini, ki jo predstavlja v Evropi (skupaj z gozdarskimi površinami je kmetijskih površin več kot 90 %), po prebivalcih ter dohodku (EEA, 2008). Ker je kmetijstvo v Evropi večinoma intenzivno, vreme še vedno ostaja največji vir negotovosti ocene pridelka in kmetijske pridelave. Kmetijski sektor ima močan vpliv tudi na ostale

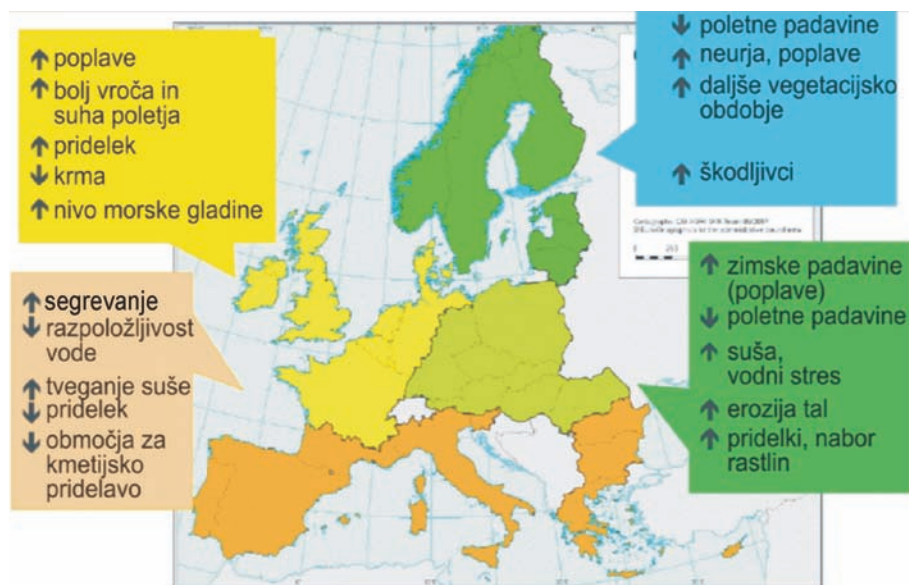
sektorje. V naslednjih petdesetih letih bodo podnebne spremembe vplivale na gospodarstvo, še posebej na kmetijstvo, energetiko, promet, turizem in zdravstvo. Najbolj občutljiva bodo priobalna in gorska območja ter poplavne ravnice.

Vplivi podnebnih sprememb v Evropi bodo regijsko zelo različni (slika 2). V severni Evropi bodo podnebne spremembe najprej prinesle mešane učinke, vključno z nekaterimi koristmi: manj ogrevanja prostorov, povečana bosta kmetijska pridelava in rast gozdov. Sčasoma pa bodo negativni učinki, kot so pogostejše zimske poplave, ogroženi ekosistemi in večja nestabilnost tal, prevladali nad koristmi. V srednji, vzhodni in južni Evropi oziroma v celotnem Sredozemlju se bo količina poletnih padavin zmanjšala, kar bo pripeljalo do večjega pomanjkanja vode. Vročinski valovi bodo povečali zdravstvene težave. Produktivnost gozdov bo manjša, pogostost požarov zaradi vžiga šote pa večja. V južni Evropi bodo podnebne spremembe povzročile poslabšanje stanja: večja bodo zdravstvena tve-

ganja zaradi vročinskih valov, več bo požarov v naravi, manjša bo razpoložljivost vode, s tem pa tudi potencial vodne energije in kmetijska pridelava.

Poleg tega strokovnjaki IPCC pričakujejo:

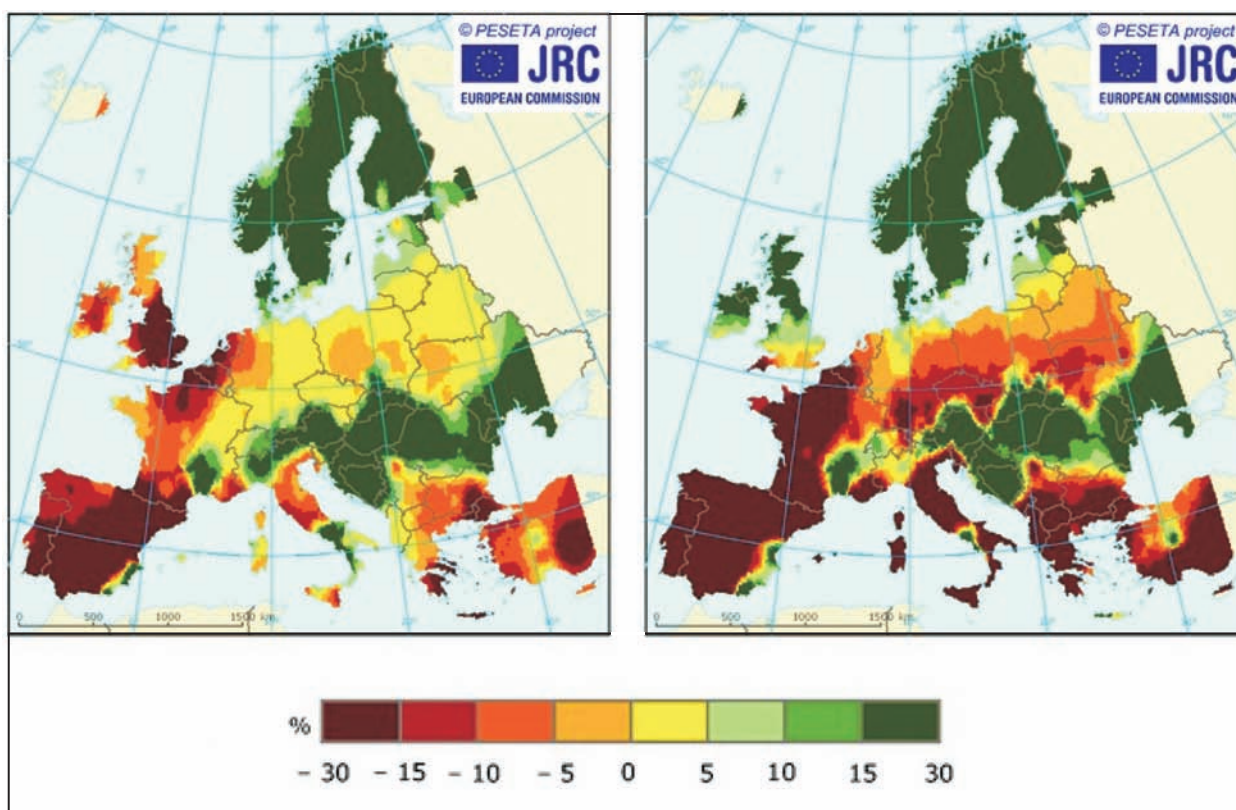
- nevarnost poplav se bo povečala zaradi vse večjega taljenja ledu in snega, hitre in nepričakovane poplave bodo postale pogost pojav po vsej Evropi, zimske poplave bodo pogostejše na obalnih območjih, povečala se bo tudi erozija;
- povečala se bodo zdravstvena tveganja (vročinski valovi, poplave, bolezni);
- biotska raznovrstnost se bo korenito spremenila, zlasti v alpskem svetu, saj se bo velika večina organizmov in ekosistemov le težko prilagajala spremembam;
- izzivi, s katerimi se bodo ukvarjale gospodarske panoge (kmetijstvo in gozdarstvo, turizem, energetika), bodo vse večji.



**Slika 2.** Vplivi sprememb podnebja na kmetijstvo v različnih EU regijah (IPCC, 2007; EEA, 2008)

Številni kazalci kažejo, da je tudi evropsko kmetijstvo kljub svoji tehnološki razvitosti zelo ranljivo na podnebne spremembe. Učinek, ki ga bodo podnebne spremembe imele na to vejo gospodarstva, je odvisen še od socialnoekonomskih razmer, tehnološkega razvoja, politike Evropske unije ter mednarodne konkurence. Na ravni EU ni mogoče ugotoviti soodvisnosti med globalnim segrevanjem v preteklih desetletjih in pridelkom, ki se je na splošno povečeval. Tehnološke izboljšave, boljše upravljanje kmetij in nenehno prilagajanje kmetijskih praks so doslej prevladali nad vplivom podnebnih sprememb. Zaradi

ekstremnih vremenskih dogodkov pa se je od začetka stoletja povečalo nihanje količine pridelka in škod na kmetijski infrastrukturi ter ogrozilo podeželska območja tudi na drugih področjih dejavnosti (npr. turizem). Številne študije po Evropi, kot na primer PESETA projekt, kažejo na veliko variabilnost pridelka v Evropi do leta 2080 (slika 3). V južni in zahodni Evropi bo pridelok lahko zmanjšan za 10 %, medtem ko bo v severni Evropi lahko celo večji glede na podaljševanje rastne sezone (slika 4) in povečanje temperature pozimi (EEA, 2008).



**Slika 3.** Simulirana pričakovana sprememba pridelka v letu 2080 (izražena v %) v primerjavi z referenčnim obdobjem 1961–1990 po scenarijih HadCM3/HIRHAM (levo) in ECHAM4/RCA3 (desno) (EEA, 2008)

### Podnebne spremembe: od ranljivosti do adaptacij kmetijskega in gozdarskega sektorja

Precej je bilo že povedanega o možnih učinkih podnebnih sprememb in ranljivosti kmetijskega sektorja. Kako, kje, kako hitro in kakšni bodo učinki, so vprašanja, na katera danes kljub ogromnim naporom številnih znanstvenikov po svetu še nimamo pravega odgovora. Vendar vemo, da se to dogaja in da se moramo na spremenjene razmere pripraviti in prilagoditi.

Na Agenciji RS za okolje smo se z izzivom proučevanja vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo in gozdarstvo spoprijeli v okviru projekta *Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebne spremembe*. Projekt je stekel neposredno po 13. zasedanju Komisije za agrometeorologijo pri Svetovni meteorološki organizaciji, ki je jeseni 2002 potekala v Ljubljani. To je bil prvi celovit poskus obravnavanja vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo in gozdarstvo v Sloveniji.

Vpliv podnebnih sprememb na kmetijstvo v Sloveniji je nedvomno zelo kompleksen pojav. Projekt *Ranljivost* (Bergant in sod., 2004, 2006) je pokazal, da kot pozitivne spremembe lahko pričakujemo daljše vegetacijsko obdobje,

gnojilni učinek povečane koncentracije  $\text{CO}_2$  in primernejše temperaturne razmere za gojenje toplotno zahtevnih rastlin.

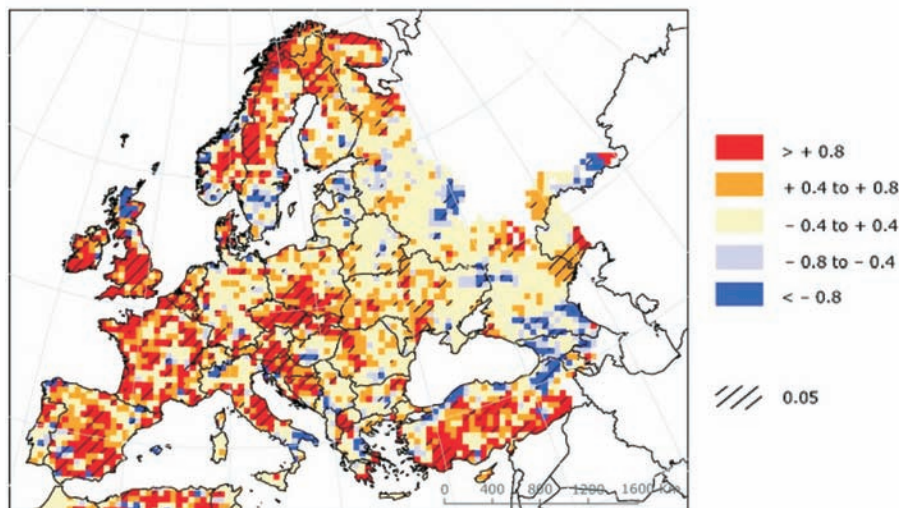
Kot negativne pa so bile izpostavljene naslednje spremembe: skrajševanje rastne dobe (pospešen razvoj rastlin), intenzivnejša evapotranspiracija, povečana pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov (suše, toče, pozebe), sprememba pogostnosti in intenzitete napadov škodljivcev in bolezni ter novih invazivnih vrst.

Spremembe se pričakujejo tudi v gozdovih. Slovenija ima različne gozdno-ekološke strukture, zato bodo prostorske posledice sprememb podnebja različne. Najslabše možnosti za prilagoditev bodo v čistih gozdnih sestojih (npr. smrekov gozd) in v izoliranih gozdovih z revnejšimi pogoji okolja. Najprej in najbolj prizadeti bodo iglavci, predvsem jelka in smreka. V slovenskem prostoru imata ti dve drevesni vrsti precejšnji delež, zato lahko pričakujemo znatno škodo. Hkrati z drevesno sestavo gozdov se bodo spreminjale tudi splošne razmere v gozdnih ekosistemih (floristična sestava, kvantitativna razmerja med rastlinami, produkcija, energijski tokovi idr.).

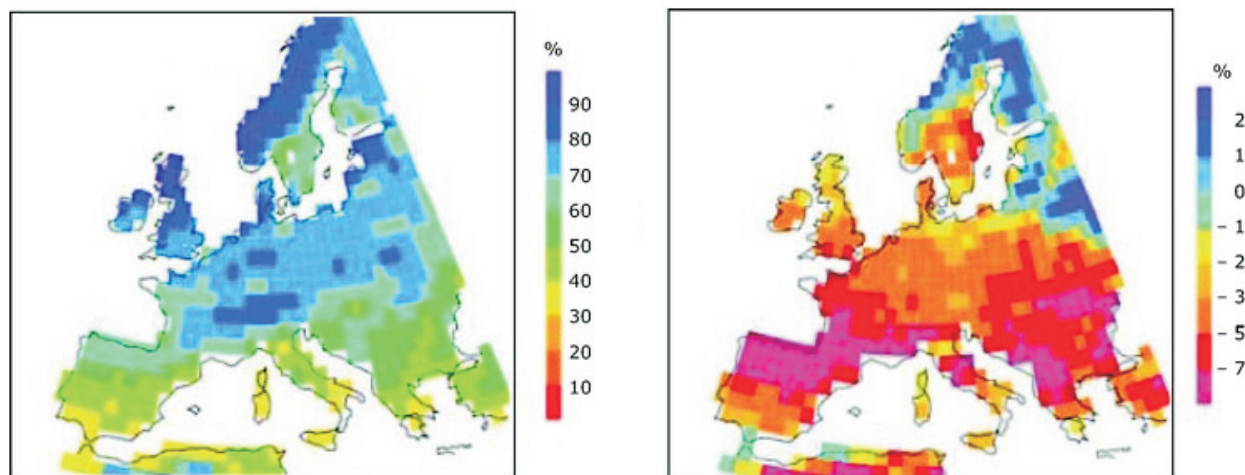
Povečana bo požarna ogroženost gozdov. Prilagoditveni ukrepi naj bi ohranjali gozdno vegetacijo z ukrepi za povečevanje dinamike gozda. Nujno je preprečevanje zaviranja progre-

sivne gozdne sukcesije na opuščeni kmetijskih zemljiščih, preusmerjanje umetne obnove gozdov od iglavcev na listavce in s tem v zvezi razvoj novih tehnologij za pridobivanje sadik listnatih

drevesnih vrst. Vzpostaviti bo treba protipožarne pasove, še zlasti v tistih gozdnatih predelih, kjer predstavljajo iglavci pomemben delež v sestavi in zgradbi gozdnih sestojev.



**Slika 4.** Sprememba dolžine vegetacijskega obdobja izražena v dnevih na leto (frost free days) v obdobju 1975–2007. Črtkano so označena območja, kjer so statistično značilni trendi ( $p=0.05$ ) (EEA, 2008).



**Slika 5.** Simulacija vsebnosti vode v tleh v poletnem času. Simulirana vsebnost vode s scenarijem ECHAM5/T106L31 za obdobje 1961–1990 (levo) in relativna sprememba v % glede na IPCC A2 scenarij (2071–2100) (desno) (EEA, 2008).

## Slovensko kmetijstvo najbolj pestijo ekstremni vremenski dogodki

Sprememba letnih padavin na večini območij Slovenije zaenkrat ni statistično značilna, a pri padavinskem režimu opazimo upadanje količine padavin v prvi in naraščanje v drugi polovici leta. Te spremembe vplivajo na zmanjšano razpoložljivost vode ter pogostejše in dlje časa trajajoče pomladne in poletne kmetijske suše (Sušnik in sod., 2003). Tudi simulacije vsebnosti vode v tleh v prihodnje predvidevajo zmanjšanje vode v poletnem času (slika 5). V Sloveniji je suša v strukturi škod zaradi naravnih nesreč dosegla leta 2003 več kot 80 %, 70 % leta

2000 in 60 % leta 2001 (SURs, 2009). S kmetijsko sušo smo se soočili tudi leta 2006 in 2007.

Tudi leta 2009 smo imeli težave, v Prekmurju z močo in na Primorskem s sušo (slika 6). Vlada je morala ukrepati. Prišlo je do spremembe in dopolnitve uredbe; ta se nanaša na dva nova ukrepa, ki se izvajata kot pomoč de minimis. Prvi ukrep je *Podpora kmetijskim gospodarstvom pri pridelavi pšenice zaradi težke ekonomske situacije, ki je nastala zaradi slabih vremenskih razmer – moče v letu 2009*. Namen ukrepa je ohraniti pridelavo pšenice v Sloveniji v obsegu zadnjih petih let. Gre za dodelitev nepovratnih sredstev v obliki podpore na hektar. Namenjena je tistim kmetijskim gospodarstvom, kjer so gojili pšenico na območju, na katerem je bila po podatkih Agen-

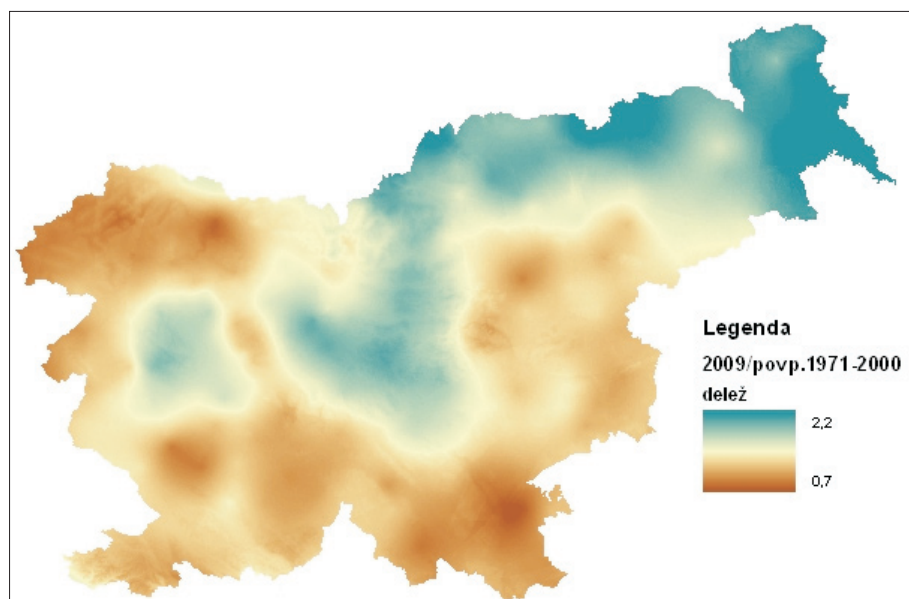
cije RS za okolje v obdobju od 15. junija pa do 15. julija 2009 količina padavin za 50 ali več % večja od dolgoletnega povprečja padavin, ne glede na sedež gospodarstva (slika 7).

Pogostejša pa so tudi neurja s točo, močne padavine, poplave in plazovi, ki povzročajo škodo

na stavbah in infrastrukturi tako v kmetijstvu kot tudi v gozdarstvu. Leta 2008 so Slovenijo prizadela katastrofalna neurja s točo, ki so povzročila gospodarsko škodo izjemnih razsežnosti v kmetijski pridelavi.



**Slika 6.** V istem letu moča (22. 8. 2009 v Svečini) in suša (6. 8. 2009 v Portorožu) (foto: arhiv ARSO)



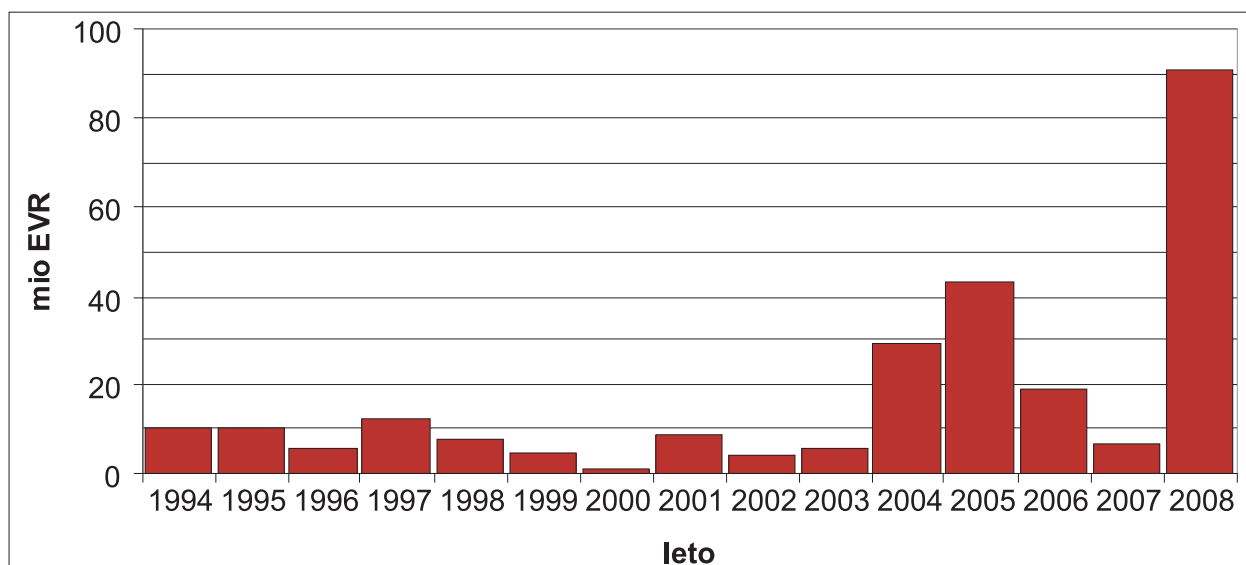
**Slika 7.** Osnova ukrepa de minimis – nadpovprečne padavine v severovzhodnem delu države (ARSO, 2009)

Po končni oceni Komisije za odpravo posledic škode v kmetijstvu je neurje z viharim vetrom in točo julija 2008 povzročilo škodo v 37 občinah. 3.404,48 ha kmetijskih zemljišč in 399,96 ha trajnih nasadov je potrebnih obnove.

Glede na to, da se toča pojavlja pogostejše in da je škoda velika (slika 8), se kmetje v večji meri odločajo za zaščito ali zavarovanje pridelka, pri čemer jim pomaga tudi država.

V letu 2008 je bilo po sklepu Vlade RS 40-odstotno sofinanciranje zavarovanja plodov in posevkov za nevarnost toče, požara in udara strele.

Leta 2009 je sledilo povečanje sofinanciranja zavarovalne premije na 50 %, enotno za vse kmetijske pridelovalce. Za to se je porabilo 13 milijonov evrov. Za pridelke v trajnih nasadih zavarovanja pa se je za najučinkovitejšo izkazala druga možnost zaščite - protitočne mreže. V Sloveniji je na ta način zavarovanih le 3–5 % trajnih nasadov, saj je cena za investicijo visoka. Cena za namestitev mreže na 1 ha nasada je 19–20 tisoč evrov, kar je kljub 40-odstotnemu državnemu sofinanciranju zelo veliko. Kljub temu se dolgoročno naložba obrestuje, saj pridelek ostane nepoškodovan.



**Slika 8.** Ocenjena letna škoda po toči v obdobju 1994–2008 po podatkih SURS-a v milijonih evrov (SURS, 2009)

## Prilagoditveni ukrepi so različni v evropskih regijah

Ukrepanje glede podnebnih sprememb zahteva več nivojev odzivanja, od blažitev do prilagoditev. Prvi nivo je zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Ta nivo je odvisen od globalnih dogovorov, ki so vezani na izpolneno zapletenih mednarodnih pogajanj. Na žalost gospodarsko naprednejše države velikokrat ne sprejmejo dogovorov tam, kjer je odgovornost za obremenitve okolja v skladu z njihovim prispevkom. Evropska unija je sprejela zavezo, da bo do leta 2020 dosegla zmanjšanje emisij za 20 % pod ravno iz leta 1990. Balijski akcijski načrt je prilagajanje na podnebne spremembe postavil ob bok blaženju. Jasno pa je, da bo blaženje podnebnih sprememb uspešno le ob korenitem zmanjšanju emisij toplogrednih plinov na globalni ravni. Vendar bi tudi v primeru, da bi nam uspelo zmanjšati emisije, ozračje potrebovalo desetletja, da si opomore.

Nabor mogočih prilagoditvenih odzivov je zelo velik. Možne so tehnološke rešitve (npr. obramba pred poplavljanjem morja, obramba pred točo), spremembe vedenjskih vzorcev in načina kmetovanja. Zelo pomembne so politične odločitve, zlasti tiste, ki urejajo okoljske predpise in zmanjševanje emisij, kar bo nedvomno najtežje. Ob tem se moramo še vedno spopasti z visokimi okoljskimi, gospodarskimi, informacijskimi in družbenimi ovirami. Ker se vplivi podnebnih sprememb razlikujejo med regijami, se morajo razlikovati tudi prilagoditveni ukrepi.

Zato bo njihov izbor in izvajanje predvsem v pristojnosti držav članic in regij. Vloga EU bo v podpori skozi celovit in usklajen pristop, posebej pri čezmejnih zadevah in politikah, ki se oblikujejo na EU ravni. EU lahko izboljša učinkovitost nacionalnih prizadevanj, zlasti:

- v sektorjih kmetijstva, ribištva, oskrbe z vodo, zaščite biotske raznovrstnosti, prometa in energetike;
- pri čezmejnih vprašanjih, kot je gospodarjenje s povodji in z biotsko raznovrstnostjo;
- v prikrajšanih regijah in tistih regijah, ki so jih najbolj prizadele podnebne spremembe.

Prilagajanje na podnebne spremembe bo vključeno tudi v vse ostale EU politike in bo postavljeno predvsem v zunanjih politikah EU v obliki pomoči najbolj prizadetim državam.

## Od Zelene k Beli knjigi

Evropska skupnost je na osnovi obsežnih posvetovanj izdala več dokumentov na temo prilagajanja. Začelo se je leta 2007 z Zeleno knjigo o prilagajanju vplivom podnebnih sprememb v Evropi (EC, 2000).

Okvir za zmanjšanje ranljivosti EU na vplive podnebnih sprememb pa je nastal v Beli knjigi leta 2009 (EC, 2009). Bela knjiga določa ukrepe, s katerimi bo EU omogočila, da se bodo naravni in človeški sistemi bolje prilagajali na vplive podnebnih sprememb.



**Slika 9.** Osnovna struktura Bele knjige

Bela knjiga o prilagajanju in zmanjšanju ranljivosti Evrope za podnebne spremembe ima poseben poudarek zlasti na področjih zdravja, kmetijstva, voda, obale in morja. Pri integraciji prilagajanja v EU politike je nujno, da je le-to pravočasno. Prilagajanje je praviloma lahko uspešno le na lokalni in regionalni ravni. V Beli knjigi je poudarek na razvoju znanja, ki je nujen za načrtovanje, izvajanje in spremljanje učinkovitosti politik prilagajanja, boljši pretok informacij in podatkov med državami (slika 9). Bela knjiga predvideva ustanovitev platforme za izmenjavo modelov, orodij in podatkov. Poudarek je na robustnih ukrepih, ki se izplačajo, tudi če upoštevamo negotovost podnebnih scenarijev.

Bela knjiga poudarja povečanje odpornosti zdravstvenih in socialnih politik kakor tudi usklajen odziv na vremenske dogodke.

Posebna pozornost je namenjena skrbi za ekosisteme in biotski raznovrstnosti, saj so zdravi ekosistemi pomembni tudi v kontekstu skladiščenja ogljika in zadrževanja vode. Predvideva oceno stroškov za izvajanje opredeljenih ukrepov in njihovo vključitev v finančne načrte.

## Strategija prilagajanja kmetijstva v EU in v Sloveniji

Kaj sploh pomeni prilagajanje? Ukrepi prilagajanja so potrebni zaradi uspešnega spopadanja s podnebnimi spremembami (npr. večjimi količinami padavin, višjimi temperaturami, bolj omejenimi vodnimi viri ali pogostejšimi neurji), ki se dogajajo zdaj ali se še pričakujejo v prihodnosti. Namen prilagajanja je, da se zmanjšajo tveganja in škoda zaradi sedanjih in prihodnjih škodljivih učinkov, in sicer na način, ki je stroškovno učinkovit ali izkorišča možne koristi.

Strategija prilagajanja na podnebne spremembe v EU (EC, 2009a) ima naslednje glavne smernice:

- dajanje prednosti ukrepom, ki jih ne bomo obžalovali;
- krepitev vloge kmetijstva pri zagotavljanju storitev ekosistemov;
- krepitev odpornosti infrastrukture;
- razvoj sinergij med prilagajanjem podnebnim spremembam in njihovo blažitvijo;
- izboljšanje sposobnosti prilagajanja kmetovalcev;
- olajševanje sodelovanja med državami članicami;
- spodbujanje raziskav o podnebnih spremembah in usklajevanje raziskav na evropski ravni;
- oblikovanje kazalnikov občutljivosti.

Prilagajanje podnebnim razmeram je vedno spadalo k upravljanju kmetij. Deloma se ravna po enakih načelih kot prilagajanje kratkotrajnim nihanjem. Lahko rečemo, da se je prilagajanje že začelo. Nevarno je le, da bi obseg podnebnih sprememb v prihodnjih desetletjih presegel sposobnost za prilagajanje mnogih kmetovalcev.

Od česa je odvisna stopnja prilagajanja? V največji meri od občutljivosti. Kot smo že uvodoma omenili, je ranljivost kmetovanja v različnih delih EU različna in v veliki meri odvisna od izpostavljenosti podnebnim vplivom, socialnoekonomskega stanja in od posedovanja izkušenj v upravljanju s spremenljivimi razmerami.

Države članice EU so v različnih fazah priprave nacionalnih strategij prilagajanja, ki vključujejo tudi kmetijski sektor.

V Beli knjigi so med dejavnike, od katerih je odvisna odpornost kmetij, uvrstili:

- značilnosti kmetije, kot so vrsta pridelave, velikost kmetije in intenzivnost kmetovanja;
- raznovrstnost sistemov pridelave in živinoreje ter obstoj drugih virov prihodkov poleg kmetovanja;

- dostop do ustreznih informacij, izkušnje in znanje o podnebnih spremembah ter rešitve za prilagajanje nanje; vloga svetovalnih služb pri olajševanju prilagajanja;
- splošno ekonomsko stanje, pri čemer so kmetovalci, ki imajo na voljo le omejena sredstva in živijo na oddaljenih podeželskih območjih, občutljivejši;
- dostop do razpoložljivih tehnologij in infrastrukturna zmogljivost.

Možni ukrepi za prilagajanje kmetijstva obsegajo tehnološke rešitve, prilagoditve upravljanja kmetij ali njihovih struktur ter politične spremembe (slika 10).



**Slika 10.** Vrste prilagoditev na nivoju kmetije in sektorja (EC, 2009)

Za kratkoročne prilagoditve bi lahko zadostovale že prilagoditve na ravni kmetij, za dolgoročne pa bo potrebno načrtovati strategije, ki bodo imele osnovo v dobrem poznavanju lokalnih in regionalnih lastnosti. Z vidika priprave ukrepov prilagajanja na podnebne spremembe je ključnega pomena dobro poznavanje pretekle spremenljivosti podnebja in naše ranljivosti. Kot rečeno smo na Agenciji RS za okolje jeseni 2008 pričeli s triletnim projektom *Podnebna spremenljivost Slovenije*.

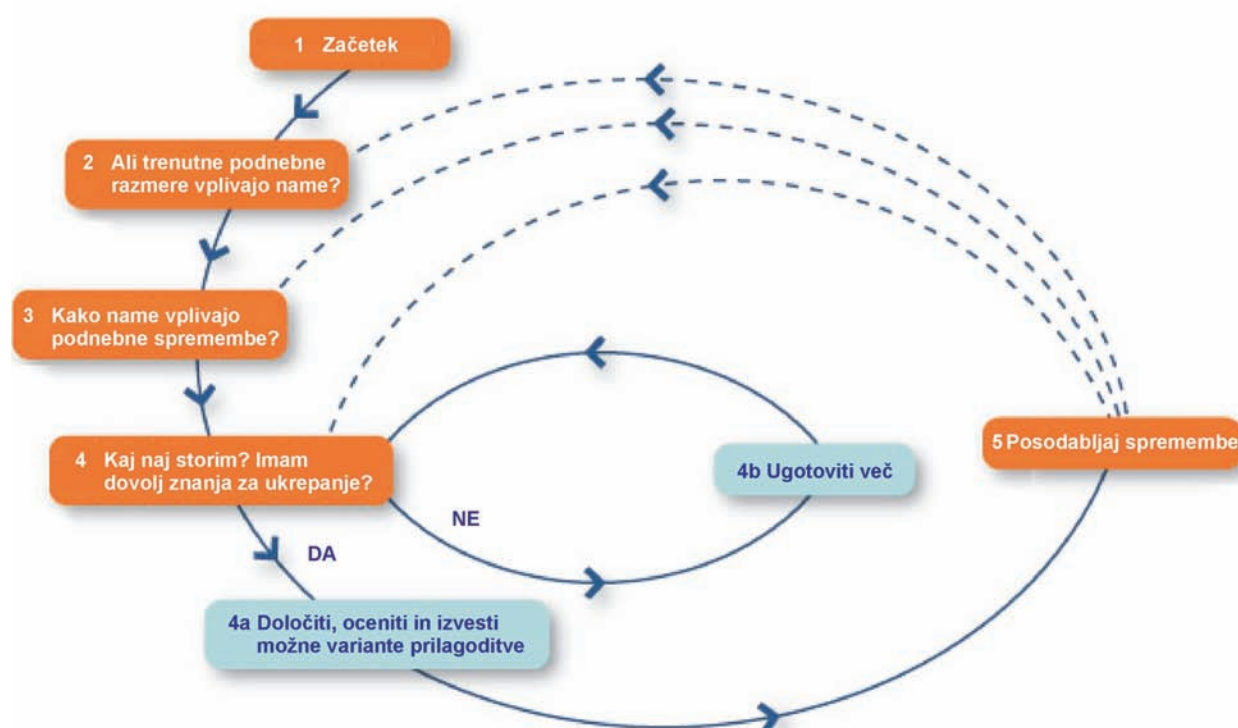
Na področju kmetijstva pa smo se na poziv Ministrstva za kmetijstvo leta 2007 odzvali k sodelovanju pri projektu priprave dokumenta *Strategija prilagajanja podnebnim spremembam*. Rezultati projekta *Ranljivost* jasno dokazujejo, da moramo podnebne spremembe in podnebno spremenljivost tudi v Sloveniji

jemati zelo resno in v najbližji prihodnosti skupaj s kmetijsko stroko pripraviti konkreten načrt za ublažitev njihovih posledic.

