



OKOLJE,  
V KATEREM ŽIVIMO

MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE  
AGENCIJA RS ZA OKOLJE



# Okolje, v katerem živimo

Ljubljana, 2012

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje  
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

# Okolje, v katerem živimo

## *Izdajatelj*

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje  
Agencija Republike Slovenije za okolje  
Vojkova cesta 1b, Ljubljana <http://www.arso.gov.si>

## *Urednica*

Tanja Cegnar

## *Uredniški odbor*

Tamara Jesenko, Inga Turk, Janja Turšič, Silvo Žlebir

## *Avtorji*

Ina Cecić, Tanja Cegnar, Mojca Dolinar, Peter Frantar, Gregor Gregorič, Matija Klančar, Mira Kobold, Tajda Mekinda Majaron, Mateja Nadbath, Boris Pavčič, Mateja Poje, Špela Remec Rekar, Andreja Sušnik, Barbara Šket Motnikar, Florjana Ulaga, Gregor Vertačnik, Polona Zupančič, Ana Žust

## *Lektoriranje*

Tamara Gorup

## *Oblikovanje in tehnično urejanje*

Tanja Cegnar, Tamara Gorup

## *Naklada*

300 izvodov

Ljubljana, 2012

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

551.588.7(497.4)(082)  
551.588.7:556(497.4)(082)

OKOLJE, v katerem živimo / [avtorji Ina Cecić ... [et al.] ; urednica Tanja Cegnar]. - Ljubljana :  
Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2012

ISBN 978-961-6024-59-4  
1. Cecić, Ina 2. Cegnar, Tanja  
262370816

# Kazalo prispevkov

<b>Uvodna beseda</b>	<b>1</b>
Mojca Dolinar, Mateja Nadbath <b>Projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji</b>	<b>3</b>
Matija Klančar, Gregor Vertačnik <b>Kontrola podatkov</b>	<b>5</b>
Gregor Vertačnik, Boris Pavčič, Mateja Nadbath <b>Homogenizacija meteoroloških nizov v Ljubljani in na Kredarici</b>	<b>11</b>
Mateja Nadbath <b>Metapodatki v projektu Podnebna spremenljivost v Sloveniji</b>	<b>21</b>
Mateja Nadbath <b>Meteorološke postaje državne mreže opazovalnic v letu 2011</b>	<b>27</b>
Tanja Cegnar <b>Vpliv vremena in podnebja na ljudi</b>	<b>33</b>
Andreja Sušnik, Ana Žust, Gregor Gregorič <b>Operativno spremljanje vodne bilance in pojava kmetijske suše</b>	<b>49</b>
Mira Kobold, Florjana Ulaga <b>Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost</b>	<b>61</b>
Peter Frantar <b>Temperaturni režim slovenskih rek in spremembe med obdobji 1976–1990 ter 1991–2005</b>	<b>71</b>
Špela Remec Rekar <b>Stanje Velenjskega in Družmirskega jezera</b>	<b>81</b>
Mateja Poje <b>Spremenljivost kakovosti kopalnih voda</b>	<b>93</b>
Tajda Mekinda Majaron <b>Emisijske evidence toplogrednih plinov 1986–2010</b>	<b>101</b>
Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič, Ina Cencić <b>Karta potresne intenzitete Slovenije</b>	<b>109</b>



# Uvodna beseda

Leta 2010 smo podnebno spremenljivost Slovenije predstavili v publikaciji *Okolje se spreminja*, tokrat pa izdajamo novo publikacijo, ki nadgrajuje prejšnjo z nekaterimi dopolnjenimi vsebinami in vidiki, ki jih doslej še nismo obširneje predstavili.

Prvi del knjige je posvečen meteorologiji. Ob izvajanju nalog državne meteorološke službe, ki vključujejo spremljanje podnebja, se je izkazala potreba po celostni analizi spremenljivosti podnebja v zadnjih nekaj desetletjih. Kakovostni meteorološki podatki so osnova pri ugotavljanju spremembe podnebja in temelj za pripravo podnebnih scenarijev.

Na Agenciji RS za okolje imamo zelo bogat arhiv podnebnih meritev, na podlagi katerih spremljamo, kako se podnebje v Sloveniji spreminja in kakšen je vpliv globalnih podnebnih sprememb. V okviru projekta *Podnebna spremenljivost v Sloveniji (PSS)* smo preverili kakovost meteoroloških podatkov na opazovalnih postajah v obdobju 1961–2010. Podatki, ki smo jih preverili in po potrebi preračunali, so bili: dnevna višina padavin in snega, temperatura zraka, trajanje sončnega obsevanja in gostota toka sončnega obsevanja. Vseh meteoroloških postaj, ki so kakorkoli in kadarkoli merile meteorološke spremenljivke, je bilo do letošnjega leta skoraj 800, merilnih mest pa kar 1.800. Med nižinskimi postajami imamo najdaljši niz meritev za Ljubljano in med gorskimi za Kredarico. Na podlagi homogeniziranih nizov smo analizirali spremenljivost podnebja od druge polovice 19. stoletja dalje. Zastavili smo si cilj, da za vsako meteorološko postajo zberemo čim podrobnejši nabor metapodatkov iz vseh poznanih virov in ga shranimo v enotni digitalni metabazi, ki je identična papirnati. V mreži meteoroloških postaj imamo največ klasičnih postaj, to so postaje z meteorološkim opazovalcem, nekaj manj pa samodejnih oziroma avtomatskih.

Del meteorologije predstavlja tudi proučevanje vpliva vremena in podnebja na ljudi. Pri določanju vpliva vremena na počutje, zdravje in razpoloženje ljudi upoštevamo vse tiste vremenske elemente, ki jih lahko neposredno opazujemo, merimo ali izračunamo z modeli. Namen biovremenskih napovedi je opozarjanje ljudi na vremenske vplive, da bi vedeli, kdaj je lahko vreme vzrok za njihovo nerazpoloženje ali slabo počutje. Predstavljamo klimatsko terapijo in druge uporabne vidike biometeoroloških informacij.

Podnebne spremembe s svojimi posledicami predstavljajo grožnjo za življenje na našem planetu, kot ga poznamo danes. Suša v kmetijstvu je vedno pogostejši in intenzivnejši pojav, ki povzroča veliko gospodarsko škodo in vpliva na kakovost življenja. Za zmanjševanje tveganja suše pripravljamo potrebne

strategije in preventivne programe varstva pred sušo v kmetijstvu. Eden od načinov preventivnega ukrepanja je operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin, ki ga izvajamo na Agenciji RS za okolje.

Podnebne spremembe se odražajo v vse pogostejših naravnih katastrofah, ki so povezane s preobilico ali pomanjkanjem vode. Glede na dramatične poplave in dolgotrajne suše, ki smo jim priča v zadnjih letih, so ključnega pomena hidrološke analize in odkrivanje trendov dolgih časovnih nizov. Za osnovo analize temperaturnega režima rek smo izbrali dve časovni obdobji, in sicer 1976–1990 ter 1991–2005. Na osnovi razvrščanja v skupine smo dobili štiri temperaturne režime v Sloveniji, ki jih smatramo za referenčne: alpski, osrednjeslovenski, južnoslovenski in severovzhodni oziroma vzhodni temperaturni režim rek.

Stanje Velenjskega in Družmirskega jezera spremljamo v okviru državnega monitoringa kakovosti površinskih voda. Tako Velenjsko kot Družmirsko jezero ne dosegata kriterijev za dobro ekološko stanje. V Velenjskem jezeru je kronično povečana vsebnost sulfata in molibdena. Leta 2011 so izstopale izredno visoke koncentracije klorofila. Največ biovolumna so leta 2011 v Družmirskem jezeru predstavljale diatomeje, v Velenjskem pa cianobakterije.

V letih 2010 in 2011 so vse slovenske kopalne vode ustrezale obvezujočim zahtevam kopalne direktive, kar pomeni, da neskladnih kopalnih voda ni bilo. Po kakovosti morske vode se Slovenija uvršča v sam vrh med državami Evropske skupnosti, saj že tri leta zapored dosega popolno skladnost.

Z razvojem industrializacije so se močno povečale tudi emisije v zrak. Sprva smo opažali predvsem škodljive vplive emisij onesnaževal na zdravje ljudi in na vegetacijo, v zadnjih dveh desetletjih pa se čedalje bolj zavedamo učinka, ki ga ima povečana koncentracija toplogrednih plinov v ozračju na podnebje našega planeta. Na Agenciji RS za okolje letno pripravljamo evidence emisij toplogrednih plinov (TGP) po metodologiji, ki jih je za podpisnice Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) izdal Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC).

Zadnji del publikacije je posvečen seizmologiji. Predstavljamo karto potresne intenzitete Slovenije, ki je izdelana z verjetnostnim postopkom prostorskega glajenja potresne dejavnosti. Namenjena je potrebam civilne zaščite pri načrtovanju ukrepov za preprečevanje in zmanjševanje škode ob potresih, ne sme pa se uporabljati za projektiranje. Karta je izdelana za povratno dobo 475 let.

Dr. Silvo Žlebir,  
generalni direktor Agencije RS za okolje



Foto: Tanja Cegnar



# Projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji

*Mojca Dolinar, Mateja Nadbath*

*Na Agenciji RS za okolje imamo zelo bogat arhiv podnebnih meritev, na podlagi katerih spremljamo, kako se podnebje v Sloveniji spreminja in kakšen je vpliv globalnih podnebnih sprememb. Preverjanje in homogenizacija podnebnih nizov sta zahtevna in dolgotrajna procesa. Zaključek projekta je predviden konec leta 2013.*

Ob izvajanju nalog državne meteorološke službe, ki vključujejo spremljanje podnebja, se je izkazala potreba po celostni analizi spremenljivosti podnebja v zadnjih nekaj desetletjih. Kakovostni meteorološki podatki so osnova pri ugotavljanju spremembe podnebja in temelj za pripravo podnebnih scenarijev.

S projektom Podnebna spremenljivost v Sloveniji smo začeli novembra 2008, zaključek je predviden konec leta 2013.

Cilji projekta:

- analiza spremenljivosti podnebja v zadnjih 150 letih na izbranih postajah z dolgimi nizi;
- pregled spremenljivosti in trendov glavnih meteoroloških spremenljivk in ekstremnih vremenskih dogodkov od leta 1961 dalje;
- vzpostavitev operativnih procesov za spremljanje podnebne spremenljivosti po končanem projektu;
- objava rezultatov projekta.



Kmetijstvo je zelo odvisno od podnebja (foto: Tanja Cegnar).

Projekt smo razdelili na štiri vsebinske sklope, ki se nadgrajujejo in hkrati okvirno predstavljajo tudi štiri časovne faze projekta.

**Kontrola podatkov.** V prvi fazi smo se lotili kontrole meteoroloških podatkov z novimi algoritmi. V procesu merjenja meteoroloških spremenljivk prihaja do določenih napak. Te se lahko pojavijo že ob samem merjenju in opazovanju spremenljivke, v procesu prenosa in zbiranja meritev ali pa pri prepisu podatkov v bazo. Čeprav je uporabniška baza meteoroloških podatkov že kontrolirana, je v njej še vedno nekaj napačnih podatkov. Pri analizi mesečnih in letnih povprečij posamezni napačni podatki nimajo velikega vpliva, drugače pa je (lahko) pri analizi ekstremnih vrednosti.

**Homogenizacija časovnih nizov meteoroloških podatkov.** V drugi fazi bomo kontrolirane meteorološke podatke homogenizirali. S tem postopkom v čim večji meri odstranimo vplive sprememb lokacije merilnega mesta, merilnih instrumentov in tehnik, zato je pomembno poznavanje metapodatkov, podatkov o dogajanju na merilnih postajah. Nemalokrat so te spremembe reda velikosti učinka, ki ga analiziramo (podnebnih sprememb) ali celo večje. Homogenizirani in interpolirani podatki so primerni tudi za raznovrstne analize po potrebi uporabnikov, zato jih bomo za lažje nadaljnje delo shranili v posebno uporabniško bazo podatkov.

**Analiza časovnih nizov.** Za osnovni pregled spremenljivosti podnebja v Sloveniji smo leta 2010 izdali publikacijo z naslovom Spremenljivost podnebja v Sloveniji (objavljena je tudi na svetovnem spletu: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/pss-project/>). V njej smo objavili analizo daljših nizov (150 let) z meteoroloških postaj Ljubljana in Kredarica, za kateri smo pripravili homogenizirane časovne nize. Prikazani so tudi trendi meteoroloških spremenljivk za sedem postaj v obdobju 1950–2009. V nadaljevanju projekta bomo na homogeniziranih časovnih nizih meteoroloških spremenljivk z ostalih izbranih postaj opravili analizo za enotno obdobje, to je od leta 1961 dalje. V analizo bomo vključili vse meteorološke postaje, ki imajo v omenjenem obdobju vsaj 20 let dolg niz podatkov; pri izboru postaj je pomemben kriterij tudi enakomerna zastopanost vseh območij Slovenije. Izredne vremenske razmere bomo prikazali s podnebnimi indeksi, ki so sprejeti v evropskem okolju, le nekatere meje bomo ustrezno prilagodili podnebnim razmeram v Sloveniji. Za izbrane izredne vremenske dogodke nameravamo prikazati njihovo verjetnostno porazdelitev.

**Sinteza rezultatov.** Obširni rezultati projekta bodo objavljeni v publikaciji in na svetovnem spletu. Nekatere vmesne rezultate, poročila in podobno pa lahko najdete na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/pss-project/>.



Foto: Marko Clemenz

# Kontrola podatkov

Matija Klančar, Gregor Vertačnik

V okviru projekta *Podnebna spremenljivost v Sloveniji (PSS)*, ki poteka na Agenciji RS za okolje na Oddelku za meteorologijo, smo preverili tudi kakovost meteoroloških podatkov na opazovalnih postajah v obdobju 1961–2010. Podatki, ki smo jih preverili in popravili, so bili: dnevna višina padavin in snega, temperatura zraka, trajanje sončnega obsevanja in gostota toka sončnega obsevanja. V prispevku opisujemo način dela in dobljene rezultate.

Uvodni korak v strokovno analizo podnebja je kontrola meteoroloških podatkov. V projektu PSS smo sočasno preverjali kakovost meteoroloških podatkov v obdobju 1961–2010 in v digitalno bazo shranjevali pripadajoče metapodatke. Kontrolirani podatki in metapodatki bodo olajšali homogenizacijo časovnih nizov. Homogenizirani nizi bodo temelj analize spremenljivosti podnebja v Sloveniji od leta 1961.

## Kontrola padavin

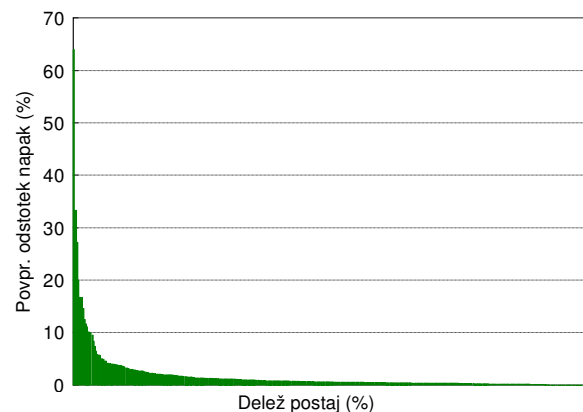
Eden od temeljev državne meteorološke mreže so opazovalne padavinske postaje, na katerih opazovalci vsak dan ob 7. uri po zimskem času ročno izmerijo 24-urno višino padavin. Dnevna višina padavin se ročno meri tudi na podnebnih in glavnih meteoroloških postajah. V zadnjih desetletjih je bilo v uradni meteorološki mreži približno 200 do 300 postaj z dnevnimi meritvami višine padavin.

Pri prostorski kontroli dnevne višine padavin smo si pomagali s programom za izpis sumljivih vrednosti. Sprva smo upoštevali le domače opazovalne (sinoptične, klimatološke oziroma podnebne in padavinske) postaje. Kasneje, po pridobitvi podatkov iz tujine, smo postopno upoštevali še obmejne avstrijske, italijanske in hrvaške postaje. Izhodna datoteka je vsebovala skrčen zapis sumljivih vrednosti. Navedeni so bili dnevi s sumljivo vrednostjo, vrsta odstopanja, sumljiva vrednost, izmerek na avtomatski meteorološki postaji (če ta obstaja na isti lokaciji), radarsko izmerjena višina padavin (umerjena na izmerkih bližnjih postaj) ter predlog popravka. Predlog popravka je običajno nekoliko popravljena interpolirana vrednost, da je v skladu z najverjetnejšo napako. Do napak pride pri odčitavanju, opazovalčevem vpisovanju v dnevnik, pri prepisovanju v digitalno bazo itn. Med najpogostejšimi napakami so bile napačno postavljena decimalna vejica, manjkajoča vodilna številka in zamenjava podobnih števk. Kontrolor se je lahko v skladu z ostalimi podatki (vremenska situacija, zabeleženi pojavi na postaji) odločil drugače, kot je predlagal program. Seznam dni s sumljivimi vrednostmi in pripadajočimi podatki smo prenesli v Excelov dokument in tam oblikovali izpis, ki je bil primeren za ročno kontrolo.

## Rezultati kontrole padavin

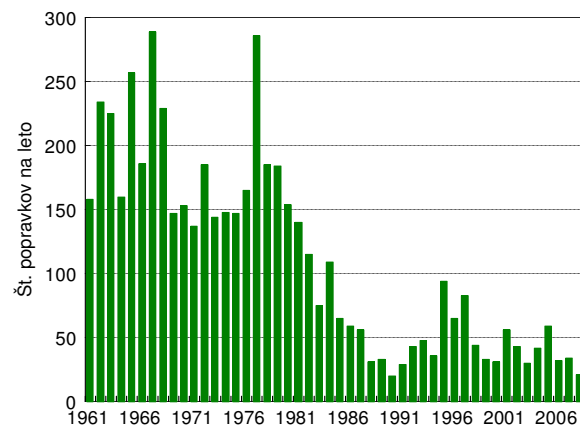
Ročna kontrola je bila opravljena na vseh 442 postajah, ki so imele večinoma od 20–49 let meritev. Popravili smo 5.296 podatkov od 20.515 izpisanih sumljivih vrednosti.

Postaje so se močno razlikovale po kakovosti podatkov. Večina postaj je imela do 50 sumljivih podatkov, našlo pa se je tudi nekaj postaj z več kot 150 sumljivimi podatki, ki jih je bilo potrebno preveriti (slika 1).



Slika 1. Povprečno število napak na postajo pri kontroli padavin

Več kot desetino popravljenih podatkov glede na sumljive vrednosti so imele naslednje postaje: Kanin – zgornja postaja žičnice, TE Šoštanj, Voglje, Krško, Zgornja Kapla, Briše pri Polhovem Gradcu, Setnica, Bohinjska Češnjica, Podgorica, Pasja Ravan, Gabrje, Spodnje Dobrenje in Divača. Kakšna je bila porazdelitev napak po letih, je razvidno s slike 2.



Slika 2. Število popravljenih podatkov na leto pri kontroli padavin

## Kontrola snega

Opazovalci na meteoroloških postajah poleg dnevne višine padavin vsako jutro izmerijo višino novega in skupnega snega. Novi sneg se praviloma meri na beli deski in skupni na ravni travnatni površini, oddaljeni od objektov, dreves in ostalih ovir.

Prvi korak v osnovni kontroli višine snega je bil izpis sumljivih in neskladnih vrednosti. Program je izpisal omenjene vrednosti po treh kategorijah. Prva je predstavljala neskladnost v časovnem poteku višin novega in skupnega snega. Izpisani so bili dnevi, ko vsota novega snega in skupnega snega »prejšnji« dan ne doseže višine skupnega snega na »današnji« dan. Druga skupina izpisov je predstavljala dneve z nenavadno nizko gostoto novega snega (manj kot 40 kg/m<sup>3</sup>). Gostota je bila izračunana kot razmerje izmerjenih padavin in višine novega snega. Zaradi vpliva vetra in izhlapevanja so bili izpisani le dnevi z vsaj petimi centimetri novega snega. V tretji, zadnji skupini, so bili dnevi, ko se je skupni sneg glede na prejšnji dan posedel vsaj za 30 cm. Tako izrazito taljenje oziroma posedanje snega je tudi ob zelo debeli snežni odeji redko, možno je le ob močni odjugi ali močnem vetru.

## Rezultati kontrole snega

Preverili in ustrezno popravili smo meritve 420 postaj, na katerih so v obdobju 1961–2010 merili višino novega in skupnega snega. Popravili smo dnevne vrednosti sledečih spremenljivk: višina novega snega, višina skupnega snega, višina padavin in oblika padavin. S programom za kontrolo skladnosti podatkov o višini snega in višini padavin smo izpisali neustrezne podatke. Nato smo jih zapisali v vnaprej pripravljene obrazce v programu Excel, jih ročno pregledali in ustrezno popravili. Vse popravljene podatke smo vnesli v bazo s pomočjo spletne aplikacije AMEBA.

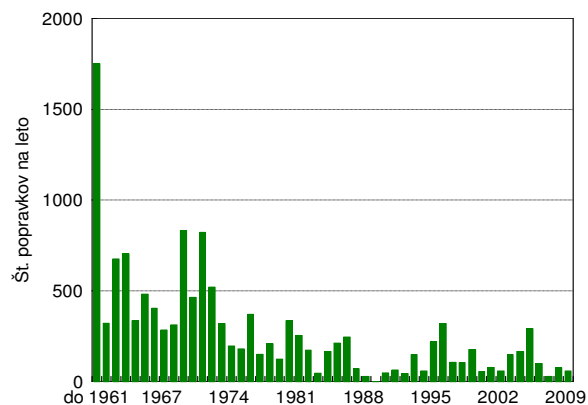
Preglednica 1. Skupno število popravljenih podatkov pri kontroli snega

Spremenljivka	Število popravljenih
Nov sneg	5.947
Skupni sneg	5.686
Višina padavin	1.319
Oblika padavin	364
Skupaj	13.316

Potrebno je poudariti, da smo opravili le osnovno logično kontrolo neskladnosti višin snega, ne pa tudi prostorske kontrole snega. Kljub temu je bilo potrebno na posameznih postajah zaradi nelogičnega poteka snežne odeje opraviti tudi prostorsko interpolacijo, kar je nekaterim postajam prineslo nekaj več popravkov. Postaje z več kot 100 popravki pri osnovni kontroli snega so naslednje: Planina nad Golico, Lokve, Šmartno na Pohorju, Podpeca, Livek, Podolševa, Gorjuše, Kranj Primskovo, Koča nad Šumikom, Mrzla Rupa in Ukanc.

Med osnovno kontrolo snega smo na bazi preko logičnih testov odkrili večje število podatkov, ki so bili medsebojno neskladni. Pri tej kontroli smo odpravili tudi napake, ki so se pojavljale pred letom 1961. Izvedli smo šest različnih logičnih testov, v katerih smo odkrili nekaj več kot 4.500 neskladnih vrednosti. Vse podatke smo pregledali in jih ustrezno popravili.

Porazdelitev popravkov po letih prikazuje slika 3.



Slika 3. Število popravkov na leto pri skupni kontroli snega

## Kontrola temperature

V okviru projekta Podnebna spremenljivost Slovenije smo kontrolirali temperaturo zraka, izmerjeno na podnebnih postajah. Opazovalci trikrat dnevno, ob 7., 14. in 21. uri po sončnem času, odčitajo trenutno temperaturo (T7, T14, T21) in v večernem terminu še najvišjo in najnižjo temperaturo preteklih 24 ur (Tmax, Tmin). Na nekaterih postajah merijo tudi temperaturo 5 cm nad tlemi, a te večinoma nismo preverjali.

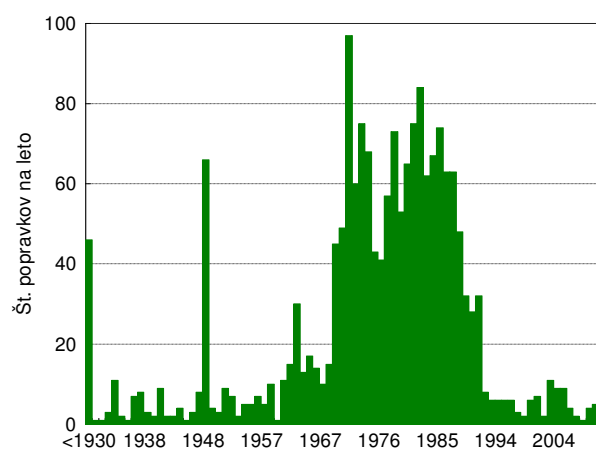
Najprej smo preverili medsebojno skladnost izmerkov. Minimalna (Tmin) in maksimalna temperatura (Tmax) morata biti manjša oziroma večja ali enaka od terminskih izmerkov v istem časovnem obdobju (T21 dan prej, T7, T14, T21, Tmax/Tmin). Podobno je pri Tmin na 5 cm. Preverili smo tudi izjemno odstopajoče izmerke; nenavadno nizek Tmin (več kot 10 °C nižji od ostalih izmerkov), nenavadno visok Tmax (več kot 8 °C višji od ostalih izmerkov) ter nenavadno nizek Tmin na 5 cm (več kot 10 °C nižji od T7 in T21 prejšnji večer).

Kontroli medsebojne skladnosti meritev je sledila prostorska kontrola – kako smiselno je določen izmerek v primerjavi s tistimi na okoliških postajah. Ta je bila sestavljena iz avtomatskega izpisa sumljivih vrednosti s pripadajočo statistiko in iz ročnega dela kontrole. Kontrolor je na podlagi primerjave interpolacijske ocene in izmerjene vrednosti izločil tiste primere, ki so presežali določen kriterij. Končen izpis za delo z ročno kontrolo je bil sestavljen iz datuma, izmerjene in interpolirane vrednosti, popravka, tipa interpolacije in opomb oz. razlogov za popravek. Seznam datumov, ki jih je kontrolor ročno pregledal, smo sestavili na podlagi verjetnosti, da se interpolirana vrednost razlikuje od izmerjene za več kot 2,5 °C. V ročno kontrolo smo

običajno zajeli nekaj deset, a včasih tudi več kot 200 sumljivih vrednosti.

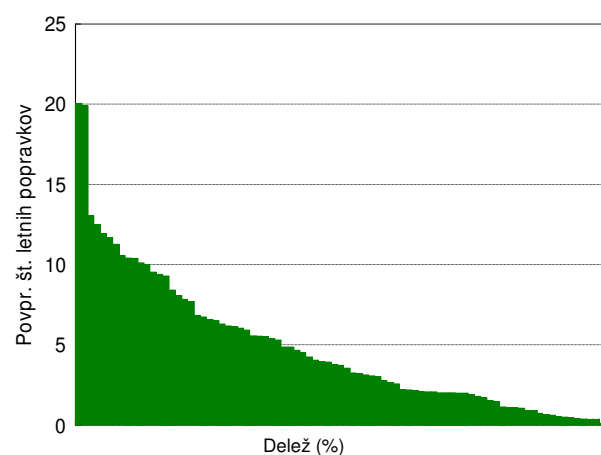
## Rezultati kontrole temperature

Vseh podnebnih postaj, kjer so v obdobju 1961–2010 med drugim merili tudi temperaturo ob klimatoloških terminih, je bilo 149, od tega jih je 43 delovalo manj kot 15 let. Z logično kontrolo temperatur smo popravili tudi podatke pred letom 1961 (slika 4). Vidimo lahko, da je bilo največ popravkov v letih od 1970 do 1990. Kontrola se je v devetdesetih občutno izboljšala, kar se odraža tudi v manjšem številu popravkov temperature v zadnjem obdobju.



Slika 4. Število popravkov na leto pri logični kontroli temperature

Pri prostorski kontroli temperature smo pregledali meritve na 85 podnebnih postajah. Med popravljenimi postajami so bile vse glavne meteorološke postaje. Število odkritih napak je bilo večje pri višinskih postajah, kjer je bila tudi sama kontrola težavnejša. Ker je bilo obdobje delovanja kontroliranih podnebnih postaj različno, smo kakovost postaj primerjali po povprečnem številu popravkov na leto (slika 5).



Slika 5. Povprečno letno število popravkov po postajah pri kontroli temperature

Preglednica 2. Popravki pri celotni kontroli temperatur

Spremenljivka	Št. popravljenih
T7	2.118
T14	1.971
T21	2.458
Tmax	3.222
Tmin	4.170
Tmin na 5cm	585
Skupaj	1.454

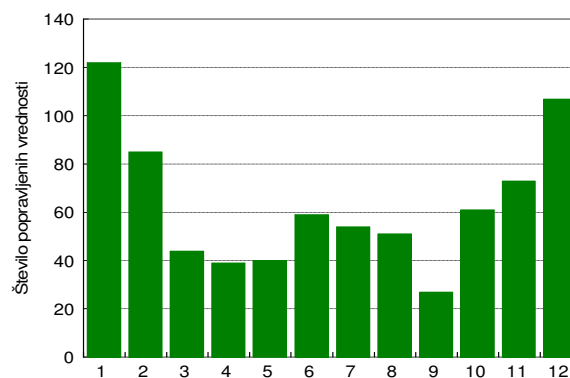
## Kontrola trajanja sončnega obsevanja

Trajanje sončnega obsevanja na opazovalnih meteoroloških postajah merimo s Campbell-Stokesovim heliografom. Zbiralna leča v obliki krogle zbere sončne žarke, ki v lepenko izžgejo sled. Dolžina sledi ustreza trajanju sončnega obsevanja. Delež trajanja sončnega obsevanja v posamezni uri vizualno ocenimo in ročno vnesemo v digitalno bazo.

V okviru projekta Podnebna spremenljivost Slovenije smo kontrolirali dnevne vrednosti trajanja sončnega obsevanja na opazovalnih meteoroloških postajah. Opravili smo logično kontrolo in kontrolo s sorodnimi spremenljivkami. Preverili smo medsebojno skladnost meritev trajanja sončnega obsevanja in globalnega obseva, trajanja sončnega obsevanja in količine oblačnosti ter skladnost vrednosti v tabelah, ki vsebujejo trajanje sončnega obsevanja. Pregledali smo zaporedno ponavljajoče se časovne vzorce v digitalni bazi z urnimi podatki o trajanju sončnega obsevanja. Najbolj sumljive vrednosti smo ročno pregledali, naredili ustrezne popravke in te vnesli v digitalno bazo.

## Rezultati kontrole trajanja sončnega obsevanja

Pregledali smo približno 5000 sumljivih dnevni vrednosti, 762 smo jih popravili. Največ popravkov je bilo v zimskih mesecih, saj sta bila najpogostejša vzroka za napake pojava slane in snega na heliografu (slika 6).



Slika 6. Letni hod števila popravljenih vrednosti trajanja sončnega obsevanja po mesecih

## Kontrola gostote toka sončnega sevanja

Pomemben podatek pri izračunu energijske bilance stavb in tal ter pri izrabi sončne energije je gostota toka sončnega sevanja. Na nekaterih samodejnih meteoroloških postajah Agencija RS za okolje s piranometri meri gostoto toka globalnega in difuznega sončnega sevanja. Globalno sevanje je kratkovalovno (sončno) sevanje, ki z zgornje nebesne poloble vpada na vodoravno površino. Difuzno sevanje je del globalnega sevanja, ki ne prihaja neposredno s Sončeve ploskvice. Tipalo instrumenta za merjenje gostote toka difuznega sevanja je tako z obročem ves dan zaščiteno pred neposrednim sončnim obsevanjem. Na večini postaj se piranometer nahaja na opazovalnem prostoru, približno 2 m nad tlemi.

V okviru projekta Podnebna spremenljivost Slovenije smo kontrolirali zgoraj opisane meritve gostote toka sončnega sevanja na samodejnih meteoroloških postajah. Ročno smo pregledali kakovost podatkov polurnih povprečij gostote toka. Osredotočili smo se na postaje, kjer merimo obe vrsti sevanja. Celotno delo smo opravili s pomočjo programskega paketa Microsoft Excel.

V prvem koraku smo bežno pregledali časovni potek vrednosti globalnega in difuznega sevanja skupaj s teoretičnim potekom na vrhu ozračja (ekstraterestičnim sevanjem). Pri tem smo odkrili zlasti daljša obdobja slabih meritev difuznega sevanja. Sestavili smo seznam sumljivih obdobji in ga kasneje podrobneje pregledali. V drugi fazi smo na podlagi meritev snežne odeje, temperature in trajanja sončnega obsevanja ter pojavov v meteoroloških poročilih podrobno pregledali obdobja, ko je obstajala velika verjetnost za snežno odejo na stekleni kupoli piranometra. V teh obdobjih smo odkrili tudi napačne meritve zaradi slane ali ivja na kupoli piranometra. Poleg tega smo odkrili sistematične napake zaradi neprimerne nastavitve parametrov v elektroniki in okvare instrumenta. Sestavili smo seznam slabih meritev (povprečnih polurnih vrednosti) in zraven dopisali vzrok slabe meritve.

Med najbolj perečimi problemi pri kontroli velja omeniti težavnost odkrivanja napačnih vrednosti v spremenljivem vremenu in veliko število neodkritih napačnih oziroma slabih vrednosti zaradi slane ali ivja na senzorju.

Pri vseh postajah smo se posluževali tudi prostorske kontrole s posameznimi sosednjimi postajami. Ta pristop je bil najbolj uporaben pri postajah z enim samim piranometrom, kjer ni bilo mogoče preverjati medsebojne skladnosti izmerkov difuznega in globalnega sevanja. Tako smo odkrili številne napačne vrednosti zaradi trdnih padavin.

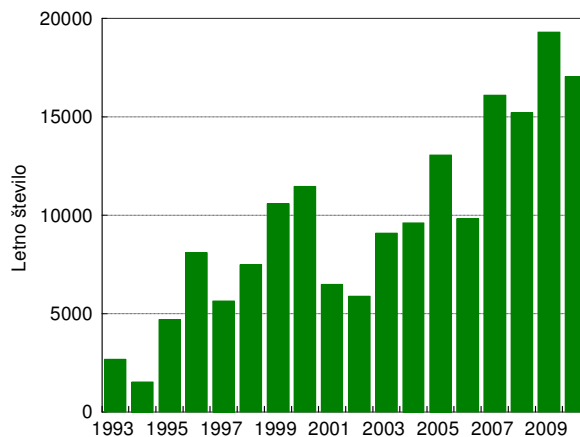
Na nekaterih postajah so se hkrati izvajale meritve trajanja sončnega obsevanja in gostote toka globalnega obsevanja. Preverili smo njihovo skladnost s pomočjo grafičnega prikaza v programu Microsoft Excel. Izstopajoče vrednosti smo podrobneje preverili v papirnatem in digitalnem arhivu, pri tem pa upoštevali tudi vremenske pogoje. Napravili smo seznam sumljivih

dni in označili posamezne sumljive in napačne vrednosti globalnega obseva in trajanja sončnega obsevanja.

## Rezultati kontrole gostote toke sončnega obsevanja

Prednost samodejnih meritev v primerjavi z ročnimi je poleg hitrega dostopa do njih tudi veliko večja frekvenca teh meritev. V današnjem času se samodejne meritve izvajajo neprekinjeno, podatke pa običajno shranjujemo vsakih nekaj minut do ene ure. Po drugi strani imamo pri kontroli teh meritev opraviti z zelo veliko količino podatkov, zato ne preseneča veliko število popravkov. Tako smo v okviru projekta PSS popravili 85.162 podatkov o difuznem sevanju in 88.607 podatkov o globalnem sevanju. Zaradi povečanja števila avtomatskih merilnikov število popravkov s časom narašča (slika 7).

Pričakovali smo, da bo največ popravkov na postajah, kjer je snega več (višinske postaje), kar se je tudi potrdilo. Vseeno so se med postajami z največ popravki znašle nižinske postaje Radenci, Maribor Tabor in Murska Sobota.



Slika 7. Časovni potek letnega števila popravljenih vrednosti gostote toka sončnega obsevanja

Preglednica 3. Število popravkov podatkov o povprečni polurni gostoti toka globalnega in difuznega sevanja

Razlog	Ocenjeno število popravkov
Ivje	7.500
Slana	11.000
Sneg	92.000
Neprimerno nastavljen obroč	46.500
Napačno nastavljeni parametri	7.000
Zamik ure	2.500
Premaknjena ničla	3.300
Okvara senzorja	3.300

## Sklepne misli

Glavna spoznanja, ki smo jih pridobili med kontrolo v prispevku omenjenih spremenljivk, lahko strnemo v sledeče točke:

- večinoma dobra prostorska korelacija padavin in snega, razen pri nekaterih padavinskih dogodkih (plohe, nevihte);
- po končani kontroli so posamezni dogodki bolje umeščeni v čas in prostor padavinske slike nad Slovenijo;
- s podatki iz sosednjih držav, je bilo lažje kontrolirati postaje v bližini meje;
- manjkajo nam redundančne meritve (pluviografii), ki bi olajšale kontrolo;
- večje število napak je bilo odkritih pri višinskih postajah, ki imajo daljše obdobje s snežno odejo;
- pomembno je poznati mikrolokacijo terena, saj lahko prihaja na bližnjih območjih do velikih odstopanj posameznih temperaturnih vrednosti;
- kjer so na voljo le terminske vrednosti temperatur, je težko oceniti točnost podatka, razen če je napaka zelo velika (več kot 5 °C);
- kontrola temperatur je zahtevnejša od kontrole padavin in snega;
- kontrola višinskih postaj je za razred zahtevnejša od kontrole nižinskih postaj;
- s korekcijami nismo bistveno spremenili mesečnih in dolgoletnih nizov.

Nekateri vzroki za napačne vrednosti so pri različnih spremenljivkah skupni, drugi pa so posebni:

- viri napak pri višini padavin:
  - nevestnost opazovalcev,
  - slabo odčitavanje z minimalnega in maksimalnega termometra,
  - okvara instrumentov,
  - prepisovanje vrednosti z avtomatskih merilnikov;
- viri napak pri višini snežne odeje:
  - neenakomernost snežne odeje, zlasti pri večji višini snega,
  - nevestno opravljanje meritev višine snežne odeje,
  - slabo izbran ali spreminjajoč prostor za merjenje snega (Kredarica);
- viri napak pri temperaturi:
  - površnost opazovalca (pogosta napaka za 5 °C zaradi skale na termometru, ekstremni termometri niso bili ponastavljeni ...),
  - prepisovanje vrednosti s termogramov, ki imajo pogosto napako večjo od 1 °C,
  - odčitavanje ob neustreznem času,
  - slabo vzdrževanje merilne opreme;
- viri napak pri trajanju in gostoti toka sončnega obsevanja:
  - nevestnost opazovalca,
  - slana, ivje in sneg na piranometru,
  - slaba nastavitve obroča na piranometru,
  - slab trak za odčitavanje trajanje sončnega obsevanja,
  - napačno nastavljeni parametri za pretvorbo električnega signala v izmerjeno vrednost gostote toka.



Foto: Tanja Cegnar



# Homogenizacija meteoroloških nizov v Ljubljani in na Kredarici

Gregor Vertačnik, Boris Pavčič, Mateja Nadbath

*Meteorološki arhiv Agencije RS za okolje razpolaga z meteorološkimi meritvami, ki na nekaterih postajah segajo daleč v preteklost. Med nižinskimi postajami imamo najdaljši niz meritev za Ljubljano in med gorskimi za Kredarico. V okviru projekta PSS smo s postopkom, imenovanim homogenizacija, preverili in izboljšali kakovost časovnih nizov različnih meteoroloških spremenljivk. Na podlagi homogeniziranih nizov smo analizirali spremenljivost podnebja od druge polovice 19. stoletja dalje.*

Uradne in sistematične meteorološke meritve v Sloveniji opravljamo že več kot 160 let. Vseh meteoroloških postaj, ki so kakorkoli in kadarkoli merile meteorološke spremenljivke, je bilo do letošnjega leta skoraj 800, merilnih mest pa kar 1.800. Večina postaj je nekajkrat zamenjala lokacijo opazovalnega prostora. Poleg tega je prišlo do sprememb v merilni opremi, načinih merjenja in opazovanja, merskih enotah in okolici samega opazovalnega prostora.

Našteti dejavniki bolj ali manj vplivajo na izmerjene vrednosti meteoroloških spremenljivk. Zato se v časovnem nizu pojavijo skoki ali trendi, ki jih lahko neupravičeno razlagamo kot spremembo podnebja (na primer segrevanje ali ohlajanje). Posamezne meritve so ob upoštevanju splošnih merilnih standardov primerne za splošno uporabo, meteorološke izračune in napovedi. Pri klimatoloških analizah pa je homogenost niza ključnega pomena, zlasti pri izračunu podnebnih sprememb. Vse študije in modeli o prihodnjem podnebnju temeljijo na poznavanju podnebja in njegovega spreminjanja v preteklosti.

Da bi se izognili napačnim zaključkom in interpretacijam, je treba pred klimatološko analizo določenega niza podatkov izvesti homogenizacijo le-tega. To pomeni, da moramo časovni niz s pomočjo statističnih metod popraviti tako, kot bi bile vse meritve opravljene na istem mestu in ob enakih pogojih. Glede na uporabo je pogosto potrebno izločiti tudi trend zaradi spremembe okolice (recimo pozidave okolice, širjenja mesta). Tako popravljenemu nizu pravimo homogeniziran niz.

Homogenizacija nizov meteoroloških podatkov poteka v dveh stopnjah. V prvi poiščemo nehomogenosti, ki jih v drugi odpravimo. Za iskanje nehomogenosti običajno uporabljamo statistične teste. Testirani niz primerjamo z nizi okoliških postaj ali njihovo kombinacijo. Uporabimo lahko tudi samo posamezna homogena obdobja, izvzeta iz celotnega niza. Pogoj za uporabo primerjalnega niza podatkov je dobra korelacija s testiranim nizom. 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. Na podlagi tega se 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 običajno 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 in statistično zelo izrazito nehomogenostjo. Popravke računamo na mesečnih ali letnih vrednostih, odvisno od letnega hoda popravkov. 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.

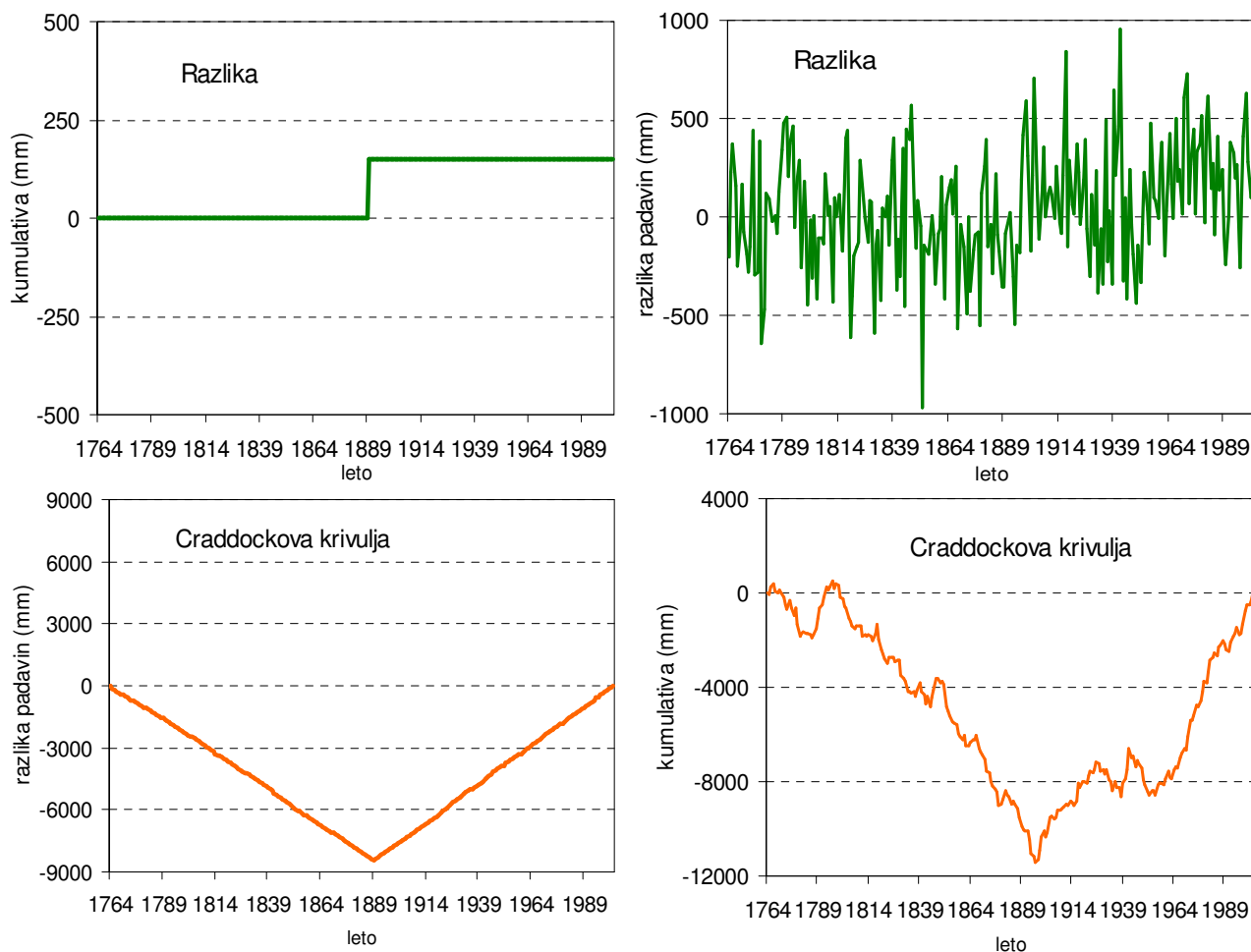
Zaradi naglih podnebnih sprememb so kakovostni podatki temeljnega pomena ne samo za poznavanje preteklega, temveč tudi prihodnjega podnebja na Zemlji.

## Craddockova metoda

Pri Craddockovi metodi subjektivno ugotavljamo homogenost niza (Craddock, 1979). Test temelji na kumulativni normaliziranih odklonov testne in referenčne postaje. Ob času  $i$  je vrednost kumulativne seštevek vrednosti kumulativne v predhodnem terminu ( $i-1$ ) in razlike odklona referenčnega niza glede na njegovo povprečje ( $a_i - \bar{a}$ ) ter odklona testiranega niza glede na njegovo povprečje ( $b_i - \bar{b}$ ):

$$s_i = s_{i-1} + a_i + (\bar{b} - \bar{a}) - b_i$$

Pogled na Craddockovo krivuljo s razkrije nehomogenosti (slika 1). Skok se pokaže kot zlom in linearni trend kot parabolična funkcija. V dejanskih primerih iskanje nehomogenosti bolj ali manj otežuje šum oziroma vremenska spremenljivost. Manjših skokov in trendov tako ne moremo zaznati.



Slika 1. Potek razlik in pripadajoča Craddockova funkcija za daljši skok oziroma stopnico v padavinskem nizu za idealni primer (levo) in dejanski primer (desno)

## Metoda SNHT

SNHT (ang. Standard Normal Homogeneity Test) je na podlagi Hawkinsonove ideje (1977) razvil Alexandersson (1984, 1986, 1995). Gre za statistični test, ki preverja časovno odvisnost razlike med testiranim in referenčnim nizom ( $Q$ ). Test uporablja standardiziran niz  $Q$ ,  $Z_i$ :

$$Z_i = \frac{(Q_i - \bar{Q})}{\sigma_Q}$$

kjer je  $\bar{Q}$  povprečje razlik med nizoma,  $\sigma_Q$  pa standardni odklon  $Q_i$ . Ob predpostavljeni normalni porazdelitvi  $N(0, 1)$  postavimo ničelno hipotezo, da je ves testirani niz homogen. Najpogostejši alternativni hipotezi sta, da testirani niz vsebuje enega ali dva skoka. Za preverjanje hipotez uporabimo Studentov test. Za vse možne položaje skokov izračunamo vrednost Studentove statistike. Mesto maksimuma statistike nakazuje najbolj verjetno mesto skoka v nizu. Zanesljivost odkrivanja nehomogenosti je seveda odvisna od statistične značilnosti, zato si podrobneje ogledamo le tiste primere, kjer je statistika nad izbrano kritično vrednostjo.

## Homogenizacija temperaturnega niza v Ljubljani

V Ljubljani smo z meteorološkimi meritvami in opazovanji začeli 23. marca 1850. Opravljali so jih na brzojavnem uradu na železniški postaji. Na tem mestu je bila meteorološka postaja do konca leta 1852. Od januarja 1853 do konca junija 1895 je bila meteorološka postaja na Prečni ulici, od julija 1895 do konca leta 1924 pa so meteorološke meritve in opazovanja potekala na realki na Vegovi ulici. 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. S 1. januarjem 1921 so začeli spremljati meteorološke pojave na Geografskem inštitutu v deželnem dvorcu, v današnji stavbi Univerze. 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. Od začetka leta 1948 so meteorološke meritve in opazovanja za Bežigradom, na Celjski ulici 1.

Ob postavitvi postaje Ljubljana Bežigrad je bil opazovalni prostor na relativno velikem travniku ob parku. Na jugu je bila bežigradska 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. V naslednjih desetletjih je prišlo do urbanizacije širše okolice, postaja je iz obrobja prešla v središče mesta.

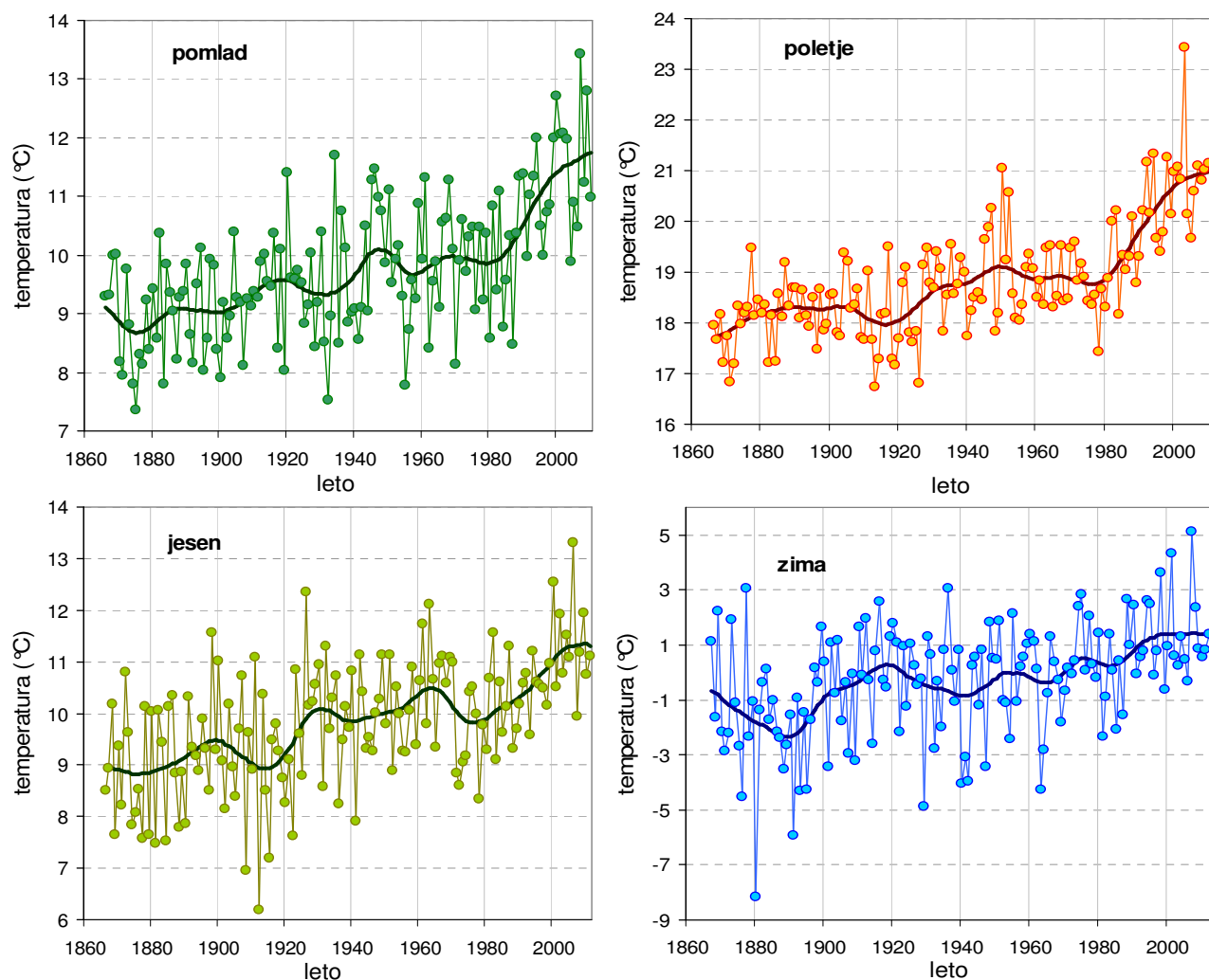


Slika 2. Meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad poleti 2009 (vir: arhiv ARSO)

Ljubljanski niz meteoroloških meritev je najdaljši od vseh v Sloveniji. Čeprav se je merilno mesto selilo in se je tudi sama okolica merilnih mest spreminjala, lahko meteorološke podatke s homogenizacijo poenotimo na primerljivo raven.

Časovni niz povprečne temperature zraka smo primerjali s šestimi okoliškimi postajami. Uporabili smo homogenizirane nize iz Gradca, Dunaja, Celovca in Zagreba in originalna niza iz Laškega in Kamnika. Nehomogenosti smo iskali z obema prej opisanima metodama, Craddockovo in SNHT.

Na primeru Ljubljane smo s pomočjo obeh opisanih testov odkrili skoka v letih 1919 in 1930. Oba skoka sovpadata s selitvijo postaje. V vmesnem obdobju je bila temperatura zaradi neprimerne postavitve postaje previsoka. Podatke smo popravljali na podlagi primerjave s Kamnikom in Laškim. Po homogenizaciji smo s pomočjo omenjene dvojice postaj dopolnili še manjkajoče vrednosti v dvajsetih letih 20. stoletja.



Slika 3. Potek povprečne temperature zraka po meteoroloških letnih časih od pomladi 1866 do zime 2011/12. Odebeljena krivulja prikazuje glajeno večletno povprečje.

Rekonstrukcija temperaturnega niza in klimatološka analiza kažeta, da povprečna temperatura zraka na območju Ljubljane narašča že od začetka meritev (slika 3). Linearni trend v obdobju 1866–2011 je pozitiven v vseh letnih časih in znaša od 1,5 °C/100 let jeseni do 2,0 °C/100 let pozimi. Najbolj očitno pa je bilo segrevanje v poletnih mesecih. Naraščanje temperature ni bilo enakomerno. Do okoli 1980 je temperatura na letnem nivoju le blago naraščala ali ostala

nespremenjena, nato se je v naslednjih dveh desetletjih močno ogrelo. Tako so bile rekordno visoke mesečne vrednosti večinoma dosežene v zadnjih desetletjih, najhladnejši meseci pa so brez izjeme iz prve polovice obravnavanega obdobja (preglednica 1). Po meteoroloških letnih časih (trimesečjih) najbolj izstopata izjemno vroče poletje 2003 in izjemno mrzla zima 1879/80.

Preglednica 1. Mesečna statistika homogeniziranega niza temperature zraka (°C) v Ljubljani v obdobju januar 1866–februar 2012. Prikazane so povprečne mesečne vrednosti, najtoplejši in najhladnejši meseci.

Mesec	Dolgoletno povprečje	Najtoplejši	Vrednost	Najhladnejši	Vrednost
Januar	-1,5	1936, 2007	4,9	1880	-9,5
Februar	0,7	1966	6,7	1929	-8,5
Marec	5,2	1994	10,6	1875	-0,5
April	9,7	2007	14,6	1903	6,4
Maj	14,4	2003	18,3	1874, 1876	9,9
Junij	17,9	2003	23,5	1884	14,1
Julij	19,8	2006	23,6	1919	16,2
Avgust	18,9	2003	24,2	1924	15,9
September	15,0	2011	19,4	1912	9,9
Oktober	10,0	1966, 2001	14,0	1905	4,8
November	4,4	1926	10,1	1874	-1,0
December	0,0	1868	5,6	1879	-12,1

Poglavitna razloga za izrazito naraščanje temperature v Ljubljani sta urbanizacija in globalno segrevanje ozračja. Vse večja pozidanost Ljubljane in širitev mesta sta okrepili t. i. mestni toplotni otok – pojav višjih temperatur zaradi spremenjene sestave tal in sproščanja toplote zaradi človekovih dejavnosti. Meritve na podeželju in neposeljenih območjih v alpskem prostoru kažejo naraščanje temperature tudi na teh območjih, kar lahko v večji meri pripišemo globalnim podnebnim spremembam.

## Homogenizacija in rekonstrukcija klimatoloških nizov na Kredarici

Meteorološka postaja Kredarica je naša najvišja meteorološka postaja, leži na nadmorski višini 2514 m. Opazovalni prostor je poleg Triglavskega doma na Kredarici. Nad meteorološko postajo se na zahodni strani dviga najvišji vrh Slovenije Triglav (2864 m).

Občasne meteorološke meritve so na Kredarici potekale že ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja. S stalnimi meritvami smo pričeli leta 1954 in trajajo še danes. Postaja je I. reda, torej na njej merimo in opazujemo poln nabor meteoroloških spremenljivk. Snežno odejo smo merili v bližini opazovalnega prostora do leta 1972; ker pa močni vetrovi sneg pogosto odpihnejo, smo jo kasneje 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 bila v tistem času kombinacija vrednosti na vznožju ledenika in pri koči ter razvoja vremena. V zadnjih letih so bili

postavljeni novi snegomeri na manjši uravnavi severno od koč, kar olajša meritve višine skupnega snega.



Slika 4. Meteorološka postaja Kredarica jeseni 2011 (vir: arhiv ARSO)

V okviru projekta Podnebna spremenljivost Slovenije, ki trenutno poteka na Uradu za meteorologijo, smo homogenizirali časovne nize povprečne temperature zraka, trajanja sončnega obsevanja od maja do avgusta in največje sezonske višine snega na Kredarici.

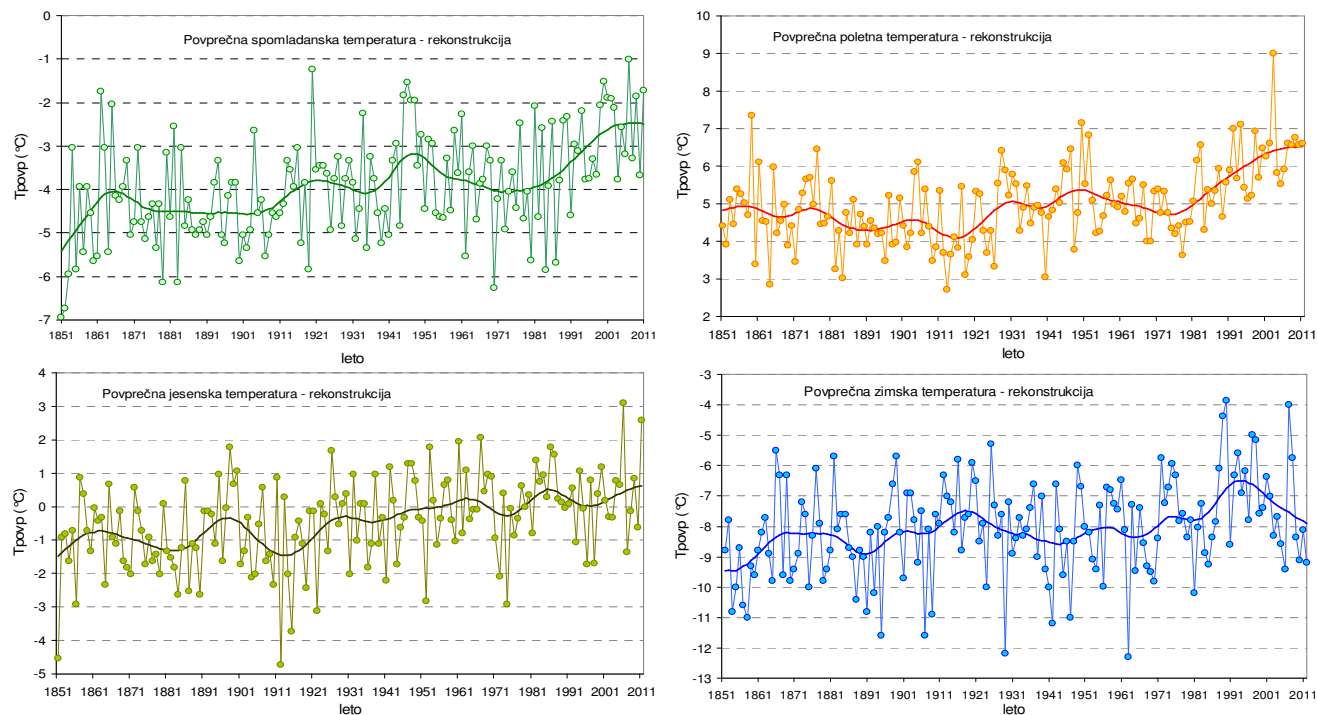
## Temperatura

Primerjava s homogeniziranim nizom meteorološke postaje Dobrač (2140 m) na Avstrijskem Koroškem, 29 km severozahodno od Kredarice, kaže na homogenost

temperaturnega niza s Kredarice od leta 1955 dalje. Ker se obe postaji nahajata na približno enaki nadmorski višini, je mogoče enostavno rekonstruirati temperaturni niz na Kredarici do začetka meritev na Dobraču leta 1851. Na primerjalnem obdobju 1955–2008 smo izračunali povprečno razliko in jo prišteli k izmerjenim vrednostim na Dobraču. Sestavljeni niz kaže na temperaturne razmere na Kredarici v preteklih 161 letih (slika 5).

Temperatura zraka se je dvignila v vseh meteoroloških letnih časih, pomladi in poletja so se od druge polovice

19. stoletja do danes ogrela za okoli 2 °C, jeseni za dobro stopinjo Celzija. Zimski časovni potek je nekoliko bolj pester, a splošni trend je tudi v tem letnem času naraščajoč. Mile zime so bile pogoste zlasti v 90. letih prejšnjega stoletja in to obdobje je bilo doslej najtoplejše. V zadnjih letih pa smo na Kredarici beležili večinoma povprečno hladne zime. Nihanje temperature iz leta v leto je manjše spomladi in poleti, zime pa se medsebojno najbolj razlikujejo. Skupno vsem letnim časom pa je izostanek izrazito hladnih sezon v zadnjih dveh desetletjih, zlasti opazno je to spomladi in poleti.

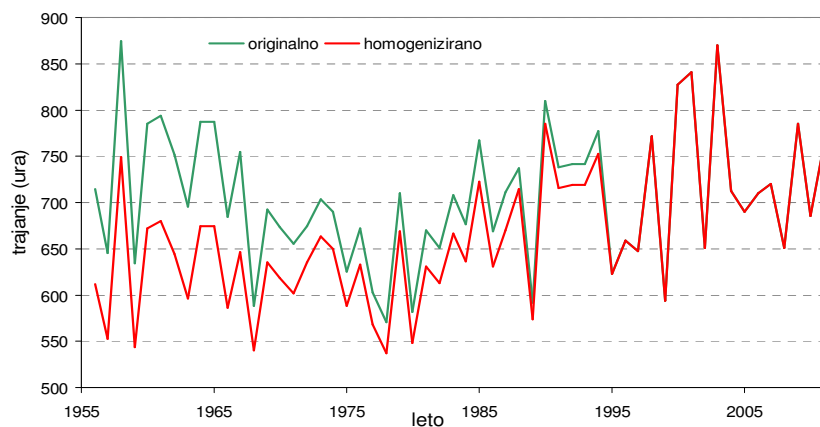


Slika 5. Rekonstrukcija povprečne letne temperature zraka na Kredarici od pomladi 1851 do zime 2011/12

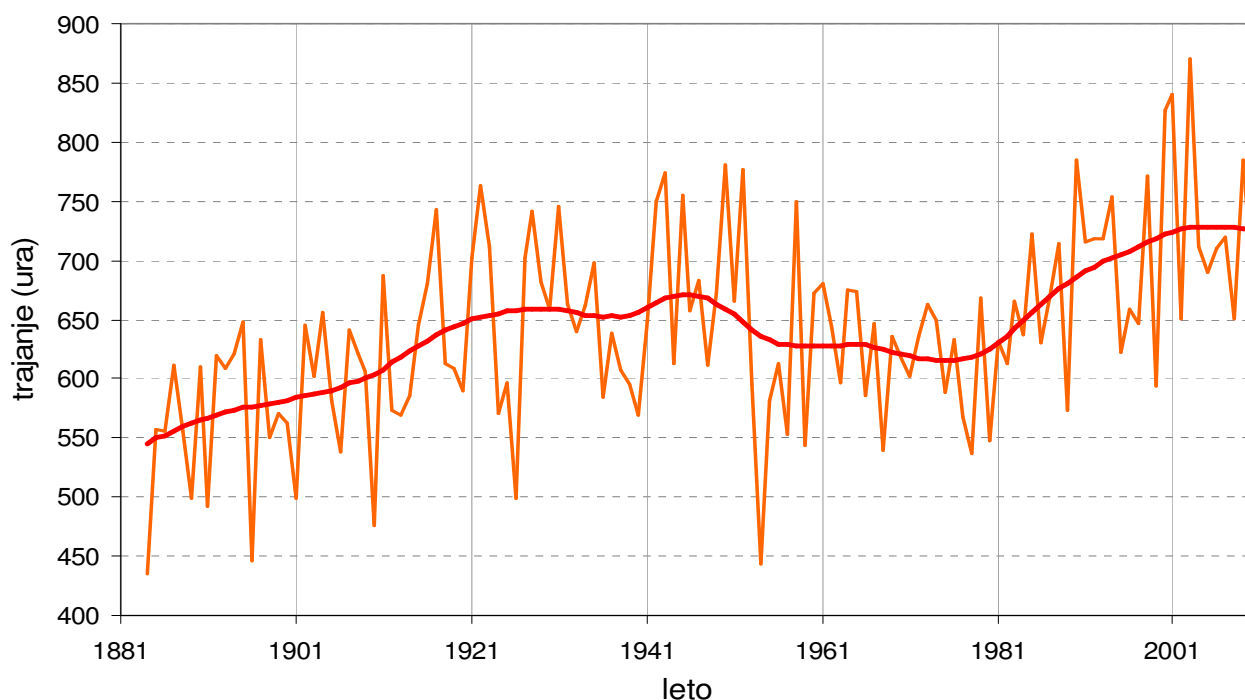
## Trajanje sončnega obsevanja

Rekonstrukcija trajanja sončnega obsevanja se je izkazala za nekoliko bolj zapleteno. Primerjava s sosednjimi postajami in metapodatki so pokazali na nekaj nehomogenosti v nizu. Te smo vsaj deloma odpravili s popravki na podlagi meritev na Dobraču (slika 6). Pred

letom 1955 smo za rekonstrukcijo uporabili ustrezno korigirane meritve z Dobrača, ki sežejo do leta 1884 (slika 7). Trajanje sončnega obsevanja je naraščalo do okoli leta 1920, nato je bilo do leta 1980 nespremenjeno oziroma je celo rahlo upadlo. V zadnjih tridesetih letih pa je izrazit dvig poletne temperature sovpadel z občutnim podaljšanjem sončnega vremena.