Strategija je prvi korak k uresničevanju drugega dela projekta; zanj je Vlada RS po obravnavi poročila o ranljivosti slovenskega kmetijstva na podnebne spremembe naložila Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, da v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor pristopi k izdelavi drugega dela projekta. Strategija (Kajfež-Bogataj in sod., 2008) je prvi strateški dokument, ki daje ključne smernice za prilagoditev kmetijstva in gozdarstva na podnebne spremembe. Struktura Strategije je prikazana na sliki 11. V akcijskem načrtu pa bo zajeta priprava metodologije in postopkov za izvajanje prilagoditev ter za zmanjšanje ranljivosti kmetijstva na podnebne spremembe.



**Slika 11.** Glavni stebri strategije prilagajanja slovenskega kmetijstva podnebnim spremembam



**Slika 12.** Proces adaptacije (UKCIP, 2009)

Za adaptacijo v vsakdanji praksi pa nas čaka še veliko dela. V strateškem delu je zajeto vse pomembno, важно pa je, kako se bo izvajalo v praksi. Zato je potrebno ta dokument nadgraditi z učinkovitim akcijskim načrtom in ga uskladiti z dokumenti v okviru Evropske unije. To bo naslednji korak. Pri zagotovitvi zadostnih

finančnih sredstev in realizaciji akcijskega načrta bo potrebno pregledati obstoječe resurse ter izvesti prestrukturiranje kmetij ob upoštevanju konkretnih izvedbenih načrtov. Ogromno pa bo potrebno narediti tudi na nivoju posameznika (slika 12).

Prevladuje mnenje, da manjkajo takojšnji konkretni ukrepi namesto zapisanih administrativno-birokratskih stališč. V akcijskem načrtu, ki vsebuje izvedbo predlagane strategije, je potrebno podrobno opredeliti tudi oceno finančnih posledic ter dinamiko financiranja po posameznih proračunskih letih. Vlada Republike Slovenije je sredstva za izvajanje strategije v skladu z Akcijskim načrtom za leto 2009 zagotovila ob pripravi rebalansa proračuna oz. s prerazporeditvijo pravic porabe v skladu z Zakonom o izvrševanju proračunov Republike Slovenije za leti 2008 in 2009. Vlada Republike Slovenije je s sprejemom strategije opredelila tudi finančne posledice, ki znašajo okvirno 8 milijonov evrov za leto 2009, 10 milijonov evrov za leto 2010 in 15 milijonov evrov za leto 2011.

Kot prioritete so naslednje vsebine akcijskega načrta:

- vzpostavitev in vodenje celovitega in javnosti odprtega informacijskega sistema za spremljanje vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo in gozdarstvo ter vzpostavitev in vodenje sistema za zgodnejše obveščanje o naravnih nesrečah;
- krepitev in širitev delovanja kmetijske svetovalne službe in opazovalno-napovedovalne službe;
- organizacija delavnic;
- opredelitev sistema protitočne obrambe;
- javnomnenjske raziskave kmetov, splošne javnosti, nosilcev in prinašalcev znanja ter »katalogizacija« že obstoječega domačega in tujega znanja o možnostih prilagajanja kmetijstva in gozdarstva;
- raziskave in strokovne naloge rastlinske pridelave, živinoreje, gozdarstva in kmetijskih raziskav, ki so prilagojene podnebnim spremembam;
- uvrstitev gradnje zadrževalnikov vode in namakalnih sistemov med najpomembnejše cilje kmetijske politike.

Glede finančnih sredstev, ki so zagotovljena za obveznosti iz Strategije prilagajanja kmetijstva, gre računati tudi na dodatna sredstva iz I. stebra programa razvoja podeželja. Potrebna bo še odločitev, ali razbiti akcijski načrt in finance na več ali manj centrov, da se sredstva ne bi preveč razpršila. Pripravlja se tudi strategija razvoja kmetijske politike po letu 2013. Na ravni Slovenije v širšem kontekstu je kot prioriteta adaptacij na podnebne spremembe izpostavljeno prostorsko načrtovanje, ki je eden pomembnih preventivnih

instrumentov za prilagajanje podnebnim spremembam skozi procese integralnega načrtovanja prostorskega in urbanega razvoja. Temu ob bok se postavlja še trajnostno in celostno upravljanje z vodnimi viri, podnebnim spremembam prilagojeno trajnostno gospodarjenje z gozdnimi ekosistemi in kmetijskimi zemljišči, ohranjanje biodiverzitete, informiranje ter ozaveščanje javnosti o posledicah sprememb podnebja. Zaskrbljujoč je namreč podatek, da smo v Sloveniji od leta 1990 dalje pozidali kar 63000 ha zemljišč, zaraslo pa se jih je 40000 ha. Po informacijah Ministrstva za kmetijstvo na prebivalca premoremo le 800 m<sup>2</sup> obdelovalne zemlje, kar je najmanj med vsemi državami EU.

Edini učinkovitejši ukrep zoper vse pogostejše ujme so tudi mehanizmi zavarovanja kmetijskih rastlin in aktivna zaščita ter preventiva. Dokument Strategije prilagajanja kmetijstva je le groba osnova za integracijo tudi ostalih sektorjev v skupno strategijo prilagajanja. Ta nam na žalost v Sloveniji še manjka. Nadaljnje obravnavanje ciljev blažitve ter prilagajanja kmetijstva na podnebne spremembe je potrebno vključevati tudi v politiko enotnega trga in znotraj splošnega proračuna EU oblikovati tudi skupni finančni vir.

Kmetijski sektor EU lahko predstavlja del prizadevanj proti podnebnim spremembam na tri ključne načine: tako, da zmanjša lastne emisije plinov, poveča vlogo kmetijskih tal kot zbiralnikov ogljika in prispeva k proizvodnji obnovljivih virov energije in bioizdelkov (spreminjanje živalskih odpadkov v bioplin, ekološko kmetovanje, pogozdovanje itd.) (EC, 2008).

Prilagajanje je vsekakor dolgoročen proces, ki ga bo potrebno razvijati v prihodnjih desetletjih v skladu s spreminjanjem podnebja, od javne politike (razvoj podeželja, kmetijsko-okoljske sheme, podpore pri investicijah) do sodelovanja med proizvajalci hrane in potrošniki, in sicer z upoštevanjem tržnih zahtev. Odprtih je še ogromno vprašanj, na katera bo potrebno odgovoriti. Tudi agrometeorološka stroka išče načine, kako bi s svojim monitoringom in orodji pomagala kmetijstvu pri soočanju z novimi izzivi. Ena od najpomembnejših strategij agrometeorologije je izboljšanje uporabe znanj o podnebj u in vremenu ter novih tehnologij, ki vključujejo razvoj monitoringa ter odzivne mehanizme na trenutno vreme (Sivakumar, 2007). Pomembni so tudi izdelani načrti, ki ugotavljajo in upravljajo s tveganji v kmetijstvu danes in v prihodnje (Hay, 2007; Kajfež-Bogataj in Sušnik, 2007).



**Slika 13.** Doprinos k procesu adaptacije v kmetijski praksi (namakanje, protitočne mreže in agrometeorološki monitoring (foto: Arhiv ARSO)

## Preventiva bolje kot kurativa

Kmetijski sektor EU se na podnebne spremembe odziva na tri ključne načine: tako, da zmanjša lastne emisije plinov, poveča vlogo kmetijskih tal kot zbiralnikov ogljika in prispeva k proizvodnji obnovljivih virov energije in bioizdelkov (spreminjanje živalskih odpadkov v bioplin, ekološko kmetovanje, pogozdovanje itd.) (EC, 2008).

Prilagajanje je vsekakor dolgoročen proces, ki ga bo potrebno razvijati v prihodnjih desetletjih v skladu s spreminjanjem podnebja: od javne politike (razvoj podeželja, kmetijsko-okoljske sheme, podpore pri investicijah) do sodelovanja med proizvajalci hrane in potrošniki, in sicer z upoštevanjem tržnih zahtev.

Preventiva in upravljanje z naravnimi nesrečami nacionalnih meteoroloških in hidroloških služb z uporabo sodobnih tehnik, metod ter informacijskih sistemov lahko pomaga kmetijstvu z naslednjimi aktivnostmi:

- monitoring in napoved razvoja vremena;
- uporaba sistemov komunikacijskih tehnik za ažurne podatke (satelitski, radarski posnetki, numerični vremenski modeli, opozorila);
- zagotavljanje kvalitetnih podatkov za izboljšanje upravljanja s podnebnim tveganjem;
- ekspertne analize, napovedi in tehnična podpora pri upravljanju v kmetijstvu;
- izobraževanje, ozaveščanje, povezava z institucijami, ki skrbijo za akcijske plane za prilagajanje kmetijstva podnebni variabilnosti in spremembam.

Potrebno je poudariti, da morajo vremenske in podnebne informacije ter napovedi postati nepogrešljiv podatek pri odločitvah in

proizvodnih procesih v kmetijstvu. Z ustreznimi politikami si moramo v kmetijstvu zastaviti preventivne programe pred naravnimi nesrečami; te je potrebno predvideti in z vnaprej pripravljenimi sanacijskimi programi tudi uspešno odpraviti.

Tudi agrometeorološka stroka išče načine, kako bi s svojim monitoringom in orodji pomagala kmetijstvu pri soočanju z novimi izzivi. Ena od najpomembnejših strategij agrometeorologije je izboljšanje uporabe znanj o podnebjju in vremenu ter novih tehnologij, ki vključujejo razvoj monitoringa ter odzivne mehanizme na trenutno vreme (Sivakumar, 2007). Pomembni so tudi izdelani načrti, ki ugotavljajo in upravljajo s tveganji v kmetijstvu danes in v prihodnje (Hay, 2007; Kajfež-Bogataj in Sušnik, 2007). Na primeren način moramo uporabiti naravne danosti, ki jih imamo, in predvideti prilagajanje na podnebne spremembe, še preden se te pojavijo. S skupnimi močmi nam to lahko uspe.

## Literatura

1. Bergant K., Kajfež-Bogataj L., Sušnik A., Cegnar T., Črepinšek Z., Kurnik B., Dolinar M., Gregorič G., Rogelj D., Žust A., Matajč I., Zupančič B., Pečenko A. 2004. *Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji*. Sušnik A. (ur.). Ljubljana, Agencija RS za okolje: 40 str.
2. Bergant in sod. 2006. *Climate change: it is not too late if farmers act now*. [lead authors Klemen Bergant et al., coordinating authors Andreja Sušnik, Lučka Kajfež-Bogataj], Ljubljana, ARSO: 40 str.
3. EEA. 2008. *Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment*. Joint EEA-JRC-WHO report. EEA Report No 4/2008. EEA, Copenhagen, 2008, European Communities, 2008: 246 str.

4. EC. 2000: Zelena knjiga Komisije svetu, evropskemu parlamentu, evropskemu Ekonomsko-socialnemu svetu in odboru regij COM(2007): 354 str.
5. EC. 2008. Evropska komisija - generalni direktorat za kmetijstvo in razvoj podeželja. Kmetijstvo Evropske unije – sprejemanje izziva na področju podnebnih sprememb: 8 str. [http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate\\_change/leaflet\\_sl.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_sl.pdf)
6. EC. 2009. Bela knjiga. Prilagajanje podnebnim spremembam: evropskemu okviru za ukrepanje naproti: 147 str.
7. EC. 2009a. Delovni dokument služb komisije k beli knjigi o prilagajanju podnebnim spremembam. Prilagajanje podnebnim spremembam v Evropi: izziv za evropsko kmetijstvo in podeželje: 11 str.
8. FAO. 2008. Climate change and food security: a framework document. Food and Agriculture Organization of the United Nations: 107 str.
9. FAO. 2009. How to Feed the World in 2050. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050: 35 str.
10. FAO. 2009a. Global agriculture towards 2050. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050: 4 str. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)
11. FAO Water. 2009. Water at FAO. Information note.: 11 str. <http://www.fao.org/nr/water/docs/wateratfao.pdf>
12. Hay, J. 2007. Challenges to agrometeorological risk management – regional perspective: Europe. 2007. Managing weather and climate risks in agriculture. Sivakumar M.V.K., Motha R.P. (ur.). Springer: 1–19.
13. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 976 str..
14. Kajfež-Bogataj L., Sušnik A. 2007. Challenges to agrometeorological risk management – regional perspective: Europe. 2007. Managing weather and climate risks in agriculture. Sivakumar M.V.K., Motha R.P. (ur.). Springer: 113–123.
15. Kajfež-Bogataj L., Zavšek-Urbančič M., Berložnik, Sušnik A. et al. 2008. Strategija prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 15 str.
16. Sivakumar, M.V.K. 2007. Preface. Managing weather and climate risks in agriculture. Sivakumar M.V.K., Motha R.P. (ur.). Springer: 7–9.
17. Statistični Urad RS (SURS). 2009. Statistični podatki. Ocenjena škoda po vzroku elementarne nesreče, Slovenija, letno. <http://www.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp>
18. Sušnik, A., Kurnik, B., Matajc, I., Rogelj, D. 2003. Ranljivost kmetijstva na spremembo vodne bilance kmetijskih tal v Sloveniji. V: ARSO, poročilo Vladi RS: Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva: 92–105.
19. The UK Climate Impacts Programme (UKCIP). 2009. Adaptation Wizard: Introduction. [http://www.ukcip.org.uk/index.php?option=com\\_content&task=view&id=147&Itemid=297](http://www.ukcip.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=147&Itemid=297)
20. The Co-operative Programme on Water and Climate (CPWC). 2009. The Water Variable – Producing enough food in a climate insecure world. World Water Forum Perspectives on water and climate change adaptation: 17 str. <http://www.waterandclimate.org/UserFiles/File/PersPap%2005.%20Producing%20Enough%20Food.pdf>
21. WMO. Bulletin. 2006–2009. [http://www.wmo.int/pages/publications/bulletin\\_en/](http://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_en/)



*Z novimi pristopi lahko zmanjšamo tveganje suše v kmetijstvu  
(foto: Tanja Cegnar).*

# Zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu

## Novi pristopi agrometeorološkega monitoringa vodne bilance za zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu

Andreja Sušnik, Tjaša Pogačar, Ana Žust, Gregor Gregorič

*Zaradi podnebnih sprememb postaja suša v kmetijstvu trajen ali pa vsaj vse pogostejši pojav. Temeljne naloge, ki se ukvarjajo z zmanjševanjem tveganja posledic suše, zavezujejo k izdelavi strategije in programa varstva pred sušo ter pred vremenskimi ujmami v kmetijstvu. Predstavljen je operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin, različni načini spremljanja stanj in izračuni s pomočjo modelov, merilnikov in indeksa.*

### Iz smernic v operativno

S stališča prilagajanja podnebnim spremembam je bilo o novih strategijah v agrometeorologiji že pisano v publikacijah, ki so omenjene v članku *Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji (2004)* ter *It is not too late if farmers act now (2006)*. Kljub tradiciji spremljanja agrometeoroloških spremenljivk je bilo že takrat dano vedeti, da nikakor ne želimo obstati na trenutnem operativnem nivoju, temveč si želimo nadaljnega razvoja v korist uporabnikov. Naše smernice iz leta 2004 so temeljile na idejah:

- podpora meteorologije pri upravljanju z vodo;
- svetovanje pri prilagajanju ekstremnim vremenskim dogodkom;
- posodobitev informacijskega sistema;
- preučevanje vzorcev vremenskih stanj nad večjim kontinentalnim območjem;
- uporaba podatkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem;
- ozaveščanje in izobraževanje.

V zadnjih letih je razvoj intenzivno tekkel v smeri podpore pri upravljanju z vodo in hkrati v smeri posodobitve informacijskega sistema. Zavedamo se pomena informiranja, zato sodelujemo z več revijami, ki so namenjene končnim uporabnikom. Z njihovo pomočjo lahko svetujemo, ozaveščamo in izobražujemo. V sklopu delovnih nalog Centra za upravljanje suše v JV Evropi (DMCSEE), ki ima sedež na Agenciji RS za okolje, se ukvarjamo tudi s preučevanjem vzorcev suše nad večjim območjem ter uporabe podatkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem. Ostaja še dovolj možnosti za nadaljnjo nadgradnjo in razvoj, pri čemer so zagotovo dobra motivacija dosedanja rezultati in uspešno sodelovanje z nekaterimi uporabniki.

### Kako blažimo posledice suše?

Dosedanji ukrepi so bili predvsem v smislu blažitev posledic oziroma gospodarske škode. Slovenska zakonodaja, ki ureja področje preprečevanja ter odprave posledic, sušo opredeljuje kot naravno nesrečo ter določa preventivne ukrepe za blažitev oziroma preprečitev njenih posledic. Statistični podatki kažejo, da suši pripada največji delež škode, ki ga povzročijo različne naravne nesreče. Škoda, ki jo povzroči toča, je v primerjavi s sušo vsaj za polovico manjša. Zaradi podnebnih sprememb postaja suša v kmetijstvu trajen ali pa vsaj vse pogostejši pojav. Škodo v kmetijstvu, ki nastane zaradi nje, je zato potrebno obravnavati kot del kmetijske pridelave. Temeljne naloge, ki se ukvarjajo z zmanjševanjem tveganja posledic suše, zavezujejo k izdelavi strategije in programa varstva pred sušo ter pred vremenskimi ujmami v kmetijstvu; s tem v zvezi pa tudi k ureditvi predpisov s področja načrtovanja in urejanja prostora. Za zagotavljanje sredstev državne pomoči je še posebno pomembna metodologija, ki omogoča ocenjevanje škode po enotnih merilih; pri tem je pomembno preventivno delovanje in odgovornost za upravljanje s tveganjem in zavarovanjem pred sušo.

V preteklih desetih letih je država za odpravo posledic suše v kmetijstvu namenila ogromno sredstev. Celotna ocenjena škoda v sušnih letih 2000, 2001, 2003 in 2006 je skupaj znašala kar 247.261 tisoč evrov, izplačane pomoči za odpravo posledic pa 85.904 tisoč evrov (Računsko sodišče, 2007). Od tega je bil preventivnim ukrepom namenjen le neznaten delež. Med preventivnimi ukrepi je bila zgolj gradnja namakalnih sistemov, ustrezno kolobarjenje in izobraževanje kmetov o izbiri in gojenju ustre-

znih kultur, odpornih na sušo. Na sušno najbolj prizadetih zemljiščih je potrebno dati prednost tistim kulturam, ki dozoriijo, preden nastopi suša oziroma potrebujejo za rast manj vode. V bodoče bo potrebno dati večji poudarek tudi žitnemu kolobarju, ki njivske površine zapusti pred nastopom suše.

Dosedanji sistem za odpravo posledic suše je precej pomanjkljiv. Pristojnosti posameznih organov niso jasno določene, ni ustrezne strategije, programov ter letnih načrtov varstva pred sušo. Za učinkovitejše preprečevanje posledic pa so nujni programski in izvedbeni cilji ter nenazadnje krovnii predpis, ki bo urejal vse možne preventivne ukrepe. Državna pomoč je do sedaj potekala iz razpoložljivih virov proračunske rezerve, v bodoče naj bi se škoda pokrivala tudi preko vzajemne zavarovalnice oziroma rizičnega sklada. Sklad bo namenjen izplačevanju nadomestil škod pri tveganjih naravnih nesreč, ki jih ni mogoče zavarovati. Zakonske podlage za ustanovitev rizičnega sklada so še v pripravi.

Ne glede na to pa bi se moralo težišče ukrepov od odprave posledic suše prenesti na preprečevanje nastanka škode v kmetijstvu oziroma na blažitev njenih posledic, še posebno, ker suša ni več nepredvidljiv pojav. Izgradnja namakalnih sistemov je najbolj učinkovit in zanesljiv način obrambe pred kmetijsko sušo. Zahteva pa upoštevanje ekološkega vidika namakanja, potrebne količine vode in ekonomsko upravičenost naprave. Podatki kažejo, da se obseg namakanih površin v zadnjih letih zmanjšuje, nepopolne so evidence namakalnih površin, slabo je tudi vzdrževanje namakalnih sistemov. Vse to kaže na neučinkovitost pri izvajanju ukrepov povečanega obsega namakanja.

Ukrepi v procesu prilagajanja na podnebne spremembe pa so lahko učinkoviti le, če smo na sušo pripravljeni. Tudi v tem segmentu je pomembno vodenje politike, ki podpira aktivnosti za ozaveščanje in izobraževanje, izvajanje monitoringa kmetijske suše, upravljanje s sušnimi razmerami ter sprotne analize vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo v Sloveniji.

## **Operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin**

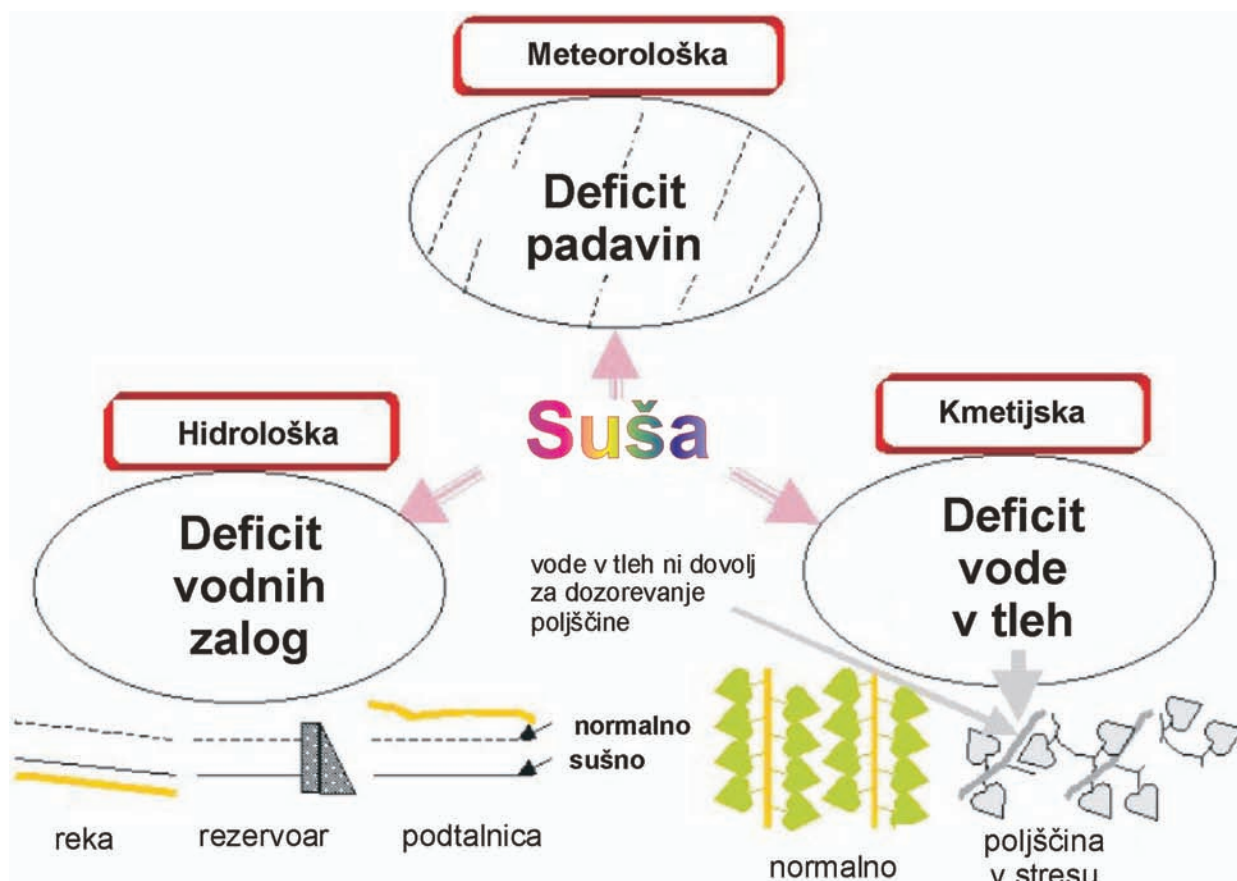
V nadaljevanju smo se osredotočili na predstavitev operativnega monitoringa vodne bilance kmetijskih rastlin. Ta je glavna naloga Oddelka za agrometeorologijo na Uradu za meteorologijo Agencije RS za okolje. Zajema vse: od meritev do modeliranja in priprave podatkov za zunanje uporabnike. Na področju redne oskrbe

kmetijskih rastlin z vodo so rezultati pomembni za spremljanje stanja tal, tako suše kot tudi pretirane moče, in napovedovanje namakanja. Suša ni problematična le v aridnih in semiaridnih predelih sveta, temveč tudi drugod po svetu povzroča predvsem izjemno velike izgube pri kmetijski produkciji. Tako tudi v JV Evropi zadnje čase vse pogostejše, daljše in intenzivnejše suše opozarjajo na ranljivost kmetijstva ter s tem pogojeno nujnost določanja in spremljanja stanja vode v tleh; če je mogoče, tudi napovedovanje namakanja. Pomembno se je zavedati, da nam stanje vode v tleh ni vedno naklonjeno. Mnogi kmetovalci so ob zadnjih sušah to že občutili, a na razmere niso bili pripravljeni. Posledice podnebne variabilnosti se že kažejo, v blaženje pa moramo na začetku precej vložiti. Sčasoma se nam trud sicer povrne, a se predvsem zaradi velikega začetnega finančnega vložka mnogi za to nočejo ali ne morejo odločiti. Po drugi strani pa se v luči podnebnih sprememb vedno bolj zavedamo tudi izrazite variabilnosti med leti in celo lokacijsko v posameznem vegetacijskem obdobju. Temu smo bili priča v letu 2009, ko je bila Primorska izredno suha, Prekmurje pa preveč mokro.

Nobena definicija kmetijske suše/moče pa ne ustreza vsem okoljem. To še posebej velja za tako razgibano regijo, kot je JV Evropa. Zato se ne moremo zanašati na uporabo enega sušnega indeksa, temveč je zelo zaželeno, da preučimo kombinirano uporabo primernih kazalnikov - enostavnih ocen suše, meritev vodnega stanja tal, modelskih simulacij suše in sušnih indeksov. Naš operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin je zato zgrajen na več temeljih. Stanje spremljamo na različne načine, ki so predstavljeni v nadaljevanju, pripravljamo sprotne analize in sodelujemo pri pripravljanju ukrepov. Hkrati pa se zavedamo, da agrometeorološke informacije, tudi če so pridobljene po najsodobnejši metodologiji, nimajo velike vrednosti, če niso ustrezno podane, ovrednotene in posredovane vsem zainteresiranim uporabnikom. Zato produkte predstavljamo na prenovljenem meteorološkem portalu, ki ga bomo v prihodnje še nadgrajevali. Odprti pa smo tudi za sodelovanje z različnimi institucijami in posamezniki.

Meritve in modelske izračune uporabljamo tudi pri izdajanju dekadnega biltena stanja vodne bilance. Pripravljamo ga v vegetacijskem obdobju, ko je stanje tal za kmetijske rastline najaktualnejše, to je od aprila do septembra. Dostopen je na naši internetni strani.

Najosnovnejši način je določanje vodne bilance kot razlike med izmerjeno količino padavin in izračunano potencialno evapotranspiracijo. Referenčna potencialna evapotranspiracija (ET<sub>0</sub>) je količina vode, ki je izhlapela iz referenčne rastline in tal. Privzeta referenčna



**Slika 1.** Suša je več vrst (povzeto po [indiagovernance.gov.in/droughtmanagement.php](http://indiagovernance.gov.in/droughtmanagement.php)).

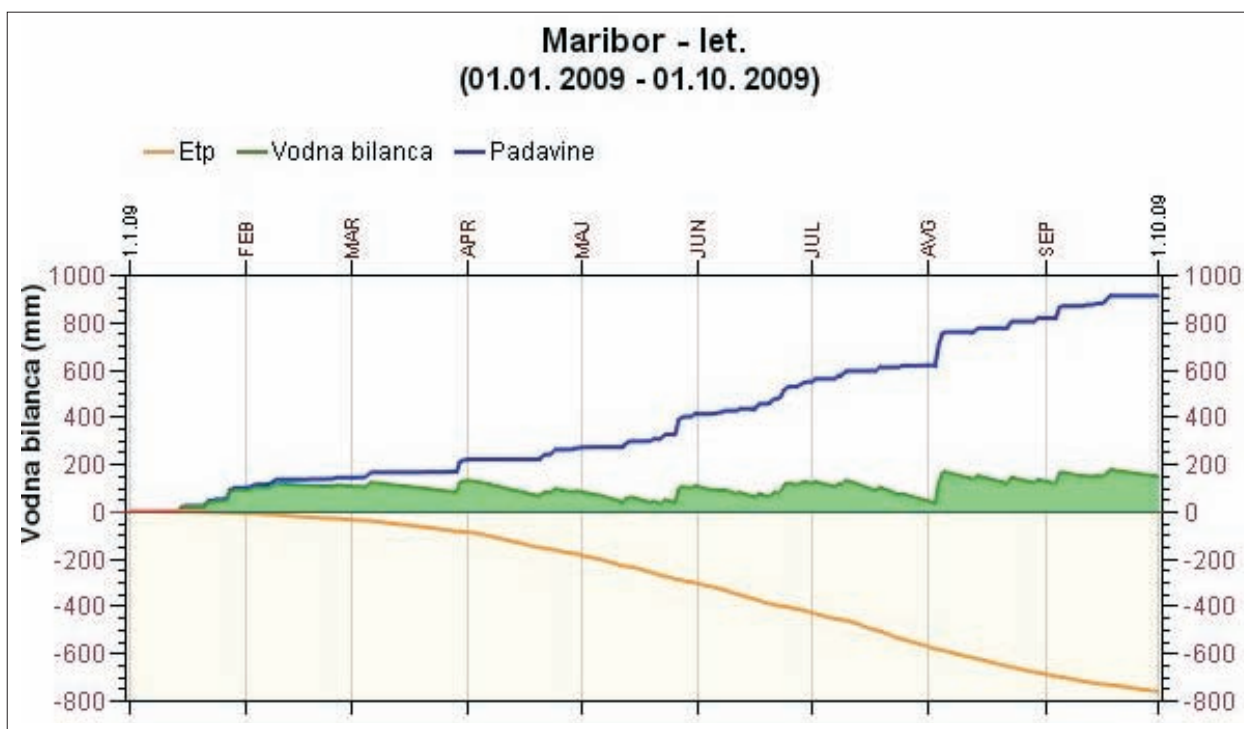
površina je aktivno rastoča trava, ki popolnoma prekriva tla in je zadostno preskrbljena z vodo, ima višino 0,12 m, površinsko upornost 70 s/m in albedo 0,23. Za izračun  $ETo$  uporabljamo Penman-Monteithovo metodo (FAO, 1984), ki upošteva naslednje meteorološke spremenljivke: temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno sevanje. Izkazala se je namreč za najbolj uporabno za Slovenijo (Kurnik, 2002).

### Slovenski agrometeorološki informacijski sistem (SAGMIS)

Na Oddelku za agrometeorologijo smo za operativno interno rabo razvili učinkovit Slovenski agrometeorološki informacijski sistem (SAGMIS), kjer enostavno dostopamo do baz izmerjenih in izračunanih vrednosti. Primer izmerjenih padavin, izračunanih vrednosti potencialne evapotranspiracije in na njuni osnovi ocenjene osnovne vodne bilance lahko vidimo na sliki 2. Razvidno je, da je bila kumulativna vodna bilanca v Mariboru v letu 2009 zaradi nadpovprečne količine padavin ves čas pozitivna, se je pa nekajkrat približala ničli.

Za natančnejše vodnobilančne izračune uporabljamo agrometeorološki namakalno-napovedovalni model IRRFIB. Je računalniški model, ki simulira porabo vode rastlin tekom vegetacijske dobe in upošteva vsebnost vode v tleh, fenološke faze rastlin, globino koreninjenja ter vremenske razmere. Vključeni so mejni pogoji, kot je razpoložljivost talne vode od nasičenosti do izsušenosti.

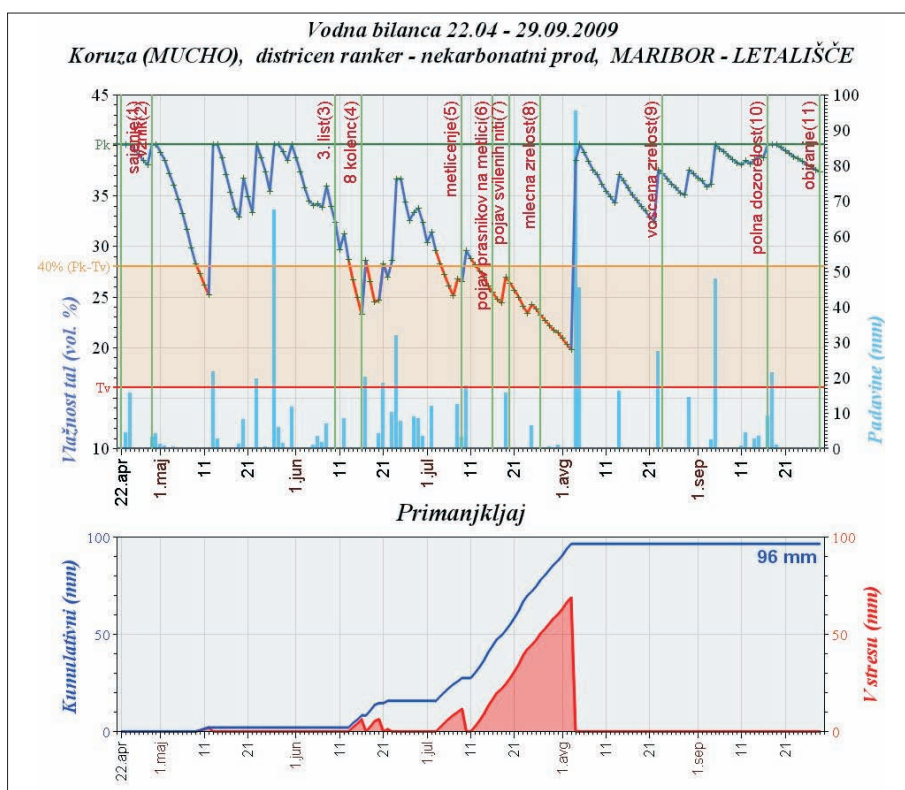
Vhodne podatke razdelimo na tri tipe: meteorološki podatki (padavine in izračunana potencialna evapotranspiracija), podatki o razvoju rastline in podatki o tipu tal (Kajfež-Bogataj in Sušnik, 2003). Tla so modelirana kot ena plast, pri čemer zanemarimo kapilarni efekt korenin. Pomembna parametra tal sta poljska kapaciteta (PK) in točka venenja (TV). PK predstavlja količino vode v tleh po tem, ko je vsa prosta voda odtekla zaradi gravitacije. V peščenih tleh prosta voda lahko odteče v nekaj urah, v finoteksturnih, glinenih tleh pa lahko traja nekaj dni. S pravilnim namakanjem zapolnimo talni rezervoar do PK. TV predstavlja točko, pri kateri rastlina uvne in po določenem času trajno propade. Čeprav v tleh še lahko obstaja nekaj vode, pa rastlini od te točke dalje ni več dostopna. Za rastlino so pomembni opisni podatki o času nastopa razvojnih stadijev, ki so vnaprej določeni za vsako rastlino posebej.



**Slika 2.** Grafični prikaz podatkov o padavinah, potencialni evapotranspiraciji in vodni bilanci v Mariboru za obdobje od januarja do oktobra 2009 na SAgMISu

Model IRRFIB potrebuje še ostale, predvsem tehnične podatke za delovanje. Tukaj so vključeni podatki o načinu namakanja in dovoljenem odvzemu vode iz tal. Model izračunava celotno vodno bilanco v sistemu rastlina–tla za en dan ali za celotno vegetacijsko obdobje. Za sušna

obdobja ga je testiral Matajc (2002). Izhodni podatki so lahko v grafični in tabelarni obliki. Podana je dnevna poraba vode pri rastlinah, prav tako tudi količina vode v tleh, če so tla z rastlino optimalno namakana. Prikazano je še stanje za nenamakane razmere.



**Slika 3.** Vegetacija se začne 22. aprila 2009 in traja do 29. septembra 2009, skupaj 161 dni. V tem obdobju je vsota padavin 670 mm in vsota evapotranspiracije 602 mm. Rastlina je porabila 339 litrov vode in bila v stresu 39 dni. Najdaljše obdobje v stresu je trajalo 23 dni, rastlini pa je v stresu manjkalo 97 litrov vode.

Faza	Začetek	Stres(dni)	Maksimalni interval
Sajenje	22. apr.	0	0
Vznik	29. apr.	3	3
3. list	10. jun.	2	2
8. kolence	16. jun.	10	5
Metličenje	09. jul.	5	6
Pojav prašnikov na metlici	16. jul.	4	8
Pojav svilenih niti	20. jul.	7	15
Mlečna zrelost	27. jul.	8	23
Voščena zrelost	24. avg.	0	0
Polna dozorelost	17. sep.	0	0
Obiranje	29. sep.	0	0

#### Pregled manjka vode v stresnih intervalih

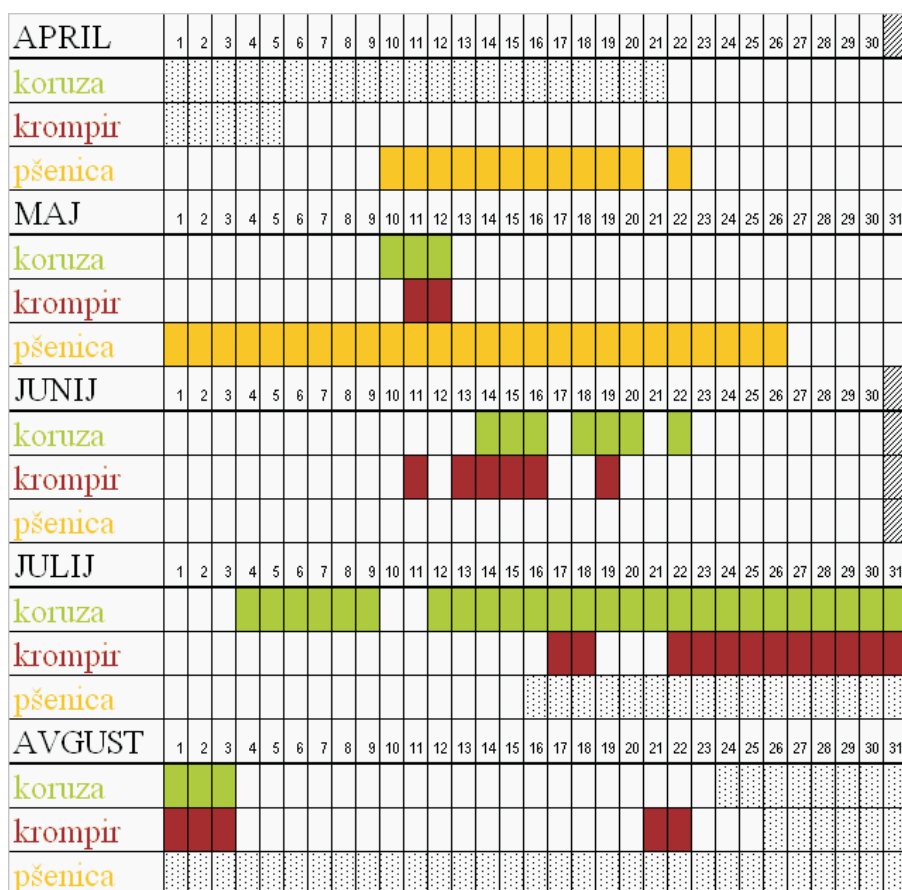
Zaporedni interval	Obdobje	Dolžina	Primanjkljaj (mm)	Dni na točki venenja
1	10.05.–12.05. 2009	3	2.0	0
2	14.06.–16.06. 2009	3	6.2	0
3	18.06.–20.06. 2009	3	6.3	0
4	22.06.–22.06. 2009	1	1.2	0
5	04.07.–09.07. 2009	6	11.7	0
6	12.07.– 03.08. 2009	23	69.0	0
<b>SKUPAJ</b>		<b>39</b>	<b>96.0</b>	<b>0</b>

**Preglednica 1.** Primer grafičnega prikaza izračuna modela IRRFIB za koruzo na lokaciji Maribor s komentarjem, kot je pripravljen na SAgMISu

Posebnost in velika prednost modela je možnost vključevanja vremenske napovedi za 3 do 5 dni vnaprej. Z vključevanjem prognoze in podatkov meteorološkega monitoringa lahko spremljamo trenutno stanje na terenu in vodimo vodne bilance za različne regije v Sloveniji. Na ta način lahko zmanjšamo število namakanj in količino namakalne vode ob eventuelnih napovedanih padavinah. Ob stabilni vremenski situaciji nam omogoča oceno potencialne vode, ki bo v prihodnjih dneh izhlapela iz rastline, in temu primerno aplikacijo vode.

Na SAgMISu se za določene rastline na izbranih lokacijah sproti osvežujejo matrike rezultatov s povzetkom stanja. Tako je na primer v Mariboru od 22. 4. (začetek vegetacijskega obdobja) do 24. 8. 2009 (konec vegetacijskega obdobja) padlo 562 mm padavin in izhlapelo 507 mm vode. Koruza je porabila 281 litrov vode in bila v stresu 39 dni. Pri tem kot dejansko porabljeno vodo vzamemo seštevek dnevni vrednosti dejanske evapotranspiracije, v stresnih dneh, ko rastlina izčrpa rezervoar in ji je dostopna le še polovica izračunane vrednosti dejanske evapotranspiracije, pa polovične vrednosti dejanske evapotranspiracije. Najdaljše obdobje v stresu je trajalo 23 dni.

Izbrani primer simulacije sušnih obdobj za Maribor v letu 2009 kaže močan signal neugodnega vremena za pšenico v aprilu in maju ter intenzivno poletno sušo z negativnim vplivom na razvoj koruze sredi junija in v juliju.



**Slika 4.** Trajanje vegetacijskega obdobja (polja brez vzorca) in dnevi, ko je rastlina v sušnem stresu (obarvana polja) od aprila do avgusta 2009 v Mariboru glede na simulacijo z modelom Irrfib

## Modeli potrebujejo tudi meritve

Izračuni in modeliranje vode v tleh samo po sebi brez možnosti evaluacije z izmerjenimi vrednostmi nimajo nobene dodane vrednosti.

Zaenkrat imamo 6 merilnikov vode v tleh, od tega samo dva (Bilje, Murska Sobota) delujeta že daljši čas (od leta 2005), ostali pa so bili postavljeni 2009 in so še v fazi preizkušanja.

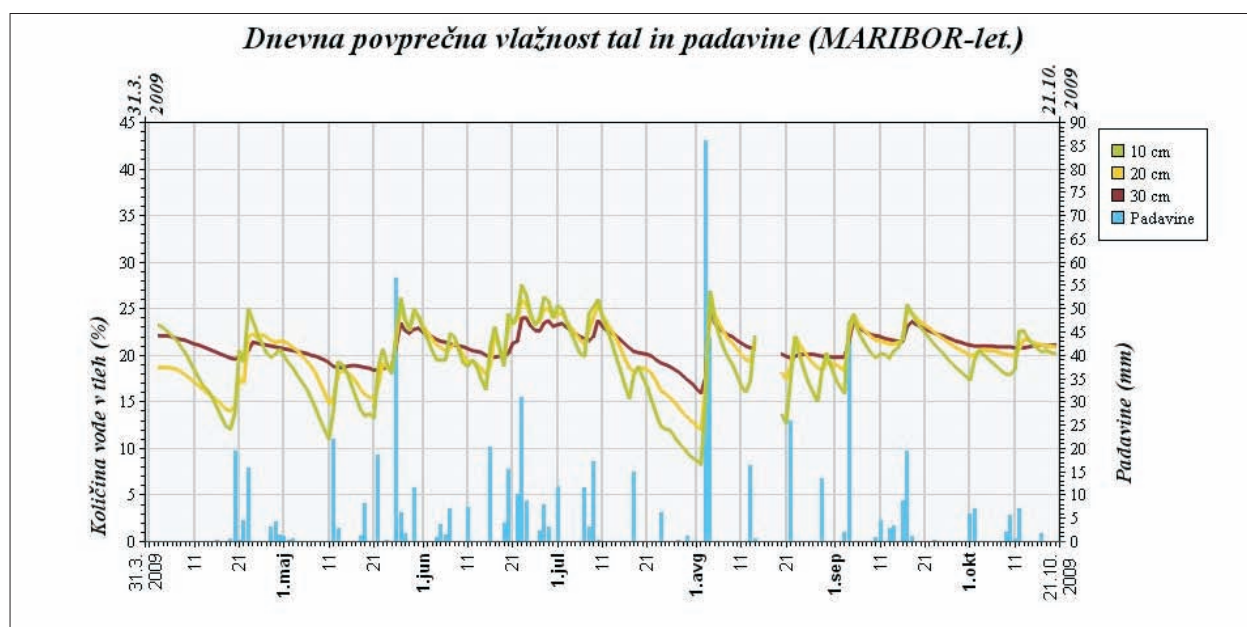
TRIME®-EZ merilnik deluje na osnovi reflektometrije (TDR-Time Domain Reflectometry), ki meri dielektrično konstanto snovi (IMKO, 2004). Dielektrična konstanta je kompleksna lastnost, ki ponazarja vlažnost snovi (tal). Kovinska viličasta sonda prenaša signal preko visokofrekvenčnih pulzov, ki se širijo v smeri valovanja in ustvarjajo elektromagnetno polje okrog nje. Na koncu se pulz vrne nazaj do vira. Čas prenosa in dielektrična konstanta sta odvisna od vsebnosti vode v tleh. Ta se izračuna znotraj sonde. Izračun je dostopen kot standarden analogen izhodni podatek (v volumskih odstotkih). Meritve se izvajajo na globinah 10, 20 in 30 cm, do podatkov pa dostopamo na SAgMISu. V testnem obdobju 2004 v Ljubljani se je pokazala močna korelacija ( $r^2 = 0,94$ ) med modelom IRRFIB in meritvami (Sušnik, 2006).

Grafičen prikaz je zelo pregleden in nam omogoča hiter vpogled v dejansko stanje tal na določeni lokaciji, ki se velikokrat izsušijo precej hitreje, kot bi si predstavljali. Na žalost so tla zelo raznolika, zato iz specifične meritve težko govorimo o splošnem stanju. Mrežo merilnikov bomo postopno razširjali. V okviru projekta *Nadgradnje sistema za spremljanje in analiziranje vodnega okolja v Sloveniji* Agencije RS za okolje načrtujemo postavitve 5 dodatnih lokacij. Imamo tudi nov prenosni merilnik vode v tleh, ki nam bo v pomoč pri delu na terenu.

Vodo v tleh pa lahko na kraju samem določimo posredno z malimi razsutimi talnimi vzorci in »infrardečo« tehtnico, v kateri vzorce tal sušimo 10 minut na 105 °C. Če je na primer trenutna voda v tleh 24 vol. %, to pomeni, da je v 10 cm debelem sloju tal 24 mm ali 24 litrov na kvadratni meter vode za rastline. Dejansko pa je uporabnih le 50 do 60 % te vode, torej 12 l/m<sup>2</sup>, kar pri npr. dnevni evapotranspiraciji 4 mm zadostuje za 3 dni, potem pa je že potrebno ukrepati z namakanjem.



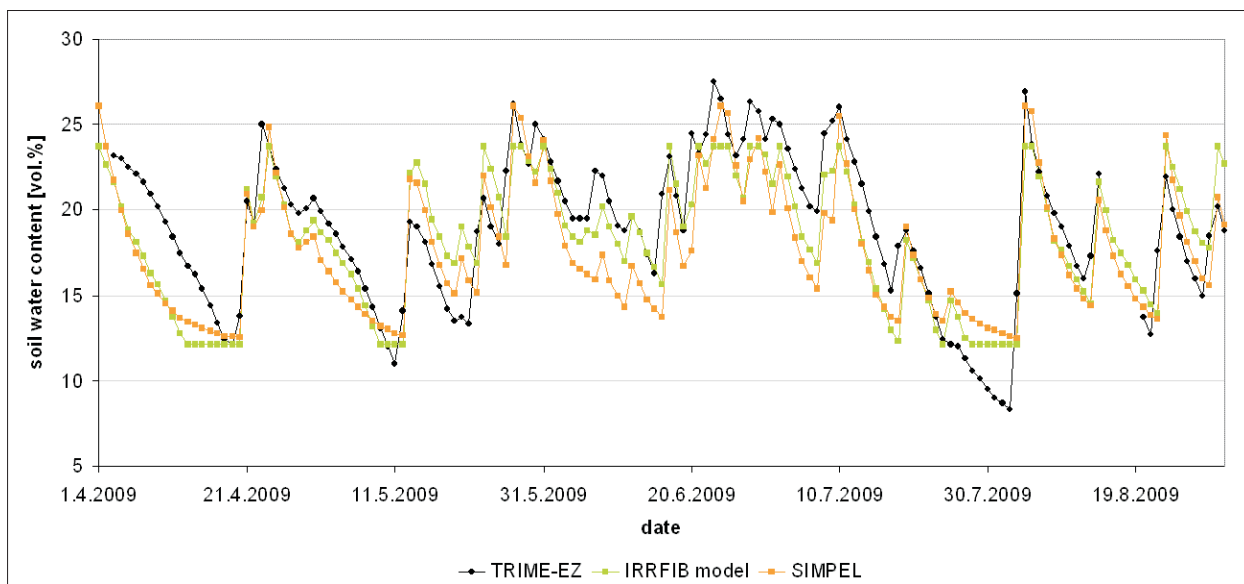
**Slika 5.** Meritve vode v tleh in analize tal so pri spremljanju vodne bilance v kmetijstvu nujno potrebne (foto: Arhiv ARSO).



**Slika 6.** Primer grafičnega prikaza izmerjenih vrednosti vode v tleh z merilnikom Trime na treh globinah in prikaza izmerjenih padavin

Izračune z modelom IRRFIB torej preverjamo s pomočjo meritev, pripravili pa smo tudi že nekaj primerjav z nemškim vodnobilančnim modelom SIMPEL (Ipavec, 2007). V prihodnosti ga bomo lahko uporabili za modeliranje ali za pomoč pri izboljšavi modela IRRFIB. V pripravi je predvsem nadaljnji razvoj v smislu boljše simulacije infiltracije padavin. V kratkem bi radi pripravili tudi javni dostop do modela, pri čemer bi uporabniki lahko uporabili svoje lastne podatke, si izračunali stanje vode v tleh ter potrebno količino namakanja.

Kot vidimo iz slikovne priloge, je modelirano stanje vode v tleh blizu izmerjenemu. Predvsem se odlično ujema časovni potek spreminjanja stanja tal, model pa količino vode v tleh večkrat podcenjuje kot precenjuje. Dobra povezanost je vsekakor nadaljnja motivacija za razvojno delo na modelih, za načrtovanje namakanja in razširitev spremljanja stanja vode v tleh na več lokacijah po Sloveniji.



**Slika 7.** Referenčno stanje vode v tleh od aprila do septembra 2009 v Mariboru, kot smo ga izmerili z merilnikom Trime (črna) in simulirali z modeloma IRRFIB (zelena) in SIMPEL (oranžna).

## Regionalno in mednarodno spremljanje razvoja suše

Spremljanje lokalnih sušnih razmer s pomočjo meritev vodnosti tal in izračunov vodne bilance je nedvomno najpomembnejše z vidika prizadetega kmetovalca ali drugega uporabnika vodnih virov. Vendar pa je predvsem s stališča institucij, ki so odgovorne za odpravo posledic suše, zanimivo, kakšne so prostorske razsežnosti suše in za katera območja lahko pričakujemo relativno večjo ali manjšo škodo v različnih sektorjih. Zato je koristno, da na razmere pogledamo tudi bolj »od daleč«.

Regionalne (in tudi mednarodne) analize suše seveda zajemajo večjo količino podatkov iz različnih virov. Potrebna sta tudi določena standardizacija in izbor (v nekaterih primerih tudi filtriranje) lokalnih podatkov. Na tej točki se regionalna analiza razlikuje od lokalne, kjer stremimo k čim večjemu naboru podatkov in vključitvi vseh relevantnih podrobnosti v analizo. Zato je potrebno karte suše, ki so pripravljene za velika geografska območja, obravnavati »z zrnem soli«; njihov namen ni »točkovna obravnava«. Na takšni karti torej ne moremo izbrati točke in po stopnji suše v tej točki sklepati na lokalne razmere.

## Standardiziran padavinski indeks

Obstajajo različni indikatorji, ki definirajo sušnost in se računajo s pomočjo različnih naborov spremenljivk. Eden od širše sprejetih je tako imenovan standardiziran padavinski indeks (Standardized Precipitation Index - SPI). Za

njegov izračun potrebujemo le podatke o količini padavin za dovolj dolgo obdobje (časovni niz naj bi bil dolg vsaj 30 let). SPI prikaže, za koliko v izbranem obdobju padavine odstopajo od »normalnih« razmer. Tako vrednosti SPI nad 0 kažejo bolj mokra obdobja, vrednosti pod 0 pa bolj suha kot povprečno. Splošno sprejet prag za oznako stanja s pojmom »suša« je vrednost SPI -1 (kar pomeni, da je aktualno stanje glede na večletne razmere uvrščeno med približno 30 % najbolj neugodnih stanj).

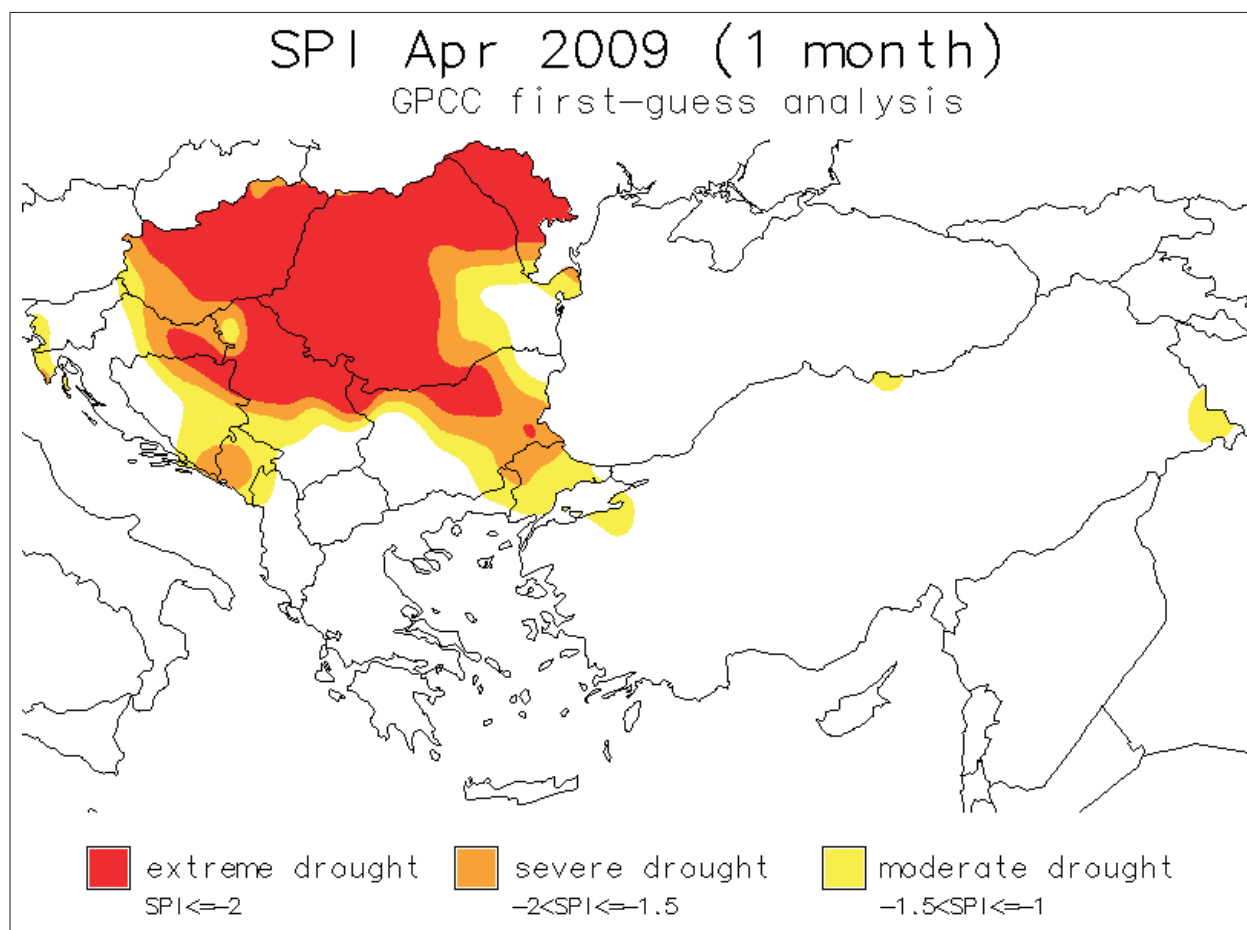
Dolžina časovnega niza je zelo pomembna; daljši, kot je niz, bolj smo lahko prepričani v verodostojnost izračuna. 30-letno obdobje nam z zadovoljivo verjetnostjo zagotavlja, da bo izračun odstopanja od običajnih razmer stabilen. Izračun SPI z dovolj dolgim časovnim nizom nam tako prikaže, koliko razmere glede na količino padavin odstopajo od večletnega povprečja. Po tem postopku se izračun SPI lahko pripravi za različno dolga časovna obdobja, vendar običajno ne krajša od enega meseca (za krajše časovno obdobje je že vprašljiva upravičenost uporabe statističnih metod). Tudi mesec dni je relativno kratka doba; največkrat se uporablja obdobje treh ali šestih mesecev, za ugotavljanje anomalije rečnih pretokov ali večje verjetnosti anomalije namočenosti tal pa je primerna tudi doba dveh mesecev (Gregorič in Ceglar, 2007). Vpliv suše na zaloge vode v podtalnici ali na stanje večjih vodotokov je tesneje povezan z dolgotrajnejšimi odstopanji količine padavin od povprečja, zato je primernejši izračun SPI za 9 ali 12 mesecev. V tem obdobju se SPI tudi dobro ujema z nekaterimi sušnimi indeksi, ki so primerni za analize dolgotrajne suše (npr. PDSI; Bussay et al., 1998). Vendar pa se - predvsem zaradi večje aktualno-

sti in hitrejšega odzivnega časa - za izračun SPI največkrat uporabljajo krajša časovna obdobja.

## Analiza sušnih razmer za območje JV Evrope

Glede na lastnosti indeksa SPI (relativno preprost izračun, ki temelji zgolj na podatkih o količini padavin) je bila izbira tega indeksa za prvi poskus izdelave analize suše za območje celotne JV Evrope dokaj logična. Kot podatkovni vir v tem primeru nismo uporabili merskih podatkov iz meteoroloških postaj, temveč že izdelane analize padavin Globalnega centra za klimatologijo

padavin (GPCC; Rudolf in sod., 2005). GPCC izdeluje mesečne analize padavin v pravilni mreži točk, kar je za pripravo kart zelo prikladno. Poleg analiz padavin potrebujemo seveda še daljše časovne nize podatkov. Analize padavin za obdobje 1951–2000 so bile izdelane v okviru projekta VasclimO (Variability Analysis of Surface Climate Observations - Beck in sod., 2005). Njihove analize se nahajajo na spletni strani [www.dmcsee.org](http://www.dmcsee.org), kjer so dostopni tudi izračuni SPI za pretekla obdobja. Na sliki 8 je narisana karta SPI za mesečno obdobje. Pripravljena je bila ob koncu meseca aprila v letu 2009. Iz slike je razvidno, da pomlad ni obetala ugodnega razvoja; na srečo pa je bilo vreme v poletju 2009 ugodnejše.



**Slika 8.** SPI za april 2009 (mesečna skala). Padavine so bile v tem mesecu precej manjše od povprečja v pretežnem delu JV Evrope.

Možna alternativa zbiranju in obdelavi merskih podatkov je tudi uporaba prognoističnih modelov za napovedovanje vremena. Če ta računalniška orodja »vgnezdimo« v bolj zanesljive analize trenutnega vremenskega stanja (namesto v običajne vremenske prognoze), dobimo dokaj zanesljive analize stanja s solidno prostorsko ločljivostjo - torej idealno orodje za izde-

lavo regionalnih analiz suše. Kot pri kratkoročni prognozi vremena tudi v tem primeru ne moremo računati na zanesljivo točkovno interpretacijo. Simulacije nam lahko pomagajo le z okvirno sliko stanja, podobno kot globalne analize padavin (slika 8). Je pa uporaba prognoističnih modelov gotovo ena od bolj perspektivnih možnosti pri razvoju orodij za spremljanje suše.

## Kako obvladovati sušo v prihodnje?

Radi rečemo: »Več kot znaš, več veljaš«. Z boljšim poznavanjem fenomena suš, z boljšim sledenjem in povezovanjem bi »več znali in veljali« tudi pri nas.

Preizkušali so se že številni pristopi za prilagajanja sušnejšim razmeram in spremembi oskrbe rastlin z vodo tudi preko tehnoloških ukrepov in sprememb kmetovanja. Primeri dobre prakse bi morali biti intenzivneje predstavljeni širši javnosti.



**Slika 9.** Za zmanjšanje učinkov suše bo potrebno prilagoditi tehnologijo obdelave tal in gojenja kmetijskih rastlin (foto: Arhiv ARSO).

Naše pobude za prihodnost:

- Koordinirano reševanje problema suš z integriranim delovanjem vseh vpletenih institucij.
- Povečevanje zmogljivosti za celostno in trajnostno gospodarjenje s tlemi in vodo z razvojem sistemsko urejenih podatkovnikov (pedološka karta, rodovitnost tal, onesnaženje tal) in z dobro določenim načinom njihovega povezovanja z drugimi okoljskimi bazami podatkov (zadrževalna sposobnost tal za vodo na kmetijskih tleh v povezavi s stanjem vodne zaloge, namakanje, zadrževanje vode ...). V Sloveniji so pristojnosti o podatkih o tleh razdeljene med dve ministrstvu (MKGP in MOP) in nekaj inštitutov (CPVO, GIS, KIS ...); podatkov je razmeroma veliko, vendar ni krovnega sistema za upravljanje.
- Priprava programov za prilagajanje novim podnebnim razmeram, kamor sodi suša, na nivoju posameznika – kmeta, institucij in države.
- Razmisliti bo potrebno tudi o spremembah

Poleg tega bo v državi potrebno doreči tudi ravnanje kmetijske prakse ob suši ter spreminjajočem se podnebnju in dodelati metodologije za oceno kmetijskih suš ter strategije zmanjševanja tveganja suše v kmetijstvu. Ob močnih sušah je prizadet edini vir vode tudi za različne druge gospodarske sektorje. Zato bo v državi potrebno doreči krizni načrt in prioritete.

Zakona o odpravi posledic naravnih nesreč (ZOPNN) ter programov odprave posledic v smer boljšega upravljanja s sušo in ne le upravljanja z njenimi posledicami. Obvladovanje suše v Evropi se v zadnjem času vse bolj nagiba k upravljanju tveganja namesto k v preteklosti uporabljenega kriznega upravljanja. Kljub temu analize za Evropo kažejo, da večina evropskih držav reagira na pojav suše z razglasitvijo nacionalnega ali regionalnega programa za zmanjšanje posledic. Mednje sodi tudi Slovenija z Državnimi programi o odpravi posledic naravnih nesreč. Le redke države pa so izdelale vsestranski dolgoročni program pripravljenosti na sušo in akcijski načrt v skladu z nacionalno politiko, ki bi zmanjšala tveganje in ranljivost na sušo.

- Vključevanje v programe in iniciative evropskih mrež za raziskave suše in upravljanja z njo. V zadnjem času je povečana aktivnost v zvezi s povečanim pomanjkanjem vode v Evropi tudi na področju Vodne direktive EU (Water Framework Directive), Konven-

cije Združenih Narodov o boju proti dezertifikaciji (UNCCD), Svetovne meteorološke organizacije (WMO) in Evropske Komisije. Kamenček v mozaiku je tudi delovanje DMC-SEE, ki bo poskušal združevati stroko na področju raziskav suše v JV Evropi. Upamo, da nam bo boljše sodelovanje na področju upravljanja s sušo uspelo tudi v Sloveniji.

## Literatura

1. Beck, C., Grieser, J. and Rudolf, B. (2005). *A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. Climate Status Report 2004*, pp. 181 - 190, German Weather Service, Offenbach, Germany
2. Bussay, A., Szinell, C. and Szentimery, T. (1999). *Investigation and Measurements of Droughts in Hungary. Hungarian Meteorological Service, Budapest.*
3. Governance Knowledge Centre (GKC). *Drought Management Karnataka*. <http://indiagovernance.gov.in/droughtmanagement.php> (1.11.2009)
4. FAO (1998). *Technical papers, Irrigation and drainage paper, Crop water requirements*, no. 56, part I.
5. Gregorič, G. and Ceglar, A. (2007). *Monitoring suše – regionalni aspekt*. 18. Mišičev vodarski dan / Zbornik referatov, pp. 124–127.
6. IMKO.2004. *Tehnična dokumentacija - priročnik*. IMKO Micromoduletechnik GmbH: 17 str; dostopno na: [http://www.imko.de/ENG/index.php?option=com\\_content&task=view&id=38&Itemid=38](http://www.imko.de/ENG/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=38)
7. Ipavec, T. 2007. *Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko*: 62str.
8. Kajfež-Bogataj L., Sušnik A. 2003. *Operativni agrometeorološki modeli za izračun vodne bilance kmetijskih tal. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu 2002*. Zreče, 5.–6. dec. 2002. Tanjšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 164–170.
9. Kurnik, B. 2002. *Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Diplomsko delo. FMF, Univerza v Ljubljani*. 66 str.
10. Matajc I. 2002. *Suša. V: Nesreče in varstvo pred njimi. Ušeničnik B. (ur.)*. Ljubljana, Uprava za zaščito in reševanje, Ministrstvo za obrambo: 297–302.
11. Računsko sodišče. 2007. *Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu*: 85 str.
12. Rudolf, B., C. Beck, J. Grieser, U. Schneider (2005): *Global Precipitation Analysis Products. Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), DWD, Internet publication*, 1–8
13. Sušnik A. 2006. *Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo*: 147 str.



*Reke je potrebno vzdrževati  
(foto: Tanja Cegnar).*

# Kako upravljati z vodno infrastrukturo?

## Primer: neurja na porečjih Save in Drave

Stanka Koren, Mateja Klaneček, Alenka Kambič

*Upravljalci vodne infrastrukture in vodnih zemljišč smo postavljeni pred čedalje večje izzive, kako prilagoditi upravljanje vedno večjim hidrološkim spremembam. Zadnja leta opazimo, da že ob vsakem večjem lokalnem pojavu padavin prihaja do večjih poškodb na vodnih in priobalnih zemljiščih ter vodni infrastrukturi. Vrsto let je bilo za vzdrževanje vodne infrastrukture ter vodnih in priobalnih zemljišč namenjeno premalo sredstev. Vzdrževalo se je samo najnujnejše, s tem pa se je zmanjšala odpornost dobrega odzivanja na hidrološke spremembe. Za vzdrževalna dela bo potrebno zagotavljati več sredstev ter se odzivati hitro in učinkovito. Kot primer izpostavljamó neurja, ki so julija in avgusta 2009 prizadela nekatera slovenska območja ter povzročila kar nekaj škode. Predstavljeni so interventni ukrepi po neurjih in načrtovanje novih objektov vodne infrastrukture za preprečitev škode ob morebitni ponovitvi neurja.*

### Kako upravljati z vodno infrastrukturo ter vodnimi in priobalnim zemljišči?

Upravljalci vodne infrastrukture in vodnih zemljišč smo postavljeni pred čedalje večje izzive, kako prilagoditi upravljanje čedalje večjim hidrološkim spremembam.

Zadnja leta opazimo, da že ob vsakem večjem lokalnem pojavu padavin prihaja do večjih poškodb na vodnih in priobalnih zemljiščih ter vodni infrastrukturi. Ob tem ne moremo mimo dejstva, da je potrebno za vzdrževalna dela zagotavljati več finančnih sredstev tako države kot lokalnih skupnosti ter se odzivati hitro in učinkovito.

Na državnem nivoju se skuša zmanjševati škodo na dva načina:

1. Z vodenjem postopkov s področja upravljanja z vodami se skuša usmerjati gradnjo izven območij vodnih zemljišč in priobalnih zemljišč, poplavnih in erozijskih območij.
2. Z ukrepi urejanja voda se skuša doseči povečanje varstva pred škodljivim delovanjem voda. Obvezna državna gospodarska javna služba urejanja vode izvaja vzdrževalna in sanacijska dela, s pomočjo posebnega proračunskega sklada (vodni sklad) pa se vodi državne prostorske načrte umeščanja vodne infrastrukture v prostor ter gradi to infrastrukturo za zaščito premoženja in človeških življenj pred škodljivim delovanjem voda.

Postopkovni del se v zadnjih letih razvija in čedalje natančneje usmerja posege z namenom čim manjšega ogrožanja življenj in pomembnega premoženja.

Vrsto let je bilo za vzdrževanje vodne infrastrukture ter vodnih in priobalnih zemljišč namenjeno premalo finančnih sredstev in se je vzdrževalo samo najnujnejše. S tem se je zmanjšala odpornost dobrega odzivanja na hidrološke spremembe in zgrajeni objekti ob pojavu ekstremnih dogodkov ne delujejo tako optimalno, kot bi lahko glede na projektirane vrednosti.