Slika 6. Primerjava izmerjenega in homogeniziranega niza trajanja sončnega obsevanja na Kredarici v obdobju maj–avgust, 1956–2011



Slika 7. Rekonstruirano trajanje sončnega obsevanja na Kredarici v obdobju maj–avgust od leta 1884 dalje.

## Največja sezonska višina snežne odeje

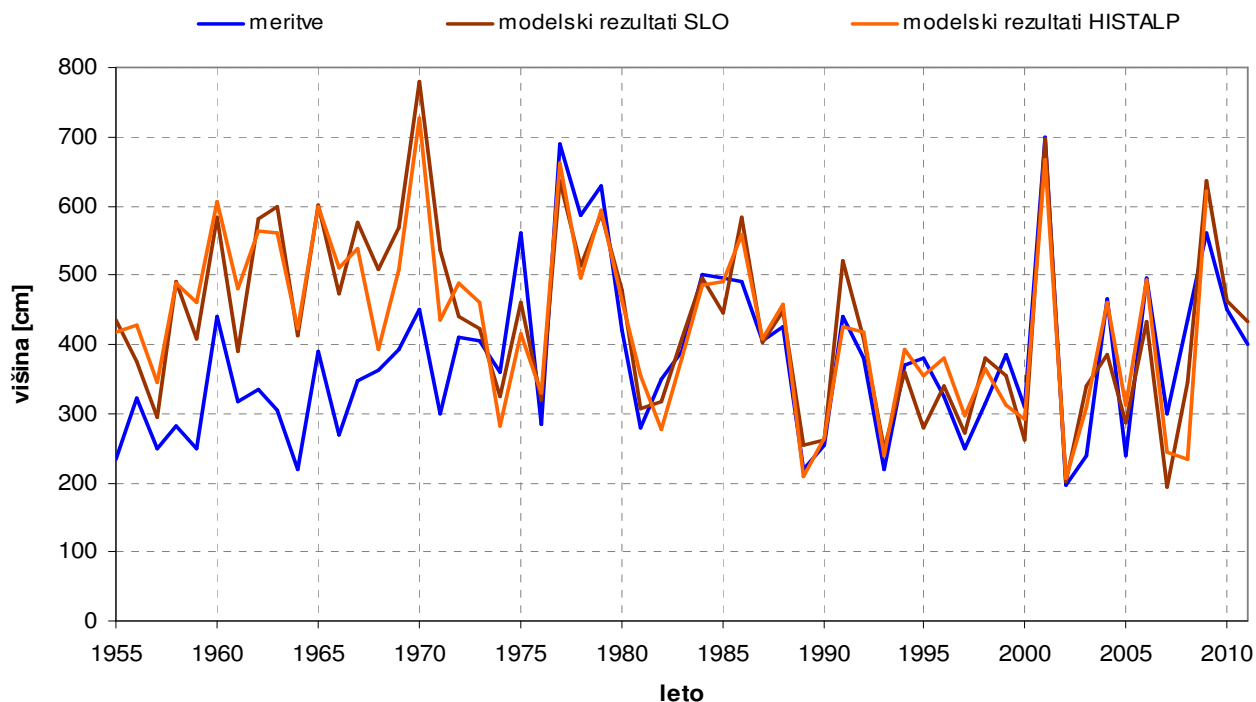
Največ dela smo imeli s homogenizacijo in rekonstrukcijo snežnih razmer. Na podlagi padavinskih in temperaturnih meritev smo sestavili enostaven model, ki da dobro oceno najvišje sezonske višine skupne snežne odeje (NSVSS). Ta se na Kredarici običajno pojavi v aprilu. Višino padavin v obdobju november–april, ki sovpada z glavnino snega na Kredarici, smo ocenili na podlagi meritev dolinskih in nižinskih postaj. Meritve padavin na Kredarici so zaradi močnega vpliva vetra in velikega deleža snega namreč obremenjene z veliko napako. Pregledali smo časovne nize višine padavin na meteoroloških postajah Trenta, Mojstrana, Kranjska Gora, Bohinjska Bistrica in Bled v obdobju 1895–2011. Krajše nehomogene izseke nizov in sumljive vrednosti smo izločili iz nadaljnje analize. Vse vrednosti smo nato normalizirali na referenčno obdobje 1961/62–2001/02, ko so na voljo sorazmerno homogeni nizi prvih štirih postaj od prej omenjene peterice. Le blejski niz smo normalizirali na podlagi meritev ostalih štirih postaj. Povprečje dobljenih nizov relativne višine padavin da končno oceno za Kredarico. V celotnem obravnavnem obdobju se vrednosti gibljejo med 0,46 in 2,07. Višina padavin v »zimskem obdobju« torej na Kredarici iz leta v leto močno niha; najbolj namočene sezone prejmejo nekajkratno vsoto padavin najbolj suhih sezon. Ker je debela snežna odeja ob koncu zimske sezone večinoma predelana in stisnjena do gostote okoli  $500 \text{ kg/m}^3$ , je višina padavin neposredni kazalec višine snega. Ob upoštevanju povprečne temperature zraka v obdobju

november–april oceno višine snega še dodatno izboljšamo. Z višanjem temperature se namreč zmanjšuje delež snežnih padavin. Model, ki smo ga uporabili, torej upošteva višino padavin ( $P$ ) in povprečno temperaturo ( $T$ ) v obdobju od novembra do aprila:

$$NSVSS = a P(1 + bT) + c$$

Model smo umerili na obdobju 1971/72–2001/02 in tako dobili vrednosti konstant  $a$ ,  $b$  in  $c$ . Korelacijski koeficient med izmerjeno in izračunano najvišjo višino snežne odeje v posamezni sezoni je zelo visok, 0,93. Za obdobje pred sezono 1895/96 smo uporabili podatke homogeniziranih padavinskih nizov projekta HISTALP. Izbrali smo postaje Beljak, Bad Bleiberg, Celovec, Videm in Ljubljana. Kljub večji oddaljenosti postaj od Kredarice znaša korelacijski koeficient (s temperaturnimi podatki z Dobrača) še vedno visokih 0,91.

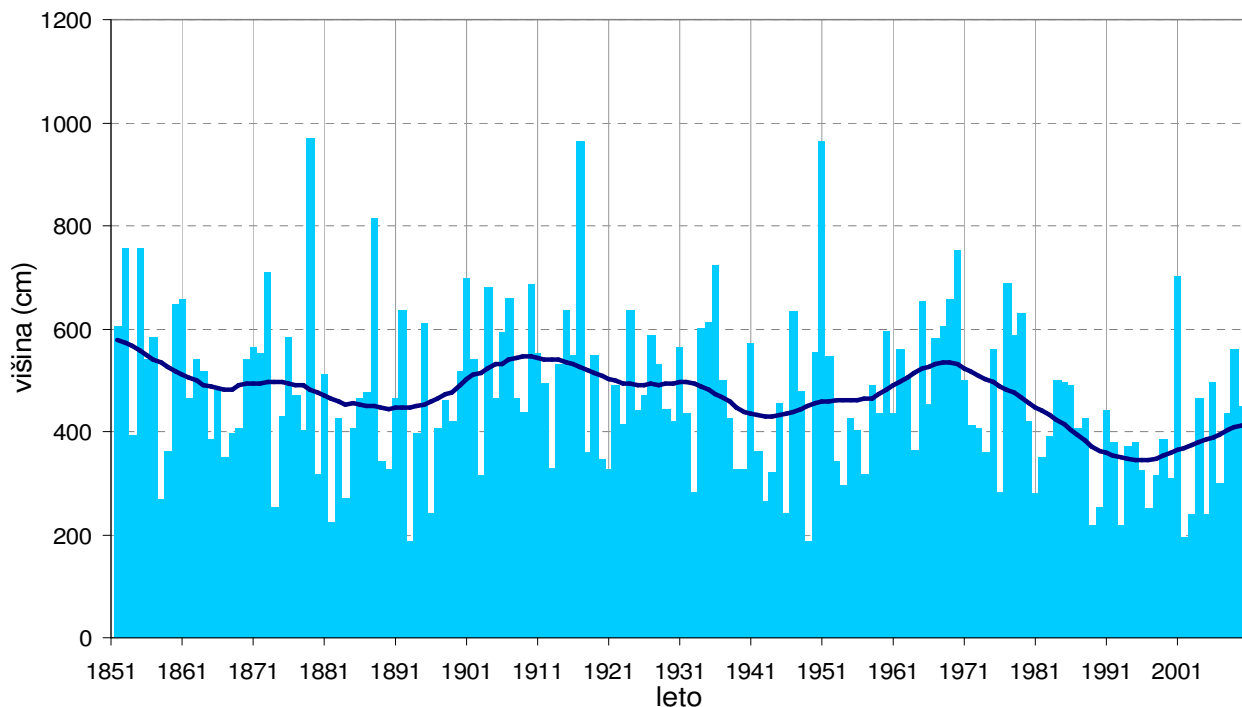
Primerjava med modelskimi in izmerjenimi vrednostmi pokaže na dobro časovno ujemanje v obdobju od 1971/72 dalje. Pred tem so na Kredarici skupni sneg merili v bližini koč, kjer ga veter pogosto odnaša. Zato je bila višina snega v predhodnem obdobju močno podcenjena. Na podlagi metapodatkov in omenjene primerjave smo izmerke v obdobju 1961/62–1970/71 popravili s povprečnim razmerjem med modelsko oceno in izmerjeno vrednostjo. Izmerke pred sezono 1961/62 pa smo izločili iz rekonstrukcije.



Slika 8. Časovni potek izmerjene vrednosti NSVSS in dveh modelskih nizov. Od leta 1972 dalje so nizi skladni, pred tem so izmerjene vrednosti občutno prenizke.

Rekonstruirani niz NSVSS za obdobje 1851/52–2010/11 je zlepek modelskih vrednosti na podlagi podatkov projekta HISTALP do vključno 1894/95, povprečja modelskih vrednosti na podlagi podatkov HISTALP in

slovenskih padavinskih postaj do 1960/61, homogeniziranih vrednosti s Kredarice do 1970/71 in originalnih izmerkov do 2010/11 (slika 9).



Slika 9. Rekonstrukcija NSVSS na Kredarici za obdobje 1851/52–2010/11

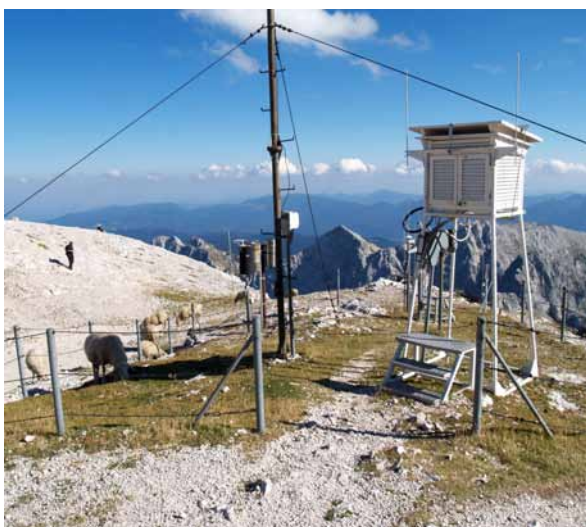
Rekonstrukcija kaže, da je NSVSS do sedemdesetih let 20. stoletja nihal okoli 5 m, v zadnjem obdobju pa so zime v povprečju skromnejše s snegom. V najbolj suhih

zimah celotnega obdobja je bilo snega le okoli 2 m, v najbolj sneženih pa prek 7 m. Po izjemni debelini izstopajo tri zime: 1878/79, 1916/17 in 1950/51, ko naj

bi bilo kakih 9 do 10 m snega. V primerjavi s tem je zima 2000/01, ki velja za daleč najbolj sneženo v zadnjih 30 letih, precej skromna.

## Sklepne misli

Prikazane rekonstrukcije pojasnijo obnašanje Triglavskega ledenika od konca 19. stoletja. Na prelomu iz 19. v 20. stoletje je obseg ledenika znašal 30 ha. Do sredine 20. stoletja se je skrčil na 15 ha, kopnenje pa se je nadaljevalo v drugo polovico 20. stoletja. V zadnjem desetletju je od nekoč spodobnega alpskega ledenika ostala le še kak hektar velika in do nekaj metrov debela zaplata ledu. Razlog za takšno spremembo pripisujemo tako tanjši snežni odeji spomladi, večji osončenosti poleti v zadnjih desetletjih in naraščajoči temperaturi zraka. Glede na globalne podnebne spremembe lahko že v nekaj letih pričakujemo popolno izginotje ledenika. Na mestu nekdanjega ledenika in v njegovi okolici se bodo tako pojavljala le še snežišča.



Slika 10. Meteorološka postaja Kredarica jeseni 2011 (vir: arhiv ARSO)

## Viri in literatura

1. Alexandersson, H., 1984. A homogeneity test based on ratios and applied to precipitation. Report 79, Department of meteorology, Uppsala, 55 pp.
2. Alexandersson, H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data, *J. Climatol.*, 6, 661–675
3. Alexandersson, H., 1995. Homogeneity testing, multiple breaks and trends, *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Meeting on Statistical Climatology*, Galway, pp. 439–441
4. ALP-IMP, <http://www.zamg.ac.at/ALP-IMP/>, Member area, 16. 2. 2007
5. Craddock JM. 1979. Methods of comparing annual rainfall records for climatic purposes. *Weather* 34: 332–346
6. Gavazzi, A., 1925, O meteoroloških postajah v Sloveniji, *Geografski vestnik Ljubljana*
7. Hawkins, P.M. (1977) Testing a sequence of observations for a shift in random location. *Journal of the American Statistical Association*, 73, 180–185.
8. HISTALP: <http://www.zamg.ac.at/HISTALP/>
9. Kartoteka meteorološke postaje Kredarica, Agencija RS za okolje, Ljubljana
10. Kartoteka meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, Agencija RS za okolje, Ljubljana
11. Pavšek, M., 2011. Ostanki ledenika pod Triglavom. <http://www.dedi.si/dediscina/449-triglavski-ledenik>
12. Pristov, J., Pristov, N., Zupančič, B., 1998, *Klima v Triglavskem narodnem parku*, Triglavski narodni park, Bled, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana
13. *Temeljna knjiga meteorološke postaje II. reda Kredarica*, Agencija RS za okolje, Ljubljana
14. *Temeljna knjiga meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad I. reda – observatorij*, Agencija RS za okolje, Ljubljana
15. Trontelj, M., 1994, *Vreme v visokogorju, 40 let meteoroloških opazovanj na Kredarici*, Ljubljana
16. Trontelj, M., 2000, *150 let meteorologije na Slovenskem, Ob 150-letnici meteorološke postaje v Ljubljani*, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana





Foto: Tanja Cegnar



Foto: Marko Clemenz

# Metapodatki v projektu Podnebna spremenljivost v Sloveniji

**Mateja Nadbath**

*Po splošni definiciji so metapodatki nabor podatkov, pomemben za pravilno interpretacijo oziroma uporabo drugih podatkov, ki jim dajo neko dodano vrednost. Cilj, ki smo si ga glede metapodatkov zastavili v projektu Podnebna spremenljivost v Sloveniji, je, da za vsako meteorološko postajo zberemo čim podrobnejši nabor metapodatkov iz vseh poznanih virov in ga shranimo v enotni digitalni metabazi, ki je identična papirnati. Za uresničitev zastavljenega cilja smo delo organizirali po korakih.*

Ker meteorološke meritve in opazovanja potekajo na meteoroloških postajah in ne kontrolirano v laboratoriju, na izmerjeno ali opazovano vrednost posamezne meteorološke spremenljivke poleg trenutnega vremena pomembno vplivajo tudi drugi dejavniki iz okolice. Ni dovolj, na primer, da poznamo vrednost izmerjene temperature zraka v Ljubljani za določen dan, treba je vedeti, kje v Ljubljani je bila temperatura izmerjena in kako je bila izmerjena. Zato se nabor metapodatkov v meteorologiji nanaša na:

- lokacijo meteorološke postaje,
- meteorološke opazovalce,
- merilne naprave,
- način merjenja in opazovanja meteoroloških spremenljivk,
- vse spremembe naštetega in
- vse ostalo, kar še lahko vpliva na vrednosti merjene spremenljivke.

Metapodatki so v meteorologiji pomemben pripomoček pri mnogih nalogah, kot so:

- vrednotenje izmerjenega podatka,
- ocena vpliva dejavnikov na merjene spremenljivke v času in prostoru,
- ocena reprezentativnosti meteorološke postaje za posamezno meteorološko spremenljivko,
- kontrola meteoroloških podatkov,
- podnebne analize, modeliranje ...

Določen nabor metapodatkov je obvezen pri mednarodni izmenjavi meteoroloških podatkov; tudi vse več uporabnikov meteoroloških podatkov zahteva spremljajoče metapodatke.

Cilj, ki smo si ga glede metapodatkov zastavili v projektu Podnebna spremenljivost v Sloveniji, je, da za vsako meteorološko postajo zberemo čim podrobnejši nabor metapodatkov iz vseh poznanih virov in ga shranimo v enotni digitalni metabazi, ki je identična papirnati.

Za uresničitev zastavljenega cilja smo delo organizirali po korakih:

- popis in digitalizacija vseh papirnatih virov metapodatkov,
- popis digitalnih zapisov metapodatkov ter pretvorba v berljiv format in v eno datoteko,

- okviren izbor meteoroloških postaj,
- ustvarjanje digitalne kartoteke metapodatkov in dopolnjevanje papirnat kartoteke za vsako od izbranih postaj,
- shranitev vseh metapodatkov v digitalno metabazo.

Ovira pri uporabi metapodatkov je bila do nedavnega prav dejstvo, da je bila velika večina metapodatkov do leta 1994 zgolj v papirnatem arhivu, v različnih oblikah, zabeleženi so bili za različne namene in tudi nahajali so se na različnih lokacijah. Zato smo se z začetkom projekta Podnebna spremenljivost v Sloveniji lotili sistematičnega popisa vseh virov metapodatkov in njihove digitalizacije, kar pomeni skeniranje skic in fotografij ter prepis besedila v digitalno obliko. Z digitalizacijo metapodatkov pridobimo:

- enostaven dostop do metapodatkov in njihovo enostavno uporabo ter
- varovanje papirnatega arhiva pred poškodbami in propadanjem, ki ga lahko povzročamo z njegovo uporabo<sup>1</sup>.

Viri papirnatega arhiva metapodatkov so:

- knjiga terena, oblikovana po letu 1948; v njej so kronološko zbrani zapisi o obisku in posegih na postajah,
- temeljne knjige postaj, ki so bile oblikovane po letu 1952 za vsako postajo posebej,
- kartoteka postaj, oblikovana sredi 60-ih let 20. stoletja za vsako postajo posebej,
- skice postaj iz časa Avstro-Ogrske za padavinske postaje, takrat imenovane ombrometrične, in iz časa med obema svetovnima vojnama,
- fotografije postaj iz obdobja po drugi svetovni vojni,
- kartoni postaj s popisom opazovalcev iz časa med obema svetovnima vojnama,
- dnevniki in mesečna poročila s postaj,
- statistični letopisi iz časa pred drugo svetovno vojno:

<sup>1</sup> Meteorološki arhiv je dragocen, saj je mnogo zapisov in skic meteoroloških postaj tudi iz zadnjih desetletij 19. stoletja in poleg osnovnih informacij o meteoroloških podatkih in opazovalnem prostoru nosijo tudi množico drugih podatkov, ki posredno pripovedujejo zgodbo o takratnem času, prostoru in ljudeh ter so zato del zgodovinske in kulturne dediščine naroda.

- Jahrbuch des k.k. Hydrographischen Zentralbureaus, Allgemeiner Teil, Hydrographischer Dienst in Österreich, Wien (za leta 1893–1911),
- Jahrbücher der k.k. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien (za leta 1893–1911),
- EVKÖNYVEI., Hivatalos kiadvany, A M. KIR. Földmívelésügyi Ministerium Fennhatosaga Alatt Allo, M. KIR. Országos, Meteoroloigai es földmagneszegei intezet, Budapest (za leta 1901–1920),
- Bollettino Mensile in Annali Idrologici, Ministero dei Lavori pubblici, Servizio idrografico, Ufficio Idrografico del magistrato alle acque, Venezia, Roma (za leta 1919–1941, nahajajo se tudi na spletu: <http://www.annali.apat.gov.it/site/it-IT/>),
- Annali del R. Ufficio centrale di meteorologia e geofisica Italiano, Ministero dell'Agricoltura e delle foreste, Roma,
- Pregled meteoroloških opazovanj v Sloveniji leta 1917 in 1918, Zavod za meteorologijo in geodinamiko v Ljubljani, Kraljevina Srbov, Hrvatov in Slovencev, Ljubljana 1925,
- Pregled meteoroloških opazovanj v Sloveniji leta 1919 in 1920, Zavod za meteorologijo in geodinamiko v Ljubljani, Kraljevina Srbov, Hrvatov in Slovencev, Ljubljana 1927,
- Pregled dnevnih meteoroloških opazovanj v Ljubljani in Mariboru v letih 1917–1920, Zavod za meteorologijo in geodinamiko v Ljubljani, Kraljevina Srbov, Hrvatov in Slovencev, Ljubljana 1928,
- Izveštaj o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode, Ministarstvo poljoprivrede i voda, generalna direkcija voda, odsek za hidrografiju, Kraljevina Srba, Hrvata in Slovenaca, Beograd (za leti 1923 in 1924),
- Izveštaj o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode, Ministarstvo građevina, Hidrotehničko odelenje, Kraljevina Jugoslavija, Beograd (za leta 1925–1938),
- Izveštaj o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode, Geofizički zavod, Nezavisna država Hrvatska, Zagreb (za leto 1939),
- Izveštaj o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode, Ministarstvo građevina, Hidrotehničko odelenje, Federativna narodna republika Jugoslavija, Beograd (za leto 1940);
- članki o meteoroloških postajah s seznama in zemljevidi iz leta 1925 (Gavazzi, A., 1925, O meteoroloških postajah v Sloveniji, Geografski vestnik) in 1939 (Reya, O., 1939, Vremenska služba v Sloveniji, Kronika slovenskih mest, letnik 6, številka 3),
- seznam postaj: Povše, M., 1984, Seznam krajev z vremenskimi postajami v SR Sloveniji in s kronološkim pregledom dosedanjih meteoroloških opazovanj do leta 1984, Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana.

Po letu 1994 so viri metapodatkov v glavnem v digitalni obliki, kar pomeni, da za papirnati arhiv zberemo vse digitalne zapise o postaji, jih stiskamo in vložimo v pripadajočo kartoteko postaje.

Digitalni viri metapodatkov so:

- KAPA\_osegi, poimenovani po serverju, kamor so se v datoteko kronološko zapisovale ugotovitve kontrole meteoroloških podatkov in posegov na postajah v času 1994–2001;
- NEWS – v času 2001–2006 so se podatki o dogodkih na postajah in morebitne napake v izmerjenih vrednostih meteoroloških spremenljivk posredovale po elektronski pošti;
- po letu 2006 je bil za tovrstne podatke vzpostavljen ISMM (informacijski sistem merilnih mrež) z bazo na Oraclu na nivoju celotne Agencije RS za okolje.



Slika 1. Meteorološka postaja Rovtarica na Jelovici leta 1965 (vir: arhiv ARSO)

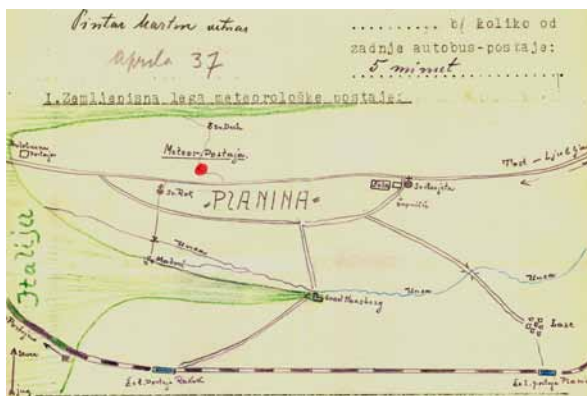
Zaradi velikega števila meteoroloških postaj in s tem povezanega obsega zbiranja metapodatkov smo naredili okviren izbor postaj. Pri izboru je bil kriterij vsaj 15 let meritev in opazovanj na postaji v obdobju 1961–2010. Po tem kriteriju je bilo izbranih 336 klasičnih postaj, od tega 105 podnebnih in glavnih ter 231 padavinskih, poleg tega pa še 82 samodejnih postaj. Najprej smo se omejili na zbiranje metapodatkov za navedene postaje za zadnjih 50 let ali za celotno obdobje delovanja postaje (če to ne zahteva preveč časa). Sledi priprava metapodatkov prav za vse meteorološke postaje za celotno obdobje delovanja postaje in sprotno dopolnjevanje z aktualnimi podatki.



Slika 2. Meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad leta 1950 (vir: arhiv ARSO)

Za celovito predstavo o lokaciji in delovanju meteorološke postaje potrebujemo že omenjen nabor metapodatkov. Postaje, ki že imajo zbrane vse metapodatke iz do sedaj znanih virov, so predstavljene na sledeč način:

- lokacija meteorološke postaje oziroma vsak opazovalni prostor postaje; če jih je postaja v obdobju delovanja imela več, dokumentiramo z:
  - Gauss-Krügerjevimi koordinatami (v koordinatnem sistemu D48) in nadmorsko višino, za kar uporabljamo spletni Atlas okolja<sup>2</sup>,
  - z digitalnimi ortofoto posnetki in temeljnimi topografskimi načrti (vir je Atlas okolja) ter zemljevidom v merilu 1: 50000 iz Interaktivnega atlasa Slovenije<sup>3</sup>; vsak od naštetih prikazov nosi drugačne podatke o prikazanem območju,
  - starimi skicami in fotografijami opazovalnega prostora,
  - opisom in opombami glede prostora ter spremembami na ali v okolici opazovalnega prostora, kot so denimo izgradnja hiše, sečnja visokega drevesa ali selitev opazovalnega prostora ipd.;
- meteorološki opazovalci so popisani z:
  - imenom in priimkom ter naslovom opazovalca,
  - poklicem, ki je pomemben podatek za določanje lokacije meteorološke postaje v času pred drugo svetovno vojno in takoj po njej,
  - obdobjem delovanja opazovalca, z datumi usposabljanja opazovalca in morebitnimi opombami glede merjenja ali opazovanja;
- meteorološka merjenja in opazovanja ter instrumente pa opišemo z:
  - načinom merjenja in/ali opazovanja meteorološke spremenljivke,
  - termini opazovanj,
  - vrstami in tipi instrumenta,
  - datumom umerjanja ali menjave ali prestavitve instrumenta ...



Slika 3. Meteorološka postaja Planina iz leta 1937 z vrisano mejo med Italijo in Kraljevino Jugoslavijo (vir: arhiv ARSO)

Izpostaviti velja pomembnost datiranja vseh dogodkov na postaji, denimo opisov postaj, skic in fotografij, premestitev opazovalnega prostora, menjave opazovalcev, menjave ali umerjanja instrumenta, morebitnih opomb. Po dosedanjih izkušnjah so slabo dokumentirane postaje, ki so bile zelo redko obiskane, zaradi česar dogodki ter spremembe na postajah niso bili zabeleženi. Podobno slabo so dokumentirane tudi postaje, ki so bile najpogostejše obiskane, saj so v času delovanja postaje vsi poznali vse spremembe in dogodke na postaji, zaradi česar jih tudi niso zabeležili.



Slika 4. Meteorološka postaja Mislinja iz leta 1935 z vrisano železniško postajo na progi Celje - Dravograd (vir: arhiv ARSO)

Poleg datiranja dogodkov na postaji se pri zbiranju metapodatkov srečujemo še z nekaterimi težavami, ki so posledica zgodovine na ozemlju današnje države in lahko predstavljajo oviro pri zbiranju metapodatkov, hkrati pa so pomembne za njihovo razumevanje:

- iz časa Avstro-Ogrske manjkajo meteorološki podatki, dnevniki in statistični letopis za območje dravske regije – to je za današnjo Koroško in Štajersko, ki je sodila pod avstrijski del monarhije, ter meteorološki dnevniki s postaj v Prekmurju, ki pa je bilo pod ogrsko polovico. Iz tega obdobja manjkajo metapodatki o lokaciji podnebnih postaj iz avstrijskega dela in vseh postaj iz ogrskega dela monarhije. Iz časa po prvi svetovni vojni manjkajo metapodatki za primorske meteorološke postaje, ki so takrat spadale pod Italijo;
- pri zbiranju metapodatkov se srečujemo s tujimi jeziki in drugačno pisavo, mnoge skice postaj in meteorološki dnevniki so namreč napisani še v nemški kurenti (kurzivi) ali t. i. gotici. Do leta 1918 je večina arhivov meteoroloških podatkov in metapodatkov v nemščini in madžarščini. Po letu 1918 vse do druge svetovne vojne je arhiv za jugozahodni del Slovenije v italijanščini;
- imena krajev so v arhivih zapisana v tujem jeziku, denimo Flitsch (nemško) ali Plezzo (italijansko) za Bovec, Nagydolány (madžarsko) za Velike Dolence ... Krajevna imena so lahko vir težav tudi po drugi svetovni vojni zaradi preimenovanja kraja (npr. Sv. Primož nad Muto se je leta 1955 preimenoval v Podlipje in leta 1994 spet nazaj v Sv. Primož nad Muto);
- ob začetku meritev sredi 19. stoletja, ki so ohranjene v arhivu ARSO, so uporabljali nekatere drugačne merske enote kot danes. Denimo zračni tlak in višino padavin so na ljubljanski meteorološki postaji leta 1850 merili v pariških linijah. Ena pariška linija ('''') je 2,256 mm, 12 pariških linij pa je en pariški palec ('). Pariške linije so uporabljali do konca leta 1871;

<sup>2</sup> Atlas okolja, 2007, Agencija RS za okolje, LUZ d. d.

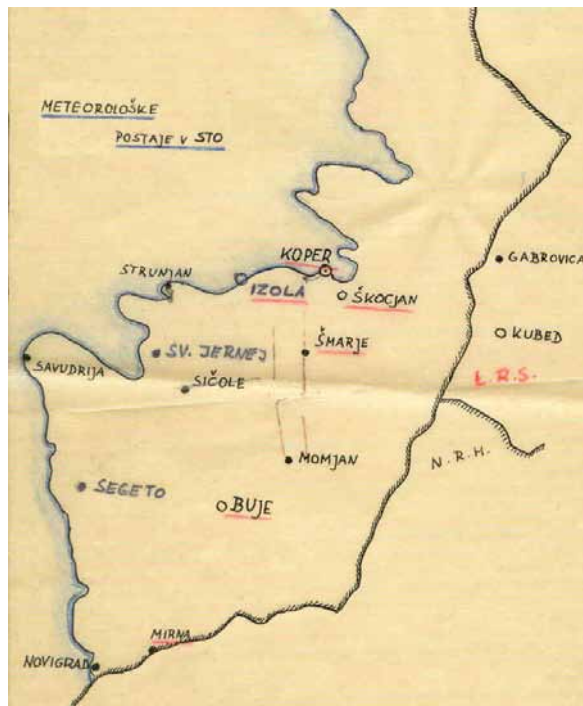
<sup>3</sup> Interaktivni atlas Slovenije, 1998, Založba Mladinska knjiga in Geodetski zavod v sodelovanju z Globalvision

- postavitve instrumentov in sami instrumenti, opazovalni termini, načini merjenja in opazovanja so se od začetkov merjenj do danes spreminjali. Tako razberemo s skic meteoroloških postaj, da so bili termometri v preteklosti tudi ob oknu, na različnih višinah. Instrumenti, s katerimi merimo meteorološke spremenljivke, se ravno tako spreminjajo od različnih klasičnih do registrirnih (termograf, pluviograf, heliograf ...), elektronskih registratorjev itd., vsak instrument pa ima dobre lastnosti kot tudi pomanjkljivosti. Načini opazovanj in merjenj ter simboli zapisov meteoroloških spremenljivk so se s časom spreminjali, razvijali in standardizirali;
- koordinate in nadmorska višina so pogosto določene le za eno opazovalno mesto meteorološke postaje, čeprav jih je ta imela več ali se je večkrat preselila; nikjer pa ni zabeleženo, za katero opazovalno mesto te koordinate in nadmorska višina veljajo, saj so bile tako nenatančne, da so lahko veljale za vse. Razlog za takšno stanje je dejstvo, da v preteklosti karte velikega merila (1 : 25000 in večje), iz katerih bi lahko subjektivno določili natančnejše koordinate opazovalnega prostora, niso bile v splošni uporabi, ampak so bile vojaška skrivnost. Karte velikega merila so postale javno dostopne po letu 1993, danes pa je na voljo vrsta digitalnih atlasov s podrobnimi prikazi, kjer je določevanje koordinat in nadmorske višine vprašanje enega klika;
- pri rekonstrukciji lokacije postaje na osnovi starih skic delo pogosto otežuje sprememba (pozidava) kraja. Če je bila lokacija meteorološke postaje v bližini župnišča, cerkve, gradu, šole ali kakšnega pomembnega objekta v kraju, je naloga mnogo lažja. Na lokacijo postaje za čas pred drugo svetovno vojno lahko sklepamo tudi iz opazovalčevega poklica: denimo župnik ali učitelj sta stanovala v župnišču oz. v šoli, šole pa so bile v bližini cerkva in župnišč, ki so v veliki meri še danes na istem mestu kot v preteklosti. Okvirno lokacijo meteorološke postaje lahko določimo tudi na osnovi opazovalčevega naslova; s starimi naslovi pa si ne moremo pomagati, če so v kraju uvedli sistem ulic ali spremenili hišne številke. Ohranjenost arhivov starih naslovov in povezava z današnjimi se razlikujeta od kraja do kraja in odnosa pristojnih do tovrstnih podatkov.

Ob koncu leta 2011 je večina papirnatega arhiva že digitalizirana:

- knjiga terena je za obdobje 1958–2009 digitalizirana v celoti, potrebni so še popravki, ki se odkrijejo z uporabo le-te ter digitalizacija knjige v obdobju 1948–1957;
- temeljne knjige so bile za izbrane meteorološke postaje digitalizirane v celoti;
- kartoteke postaj so bile za izbrane meteorološke postaje digitalizirane 96-%;
- skice postaj iz obdobja Avstro-Ogrske in med obema svetovnima vojnama, stare fotografije postaj in kartoni so digitalizirani 95-%.

Vsi digitalni zapisi metapodatkov iz različnih obdobj (KAPA\_ posegi 1994–2001, NEWS 2001–2006 in ISMM 2006–maj 2010) so združeni v eno datoteko s šifriranimi meteorološkimi spremenljivkami, na katere se nanaša poseg na postaji, ter shranjeni v digitalni metabazi. Metapodatkovni zapisi za meteorološke postaje iz ISMM (informacijskega sistema merilnih mrež) se od maja 2010 samodejno zapisujejo v metabazo meteoroloških postaj.



Slika 5. Meteorološke postaje na Svobodnem tržaškem ozemlju po 2. svetovni vojni (vir: arhiv ARSO)

Za 321 izbranih meteoroloških postaj sta izdelani tako digitalna kot tudi dopolnjena papirnata kartoteka oziroma za 96 % izbranih postaj so zbrani vsi metapodatki iz doslej poznanih virov za obdobje 1961–2010.

Zadnja stopnja je digitalizacija knjige terena za leta v obdobju 1948–1957, priprava metapodatkov za ostale meteorološke postaje in sistematičen prenos vseh metapodatkov v digitalno metabazo ter sprotno dopolnjevanje metapodatkov tako v papirnati kot digitalni obliki.



Foto: Tanja Cegnar



Foto: Tanja Cegnar



# Meteorološke postaje državne mreže opazovalnic v letu 2011

Mateja Nadbath

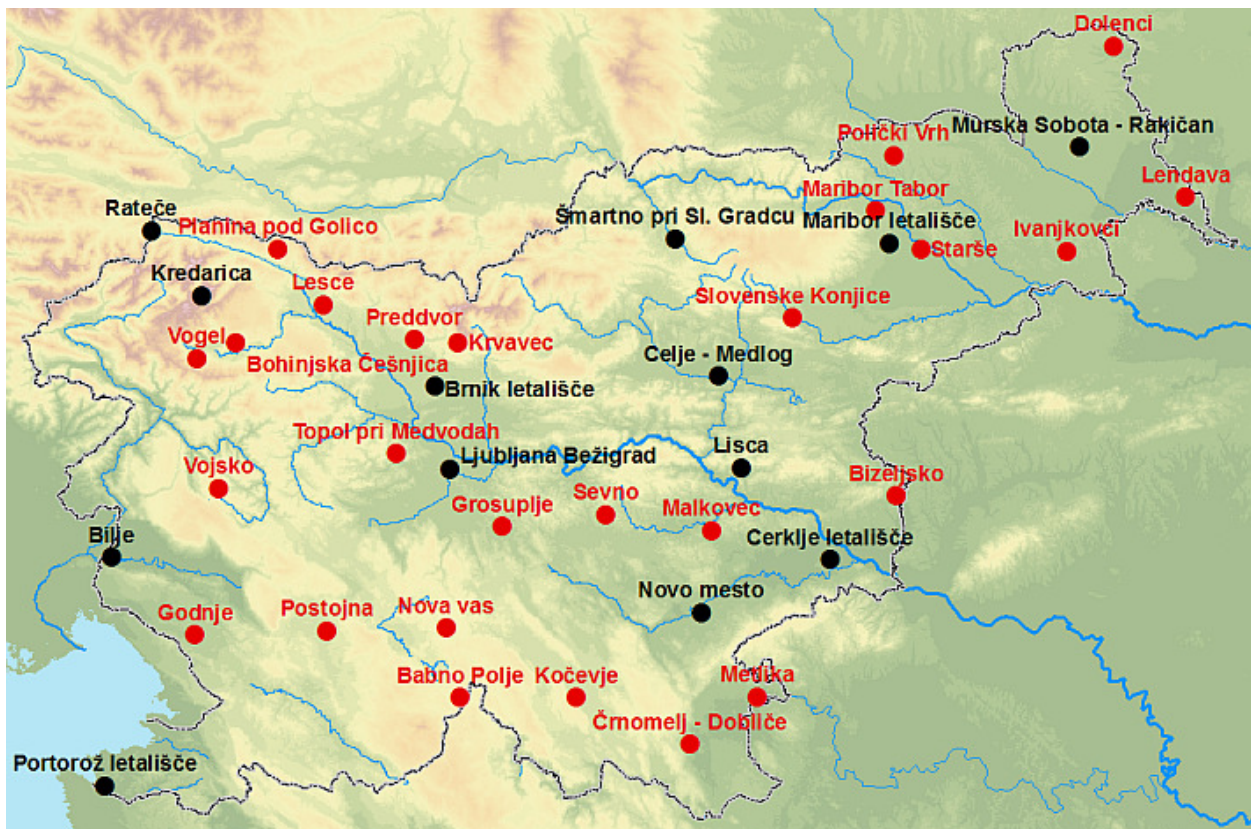
V mreži meteoroloških postaj imamo največ klasičnih postaj, to so postaje z meteorološkim opazovalcem, nekaj manj pa je samodejnih oz. avtomatskih. Klasične meteorološke postaje so meteorološke postaje I. reda, ki so postaje z največjim naborom merjenih in opazovanih spremenljivk; takšnih je v Sloveniji 13. Največ postaj je padavinskih, in sicer 164, manj pa podnebnih, 26. Leta 2011 je bilo vseh meteoroloških postaj, klasičnih in samodejnih, 271; postaj z meritvami meteoroloških spremenljivk pa 343. V obeh primerih je postaj še vedno manj, kot jih je bilo pred letom 1980, ko so bile v mreži meteoroloških postaj le klasične meteorološke postaje.

Agencija RS za okolje opravlja naloge državnih služb s področja meteorologije, hidrologije, seizmologije in geofizike. Ena od nalog je postavljanje in vzdrževanje državne mreže opazovalnic; meteorološke postaje so ene izmed njih.

V mreži meteoroloških postaj imamo meteorološke postaje različnih vrst. Največ, 203, jih je še vedno klasičnih, to so postaje z meteorološkim opazovalcem, 68 meteoroloških postaj je samodejnih (avtomatskih). V mreži samodejnih postaj so tudi postaje, ki v prvi vrsti merijo ekološke in hidrološke spremenljivke, hkrati pa

imajo tudi senzorje za merjenje meteoroloških spremenljivk; ekoloških postaj je 31, hidroloških pa 41. Mnoge samodejne postaje so postavljene na lokacijah klasičnih postaj.

Klasične meteorološke postaje so meteorološke postaje I. reda (poimenovane tudi sinoptične ali glavne), takšnih je 13. Podnebnih ali klimatoloških postaj je 26, največ pa je padavinskih, 164. Ob koncu leta sta prenehali delovati dve klasični postaji: podnebna v Preddvoru in padavinska v Velenju.



Slika 1. Meteorološke postaje I. reda (črni krogi) in podnebne postaje (rdeči krogi) leta 2011

Meteorološka postaja z največjim naborom merjenih in opazovanih spremenljivk je meteorološka postaja I. reda (slika 1, črni krogi). Na takšni postaji merimo: smer in

hitrost vetra, temperaturo zraka 2 m nad tlemi, temperaturo tal v globinah 2, 5, 10, 20, 30, 50 in 100 cm, najnižjo temperaturo 5 cm nad tlemi, zračni tlak,

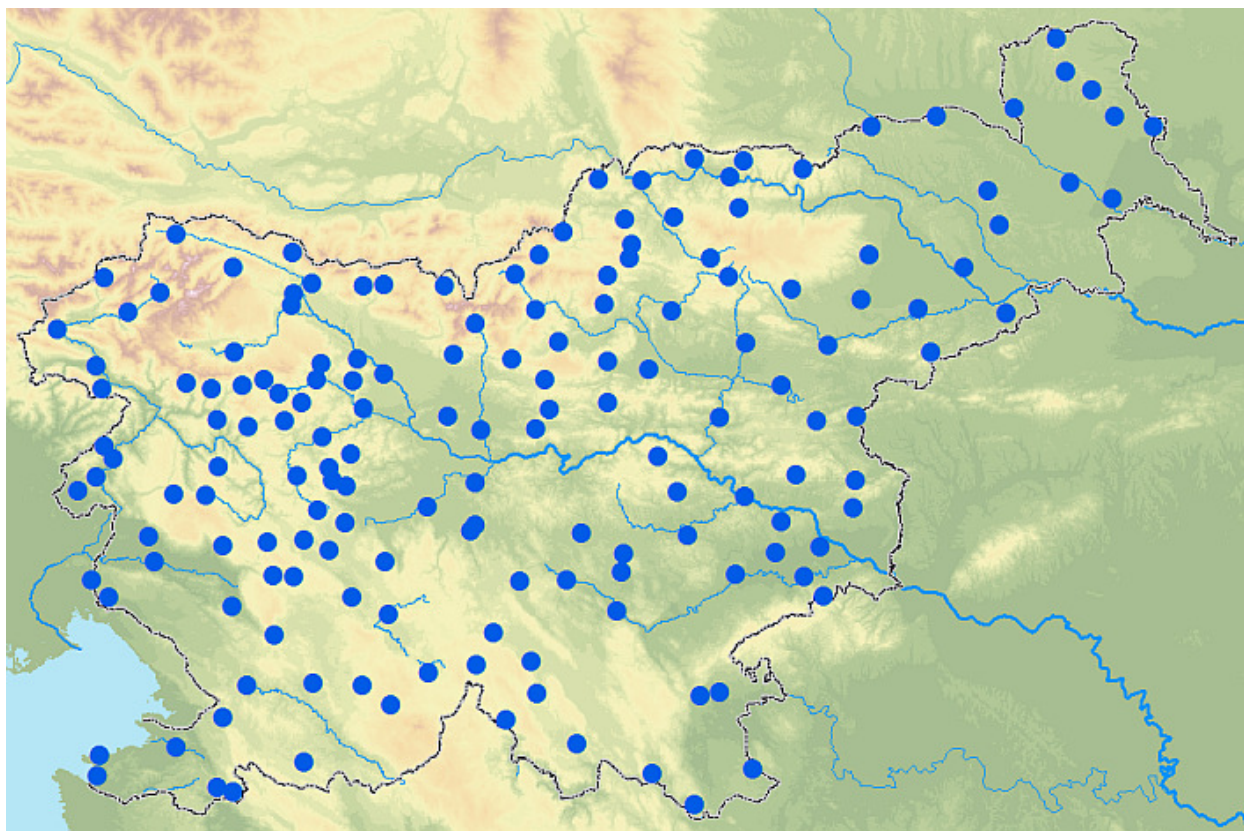
tendenco zračnega tlaka, karakteristike tendence tlaka, vlažnost zraka, vlažnost zemljišča, padavine (vrsta, količina in jakost), snežno odejo (stopnjo pokritosti zemljišča – površina snežne odeje, višina snežne odeje in gostota snega), globino zamrzovanja zemljišča, sončno sevanje in izhlapevanje. Opazovana spremenljivke so: sedanje in preteklo vreme, oblačnost (količina in vrsta oblakov, višina baze oblakov), vidnost, posebni pojavi, splošni fenološki pojavi, stanje posevkov in stanje tal.

Na meteorološki postaji I. reda opazujemo in merimo meteorološke spremenljivke v določenih glavnih in pomožnih sinoptičnih terminih (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 in 21 UTC) za potrebe napovedovanja vremena, klimatologije, agrometeorologije in lavinske službe. Pojave v ozračju, splošne fenološke pojave, stanje posevkov itd. opazujemo ne glede na opazovalne termine. Z meteorološke postaje I. reda pošiljamo podatke, ki jih preko GTS-ja (globalnega telekomunikacijskega sistema) posredujemo v mednarodno izmenjavo. Opazovanja in merjenja opravlja poklicni opazovalec in samodejna meteorološka postaja.

Opazovalci vnašajo vse meritve in opazovanja v sinoptične in klimatološke dnevnike.

Podnebna postaja je meteorološka postaja (slika 1, rdeči krogi), ki opravlja meritve in opazovanja trikrat dnevno, ob 7., 14. in 21. uri po srednjeevropskem ali sončnem času (SEČ) oz. ob 8., 15. in 22. po poletnem času; atmosfere pojave opazujemo in beležimo neprekinjeno, tudi med opazovalnimi termini. Višino padavin, snežne odeje in novozapadlega snega merimo tako kot na padavinski postaji enkrat dnevno, ob 7. uri. Na podnebni postaji opravlja opazovanja in merjenja priučen honorarni opazovalec. Opazovalci vse meritve in opazovanja vnašajo v klimatološke dnevnike.

Na podnebni postaji opazujemo: atmosfere pojave, količino oblačnosti, vidnost, vrsto padavin, čas začetka in konca vseh vrst padavin, fenološka opazovanja (po potrebi) in stanje posevkov (po potrebi). Merimo pa smer in hitrost vetra, temperaturo zraka 2 m nad tlemi, temperaturo zemljišča, vlažnost zraka, višino padavin in višino snežne odeje.



Slika 2. Padavinske postaje leta 2011

Padavinska postaja je meteorološka postaja, kjer merimo višino padavin in višino snežne odeje ter novozapadlega snega enkrat dnevno, ob 7. uri po srednjeevropskem času (ob 8. uri v poletnem času); opazujemo pomembnejše atmosfere pojave (megla, slana, rosa, vrsta padavin, vihar, veter, nevihta itn.), čas začetka in konca vseh vrst padavin in važnejših atmosfere pojavov ter fenološka opazovanja (po potrebi). Na padavinski postaji opravlja opazovanja in merjenja

priučen honorarni opazovalec. Opazovalci vse meritve in opazovanja vnašajo v padavinsko poročilo, morebitne izredne vremenske dogodke pa na hrbtno stran poročila. Padavinsko poročilo opazovalci mesečno pošiljajo na Urad za meteorologijo.

V meteorološki mreži postaj so tudi mehanski zapisovalni instrumenti: termograf, pluviograf, higrograf, barograf, heliograf in anemograf. Vsem instrumentom je skupno

neprekinjeno beleženje merjene spremenljivke na priložen trak. Ob koncu meseca zbrane trakove opazovalci pošljejo na Urad za meteorologijo, kjer jih shranimo, nekatere pa predhodno tudi obdelamo in podatke digitaliziramo. Meteorološki podatki z zapisovalnih instrumentov so pomemben vir za kontrolo ročno izmerjenih vrednosti, denimo temperature zraka in padavin.

Pluviograf je instrument za zvezno beleženje višine padavin. Postavljen je na 35 postajah. S higrografom merimo vlažnost zraka na 37 lokacijah, z barografofom tlak zraka na 12 lokacijah, temperaturo zraka beležimo s termografofom na 36 postajah. V mreži postaj je anemograf samo še na eni lokaciji, in sicer v Brinju; z njim merimo smer in hitrost vetra.

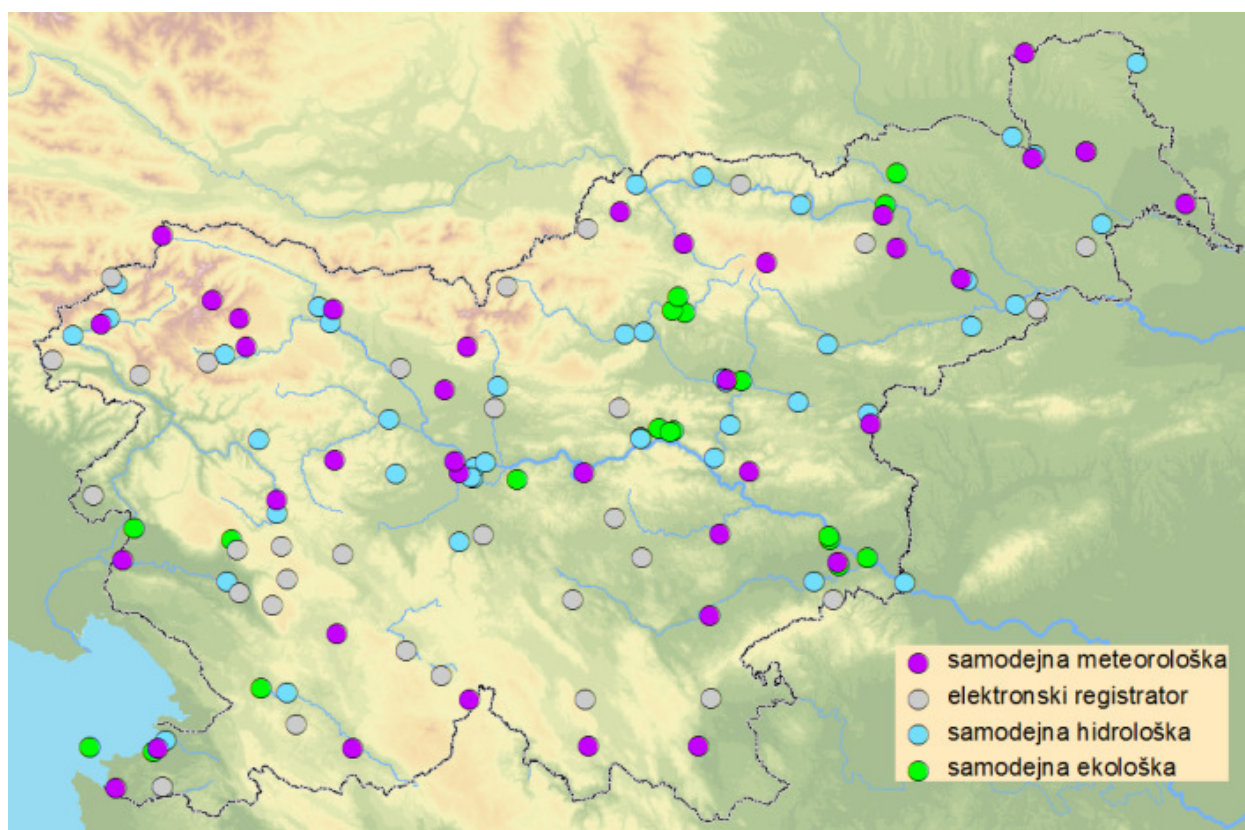
Heliograf je instrument za beleženje trajanja sončnega obsevanja v urah. Leta 2011 smo imeli heliograf na 22 postajah.

Višino padavin na nenaseljenih višjeležečih območjih države merimo s totalizatorjem. Totalizator je pluviometer (ombrometer) z veliko posodo; uporabljamo

ga za zbiranje padavin v obdobju enega leta. V mreži meteoroloških postaj je deset totalizatorjev, postavljeni pa so na alpsko-dinarski pregradi: Bogatinsko sedlo, Dupeljska planina, Kanin – Škripi, Velo polje, Žagarjeva glava, Krma, Tamar, Planina Zaslap, Golak in Gomance.



Slika 3. Heliograf v Semiču



Slika 4. Samodejne meteorološke postaje in elektronski registratorji leta 2011

Samodejne meteorološke postaje (slika 4) delimo na samodejne ali t. i. AMP (avtomatske meteorološke postaje), teh je 37, in na elektronske registratorje, ki jih je v mreži meteoroloških postaj 31.

Na samodejnih meteoroloških postajah je nabor meritev podoben kot na klasičnih postajah, torej merijo

padavine, temperaturo, veter in vlažnost zraka. Mnoge samodejne postaje imajo še dodatne senzore; za merjenje energije sončnega obsevanja, vidnost, sedanje vreme, višino baze oblakov itn. Na nekaterih tovrstnih postajah je nabor meritev omejen le na temperaturo in vlažnost zraka ter na višino padavin. Merilni interval na samodejnih postajah je 30 minut, le za padavine 5

minut. V 30-minutnem intervalu postaja beleži 10-minutna povprečja in ekstreme (na primer najvišjo in najnižjo temperaturo, sunki vetra so trisekundno povprečje največje hitrosti vetra). Podatki z avtomatskih meteoroloških postaj so na voljo sproti.

Elektronski registratorji samodejno beležijo vrednosti meteoroloških elementov na pol ali na polno uro. Senzorji imajo vgrajen zbiralnik podatkov (ang. data logger), kjer se podatki shranjujejo, odčitamo jih enkrat v določenem časovnem intervalu, največkrat je to enkrat mesečno. Z elektronskimi registratorji merimo temperaturo in vlažnost zraka, višino padavin in hitrost ter smer vetra.

Meteorološke spremenljivke merijo tudi samodejne postaje, ki so v prvi vrsti namenjene meritvam ekoloških ali hidroloških spremenljivk. Mnoge od samodejnih hidroloških postaj imajo tako senzor za merjenje padavin, temperature in vlažnosti zraka, na samodejnih ekoloških postajah pa so poleg senzorja za merjenje temperature zraka tudi senzorji za merjenje hitrosti in smeri vetra ter globalno sončno sevanje.

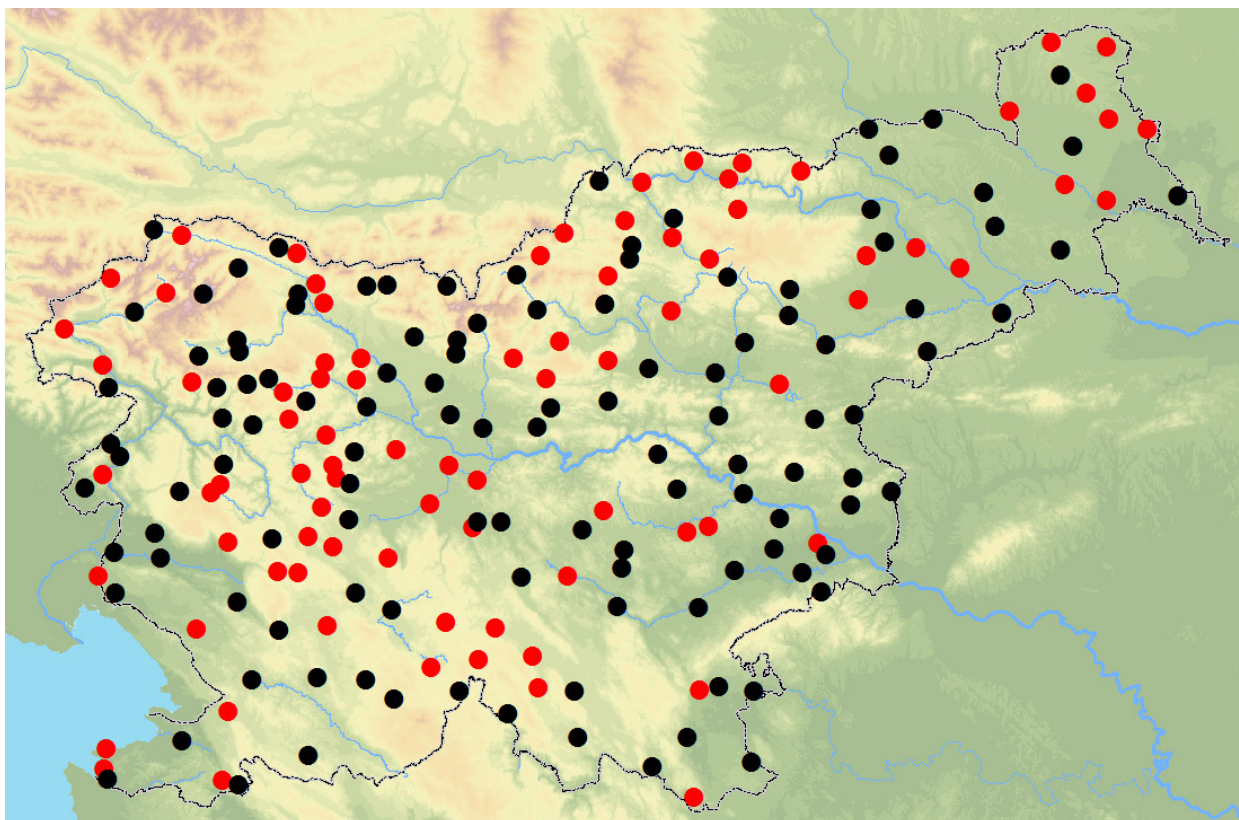
Ker je glavni namen tovrstnih postaj merjenje bodisi hidroloških bodisi ekoloških spremenljivk, je lahko lokacija tovrstnih postaj drugačna od lokacije, ki je

predpisana po meteoroloških standardih, ravno tako lahko prihaja do odstopanj v tipu senzorjev in njihovem vzdrževanju.

Od leta 1971 na ozemlju Slovenije poteka merjenje padavin z meteorološkim radarjem, od leta 1996 dalje pa prejemamo satelitske slike visoke ločljivosti (Meteosat Second Generation – MSG). Enkrat dnevno meteorološki balon z merilnimi senzorji in oddajnikom premeri navpični profil ozračja nad Ljubljano.

Mreža meteoroloških postaj je objavljena tudi na spletnih straneh Agencije RS za okolje, in sicer na Atlasu okolja (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>) in na vremenskem portalu pod poglavjem Podnebje (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/>). Na zadnjem naslovu, v podpoglavju Opazovalne postaje (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/observation-stations/>), so zbrani tudi opisi meteoroloških postaj, ki so bili objavljeni v biltenu Naše okolje Agencije RS za okolje.

Do sedaj je bilo opisanih 94 meteoroloških postaj, 8 od opisanih je v tem času že prenehalo z delovanjem, zato jih na sliki 5 ni več. Te postaje so: Borovnica, Kal nad Kanalom, Naklo, Podtabor, Rob, Senovica, Stara Fužina in Vratja vas.



Slika 5. Klasične meteorološke postaje v letu 2011; rdeče so označene postaje, ki so bile predstavljene v biltenu.

Najstarejši ohranjeni zapisi meteoroloških meritev, ki jih imamo v arhivu podatkov, so iz leta 1850 za Ljubljano, ko so na železniški postaji v Ljubljani začeli sistematično meriti in zapisovati temperaturo zraka in padavine.

Poleg niza podatkov za Ljubljano Agencija RS za okolje hrani zapise meteoroloških opazovanj in meritev številnih drugih klasičnih postaj, vse od druge polovice 19. stoletja do danes. Dolgi nizi opazovanj in meritev s

klasičnih postaj predstavljajo neprecenljiv vir za analizo podnebja na Slovenskem in so podlaga za oceno sprememb v prihodnosti. Število klasičnih postaj je do sredine 70-ih let naraščalo, izjema sta bili obdobji svetovnih vojn. Tako je bilo leta 1918 na takratnem ozemlju Slovenije 86 meteoroloških postaj, leta 1938 180 (Reya, 1939), leta 1975 pa jih je bilo že kar 358. Potem je njihovo število začelo upadati, leta 2011 so bile samo še 203 klasične postaje (slika 6).

V mreži meteoroloških postaj smo začeli z meritvami na samodejnih postajah pred dobrimi dvajsetimi leti. Prva samodejna meteorološka postaja je bila postavljena decembra 1989 v Mariboru. Kasneje je njihovo število naraščalo na današnjih 37 oz. 68, ob upoštevanju elektronskih registratorjev. V istem času so bile postavljene prve samodejne ekološke in hidrološke postaje. Konec leta 2011 je bilo v državni mreži opazovalnic 140 samodejnih postaj z meritvijo meteoroloških spremenljivk, kar predstavlja 41 % vseh postaj z meteorološkimi meritvami. K tej številki je v zadnjih letih, od leta 2007, pripomogel tudi projekt imenovan Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji, ki ga vodi Agencija RS za okolje. Ker projekt še ni končan (zaključen naj bi bil leta 2015), se bo število samodejnih postaj še povečalo.

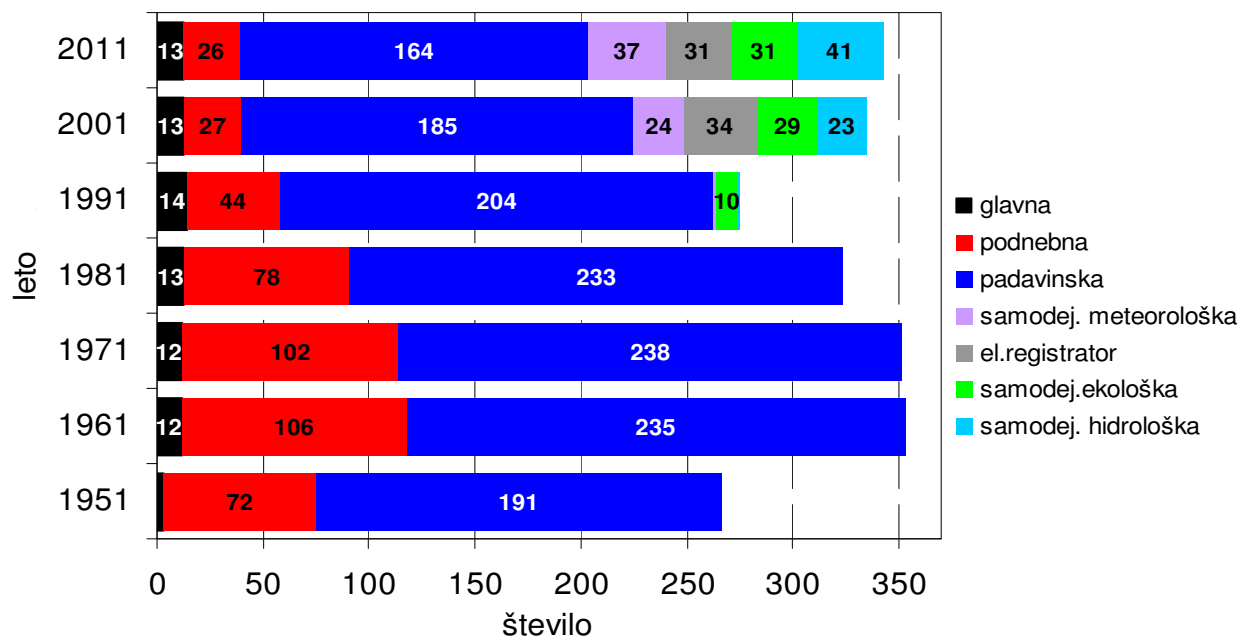
Leta 2011 je bilo vseh meteoroloških postaj, klasičnih in samodejnih, 271; postaj z meritvami meteoroloških

spremenljivk (vštete so še hidrološke in ekološke samodejne postaje) pa 343.

V obeh primerih je postaj še vedno manj, kot jih je bilo pred letom 1980, ko so bile v mreži meteoroloških postaj le klasične meteorološke postaje.

Ker imajo tako klasične kot samodejne meteorološke postaje vsaka svoje dobre in slabe strani, je smiselno vzdrževati oba tipa postaj. Samodejne postaje ne morejo popolnoma nadomestiti klasičnih, tako kot klasične postaje ne morejo v celoti pokriti obsega samodejnih meritev. Vzporedne meritve na obeh tipih meteoroloških postaj na eni lokaciji omogočajo kontrolo bodisi podatkov s klasične bodisi s samodejne postaje in zmanjšajo možnost izpada meteoroloških podatkov, kar je v izrednih vremenskih razmerah zelo pomembno. Za kakovostne in zanesljive podatke z obeh tipov postaj pa je ključno vestno osebje na postaji ter redno vzdrževanje instrumentov in opazovalnega prostora.

Kljub navidez velikemu številu meteoroloških postaj v Sloveniji je še vedno potreba po dodatnih postajah na novih krajih oz. po gostejši mreži meteoroloških postaj. Razlog je v veliki podnebni pestrosti Slovenije (to je alpsko, subpanonsko in submediteransko podnebje z mnogimi prehodnimi oblikami) ter v vedno natančnejših in zahtevnejših okoljskih študijah (podnebnih, hidroloških, energetskih ...).



Slika 6. Število in tipi meteoroloških postaj po letih



Foto: Marko Clemenz

# Vpliv vremena in podnebja na ljudi

Tanja Cegnar

*Pri določanju vpliva vremena na počutje, zdravje in razpoloženje ljudi upoštevamo vse tiste vremenske elemente, ki jih lahko neposredno opazujemo, merimo in izračunamo s pomočjo modelov. Na naše počutje in kakovost življenja vplivajo tudi podnebje in letni časi. Občutljivejši ljudje vremenske učinke čutijo kot obremenitev, na katero se odzovejo s tistim organom, ki je za te vplive najbolj dovzeten. Ljudje, ki že imajo neko kronično bolezen ali predispozicijo zanj, se na vremenske vplive pogosto odzovejo s krepitvijo bolezenskih znakov že obstoječih bolezni. Namen biovremenskih napovedi, del katerih je tudi napoved UV indeksa, je, da ljudi opozarjajo na vremenske vplive zato, da bi vedeli, kdaj je lahko vreme vzrok za njihovo nerazpoloženje ali slabo počutje. V zadnjem desetletju se je povečalo tudi zanimanje za posledice vročinskih valov in onesnaženosti zraka. Biometeorologija ima bogato zgodovino. V slovenski literaturi zasledimo zapise o vplivu vremena na človeka že v Slavi Vojvodine Kranjske. Na klimatsko terapijo so sprva gledali le kot na dodatek k drugim oblikam zdravljenja, v zadnjem času pa so jo na podlagi pozitivnih rezultatov na novo ovrednotili. Tudi v pripravi ukrepov prilagajanja na podnebne spremembe je prispevek biometeorologije človeka pomemben.*

Nekatere izmed povezav med ozračjem, počutjem in zdravjem ljudi so očitne in že dolgo dobro poznane, nekatere smo natančneje opredelili in spoznali šele v zadnjih desetletjih, veliko pa je še nedorečenega, saj sta tako človeško telo kot ozračje zelo zapletena sistema, ki ju že dolgo proučujemo, a še vedno nismo odkrili vseh njihovih skrivnosti.