Vrsto objektov vodne infrastrukture je potrebno intenzivneje vzdrževati ter zmanjšati delež škode na premoženju ljudi in javni infrastrukturi z ukrepi čiščenja zamuljenih zadrževalnikov, odstranjevanjem zaraščenih in zaplavljenih strug potokov rek ter hudournikov.

Več objektov je tudi starejšega datuma in so potrebni temeljitih obnov ter zamenjav. Prav tako se je potrebno ob pojavu erodiranj hudourniških strug odzvati zelo hitro z gradnjo stabilizacijskih prečnih objektov, ki rušilno moč omejijo in upočasnjujejo sproščanje plavin.

Za to je potrebno iz investicijskih sredstev vodnega sklada zagotavljati hiter odziv projektiranja in financiranja takih objektov, prav tako pa tudi za investicijsko vzdrževalna dela na vodni infrastrukturi zagotavljati redna finančna sredstva za hitro ukrepanje.

Ob pojavu poškodb na vodotokih po neurjih se sprejemajo sanacijski programi za odpravo posledic škode na objektih obstoječe vodne infrastrukture. Spodaj naštevamo nekaj dejstev.

Vlada RS je s sklepom št. 41008-11/2008/8 z dne 3. 4. 2008 sprejela triletni Program odprave posledic neposredne škode na stvareh zaradi posledic neurja s poplavo 18. septembra 2007 za obdobje 2008–2010. V okviru tega program je "za izvedbo vzdrževalnih del v javno korist na vodotokih" namenila sredstva v višini 50.701.653 EUR. V letu 2008 je bilo za izvedbo vzdrževalnih del v javno korist na vodotokih na proračunski postavki 3538 zagotovljenih 10.200.000 EUR, v letu 2009 pa po rebalansu proračuna v juliju 7.769.357 EUR.

Glede na zagotovljena (predlagana) sredstva lahko iz rednih sredstev, namenjenih za javno službo urejanja voda, namenimo za leto 2010 5.000.000 EUR, enako tudi za leto 2011.

Zgodba sanacije se podaljšuje. Temu dodajamo še zgodbo neurij v letu 2009:

- ocenjena škoda na vodni infrastrukturi v juliju 2009 znaša 4.592.043,62;
- ocenjena škoda na vodni infrastrukturi v avgustu 2009 znaša 1.149.188,36;
- ocenjena škoda na vodni infrastrukturi v septembru 2009 znaša 12.799.458,00;
- ocenjena škoda na vodni infrastrukturi v decembru 2009 znaša 32.169.261,24.

Torej smo ves čas korak za naravnimi procesi in odzivanji nanje.

Dejstvo je, da se moramo z naravo naučiti živeti, kar kot sodobna in razvita družba tudi čedalje bolj pozabljamo. Naravnim procesom se moramo prilagoditi. Škoda je čedalje večja tudi zato, ker smo postali bogatejši in posedujemo več premoženja, ki ga neurja poškodujejo. Vseeno pa je potrebno najti kompromis med tem, kako umeščamo svoje posege ob vodo, kje si lahko privoščimo odvzeti vodi prostor in kje ne ter koliko to stane. Kot država, lokalne skupnosti in posamezniki moramo prevzeti odgovornosti za svoja početja.

## Nekatere posledice poletnih neurij v letu 2009

Julija in avgusta 2009 so neurja s hudourniškimi izbruhi zajela nekatera slovenska območja in na objektih vodne infrastrukture, še posebej pa na vodnih in priobalnih zemljiščih povzročila kar nekaj škode. Predstavljeni so interventni ukrepi po neurjih. Na prizadetih vodotokih so zaradi morebitne ponovitve neurja potrebni novi objekti vodne infrastrukture. Navedeni so kratki opisi potrebnih investicij, v okviru ocene škode pa tudi konkretne vrednosti posameznih ukrepov.

## Poplave na pritokih Save v občini Dol pri Ljubljani - pregled škode in analiza vzrokov s predlogi

V poletnih mesecih leta 2009 je bilo na območju srednje Save kar nekaj neurij, ki so povzročila velike vodostaje v strugah vodotokov in posledično tudi škodo na samih strugah ter na objektih vodne infrastrukture. Neurje, ki je povzročilo največje poškodbe na objektih vodne infrastrukture ter na vodnih in priobalnih zemljiščih, se je zgodilo v noči na petek, 10. 7. 2009; takrat je bilo najbolj prizadeto naselje Laze pri Dolskem v občini Dol pri Ljubljani. Poleg tega pa je bila škoda povzročena tudi na drugih območjih hudourniških pritokov reke Save, in sicer na potoku Črnušnica v Črnučah (MOL), v naseljih Senožeti (občina Dol pri Ljubljani), Jevnica (občina Litija) in Štangarske Poljane (občina Šmartno pri Litiji). Zaradi močnega deževja je voda, ki je s seboj nosila ogromno plavja, prestopila bregove vodotokov, spremenila smer struge ter na položnejših odsekih odložila velike količine naplavljenega materiala. Zaradi velike namočenosti terena se je sprožilo tudi nekaj plazov, ki so zasuli lokalno cesto, tri stanovanjske hiše in železniško progo. Pri tem je bila najbolj poškodovana stanovanjska hiša Laze št. 33.

Izdatne padavine, ki so dne 4. 8. 2009 še enkrat zajele območje Laz, Dolskega in Jevnice, in še dodatno namočile zaledja hudournikov, so povzročile ponovno močno erodiranje zaledja, tako da se je na nekaterih vodotokih struga ponovno zaprodila.



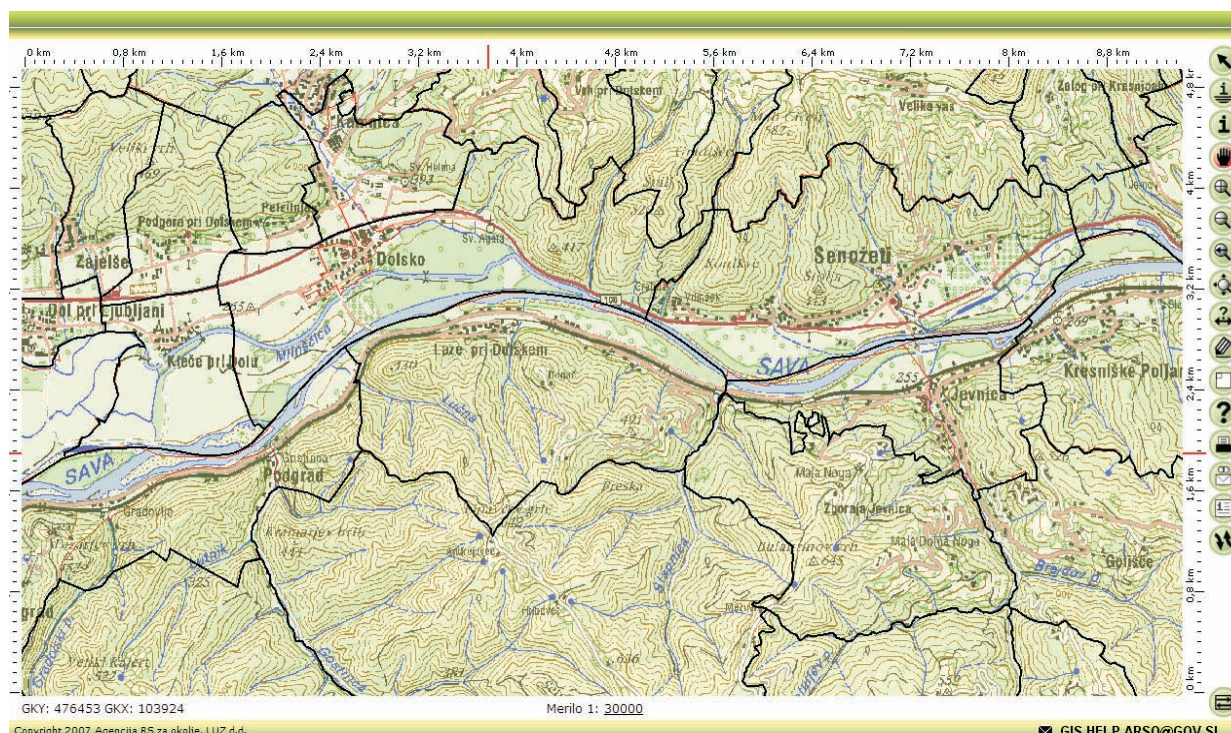
**Slika 1.** Plaz pri hiši Laze št. 33 (foto: A. Kambič)

Naselje Laze pri Dolskem se nahaja na desnem bregu reke Save, kjer je relativno ozek pas med reko in vznožjem hribov. Ob robu naselja poteka tudi železniška proga Ljubljana - Zidani most in lokalna cesta. Lipavčev hrib in Janče se strmo dvigajo iz savske ravnice. Tam je zaradi razgibanega področja obilica vodotokov izrazito hudourniškega značaja, ki si utirajo pot do reke Save. Območje naselja Laze pri Dolskem leži na pretežno neobstojni flišni osnovi, ki je izredno občutljiva na atmosferske vplive. Vodoprисpevno območje je v večjem delu poraščeno z gozdom, kar je z vidika zadrževanja vode zelo ugodno. Neprimerno poseganje v tak prostor (poseki, neurejene gozdne vlake) pa lahko povzroči zelo neugodne vplive, saj takšna območja predstavljajo potencialno nevarnost za preperevanje in erozijo.

Neurje dne 10. 7. 2009, ki je sledilo večdnevnu deževju, je povzročilo največ škode na relativno majhnem območju, in sicer na desnem bregu reke Save od potoka Gostinca do Jevniškega potoka; to v naravi predstavlja približno 6,0 km dolg odsek ob desnem bregu

reke Save. Poleg tega so bile zabeležene poškodbe tudi na drugih vodotokih, kar je prikazano v preglednici 1.

Vsi pritoki na tem območju so izrazito hudourniškega značaja. Nekateri med njimi so bili v preteklosti že urejevani, ne pa vsi. Glede na to, da je ves material prišel iz zaledja, se je izkazalo, da je potrebno razmišljati predvsem o stabilizaciji zaledja oziroma preprečitvi, da bi material iz zaledja, ki še vedno predstavlja potencialno nevarnost, zadržali pred naseljem ter s tem preprečili poškodbe na stanovanjskih in drugih objektih. Ob tem neurju se je izkazalo, da je zadrževalnik na potoku Slapnica opravil svojo funkcijo, saj se je po ocenah v tem zaplavljenem prostoru ustavilo cca 500 m<sup>3</sup> materiala, vendar to še ni zadostovalo za popolno zagotavljanje varnosti pred visokimi vodami. Voda je kljub temu prestopila bregove in si utrla pot med stanovanjskimi objekti. Za seboj je pustila razdejanje, naplavljen material (prod, kamenje, vejevje) po dvoriščih in vrtovih ter nenazadnje tudi škodo na stanovanjskih objektih.



Slika 2. Pregledna karta obravnavanega območja

## Pregled škode na vodotokih ob poplavih dne 10. 7. 2009

Popis škode za nujna vzdrževalna dela na poškodovanih objektih vodne infrastrukture

se je začel že zjutraj, na podlagi tega pa se je nemudoma pričela pripravljati dokumentacija za nujna sanacijska dela. V nadaljevanju podajamo zabeleženo škodo na vodotokih na območju, ki ga je najbolj prizadelo neurje dne 10. 7. 2009.

Tako kot je razvidno iz zgornje tabele, znaša skupna ocenjena škoda 512.500,00 EUR (brez DDV), od tega je bilo samo na območju občine Dol pri Ljubljani škode v vrednosti 403.500,00 EUR (brez DDV).

Prva naloga javne gospodarske službe urejanja voda je bila očistiti struge in zagotoviti normalno pretočnost vodotokov. Nato se je izvedlo čiščenje prodnih pregrad, ki so se v tem

neurju zapolnile, kar se je izkazalo za smiselno. Ponovno neurje je namreč že v začetku meseca avgusta povzročilo ponovno popolno zapolnitev zaplavnega prostora za pregrado na Slapnici. Nato se je pristopilo k sanaciji poškodovanih objektov vodne infrastrukture (vzpostavitev struge, sanacija zavarovanja, sanacija pregrad), ki se je izvajala v avgustu in septembru.

**Preglednica 1.** Pregled in ocena škode na vodotokih po poplavah 10. 7. 2009 s predlogi ukrepov

Vodotok	Objekt, odsek	Opis ukrepov	Občina	Ocena škode (EUR, brez DDV)
Gostinca	v Podgradu od železniškega prepusta do izliva v Savo	sanacija obrežnih zavarovanj in stabilizacija dna struge	Dol pri Ljubljani	35.000,00
Lučna	nad železniško progo, pri domačiji Kolman	čiščenje naplavin, sanacija obrežnih zavarovanj in zaustavitev prodonosnosti	Dol pri Ljubljani	70.000,00
Laze 1	prodni pregradi v Lazah	čiščenje zaplavlkov prodnih pregrad	Dol pri Ljubljani	1.000,00
Laze 2	prodna pregrada v Lazah	sanacija podslapja pregrade in čiščenje zaplavka	Dol pri Ljubljani	2.000,00
Hudournik Laze 48	v Lazah pri hiši št. 48	stabilizacija struge, čiščenje naplavin in zaustavitev prodonosnosti	Dol pri Ljubljani	65.000,00
Hudournik Laze 34	v Lazah pri hiši št. 34	sanacija obstoječe pregrade s kineto in stabilizacija struge	Dol pri Ljubljani	85.000,00
Hudournik Laze 35a	v Lazah pri hiši št. 35a	stabilizacija struge, čiščenje naplavin in zaustavitev prodonosnosti	Dol pri Ljubljani	75.000,00
Slapnica	zaledje hudournika nad obstoječo pregrado	sanacija usadov brežin, vzdolžna in prečna stabilizacija struge	Dol pri Ljubljani	40.000,00
Zaograjski potok	v Senožetih pri hiši št. 43	čiščenje naplavin, vzpostavitev pretočnosti struge	Dol pri Ljubljani	1.500,00
Stajski potok	v Senožetih nad regionalno cesto	sanacija usadov brežin in obrežnih zavarovanj, čiščenje zaplavka pregrade	Dol pri Ljubljani	20.000,00
Kamnica	v naselju Vinje	sanacija erodiranih brežin	Dol pri Ljubljani	6.000,00
Pregrada na Žabarju	v Senožetih nad regionalno cesto	čiščenje naplavin, vzpostavitev pretočnosti struge	Dol pri Ljubljani	3.000,00
Jevnica	v naselju Jevnica	sanacija poškodovane pregrade, čiščenje zaplavka, sanacija dolvodno od zaplavne pregrade - brežine, pragi	Litija	90.000,00
Pregrada Smrekarica	v naselju Smrekarica	čiščenje zaplavka pregrade	Litija	2.000,00
Reka Reka	v naselju Štangarske poljane	odstranitev naplavin, stabilizacija erodiranih brežin	Šmartno pri Litiji	5.000,00
Črnušnica	v naselju Črnuče	sanacija obstoječega zidu	MOL	12.000,00
<b>SKUPAJ:</b>				<b>512.500,00</b>

Dela so se izvajala predvsem v naselju Laze pri Dolskem, tako da na svojo realizacijo oziroma sanacijo še vedno čakajo nekateri objekti vodne infrastrukture. Izvedba teh del je predvidena v letu 2010 (Črnušnica, Gostinca, Jevniški potok). Z delno sanacijo oziroma z ukrepi, ki so bili na prizadetem območju že izvedeni oziroma bodo izvedeni do konca leta 2009 in katerih skupna vrednost znaša 150.000,00 EUR, se je vzpostavilo stanje, ki je bilo pred neurjem 10. 7. 2009, vendar pa je za celostno ureditev tega območja potrebno v naslednjih letih zgraditi tudi nove objekte, tako v območju naselja kot tudi v zaledju obravnavanih vodotokov.

## Analiza vzrokov in predlogi za sanacijo

### *Hudournik v Lazah pri hiši Laze 35A*

V poletnem neurju je svoje uničujoče delovanje pokazal tudi hudournik, ki teče mimo stanovanjskega objekta Laze 35A. Vodotok je sicer manjši potoček, katerega vodoprispevno območje meri zgolj 0,06 km<sup>2</sup>, vendar pa je tokrat pokazal svojo moč. Struga vodotoka se je precej poglobila in s seboj nosila veliko količino materiala, ki ga je odložila na dvorišču stanovanjskega objekta. Dostop do objekta poteka preko struge vodotoka, zato je lastnik na tem delu vodotok zacevil. Cevi premera 50 cm so se ob tem dogodku izkazale za neustrezne, saj se je cev takoj zamašila, kar je povzročilo poplavljanje.

V nadaljevanju hudourniška struga poteka po strmem bregu, kjer je tok relativno globoko vrezal novo strugo, do lokalne ceste in naprej proti Savi. Glede na to, da je bilo ob tem izrednem dogodku naplavljenega veliko materiala iz zaledja, je za preprečevanje takšnih dogodkov predvidena izgradnja stabilizacijskega praga in prodne pregrade, za katero se bo formiral zaplavni prostor. S tem bo preprečeno poplavljanje struge in erodiranje vsaj na tem odseku, hkrati pa se bo naplavljen material odlagal kontrolirano – na enem mestu, ki se ga po potrebi tudi čisti.

### *Slapnica*

Potok Slapnica je bil v tem neurju eden izmed večjih vodotokov in je bil v preteklosti že urejevan (obojeustranski zidovi iz lomljenca v suho ali v betonu, drča, pregrada). Zaplavni prostor za pregrado je bil v začetku leta 2009 že čiščen v sklopu rednih vzdrževalnih del, kljub temu pa ni zadostoval za ves naplavljen material, ki ga je tok vode nosil s seboj. Potok Slapnica priteče iz zaledja, ki je poraščeno z gozdom. Stan-

je gozdnih površin in gozdnih vlak je precej neu-rejeno, zato je v dolino poleg preperelih kamnin prineslo tudi veliko debel in vej. Zaplavni prostor se je zato hitro napolnil, voda je prestopila bregove, naplavljen material se je pričel odlagati na dvoriščih in vrtovih stanovanjskih objektov. Pri tem dogodku je bilo obrežno zavarovanje močno poškodovano oziroma na daljšem odseku popolnoma uničeno. Kasneje se je izkazalo, da je tik ob vodotoku potekal telefonski kabel, ki je bil ob tem pretrgan, zato so bili lastniki teh hiš za nekaj časa brez telefonske zveze.



**Slika 3.** Naplavljen material na delu sicer zacevljenega vodotoka (foto: ARSO)



**Slika 4.** Poškodbe na obrežnih zavarovanjih (foto: ARSO)

Šele potem ko se je voda vrnila v svojo strugo, je bilo moč zaznati obsežnost poškodb na sami strugi. Na podlagi tega se je pristopilo k čiščenju naplavljenega materiala in k sanaciji obrežnih zavarovanj. Prav tako se je očistil zaplavni prostor za pregrado, ki pa očitno ne zadostuje pri ekstremnih dogodkih. Po ogledu stan-

ja v zaledju pa je pričakovati, da je potencialnega materiala v zaledju še ogromno, saj je teren zelo nestabilen in erodibilen. Samo z gradnjo novih pregrad ne bo možno zaustaviti vseh naplavin, zato je potrebno rešitve iskati tudi z drugimi uporabniki prostora (v tem primeru upravljavci gozdov), da bo stanju na terenu primerno tudi vzdrževanje gozda in gozdne infrastrukture.

### Lučna

Potok Lučna priteče po ozki dolini, kjer levi in desni breg predstavljata strme in z gozdom poraščene površine. Hudournik ob močnem deževju s seboj nosi ogromne količine preperelega materiala. Potok pred izlivom v Savo teče pod železniško progo, kjer je v podvozu dostopna pot do stanovanjskega objekta, zraven pa še struga hudourniškega vodotoka. V nadaljevanju potok teče skozi cestni prepust, ki je poddimenzioniran, in se nato preko savske ravnice izlije v Savo.

Ob stanovanjskem objektu so si lastniki na dvorišču postavili barake in druge pomožne objekte, ki so locirani tik ob strugi ali pa so prekrili strugo vodotoka, da so pridobili več uporabne površine.

Ob neurju je potok zaplaval strugo in okoliške površine ter poškodoval brežine. Plavine so zapolnile tudi podvoz pod železniško progo in cevni prepust pod cesto. Dostop do stanovanjskega objekta je bil tako za en dan onemogočen.

Sanacija potoka Lučna je obsegala čiščenje in odstranjevanje naplavin iz struge vodotoka, hkrati pa je bila sanirana zaplavna pregrada, ki zadržuje večje količine materiala iz zaledja. Dolvodno od pregrade bo potrebno strugo stabilizirati in utrditi brežine, vendar bo zadovoljiv učinek dosežen šele takrat, ko bo saniran tudi premostitveni objekt pod lokalno cesto, kar pa je dolžnost upravljavca ceste. Obstoječi prepust pod lokalno cesto je poddimenzioniran in izveden hidravlično neustrežno.

Poletne poplave na območju Laz pri Dolskem v občini Dol pri Ljubljani so povzročile veliko gmotno škodo tako na stanovanjskih objektih, cestni in železniški infrastrukturi kot tudi na objektih vodne infrastrukture. Iz opisov in priloženih fotografij je razvidno, da so narasli vodostaji povzročili močno erodiranje brežin v zaledju, kar je pomenilo, da je bilo v območju naselja naplavljenega ogromno materiala (blato, kamenje, veje, debla), ki ga je voda nosila s seboj.

Najbolj uničujoči učinki pa so se znova pokazali na mestih, kjer so z neustreznimi posegi spreminjali strugo vodotoka (zacevitev, prekritje) oziroma pretočni režim. Kljub dejstvu, da je bilo neurje dne 10. 7. 2009 res izjemen dogodek, je



**Slika 5.** Poplavljen dvorišče stanovanjskega objekta (foto: ARSO)

potrebno ponovno poudariti, da se prepogosto srečujemo z neustrezno izvedenimi premostitvami vodotokov ter postavitvijo različnih objektov neposredno ob ali celo na strugo potoka. Ravno tako se je izkazalo, da je vodenje različnih komunalnih vodov ob strugi vodotokov neprimerno ter da je potrebno prečkanje komunalnih vodov izvajati strokovno in ob upoštevanju vseh negativnih dejavnikov v strugi vodotoka.

Kljub gradnji različnih hidrotehničnih objektov, s katerimi vplivamo na verjetnost pojava poplav, pa le-teh ne moremo v celoti preprečiti. Večjo poplavno varnost pa lahko ob gradnji objektov vodne infrastrukture še povečamo z drugimi negradbenimi ukrepi, v tem primeru predvsem s primernim izkoriščanjem in urejanjem gozdov.



**Slika 6.** Poplavni tok je s sabo nosil tudi osebno terensko vozilo in ga odložil na breg (foto: ARSO)



**Slika 7.** Neustrezna raba prostora neposredno ob vodotoku (foto: Sašo Štampe)



**Slika 8.** Struga hudournika in dovozna pot v železniškem podvozu (foto: Sašo Štampe)

## Neurja na porečju reke Drave v juliju in avgustu 2009

Izrazita neurja z največjimi posledicami so se zgodila predvsem 6. julija, 3. in 4. avgusta ter 22. in 23. avgusta 2009. Skupno pri vseh neurjih je dejstvo, da so se ponovila na istih območjih in s tem največ škode naredila na porečjih zgornje in srednje Drave ter Pesnice. Do posameznih havarij je prihajalo tudi izven navedenih območij, vendar niso bile tako izrazite pa tudi škode so bile manjše.

V nadaljevanju povzemamo poročila javne službe urejanja voda, v katerih se nahaja krajši povzetek nastalih škod na objektih vodne infrastrukture, vodnih in priobalnih zemljiščih, ločenih po posameznih podporečjih, njihovih vodotokih in prizadetih občinah.

### ***Porečje Pesnice na območju občin Kungota, Lenart in Destrnik v dne 6. 7. 2009, 3. in 4. 8. 2009 ter 22. in 23. 8. 2009***

Porečje reke Pesnice je bilo v poletnem obdobju večkrat prizadeto zaradi vročinskih neurij. Še posebej veliko težav je povzročilo neurje z vetrolomom v dneh 3. in 4. 8. 2009, ko je bila poplavljen celotna Pesniška dolina. Najhuje je bilo še posebej v občinah Kungota, Pesnica in Lenart ter deloma tudi v dolvodnih občinah. Ocenjuje se, da je v tem obdobju zapadlo cca 180 mm padavin, ki so se odrazile s pretoki Pesnice, večjimi od petdesetletnih povratnih dob.

Rečno nadzorna služba je opravila evidentiranje visokih voda dne 24. 8. 2009 na povodju HMS Pesnica, po deževju 22. 8. 2009.

Vodostaj reke Pesnice je bil povišan na celotnem območju HMS Pesnica, predvsem pa na

območju AK Pernica gorvodno v občini Zg. Kungota in Pesnica, kjer je tudi reka Pesnica poplavljala. Prav tako so na tem območju narasli posamezni vodotoki. Poplavljeni so bili tako stanovanjski in gospodarski objekti kakor lokalne ceste in kmetijske površine.

Zabeleženi podatki na vodomerni postaji Ranca so bili sledeči:

- na dan 22. 8. 2009:
  - PESNICA: vodomerna postaja Ranca ob 19.00 uri,  $H = 59$  cm, kar predstavlja cca  $Q = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
  - PESNICA: vodomerna postaja Ranca ob 23.00 uri,  $H = 262$  cm, kar predstavlja cca  $Q = 34,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- na dan 23. 8. 2009:
  - PESNICA: vodomerna postaja Ranca ob 2.00 uri,  $H = 274$  cm, kar predstavlja cca  $Q = 36,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
  - PESNICA: vodomerna postaja Ranca ob 7.00 uri,  $H = 201$  cm, kar predstavlja cca  $Q = 20,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- na dan 24. 8. 2009:
  - PESNICA: vodomerna postaja Ranca ob 14.00 uri,  $H = 90$  cm, kar predstavlja cca  $Q = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Iz zabeleženih vodostajev je razvidno, da je bila intenziteta padavin na območju občine Zg. Kungota zelo velika, saj je vodostaj Pesnice narasel v cca štirih urah za več kot 2,0 m (pretok se je iz  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  povečal na cca  $34,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Istočasno je skupaj z nalivom divjal močan veter in podiral drevesa. Ta so padala po strugi vodotoka Pesnica in pritokov, kot so Svečinski potok, Slatinski potok, potok iz Vrtič in Plača (tj. pritoka Svečinskega potoka).



**Slika 9.** Pesnica - erozija brežin v Gradiški (foto: ARSO)



**Slika 10.** Pesnica - erozija brežin v Zg. Kungoti (foto: ARSO)



**Slika 11,12.** Pesnica - podrta drevesa na relaciji Gradiška - Jurij (foto: ARSO)



**Slika 13.** Svečinski potok - podrta drevesa na relaciji Zg. Kungota - Svečina (foto: ARSO)



**Slika 14.** Slatinski potok - porušen most (foto: ARSO)

Podrta drevesa so ovirala pretok vod, ki so v območju podrlih dreves prestopile bregove vodotokov. Prav tako so visoke vode povzročile več erozij brežin. Nekatere so v neposredni bližini cest. Erozijske brežine na Pesnici v Gradiški so se povečale in tako skoraj onemogočile dostope do tamkajšnjih stanovanjskih objektov. Prav tako je odneslo oz. poškodovalo most na Slatinskem potoku v Slatinskem dolu.

Posledično se je vodostaj reke Pesnice dvignil tudi dolvodno od AK Pernice, vendar vode Pesnice niso poplavljal, razen na območjih, kjer je poškodovan nasip (prebit) od prejšnjih poplavljanj visokih vod (Grušova in Lormanje, kjer so bila poplavljen kmetijska zemljišča).

### ***Ukrepi***

Za ureditev razmer je bilo potrebno izvesti obsežne ukrepe, ki so obsegali odstranitev podrlih dreves in moteče zarasti v strugi reke Pesnice. Prav tako je bilo potrebno sanirati nasipe Pesnice na posameznih območjih, kjer je prišlo do preliivanja visokih voda in posledično erodiranja visokovodnih nasipov. Ker so tovrstni problemi prisotni na celotnem porečju reke Pesnice, se bodo ustrezne rešitve lahko podale le na osnovi še neizdelane študije; ta bo podrobneje obravnavala stanje vodne infrastrukture in določila tudi program ukrepov.

### ***Porečje zg. Drave v dneh 6. 7. ter 22. in 23. 8. 2009 na območju občin Dravograd, Radlje ob Dravi, Podvelka, Selnica ob Dravi, Muta, Vuzenica in Ruše***

Zaradi zelo močnih padavin, ki so se zgodile dne 22. in 23. 8. 2009, je v občini Dravograd na območju naselij Černeče in Libeliška gora prišlo do velikih erozijskih transportov ma-

teriala, ki so največ škode naredili na Černeškem potoku, Koroščevem grabnu, Fračnikovem in Križanovem potoku, Trbonjski reki ter Ojstriškem potoku. Zaradi popolne zasipanosti struge iz Koroščevega grabna in Fračnikovega potoka ter ogroženosti stanovanjskih hiš so se najnujnejša interventna dela v okviru javne službe urejanja voda že izvedla.

### ***Fračnikov potok***

Neurje je na območju Fračnikove grabe povzročilo premik velike količine naplavin in plavin iz območja Libeliške gore dolvodno po dolini vodotoka. Te naplavine so povzročile zapolnjenje struge potoka, visoke vode pa so kreirale novo strugo po lokalni cesti, ki je bila po umiritvi razmer popolnoma uničena in neprevozna. Uničena je bila tudi kanalizacija, ki je potekala v cestnem telesu. Mestoma je močna erozija brežin vodotoka ogrozila stanovanjske hiše, ki jih je bilo potrebno nujno zavarovati z izvedbo utrditve brežin. Velika količina naplavin odloženih v povirju grozi po ponovni sprožitvi materiala dolvodno proti naselju.

### ***Ukrepi***

Deloma so se na tem območju že izvedli interventni ukrepi, ki so zagotovili vzpostavitev pretočnosti struge vodotoka, v nadaljevanju pa bo potrebno izdelati ustrezno tehnično dokumentacijo za izvedbo sanacijskih ukrepov, stabilizacije nivelete dna vodotoka in utrditev brežin.

Hkrati morajo ukrepi v sanacijskem programu predvideti tudi ukrepe za stabilizacijo naplavin na območju povirnega dela vodotoka, ki so v labilnem stanju in grozijo po transportu dolvodno ob vsakih večjih padavinah. Temu smo že bili priča v obdobju po nastanku prvotne škode.



**Slika 15, 16.** Fračnikov potok (foto: ARSO)

### **Korošček graben**

Neurje na območju Koroškega grabna je prav tako povzročilo premik velike količine naplavin in plavin z območja Črneške gore po dolini vodotoka. Te naplavine so na pobočju izstopa iz gozdnega sveta povzročile zapolnjenje struge potoka in zasipale več stanovanjskih hiš na območju Koroškega grabna.

Po umiritvi razmer je bila struga vodotoka zapolnjena z naplavinami, lokalna cesta zaradi nanosa naplavin pa neprevozna. Mestoma je močna erozija brežin vodotoka ogrozila stanovanjske hiše, ki jih je bilo potrebno nujno zavarovati z izvedbo utrditve brežin.



**Slika 17,18.** Korošček graben (foto: ARSO)

### **Ostriški in Pušnikov potok**

22., 23. avgusta in še en teden pozneje je v povirju Ojstriškega potoka, po strugi dolvodno ter v območju naselja Vič zaradi intenzivnih nalirov prišlo do zasipavanja struge in erodiranja brežin.

Na Ojstriškem potoku je močna erozija brežin vodotoka prav tako ogrozila stanovanjske hiše, ki jih je bilo potrebno nujno zavarovati z izvedbo utrditve brežin. Tudi struga Pušnikovega potoka je bila po umiritvi razmer zapolnjena z naplavinami.

### **Ukrepi**

Na tem območju so se že izvedli interventni ukrepi, ki so zagotovili vzpostavitev pretočnosti struge vodotokov. Na Pušnikovem potoku bo v nadaljevanju potrebno izprazniti zaplavno pregrado in načrtovati ukrepe za stabilizacijo naplavin na območju povirnega dela vodotoka. Struga Ojstriškega potoka je na več mestih

poškodovana in ogroža tamkajšnje objekte. Tudi tu bo potrebno sistematično pristopiti k določitvi sanacijskih ukrepov.

V občini Radlje ob Dravi je neurje z dni 22. in 23. 8. 2009 povzročilo največ škode na Brezniškem potoku na območju Remšnika, kjer se je sprožilo veliko naplavin in plavin, ki bi jih bilo potrebno odstraniti iz struge, saj grozi nevarnost, da se bodo le-te ob naslednjih povečanih pretokih premaknile dolvodno in ogrozile stanovanjske hiše ter lokalno infrastrukturo.

V občini Podvelka in Selnica ob Dravi je neurje z dne 6. 7. 2009 in deloma z dni 3. in 4. 8. 2009 povzročilo veliko erozijskih poškodb na območju podporečja Črmenice in njenih pritokov. Do največjih poškodb na vodotoku in tudi drugi infrastrukturi je prišlo na odseku med cestnim kilometrom 9 in 12, sicer pa so poškodbe vidne vse do izliva v reko Dravo. V okviru najnujnejših interventnih del so bila odstranjena podrt drevesa na najbolj prizadetih lokacijah, medtem ko ostalih potrebnih ukrepov zaradi pomanjkanja finančnih sredstev nismo izvedli.



**Slika 19.** Ojstriški potok (foto: VGP Drava Ptuj)



**Slika 20.** Pušnikov potok (foto: VGP Drava Ptuj)

Neurje z dni 3. in 4. 8. 2009 je na območju občine Ruše največ škode naredilo na vodotoku Bistrica v naselju Bistrica pri Rušah. Tam so visoke vode povzročile veliko erozijskih poškodb, ki bi jih bilo potrebno sanirati, predvsem pa sta se zapolnili obe prodni pregradi, ki sta tako nujno potrebni čiščenja odloženih naplavin.

#### ***Porečje Meže na območju občin Ravne na Koroškem, Prevalje v dneh 22. in 23. 8. 2009***

Zaradi zelo močnih padavin, ki so se zgodile v dneh 22. in 23. 8. 2009, je na območju občine Ravne na Koroškem prišlo do velikih erozijskih poškodb na Zelenbreškem potoku in njegovih pritokih na širšem območju Tolstega vrha in na hudourniku Wresnik na območju naselja Dobrije v občini Ravne na Koroškem. Nekaj najnujnejših ukrepov je izvedla občina s pomočjo gasilskih društev in civilne zaščite, del interventnih ukrepov, ki obsegajo odstranitev podrtih dreves in

vzpostavitev pretočnosti vodotokov, pa je bilo nujno izvesti v okviru javne službe urejanja voda.

#### ***Potok Wresnik***

Potok Wresnik na območju Dobrij v občini Ravne na Koroškem je močno erodiral brežine vodotoka in odložil naplavine v strugi, visoke vode, ki so prestopile iz struge, pa so ogrozile bližnje stanovanjske hiše. Lokalna skupnost je skupaj z gasilskimi enotami izvedla najnujnejše interventne ukrepe, ki so zagotovili pretočnost struge.