## Vpliv vremena na počutje in razpoloženje

Kakšen je vpliv vremena na počutje, zdravje in razpoloženje ljudi, določamo na osnovi vremenskih razmer v Sloveniji in njeni okolici do razdalje približno 400 km. Upoštevamo vse tiste vremenske elemente, ki jih lahko neposredno opazujemo in merimo, ter izvedene količine, ki jih lahko določimo s pomočjo matematično-fizikalnih modelov. To so temperatura in vlažnost zraka, veter, stopnja oblačnosti, morebitna prisotnost temperaturnih obratov ter smer in jakost vetrov do višine okoli 12 km nad nivojem morske gladine. Velik je tudi vpliv spuščanja oziroma dviganja zračnih gmot in krožnega gibanja zraka v velikih vrtincih z navpično ali le blago nagnjeno osjo. Vsaka sprememba v naštetih spremenljivkah že lahko povzroči spremembo učinka, ki ga ima vreme na vremensko občutljive ljudi. Vsi ti podatki so zbrani v centru za napovedovanje vremena. Natančnost biovremenske napovedi je odvisna od pravilnosti izračunov modelov ter napovedi vremena za Slovenijo.

## Kako zaznavamo vremenske učinke

Zdravo telo vremenske učinke podzavestno izravnava in le občutljivejši ljudje jih čutijo kot obremenitev, na katero se odzovejo s tistim delom telesa, ki je za te vplive najbolj dovzeten. Vremenska občutljivost se lahko izraža s potrnostjo, nejevoljo, razdražljivostjo, zmanjšano zbranostjo, glavobolom, motnjami v spanju, utrujenostjo brez pravega vzroka, spremenjeno občutljivostjo za alkohol in zdravila, bolečinami na mestih že zaceljenih poškodb, t. i. fantomskimi bolečinami ... Ti znaki so vselej zelo individualno pogojeni, zato lahko zaznavamo le nekatere ali samo enega od njih. Tudi intenzivnost njihovega zaznavanja se spreminja. Ko se vremensko

stanje, ki ga spremljajo našete težave, spremeni, te minejo same od sebe.

Pri ljudeh, ki že imajo neko kronično bolezen ali predispozicijo zanj, se zdravstveno stanje pogosto odziva na vremenska dogajanja. Izraža se s krepitvijo bolezenskih znakov že obstoječih bolezni. Vreme ni vzrok za nastanek bolezni, ampak le dodatni dejavnik, ki lahko nastop bolezni ali njeno poslabšanje pospeši. Mednje sodijo: glavobol, depresija, motnje v spanju, migrena, embolija, astmatični napadi, kolike, hipertonične reakcije, epileptični napadi, angina pectoris, tromboza, hipotonične težave, bronhitis, srčna insuficienca in pljučnica. Na vremenske razmere se bolezenske skupine odzivajo različno: razmere, ki so na primer ugodne za ljudi s težavami zaradi nizkega krvnega tlaka, so neugodne za ljudi s težavami zaradi visokega krvnega tlaka. Zdravnik lahko takemu pacientu svetuje, naj se izogiba dodatnim obremenitvam med obtežljivimi vremenskimi stanji oziroma mu predpiše ustrezno zdravljenje, da bi ga zaščitil pred možnimi posledicami vremenskih vplivov v času, ko vreme deluje obtežljivo.

## Biovremenske napovedi

Biovremenske napovedi, ki jih sestavljamo v Sloveniji, so namenjene najširšemu krogu ljudi in ne govorijo posebej o vplivu vremena na bolnike ali na posamezne vrste bolezni. Namen biovremenskih napovedi je, da ljudi seznanjajo z vremenskimi vplivi, da bi vedeli, kdaj je lahko vreme vzrok za njihovo nerazpoloženje ali slabo počutje. Še posebej je to pomembno v primerih, ko je vremenska obremenitev velika, vremenska motnja pa nas še ni doseгла in je vreme na pogled še lepo. Opozorilo, da so potrnost, razdražljivost in slabše počutje lahko zgolj prehodna posledica vremenskega vpliva, pomaga, da spoznamo vzrok težave in jo zato lažje prenašamo. Če vemo, kdaj je vreme možen vzrok za večjo razdražljivost in raztresenost ljudi v naši okolici, smo lahko do njih bolj razumevali. Le redko si lahko privoščimo, da bi na osnovi pričakovanega vpliva vremena načrtovali opravke in delo. Lahko pa se na napornejše in zahtevnejše delo temeljiteje pripravimo oziroma se ga lotimo bolj previdno.

Pri oblikovanju besedila biovremenske napovedi poleg vremenskega dogajanja upoštevamo še toplotne razmere, ki jim bomo predvidoma izpostavljeni, jakost sončnih žarkov, onesnaženost ozračja in prisotnost alergogenih snovi v zraku. Naštete dejavnike omenimo le v primeru, ko njihova jakost preseže določen nivo. Posamezni negativni učinki se ne le seštevajo, ampak med seboj tudi okrepijo. Na primer: hudo vročino veliko težje prenašamo, če se v bližini naših krajev zadržuje vremenska motnja in se nam bliža vremenska sprememba.

Za ocenjevanje toplotne obremenitve imamo na voljo več natančnih načinov, na primer matematično-fizikalne modele. Ti potrebujejo veliko vhodnih podatkov, saj so odvisni od mikrolokacije, posameznikovih telesnih lastnosti in načina obnašanja ter aktivnosti. Pregretje organizma z vsemi spremljajočimi pojavi lahko v skrajnem primeru povzroči celo smrt. V izrazito obremenjenih toplotnih razmerah, ko telo ne zmore oddati odvečne toplote in se začne pregrevati, se pojavi vročinska kap. Njeni znaki so znojenje, slabost, žeja, bljuvanje, glavobol in nezavest. Nevrotropni vpliv vremena deluje predvsem na vegetativno živčevje in se ga večinoma ne zavedamo. Vegetativno živčevje se odziva na vremenske spremembe pri vsakem človeku, rezultat je nenehno prilagajanje ali neskladje posameznih funkcij, ki jih uravnava živčevje neposredno (npr. nižanje ali višanje krvnega tlaka) ali posredno (npr. razdražljivost, motnje pri koncentraciji, spominske motnje, zaspanost). Za nevrotropni učinek vremena nismo vsi enako občutljivi. Povečana občutljivost za vremenske razmere je lahko prirojena ali pridobljena. Povečuje se s starostjo, navadno po štiridesetem letu. Začasno se lahko pojavi ob oslabelosti zaradi bolezni, izčrpanosti ali ob preobremenitvi s stresom. Nekateri ljudje teh vplivov sploh ne zaznavajo in težko je določiti, kolikšen delež ljudi je zanje v resnici občutljiv. V najnovejših študijah ocenjujejo, da tretjina ali celo polovica.

Le redko si lahko privoščimo, da bi na osnovi pričakovanega vpliva vremena načrtovali opravke in delo. Lahko pa se na napornejše in zahtevnejše delo temeljiteje pripravimo oziroma se ga lotimo bolj previdno. Ob neugodnih vremenskih situacijah lahko pričakujemo, da bo posredovanje služb, kot so reševalci ali gasilci, potrebno bolj pogosto kot običajno.

## Prometna varnost in vreme

Ko omenjamo vpliv vremena na nastanek prometne nesreče, najprej pomislimo na vpliv slabih voznih razmer zaradi megle, dežja, poledice, sunkovitega vetra ipd.; megla zmanjšuje vidljivost, prav tako močne padavine, mokro cestišče je spolzko, še bolj spolzko je, če ga prekrije plast ledu ali zglajenega snega, veter zanaša vozila, lahko jih celo prevrne. Manj pogosto se zavedamo, da vremenske razmere lahko prispevajo k nastanku nesreč tudi z vplivi na počutje, razpoloženje in zdravstveno stanje ljudi, kar vpliva na sposobnost pravočasnega in pravilnega zaznavanja, presojanja in odzivanja.

Največ hudih nesreč se zgodi ob lepem vremenu na suhi cesti, saj je ob slabem vremenu promet običajno redkejši, na spolzkemu cestišču in zmanjšani vidljivosti pa se vozniki prilagodijo: vozijo počasneje in povečajo varnostno razdaljo. V primeru slabih voznih razmer, denimo ob poledici ali zglajenem snegu na cestišču, se sicer zgodi veliko prometnih nezgod, vendar večinoma ob majhnih hitrostih, zato so posledice lažje.

Pri presojanju vpliva vremena na voznike sta pomembna predvsem toplotni učinek vremena in vpliv vremenskih sprememb. Na mrzlo ali vroče okolje smo občutljivi vsi. Obtežilni sta predvsem visoka temperatura in velika vlažnost zraka ob šibkem gibanju zraka. Take razmere navadno imenujemo soparnost. Ohlajanje telesa je v takšnih razmerah moteno. Zdravi vozniki to lažje prenašajo kot bolni ali starejši. Raziskave v tujini so pokazale, da se število prometnih nesreč pomembno poveča ob sicer lepih, vendar vročih dnevih.

Razmere v vozilu se pogosto razlikujejo od biotplotnih pogojev na prostem, še posebej spomladi, ko postanejo na soncu toplotne razmere v vozilu kaj hitro obremenilne, medtem ko je na prostem še prijetno sveže. Kabina vozila učinkuje kot topla greda. Uravnavanje toplotnih razmer v avtu je veliko lažje in bolj učinkovito pozimi, ko ogrevamo, kot poleti, ko ohlajamo. V zadnjih letih je tudi pri nas večina vozil opremljenih s klimatsko napravo. Poleti ta suši in hladi zrak v kabini in tako potnikom zagotavlja ugodne toplotne razmere. Vendar uporabniki pogosto pretiravajo in glede na zunanjo temperaturo nastavijo prenizko notranjo temperaturo zraka, kar ob izstopu iz vozila povzroči hitro in veliko toplotno obremenitev, na katero telo ni pripravljeno. Tak hiter prehod močno obremeni obtočila in srce.



Slika 1. Na soncu se parkirana vozila močno segrejejo (foto: T. Cegnar).

Učinkov vremenskih sprememb na vegetativni del živčevja se večinoma ne zavedamo. Začasno se lahko občutljivost pojavi ob oslabitvi zaradi bolezni, utrujenosti ali izčrpanosti oziroma ob preobremenitvi s stresom. Ti učinki močno vplivajo na prometno varnost, saj lahko povečajo razdražljivost, zmanjšajo zbranost, sprožajo glavobole, povzročajo motnje v spanju, zaradi njih se hitreje utrudimo, spremenijo občutljivost na alkohol in druga zdravila. Težave se vselej izražajo individualno,



zato imamo lahko le nekatere ali samo eno od njih, tudi njihova izrazitost se od posameznika do posameznika razlikuje.

Pred desetletji je bila v Sloveniji opravljena raziskava o vplivu biovremenskih razmer na prometno varnost. Pokazala je, da se število nesreč močno poveča ob prehodu hladne fronte in ob bližanju oz. nastanku ciklona nad severnim Sredozemljem. Takrat je vremenska obremenitev zelo velika. Hitri prehodi hladnih front z ohladitvijo, kar predstavlja prehod iz obremenilne situacije v vremensko ugodje, ter sončno in prevetreno vreme v anticiklonu s toplim zrakom v višinah tudi slabo vplivajo na prometno varnost, saj delujejo razmere po prehodu hitre vremenske motnje spodbudno in pri voznikih pogosto povzročijo precenjevanje lastnih sposobnosti. Manj izrazito povečanje prometnih nezgod je opazno v primerih, ko se od zahoda iz razdalje, manjše od 400 km, bliža hladna fronta in v višinah piha jugozahodni ali južni veter ter ob več dni trajajočih razmerah s šibkimi vetrovi v vseh plasteh ozračja.

Čeprav ne vemo, na katere voznike vreme vpliva in zmanjša njihovo sposobnost pravilne in pravočasne presoje ter odziva, je opozorilo na biovremenske vplive koristno vsem voznikom, tudi tistim, ki nimajo vremensko pogojenih težav. Biovremensko opozorilo lahko pripomore k boljšemu razumevanju lastnih odzivov in odzivov drugih voznikov. Ne moremo pričakovati, da bi se vremensko občutljivi vozniki izogibali vožnji v dneh, ko vreme nanje slabo vpliva, lahko pa jim takrat svetujemo več previdnosti in bolj defenzivno vožnjo. Večja pozornost in previdnost voznikov brez težav lahko prispevata k temu, da napake in zapoznele reakcije ostalih voznikov ne bodo povzročile nesreče. Zato ob vremensko obremenjenih razmerah prav vsem udeležencem v prometu priporočamo večjo pozornost in previdnost. Še posebej je pomembno, da opozorimo na vpliv vremena na zbranost in odzivne sposobnosti takrat, ko vreme že vpliva slabo, vendar še sije sonce, saj nas oblačna gmota s padavinami še ni zajela.

## Vpliv letnih časov

Tudi letni časi vplivajo na naše počutje. Bioklimatski vplivi so zelo izraziti spomladi. Prehod iz hladnega zimskega vremena v poletno vročino ni postopen, ampak se spomladi razmeroma topli dnevi izmenjujejo s prodori hladnega zraka, ko se temperature lahko spustijo še dokaj nizko. Nižine v notranjosti države marca in aprila še lahko pobeli sneg.

Pogosto govorimo o tako imenovani spomladanski utrujenosti. Pozimi se večinoma manj gibljemo na prostem, smo manj izpostavljeni sončnim žarkom in svežemu zraku, obrambna sposobnost telesa pa je zato nekoliko zmanjšana. Moč sončnih žarkov hitro narašča, dnevi se daljšajo, zato smo deležni vse več spodbud k dejavnosti, za katero pa pogosto nismo v dovolj dobri kondiciji. Pogosto se temu pridruži tudi manjša raznovrstnost prehrane, manj sadja in zelenjave ter več kuhane hrane, kar bi lahko povzročilo slabšo oskrbo z vitamini in drugimi potrebnimi snovmi. Sicer pa je vsaj statistično najnevarnejši letni čas zima. Če povežemo

število smrti in letne čase, ugotovimo, da se v zmernih geografskih širinah njihovo število spomladi začne zmanjševati do najnižjih vrednosti v poznem poletju, največje pa je pozimi, saj so takrat vremenski dražljaji bistveno močnejši kot poleti, dogajanja v ozračju bolj izrazita, vremenske fronte prinašajo večje temperaturne razlike, hitrost vetra nekaj kilometrov nad tlemi pa je v povprečju precej večja kot poleti.

K večjim in pogostejšim vremenskim obremenitvam pozimi prispeva tudi meja med razmeroma toplim in hladnim polarnim zrakom, ki se poleti pomakne proti severu, na njej pa nastajajo cikloni in vremenske fronte. Ker se poti vremenskih front poleti pomaknejo proti severu, tople fronte skorajda ne sežejo do naših krajev ali pa so že močno oslabiljene. Pozimi je drugače, tudi tople fronte lahko prinesejo gosto oblačnost in padavine, a le če je pot središča območja nizkega zračnega tlaka dovolj južno. Najpogostejše in najbolj izrazite so vremensko pogojene težave ravno pred in ob topli fronti. Za temperaturne inverzije je značilna povišana koncentracija onesnaževalcev zraka. Pozimi se več zadržujemo v zaprtih prostorih in možnost, da se nalezemo prenosljivih bolezni, je večja.

Veliko je bolezni, ki imajo najvišjo obolevnost ravno v zimskih mesecih, na primer bolezni dihalnih organov. Kljub temu pa statistike obolevnosti kažejo, da so spomladi nekatere bolezni pogostejše kot v ostalem delu leta oziroma da se znaki nekaterih kroničnih bolezni spomladi okrepijo. Kot najbolj značilna pomladanska težava je alergija na cvetni prah, ki marsikomu zagreni ta, za večino najlepši letni čas.



Slika 2. S cvetnim prahom obremenjen zrak pri mnogih sproža seneni nahod (foto: T. Cegnar).

## Kako ocenimo toplotno obremenitev

V času vročinskih valov lahko v medijih zasledimo kar precej napotkov, kako ravnati v času vročinskega vala, da bi vročino lažje prenašali. Našlo se je tudi nekaj opozoril o tem, da je treba vodo in senco zagotoviti tudi domačim živalim, za tiste v zaprtih prostorih pa poskrbeti za zračenje hlevov.

Suho vročino lažje prenašamo kot kombinacijo visoke temperature in vlažnega zraka. Iz izkušenj vemo, da nekateri prenašajo vročino bolje kot ostali, drugim pa že zmerna vročina povzroča težave. Zato se povprašamo po objektivnih kriterijih za določanje toplotne obremenitve. Znanstveniki so odgovore pridobili s preizkusi v klimatskih komorah, v katerih so prostovoljce izpostavljali različnim toplotnim razmeram in beležili njihove občutke. Večina prostovoljcev je za najugodnejše izbrala razmere, v katerih je bila oddana in prejeta toplota telesa uravnotežena, vendar pa je bilo tudi nekaj takih, ki jim je najbolj ugajalo nekoliko pretoplo ali prehladno okolje. Na povprečne rezultate teh poskusov so uglasili različne mere za ocenjevanje toplotnega ugodja oz. obremenitve.

V strokovni literaturi najdemo prek 100 različnih indeksov in modelov za ocenjevanje toplotnih razmer. Če upoštevamo tudi manjše variacije, število preseže 200, kar zveni kot prava »poplava« različnih indeksov in modelov. V preteklosti so uporabljali le enostavne mere (npr. ohladitveni indeks), ki so zajele sočasni učinek dveh meteoroloških elementov in s tem le enega od načinov toplotne izmenjave z okolico. Večino indeksov so razvili v specifičnem podnebju in so uporabni le v razmerah, za katere so jih razvili. Zadnja desetletja znanstveniki razvijajo modele, ki poskušajo izmenjavo energije med telesom in okolico opisati kar najbolj natančno. Želja znanstvenikov je, da bi se njihov model uveljavil po vsem svetu po zgledu UV indeksa.

Toplotno izmenjavo med telesom in okoljem opisujejo z enačbo energijske bilance, ki zajema vsoto vseh energijskih tokov, ki jih telo sprejema ali oddaja, energijskih virov in ponorov. Tak pristop naj bi bil objektivni in naj bi zagotovil neposredno prevajanje fizikalnih razmer v fiziološko relevantno mero občutka toplotnih razmer. Vendar ocenjevanje toplotnega ugodja ni odvisno zgolj od fizikalnih spremenljivk, ampak tudi od subjektivnih dejavnikov, ki jih modeli težko opišejo. Naprednejši modeli opišejo tudi potek prilagajanja ob prehodu v drugačne toplotne razmere, saj vemo, da pregreto telo sprva lažje prenese zelo mrzlo okolje in obratno.

Poleg meteoroloških razmer imajo pomembno vlogo tudi izolacija, ki jo nudi obleka, notranje sproščanje toplote v telesu v odvisnosti od njegove aktivnosti, teža, površina telesa, kondicija, čustva, pričakovanja, prilagojenost na dane toplotne razmere, zdravstveno stanje, motivacija, nekatera zdravila, starost, spol in lega telesa. Marsikaterega od teh vplivov lahko naprednejši modeli upoštevajo, kar močno razširi področje njihove uporabnosti.

Meteorološke spremenljivke, ki določajo toplotno (ne)ugodje, so: temperatura in vlažnost zraka, veter, kratko in dolgovalovno sevanje. V poletni vročini je za telo najbolj učinkovit način oddajanja toplote izhlapevanje potu, zato je poleg temperature bistvena vlažnost zraka, saj omejuje izhlapevanje. Prav izhlapevanje potu nam omogoča, da lahko preživimo tudi v okolju z višjo temperaturo, kot je v jedru telesa.

V pretoplem okolju se hitreje utrudimo, naša zbranost hitreje popusti in odzivni čas se nekoliko poveča, pri mnogih ljudeh popusti potrpežljivost ali pa se poveča agresivnost. Sončni žarki močno segrejejo na soncu parkirane avtomobile, zato jih moramo pred začetkom vožnje temeljito prezračiti. Pijemo zadostne količine osvežilnih brezalkoholnih pijač. V času, ko vozila še niso bila opremljena s klimatskimi napravami, je bil med daljšo vožnjo potreben večkratni počitek v senci. Klimatska naprava zraku poleg tega, da ga ohladi, odvzame odvečno vlago in s tem zagotavlja ugodnejše počutje. Ob tem pazimo, da ne pretiravamo s prenizko temperaturo hlajenja.

Škodljivim učinkom velike toplotne obremenitve se navadno pridružijo tudi škodljivi učinki povišane koncentracije ozona. Priporočila za izogibanje škodljivim učinkom povišanim koncentracijam ozona pa sovpadajo s priporočili, kako lažje prenašati vročino, le da je seznam slednjih mnogo daljši.

## Vročinski valovi

Za vročinski val nimamo enotne definicije, ki bi jo uporabljali povsod in za vse namene. Večina opredelitev upošteva zgolj temperaturo zraka in za prag vročinskega vala določijo temperaturo, ki je v nekem kraju presežena le v 5 ali 2 % dni. Pri nas je uveljavljena definicija, da je dan vroč, če temperatura doseže vsaj 30 °C. Na Goriškem in v Primorju taki dnevi niso posebna redkost, drugod po državi pa niso prav pogosti, saj se je v preteklosti že nekajkrat zgodilo, da vse poletje temperatura ni segla tako visoko.

Če vročinski val določamo za posebne potrebe, kot so na primer sistemi opozarjanja na vročinski val in ukrepanja za zaščito zdravja in človeških življenj, uporabimo bolj zapletene modele, ki upoštevajo celotno toplotno obremenitev na telo; ta ni odvisna zgolj od temperature zraka, ampak v veliki meri tudi od vlažnosti zraka, vetra, kratko- in dolgovalovnega sevanja okolice, tako da so zajeti vsi energijski tokovi, do in od telesa. Zato z vidika učinka na ljudi govorimo o veliki toplotni obremenitvi in ne zgolj o vročini, čeprav je temperatura zraka bistvena spremenljivka, ki določa toplotno obremenitev. Prav tako so posledice odvisne tudi od tega, kdaj v sezoni se vročinski val pojavi. Vročinski val povzroči največ težav na začetku sezone, ko vročine še nismo vajeni. Za učinke vročinskega vala je zelo pomembno tudi trajanje velike toplotne obremenitve. Enodnevno vročino dokaj dobro prenesemo brez opaznih posledic, s trajanjem pa se škodljive posledice stopnjujejo. Ob enodnevnih vročini opozorimo zgolj na izogibanje velikim telesnim naporom v času največje toplotne obremenitve. Če velika toplotna obremenitev traja več dni, potem opozorila in priporočila veljajo splošno. Izkušnje iz tujine, kjer smo posledice vročinskih valov na ljudi proučevali na osnovi podatkov o umrljivosti in obolevnosti, kažejo, da se škodljive posledice pojavijo z eno- do dvodnevno zakasnitvijo in se stopnjujejo s trajanjem vročinskega vala.

Skoraj vsako poletje nas zajame krajši ali daljši vročinski val. Večina ljudi ga prenese brez večjih težav, seveda če odštejemo dejstvo, da nam vročina odvzame nekaj

delovnega elana in se prej utrudimo, pa tudi zbranost prej popusti. Težje vročino prenašajo starostniki, kronični bolniki in majhni otroci. Raziskave kažejo, da se pri starostnikih in kroničnih bolnikih že obstoječe zdravstvene težave okrepijo, v velenostih po Evropi pa statistika jasno kaže, da med vročinskimi valovi poraste ne le obolevnost, ampak tudi umrljivost. S primernim obnašanjem lahko ublažimo težave med vročinskim valom.



Slika 3. Pred vročino se lahko umaknemo tudi v gozd (foto: T. Cegnar).

Toplotna obremenitev ni odvisna zgolj od temperature zraka, veliko vlogo ima tudi vlažnost, saj vlažen zrak oslabi naš najučinkovitejši način ohlajanja, to je izhlapevanje potu. Povečani toplotni obremenitvi zaradi visoke vlažnosti zraka poleti rečemo kar soparnost. Veter nam pomaga prenašati vročino, a poveča izgubo vode. Sevanje, predvsem sončno, pa dodatno poveča toplotno obremenitev telesa. Vročina je najbolj neprijetna v mestih, lažje jo prenašamo v neurbanem okolju, v višjih legah, gozdu in ob vodi. Pomembno je, da nadomeščamo s potenjem izgubljeno vodo in v primeru močnega znojenja tudi z znojem izgubljene snovi, ki uravnavajo elektrolitsko ravnovesje v telesu. V času največje vročine se izogibamo večjim naporom in se umaknemo v senco. Večina velikih evropskih mest ima izdelan načrt opozarjanja in ukrepanja ob vročinskih valovih. Take načrte sestavljajo izdelani sistemi napovedovanja vročinskih valov, predvidevanja njihovih možnih posledic brez izvajanja preventivnega ukrepanja in niz dejavnosti, ki stečejo med vročinskim valom, da bi preprečili škodljive posledice vročine. Vročini se lahko prilagodimo in izboljšamo počutje na več načinov, omenimo le nekatere: uživanje lahke hrane in pitje zadostnih količin tekočine (odsvetujemo kavo, alkohol in zelo sladke pijače), primeren izbor dejavnosti in njihova razporeditev čez dan, primerna lahka in zračna obleka svetle barve, uporaba sončnikov in drugih zaščit pred neposrednimi sončnimi žarki, hlajenje prostorov in umik v naravo ali na večjo nadmorsko višino. Izkoristimo razmeroma sveža jutra, takrat temeljito prezračimo prostore, čez dan soncu z zunanjim senčenjem preprečimo, da bi sijalo v prostore. Posebej nas izčrpa vročina, ki traja več dni zapored in ne popusti niti ponoči, tako da se ne moremo dovolj odpočiti. Toplotna obremenitev je v mestu večja kot na podeželju.

Škodljive posledice vročinskih valov se pokažejo z eno- ali dvodnevno zakasnitvijo. Če je vroče obdobje kratkotrajno in smo veliki toplotni obremenitvi

izpostavljeni le en dan, večina ljudi ne bo imela opaznih posledic. Drugače je, če vročinski val traja več dni zapored, takrat se obremenitev iz dneva v dan stopnjuje, obolevnost in umrljivost pa naraščata s trajanjem vročinskega vala. Izrazitejša posledice vročinskega vala pričakujemo na začetku poletja, lažje pa vročino prenašamo proti koncu poletja, ko smo na toplo okolje že prilagojeni.

Prvi in najcenejši ukrep za preprečitev škodljivih posledic vročinskega vala so opozorila v medijih, ki vsebujejo navodila, kako naj se ljudje obnašajo. Že samo s temi priporočili lahko veliko pripomoremo k boljšemu prenašanju vročega obdobja. Pri nas taka opozorila in priporočila v okviru biovremenskih napovedi pripravlja in objavlja Agencija RS za okolje.

Sončno in vroče poletno vreme doživljamo različno, ljudem v dobri telesni kondiciji je prijetno, saj se ljudje lahko prilagodimo širokemu razponu vremenskih razmer in tudi hitre spremembe zdravi in utrjeni prenašamo brez težav. Običajno se neprestanega prilagajanja niti ne zavedamo in nanj postanemo pozorni šele takrat, ko se napor ob prilagajanju tako poveča, da postane neprijeten ali v izjemnih primerih celo ogroža naše zdravje. Vzrok za težje prilagajanje so lahko ekstremne toplotne razmere ali pa naša manjša sposobnost prilagajanja.

K uravnavanju temperature telesa, ki je nujna za zagotavljanje dobrega počutja in ugodja, poleg fizioloških mehanizmov odločilno prispeva tudi naše obnašanje. Tako npr. fizična dejavnost poveča količino proizvedene toplote. Težko fizično delo lahko veliko prispeva k segrevanju telesa, saj ima človeško telo nizek izkoristek. Pri delu učinkovito porabimo največ petino energije, preostanek pa se sprosti kot notranja toplota, ki prispeva k segrevanju telesa. Večinoma je izkoristek še manjši in ne doseže niti desetine. Prav zaradi tega nam ob težkem fizičnem delu zelo hitro postane prevroče, zato v vročem obdobju priporočamo, da težja fizična dela opravimo zjutraj ali zvečer, ko vročina popusti. Med igranjem tenisa, na primer, sproščamo okoli desetkrat več toplote kot takrat, ko mirno stojimo, med sedenjem pa le tri petine toliko, kot če stojimo. Pri počasni hoji v desetodstotni klanec sproščamo približno dvainpolkrat toliko toplote, kot pri hoji po ravnem. Seveda so to le povprečne ocene, vrednosti pa se od posameznika do posameznika nekoliko razlikujejo.



Slika 4. Vročinski valovi so najbolj obremenilni v velikih mestih (slika: T. Cegnar).

Sončni žarki lahko veliko prispevajo k toplotnemu ugodju ali neugodju, o tem se kaj hitro prepričamo, če izmenično hodimo po sončni in senčni strani iste ulice. Arkade v ulicah ob lepem poletnem vremenu nudijo senco in prijetnejše toplotne razmere, ob dežju pa nas obvarujejo pred dežnimi kapljami. Obleka nas lahko štiti pred pretopljen okoljem (npr. prebivalci puščavskih območij z obleko zakrijejo telo pred močnimi sončnimi žarki) in tako zmanjšajo toplotno obremenitev, obenem pa kožo zaščitijo pred močnimi UV sončnimi žarki. Tudi prilagojenost na vroče podnebje veliko prispeva k boljšemu prenašanju vročine. Ker je v toplem okolju najbolj učinkovit način oddajanja toplote izhlapevanje potu s kože, prve dni, ko pridemo v vroče okolje, izgubljam s potom veliko tekočine, že v nekaj dneh pa se začne telo obnašati bolj varčno. Potimo se le toliko, kolikor je nujno za ohranjanje ustrezne temperature telesa. Za popolno aklimatizacijo pa je potrebno daljše obdobje, ki lahko traja tudi nekaj let.

V zahodni Evropi je bil najodmevnejši vročinski val v izjemno vročem poletju 2003. Ocenjujejo, da je terjal več deset tisoč življenj. Vrhunec za zdravje ljudi pa je vročina dosegla avgusta. Prav avgustovskemu vročinskemu valu v Franciji pripisujejo več kot deset tisoč smrti in po tem dogodku se je pogled na vročinske valove po vsej Evropi korenito spremenil. Zaradi izostanka oz. zapoznelih ukrepov je odstopil francoski minister za zdravje. Podobno izjemen je bil vročinski val leta 2010 v Rusiji, ko je poleg vročine zdravje več tednov načenjalo tudi izredno velika onesnaženost zraka zaradi številnih požarov v naravnem okolju. Na srečo se s tako izjemnimi razmerami pri nas še nismo soočili, iz dolgoletnih nizov meteoroloških podatkov pa je razvidno, da število vročih poletnih dni pri nas kaže trend naraščanja, prav tako je pozitiven trend povprečne temperature, toplih poletnih noči in trajanja neposrednega sončnega obsevanja. Seveda to še zdaleč ne pomeni, da bo vsako naslednje poletje toplejše od prejšnjih, saj moramo upoštevati veliko naravno spremenljivost. Lahko pa trdimo, da bo vse več poletij toplejših od poletij v preteklosti.

## Kako predvidljivi so vročinski valovi

Vročinski val lahko s precejšnjo zanesljivostjo napovemo za nekaj dni vnaprej, o verjetnosti za njegov pojav nekaj tednov vnaprej pa lahko sklepamo na osnovi statističnih podatkov. Vendar pri rekordnih vročinskih pojavih statistika kot prognostično orodje za nekaj tednov vnaprej odpove, tudi če upoštevamo naraščajoč trend svetovne temperature. Na osnovi preteklosti ne moremo sklepati na nekaj, kar izrazito odstopa od tega, kar se je v preteklosti že zgodilo.

Pred izjemno vročim poletjem 2003 smo bili prepričani, da je verjetnost za štiri zaporedne izjemno vroče mesece minimalna, a se je zgodilo prav to. Vroče obdobje se je začelo že z majem in se izteklo s koncem avgusta. Tako številčnih vročih dni in tako visoke temperature zraka, kot smo jo imeli poleti 2003, še nismo zabeležili, odkar instrumentalno spremljamo temperaturne razmere. Odklon od dolgoletnega povprečja je daleč presegal vse dotedanje in ga na osnovi statistike ni bilo možno predvideti. V naslednjih letih so se razmere ponovno

vrnile v pričakovane okvire, čeprav je povprečna poletna temperatura kot posledica globalnega ogrevanja ozračja ostala opazno nad povprečjem obdobja, ko še nismo govorili o podnebnih spremembah. Prav vročinski val leta 2003 je v Evropi močno pospešil pripravo načrtov za zgodnje opozarjanje in ukrepanje ob vročinskih valovih.

Poleti 2010 smo bili pretreseni nad slikami onesnaženega zraka in visokih temperatur v zahodni Rusiji. Višek je vročinski val dosegel julija, vročina pa je vztrajala še v prvi polovici avgusta. Tako ekstremnega vročinskega vala z najvišjo dnevno temperaturo blizu 40 °C ni bilo mogoče pričakovati, saj podatki preteklih 130 let tega niso nakazovali.

V Kanadi in ZDA pozimi uporabljajo »wind chill« indeks. To je temperatura, pri kateri bi nas ob mirnem vremenu enako zeblo kot ob dani kombinaciji vetra in temperature. Uporaben je le ob nizki temperaturi zraka. Čeprav razpolagamo z veliko boljšimi modeli za ocenjevanje občutka mraza, med njimi so na prvem mestu modeli toplotne bilance, ga za hitro oceno razmer pogosto uporabljajo marsikje po svetu, seveda pa tudi v naših krajih. Ker je v uporabi kar nekaj različnih lestvic za upoštevanje prispevka hitrosti vetra k občutku mraza ob nizki temperaturi zraka, je tudi kar nekaj razlik v ocenjevanju občutka mraza. Starejše tabele za upoštevanje učinka vetra pri nizki temperaturi pripisujejo vetru bistveno močnejši učinek kot novejše. Ob zadnjih posodobitvah so upoštevali, da je večina telesa dobro zavarovana z obleko, vetru pa je izpostavljen le obraz. Vpliv sončnih žarkov, ki je pozimi na večjih geografskih širinah majhen, pri preprostih načinih ocenjevanja občutka mraza zanemarijo.

A vrnimo se k domačim razmeram. Medtem ko je bil vročinski val v prvi polovici julija nekaj, kar poleti pričakujemo, je bil avgustovski vročinski val 2011 zaradi trajanja in doseženih visokih temperatur izjemen in ga na osnovi zgodovinskih podatkov ne bi pričakovali. Tudi mesečne napovedi ob koncu julija niso kazale na tako izjemno vroče obdobje, kot smo ga imeli med 18. in 27. avgustom. V prestolnici smo zabeležili kar pet zaporednih dni s temperaturo zraka vsaj 35 °C. Na izjemnost tako visoke temperature več dni zapored kaže primerjava s preteklostjo. Od sredine minulega stoletja do vključno leta 2010 smo v Ljubljani zabeležili vsega skupaj 31 dni, ko je temperatura dosegla ali preseгла 35 °C, od tega jih je bilo kar 8 v rekordnem poletju 2003. Zgovoren je tudi podatek, da je bilo v drugi polovici minulega stoletja le 12 tako vročih dni, vsi ostali pa so bili v tem stoletju. Dva sta bila poleti leta 2000, naslednje leto je bil en tako vroč dan, leta 2002 se temperatura ni povzpela tako visoko, 8 jih je bilo v poletju 2003, leta 2004 ni bilo tako vročega dneva, v poletju 2005 je bil eden, leta 2006 in 2007 pa so bili po trije taki dnevi. Poleti 2010 je bil en tako vroč dan, letos pa smo jih skupaj z julijskim našteali kar 6.

V Sloveniji po številu dni s temperaturo vsaj 35 °C močno izstopa spodnja Vipavska dolina.

Po številu zaporednih izjemno vročih dni je bil z vročinskim valom 2011 še najbolj primerljiv vročinski val

julija 1957, ko je od 5. do 8. julija temperatura v osrednji Sloveniji preseгла 35 °C, mestni toplotni otok pa takrat še ni bil tako močan kot zdaj.

## Vreme in ozon v prizemni plasti zraka

Tako kot toplotne razmere, vremenske spremembe in sončni žarki tudi kakovost zraka pomembno vpliva na počutje in zdravje ljudi. Zrak je navadno najbolj onesnažen v mestih, kjer je največ virov onesnaženja, med njimi sta najpomembnejša promet in industrija.



Slika 5. Športniki so ob visokih koncentracijah ozona v prizemni plasti zraka med bolj izpostavljenimi (foto: T. Cegnar).

Meritve kakovosti zunanjega zraka v okviru državne merilne mreže opravlja Agencija RS za okolje. Poleg ekoloških spremenljivk je treba spremljati tudi meteorološke razmere, ki odločilno vplivajo na vsebnost onesnaževal v zraku. Najbolj neugodne so temperaturne inverzije, ki otežujejo vertikalno mešanje zraka. Vetrovno vreme pa pospešuje redčenje onesnaževal. Onesnaženost zraka se iz leta v leto spreminja, izmerjene vrednosti so odvisne od lokacije merilnega mesta in od letnega časa, v katerem merimo. Tako kot drugod po Evropi tudi v Sloveniji v zadnjih letih velik problem predstavljajo ozon in delci.

Poleti pogosto govorimo o škodljivih učinkih ozona v spodnjih plasteh ozračja, kjer nastaja s kemično reakcijo ob prisotnosti sončne svetlobe iz dušikovih oksidov in lahkih organskih snovi. Največ dušikovih oksidov v zrak prispeva promet, viri lahkih organskih snovi pa so poleg prometa še gospodinjstva, industrija, bencinske črpalke in kemične čistilnice. Ker poteka kemična reakcija nastajanja ozona hitreje pri višji temperaturi, je ozona največ poleti. Ločimo med stratosferskim oz. koristnim ozonom, ki nas varuje pred škodljivimi UV žarki, in ozonom v spodnjih plasteh ozračja, ki povzroča zdravstvene težave pri ljudeh in živalih ter poškodbe na rastlinah.

Povprečna koncentracija ozona narašča z nadmorsko višino, tako je v gorah v dnevnem povprečju več ozona kot v nižinah in v mestih. Vendar pa so lahko

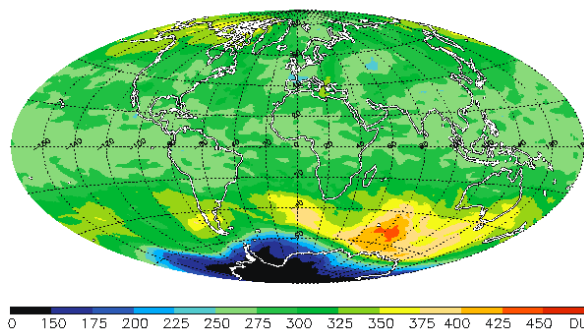
kratkotrajne vsebnosti ozona v nižinah in mestih precej višje kot v gorah.

Ob sončnem vremenu nad naše kraje prinaša z ozonom onesnažen zrak zahodni in zahodjugozahodni veter iznad Padske nižine, ki spada med nekaj najbolj onesnaženih regij v Evropi. Predvsem na Primorskem ob takih vremenskih razmerah opažamo povišane koncentracije ozona. Ker je Primorska naša najbolj sončna in topla pokrajina, bi glede na podnebne razmere tam tudi sicer pričakovali višjo koncentracijo ozona v prizemni plasti zraka.

## Ozonska zaščitna plast

Svetovna meteorološka organizacija ima pri bdenju nad ozonsko plastjo vodilno vlogo že od sredine petdesetih let. Zmanjšanje koncentracije ozona nad Antarktiko so opazili že leta 1975, vendar so podatke o tem prvič objavili šele leta 1985, ko so ugotovili, da se oktobra in novembra koncentracije ozona nad Antarktiko iz leta v leto bolj znižujejo. Satelitske meritve so pokazale, da je območje izrazitega redčenja ostro omejeno, zato so pojav poimenovali ozonska luknja.

Ozonska luknja je izrazita na južni polobli, in sicer nad Antarktiko, tam se zgodi, da ob koncu zime in na začetku pomladi ozon na višini med 14 do 21 km skoraj povsem izgine. Tudi nad severno poloblo se ob koncu zime ozonska plast v zmernih širinah in višje proti severu stanjša, vendar bistveno manj kot nad južnim polom. Obseg in intenzivnost izginjanja ozona nad severnim polom spomladi 2011 je močno presenetila. Na območju okoli ekvatorja je trend upadanja koncentracije ozona zelo majhen ali povsem odsoten.



Slika 6. Debelina zaščitne ozonske plasti v DU 10. oktobra 2011 (vir: Nemška meteorološka služba)

Razporeditev ozona v ozračju je odvisna od nadmorske višine, zemljepisne širine in letnega časa. V stratosferi pozimi nad poloma nastane polarni vrtinec, to je rahlo valovito kroženje zraka. Nad južnim polom je ta pojav bolj izrazit kot nad severnim. Polarni vrtinec preprečuje oziroma ovira mešanje zraka nad polom z zrakom bližje ekvatorju. Ker pozimi sonce po več mesecev ne obsije polarnega območja, temperatura v stratosferi pade celo pod  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Glavni krivci za razpad ozona so klorove in

bromove spojine. Ko razpadejo, lahko en sam atom klora v polarnem vrtincu uniči več tisoč molekul ozona.

Koncentracija ozonu škodljivih snovi je po ocenah strokovnjakov dosegla maksimum okoli leta 1994. Ker imajo te snovi dolgo življenjsko dobo, lahko zanesljivo izboljšanje pričakujemo šele čez dobrih dvajset let. Do takrat se lahko spomladi v letih, ko bo stratosferska temperatura v polarnem vrtincu močno padla, še pojavljajo obsežne ozonske luknje. Ker je koncentracija bromovih in klorovih spojin, ki uničujejo ozonski plašč, že dosegla maksimum, so razlike v oslavitvi ozonskega plašča v posameznih letih posledica različnih meteoroloških razmer.



Slika 7. Pred močnimi sončnimi žarki se moramo ustrezno zaščititi (foto: T. Cegnar).

Ozon v višjih plasteh ozračja nas varuje pred nevarnim delom UV sevanja, nezaželen pa je v prizemni plasti zraka. Običajen kisik nam je za življenje nujno potreben, ozon pa se izredno rad veže z drugimi snovmi, zato je ljudem in drugim živim bitjem škodljiv. Ozon nastaja pri fotokemičnih reakcijah. Njegovo nastajanje v prizemni plasti pospešujejo visoke temperature zraka in močni sončni žarki, zato se pojavljajo najvišje koncentracije poleti, v obdobjih lepega vremena. Zračne gmote lahko prenesejo z ozonom onesnažen zrak tudi po več sto kilometrov daleč, ozon pa v ozračju nastaja tudi naravno v povsem čistem okolju. V naravnem okolju koncentracija ozona z rastočo nadmorsko višino narašča in najvišje povprečne letne koncentracije srečamo v gorah. Konice oziroma kratkotrajne visoke koncentracije lahko v mestih in industrijskih središčih precej presežejo koncentracijo ozona v gorah. V gorah se koncentracija ozona tekom dneva le malo spreminja, v mestih pa so vrednosti zelo spremenljive in imajo značilen dnevni hod: visoke so okoli poldneva in zgodaj popoldne, nizke pa zjutraj, ko se ozon čez noč porabi v reakcijah z dušikovimi oksidi.

## UV indeks

Na Agenciji RS za okolje dnevno objavljamo napoved UV indeksa, ki je sestavni del biovremenske napovedi. UV indeks je mednarodno sprejeta in enotna mera za moč ultravijoličnega sončnega sevanja.

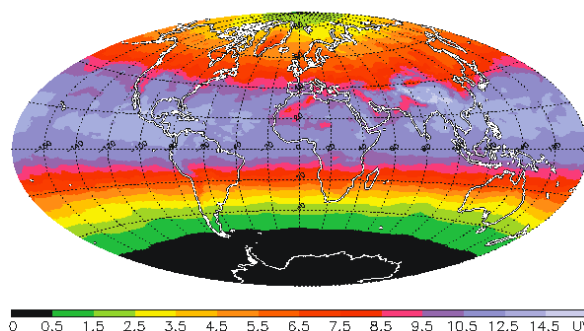
UV indeks povezuje energijski tok UV sončnega sevanja z občutljivostjo kože. Pri njegovem določanju upoštevamo

povprečno občutljivost bele kože. Zanimiv je predvsem spomladi in poleti, ko je moč sončnih žarkov velika. Junija in v začetku julija UV indeks ob jasnem vremenu sredi dneva doseže najvišje vrednosti. V gorah je višji kot po nižinah, saj moč UV žarkov z nadmorsko višino narašča precej hitreje kot moč vidnega in infrardečega dela sončnega sevanja.

Tanka oblačna plast lahko prepusti do 80 % UV sončnega sevanja. Pri UV sončnem sevanju je neposrednega sevanja približno toliko kot razpršenega. Dobro odbija od snega, zato se v gorah lahko prejeta doza skoraj podvoji. Na peščeni plaži se lahko odbije do četrtrine, od vodne površine pa okoli desetina UV sončnega sevanja, dobro prodira tudi v vodo, zato nas lahko opeče tudi med plavanjem.

Na osnovi napovedanih vrednosti UV indeksa se lahko ustrezno zaščitimo. Pred UV sončnimi žarki nas ščiti nošenje kakovostnih sončnih očal, ki očiju varujejo pred sončnimi žarki tudi od strani, obleka, ki ne prepušča sončnih žarkov, senca, krema za sončenje z visokim zaščitnim faktorjem ter pokrivala s širokimi kraji, ki pred soncem ščitijo celotno glavo in vrat. Pozno spomladi in poleti se soncu izogibamo med 11. in 15. uro, občutljivi ljudje pa med 10. in 16. uro.

Pri vrednostih UV indeksa od 0 do 2 je izpostavljenost UV sončnemu sevanju minimalna, pri vrednostih med 3 in 4 je nizka, zaščita je priporočljiva za ljudi z občutljivo kožo in otroke. Vrednosti indeksa med 5 in 6 označujejo zmerno izpostavljenost, priporočljiva je uporaba pokrivala, sončnih očal in zaščitne kreme ter zadrževanje v senci. Normalno občutljiva koža pordi v eni uri, občutljiva v pol ure. Izpostavljenost je velika pri vrednostih med 7 in 9; zaščitimo se s pokrivalom, sončnimi očali, uporabimo kremo z zaščitnim faktorjem 15 ali več, izogibamo se izpostavljanju soncu; najbolje je, da se med 11. in 15. uro zadržujemo v zaprtih prostorih. Zelo visoka je izpostavljenost pri vrednostih 10 in več, takrat se med 11. in 15. uro izogibamo soncu, če pa že gremo na sonce, potem uporabimo vsa omenjena zaščitna sredstva. Normalno občutljiva koža brez zaščite pordi v 40 minutah, občutljiva v 20 minutah.



Slika 8. Najvišje dnevne vrednosti UV indeksa ob jasnem nebu 12. junija 2011 (Vir: Nemška meteorološka služba)

Napoved UV indeksa objavljamo z namenom, da bi ljudem omogočili ustrezno ravnanje, saj so raziskave pokazale, da je pojav negativnih učinkov UV sevanja na zdravje ljudi bolj povezan z načinom življenja in odnosom do sončenja kot pa z močnejšim ultravijoličnim sevanjem. Pretirano izpostavljanje UV sevanju ima za zdravje škodljive posledice, predvsem škodi očem in koži (pospeši staranje, pripisujejo mu kancerogene učinke) ter slabi imunski sistem. Zmerno izpostavljanje sončnim žarkom pa ima lahko tudi koristne učinke: UV sevanje sodeluje pri tvorbi vitamina D, ugodno vpliva na počutje in razpoloženje, v medicini pa ga lahko uporabljajo za zdravljenje nekaterih kožnih bolezni.

UV indeks povezuje energijski tok UV sončnega sevanja z občutljivostjo kože. Pri njegovem določanju upoštevamo povprečno občutljivost bele kože. Zanimiv je spomladi in poleti, ko je moč sončnih žarkov velika. Junija in v začetku julija UV indeks ob jasnem vremenu sredi dneva doseže najvišje vrednosti. V gorah je višji kot po nižinah, saj moč UV žarkov z nadmorsko višino narašča precej hitreje kot moč ostalega dela sončnega sevanja. Na osnovi napovedanih vrednosti UV indeksa se lahko ustrezno zaščitimo pred prekomernim izpostavljanjem sončnim žarkom.

Moč sončnega, in s tem tudi UV dela sončnega sevanja, se tekom dneva spreminja, objavljamo le največjo dnevno vrednost ob upoštevanju dejanske oblačnosti. Najbolj je UV indeks odvisen od oblačnosti, zato napačno napovedana oblačnost pomeni tudi napačno napovedan UV indeks. Ob jasnem nebu je v topli polovici leta moč UV sončnega sevanja največja ob enih popoldne po poletnem času, takrat je pot sončnih žarkov skozi ozračje do tal najkrajša. Zajet je tudi vpliv sprememb v debelini zaščitnega ozonskega plašča. Koliko UV sevanja pride do tal, je odvisno od dolžine poti sončnih žarkov skozi ozračje, le-ta je odvisna od geografske širine, letnega časa, nadmorske višine in ure v dnevu. Bistven je vpliv oblačnosti, pa tudi debelina zaščitnega ozonskega plašča. Če debelina ne odstopa od dolgoletnega povprečja, lahko UV indeks po nižinah pri nas doseže največjo vrednost 10. Na zmernih geografskih širinah na severni polobli je zaščitni ozonski plašč v stratosferi najtanjši ob koncu zime in zgodaj spomladi, vendar je sončno sevanje takrat bistveno šibkejše kot poleti. Spremembe debeline ozonskega plašča se dogajajo tudi v drugih letnih časih, vendar so predvsem posledica dinamičnega dogajanja v ozračju.

## Prvi biometeorološki zapisi v Sloveniji

V slovenski literaturi zasledimo zapise o vplivu vremena na človeka že v Slavi Vojvodine Kranjske (1689), kjer Janez Vajkard Valvasor omenja zdravniško mnenje dr. Franciscusa de Coppinisa o vplivu megle na človekovo zdravje. V tretji knjigi opisuje vreme in podnebje dežele Kranjske. Njegovi opisi temeljijo le na vizualnih opazovanjih vremena v predelih nekdanje Vojvodine Kranjske in na občutkih ljudi, zato bi lahko v širšem pomenu besede njegovo delo uvrstili tudi med biometeorološke zapise. Povsem pravilno je ugotovil, da ima razmeroma majhna Kranjska izredno velike podnebne razlike. Njegov opis podnebja je zelo slikovit in

nazoren, saj podnebje opisuje na osnovi občutja in opažanj v naravi; ne govori o temperaturi, ampak o hladnem, toplem in mrzlem okolju:

»Poleti občuti Kranjska prijetno umerjeno toploto. Gorenjska ima zgodaj zjutraj hladen in skoraj mrzel zrak, ker leži visoko in so takoj nad njo snežniki. Proti Hrvaški pa je zelo toplo in vroče. Na Krasu in v Istri sonce močno žge in silno greje. Drugače pa dež in pogosta toča precej slabita in blažita pripeko; tudi snežniki storé svoje, ker z njih vedno pihlja čist in hladen zrak ali veter, ki zmanjšuje vročino. Da, poleti jo včasih hlad kar premaga, zlasti če — kakor rečeno — dežuje in pada v gorah toča; tedaj veter človeku tako shladi kožo, da se kar zgrozi in skoraj mraz občuti.

Takega ohlajevanja zraka in požitve pa ne more uživati kranjska stran, ki leži proti Hrvaški, temveč mora potrpežljivo prenašati nadvse hudo vročino, ker ni tam v bližini nobenega Snežnika in ker je dežela prav nizka; to večja silo vročine. Tudi drugod na Kranjskem se opaža ta razlika: kraj je bolj zračen in hladen, čim više leži na hribu, v nižavah in kotlinah ali na ravnih poljih pa občutiš mnogo večjo soparico.«

(Slava Vojvodine Kranjske, 1689)



Slika 9. Že Valvasor je v Slavi Vojvodine Kranjske pisal o vplivu vremena na človeka (vir: <http://zlataleta.com/slava-vojvodine-kranjske-literarni-ponos-slovencev/>).

Omembe vreden je tudi presenetljivo izčrpen opis podnebja ter njegovega vpliva na ljudi in njihovo zdravstveno stanje, ki ga je podal dr. M. Samec v črtici, ki je bila leta 1872 natisnjena v Letopisu Maticе Slovenske za leto 1871. Učinke podnebja je prikazal in razložil na dveh ekstremnih podnebjih, kot sta vroče tropsko in mrzlo polarno. Poleg značilnosti teh podnebij je opisal tudi bolezni, ki se tam razvijajo in njihove povzročitelje oziroma vzroke. Po njegovih besedah lahko v zmernem podnebnem pasu srečamo bolezni, ki so značilne za obe ekstremni podnebjii. Jeseni in spomladi so pogostejše revmatične bolezni in katarji, pozimi pa vnetja. Poleti predvsem po mestih, ki imajo najbolj pomanjkljive higienske razmere, razsajata kuga in kolera. Zmerno podnebje je ocenil kot najugodnejše za razvoj človeštva, kar je podkrepil s trditvijo, da v zmernem podnebnem pasu živijo najbolj civilizirani narodi.

## Klimatska terapija

Klimatsko terapijo so v preteklosti uporabljali predvsem za zdravljenje bolezni dihal in kože; najbolj so cenili zdravilne učinke morskega in visokogorskega podnebja. V preteklosti je klimatska terapija temeljila na izkustvenih ugotovitvah. Prepričani so bili, da bodo bolezenske težave odpravili ali jih vsaj ublažili že s tem, ko se bo

pacient zadrževal v kraju z zdravilnim podnebjem. Zadnja leta postaja klimatska terapija vedno bolj specializirana in vse bolj upošteva objektivne kriterije.

Klimatsko terapijo izvajamo v morskem podnebjem, sredogorju in gorah. Temelji na odsotnosti obremenilnih vplivov okolja in na prilagajanju dražljajem naravnega okolja, h kateremu štejemo tudi vreme. Ozračje deluje na telo kot celota in tudi vpliv posameznih meteoroloških elementov upoštevamo glede na njihov skupni učinek na telo, zato jih glede na učinke združujemo v naslednje skupine: biotropno, toplotno, aktinično in kemično. Toplotni učinki so odvisni od temperature in vlažnosti zraka, kratko in dolgovalovnega sevanja ter vetra. V klimatski terapiji so ti učinki najpomembnejši, saj vplivajo na naše uravnavanje telesne temperature. Kri prenaša toploto iz jedra telesa h koži. Pri visokih temperaturah zraka je izhlapevanje potu najučinkovitejši način oddajanja odvečne toplote, ob vlažnem zraku pa je oteženo, zato predstavlja toplo in vlažno okolje za telo obremenitev, ki se ji moramo pri izvajanju klimatske terapije izogniti. Nasprotno pa je hladno okolje za izvajanje klimatske terapije nujno potrebno, saj telo sili, da se prilagaja, poleg tega pa večja odpornost na zunanje vplive.



Slika 10. Zdravilne učinke pripisujejo tudi morskemu podnebjem (foto: M. Clemenz).

Da bi bilo klimatsko zdravljenje uspešno, moramo telo dnevno več tednov zapored izpostavljati režimu natančno doziranih biometeoroloških razmer v čistem zraku, brez alergenov in obremenilnih vplivov, kot je na primer vročina. Dražljaji, ki sprožajo prilagajanje, so: UV sevanje, vidna svetloba, zmanjšan delni tlak kisika v višje ležečih krajih, veter in nizka temperatura zraka. Uporaba pojma »dražljaj« je relativna, saj je, na primer, veter v gorah ob nizki temperaturi zraka močan dražljaj, ob vročih dneh pa nam v nižinah pomaga prenašati vročino in deluje blažilno.

## Klimatska zdravilišča

Veliko zdravilišč leži v sredogorju, kjer se pacienti izogone obremenilnim učinkom podnebja, vendar samo bivanje v sredogorskem podnebjem neposredno ne zagotavlja izboljšanja zdravstvenega stanja. Zato se je v nemških sredogorskih zdraviliščih razvila moderna oblika klimatske terapije, s katero paciente nadzorovano izpostavljajo vremenskim dražljajem. Za izvajanje

klimatske terapije uporabljamo štiri različne tehnike: klimatsko terensko kuro, počitek na svežem zraku, zračne kopeli in helioterapijo.

Zdravilne učinke alpskega podnebja so v minulih desetletjih v Švici uporabljali za zdravljenje predvsem v Davosu in St. Moritzu. Klimatska terapija se je tam uveljavila že ob koncu 19. stoletja, še posebno so jo cenili pri zdravljenju tuberkuloze. Danes visokogorsko podnebje uporabljajo za zdravljenje nekaterih kožnih bolezni, kot sta na primer psoriza in neurodermatitis ter nekaterih alergijskih reakcij dihalnih organov, saj v visokogorskem zraku ni pršic in cvetnega prahu. Gorsko podnebje priporočajo tudi rekonvalescentom po koronarni bolezni in hipertonomom, previdni pa morajo biti starejši ljudje in tisti s srčno aritmijo, saj hiter prehod iz nižine v gore lahko okrepi obstoječe težave.

Klimatska terapija je uveljavljena tudi v morskimi zdraviliščih v Nemčiji, kot je na primer Norderney. Tam se mora telo prilagajati na nizko temperaturo zraka, močan veter in UV sevanje, kar večja njegovo odpornost. Ugodno delujejo tudi čistost ozračja, odsotnost alergenov in odsotnost toplotne obremenitve, kar izboljšuje pljučne funkcije in manjša alergijske reakcije dihal in kože. Najučinkovitejše je izpostavljanje morskemu podnebjem na otokih, saj so značilnosti morskega podnebja na obali manj izrazite, ker je tam prisoten tudi vpliv celine. Najpogosteje morskemu podnebjem priporočajo pri boleznih dihal, alergijah, kožnih boleznih in atopijah.

Tudi ob obalah Sredozemskega in Jadranskega morja je bilo nekaj zdravilišč, ki so izrabljala zdravilne učinke morja in morskega podnebja. Mednje sodi tudi zdravilišče na Malem Lošinju, ki se je uspešno obdržalo tudi v času, ko je bila klimatska terapija v krizi.



Slika 11. Klimatsko zdravilišče Debeli rtič (foto: T. Cegnar)

## Prvo klimatsko zdravilišče v Sloveniji

Za biometeorologijo človeka na ozemlju Slovenije je bilo pomembno tudi prvo klimatsko zdravilišče v Sloveniji, ki ga je na Bledu sredi 19. stoletja ustanovil Arnold Rikli. Imenoval ga je naravni zdravstveni zavod Mallnerbrun in ga vodil kot klimatski zdravilec. Z zanimivo ponudbo je privabil bogate goste iz aristokratskih krogov. Mnoge



zdravilne metode, ki jih je uporabljal, bi prav lahko razložili in utemeljili s principi sodobne klimatske terapije.

Njegova terapija, ki je trajala mesec dni, je temeljila na vegetarijanski prehrani, sončnih, zračnih in svetlobnih kopelih, kar je bilo za tiste čase novost, ki je vzbujala veliko nezaupanja, pa tudi nasprotovanja. V zdravilišču so veljala stroga pravila, tako glede obleke kot tudi hrane in predpisane dejavnosti. Sprehodi so bili sestavni del zdravljenja, za moške je uredil tudi nekaj krajev, kjer so se lahko sončili popolnoma goli.

Pred soncem so goste varovali preprosti slamniki, obuti so bili v sandale. Bolniki so hodili na sprehode, navadno že takoj zjutraj, ob petih ali šestih. Predpisana je bila različna dolžina, od pol ure za najšibkejše do 4 ure za najkrepkejše. Po sprehodu so počivali ali pa se kopali v jezeru ali zdravilišču. Vrstni red dejavnosti je bil pomemben, saj se je telo s hojo in sončenjem segrelo, nato pa so ga hladili s kopeljo in končno počivali. Pozneje so postopek ponovili. Kopali so se tudi v toplih in parnih kopelih, čemur je sledilo sončenje in masaža. Kajenje in pitje alkoholnih pijač je bilo strogo prepovedano.

## Uveljavljanje klimatske terapije

V primerjavi z medicinskimi metodami, ki jih je podpiral hiter razvoj farmacevtske industrije, se je zdela klimatska terapija dolgotrajen in nepotreben način zdravljenja, nanjo so gledali le kot na dodatek k drugim oblikam zdravljenja.

V zadnjih letih so klimatsko terapijo na novo objektivno ovrednotili. Zadnji rezultati so pokazali, da posamezne tehnike pri izvajanju klimatske terapije ne smejo biti med seboj ločene, ampak se morajo medsebojno dopolnjevati in tako zagotavljati celovit terapevtski rezultat.

Pozitivne učinke lahko pričakujemo le, če posamezne dejavnike klimatske terapije vključimo v pravilnem zaporedju. Pri terenskih kurah se moramo odločiti, ali jih bomo izvajali vsak dan ali vsak drugi dan, izbrati moramo ustrezen način počitka ali ležanja, določiti prehod iz aktivne faze v počitek in izbrati vrsto fizioterapije, ki dopolnjuje izpostavljanje vremenskemu dražljaju.

Strokovnjaki so dokazali učinke terenskih kur pri zdravljenju funkcijskih kardiovaskularnih boleznih in kombinacije počivalnih kur na svežem zraku s terenskimi kurami pri pacientih s stanji izčrpanosti. Pozitivne rezultate so dobili tudi pri uporabi terenskih kur v alpskem svetu pri pacientih s povišanim krvnim tlakom.

Novo zasnovana klimatska terapija učinke podnebja in vremena kombinira z ostalimi fizikalnimi in zdravstvenimi ukrepi, ki so prav tako del klimatske terapije.

Pomanjkljivost klimatske terapije v primerjavi s sodobnim zdravljenjem z zdravili je v njeni dolgotrajnosti in s tem povezanimi stroški. Da bi klimatska terapija zagotavljala večmesečne učinke, bi morala trajati vsaj tri tedne, kar pa

za zdravstveno blagajno predstavlja preveliko finančno breme.

## Sončna svetloba – pomembnejša, kot si mislimo

Sončna svetloba nam omogoča vidno zaznavanje sveta, nas greje, vpliva na naše zdravje, sončno sevanje izkoriščamo tudi kot vir obnovljive energije. Ima pa tudi zelo pomembno nalogo: uravnava dnevni ritem dejavnosti in počitka, hranjenja, presnove, vpliva na čustva, delovni zagon, tvorjenje spalnega hormona melatonina in hormona budnosti kortizola. Ne samo pri ljudeh, tudi pri živalih in rastlinah daje svetloba takt dnevne in letne ritmu. Moč sončnih žarkov in UV sončnega sevanja je na naši geografski širini približno desetkrat večja junija, kot je decembra. S pomanjkanjem sončne svetlobe v zimskem času povezujejo sindrom sezonske depresije, ki je pogostejša na večjih geografskih širinah, kjer je letno nihanje moči sončnih žarkov izrazitejše kot v zmernih geografskih širinah. Pomaga obsevanje z belo svetlobo, ki je po spektralni sestavi enaka sončni svetlobi. Svetilke, ki jih običajno uporabljamo za razsvetljavo, nimajo enake sestave kot sončna svetloba niti nimajo takega terapevtskega učinka. V tropskem pasu, kjer sonce vse leto sije močno, sezonske depresije ne poznajo.

Ljudje smo v osnovi dnevna bitja, čeprav nam umetna razsvetljava in sodobni način življenja pogosto narekujejo drugačen ritem počitka in dejavnosti od naravnega. Ritem spanja in dejavnosti uravnava notranja ura, ki se usklajuje z dnevno svetlobo. Zaznavamo jo s tretjim receptorjem za svetlobo v očeh, ki ga imamo poleg čepnic in paličnic. Senzor, zadolžen za usklajevanje dnevnega ritma, s svetlobo ni vezan na center za vid v možganih. S poskusi v popolni izolaciji od zunanjih dražljajev za uravnavanje notranje ure so znanstveniki dokazali, da perioda notranje ure pri večini ljudi nekoliko odstopa od 24 ur, a z dnevno svetlobo jo brez težav uskladimo na 24-urni ritem.

Najbolj se dnevnega ritma zavemo po neprespani noči. Ljudje z močnim dnevnim ritmom se prehodno soočajo s težavami tudi ob prestavljanju ure na poletni čas in obratno. O pogostejših težavah poročajo ob spomladanskem premiku ure. Poleg jakosti svetlobe je pomembna tudi njena valovna dolžina oz. barva. Najbolj nivo melatonina zniža modra svetloba, ki je prisotna v svetlobi skoraj vseh svetilk. Slabše se nivo melatonina odziva na oranžno svetlobo. Proučevali so tudi vpliv smeri, iz katere vpada svetloba v oko. Najbolj učinkovita je svetloba od zgoraj, torej tista, ki ponazarja svetlobo neba. Zanimivo je, da kratek opoldanski počitek ne vpliva na notranjo biološko uro.

Z negativnimi posledicami porušenega dnevnega ritma se spopadamo tudi na daljših potovanjih ob hitrem prehodu več časovnih pasov. Pojavijo se motnje spanja in zbranosti, pogosti posledici sta utrujenost in dezorientacija, posledično pa tudi večje nagnjenje k nesrečam. Tudi v tem primeru nam svetloba pomaga prilagoditi notranjo biološko uro, pomagamo si lahko tudi s tabletami melatonina v priporočenih dozah, ki jih

ne smemo prekoračiti. Lažje se soočamo s časovnimi zamiki pri potovanjih na zahod, nekoliko več težav povzroča potovanje proti vzhodu. Zanimivo je, da otroci v prvih nekaj letih življenja veliko lažje prenesejo hiter prehod med časovnimi pasovi kot odrasli. Individualne razlike v sposobnosti prilagajanja na nov časovni pas so seveda velike.

Prav tako se pogosto pojavijo motnje spanja pri nočnem in izmenskem delu. Tudi v tem primeru si za uravnavanje ritma dejavnosti pomagamo s svetlobo, saj vpliva na krvni obtok, celično presnovo in tvorjenje encimov ter nas stimulira za delo. Pogoste motnje dnevnega ritma lahko pospešijo razvoj srčno-žilnih bolezni in lahko povečajo tveganje za razvoj raka. Po nekaterih raziskavah pomanjkanje spanja vpliva na imunski sistem, saj je ritem imunskega sistema vezan na raven kortizola in nekaterih drugih dejavnikov, zato je imunski odziv močnejši ponoči, ko je raven kortizola nižja. Pri ljudeh, starih nad 50 let, že upada odpornost, kar je prav tako argument za odsvetovanje nočnega dela. Pa ne samo odpornost, tudi produkcija melatonina s starostjo močno upade. Melatonin ni zgolj hormon spanja, ampak je tudi močan naravni antioksidant, izredno pomemben za možgane.

## Podnebje je odigralo odločilno vlogo v razvoju človeštva

Poti širjenja naših prednikov je v veliki meri določalo podnebje. Civilizacija se je najprej razvila tam, kjer so bile podnebne razmere ugodne in so omogočale ljudem več kot le preživetje. Kmetijstvo se je razvilo, ko je bilo podnebje primerno, da so lahko z veliko verjetnostjo računali na pridelek. Spreminjanje podnebja pa je večkrat neusmiljeno pogubilo velike civilizacije. Zgodovina postreže s kar nekaj zgodovinskimi primeri. Nič čudnega, da so naši predniki že od nekdaj spoštovali vreme in se ga bali. Prilagodili so mu svoje dejavnosti, prehranske navade, domovanja, način življenja, folkloro in verovanje. Lahko bi rekli, da je bilo vreme oz. podnebje globoko vtakano v njihov način življenja. Ko so osvajali nova ozemlja, so se z opažanji in zbiranjem izkušenj postopno prilagodili novim razmeram. Vreme in podnebje sta vplivala na družbeno-gospodarski razvoj, kmetijstvo in kulturno identiteto skupnosti.