#### ***Ukrepi***

Nujno je potrebno izdelati sanacijski program (projekt) za utrditev brežin in ustalitev nivelete dna vodotoka. Prav tako je potrebno predvideti ukrepe za stabilizacijo naplavin v povirnem delu vodotoka, ki grozijo, da se bodo pri večjih padavinah premikale dolvodno in povzročile podobne ali še hujše situacije.



**Slika 21, 22.** Pritok Zelenbreškega potoka, Tolsti vrh 58 (foto: ARSO)

## ***Zelenbreški potok (Strojnska reka)***

*Levi pritok Zelenbreškega potoka v Tolstem vrhu  
(Tolsti vrh 58)*

Na območju Tolstega vrha je neurje s padavinami močno erodiralo brežino levega pritoka Zelenbreškega potoka, jo deloma popolnoma zasipalo in s tem ogrozilo nekaj stanovanjskih hiš. Lokalna skupnost je s pomočjo služb civilne zaštite in gasilskih enot izvedla najnujnejše interventne ukrepe za vzpostavitev pretočnosti struge.

### ***Ukrepi***

Nujno je potrebno izdelati sanacijski program oz. ustrezno tehnično dokumentacijo za izvedbo ukrepov za ureditev razmer na širšem območju vodotoka. Ti ukrepi morajo obsegati tudi ukrepe za stabilizacijo naplavin, ki se nahajajo v povirnem delu vodotoka in v takšnem stanju grozijo, da se bodo ob naslednjih večjih padavinah ponovno sprožile proti naselju.

*Zelenbreški potok v Tolstem vrhu s pritokom  
(Tolsti vrh 80)*

Na območju Zelenbreškega vrha je neurje s padavinami močno erodiralo brežino Zelenbreškega potoka, jo na daljšem odseku popolnoma zasipalo in s tem ogrozilo stanovanjsko hišo v Tolstem vrhu 80. Podobno se je zgodilo nedaleč stran, kjer so naplavine popolnoma erodirale levi pritok Zelenbreškega potoka in ogrozile

stanovanjsko hišo v Zelenbregu 1A. Lokalna skupnost je s pomočjo služb civilne zaštite in gasilskih enot izvedla najnujnejše interventne ukrepe za vzpostavitev pretočnosti struge.

### ***Ukrepi***

Nujno je potrebno izdelati sanacijski program oz. ustrezno tehnično dokumentacijo za izvedbo ukrepov za ureditev razmer na širšem območju vodotoka. To mora obsegati tudi ukrepe za stabilizacijo naplavin, ki se nahajajo v povirnem delu vodotoka in v takšnem stanju grozijo, da se bodo ob naslednjih večjih padavinah ponovno sprožile proti naselju.

V občini Prevalje je nastalo nekaj manjših poškodb na Šentannelski reki in njenih pritokih. Le-teh nismo intervencijsko sanirali, saj bi s tem lahko povzročili nastanek še večjih poškodb na že poškodovanih brežinah vodotokov in preprečili premik naplavin dolvodno po sami strugi vodotoka.

***Porečje Mislinje na območju občin Mislinja in Slovenj Gradec v dneh 6. 7. 2009 ter 22. in 23. 8. 2009***

Zaradi močnih padavin, ki so se zgodile v obravnavanem obdobju, je na območju občine Mislinja prišlo do večjih poškodb predvsem na vodotokih Brložnica, Estrama in Dovžanka. V občini Slovenj Gradec je nastalo nekaj manjših poškodb na Mislinji in njenih hudourniških pritokih. Zaradi ogroženosti stanovanjskih hiš in lokalne infrastrukture smo v okviru nalog javne službe urejanja voda izvedli najnujnejše interventne ukrepe na Brložnici.



**Slika 23, 24.** Zelenbreški potok Tolsti vrh 80 (foto: ARSO)



**Slika 25, 26.** Škode v občini Mislinja (foto: VGP Drava Ptuj)

**Preglednica 2.** Ocena škode po neurju v mesecu juliju na VO Drava (vir: VGP Drava Ptuj d.d.)

Občina	Vodotok	Objekt/odsek	Opis ukrepov	Vrednost (z DDV) ocena v €
Mislinja	Brložnica	odsek od izliva v Mislinjo gorvodno v skupni dolžini 2500 m	Odstranitev naplavin iz struge z lokalnimi utrditvami in talnimi pragovi na dolžini cca 2500 m	101.267
Mislinja	Dovžanka	dolvodno od MHE	Sanacija erozijskih zajed	90.000
Radlje ob Dravi	Radeljski potok	Radlje nad prodno pregrado	Sanacija erozijskih zajed	54.500
Radlje ob Dravi	Hudournik ob pokopališču	Nad pokopališčem	Sanacija erozijskih zajed	24.000
Selnica ob Dravi	Črmenica	Zg. Kapla	Sanacija erozijskih zajed na dolžini cca 3 km	220.000
Kungota	Pesnica	Gradiška-Kozjak-Zg.Kungota- Jurij	Odstranitev podrhtih dreves	39.082
Kungota	Svečinski potok	Zg. Kungota-Plintovec- Sp.Vrtiče-Plač	Odstranitev podrhtih dreves	29.312
Kungota	Pesnica	Gradiška	Sanacija erodirane brežine	43.419
Kungota	Slatinski potok	Slatinski dol, Slatina	Sanacija erodirane brežine in odstranitev podrhtih dreves	19.286
Kungota	Pesnica	Marčičelo	Sanacija erozijskih zajed na dolžini cca 200 m	50.000
Kungota	Pesnica	Zg. Kungota	Sanacija erozijskih zajed in brežin z odtranitvijo podrhtih dreves na dolžini cca 500 m	40.000
Juršinci	Pesnica	Grlinci	Sanacija poškodovanih nasipov Pesnice	25.000
Lenart	Pesnica	Hrastovec	Sanacija poškodovanih nasipov Pesnice	15.000
Lenart	Pesnica	Lormanje	Sanacija poškodovanih nasipov Pesnice	100.000
Lenart	Pesnica	Gruševa	Sanacija poškodovanih nasipov Pesnice	20.000
Lenart	MJ	Gruševa	Sanacija sifona	20.000
Destrnik	Rogoznica	Janežovci	Sanacija erozijskih zajed	20.000
<b>SKUPAJ brez DDV</b>				<b>910.866</b>
DDV				182.173
<b>SKUPAJ Z DDV</b>				<b>1.093.039</b>

**Preglednica 3. Ocena škode po neurju 22. in 23. avgusta na VO Drava (vir: VGP Drava Ptuj d.d.)**

Občina	Vodotok	Objekt/odsek	Opis ukrepov	Vrednost ocena €
Ravne na Koroškem	Wresnik	Ureditev potoka Wresnik od izliva gorvodno v skupni dolžini cca 150 m	Odstranitev velike količine odloženih naplavin iz struge ter izvedba lokalnih utrditev brežine z serijo pragov na skupni dolžini cca 150 m	60.000
Ravne na Koroškem	levi pritok Zelenbreškega potoka	Ureditev levega pritoka Zelenbreškega potoka v Tolstem vrhu v skupni dolžini cca 400 m	Odstranitev velike količine odloženih naplavin iz struge ter izvedba lokalnih utrditev brežine z serijo manjših pragov na skupni dolžini cca 400 m	220.000
Ravne na Koroškem	levi pritok Zelenbreškega potoka	vzpostavitev struge in odvoz naplavin iz levega pritoka Zelenbreškega potoka pri HŠ 63A	Odstranitev velike količine odloženih naplavin in vzpostavitev struge vodotoka	24.353
Ravne na Koroškem	Zelenbreški potok	Ureditev vodotoka v skupni dolžini cca 80 m pri stanovanjski hiši Tolsti vrh 80 (Mankov mlin)	Odstranitev naplavin iz struge vodotoka z ustalitvijo nivelete in zavarovanjem brežine na skupni dolžini cca 150 m	30.980
Ravne na Koroškem	levi pritok Zelenbreškega potoka	Ureditev levega pritoka Zelenbreškega potoka pri HŠ 1A	Odstranitev in premet naplavin z oblikovanjem struge in zavarovanjem brežin v skupni dolžini cca 120 m	80.000
Ravne na Koroškem	Zelenbreški potok	Pri vikendih	Odstranitev naplavin v strugi z oblikovanjem struge in minimalnim zavarovanjem brežin v skupni dolžini cca 150 m	36.352
Prevalje	Šentannelska reka	Pod Zvonikovim mlinom	Sanacija globinske erozije z izdelavo talnih pragov	15.811
Prevalje	Belški potok	gorvodno od sotočja z Šentannelsko reko	Odstranitev naplavin iz struge in izvedba lokalnih utrditev brežine na skupni dolžini cca 300 m	80.000
Mislinja	Estrama	v naselju Mislinja gorvodno od lokalne ceste Mislinja - Dovže	Sanacija zajed na vodotoku ob lokalni cesti na skupni dolžini cca 150 m	45.501
Mislinja	Brložnica	odsek od izliva v Mislinjo gorvodno v skupni dolžini 2500 m	Odstranitev naplavin iz struge z lokalnimi utrditvami utrditvami in talnimi pragovi na dolžini cca 2500 m	101.267
Mislinja	desni pritok Milsinje	Dovže 4, pri ogradi za divjad	Odstranitev naplavin z ustalitvijo nivelete in zavarovanjem brežine na dolžini cca 250 m	30.000
Radlje ob Dravi	Brezniški potok	Remšnik	Odstranitev naplavin iz struge in izvedba lokalnih utrditev brežine na skupni dolžini cca 800 m	60.000
Dravograd	Črneški potok	Naselje v Črnečah	Odstranitev naplavin iz potoka v izgonu na razdalji cca 300 m	30.000
Dravograd	Črneški potok	Nad naslovom Črneče 166	Odstranitev naplavin iz proga prodne pregrade v količini cca 1000 m <sup>3</sup> in ureditev struge potoka v dolžini cca 100 m	55.000
Dravograd	Korošček graben	Vzpostavitev odtoka na lokaciji Tribej	vzpostavitev struge vodotoka z odstranitvijo velike količine naplavin in podrhtih dreves z ustalitvijo nivelete vodotoka na odseku min. cca 400 m	400.000
Dravograd	Fračnikov potok	Vzpostavitev pretočnosti na območju Libeliške gore	vzpostavitev struge vodotoka z odstranitvijo velike količine naplavin in podrhtih dreves z ustalitvijo nivelete vodotoka na odseku min. cca 800 m	450.000
Dravograd	Ojstriški potok	Od km 0,70 do km 1,70	Sanacija zajed v skupni dolžini 300 m	150.000
Dravograd	Križanov potok	Dolvodno od sotočja z Ridlovim grabnom	Odstranjevanje naplavin in formiranje struge vodotoka na odseku v skupni dolžini 500 m	25.000
Kungota	Pesnica	Gradiška-Kozjak-Zg.Kungota-Jurij	Odstranitev podrhtih dreves	39.082
Kungota	Svečinski potok	Zg. Kungota-Plintovec-Sp.Vrtiče-Plač	Odstranitev podrhtih dreves	29.312
Kungota	Pesnica	Gradiška	Sanacija erodirane brežine	43.419
Kungota	Pesnica	Zg. Kungota	Sanacija erodirane brežine	14.899
Kungota	Slatinski potok	Slatinski dol, Slatina	Sanacija erodirane brežine in odstranitev podrhtih dreves	19.286
Kungota	Pesnica	Marčičelo	Sanacija erozijskih zajed na dolžini cca 200 m	50.000
Kungota	Pesnica	Zg. Kungota	Sanacija erozijskih zajed in brežin z odstranitvijo podrhtih dreves na dolžini cca 500 m	40.000
Kungota	Pesnica	Jurij - pod mejnim prehodom (Dobaj)	Sanacija erozijskih zajed in brežin z odstranitvijo podrhtih dreves na dolžini cca 200 m	60.000
Lenart	Pesnica	Hrastovec, Lormanje, Gruševa	Sanacija poškodovanih nasipov Pesnice	100.000
Lenart	MJ	Gruševa	Sanacija sifona	20.000
Maribor	Vinarski potok	Gorvodno od ceste MB-Dravograd	Sanacija poškodb na obstoječih zavarovanjih	60.000
<b>SKUPAJ brez DDV</b>				<b>2.370.262</b>
DDV				474.052
<b>SKUPAJ Z DDV</b>				<b>2.844.314</b>

### ***Porečje srednje Drave na območju občin Maribor, Hoče - Slivnica in Duplek v dneh 22. in 23. 8. 2009***

Po večjem neurju v mesecu maju 2009 se je na območju srednje Drave zgodba ponovila še v začetku meseca avgusta. Tokrat je do večjih poškodb na vodni infrastrukturi prišlo na vodotokih v občini Maribor (Vinarski, Počehovski, Rošpoški in Brestrniški potok), v občini Hoče - Slivnica (Hočki potok, K7 in K9) ter občini Duplek (Žitečki potok).

#### ***Ukrepi***

Najnujnejši interventni ukrepi so bili izvedeni le na Žitečkem potoku, kjer je bilo poskrbljeno za odstranitev podrtih dreves in moteče zarasti v strugi vodotoka. Na ostalih vodotokih interventni ukrepi zaradi pomanjkanja finančnih sredstev niso bili izvedeni.

### ***Porečje Polskave in Dravinje na območju občin Rače - Fram in Slovenska Bistrica v dneh 3. in 4. 8. 2009***

Neurje v dneh 3. in 4. 8. 2009 je na območju porečja Polskave in Dravinje odrazilo predvsem v občinah Rače - Fram (Framski potok, Brunik in K6.1) ter Slovenski Bistrici (Polskava v Selah in Logu pri Pragerskem).

#### ***Ukrepi***

V okviru najnujnejših interventnih del so bila odstranjena podrta drevesa na območju Loke na vodotoku Brunik v občini Rače Fram, medtem ko ostalih potrebnih ukrepov zaradi pomanjkanja finančnih sredstev nismo izvajali.

### ***Porečje spodnje Drave na območju občin Ormož, Gorišnice in Svetega Tomaža v dneh 3. in 4. 8. 2009***

Kljub večkratnemu poletnemu pojavu neurij na zgornjem območju Drave in reke Pesnice v spodnjem toku teh vodotokov ni bilo povzročenih toliko težav kot na omenjenih zgornjih odsekih. Razlog je predvsem v tem, da so se visoke vode reke Pesnice razlile v srednjem toku; ocenjujemo, da so se na spodnjem toku Pesnice pojavljale le petletne visoke vode. Kljub temu pa so lokalna neurja povzročila kar nekaj težav predvsem na območju občin Ormož (Sejanca na območju Sodincev in Trgovišča), Središča ob Dravi (Bobot), Gorišnice (Pesnica v Tibolcih) in Sv. Tomaža (Lešnica v Hranjigovcih). Interven-

tnih ukrepov zaradi pomanjkanja finančnih sredstev na tem območju nismo izvajali.

#### ***Sklep***

Ob takšnih dogodkih se vedno znova zavemo, da ima narava svojo moč, ki jo lahko z nekaterimi tehničnimi ukrepi sicer nekoliko kontroliramo, vendar pa je ne moremo popolnoma eliminirati in preprečiti vseh tveganj in škode. Zaradi tega je potrebno že v fazi planiranja prostora upoštevati vse dejavnike, ki lahko negativno vplivajo na posege v prostor. Že samo izhodišče Zakona o vodah (ZV-1, Ur.l. RS, št. 67/02, 57/08) je, da je potrebno rabo in druge posege v vode, vodna in priobalna zemljišča, zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanje voda in onemogoča varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanja naravnih procesov, naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov ter varstva naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave.

Zopet se je izkazalo, da bi večja ozaveščenost ljudi oziroma uporabnikov okolja o nevarnosti poplav in drugih naravnih nesreč pripomogla k boljšemu stanju voda in večji poplavni varnosti območij.

V obsegu razpoložljivih finančnih sredstev, ki so bila v rednem programu za vzdrževalna dela za leto 2009 sicer namenjena vzdrževanju drugih objektov, se je zaradi potreb precej sredstev že prerazporedilo za namen izvedbe interventnih ukrepov na najbolj prizadetih lokacijah. Tu so se izvedli predvsem naslednji interventni ukrepi v obsegu delovanja javne službe urejanja voda:

- odstranitev plavin in naplavin na območjih, kjer je bila pretočnost struge minimalna ali je sploh ni bilo;
- zavarovanje objektov vodne infrastrukture, kjer so le-ti bili ogroženi pred nadaljnjim uničenjem;
- odstranitev podrte in moteče zarasti v strugi, ki je ovirala pretok vodotoka.

Zavedati se je potrebno, da so se ob nastalih neurjih sprožili tudi posamezni plazovi, ki sicer niso direktno povezani z vzdrževanjem objektov vodne infrastrukture, vendar slej ko prej zaradi erozijskih procesov in premikov plavin ogrožajo pretočnost posameznih vodotokov.

V primeru neizvedbe predlaganih sanacijskih ukrepov in investicijskih del za gradnje zaplavnih pregrad se bo ogroženost na prizadetih lokacijah le še dodatno povečevala, v primeru nastanka novih neurij na prizadetih lokacijah pa bo obseg in vrednost potrebnih sanacijskih ukrepov strmo naraščal.

## Viri

1. *Poročilo o posledicah neurja dne 10. 7. 2009 na območju Ljubljanske občine ter občin Dol in Litija, VGP Hidrotehnik d.d., Ljubljana*
2. *Poročilo o izvedenih in še potrebnih delih po neurju 10. 7. 2009 na hudourniških pritokih Save na območju MOL in občine Dol pri Ljubljani, VGP Hidrotehnik d.d., Ljubljana*
3. *Poročila javne službe, avgust 2009, VGP Hidrotehnik d.d., Ljubljana*
4. *Poročila javne službe: Porečje Pesnice na območju občin Kungota, Lenart in Destrnik v dneh 6. 7. 2009, 3. in 4. 8. ter 22. in 23. 8. 2009, Drava VGP Ptuj d.d., Ptuj*
5. *Poročilo javne službe: Porečje Meže na območju občin Ravne na Koroškem, Prevalje v dneh 22. in 23. 8. 2009, Drava VGP Ptuj d.d., Ptuj*
6. *Poročila Mislinje na območju občin Mislinja in Slovenj Gradec v dneh 6. 7. 2009 ter 22 in 23. 8. 2009, Drava VGP Ptuj d.d., Ptuj*



foto: Tanja Cegnar

*Kakšno vodo bomo pili v prihodnosti? (foto: Tanja Cegnar)*





*Zagotovimo si pitno vodo (foto: Tanja Cegnar).*

# Podnebne spremembe in njihov vpliv na oskrbo s pitno vodo

## Projekt v okviru programa Jugovzhodna Evropa (JVE)

Petra Souvent

*Glavni cilj projekta »Climate change and impacts on water supply« (CC-WaterS), v katerem se je odločila sodelovati tudi Agencija RS za okolje, je ocena vpliva podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo na območju Alp, srednje in spodnje Donave ter na območju Jadranskega morja. Sodelovanje v projektu omogoča reševanje problemov oskrbe s pitno vodo in izdelovanje načrtov za prilagoditev javne oskrbe s pitno vodo na podnebne spremembe. Predstavljeni so pričakovani rezultati v okviru slovenskega prispevka.*

Ali podnebne spremembe vplivajo na vodne vire v jugovzhodni Evropi, je zelo aktualno in pogosto postavljeno vprašanje, tako za posameznika kakor za celotno družbo in njeno gospodarstvo. Evropska okoljska agencija (The European Environmental Agency - EEA) je tako dala pobudo za regionalne in lokalne projekte ter študije z namenom oceniti obseg podnebnih sprememb in določiti vpliv le-teh na vodne vire. Glavni problemi oskrbe s pitno vodo na območju jugovzhodne Evrope se v zadnjih desetletjih pripisujejo opazni spremembi količin in poslabšanju kvalitete podzemne vode zaradi neprimerne rabe prostora in delno kot posledici podnebnih sprememb.

### Projekt »Climate change and impacts on water supply«

Prvega maja 2009 se je v okviru programa JVE začel projekt »Climate change and impacts on water supply«, ki je prepoznaven pod akronimom »CC-WaterS«; vanj so vključeni trije slovenski partnerji: Naravoslovnotehniška fakulteta v Ljubljani, JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o. Ljubljana in Agencija RS za okolje. To je mednarodni projekt, ki združuje 18 partnerjev iz držav jugovzhodne Evrope: Avstrijo, Slovenijo, Hrvaško, Madžarsko, Italijo, Srbijo, Romunijo, Bolgarijo in Grčijo. Projekt želi zagotoviti trajnostno in varno oskrbo s pitno vodo v prihodnosti, saj nanjo vplivajo spremembe v rabi prostora in podnebne spremembe. Vključene države jugovzhodne Evrope se med seboj razlikujejo tako po klimatskih razmerah kot geografskih značilnostih in pokrivajo celotno raznolikost tega dela Evrope.

Glavni cilj projekta je določiti oziroma oceniti vpliv podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo na območju Alp, srednje in spodnje Donave ter na območju Jadranskega morja, se pravi na področjih z različnimi klimatskimi razmerami in topografskimi pogoji.

Agencija RS za okolje se je odločila za aktivno sodelovanje v projektu; kljub dobro ocenjenemu količinskemu stanju podzemnih voda v pripovršinskih vodonosnikih se namreč lokalno in v krajših časovnih obdobjih na določenih območjih v Sloveniji (SV in JZ) že pojavljajo problemi pri zagotavljanju zadostnih količin pitne vode. Sodelovanje v projektu nam bo omogočilo, da bomo s pomočjo modelov in klimatskih scenarijev lahko reševali probleme oskrbe s pitno vodo na izbranih območjih in izdelali načrte za prilagoditev javne oskrbe s pitno vodo na podnebne spremembe.

Da se zagotovi trajnostna varna oskrba s pitno vodo kljub vplivom podnebnih sprememb, se bodo v okviru projekta CC-WaterS:

- ocenili direktni in indirektni vplivi podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo;
- razvila in testirala merila, ki podpirajo prilagoditve postopkov za ohranjanje in izboljšanje kakovosti in količine pitne vode zaradi podnebnih sprememb;
- razvile metode in orodja za kvantifikacijo regionalnega in lokalnega obsega podnebnih sprememb;
- Slovenija bo v okviru projekta sodelovala z dvema testnima območjema: z Ljubljanskim poljem in Murskim/Prekmurskim poljem. Izdelana bosta matematična modela dinamike podzemne vode za Ljubljansko polje in Mursko/Prekmursko polje, ki bosta

upoštevala različne scenarije podnebnih razmer na regionalnem in lokalnem nivoju.

## Pričakovani rezultati projekta

Rezultati v okviru slovenskega prispevka bodo ocene zalog pitne vode ob različnih klimat-

skih razmerah v prihodnosti, plan gospodarjenja s pitno vodo ob spremenjenih klimatskih pogojih, določitev najprimernejše rabe prostora za varovanje vodnih virov in izdelava načrta oskrbe s pitno vodo ob ekstremnih meteoroloških in hidroloških dogodkih (slika 1).



**Slika 1.** Ekstremni meteorološki in hidrološki dogodki: toča, poplava in suša (foto: P. Frantar, A. Kolar, A. Mihorič; iz zbirke SOkol)

Rezultati projekta bodo predstavljeni tako, da jih bodo lahko uporabili ne samo raziskovalci, ampak tudi upravljavci vodovodnih sistemov, kadar bodo zaznali prekomerne uporabe in obremenitve vode. To bo omogočilo izvajanje ustreznih ukrepov na področju upravljanja z vodnimi viri. Z modelom podprt sistem, ki bo spremljal podzemne vode, bo omogočil pravočasno opozarjanje na njeno prekomerno izkoriščanje ob morebitni podnebni spremembi. Cilji in pričakovani rezultati projekta bodo predstavljeni tudi prebivalcem testnih območij. Podatki, ki se bodo pridobili v okviru projekta, in rezultati modeliranja bodo pripomogli k načrtovanju trajnostne kmetijske dejavnosti ob upoštevanju različnih klimatskih scenarijev. Nenazadnje se bosta modela toka podzemne vode uporabila tudi pri procesih izobraževanja študentov, ki bodo tako usposobljeni za uporabo in razvoj novih modelskih rešitev za trajnostni razvoj.

Projekt je predstavljen na spletni strani: <http://www.ccwaters.eu/>. Stran se bo dopolnjevala z informacijami o poteku in rezultatih posameznih delovnih paketov kakor tudi celotnega projekta in bo omogočila, da bo tudi širša javnost spoznala, kako projekt poteka in kakšna je njegova problematika.

## Sklep

Odločitev za sodelovanje v projektu CC-WaterS se vključuje v aktivnosti Agencije na področju podnebnih sprememb, saj spreminjanje podnebja med drugim terja tudi poglobljeno študijo glede gospodarjenja s pitno vodo ter potrebo po prilagajanju rabe prostora za varovanje vodnih virov in izdelavo strategij prilagajanja oskrbe s pitno vodo ekstremnim meteorološkim in hidrološkim dogodkom.



*Kaj nam prinaša prihodnost? (foto: Matej Bulc)*



*Spremenimo navade in ohranimo bogastvo narave (foto: Tanja Cegnar).*

# Podnebje v prihodnosti - koliko vemo o njem?

Klemen Bergant

*Podnebne spremembe so dejstvo sedanjosti in še večja grožnja prihodnosti. Z vidika priprave ukrepov je ključno poznavanje pretekle spremenljivosti podnebja, seveda pa je potrebno upoštevati tudi predvidene spremembe v prihodnje. Projekcije podnebnih sprememb so tako zelo pomembne za pripravo strategij prilagajanja. Prikazane so projekcije do konca 21. stoletja za Slovenijo in njeno širšo okolico ter negotovosti, ki jih spremljajo.*

Podnebje na Zemlji ni stalnica, temveč se stalno spreminja. Vzroki za podnebne spremembe so različni, bodisi naravni ali pa jim botruje človek. Tako so pojavljanje ledenih dob v preteklosti v veliki meri krojile periodične spremembe poti kroženja Zemlje okrog Sonca, nagiba osi vrtenja Zemlje glede na ravnino kroženja ter usmerjenosti te osi. Prav tako energija, ki jo s sevanjem oddaja Sonce in del katere prestreže Zemlja, ni stalna. Človek na dejavnike, ki določajo, koliko sončeve energije bo Zemlja prestregla in kako se bo ta porazdelila vzdolž različnih geografskih širin, nima vpliva.

Po drugi strani pa hitrim podnebnim spremembam, ki smo jim priča v zadnjih 150 letih in se bodo predvidoma nadaljevale tudi v tem stoletju, z veliko verjetnostjo botruje prav človek. Z izpusti različnih plinov in trdnih delcev spreminjamo lastnosti ozračja ter z naseljevanjem in obdelovanjem lastnosti zemeljskega površja. Lastnosti ozračja in zemeljskega površja pa vplivajo na to, koliko od Sonca prejete energije bo Zemlja skupaj s svojim ozračjem uspela obdržati in je porabiti za segrevanje površja, segrevanje in premikanje oceanov ter zračnih mas, rast in razvoj rastlin ipd. Poleg naravnih dejavnikov tako tudi človek spreminja podnebje.

Podnebnim spremembam ne moremo več ubežati. So dejstvo sedanjosti in še večja grožnja prihodnosti. Skupaj z nekaterimi negativnimi posledicami jih lahko že občutimo tudi v Sloveniji: pogostejši vročinski valovi, suše, hudourniške poplave, taljenje ledenikov ... Še vedno pa lahko vplivamo na to, kako izrazite bodo spremembe v prihodnosti ter kako se bomo nanje prilagodili. Zato hkrati z grožnjo predstavljajo tudi izziv. Izziv za znanost, politiko, gospodarstvo in izziv za vsakega izmed nas.

Z vidika priprave ukrepov prilagajanja na podnebne spremembe je ključnega pomena dobro poznavanje pretekle spremenljivosti podnebja in naše ranljivosti nanjo. Zato smo na

Agenciji RS za okolje jeseni 2008 pričeli s triletnim projektom *Podnebna spremenljivost Slovenije*. Z njim želimo pridobiti celosten pregled nad spremenljivostjo podnebja predvsem v preteklih 50 letih, za katere obstaja obsežna podatkovna zbirka. Seveda pa morajo ukrepi prilagajanja upoštevati tudi predvidene spremembe podnebja v prihodnje. Projekcije podnebnih sprememb so tako poleg poznavanja preteklega podnebja ključnega pomena za pripravo strategij prilagajanja na podnebne spremembe.

## Človek in njegov vpliv na podnebje v prihodnosti

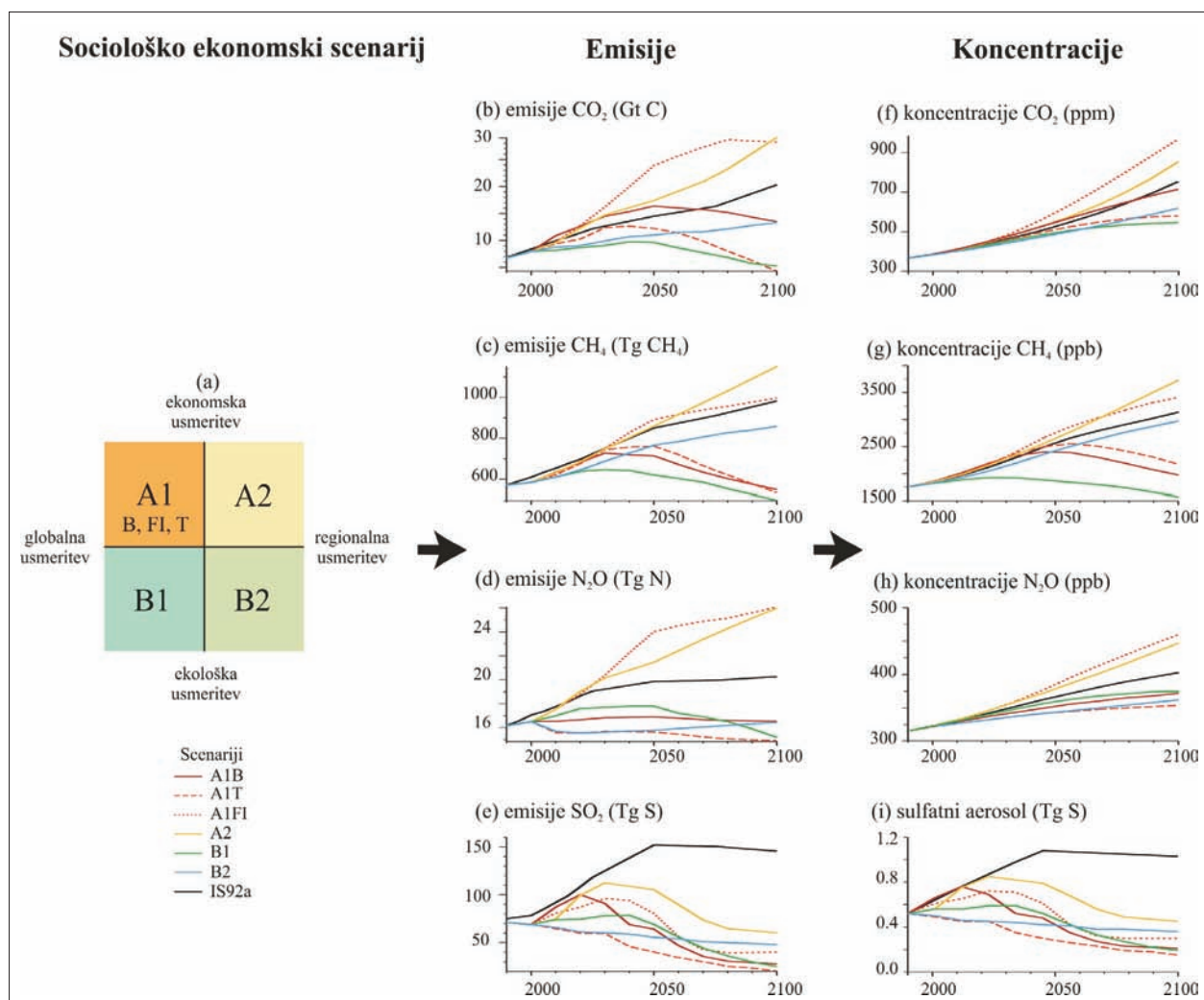
Podnebje je sicer kaotičen sistem, ki mu ne moremo natančno napovedati stanja leta vnaprej (Lorenz, 1963). Lahko pa ob predpostavkah o razvoju družbe, posledičnih izpustih toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> idr.) in različnih delcev ocenimo, kako bo človek vplival na lastnosti ozračja in kako se bo to odražalo na podnebju (Benestad, 2003). Ker gre v takšnih primerih za okvirne ocene sprememb povprečnega stanja ter spremenljivosti podnebja, ki temeljijo na številnih predpostavkah, jih običajno označujemo kot scenarije in ne kot napovedi.

Scenarij je verjeten in pogosto poenostavljen opis prihodnjega podnebja, ki temelji na razumljivih in smiselnih predpostavkah o povezavah med dejavniki podnebja in omogoča ocenjevanje predvidenih posledic človeško pogojenih sprememb podnebja (IPCC, 2007).

Prvi korak na poti k oceni prihodnjega stanja podnebja je oceniti možne razvoje družbe in posledične izpuste toplogrednih plinov in delcev v ozračje. Ker je prihodnost nepredvidljiva, je Medvladni forum o spremembi podnebja –

IPCC (angl. Intergovernmental Panel on Climate Change) pripravil široko paletu scenarijev razvoja družbe (IPCC, 2000), katerih uresničitve naj

bi bila enako verjetna. V grobem jih lahko razdelimo v štiri glavne skupine – A1, A2, B1 in B2.



**Slika 1.** Scenariji izpustov nekaterih toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O) ter žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>) v 21. stoletju skupaj s posledičnimi vsebnostmi v ozračju (IPCC, 2000)

Skupina scenarijev A1 predvideva hiter in globalen gospodarski razvoj, pri čemer podskupine upoštevajo različne možnosti glede skrbi za okolja in vpeljave čistejših in učinkovitejših tehnologij: A1FI - intenzivna raba fosilnih goriv, A1T - prehod na alternativne, čistejše energijske vire, in A1B - uravnotežena raba fosilnih goriv in alternativnih virov. Skupina A2 predvideva raznolik svet s hitro rastjo prebivalstva, zmernim gospodarskim razvojem in mačehovskim odnosom do okolja. Skupina scenarijev B1 predpostavlja hiter preobrat v gospodarskih strukturah v smeri oskrbovalnega in informacijskega gospodarstva, manjše porabe surovin ter vpeljave čistejših in učinkovitejših tehnologij. Tako skupina A1 kot B1 predvidevata obrat v rasti prebivalstva na

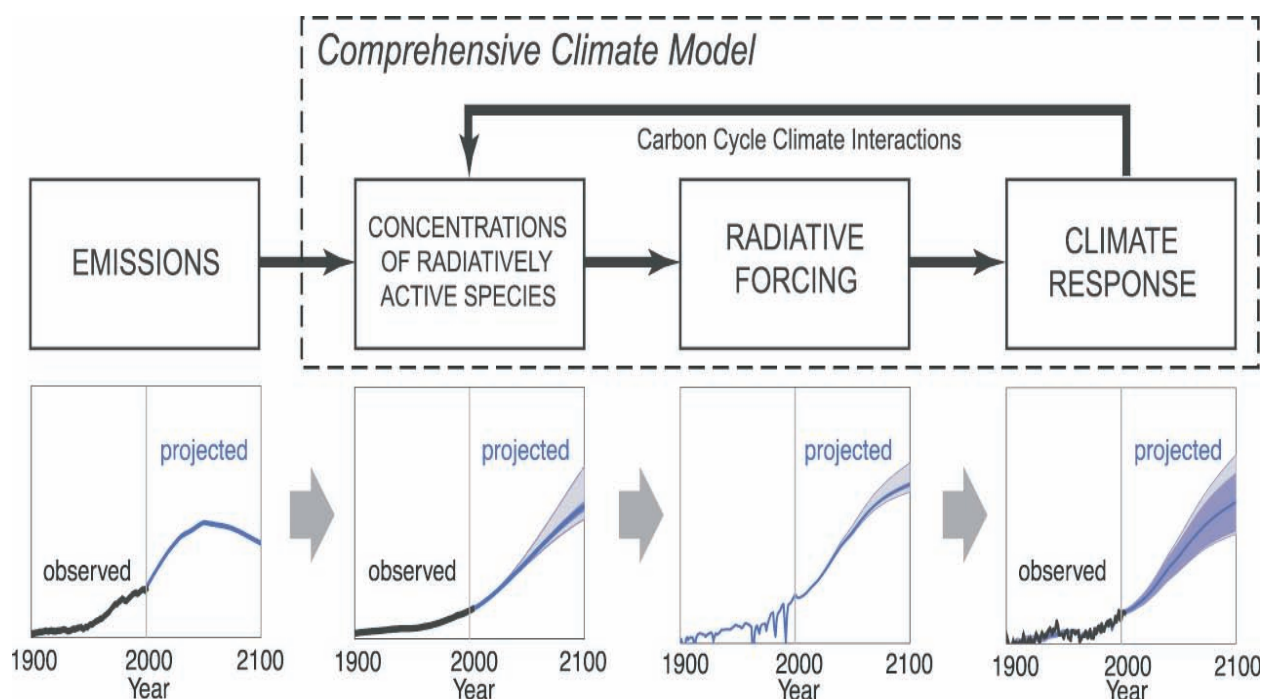
sredini 21. stoletja. Pri skupini scenarijev B2 so v ospredju lokalne rešitve za zmerno gospodarsko rast, socialno enakost in okoljsko trajnost. Rast prebivalstva naj bi bila enakomerna skozi celo 21. stoletje, vendar manj izrazita kot v primeru skupine A2. Predvideni izpusti nekaterih toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O) ter žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>) kot predhodnika sulfatnih aerosolov so skupaj s posledičnimi vsebnostmi v ozračju na sliki 1 prikazani za različne scenarije razvoja družbe.

Kljub temu, da naj bi bila uresničitev različnih scenarijev emisij enako verjetna, se kot srednji scenarij običajno obravnava SRES A1B, kot pesimistični scenarij SRES A2 in kot optimistični SRES B1 (IPCC, 2007).

## Ocenjevanje odziva podnebne sistema na spremenjeno sestavo ozračja

Na podlagi predvidenih izpustov toplogrednih plinov in delcev v ozračje lahko ocenimo odziv podnebne sistema na spremenjeno sestavo ozračja. Postopek, kako na podlagi ocene izpustov pridemo do ocene posledičnega odziva podnebne sistema, prikazuje slika 2. Najprej na osnovi scenarijev razvoja družbe ocenimo izpuste v ozračje, ki predstavljajo os-

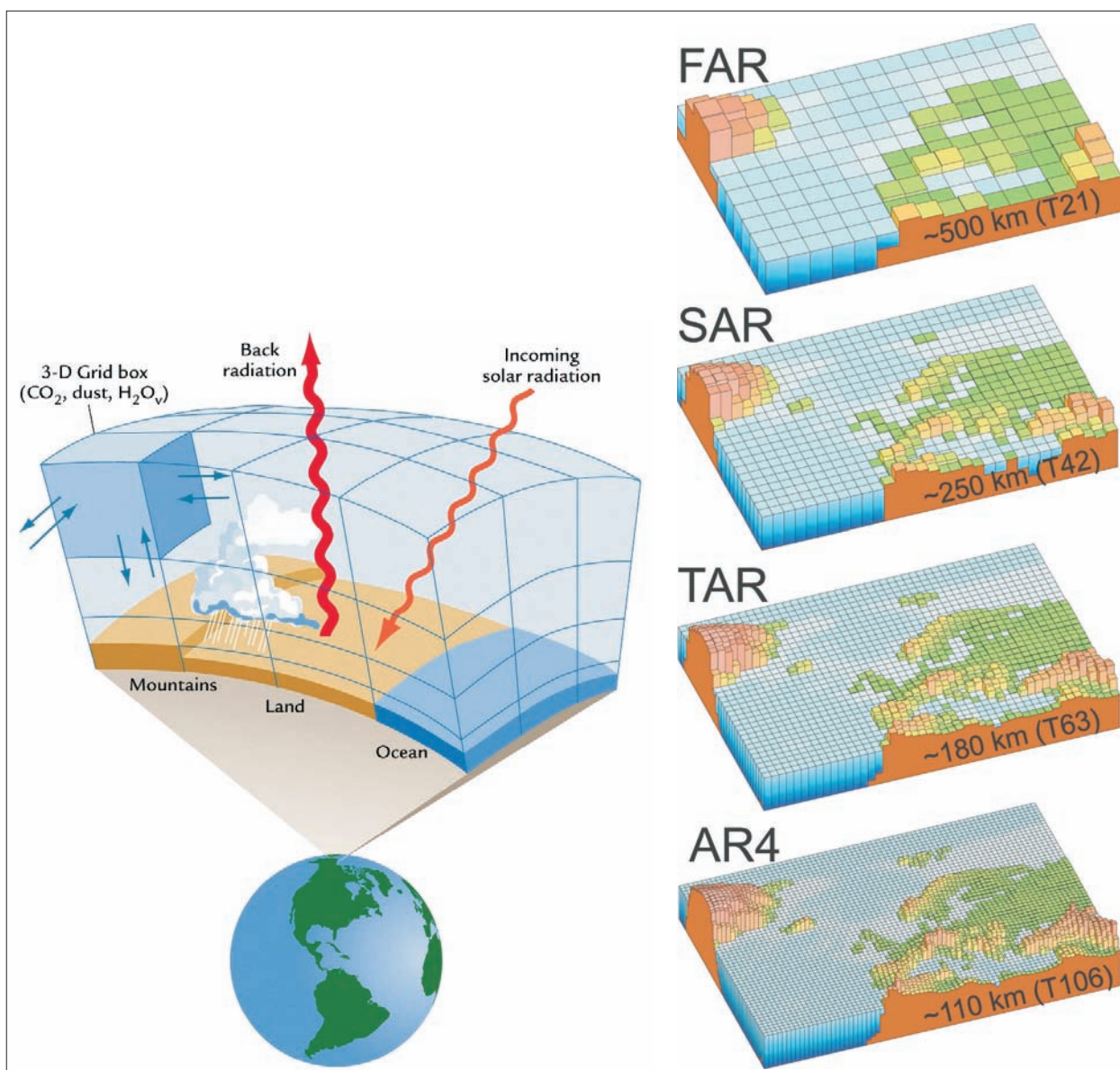
novno za oceno spremenjenih vsebnosti sevalno aktivnih (toplogrednih) plinov in delcev v ozračju. Upoštevajoč, koliko različni plini in delci prispevajo k povečanemu učinku tople grede oziroma k hladilnemu učinku zaradi zmanjšanja prepustnosti ozračja za sončno sevanje, ocenimo, kakšen je sevalni prispevek spremenjene sestave ozračja, kar vpliva na energijsko bilanco zemeljskega površja. Na koncu sledi še ocena, kako se bo podnebni sistem odzval na spremenjeno energijsko bilanco površja (IPCC, 2007).



**Slika 2.** Koraki od začetne ocene izpustov do končnega odziva podnebne sistema nanje. Na vsakem koraku vpeljemo dodatno negotovost, ki se nato odraža v negotovosti končne ocene odziva podnebja na spremenjeno sestavo ozračja (IPCC, 2007).

Pogosto uporabljeno orodje za proučevanje odziva podnebne sistema na spremenjeno sestavo ozračja so modeli splošne cirkulacije. Gre za tridimenzionalne numerične modele (slika 3, levo), ki vključujejo opise glavnih fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov v ozračju, oceanih, ledu in na zemeljskem površju ter njihovo medsebojno odvisnost (McGuffie in Handerson-Sellers, 1997). Stalen napredek znanosti in informacijskih tehnologij omogoča, da z modeli splošne cirkulacije računamo stanje podnebja z vse boljšo prostorsko ločljivostjo. Tako smo imeli za območje Evrope konec osem-

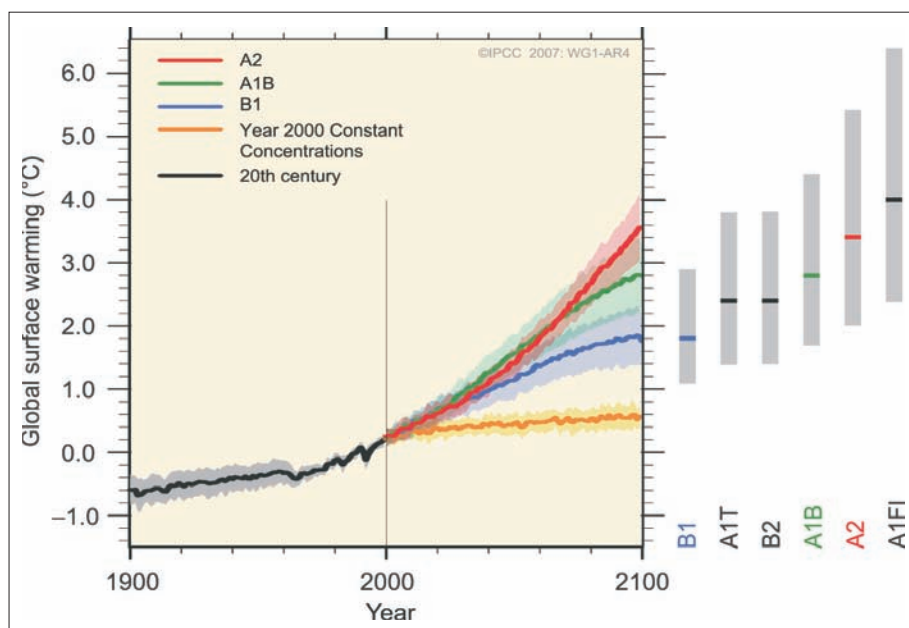
desetih let preteklega stoletja, ko so bili pripravljene rezultati za prvo IPCC poročilo - FAR (IPCC, 1990), na razpolago modelske izračune podnebja s horizontalno ločljivostjo 500 km in več, v prvi polovici devetdesetih let preteklega stoletja za drugo IPCC poročilo - SAR (IPCC, 1996) z ločljivostjo 250 km in več, v začetku tega stoletja za tretje IPCC poročilo - TAR (IPCC, 2001) z ločljivostjo 180 km in več, izračuni prihodnjega podnebja za zadnje poročilo IPCC - AR4 pa so bili pripravljene v horizontalni ločljivosti približno 110 km in več (slika 3, desno).



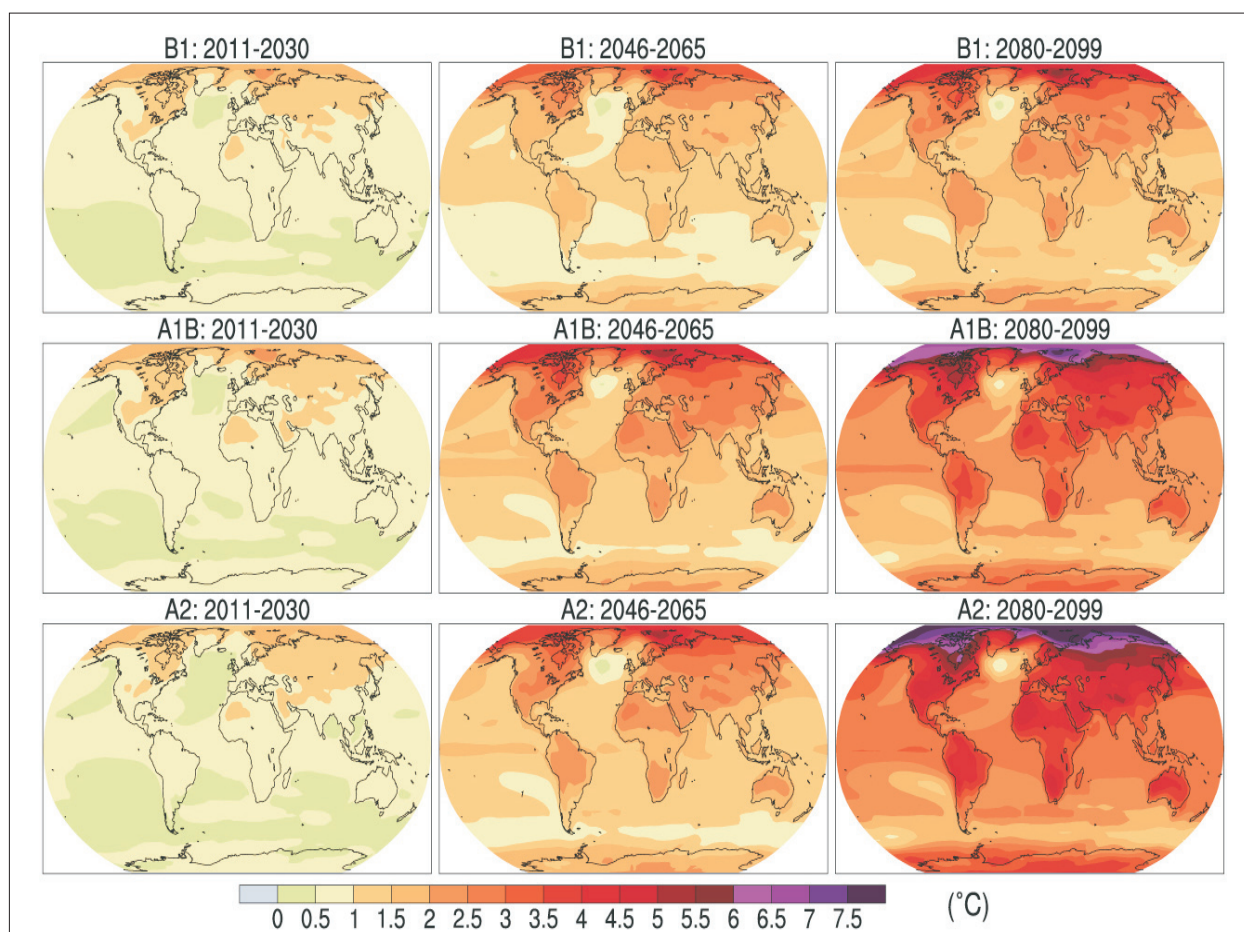
**Slika 3.** Shematičen prikaz procesov, ki jih vključuje model splošne cirkulacije (levo) (McGuffie in Handerson-Sellers, 1997) in največja razpoložljiva horizontalna ločljivost rezultatov teh modelov na območju Evrope (desno) ob pripravi prvega (FAR - 1990), drugega (SAR - 1996), tretjega (TAR - 2001) in četrtega (AR4 - 2007) IPCC poročila (IPCC, 2007).

Rezultati zadnjega IPCC poročila (IPCC, 2007) kažejo, da lahko do konca 21. stoletja zaradi dosedanjih in prihodnjih izpustov toplogrednih plinov pričakujemo globalno ogrevanje med 1,1 in 6,4 °C glede na povprečne razmere v obdobju 1980–1999, odvisno od tega, kateri izmed scenarijev izpustov toplogrednih plinov in delcev se bo v prihodnje uresničil (slika 4). Najverjetnejša ocena v primeru uresničitve optimističnega scenarija B1 je dvig globalne temperature površja za 1,8 °C, v primeru srednjega A1B scenarija za 2,8 °C in v primeru pesimističnega A2 scenarija za 3,4 °C. Prav tako rezultati IPCC poročila kažejo, da se ne glede na to, kateri scenarij izpustov je

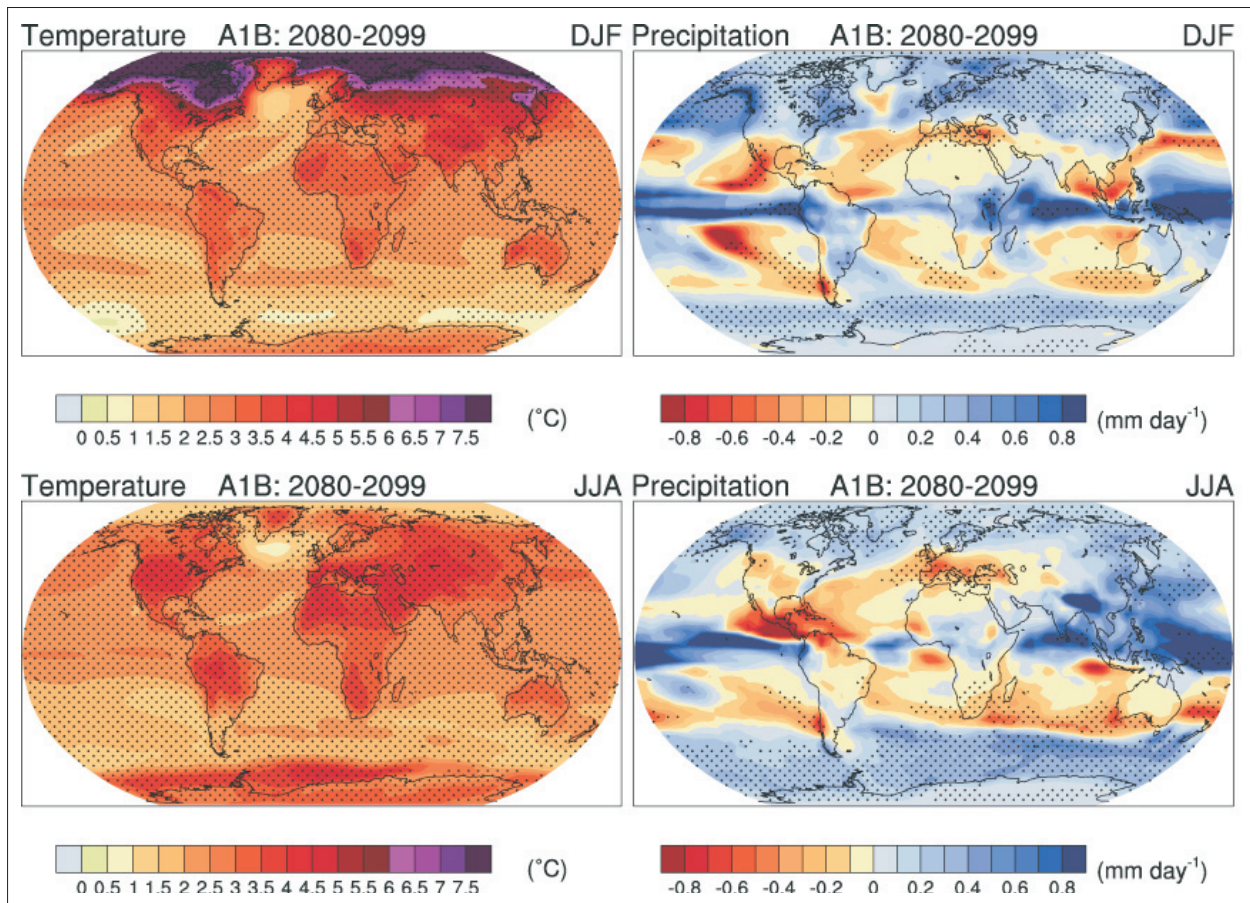
upoštevane, prostorski vzorci podnebnih sprememb ne razlikujejo bistveno, razlikuje se le njihova izrazitost v času. To je razvidno tudi iz slike 5, ki prikazuje vzorec temperaturnih sprememb glede na obdobje 1980–1999 za scenarije SRES B1, A1B in A2 za tri različna časovna obdobja v prihodnosti: 2011–2030, 2046–2065 in 2080–2099. Še posebej navedeno trditev potrjuje velika podobnost vzorcev za scenarij SRES B1 in obdobje 2080–2099 ter scenarij SRES A2 in obdobje 2046–2065. Prav tako je iz slike 5 razvidno, da se kopno ogreva intenzivneje od oceanov. Ker je glavnina kopnega na severni polobli, gre tako pričakovati, da bo ogrevanje severne poloble, s tem pa tudi Slovenije, intenzivnejše kot globalno ogrevanje.



**Slika 4.** Projekcije globalnega ogrevanja površja glede na obdobje 1980–1990 upoštevajoč scenarije emisij SRES. Polne črte predstavljajo globalna povprečja preko več modelov za scenarije A2, A1B in B1, osenčena območja pa razpon  $\pm$  enega standardnega odklona od modelskega povprečja. Dodani so tudi rezultati, kjer je bila v prihodnje upoštevana stalna vsebnost toplogrednih plinov, ki je enaka izmerjeni vrednosti iz leta 2000. Ob desnem robu so dodane najverjetnejše ocene za posamezne SRES skupine scenarijev ob koncu stoletja ter možni razponi (IPCC, 2007).



**Slika 5.** Modelsko povprečje srednjih letnih vrednosti ogrevanja površja (v °C) za scenarije izpustov SRES B1 (zgoraj), SRES A1B (v sredi) in SRES A2 (spodaj) za tri različna obdobja v prihodnosti v primerjavi z obdobjem 1980–1999 in sicer za obdobje 2011–2030 (levo), 2046–2065 (v sredi) in 2080–2099 (desno) (IPCC, 2007).



**Slika 6.** Modelsko povprečje sprememb temperature zraka (v °C, levo) in količine padavin (v mm/dan, desno) za zimo (DJF, zgoraj) in poletje (JJA, spodaj) upoštevajoč SRES A1B scenarij in obdobji 2080–2099 ter 1980–1999 (IPCC, 2007).

Seveda lahko iz izračunov prihodnjega podnebja v ločljivosti 100 km in več dobimo le grobe ocene podnebnih sprememb za Slovenijo. Primerjave rezultatov simulacij z modeli splošne cirkulacije ter izmerjenih vrednosti sicer kažejo, da ti modeli dobro opišejo podnebje in njegovo spremenljivost v globalni oziroma obsežni prostorski skali (IPCC, 2007). Zanesljivost njihovih rezultatov je žal manjša na regionalni oziroma lokalni ravni. Na prvi pogled gre za nasprotujočo si trditev. Vendar so obsežni podnebni vzorci predvsem posledica porazdelitve sončnega obsevanja na Zemlji, vrtenja Zemlje ter vpliva velikih struktur zemeljskega površja (npr. porazdelitve kopnega in morja, topografije itd.), ki so zadovoljivo zajeti v modelih splošne cirkulacije. Regionalno oziroma lokalno podnebje pa je odziv globalnega podnebja na lastnosti površja (npr. razgibanost, vegetacija ...) na regionalni oziroma lokalni ravni (Zorita in Storch, 1999). Modeli splošne cirkulacije zaenkrat še niso dovolj natančni, da bi lahko opisali vso podnebno raznolikost, ki smo ji priča v Sloveniji, in tako predstavljali dovolj dobro podlago za ocenjevanje vpliva ter pripravo strategij prilagajanja podnebnim spremembam po posameznih regijah.

Tako je iz slike 6, ki predstavlja sintezo rezultatov številnih modelov splošne cirkulacije, zgolj razvidno, da na območju Slovenije in njene širše okolice lahko do konca tega stoletja pričakujemo, da se bodo poletja ogrela močnejše kot zime, da pozimi lahko pričakujemo nekoliko več padavin, poleti pa manj.

### Kako do prostorsko natančnejših projekcij podnebnih sprememb?

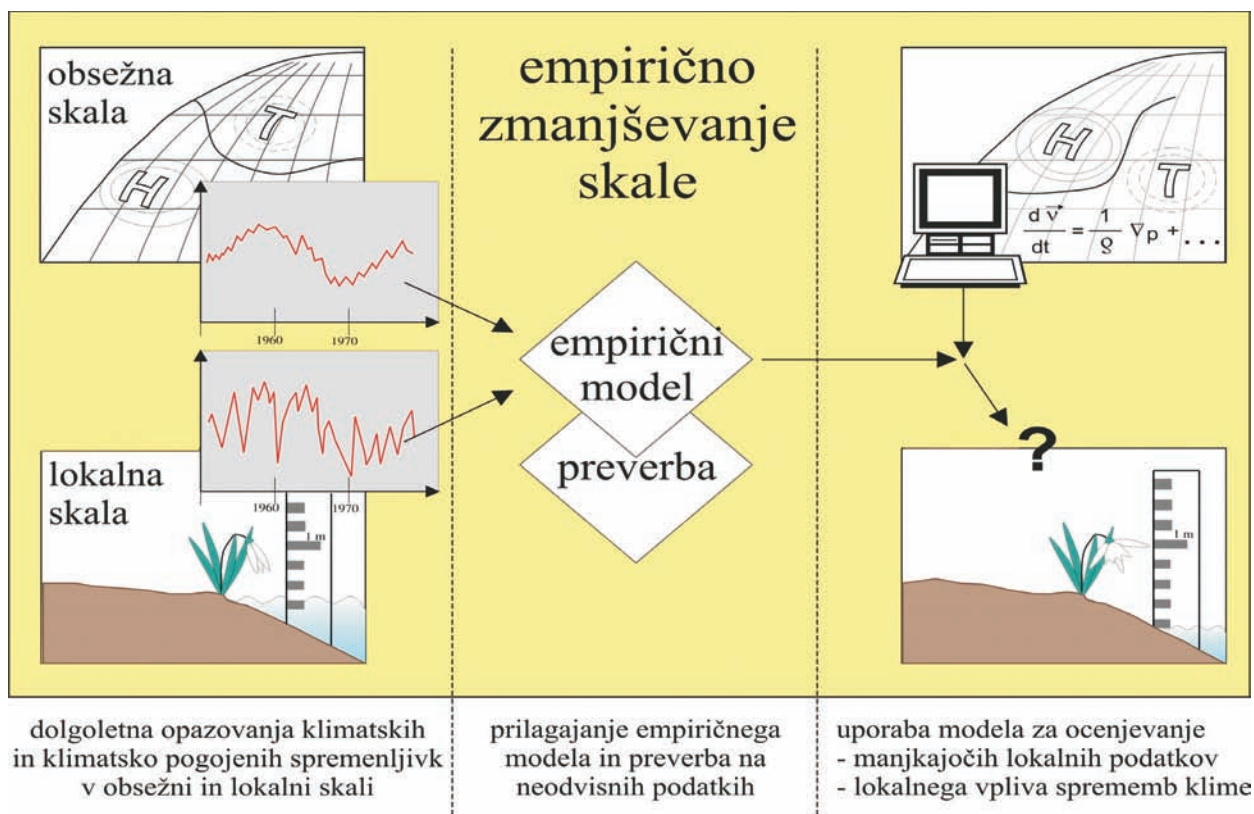
Ključno vprašanje je, kako premostiti razkorak med razpoložljivimi rezultati modelov splošne cirkulacije ter potrebami pri proučevanju vpliva podnebnih sprememb in pripravi strategij prilagajanja nanje. Za podrobnejše projekcije podnebnih sprememb moramo rezultat modelov splošne cirkulacije povečati ločljivost, kar lahko storimo na dva načina. Prvi način je s pomočjo gnezdenja regionalnih podnebnih modelov, čemur pravimo dinamično zmanjševanje skale (za pregled pristopov glej npr. Giorgi in Mearns, 1999; Wang s sod., 2004). Drugi način pa je izdelava empiričnih modelov, ki temeljijo na izmer-

jenih podatkih. Ti opisujejo odziv podnebja nekega manjšega območja ali posamezne lokacije na spremenljivost podnebja obsežnejšega območja, ki jo modeli splošne cirkulacije opišejo dovolj dobro. Temu načinu pa pravimo empirično oziroma statistično zmanjševanje skale (za pregled pristopov glej npr. Zorita in Storch, 1999; Crane s sod., 2002).

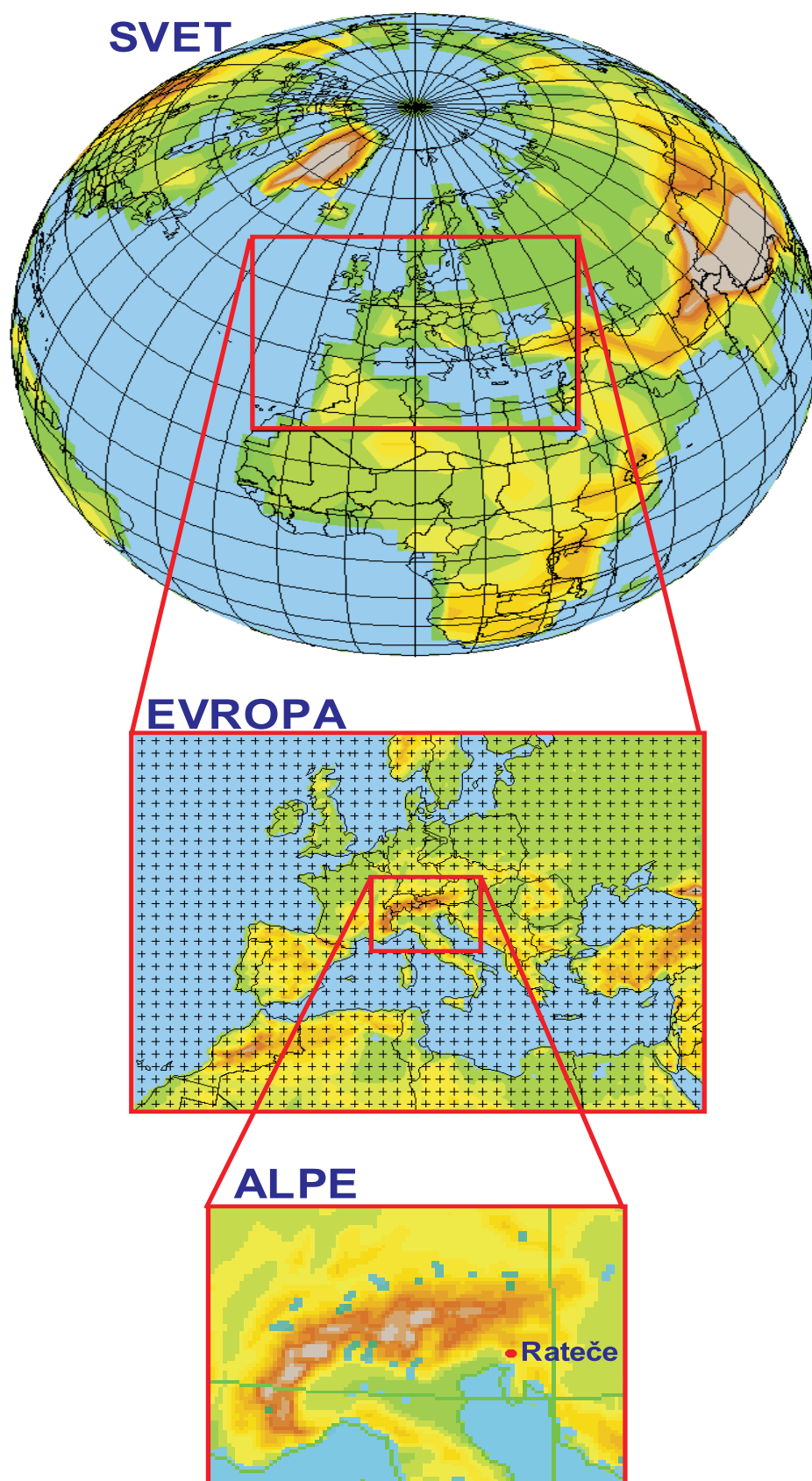
Dinamično zmanjševanje skale shematično prikazuje slika 8; prikazan je proces dvakratnega gnezdenja regionalnega podnebnega modela v model splošne cirkulacije. Razkorak, s katerim se v tem shematičnem prikazu srečamo, je po eni strani razpoložljivost grobih izračunov stanja podnebja (ločljivost približno 200 km) za celotno zemeljsko oblo in želja, da bi razpolagali s konkretnimi ocenami za lokacijo Rateče. Z gnezdenjem podrobnejšega regionalnega modela tako lahko najprej na nivoju Evrope izboljšamo ločljivost rezultatov (npr. 50 km). Če so ti rezultati za naše potrebe še vedno pregrobi, lahko za še bolj omejeno območje, npr. območje Alp, ponovno gnezdimo regionalni podnebni model z ločljivostjo (npr. 20 km), ki bistveno bolje kot prvotni model splošne cirkulacije opiše lastnosti podnebja Rateč in njihove okolice.

Z regionalnim podnebnim modelom nikdar ne dobimo točkovnega rezultata (npr. točno za lokacijo Rateče), temveč dobimo povprečne razmere preko modelske celice, ki po velikosti ustreza ločljivosti gnezdenega modela. Tako v prej opisanem primeru dobimo povprečne razmere na območju velikosti 20 km × 20 km, kar ob podnebni raznolikosti, ki smo ji priča v Sloveniji, ne zadostuje vedno za zadovoljiv opis razmer na željeni lokaciji.

Kadar želimo oceno podnebnih sprememb na točno določeni lokaciji, kjer potekajo podnebno odvisne dejavnosti, na katere bo prihodnje podnebje vplivalo, si lahko pomagamo z empiričnim zmanjševanjem skale; shematično ga prikazuje slika 7. Pri empiričnem zmanjševanju skale skušamo s preprostimi matematičnimi modeli opisati odvisnost spremenljivosti lokalnih podnebnih razmer od spremenljivosti podnebnih razmer v obsežni skali. Modele, ki temeljijo na izmerjenih vrednostih v preteklosti, nato uporabimo za projekcije podnebnih sprememb za izbrano lokacijo, v katerih uporabimo rezultate modelov splošne cirkulacije. Pri tem predpostavimo, da bo v spremenjenih podnebnih razmerah matematični opis odvisnosti med lokalno podnebno spremenljivko in podnebno spremenljivko v obsežni skali še vedno ustrezen.



**Slika 7.** Shematičen prikaz empiričnega zmanjševanja skale (Hayen, 2002). Tako kot pri dinamičnem zmanjševanju skale osredotočeno predstavlja model splošne cirkulacije in želja, da bi dobili realne ocene podnebja ter njegovih sprememb na izbrani lokaciji, npr. Rateče. Namesto gnezdenja dinamičnih regionalnih podnebnih modelov pa uporabimo preproste matematične modele, ki temeljijo na izmerjenih podatkih in povezujejo spremenljivost podnebnih vzorcev v obsežni skali ter na izbrani lokaciji.