Pred približno 10.500 leti se je nad sedanjim ozemljem Egipta, večine Libije, Sudana in Čada vzpostavilo dokaj vlažno podnebje, ki je omogočilo razvoj rastlinja in živali značilnih za savano z bujnimi gozdovi akacije in močvirji. Pred približno 5.500 leti je Sahara postala sušna in za življenje ljudi neprijazna. Kljub temu se je egipčanska civilizacija obdržala po zaslugi vsakoletnega poplavljanja Nila, ki je za seboj pustil novo izjemno plodno plast prsti.

V času bronaste dobe je v porečju Inda na ozemlju današnje zahodne Indije, Pakistana in delov jugovzhodnega Afganistana ter vzhodnega Irana cvetela civilizacija. Njen zaton so pred približno 3.700 leti povzročili predvsem potresi, a tudi vse bolj sušno podnebje zaradi oslabelega monsuna in manjše vodnatosti rek.



Slika 12. Podnebje je pomembno vplivalo na razvoj civilizacije (foto: T. Cegnar).

Civilizacija Majev je zacvetela okoli 2.000 let pred našim štetjem na območju Srednje Amerike in Mehike. Njen zaton je povzročilo dvestoletno sušno obdobje, ki je ljudstvo močno prizadelo, saj so bili večinoma odvisni od jezer, ribnikov in rek.

Poznamo še več primerov civilizacij, ki se niso znale in zmogle prilagoditi spremenjenim podnebnim razmeram; takšna je bila tudi kmetijsko usmerjena civilizacija Mezopotamije, ki je klonila zaradi dolgotrajne hude suše. Razdelan sistem namakalnih kanalov hudi suši ni zmogel kljubovati. Prav tako so v vlažnih razmerah uspevale civilizacije v Sredozemlju in zahodni Aziji, a hude suše in ohladitve so prizadele kmetijstvo in zavrle razvoj.

Časovno veliko bližje kot zgoraj naštetih primeri nam je vikinška naselitev Grenlandije v razmeroma milem obdobju in opustitev naselbin ob ohladitvi.

Zgodovina prepričljivo dokazuje, da je bilo naše življenje že od nekdaj močno odvisno od podnebja, v zadnjih desetletjih pa ljudje s svojim delovanjem spreminjanje podnebja še pospešujemo in s tem postajamo vse bolj ranljivi.

## Prebivalcev mest je vse več

Podnebne značilnosti mest in industrijskih območij se razlikujejo od razmer v neurbanizirani okolici. Razlike so posledica drugačnih materialov, ki prevladujejo v mestu, pa tudi velike porabe energije in številnih virov onesnaženja. Gostota pozidanosti in velikost mesta določata, kako velike so razlike.

Za nastanek mest je bila v preteklosti odločilna predvsem dostopnost, zato so pogosto izbirali lege ob rekah, ki omogočajo rečni promet, pa tudi ceste je bilo lažje speljati po dolinah. Čeprav je taka lokacija podnebno manj primerna, so odločali prometni in gospodarski interesi.

Ko govorimo o mestnem podnebjju, največkrat omenjamo »toplotni otok« mesta. Tako označujemo

pojav, pri katerem je temperatura zraka v središču mesta višja kot v okolici. Temperaturna razlika je največja v velemestih, kjer je središče za več stopinj toplejše od okolice. Vzrok za nastanek toplotnega otoka sta predvsem kopičenje toplote v mestu in velika gostota toplotnih virov, vendar k višjim temperaturam prispeva tudi komunalna ureditev in z njo pospešeno odtekanje vode, ki zmanjšuje izhlapevanje z mestnih površin.

Kljub temu da nimamo velemest, je pojav toplotnega otoka opazen tudi pri nas, najbolj v prestolnici, kjer temperatura v središču mesta v jasnih in mirnih nočeh za nekaj stopinj presega tisto na podeželju. Pozimi je ta pojav dobrodošel, drugače pa je poleti, ko postane že tako neprijetna vročina v središču mesta še bolj moteča oz. obremenilna.

K izboljšanju razmer v mestih lahko veliko prispevajo parki, drevoredi in zelenice, ki ugodno vplivajo na toplotne razmere in delujejo kot filter za onesnažen zrak. V poletni vročini drevesa nudijo senco, zaradi evapotranspiracije pa imajo nižjo temperaturo od okolice. Ker onesnaženje zraka v mestu slabi sončne žarke, se pogosto odločamo za listavce, ki poleti nudijo senco, pozimi, ko izgubijo liste, pa neovirano prepuščajo sončne žarke. Drevesa lahko uporabimo tudi kot zaščito pred močnim vetrom. Poletno vročino v mestih lahko omilimo z vodnimi površinami, vodnjaki in vodometi, »zelenimi« strehami in izbiro materialov, ki odbijajo več sončnih žarkov.

Višja temperatura zraka v središču mesta sproži lokalno kroženja zraka. Ob mirnem vremenu se zrak počasi steka proti središču mesta, se tam dvigne in potuje nazaj proti obrobju mesta, kjer se spet spusti k tlom. Če imamo na obrobju mesta industrijo, ki močno onesnažuje zrak, tako gibanje zraka prinaša v središče onesnažen zrak. Prav zato je razporeditev bivalnih, poslovnih in industrijskih območij v mestu zelo pomembna, saj onesnažen zrak vpliva na počutje in zdravje meščanov, posredno pa tudi na podnebje: slabi sončne žarke in prispeva kondenzacijska jedra, kar lahko poveča količino padavin.



Slika 13. Urbanizacija lokalno spremeni podnebne razmere (foto: T. Cegnar).

Ker število prebivalcev mest po vsem svetu hitro narašča, si strokovnjaki prizadevajo, da bi s preudarnim načrtovanjem mestnega okolja negativne vplive urbanizacije na mestno podnebje čim bolj omilili. Čeprav

mesta že stoletja stojijo na istih lokacijah, lahko vplivamo na to, kam se širijo in kje gradimo nove objekte. Premišljena razporeditev, oblika in velikost stavb ter ustrezno izbrani gradbeni materiali lahko opazno prispevajo k boljšemu počutju prebivalcev mest. Tudi dokaj majhne spremembe posameznih elementov podnebja imajo lahko v skupnem učinku precejšnje posledice na počutje in zdravje meščanov. Podnebnim razmeram dobro prilagojene stavbe in celotna zasnova mesta pomagajo optimizirati porabo energije in zagotavljajo udobje prebivalcem. Seveda je to lažje zagotoviti v novejših mestih in naseljih.

Izmenjavo zraka v mestih lahko izboljšamo s pravilno razporeditvijo različno visokih stavb in orientacijo večjih cest ter mestnih vpadnic. Tam, kjer relief to omogoča, lahko svež zrak v središču mest dovajamo tudi s pomočjo nočnih pobočnih vetrov.

## Prilaganje ljudi na podnebne spremembe

Čeprav je znanost v zadnjih desetletjih močno napredovala v razumevanju vplivov vremena in podnebja na počutje in zdravje ljudi, ostaja še veliko nejasnosti, predvsem glede vpliva podnebnih sprememb, tako naravnih kot tudi tistih, ki so posledica človekove dejavnosti.

Presoja podnebnih sprememb na zdravje in počutje ljudi v prihodnjih desetletjih ni težavna le zaradi ne povsem poznanih povezav, ampak tudi zaradi vpliva številnih drugih dejavnikov, kot so spremembe standarda, tehnologije, socialnih in političnih razmer. To pomeni, da se soočamo s kompleksnim problemom, v katerem je veliko spremenljivk še povsem neznanih in lahko le predpostavimo, kako se bodo spreminjale. Zato je ocenjevanje posledic podnebnih sprememb na zdravje ljudi težavno in v veliki meri negotovo, postrežemo lahko le z bolj ali manj verjetnimi ocenami. Že sedanje razmere nam pogosto povzročajo težave in včasih nepopravljive zdravstvene posledice, nihče pa ne more predvideti, kako učinkovito se bomo prilagodili novim razmeram.

V globalnem merilu je dokaj preprosto naštetih možne posledice podnebnih sprememb. Podnebne spremembe, predvsem globalno ogrevanje ozračja, bodo prizadele ekosisteme in tudi zdravje ljudi. Višja temperatura bo omogočila širjenje tropskih bolezni tudi izven ekvatorialnega območja. Rastlinstvo se bo prilagajalo novim podnebnim razmeram in rastlinski pasovi se bodo pomaknili proti severu in v višje lege. Nekatere rastlinske in živalske vrste bodo izumrle. Zaradi dviga morske gladine bo ponekod slana morska voda vdrla v podtalnico. Pogostejši in močnejši vročinski vali bodo v velemestih zahtevali več življenj, neurja bodo ogrožala lastnino, zdravje in življenje pogostejše kot danes. Veliko težje je predvideti posledice na regionalnem in lokalnem nivoju.

Glede vplivov na zdravje in počutje ljudi upoštevamo naslednje vidike podnebnih sprememb:

- spremembe toplotnih razmer (za živa bitja so relevantne spremembe toplotnih razmer v celoti in ne le spremembe temperature);
- spremembe padavinskega režima;
- spremembe intenzitete in pogostosti posameznih ekstremnih vremenskih dogodkov;
- spremembe v pogostosti in razporeditvi posameznih vremenskih situacij nad Sredozemljem in srednjo Evropo po letnih časih;
- spremembe višine gladine morja;
- spremembe temperature v stratosferi, posledice za zaščitni ozonski plašč in posledično spremembe v moči UV žarkov;
- spremembe v količini in kakovosti pridelka;
- spremembe v količini in kakovosti razpoložljive vode;
- spremembe kakovosti zraka.



Slika 14. Obalna območja spadajo med bolj ranljiva za učinke podnebnih sprememb (foto: T. Cegnar).

Ker se na vpliv ozračja odzivamo v celoti, lahko le sestavljene mere za vrednotenje počutja opišejo učinek ozračja na ljudi v celoti. Upoštevanje vsake komponente posebej nam ne daje pravilne slike, saj ne upošteva 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. Kljub temu je analiza vpliva posameznih komponent za razumevanje povezav nujna.

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 podnebnju z visoko temperaturo več znojnic kot ljudje v zmernem podnebnju. 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 prilagojeno presnovo in razmerje med površino in maso telesa. Težja od prilagoditve nekoliko spremenjenim povprečnim razmeram bo prilagoditev povečani spremenljivosti in s tem povezanim izjemnim vremenskim pojavom.

Ob podnebnih spremembah lahko pričakujemo tako neposredne kot tudi posredne vplive na zdravje in počutje ljudi. Stopnja zanesljivosti posameznih ocen se od primera do primera lahko zelo razlikuje, v splošnem velja, da je lažje oceniti posledice neposrednih vplivov.

Med neposredne vplive na primer prištevamo povečano število težav in smrti ob vročinskih valih. Veliko težje je oceniti posredne vplive prek porušenega ravnovesja ekosistemov, sprememb v prehrani zaradi sprememb v kmetijski proizvodnji in boleznih rastlin, porazdelitvi zajedavcev in škodljivcev, povečani onesnaženosti okolja ne le lokalnega izvora, ampak tudi prenosa onesnaženja na velike razdalje. Že majhne spremembe v kombinacijah posameznih vremenskih elementov, ki so vsaka zase komaj opazne, lahko skupaj učinkujejo moteče.

Stopnja urbanizacije se bo večala, kar bo verjetno vodilo tudi k nižanju kakovosti bivalnega okolja. Vplivali bodo tudi spremembe standarda prebivalcev, migracijski tokovi in večje število neavtohtonih prebivalcev, ki bi lahko s seboj prinesli za druga območja tipične bolezni ali prenašalce bolezni.

Človeštvo vedno bolj vpliva na vreme, podnebje in vode. Državne hidrološke in meteorološke službe imajo vodilno vlogo v prizadevanjih za razumevanje in tolmačenje teh zapletenih medsebojnih povezav. Bolj kot kdajkoli prej potrebujemo podnebne projekcije za prihodnost. Izboljšati moramo svoje vedenje o tem, kako se globalni podnebni pojavi odražajo na regionalni, državni in lokalni ravni.

Oskrba s hrano in kmetijstvo morata biti prilagojena podnebnju v regiji in razpoložljivi vodi. Industrijska dejavnost potrebuje dovolj vode in energije. Mestom je potreben čist zrak ter zaščita pred neurji in poplavami. Mednarodna trgovina in turizem sta odvisna od varnega in učinkovitega prometa. Zanašamo se na vse bolj točne in natančne vremenske napovedi, ki so povezane z mnogimi področji, od družabnih dejavnosti do odločitev o milijonih evrov.



Slika 15. Podnebne razmere so ključne za proizvodnjo kakovostne hrane (foto: T. Cegnar).

Ključne odločitve, spremljanje stanja površinskih in podzemnih voda, spremljanje in nadzor njihove kakovosti so SMO omogočili, da je verodostojno opozorila na problem oskrbe z vodo, še posebej v luči naraščajočega prebivalstva in onesnaženosti voda. Celovito upravljanje vodnih virov je po mnenju SMO način za optimizacijo izkoriščanja omejenih virov sveže vode.



Foto: Tanja Cegnar



Foto: Tamara Gorup

# Operativno spremljanje vodne bilance in pojava kmetijske suše

**Andreja Sušnik, Ana Žust, Gregor Gregorič**

*Zaradi podnebnih sprememb in pogostokrat napačnega upravljanja postaja suša v kmetijstvu vedno pogostejši in intenzivnejši pojav, ki povzroča veliko gospodarsko škodo in vpliva na kakovost življenja. Za zmanjševanje tveganja suše pripravljamo potrebne strategije in preventivne programe varstva pred sušo v kmetijstvu. Eden od načinov preventivnega ukrepanja je operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin, ki ga izvajamo na Oddelku za agrometeorologijo Urada za meteorologijo Agencije RS za okolje. Dejavnosti oddelka so močno vpete v delo Centra za upravljanje s sušo v jugovzhodni Evropi (DMCSEE), kjer operativno izvajamo monitoring suše v širši regiji jugovzhodne Evrope.*

Suša ni problematična le v aridnih in semiaridnih predelih sveta, tudi v Sloveniji in Evropi zadnje čase vse pogostejše, daljše in intenzivnejše suše opozarjajo na povečano ranljivost kmetijstva. To pomeni, da je nujno spremljanje stanja vodne bilance, dostopnosti vode v tleh za kmetijske rastline in napovedovanje namakanja, kjer tehnologija in razmere to dopuščajo. Poslanstvo ARSO in DMCSEE je, da pravočasno opozarjata na stanje motene vodne oskrbe kmetijskih rastlin v Sloveniji in na pojav suše v širši regiji jugovzhodne Evrope. Ocena prostorske razsežnosti suše in tveganja večjega ali manjšega pomanjkanja vode v kmetijstvu je mogoča na osnovi podatkov meteorološkega in hidrološkega monitoringa.

## Spremljanje suše

Spremljanje lokalnih sušnih razmer s pomočjo meritev vsebnosti vode v tleh in izračunov vodne bilance kmetijskih rastlin je najpomembnejše s stališča prizadetega kmetovalca. Operativni monitoring vodne bilance kmetijskih rastlin na ARSO zajema meritve, modeliranje in analize podatkov za zunanje uporabnike. Vzpostavljene so tudi povezave z različnimi projekti, kjer se preverja učinkovitost modelskih izračunov ter uveljavlja uporaba vremenske napovedi pri namakalnih shemah. Na žalost je odgovornost v zvezi z upravljanjem s sušo v Sloveniji in tudi drugod po jugovzhodni Evropi razpršena. Največkrat je upravljanje s sušo prepuščeno upravljavcem/pridelovalcem.

V povezavi s podnebnimi spremembami se vedno bolj zavedamo tudi izrazite spremenljivosti med posameznimi vegetacijskimi obdobji in celo med lokacijami, kar se je zgodilo v letu 2009, ko je bila Primorska izredno suha, Prekmurje pa preveč mokro. Tudi v letu 2011 je suša vse vegetacijsko obdobje pestila Obalo in slovensko Istro, v drugih delih države pa se je pojavila v treh intervalih. Vegetacijski primanjkljaj se je na Obali približal primanjkljaju primerljivega obdobja v letu 2003, ko je vso državo prizadela najhujša suša v preteklih petdesetih letih. V letu 2011 je bila škoda na kmetijskih površinah največja na Obali.

Regionalne (in tudi mednarodne) analize suše zajemajo veliko količino podatkov, zbranih iz različnih virov, pri čemer sta bistvenega pomena izbira sušnih parametrov in standardizacija vpletenih podatkov. Izbira orodja za

ugotavljanje suše in podatkovnega nabora za monitoring je odvisna od tega, kako sušo definiramo oziroma katere njene posledice so najpomembnejše. V kmetijstvu je lahko usodna že zelo kratkotrajna suša – že nekajtedenski izpad padavin lahko v občutljivem ravnem obdobju povzroči hude posledice. Po drugi strani pa za večje vodooskrbne sisteme velja, da jih lahko prizadene kvečjemu zelo dolgotrajna suša.

V kmetijstvu ni univerzalne definicije kmetijske suše ali moče, ki bi bila ustrezna za vsa okolja, še zlasti če govorimo o geografsko razgibanih regijah. 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 in modelskih izračunov simulacije suše v kombinaciji s sušnimi indeksi.

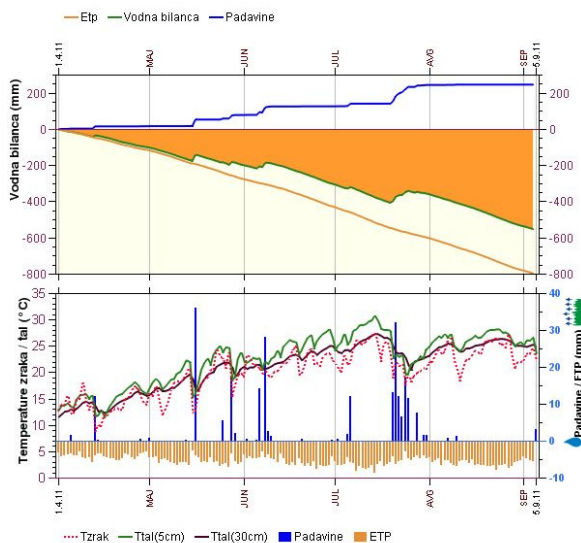
Najosnovnejši način je določanje vodne bilance kot razlike med izmerjeno višino padavin in izračunano potencialno evapotranspiracijo. Referenčna potencialna evapotranspiracija (ET<sub>0</sub>) je količina vode, ki je izhlapela iz referenčne rastline in tal. Privzeta referenčna površina je aktivno rastoča 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 ET<sub>0</sub> uporabljamo Penman-Monteithovo metodo, ki se je izkazala za najuporabnejšo na področju Slovenije in upošteva naslednje meteorološke spremenljivke: temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno sevanje.

## Od podatkovnikov do ocene stanja

Obsežne podatkovne baze omogočajo spremljanje vodne bilance in drugih vremenskih parametrov, ki vplivajo na stanje vodne bilance ter računanje indeksov. Na Oddelku za agrometeorologijo je bil za operativno interno uporabo razvit agrometeorološki informacijski sistem (SAGMIS), ki omogoča tako dostop do baz izmerjenih in izračunanih vrednosti kakor tudi do modelskih simulacij, ki vključujejo vremenske napovedi.

Agrometeorološki informacijski sistem omogoča hiter in enostaven dostop do podatkov za enostaven izračun vodne bilance kmetijskih rastlin, modelsko oceno vodne bilance z modelom IRRFIB, podrobnejšo analizo sušnih

obdobjih in porabo vode pri rastlinah v različnih razvojnih obdobjih z možnim upoštevanjem tehnologije namakanja in preverjanjem modelskih izračunov z meritvami vode v tleh (tehnika TDR). V novjšem času v analize vključujemo tudi prognoistične produkte.



Slika 1. Primer enostavne vodne bilance v vegetacijskem obdobju 2011: padavine, potencialna evapotranspiracija in vodna bilanca ter temperature zraka in tal v Portorožu za obdobje od aprila do septembra 2011; vodni primanjkljaj v vegetacijskem obdobju na Obali in v slovenski Istri konstantno naraščal, pritiska hude kmetijske suše niso ublažile niti obilne padavine v drugi polovici julija.

Natančnejše vodnobilančne izračune omogoča agrometeorološki namakalno-napovedovalni model IRRFIB. IRRFIB je računalniški model, ki simulira porabo vode rastlin v vegetacijskem obdobju 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 za model razdelimo na tri tipe: meteorološki podatki (padavine in izračunana potencialna evapotranspiracija), podatki o razvoju rastline in podatki o tipu tal. 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 uvene in po določenem času trajno propade. Čeprav v tleh še lahko obstaja nekaj vode, 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.

Model IRRFIB potrebuje še druge, predvsem tehnične podatke za delovanje. Vključeni so 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. Izhodni podatki so lahko v grafični in preglednični obliki. V obeh primerih je podana 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.

Posebnost in prednost modela je možnost vključevanja vremenske napovedi za 3 do 5 dni vnaprej, saj tako lahko zmanjšamo število namakanj in količino namakalne vode ob morebitnih napovedanih padavinah. To omogoča oceno potencialne vode, ki bo v prihodnjih dneh izhlapela iz rastline in temu primerno aplikacijo vode. Sodelujemo s kmetijskimi svetovalnimi službami, ki aplikacijo vode in druge morebitne zaščitne ukrepe predlagajo v skladu s tehnologijo pridelave in trenutnim stanjem kmetijskih rastlin. Poskusno sodelovanje s kmetijsko svetovalno službo Kmetijsko gozdarskega zavoda Maribor (KGZ – Maribor) je v letih 2009 in 2010 potekalo v okviru projekta Alp Water Scarce (AWS). Namen je bil vzpostaviti sodelovanje alpskih držav pri pripravi sistema zgodnjega opozarjanja na pomanjkanje vode na osnovi sistematičnega spremljanja meteoroloških, hidroloških in pedoloških razmer ter izboljšanje upravljanja z vodami ob upoštevanju vplivov podnebnih sprememb kot tudi vplivov človeka.

Eden od produktov projekta AWS je bila napoved namakanja, ki jo je kmetijska svetovalna služba objavljala na svojih spletnih straneh. Odziv uporabnikov je bil ugoden, zato je v vegetacijskem obdobju 2011 napoved namakanja postala utečena praksa.

#### Opis stanja vode v tleh:

Pomlad se je začela z visokimi temperaturami zraka in malo padavinami. Zato smo že v obdobju pomladanske suše. Stanje vode v tleh je, kot je razvidno iz grafa (rjava črta), zelo kritično in kaže, da je potrebno zelenjadarske kulture pričeti namakati, kljub dežju, ki je padel iz ponedeljka na torek. Zato pripravite svoje namakalne naprave, aktivirajte večje namakalne sisteme in pričnite z namakanjem.

**Napoved namakanja:** V dneh od 2. 4.–9. 4. je treba solati dodati 35 mm vode za namakanje. Namakanje razdelimo v tri obroke, da bodo komaj presajene sadike in tudi tiste, ki so v bujni rasti, enakomerno preskrbljene z vodo. Pomanjkanje vode v tej fazi pomeni nižji, manj kvaliteten pridelek, lahko pa pride do ožiga listnega roba občutljivejših sort, predvsem tistih, ki so bile do sedaj pokrite z agrokopreno.

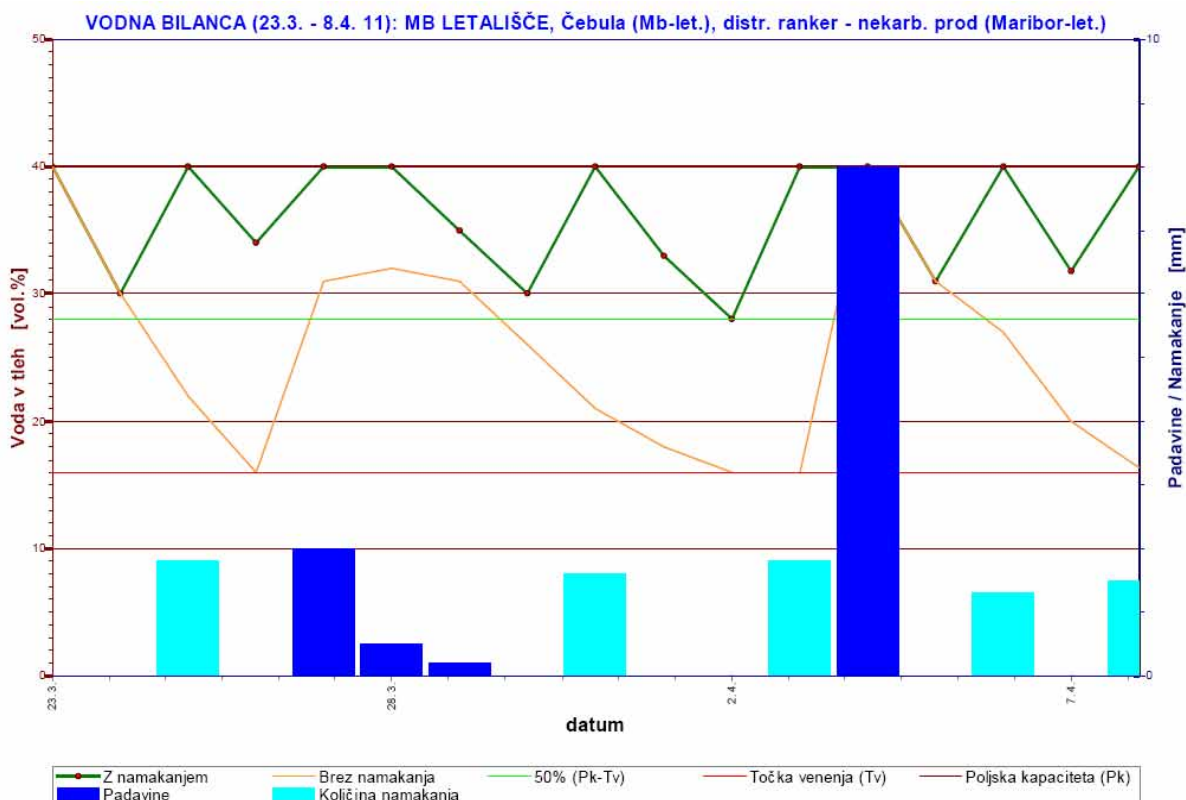
**Napoved:** Kmetijsko svetovalna služba, KGZ – Maribor

**Vir podatkov:** Agencija RS za okolje

**Grafikoni so izdelani z modelom IRRFIB, Oddelek za agrometeorologijo, UM, ARSO**

Napoved Kmetijsko svetovalne službe KGZ – Maribor

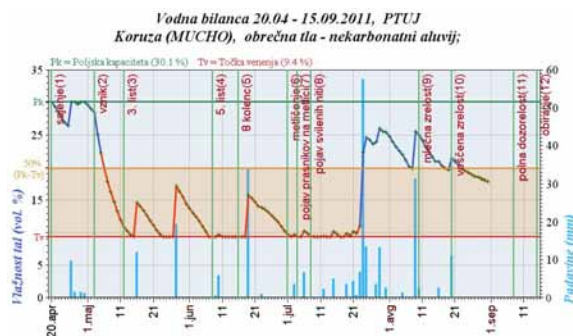




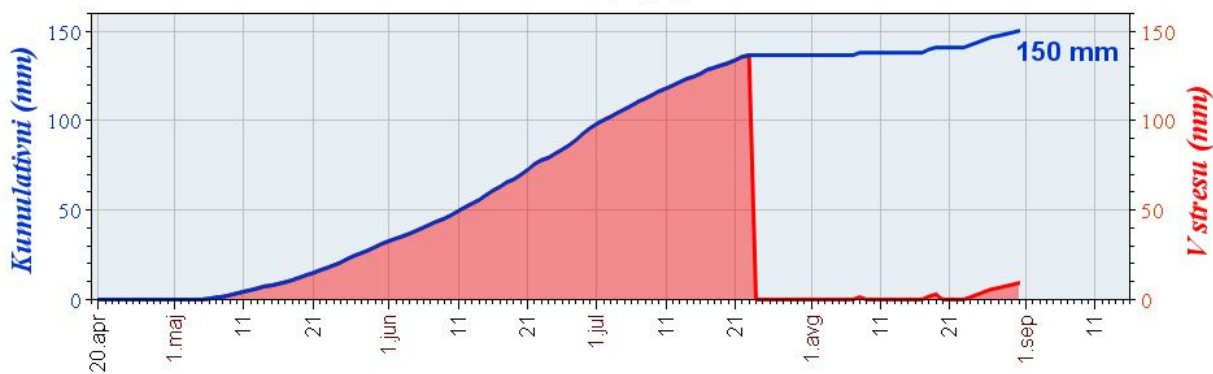
Slika 2. Primer napovedi namakanja čebule, 23. marec 2011 (projekt Alp Water Scarce)

V obdobju trajanja projekta AWS smo za izbrane kmetijske posevke in zelenjadnice v sistem monitoringa vodne bilance vključili še fenološke podatke s terena in meteorološke ter pedološke podatke s petih lokacij v Podravju in na območju Ptuja.

Ker številne rastline, ki so bile obravnavane v projektu, niso bile namakane, smo simulirali porabo vode tudi za nenamakane kulture. Tak primer je vodna bilanca koruze, ki smo jo spremljali na Ptujsko-Dravskem polju na sliki 3.



### Primanjkljaj



Slika 3. Trajanje vegetacijskega obdobja (neobarvano polje) in dnevi, ko je rastlina v sušnem stresu (obarvano polje) od aprila do avgusta 2011 na Ptujskem polju (simulacija z modelom IRRFIB)

Preglednica 1. Nastop fenoloških faz, primanjkljaj vode in trajanje stresnih sušnih obdobij v medfaznih obdobjih za koruzo, Ptujsko polje (Skoke), 2011

Faza	Nastop	Trajanje (dni)	Manjko (mm)	Stres (dni)	Max. Interval (dni)	Etp $\geq$ 5 mm (dni)
Sajenje	20. april	13	0,0	0	0	0
Vznik	3. maj	9	4,4	6	6	0
3. list	12. maj	27	37,8	27	33	2
5. list	8. junij	8	16,2	8	41	1
8. kolenc	16. junij	15	37,4	15	56	3
Metličenje	1. julij	3	6,5	3	59	0
Pojav prašnikov	4. julij	4	8,5	4	63	1
Pojav svilenih niti	8. avgust	33	27,3	17	79	7
Mlečna zrelost	10. avgust	10	2,9	2	2	1
Voščena zrelost	20. avgust	12	9,3	8	8	4

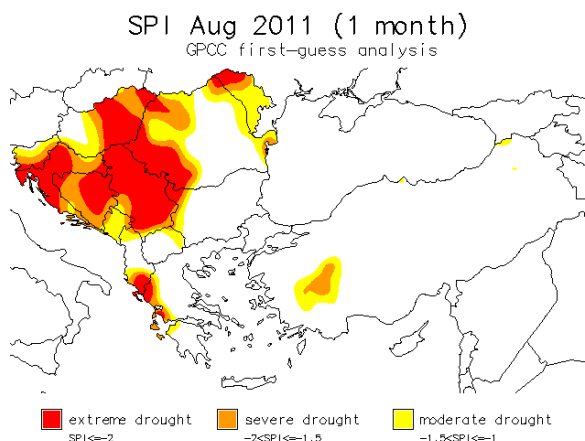
Preglednica 2. Trajanje stresnih obdobij in primanjkljaji vode za koruzo, Ptujsko polje (Skoke), 2011

Zaporedni interval	Obdobje	Trajanje (dni)	Primanjkljaj (mm)
1	6. maj–23. julij 2011	79	136,7
2	8. avgust–8. avgust 2011	1	1,4
3	18. avgust–9. avgust 2011	2	2,9
4	24. avgust–31. avgust 2011	8	9,3

Analiza oskrbe koruze z vodo v vegetacijskem obdobju 2011 na Ptujskem polju kaže, da je na tem območju padlo 259 mm padavin in izhlapelo 516 mm vode. Koruza je porabila 251 l vode in bila v stresu 90 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 79 dni. Koruzi je v obdobjih stresa manjkalo 150 l vode (slika 3, preglednica 1).

Izračun vodne bilance in simulacija vsebnosti vode v zgornjih plasteh tal sodita med sušne indikatorje, ki so ozko vezani na kmetijstvo. Obstajajo pa tudi bolj univerzalni pokazatelji, ki določajo sušnost in so računani s pomočjo različnih okoljskih spremenljivk. Eden od širše sprejetih je tako imenovani Standardizirani padavinski Indeks (SPI), za izračun katerega potrebujemo le podatke o količini padavin za dovolj dolgo obdobje (časovni niz naj bi bil dolg vsaj 30 let). Dolžina časovnega niza je zelo pomembna; daljši, kot je niz, boljša je verodostojnost izračuna. 30-letno obdobje z zadovoljivo verjetnostjo zagotavlja, da bo izračun odstopanja od običajnih razmer stabilen. SPI lahko izračunamo za različno dolga časovna obdobja, vendar ne krajša od enega meseca. SPI prikaže, za koliko v izbranem obdobju padavine odstopajo od večletnega povprečja. Tako vrednosti SPI nad 0 kažejo bolj mokra, vrednosti pod 0 pa bolj suha obdobja kot v povprečju. Splošno sprejet prag za oznako stanja s pojmom »suša« je vrednost SPI $\leq$ -1, ki pomeni, da je aktualno stanje glede na večletne razmere uvrščeno med približno 30 % najneugodnejših stanj. 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. Na pobudo Svetovne meteorološke

organizacije je bila v decembru 2009 sprejeta odločitev, da se za spremljanje meteorološke suše kot univerzalni kazalec uporablja prav SPI (slika 4).