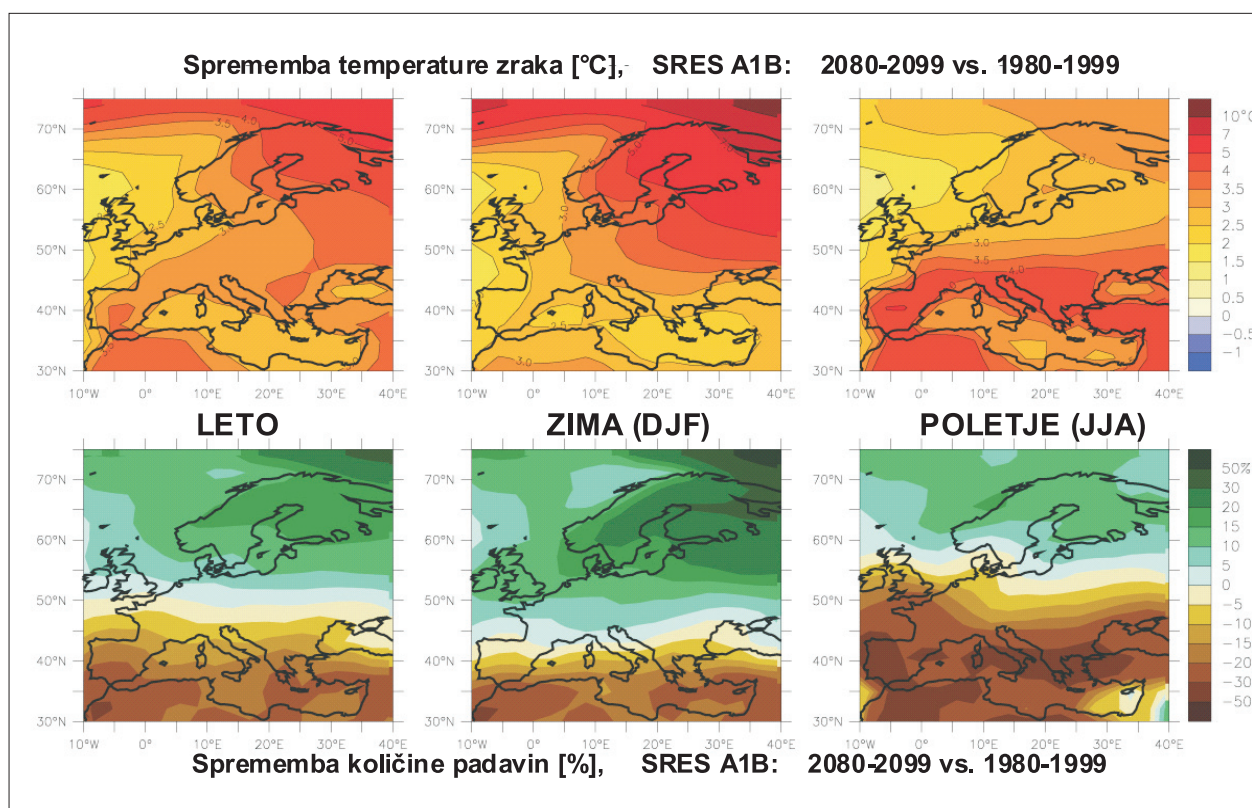
**Slika 8:** Shematičen prikaz večplastnega dinamičnega zmanjševanja skale (prirejeno po Giorgi, 2008). Osnovno predstavlja model splošne cirkulacije in želja, da bi dobili realne ocene podnebja ter njegovih sprememb na lokaciji Rateče. Z dvakratnim gnezdenjem regionalnega podnebne modela, najprej na območju celotne Evrope in dodatno še na območju Alp, rezultate z vidika prostorske ločljivosti izboljšamo do te mere, da opišejo regionalne posebnosti podnebja Rateč in njihove okolice.

## Projekcije podnebnih sprememb do konca 21. stoletja za Slovenijo in njeno širšo okolico

Podrobnejši pogled na sintezo rezultatov različnih modelov splošne cirkulacije za področje Evrope (za podrobnosti glej IPCC, 2007) kaže, da ob uresničitvi srednjega scenarija emisij SRES A1B lahko do konca tega stoletja pričakujemo na območju Slovenije dvig temperature med 3 in 3,5 °C, pri čemer se bodo poletja ogrela najbolj izrazito, in sicer 4 do 4,5 °C (slika 9). Količina padavin naj bi se na letnem nivoju zmanjšala za približno do 10 %; s tem bodo poletja bistveno bolj suha, in sicer za 15 do 20 %, pozimi pa lahko celo pričakujemo dvig količine padavin za do 10 %. Ker različni modeli dajo nekoliko različne ocene sprememb, je to potrebno upoštevati pri

interpretaciji takšnih rezultatov. Prav tako na izrazitost sprememb vpliva izbira scenarija emisij. Vpliv obojega je za primer temperature zraka na območju južne Evrope in Sredozemlja, kamor sodi tudi Slovenija, prikazano na sliki 10.

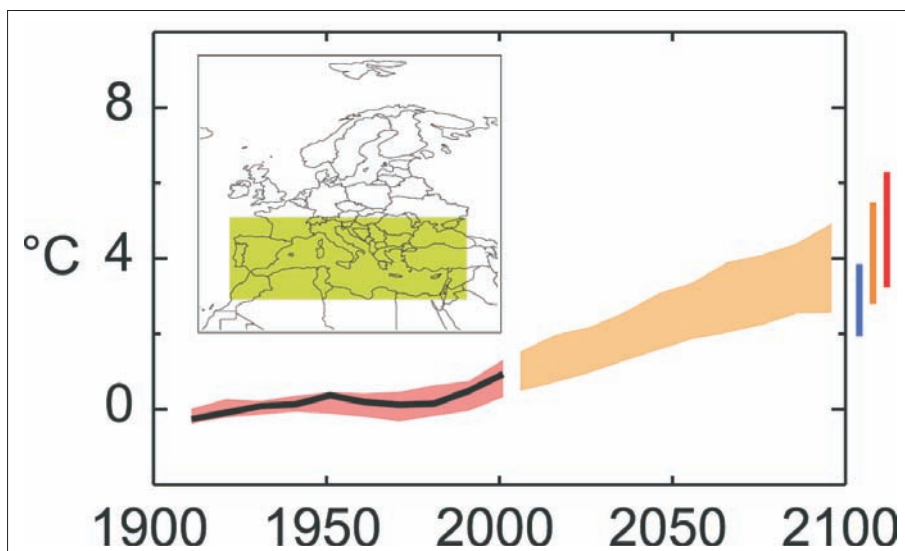
Zaradi slabe prostorske ločljivosti uporabljenih modelov splošne cirkulacije prikazani rezultati ne kažejo nobenih regionalnih oziroma lokalnih podrobnosti, ki jih dejansko lahko pričakujemo zaradi razgibanosti reliefa, še posebej na območju Alp, ter zaradi vpliva oceanov in morij. Podnebje Sredozemlja je npr. izrazito pogojeno z bližnjimi hribovji, dolinami, lokalnimi vetrovi in prisotnostjo velikega vodnega telesa; njihovi vplivi niso ustrezno zajeti ob ločljivosti slabši od 50 km (Li s sod., 2006). Primera natančnejših izračunov za območje Evrope prikazujeta sliki 11 in 12.



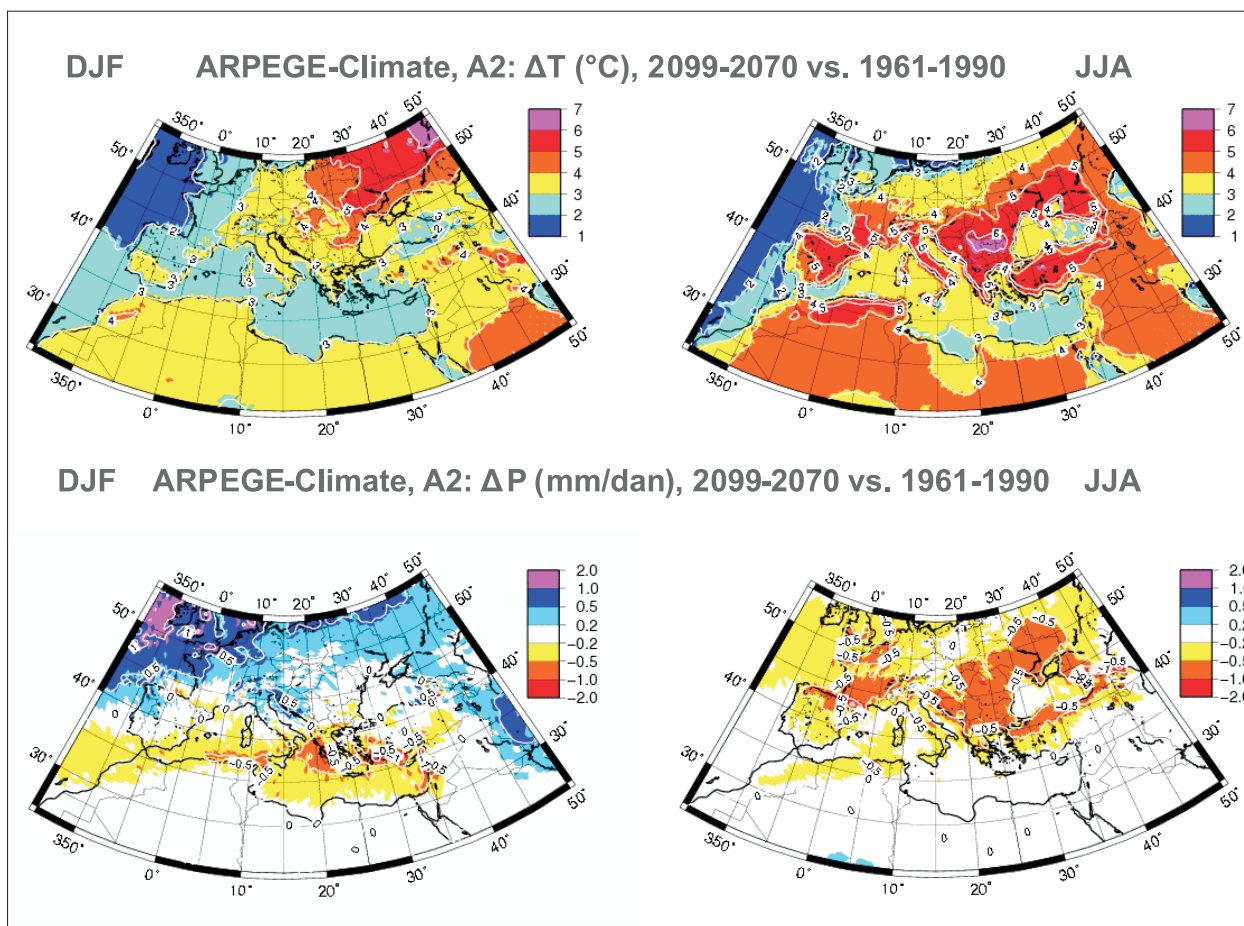
**Slika 9.** Sprememba temperature zraka in količine padavin na območju Evrope upoštevajoč povprečje preko 21 modelov splošne cirkulacije in scenarij emisij SRES A1B. Prikazane so spremembe za obdobje 2080–2099 v primerjavi z obdobjem 1980–1999 za leto kot celoto (levo), zimo (v sredini) in poletja (desno) (IPCC, 2007).

V prvem primeru gre za študijo strokovnjakov francoske meteorološke službe Météo-France, ki so uporabili model splošne cirkulacije s spremenljivo ločljivostjo ARPAGE-Climate, največjo ravno nad območjem Sredozemlja (približno 50 km), sklopljen z modelom Sre-

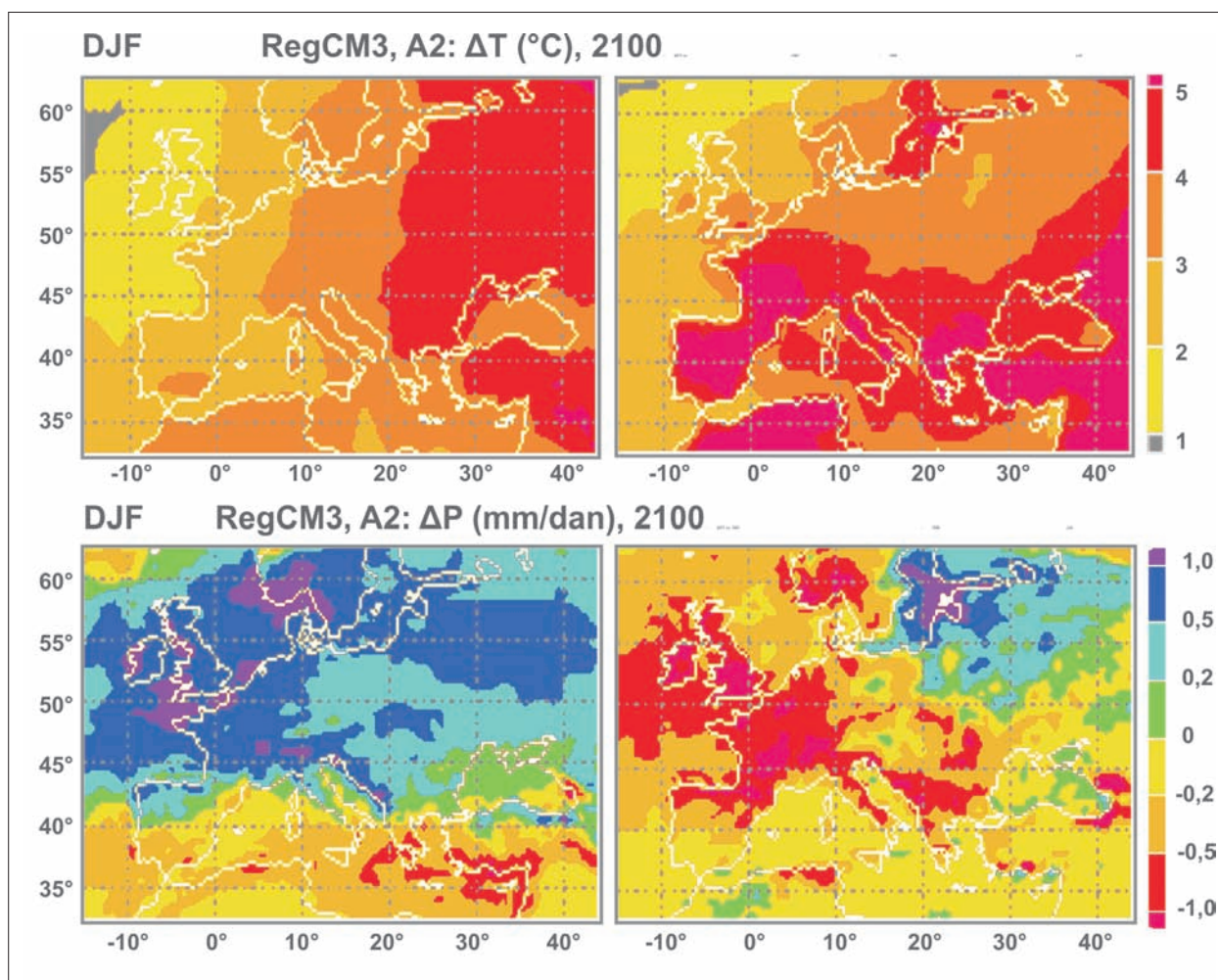
dozemskega morja OPAMED ločljivosti 10 km (za podrobnosti glej Somot s sod., 2008). Slika 11 prikazuje rezultate ocen spremembe temperature zraka in količine padavin nad južno Evropo in Sredozemljem za obdobje 2099–2070 v primerjavi z obdobjem 1961–1990 ob uresničitvi scenarija SRES A2.



**Slika 10.** Odstopanje temperature zraka od povprečja v obdobju 1901–1950 na kopnem delu južne Evrope in Sredozemlja za obdobje v preteklosti 1906–2005, in sicer izmerjene vrednosti (črna črta) in razpon modelskih rezultatov (rdeča ovojnica). Dodan je tudi razpon projekcij z različnimi modeli splošne cirkulacije do konca 21. stoletja upoštevajoč scenarij SRES A1B (oranžna ovojnica) in možen razpon temperaturnih sprememb ob koncu 21. stoletja v primeru uresničitve scenarija SRES B1 (moder stolpec), A1B (oranžen stolpec) in A2 (rdeč stolpec) (IPCC, 2007).



**Slika 11.** Sprememba temperature zraka (v °C, zgoraj) in količine padavin (v mm/dan, spodaj) v zimskem (levo) in poletnem času (desno) ob primerjavi obdobj 2070–2099 in 1961–1990 pri uporabi modela ARPAGE-Climate, sklopljenega z modelom OPAMET, upoštevajoč scenarij SRES A2 (Somot s sod., 2008)



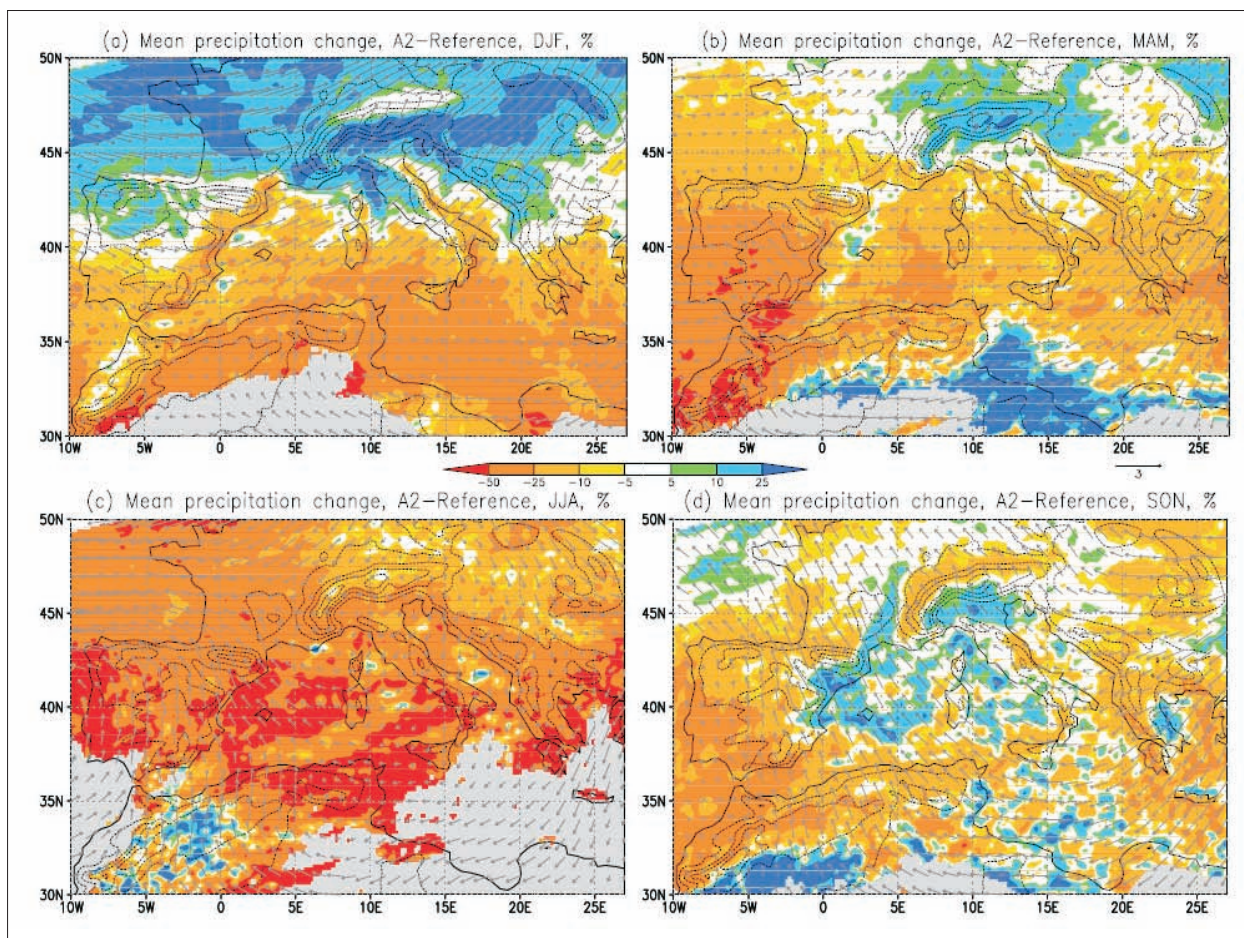
**Slika 12.** Sprememba temperature zraka (v  $^{\circ}\text{C}$ , zgoraj) in količine padavin (v mm/dan, spodaj) v zimskem (levo) in poletnem času (desno) ob primerjavi obdobj 2071–2100 in 1961–1990 pri uporabi regionalnega podnebne modela RegCM3 gnezdenega v globalni model HadAM3H, upoštevajoč scenarij SRES A2 (Giorgi s sod., 2004)

Tudi ti rezultati za območje Slovenije kažejo, da ob uresnitvi scenarija SRES A2 lahko pozimi pričakujemo dvig temperature za 3 do 4  $^{\circ}\text{C}$ , poleti pa celo za 5 do 6  $^{\circ}\text{C}$ . Prav tako rezultati kažejo, da se bo količina padavin na območju Slovenije pozimi povečala v povprečju za 0,2 do 1,0 mm/dan, poleti pa zmanjšala za podobno vrednost. Alpe so praktično edino območje južne Evrope in Sredozemlja, ki pozimi lahko pričakuje nekoliko več padavin. Ostala območja pa bodo tako poleti kot pozimi predvidoma deležna manjše količine padavin, kot smo je v povprečju vajeni danes.

V drugem primeru, ki je prikazan na sliki 12, gre za študijo strokovnjakov bližnjega Mednarodnega centra za teoretsko fiziko – ICTP v Trstu. Ti so gnezdili regionalni podnebni model RegCM3 z ločljivostjo 50 km v globalni atmosferski model HadAM3H, upoštevajoč scenarij SRES A2 (za podrobnosti glej Giorgi s sod., 2004). Ocene sprememb količine padavin in tempera-

ture zraka ob primerjavi obdobj 2071–2100 in 1961–1990 kažejo podobne rezultate, kot so bili dobljeni z modelom ARPAGE-Climate. Tudi ti za območje Slovenije predvidevajo pozimi dvig temperature za 3 do 4  $^{\circ}\text{C}$ , poleti pa za 4 do 5  $^{\circ}\text{C}$ . Prav tako kažejo na dvig količine pozimi v povprečju za 0,2 do 1 mm/dan in zmanjšanje količine padavin poleti za podobno vrednost. V obeh primerih pa lahko, še posebej pri padavinah, opazimo mnogo več regionalnih posebnosti, ki jih v rezultatih modelov splošne cirkulacije zaradi slabe prostorske ločljivosti ni mogoče zaslediti.

Ista skupina znanstvenikov je izvedla tudi eksperiment dvojnega gnezdenja in v rezultate prvotnega gnezdenja modela RegCM3 z ločljivostjo 50 km ugneznila isti model, vendar z ločljivostjo 10 km (za podrobnosti glej Gao s sod., 2006). Slike 13, 14 in 15 prikazujejo rezultate dvakratnega gnezdenja modela RegCM3 za različne padavinske spremenljivke. Iz slike 13 je razvidno, da se ob ločljivosti 20 km sam

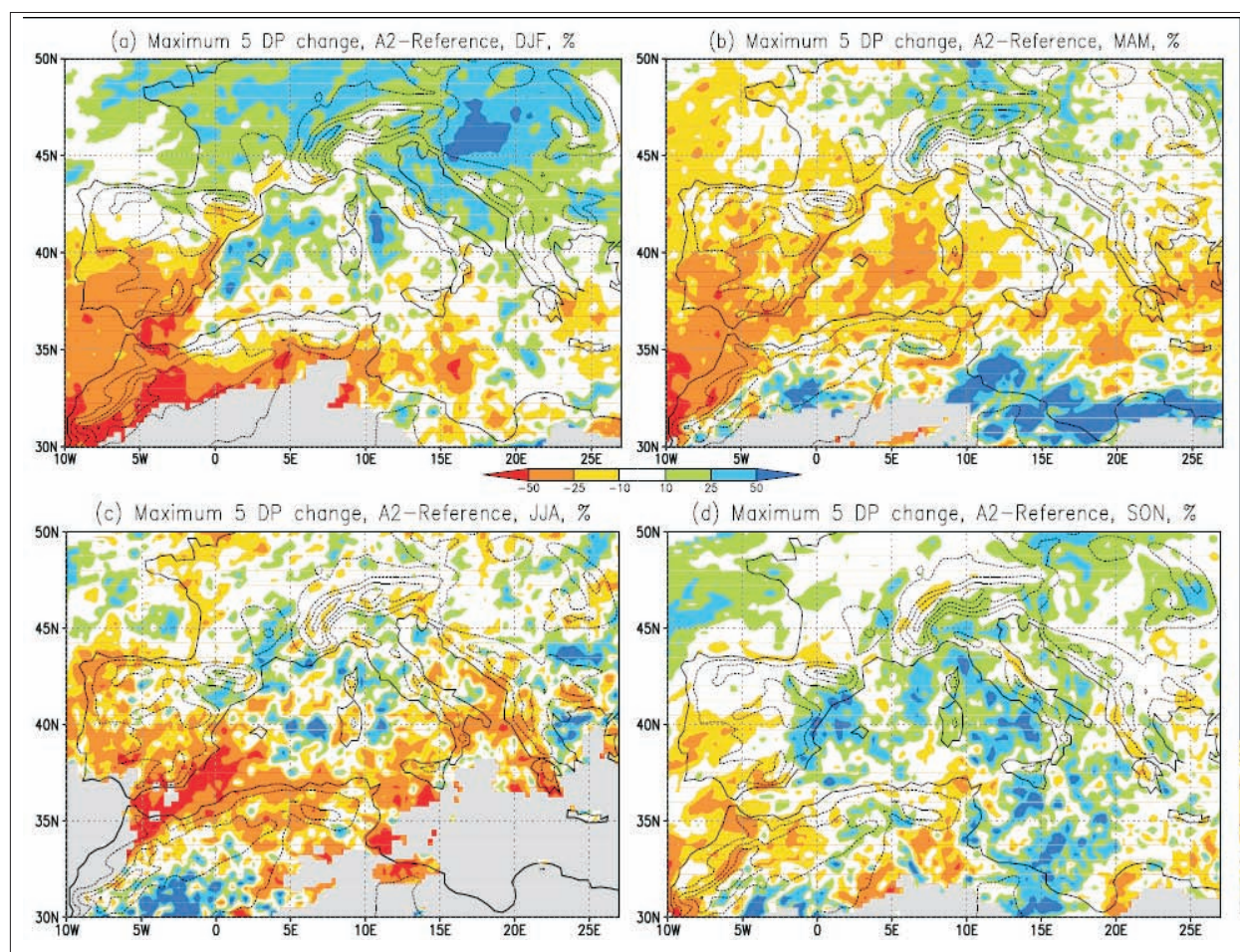


**Slika 13.** Sprememba povprečne količine padavin (v %) v zimskem (levo zgoraj), spomladanskem (desno zgoraj), poletnem (levo spodaj) in jesenskem (desno spodaj) času ob primerjavi obdobj 2071–2100 in 1961–1990 pri uporabi dvakratnega gnezdenja regionalnega podnebnegega modela RegCM3 v globalni model HadAM3H, upoštevajoč scenarij SRES A2 (Gao s sod., 2006)

vzorec rezultatov sprememb povprečne količine padavin ne spremeni bistveno v primerjavi s sliko 12, dobi pa drobnejše strukture, ki so posledica boljšega opisa topografije. Pozimi lahko pričakujemo porast količine padavin na območju večjega dela Francije, večjega dela Alp in jugovzhodne Evrope, predvsem zaradi intenzivnejše nevihtne aktivnosti nad severnim Atlantikom ter krepitve jugozahodne komponente vetrov s toplimi, vlažnimi zračnimi masami (Gao in sod., 2006). Slednje vpliva predvsem na višjo količino padavin na južnem delu Alp in s tem tudi v Sloveniji. Na območju Slovenije tako lahko do konca tega stoletja ob uresničitvi scenarija SRES A2 pričakujemo pozimi porast količine padavin tudi do 25 % in več. Na območju južnega Sredozemlja pa gre pričakovati tudi v zimskem času manjšo količino padavin, kot smo je v povprečju vajeni danes. Spomladi se območje, kjer pričakujemo manjšo količino padavin, pomakne še bolj severno in prekriva celoten Iberski, Apeninski in Balkanski polotok, Francijo in območje gorovja Atlas. Predvsem za vzhodni del Slovenije rezultati

še kažejo porast padavin, vendar bistveno manj kot v zimskem času, v zahodnem delu pa ne gre pričakovati opaznih sprememb. Poleti lahko na celotnem območju južne Evrope in Sredozemlja pričakujemo manjšo količino padavin, predvsem zaradi krepitve anticiklonalne cirkulacije, ki je še posebej izrazita nad Severnim Atlantikom in zahodno Evropo. Na območju Slovenije lahko pričakujemo izrazito zmanjšanje količine padavin, tudi do 50 %. Najmanj izrazit je vzorec sprememb za jesenski čas, ko na območju Slovenije ne gre pričakovati opaznih sprememb.

Poleg sprememb povprečnih količin padavin je pomemben predvsem vpliv podnebnih sprememb na nekatere izredne dogodke, kot so daljša obdobja suše ali močni nalivi. V ta namen sta kot merili verjetnosti pojava poplav ali suše na izbranem območju pogosto uporabljeni spremenljivki največjih petdnevni padavin (slika 14) in najdaljšega suhega obdobja (slika 15). Rezultati dvakratnega gnezdenja regionalnega podnebnegega modela RegCM3 v globalni atmosferski model HadAM3H kažejo, da območja z večjimi



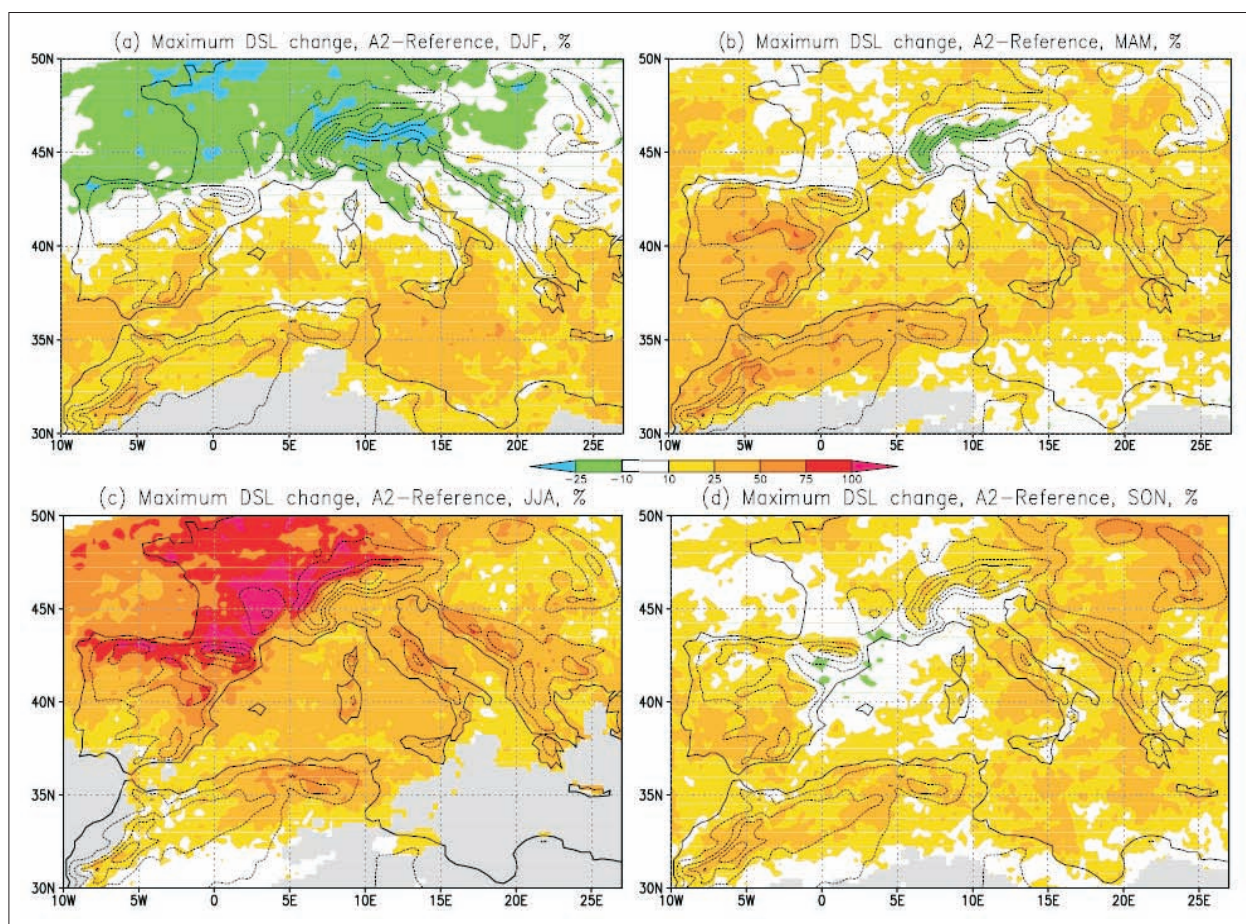
**Slika 14.** Sprememba največje petdnevne količine padavin (v %) v zimskem (levo zgoraj), spomladanskem (desno zgoraj), poletnem (levo spodaj) in jesenskem (desno spodaj) času ob primerjavi obdobj 2071–2100 in 1961–1990 pri uporabi dvakratnega gnezdenja regionalnega podnebnega modela RegCM3 v globalni model HadAM3H, upoštevajoč scenarij SRES A2 (Gao *sod.*, 2006)

največjimi petdnevnimi količinami padavin in krajšimi suhimi obdobji običajno sovpadajo z območji porasta povprečne količine padavin in obratno. So pa območja, kjer lahko pričakujemo porast največjih petdnevnih količin padavin, obsežnejša kot območja, kjer pričakujemo porast povprečne količine padavin. Še posebej poleti lahko zasledimo tudi območja, kjer sicer pričakujemo manjšo povprečno količino padavin, vendar kljub temu porast največjih petdnevnih količin padavin. To pomeni, da bodo sicer nevihtne padavine poleti na teh območjih manj pogoste in jih bo v povprečju manj, vendar pa bodo močnejše, kar kljub splošnemu zmanjšanju količine padavin lahko privede do pogostejših hudourniških poplav.

Pozimi lahko pričakujemo porast največjih petdnevnih količin padavin na območju zahodne in osrednje Evrope in posledično zmanjšanje trajanja najdaljšega suhega obdobja. To nakazuje na pogostejše in intenzivnejše nevihte v tem obdobju, kar velja tudi za Slovenijo.

Spomladi in jeseni na območju Slovenije tako z vidika maksimalnih petdnevnih količin padavin kot trajanja najdaljšega suhega obdobja ne gre pričakovati večjih sprememb. Tako poleti kot jeseni pa lahko pričakujemo v povprečju daljša maksimalna obdobja brez padavin, kar pomeni dolgotrajnejše in intenzivnejše suše. To bo še posebej izrazito v poletnem času, ko vsaj v zahodnem delu Slovenije lahko pričakujemo tudi nekoliko manjše maksimalne petdnevne padavine. Za razliko od poletja pa jeseni, kljub predvidoma daljšim maksimalnim obdobjem brez padavin, pričakujemo intenzivnejše maksimalne petdnevne količine padavin.

Kadar potrebujemo ocene podnebnih sprememb na točno določeni lokaciji, si pomagamo z empiričnimi modeli, s katerimi povežemo spremenljivost podnebnih vzorcev v obsežni skali s spremenljivostjo izbrane podnebne spremenljivke na izbrani lokaciji. Izdelamo jih na podlagi meritev, uporabimo pa bodisi na rezultatih modelov splošne cirkulacije bodisi na re-



**Slika 15.** Sprememba najdaljšega obdobja brez padavin (v %) v zimskem (levo zgoraj), spomladanskem (desno zgoraj), poletnem (levo spodaj) in jesenskem (desno spodaj) času ob primerjavi obdobj 2071–2100 in 1961–1990 pri uporabi dvakratnega gnezdenja regionalnega podnebne modela RegCM3 v globalni model HadAM3H, upoštevajoč scenarij SRES A2 (Gao s sod., 2006)

zultatih regionalnih podnebnih modelov. Primer rezultatov takšnega pristopa za pet slovenskih krajev je ločeno za toplo (apr–sept) in hladno polovico (okt–mar) leta prikazan na slikah 16 in 17. Izbrani kraji so predstavniki različnih podnebnih območij Slovenije (Ogrin, 1998), in sicer Ljubljana za zmerno-celinsko podnebje osrednje Slovenije, Murska Sobota za zmerno-celinsko podnebje SV Slovenije, Novo mesto za zmerno-celinsko podnebje JV Slovenije, Rateče za gorsko podnebje in Bilje za submediteransko podnebje. Empirični modeli so bili izdelani na podlagi podatkov Agencije RS za okolje za povprečno mesečno temperaturo zraka in količino padavin v obdobju 1961–2005 v izbranih krajih ter NCEP/NCAR reanaliz nad območjem osrednje Evrope. Pri tem se je potrebno zavedati, da so zaradi narave odvisnosti lokalnih podnebnih spremenljivk od podnebnih vzorcev nad območjem celotne srednje Evrope empirični modeli za temperaturo zraka zanesljivejši od empiričnih modelov za količino padavin, še posebej za poletne mesece. S podnebno spremenljivostjo nad širšim

območjem osrednje Evrope namreč ne moremo pojasniti lokalno pogojenih padavin, ki nastanejo zaradi termične konvekcije ali zaradi prisilnega dviga ob orografskih pregradah. Izdelani modeli so bili uporabljeni za projiciranje rezultatov štirih različnih modelov splošne cirkulacije do konca 21. stoletja, upoštevajoč scenarije SRES A2 in B2, in sicer avstralskega modela CSIRO/Mk2, britanskega modela UKMO/HadCM3, ameriškega modela DOE-NCAR/PCM in nemškega modela MPI-DMI/ECHAM4-OPYC3 na izbranih pet lokacij v Sloveniji. Lokalne projekcije podnebnih sprememb so bile naknadno še prirejene ostalim štirim SRES scenarijem, A1T, A1B, A1FI in B1 (za podrobnosti glej Bergant, 2007).

Poleg projekcij za prihodnost slike 16 in 17 prikazujeta v prvem stolpcu razpršenost odstopanj parov povprečne temperature zraka in količine padavin v hladni (slika 16) in v topli (slika 17) polovici leta glede na dolgoletni povprečji v obdobju 1961–1990. Iz slik je razvidno, da se podnebne razmere iz leta v leto lahko močno razlikujejo. Tako imamo enkrat izredno namočena

(npr. topla polovica leta 1965 in 1972) ali hladna obdobja (npr. topla polovica leta 1978), drugič spet suha in vroča (npr. izrazito toplo in suho poletje 2003). Poleg tega je iz slik 16 in 17 razvidno, da skoraj vsa leta od 1990 dalje izstopajo od povprečja 1961–1990 v smeri proti višjim temperaturam, tako v hladni kot v topli polovici leta. To kaže na vedno višje temperature in potrjuje trditve, da posledice globalnega ogrevanja lahko zasledimo tudi v meritvah temperature na območju Slovenije.

Iz slik 16 in 17 je tudi razvidno, da lahko pričakujemo izrazitejši dvig temperature v topli polovici leta v primerjavi s hladno polovico. Prav tako gre pričakovati zmanjšanje količine padavin v topli polovici leta in porast količine padavin v hladni polovici leta, kar je v skladu z že prej navedenimi rezultati.

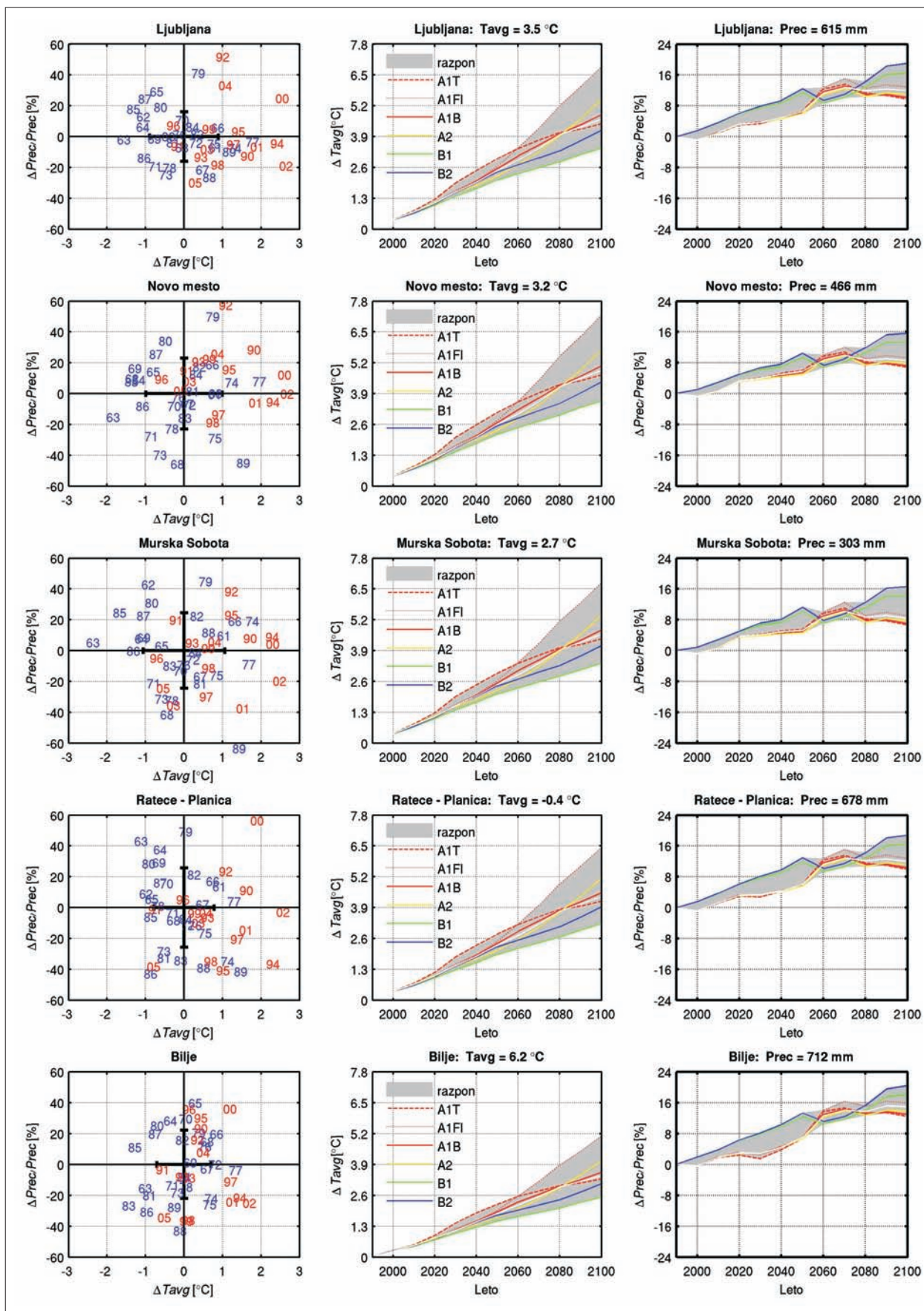
Rezultati projekcij za izbranih pet lokacij in posamezne letne čase kažejo, da se bodo glede na obdobje 1961–1990 do konca 21. stoletja najbolj ogrela poletja (med 3,5 °C in 8 °C), sledile bodo zime (med 3,5 °C in 7 °C), pomladi (med 2,5 °C in 6 °C) in jeseni (med 2,5 °C in 5 °C). V pomladnih in jesenskih mesecih glede na izvedene projekcije ne pričakujemo izrazitih sprememb v količini padavin, v zimskih mesecih je predviden porast količine padavin (do + 30%), v poletnih mesecih pa zmanjšanje količine padavin (do –20%) (Bergant, 2007). Izrazitejšemu ogrevanju v poletnih mesecih verjetno botruje tako manjša količina kot tudi pogostost padavin, ki sicer v poletnih mesecih hladijo površje in tudi zrak ob njem. Izmed petih izbranih lokacij izstopajo Bilje, za katere projekcije za vse letne čase kažejo nekoliko nižji dvig temperature zraka kot za ostale štiri lokacije (poletje: 3,0 °C do 5,5 °C, zima: 2,5 °C do 4 °C, pomlad: 2,5 °C do 4,5 °C, jesen: 2 °C do 4 °C). Ker smo podobne rezultate dobili tudi za lokaciji Slap pri Vipavi in Portorož, bi lahko sklepali, da gre vzrok iskati v bližini Jadranskega in Sredozemskega morja. V splošnem namreč velja, da bo zaradi razlike v toplotni kapaciteti ogrevanje nad kontinentalnimi območji izrazitejše kot nad obmorskimi oziroma oceanskimi območji (IPCC, 2007). Res pa je, da je kakovost podatkov, na katerih temeljijo izdelani empirični modeli, prav za submediteransko območje najslabša, kar vpliva tudi na kakovost končnih izračunov.

## Negotovosti, ki spremljajo projekcije podnebnih sprememb

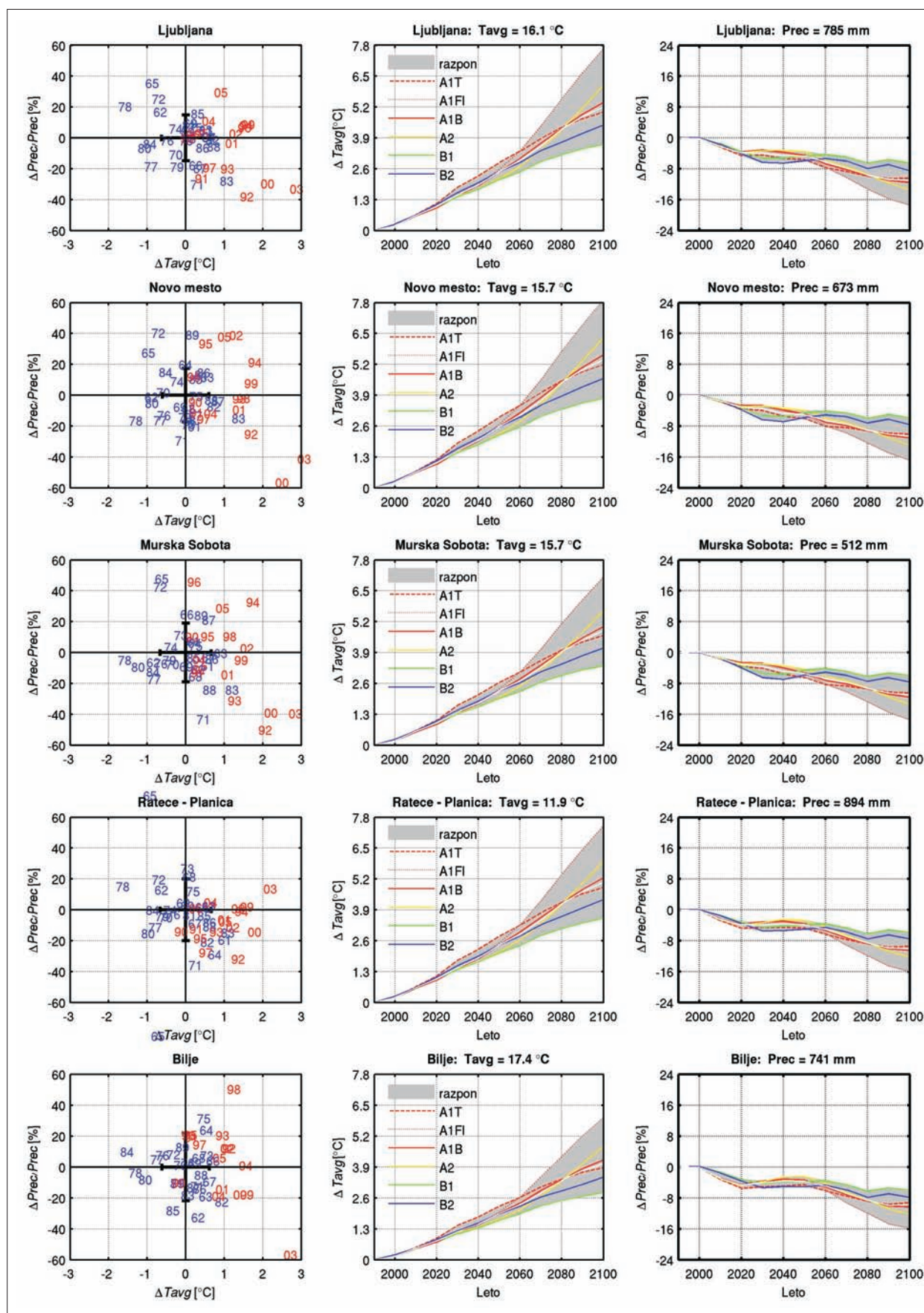
Kakovost modelov pa je le eden od virov negotovosti pri projekcijah podnebnih spre-

memb. Modeli, ki jih uporabljamo za ocenjevanje prihodnjega stanja podnebja, predstavljajo le poenostavljen opis podnebnega sistema. Zato je kakovost izračunov s takšnimi modeli odvisna od teoretičnega poznavanja procesov, ki jih vključuje model, in natančnosti njihovega zapisa v modelu, od natančnosti poznavanja začetnih razmer, s katerimi zaženemo model in od robnih pogojev, ki jih modelu postavimo tekom izračunavanja prihodnjih stanj ozračja – npr. prihodnjih vsebnosti toplogrednih plinov v ozračju. Gre torej za dva temeljna vira negotovosti v rezultatih podnebnih sprememb; omejeno poznavanje procesov in sedanjih razmer ter nenapovedljivost prihodnosti z vidika uresničitve izbranih scenarijev izpustov toplogrednih plinov in delcev v ozračje. Zato projekcije podnebnih sprememb za izbrano območje, ki predstavljajo ključni vhodni podatek v študijah vpliva podnebnih sprememb ter pri pripravi strategij prilagajanja, spremlja določena negotovost (Knutti, 2008), ki se v procesu prehoda od globalnih scenarijev razvoja družbe do lokalnih ocen podnebnih sprememb kopiči (slika 18).

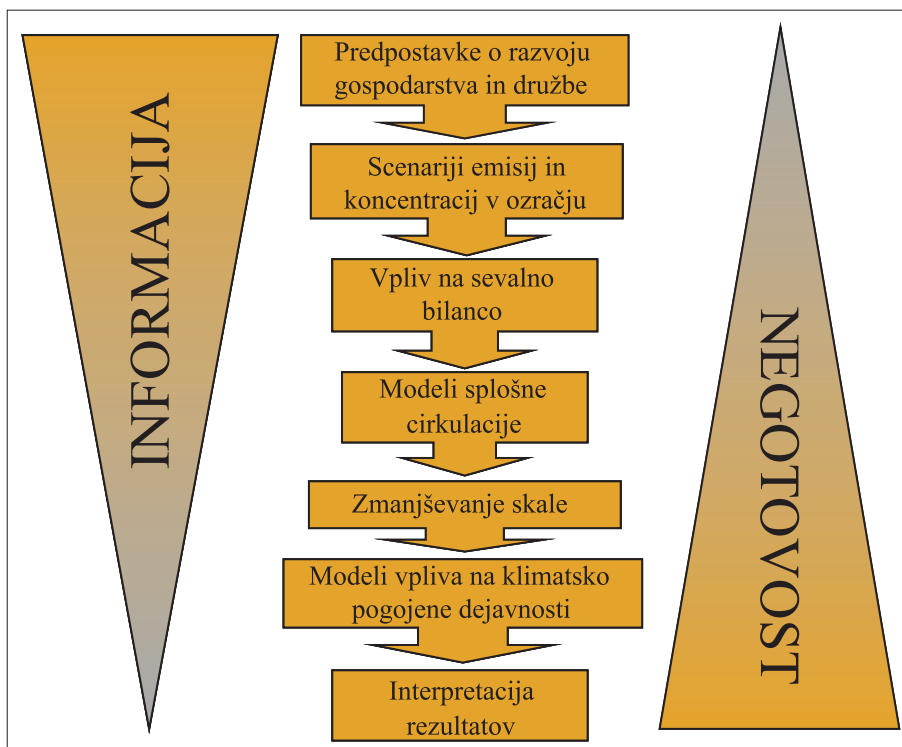
Kako se bo v prihodnje razvijala družba in kakšne bodo zaradi tega emisije toplogrednih plinov ter njihove vsebnosti v ozračju, lahko le sklepamo glede na sedanje trende, kar predstavlja osnovni vir negotovosti v ocenah podnebnih sprememb. Zato je IPCC izdelal številne scenarije izpustov, ki so bili uporabljeni v tretjem in četrtem IPCC poročilu (IPCC, 2001; IPCC, 2007). Razlike med temi scenariji kot njihovimi predhodniki iz drugega poročila IPCC (IPCC, 1995) pa kažejo na primarni vir negotovosti v projekcijah podnebnih sprememb. Prav tako ne poznamo vseh podrobnosti podnebnega sistema in njegovega odziva na spremembe sestave ozračja ter druge spremembe podnebnih dejavnikov. In tudi če bi do potankosti poznali odvisnost odziva podnebnega sistema na sestavo ozračja, lahko podnebje modeliramo le z omejeno prostorsko natančnostjo, ki ne zajame vseh regionalnih in lokalnih posebnosti podnebja izbranega območja. Slovenija je temu še posebej izpostavljena, saj leži na prepletu alpskega, sredozemskega in panonskega podnebnega vpliva, zaradi česar je ob veliki razgibanosti površja raznolikost podnebnih razmer na njenem območju izredna. Slednje predstavlja velik izziv, tako za dinamično kot empirično modeliranje podnebja v prihodnje, zaenkrat pa je to tudi vzrok, da so projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo podvržene precejšnji negotovosti, še posebej kadar nas zanimajo padavine na majhnem območju.



**Slika 16.** Razporeditev let v obdobju 1961–2005 glede na odstopanja povprečne temperature zraka ( $T_{avg}$ ) in količine padavin ( $Prec$ ) v topli polovici leta od povprečja v obdobju 1961–1990 za izbranih pet lokacij (Ljubljana, Novo mesto, Maribor, Rateče – Planica, Bilje, levo) skupaj z okvirnimi projekcijami spremembe temperature zraka ( $T_{avg}$ : sredina) in količine padavin ( $Prec$ : desno) do konca 21. stoletja glede na različne scenarije emisij toplogrednih plinov (SRES A1B, A1T, A1FI, A2, B1, B2).



**Slika 17.** Razporeditev let v obdobju 1961–2005 glede na odstopanja povprečne temperature zraka ( $T_{avg}$ ) in količine padavin ( $Prec$ ) v hladni polovici leta od povprečja v obdobju 1961–1990 za izbranih pet lokacij (Ljubljana, Novo mesto, Maribor, Rateče – Planica, Bilje: levo) skupaj z okvirnimi projekcijami spremembe temperature zraka ( $T_{avg}$ : sredina) in količine padavin ( $Prec$ : desno) do konca 21. stoletja glede na različne scenarije emisij toplogrednih plinov (SRES A1B, A1T, A1FI, A2, B1, B2).



**Slika 18.** Naraščanje negotovosti v postopku izdelave regionalnih/lokalnih scenarijev podnebnih sprememb in njihovega vpliva ob oženju informacije od splošnih predpostavk o razvoju gospodarstva in družbe do posledic za podnebno pogojene dejavnosti na izbrani regiji ali lokaciji (Bergant s sod., 2006).

Zaradi tega Urad za meteorologijo na Agenciji RS za okolje sodeluje pri projektu Katedre za meteorologijo na Univerzi v Ljubljani in Centra za raziskave atmosfere na Univerzi v Novi Gorici, Numerično modeliranje podnebja z visoko ločljivostjo za pripravo scenarijev podnebnih sprememb za Slovenijo za 21. stoletje. Osnovni namen projekta je kritično ovrednotiti razpoložljive rezultate regionalnih podnebnih modelov, ki vključujejo tudi območje Slovenije, ter jih primerjati z rezultati lastnih simulacij, pri katerih bo v globalni model ARPAGE-Climate gnezden numerični model ALADIN z ločljivostjo 9 km. Modeliranje podnebja v tako visoki ločljivosti nam bo omogočilo predvsem podrobnejši vpogled v predvidene spremembe podnebja z vidika pogostosti izrednih vremenskih dogodkov, kot so suše, vročinski valovi, hudourniške poplave, neurja ipd. Dokler ne bodo izdelani natančnejši scenariji podnebnih sprememb za Slovenijo, pa si lahko pri študijah ranljivosti in vpliva ter pri pripravi strategij prilagajanja pomagamo z razpoložljivimi ocenami podnebnih sprememb in izkušnjami posledic ob izrednih dogodkih v preteklosti.

## Literatura

1. Benestad, R. E. 2003, What can present climate models tell us about climate change? *Climatic Change* 59: 311–331.
2. Bergant, K., Kajfež-Bogataj, L., Trdan, S. 2006. Uncertainties in modelling of climate change impact in future: An example of onion thrips (*Thrips Tabaci Lindeman*) in Slovenia. *Ecological Modelling*, 194: 244–255.
3. Bergant, K. 2007. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo [V: Jurc, M. (ur.). *Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo*], *Studia forestalia Slovenica*, 130, 67–86.
4. Crane, R. G., Yarnal, B., Barron, E. J., Hewitson, B. 2002. Scale interactions and regional climate: examples from Susquehanna river basin. *Human and Ecological Risk Assessment*, 8(1):147–158.
5. Gao, X., Pal, J. S., Giorgi, F. 2006. Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from a high resolution double nested RCM simulation. *Geophysical Research Letters*, 33: 1–4 (doi:10.1029/2005GL024954).
6. Giorgi, F., Mearns, L. O. 1999. Introduction to special section: Regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research*, 104: 6335–6352.
7. Giorgi, F., Bi, X., Pal, J. S. 2004. Mean, inter-annual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II:

- climate change scenarios (2071–2100). Climate Dynamics*, 23: 839–858.
8. Giorgi, F. 2008. *Uncertainties in regional climate change projections*. Predstavitev na konferenci »Bridging the Gap«, Portorož, 15. maj 2008. [http://www.bridgingthegap.si/pdf/Adapation to climate change/Filippo Giorgi Uncertainties in regional climate change projections.pdf](http://www.bridgingthegap.si/pdf/Adapation%20to%20climate%20change/Filippo%20Giorgi%20Uncertainties%20in%20regional%20climate%20change%20projections.pdf)
  9. Heyen, H. 2002. *Statistical downscaling*. Slika iz spletne strain (29. okt. 2002). URL = <http://w3g.gkss.de/G/mitarbeiter/heyen/NEXT/stdown.html>
  10. IPCC. 1990. *Scientific Assessment of Climate Change: Report of Working Group I* [Houghton, J.T., G.J. Jenkins in J.J. Ephraums]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 365 str.
  11. IPCC. 1995. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B. A. Callender, N. Harris, A. Kattenberg in K. Maskell]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 str.
  12. IPCC. 2000: *IPCC Special Report: Emission Scenarios* [Nakićenović, in R. Swart (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 570 str.
  13. IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, in C.A. Johnson (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 str.
  14. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor in H.L. Miller (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 str.
  15. Lorenz, E. 1967. *The nature and theory of general circulation of the atmosphere*. WMO Publication 218, 59–96.
  16. Li, L., Bozec, A., Somot, S., Béranger, K., Bou-ruet-Aubertot, P., Sevault, F., Crépon, M. 2006. *Regional atmospheric, marine processes and climate modelling (chapter 7)*. [V: Lionello, P., Malanotte, P., Boscolo, R. (ur.)], *Mediterranean Climate Variability*, Elsevier B.V., Amsterdam, 373–397.
  17. McGuffie K., Henderson-Sellers A. 1997. *A climate modeling primer*. Chichester, John Wiley and Sons: 253 str.
  18. Ogrin, D. 1998. Podnebje. (ur.) Fridl, J., Kladnik, D., Adamič, M., Perko, D. V: *Geografski atlas*, Ljubljana, DZS: 110–111 s.
  19. Somot S., Sevault F., Deque M., Crepon M. 2008. *21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere–ocean regional climate model*. *Global and Planetary Change*, 63 (2-3): 105–111.
  20. Wang, Y., Leung, L. R., McGregor, J. L., Lee, D.-K., Wang, W.-C., Ding, J., Kimura, F. 2004. *Regional climate modeling: Progress, challenges, and prospects*. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 82(6): 1599–1628.
  21. Zorita, E., Storch von, H. 1999 *The analog method as a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods*. *Journal of Climate*, 12:2474–2489.

*Se nam čas izteka? (foto: Tanja Cegnar)*



# Sklepna misel

Tanja Cegnar

Na Agenciji RS za okolje je veliko dejavnosti posredno ali neposredno vezanih na spremljanje sprememb v okolju, preučevanje njihovih posledic in medsebojnih učinkov. Številne rezultate spremljanja stanja okolja objavljamo sproti na naših spletnih straneh in v mesečnem biltenu Naše okolje. Vse številke biltena najdete na spletnih straneh agencije, lahko se tudi naročite na brezplačno elektronsko verzijo, naročnikom tiskanih izvodov, pa zaračunavamo materialne stroške.

V tej publikaciji smo se osredotočili predvsem na povezavo med podnebjem in vodnim okoljem, ostala področja pa smo ohranili za naslednje publikacije, v katerih vas bomo seznanili z rezultati spremljanja okolja, z analizami in spoznanji.

Podnebje se že od nekdaj spreminja in ljudje smo se na spremembe bolj ali manj uspešno prilagajali. Poleg dolgoročnih sprememb so pomembni tudi odkloni od dolgoletnih povprečij v krajših časovnih intervalih, kot so na primer nekajletni, letni, sezonski in tudi krajši. V zmernih geografskih širinah so najpomembnejše razlike med letnimi časi, vendar se tudi te iz leta v leto lahko opazno razlikujejo. V zadnjih desetletjih k naravni spremenljivosti v veliki meri poleg naravnih dejavnikov botruje človek z izpuščanjem toplogrednih plinov. Dvig povprečne temperature zraka, pogostejši vremenski in podnebni ekstremi so samo peščica pokazateljev podnebnih sprememb. Ob takšnih razmerah je potreba po prilagajanju nanje vse večja. Večina evropskih držav je že sprejela državno strategijo prilagajanja, v Sloveniji pa je slednje sklop dejavnosti, ki ga je še potrebno uveljaviti.

Ob prizadevanju za izboljšanje stanja v prihodnosti se vrnemo tudi v preteklost in prikažemo potek spremljanja podnebja skozi čas. V Sloveniji se je z meteorološkimi meritvami začelo že zelo zgodaj. Ker so se skozi leta spreminjale tako lokacije postaj kot instrumenti, načini merjenja in opazovanja, merske enote ter okolica opazovanega prostora, je v izogib napačnim zaključkom pred analizo niza podatkov potrebna homogenizacija le-tega. Pomagamo si z metapodatki, pri čemer je njihova obnova zahtevna in dolgotrajna. Prikazani sta rekonstrukcija temperaturnega niza v Ljubljani in rekonstrukcija višine snega na Kredarici.

Skozi večletno spremljanje ugotovimo spremenljivost povprečne temperature zraka in spremenljivost padavinskih razmer v Sloveniji. Pri vrednotenju rezultatov obeh je potrebna previdnost zaradi nehomogenosti. Agencija za okolje se je v zadnjem desetletju pridružila nekaterim mednarodnim projektom, katerih poglobitveni cilj je bil priprava kakovostnih homogenih nizov podnebnih podatkov; le tako lahko dobimo usklajeno sliko podnebne spremenljivosti v Sloveniji.

Danes se posledice naravnih in zaradi povečane vsebnosti toplogrednih plinov povzročenih podnebnih sprememb ter posegov v okolje vedno intenzivneje odražajo na različnih področjih: vse pogostejše so naravne katastrofe, povezane s preobilico ali premalo vode. Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) je v letu 2008 izdal tehnično poročilo o podnebnih spremembah in vodi, v katerem navaja, da zapisi opazovanj in podnebne napovedi jasno kažejo na ranljivost sladkovodnih virov in močan vpliv podnebnih sprememb nanje. V Sloveniji se v zadnjih letih spopadamo na eni strani s hidrološko sušo, na drugi s poplavami, medtem ko je običajno letna količina padavin blizu obdobjnega povprečja. Prikazani so vzroki za nastanek ekstremnih hidroloških pojavov, vpliv podnebnih sprememb nanje ter trendi na podlagi opazovanj in podatkov hidrološke merilne mreže.

Raziskave kažejo, da spremembam v zadnjem obdobju vedno bolj podlegajo pretočni režimi. Višja povprečna temperatura, spremenljiva količina padavin in krajše trajanje snežne odeje v sredogorju in v nižinah so posebej izstopajoče podnebne razlike, ki vplivajo na pretočni režim. Vendar k spremembam veliko prispevamo tudi ljudje s posegi v okolje. Na ta način lahko posledice podnebnih sprememb omilimo ali pa okrepimo, če v okolje ne posegamo dovolj premišljeno.

Prav tako se zaradi segrevanja ozračja tali led. Analiza podatkov z vodomerne postaje Agencije RS za okolje kaže na upadanje števila dni z ledom na Bohinjskem jezeru, kar je v skladu z znanstvenimi spoznanji. V zadnjih petindvajsetih letih se je Bohinjsko jezero znatno ogrelo in glede na sedanje trende je v naprej pričakovano še nadaljnje zmanjševanje števila dni z ledom.

Pokazali smo tudi povezavo med podnebnimi spremembami in višinami morja. Predstav-

ljena je ocena ogroženosti ter opisan monitoring višin morja skupaj z opisom prilagoditev merilne postaje Koper za namen spremljanja podnebnih sprememb. Izračunani so trendi in nekatere druge analize podatkov meritev višin morja na dolgoletnem nizu 1960–2008.

Predlagamo, kaj lahko za izboljšanje stanja storimo v prihodnosti. V nadaljevanju smo izpostavili tudi podnebne storitve in pomembne projekte, pri katerih sodeluje tudi ARSO.

Informacije o podnebnih razmerah so ključen prispevek k trajnostnemu izkoriščanju podnebja kot naravnega vira. Uporabnikom prilagojene podnebne informacije, ki upoštevajo specifično posameznih gospodarskih dejavnosti, so lahko bistven prispevek tako k varnosti kot tudi h gospodarnejšemu poslovanju. Svetovna meteorološka organizacija si že vrsto let prizadeva, da bi njene države članice lahko ponudile več kakovostnejših informacij, namenjenih in prilagojenih posameznim gospodarskim dejavnostim. Septembra 2009 je mednarodna skupnost sprejela zavezo, da v ta namen ustanovijo Svetovni okvir za podnebne storitve.

Evropsko kmetijstvo je kljub svoji tehnološki razvitosti zelo ranljivo in suša ponekod že postaja trajen ali pa vsaj vse pogostejši pojav. Temeljne naloge, ki se ukvarjajo z zmanjševanjem tveganja posledic suše, zavezujejo k izdelavi strategije in programa varstva pred sušo ter pred vremenskimi ujmami. Predstavljen je operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin, različni načini spremljanja stanj in izračuni s pomočjo modelov, merilnikov in indeksa. Zavedamo se, da je v najbližji prihodnosti skupaj s kmetijsko stroko potrebno pripraviti konkreten načrt za omilitev posledic sprememb podnebja.

Vpliv posegov v okolje in njihove poledice okrepljene s podnebnimi spremembami se najbolj kažejo na vodotokih. Ukrepali smo tudi po neurjih, ki so julija in avgusta zajela nekatera slovenska območja v porečjih Save in Drave ter na objektih vodne infrastrukture, še posebej pa

na vodnih in priobalnih zemljiščih povzročila kar nekaj škode. Predstavljeni so interventni ukrepi po neurjih. Na prizadetih vodotokih so zaradi morebitne ponovitve neurja potrebni novi objekti vodne infrastrukture, navedeni so kratki opisi potrebnih investicij, za porečje Drave pa v okviru ocene škode tudi konkretne vrednosti posameznih ukrepov. Z ustreznimi ukrepi in vlaganji v infrastrukturo ter njenim vzdrževanjem lahko bistveno zmanjšamo tveganje.

Kakšno vodo bomo pili v prihodnosti oz. ali podnebne spremembe vplivajo na vodne vire v jugovzhodni Evropi je zelo aktualno vprašanje, s katerim se ukvarjamo v zadnjem delu. Glavni cilj projekta »Climate change and impacts on water supply« (CC-WaterS) je ocena vpliva podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo na območju Alp, srednje in spodnje Donave ter na območju Jadranskega morja. Sodelovanje v projektu omogoča reševanje problemov oskrbe s pitno vodo in izdelovanje načrtov za ustrezno prilagoditev. Predstavljeni so pričakovani rezultati v okviru slovenskega prispevka.

Podnebni spremenljivosti smo se ljudje vedno morali prilagajati. Prilagajanje pa je še v toliko večji meri potrebno zdaj, saj so podnebne spremembe dejstvo sedanjosti in še večja grožnja prihodnosti. Kot smo ugotovili, je z vidika priprave ukrepov ključno poznavanje pretekle spremenljivosti podnebja, seveda pa je potrebno upoštevati tudi predvidene spremembe v prihodnje. Projekcije podnebnih sprememb so tako zelo pomembne za pripravo strategij prilagajanja. Prikazane so projekcije do konca 21. stoletja za Slovenijo in njeno širšo okolico ter negotovosti, ki jih spremljajo.

Vprašanje, kakšno podnebje bomo imeli »jutri«, si bomo zastavljali tudi v prihodnje, saj na razvoj podnebja vplivajo tudi gospodarske, politične, družbene in tehnološke spremembe in zgolj poznavanje fizikalnih zakonitosti podnebne sistema ne zadošča za predvidevanje podnebja v prihodnje.

*Zemlja je ena sama ...*