Slika 4. Prostorska porazdelitev SPI za avgust 2011 (dostopno na: [http://www.dmcsee.org/en/drought\\_monitor/](http://www.dmcsee.org/en/drought_monitor/))

## Modeli potrebujejo tudi meritve

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

TRIME<sup>®</sup>-EZ merilnik deluje na osnovi reflektometrije (TDR – Time Domain Reflectometry), ki meri dielektrično konstanto snovi. 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

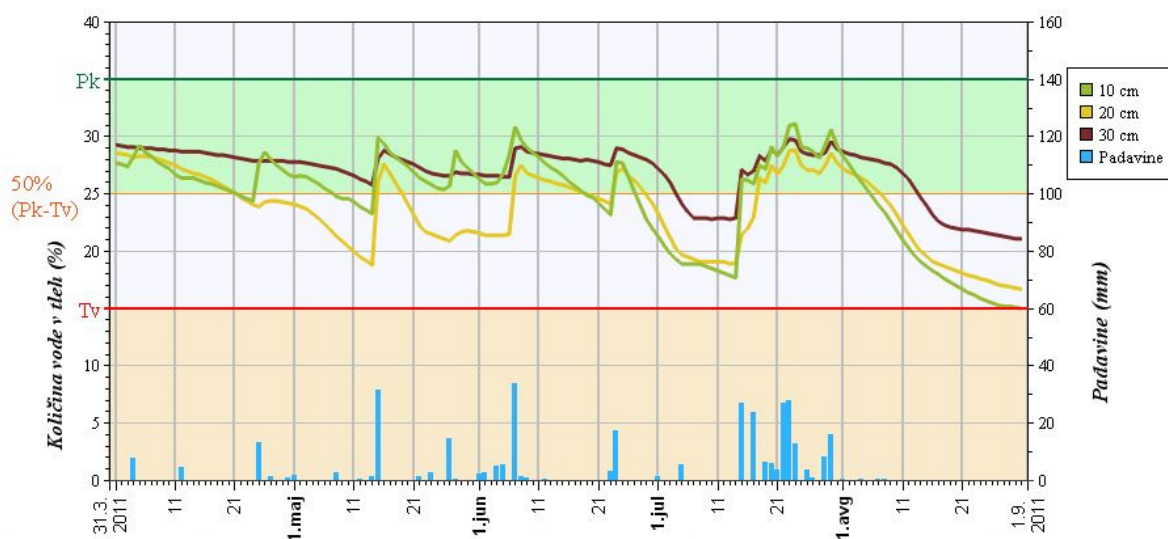
elektromagnetno polje okrog nje. Na koncu se pulz vrne nazaj do vira. Čas prenosa in dielektrična konstanta sta odvisna od vsebnosti vode v tleh, ki se izračuna znotraj sonde. Izračun je dostopen kot standarden analogen izhodni podatek (v volumskih odstotkih). Meritve se izvajajo na globinah 10, 20 in 30 cm, do podatkov pa dostopamo na SAgMISu. V testnem obdobju leta 2004 v Ljubljani se je pokazala močna korelacija ( $r = 0,94$ ) med modelom IRRFIB in meritvami.

Grafični prikaz je zelo pregleden in nam omogoča hiter vpogled v dejansko stanje tal na določeni lokaciji (slika 5), ki se velikokrat izsušijo precej hitreje, kot si predstavljamo. Tla so zelo raznolika, zato na podlagi specifične meritve težko govorimo o splošnem stanju. Mrežo merilnikov bomo postopno razširjali. V okviru

projekta Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje vodnega okolja v Sloveniji Agencije RS za okolje načrtujemo postavitev petih dodatnih lokacij. Imamo tudi nov prenosni merilnik vode v tleh, ki nam je v pomoč pri delu na terenu.

Vodo v tleh lahko na samem kraju določimo posredno z malimi razsutimi talnimi vzorci in »infrardečo« tehtnico, v kateri vzorce tal 10 minut sušimo 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 l vode za rastline. Dejansko pa je uporabnih le 50 do 60 % te vode, torej 12 l/m, kar npr. pri dnevni evapotranspiraciji 4 mm zadostuje za 3 dni, kasneje pa je že treba ukrepati z namakanjem.

### Dnevna povprečna vlažnost tal in padavine (BILJE)



Pk = zgornja meja vode v tleh

50% (Pk-Tv) = spodnja meja rastlinam dostopne vode v tleh

Tv = rastlinam nedostopna voda v tleh

Slika 5. Primer grafičnega prikaza izmerjenih vrednosti vode v tleh z merilnikom TRIME®-EZ na treh globinah in prikaza izmerjenih padavin

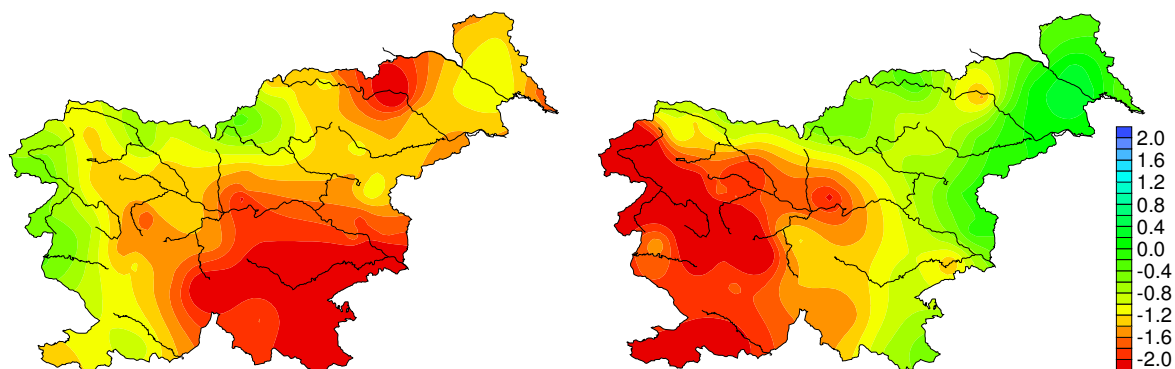
Izračune z modelom IRRFIB preverjamo s pomočjo meritev, pripravili pa smo tudi že nekaj primerjav z nemškim vodnobilančnim modelom SIMPEL in z modelom WinISAREG (še neobjavljeno). V prihodnosti bomo rezultate obeh lahko uporabili za modeliranje ali za pomoč pri izboljšavi modela IRRFIB. V pripravi je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

### Kako do uporabnika

Eden izmed načinov stika z uporabniki je sodelovanje na operativnem nivoju na različnih projektih, drug način, ki je namenjen širši javnosti, pa so publikacije, bilteni in spletne objave. Zadnja tri leta v vegetacijskem obdobju (od aprila do septembra) vsakih deset dni, v zimskem obdobju pa enkrat mesečno, izhajajo bilteni vodnobilančnega stanja kmetijskih tal v Sloveniji.

V biltenu je uporabniku na voljo pregled vremenskih razmer, vpliv vremenskih razmer na izhlapevanje iz tal in rastlin ter na stanje vode v tleh. Sintezi ocene vpliva vremenskih razmer na stanje rastlin je namenjeno poglavje o stanju rastlin in različni kazalniki meteoroloških in agrometeoroloških razmer ter napoved vremena.

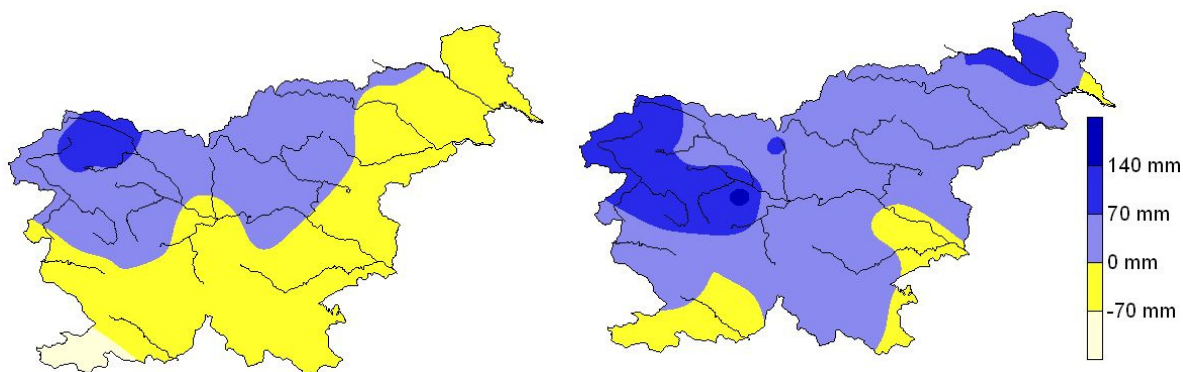
V prvem delu biltena so meteorološke in agrometeorološke spremenljivke grafično in prostorsko predstavljene. Pri izbiri predstavljene spremenljivke ima prednost tista, ki v obravnavanem obdobju izstopa. Padavine v obliki aktualnih kumulativnih vrednosti omogočajo pregled nad količino padavin na letni ravni ter posredno na oceno vodne zaloge v tleh. Za izbrana krajša obdobja so padavine prostorsko porazdeljene in za območje Slovenije tudi prostorsko prikazane. Pomen količine padavin za vsako preteklo trimesečje oziroma za vsak pretekli mesec glede na pričakovano količino padavin v primerljivih časovnih intervalih prostorsko prikazuje standardizirani padavinski indeks (slika 6).



Slika 6. SPI3 za obdobje februar–april 2011 (levo) in SPI1 za april 2011 (desno)

Negativne vrednosti SPI1 še ne pomenijo sušnosti, ampak le negativno odstopanje od dolgoletnega povprečja za mesec april, vseeno pa v primeru velikih odstopanj prav gotovo nakazujejo na izredno stanje. Severovzhodna Slovenija je v aprilu sicer prejela količino padavin enako dolgoletnemu povprečju 1971–2000, a ta ni zadostovala za prekinitev suše. Vrednost padavinskega indeksa v trimesečnem obdobju od februarja do aprila je tako povsod negativna in dosega ekstremne vrednosti. To pomeni, da je padla bistveno manjša količina dežja od pričakovane, kar označuje sušo.

Podobno je za vsak mesec prostorsko interpolirana tudi vodna bilanca v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. Vodna bilanca je izvedena vrednost razlike med količino padavin in evapotranspiracijo. Podobno kot standardizirani padavinski indeks za padavine tudi prostorski prikaz vodne bilance daje informacijo o stanju vodne bilance v državi v primerjavi z dolgoletnim povprečjem (slika 7).

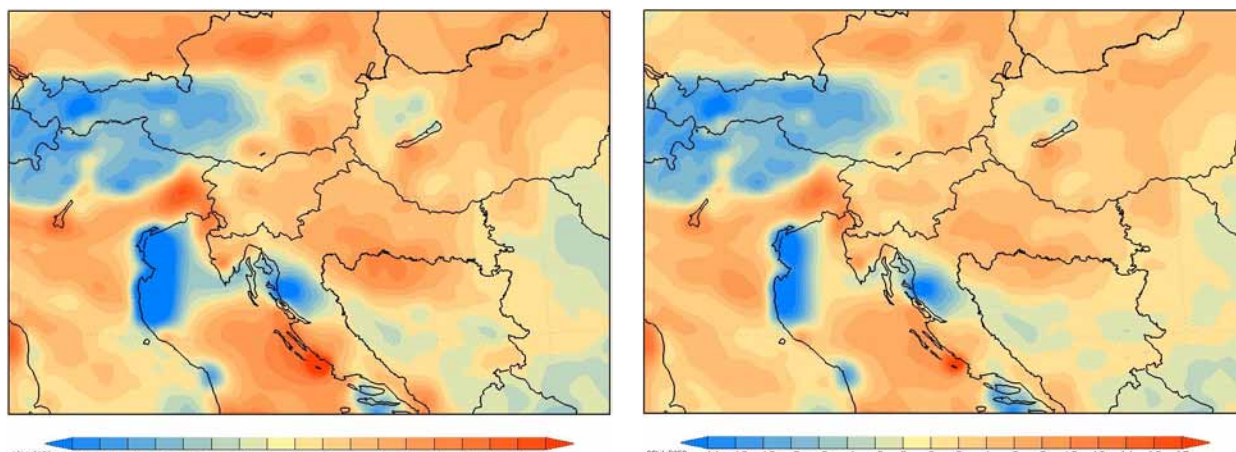


Slika 7. Vodna bilanca v juliju 2011 (desno) v primerjavi s povprečjem 1971–2000 (levo)

Stanje vodne bilance je bilo v juliju ugodnejše, kot je značilno za dolgoletno povprečje. V večjem delu Slovenije je bila julijska vodna bilanca pozitivna. Negativno stanje vodne bilance je bilo na skrajnem jugozahodnem in jugovzhodnem delu Slovenije. Na Obali je bil vodni primanjkljaj manjši kot običajno v tem času. Zelo namočena so bila območja od severozahoda proti osrednji Sloveniji ter v delu Slovenskih goric in Prekmurja, kjer je bila julijska vodna bilanca nad 140 mm.

stanja ефективne temperature zraka nad 5 °C od povprečja 1971–2000 za vegetacijsko obdobje (od 1. aprila do 30. septembra) in letno obdobje. S pomočjo modela NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model) je odklon predstavljen za širše območje Slovenije in mejnih okoliških držav (slika 8). Modeli NMM so bili prvenstveno razviti za napovedovanje vremena; za potrebe agrometeorološkega dekadnega biltena pa simulirajo vremenske razmere za preteklo obdobje, na osnovi česar so izpeljane analize preteklega obdobja. Za analizo dolgoletnih povprečnih vrednosti uporabljamo na naše področje prilagojen arhiv reanaliz vremena Evropskega centra za srednjeročne napovedi vremena za obdobje 1989–2010.

Temperaturne razmere, zlasti akumulirana toplota, so gonilni dejavnik razvoja rastlin. Zato poleg stanja vodne bilance v dekadnem biltenu spremljamo tudi odklon



Slika 8. Odstopanje vsote efektivnih temperatur zraka nad pragom 5 °C od 1. januarja do 8. avgusta 2011 (levo) in od 1. aprila do 8. avgusta 2011 (desno) od modelskega povprečja za isti časovni obdobji v letih 1989–2010

Simulacije akumulacije temperature zraka nad pragom 5 °C od 1. januarja in 1. aprila so ob koncu prve dekade avgusta 2011 pokazale rahel pozitiven odklon od dolgoletnega povprečja na območju cele Slovenije. Še posebno zanimivo je ocenjevanje spremenjenega stanja glede na predhodno dekada. V tem primeru vsote efektivne temperature zraka se je velikost odstopanja nekoliko zmanjšala. Model NMM omogoča tudi spremljanje stanja površinske vodne bilance za obdobje zadnjih 70 dni in primerjavo glede na stanje v predhodni dekadi. Ta je konec prve dekade avgusta kazala na povečanje primanjkljaja v večjem delu Slovenije, razen na skrajnem severovzhodu države. Numerična simulacija vremena omogoča napovedovanje temperature in vodne bilance, izraženih v odklonih glede na povprečje, tudi za nekaj dni v naprej. Tako je v biltenu na voljo tudi napoved za prihodnjih deset dni.

## DMCSEE

V zadnjih desetletjih je imela suša velik vpliv na gospodarstvo in nasploh na blagostanje prebivalstva tudi na širšem območju jugovzhodne Evrope. Regionalne (in tudi mednarodne) analize suše seveda zajemajo večjo količino podatkov iz različnih virov. Potrebna sta standardizacija in izbor (v nekaterih primerih tudi filtriranje) lokalnih podatkov. Vrednost sušnih indeksov za širše območje jugovzhodne Evrope se računa s pomočjo podatkov, izmerjenih na številnih lokacijah meteoroloških postaj. Pri tem lahko uporabimo na geostatistiki temelječe metode, ki pa bolj ali manj posegajo v same podatke in tudi s pomočjo glajenja reducirajo informacije. Mogoče je uporabiti tudi katero od dostopnih baz podatkov o padavinah v pravilni mreži, npr. analize padavin Globalnega centra za klimatologijo padavin – GPCC. GPCC izdeluje mesečne analize padavin v pravilni mreži točk, kar je za pripravo kart zelo prikladno. Ker pa gre za globalne analize, ki temeljijo na številnih podatkovnih virih, je v tem primeru vpliv lokalnih meritev padavin na končni rezultat še manjši. Izračuni SPI na podlagi podatkov GPCC so na spletni strani Centra za upravljanje s sušo v jugovzhodni Evropi, kjer so dostopni tudi izračuni SPI za pretekla obdobja.

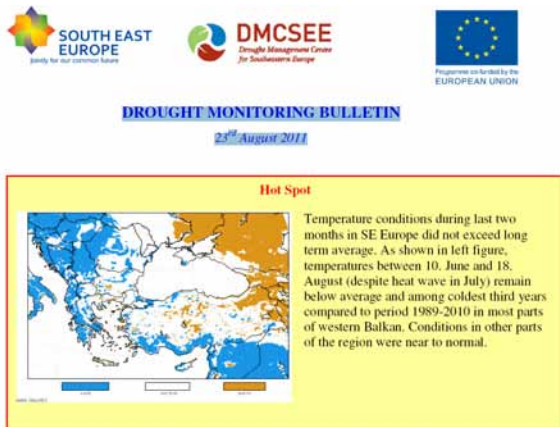
Alternativa uporabi točkovnih merskih podatkov ali izvedenih prostorskih analiz je uporaba numeričnih modelov za simulacijo vremena. Gre za računalniške modele, ki se sicer redno uporabljajo za vremensko napoved. Sodobni numerični meteorološki modeli so zgrajeni okrog celotnega sklopa enačb, ki opisujejo gibanje zraka v atmosferi, interakcijo med tlemi in prosto atmosfero, sončno obsevanje, vodni cikel in številne druge procese. Zaradi svoje diskretne formulacije ti modeli uporabljajo pravilno mrežo računskih točk za izračun vremenskih spremenljivk. Število računskih točk oziroma razdalja med njimi pa določa vrsto procesov, ki jih je mogoče simulirati, in tudi natančnost simulacije. Običajno so danes razdalje med točkami v mreži pri modelih za operativno napoved vremena v območju med 10 in 20 km. Vsekakor je ta proces zanimiv tudi z vidika zaznavanja in napovedovanja suše. Ker pa je suša v splošnem definirana kot negativno odstopanje količine padavin od običajnih razmer, poleg simuliranega razvoja vremena potrebujemo tudi simulacije daljšega obdobja. V ta namen lahko uporabimo ponovne analize vremena Evropskega centra za srednjeročne napovedi vremena (zadnje ponovne analize so bile opravljene za obdobje 1989–2010). Omogočijo nam primerjave simulacij ne le z redkimi merilnimi točkami, temveč v celotni računski mreži.

Uporaba modelov za simulacijo razvoja vremena torej ni univerzalna rešitev in nikakor ne more nadomestiti uporabe merskih podatkov meteoroloških postaj; ni niti nadomestek potrebni modernizaciji in zgoščitvi meteorološke mreže. Glavna slabost je, da gre kljub vsemu za računalniško simulacijo, ki lahko od dejanskih razmer precej odstopa. Dobra lastnost uporabe teh simulacij pa je v podatkih, ki so že urejeni v pravilno mrežo točk. To nam omogoča boljši prostorski vpogled v situacijo in predvsem enakomerno pokriva prostor.

## Kaj ponuja mesečni bilten DMCSEE

Eden od produktov sušnega centra DMCSEE je mesečni bilten. Nastal je v okviru projekta za čezmejno sodelovanje (TCP). V njem je za območje jugovzhodne Evrope analizirano stanje temperaturnih razmer (slika 9), stanje vodne bilance in SPI indeksa. Bilten omogoča hiter

vpogled v aktualne sušne razmere v regiji, s poudarki, ki nakazujejo odstopanja od povprečnih razmer. Pomemben del biltena so poročila o dejanskih sušnih razmerah na posameznih območjih, ki so vložek posameznih držav oziroma regij, vključenih v center. Posebno poglavje je namenjeno izgledom za temperaturo in vodno bilanco za prihodnje obdobje. Bilten je dosegljiv na spletni strani DMCSEE, kjer so objavljeni še številni drugi članki, spletne novice in analize razmer.



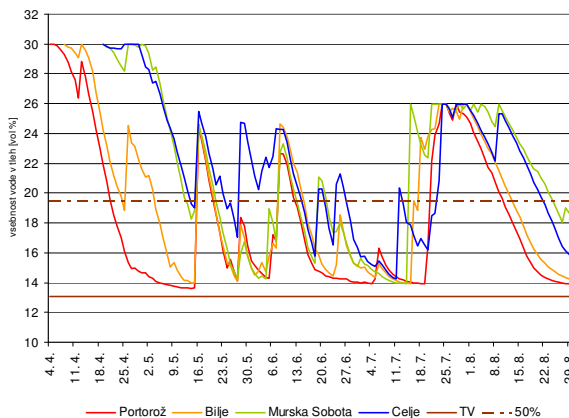
Slika 9. Mesečni bilten DMCSEE za avgust 2011

## Analiza sušnih razmer v letu 2011 v Sloveniji

Analiza kmetijske suše v vegetacijskem obdobju 2011 temelji na izračunanih vsebnostih vode v tleh za primer koroze in za prepustna tla z nizko poljsko kapaciteto (slika 10). Rezultati kažejo, da je bilo stanje v različnih regijah zelo raznoliko zaradi neenakomerne razporeditve padavin, obdobja z vročino in visokim izhlapevanjem ter sovpadanja z razvojnimi obdobji rastlin. Rastline so bile zato občasno izpostavljene sušnemu stresu zaradi nizkih vsebnosti vode v tleh; meja sušnega stresa, ko rastline že občutijo nizke vsebnosti vode v tleh, je v primeru modela WinSAREG arbitrarno postavljena na sredino med poljsko kapaciteto in točko venenja.

Zabeleženi so bili trije sušni intervali: spomladansko obdobje s sušnim stresom je na Primorskem trajalo približno mesec dni, od začetka aprila do sredine maja, nato pa še tri tedne, od 19. maja do 7. junija. V Prekmurju so se težave s sušo začele po 7. maju in prvo obdobje se je po mesecu dni končalo 7. junija. Drugod po Sloveniji je bil spomladanski sušni interval krajši. Najdaljše obdobje s sušnim stresom je bilo na Obali, skupno več kot 120 dni. Na Goriškem je bilo takih dni okrog 100, drugod po nižinskem delu Slovenije pa med 60 in 80 dni. Vse navedene številke sicer veljajo za koroze, seveda pa so tudi druge rastline utrpeli sušni stres.

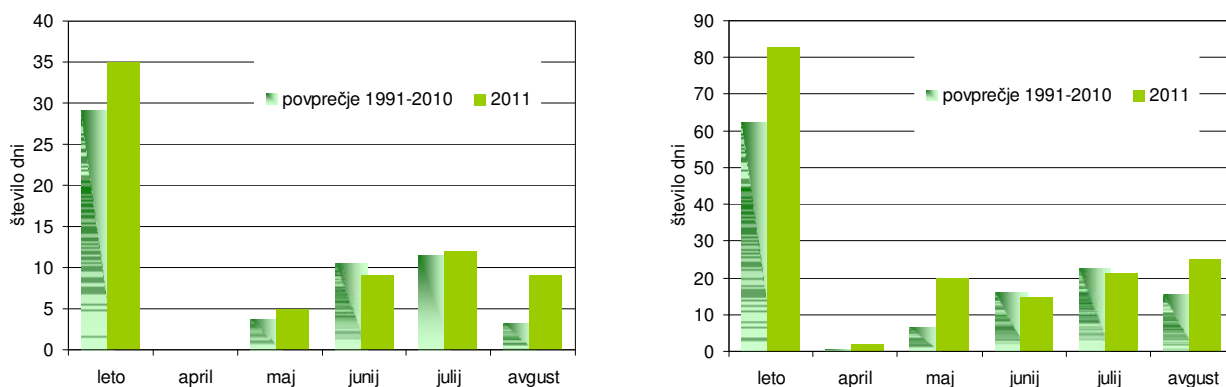
Na podlagi te analize lahko nedvomno zaključimo, da so bila tudi v letošnjem letu posamezna sušna obdobja, ki pa so bila pogosto prekinjana in (z izjemo Primorske) relativno kratka. V obdobju med sredino julija in sredino avgusta pa lahko celo govorimo o optimalni namočenosti tal.



Slika 10. Simulirana vsebnost vode v tleh pri korozi (model WinSAREG) na tleh s slabšo zadrževalno kapaciteto za vodo v vegetacijskem obdobju 2011 v Portorožu, Biljah, Murski Soboti in Celju (ravna črta z oznako TV predstavlja točko venenja, prekinjena črta z oznako 50 % pa mejo sušnega stresa)

## Ob koncu poletja poleg sušnega še vročinski stres in ožigi

Zadnje obdobje sušnega stresa je bilo ob vročinskem valu po 18. avgustu, ki je trajal do 18. septembra in zajel večji del Slovenije. Visoke temperature zraka so vplivale na višjo stopnjo izhlapevanja. Leta 2011 je bilo na jugozahodu Slovenije v vegetacijskem obdobju od aprila do avgusta skoraj 20 dni več, ko je iz rastline in tal izhlapelo 5 mm ali več vode na dan kot v povprečju zadnjih 20 let (slika 11). Največ dni z nadpovprečno visokim izhlapevanjem je bilo po vsej Sloveniji maja in avgusta, na Primorskem skupno 83, v osrednji Sloveniji pa 9. Vročinski stres lahko rastlinam povzroči hude težave in poškodbe. Največkrat gre za kombinacijo sušnega in vročinskega stresa, saj zgolj visoke temperature zraka ob zadostni oskrbi rastlin z vodo ne vplivajo toliko na rastne procese. Ko pa je količina vode omejena, imajo visoke temperature močan vpliv. Previsoke temperature zraka, sploh če trajajo dlje časa, negativno vplivajo na rast in razvoj rastlin, poškodbe pa se kažejo na listih in plodovih. Leta 2011 so pogosto poročali tudi o novi nevšečnosti, ki je posledica vremenskih pojavov – sončnih ožigov na plodovih, ki povzročajo občutno zmanjšanje kakovosti plodov. Še posebno nevarna je kombinacija več zaporednih ur s temperaturo zraka nad 30 °C in zelo močnim sončnim sevanjem. Vpliv ožigov je še večji, če je hkrati prisotno pomanjkanje vode v tleh oziroma je bilo deževno obdobje pred nastopom povišanih temperatur zraka (spiranje voščene prevleke). Nekateri drugi dejavniki (veter, ozon) pa občutljivost še povečujejo.



Slika 11. Število dni s potencialno evapotranspiracijo,  $\geq 5$  mm, po mesecih za obdobje april–avgust 2011 za Ljubljano (levo) in Portorož (desno) v letu 2011 ter v dolgoletnem povprečju

## Kako blažimo posledice suše v Sloveniji

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 treba 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 ujami v kmetijstvu; s tem v zvezi 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. 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 ustreznih kultur, odpornih na sušo. Na sušno najbolj prizadetih zemljiščih je potrebno dati prednost tistim kulturam, ki dozori, 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 so nujni programski in izvedbeni cilji ter nenazadnje krovni 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 najučinkovitejši in najzanesljivejši 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 so lahko učinkoviti le, če smo na sušo pripravljeni. Pomembno je vodenje politike, ki podpira dejavnosti za ozaveščanje in izobraževanje, izvajanje monitoringa kmetijske suše, upravljanje s sušnimi razmerami ter sprotne analize vpliva podnebnih sprememb na kmetijstvo v Sloveniji.

## Kako sušo obvladovati v prihodnje

Preizkušali so se že številni pristopi za prilagajanja sušnejšim razmeram in spremembi oskrbe rastlin z vodo, tudi s tehnološkimi ukrepi in spremembami kmetovanja. Primeri dobre prakse bi morali biti intenzivneje predstavljeni širši javnosti.

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 treba doreči krizni načrt in prioritete.

## 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 bile do prestrukturiranja ministrstev pristojnosti o podatkih o tleh razdeljene med dve ministrstvi (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Ministrstvo za okolje in prostor) 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 treba tudi o spremembah 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 h kriznemu upravljanju. Kljub temu analize za Evropo kažejo, da večina evropskih držav na pojav suše reagira z razglasitvijo nacionalnega ali regionalnega programa za zmanjšanje posledic. Mednje sodi tudi Slovenija z državnimi programi o odpravi posledic naravnih nesreč. Le redke države 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 poudarjena dejavnost v zvezi s povečanim pomanjkanjem vode v Evropi tudi na področju Vodne direktive EU (Water Framework Directive), Konvencije Združenih Narodov o boju proti dezertifikaciji (UNCCD), Svetovne meteorološke organizacije (WMO) in Evropske Komisije. Kamenček v mozaiku je tudi delovanje DMCSEE, ki bo poskušal združevati stroko na področju raziskav suše v jugovzhodni Evropi. Upamo, da nam bo boljše sodelovanje na področju upravljanja s sušo uspelo tudi v Sloveniji.

## Literatura

1. FAO (1998). Technical papers, Irrigation and drainage paper, Crop water requirements, no. 56, part I.
2. Gregorič, G. and Ceglar, A. (2007). Monitoring suše – regionalni aspekt. 18. Mišičev vodarski dan / Zbornik referatov, pp. 124–127.
3. IMKO. 2004. Tehnična dokumentacija – priročnik. IMKO Micromodultechnik 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).
4. 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: 62 str.
5. 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.
6. Kurnik, B. 2002. Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Diplomsko delo. FMF, Univerza v Ljubljani: 66 str. <http://www.kmetijski-zavod.si/novice>.
7. Računsko sodišče. 2007. Revizijsko poročilo o smotnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu: 85 str.
9. Sušnik A. 2005. IRRFIB model and its practical usage for drought estimation in Slovenia. In: Marachi G, Kajfež-Bogataj L, Orlandini S, Rossi F, Barazutti M (eds.): Irrigation and pests and disease models: Evaluation in different environments and web-based applications. European Commission, Brussels, 36–42.
10. Sušnik A. 2006. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 147 str.
11. Water management in a changing environment. Strategies against water scarcity in the Alps. Project outcomes and recommendations. Alp-Water-Scarce, Oct. 2008–Oct. 2011. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/recent/wb/currentyear/>.
13. [http://www.dmcsee.org/en/drought\\_bulletin/](http://www.dmcsee.org/en/drought_bulletin/).
14. [www.dmcsee.eu](http://www.dmcsee.eu).
15. [http://www.dmcsee.org/en/tcp\\_project/](http://www.dmcsee.org/en/tcp_project/).
16. [http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data\\_g\\_pcc.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data_g_pcc.html).





Foto: Tanja Cegnar



Foto: Marko Clemenz

# Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost

Mira Kobold, Florjana Ulaga

Hidrološko stanje voda je v največji meri posledica vremenskega dogajanja. Posledice podnebnih sprememb se odražajo v vse pogostejših naravnih katastrofah, ki so povezane s preobilico ali premalo vode. V Sloveniji se zadnja leta spopadamo na eni strani s poplavami, na drugi s hidrološko sušo, medtem ko je običajno letna količina padavin blizu obdobjnega povprečja. Obe skrajnosti lahko nastopita celo v istem letu. Glede na dramatične poplave in dolgotrajne suše, ki smo jim priča v zadnjih letih, so ključnega pomena hidrološke analize in odkrivanje trendov dolgih časovnih nizov. Prikazani so vzroki za nastanek izrednih hidroloških pojavov v Sloveniji, vpliv podnebnih sprememb na te pojave ter trendi pretokov na podlagi opazovanj in podatkov hidrološke merilne mreže.

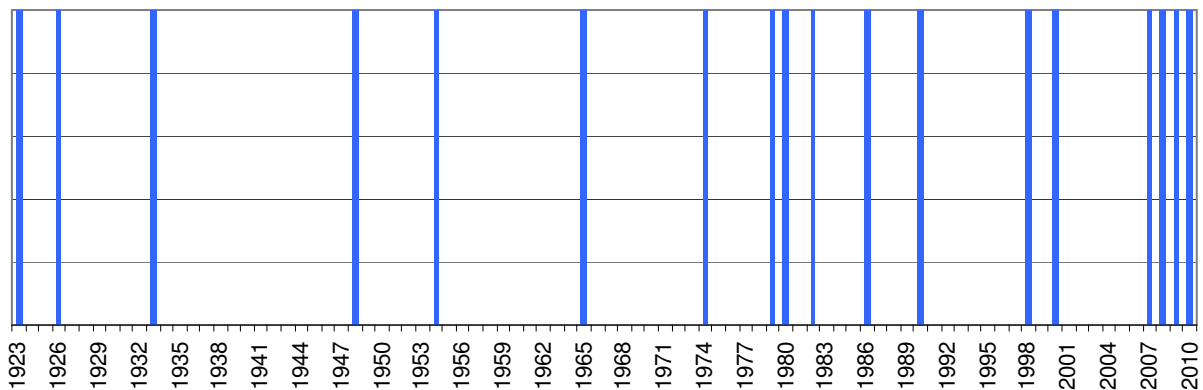
Meritve in analize podnebnih spremenljivk kažejo, da se spreminjajo padavinski vzorci, količina in intenziteta padavin (Bertalančič in sod., 2010). Vse večji delež padavin pade v obliki intenzivnih padavin, saj se zaradi višanja temperature zraka in temperature površine oceanov povečuje vlažnost zraka. Pogostejši so obilni padavinski dogodki in posledično poplave, tudi tam, kjer letna količina padavin upada.

## Stanje in scenarij podnebnih sprememb za Slovenijo

Napovedi podnebnih sprememb za Slovenijo predvidevajo, da se bo do konca 21. stoletja temperatura zraka v povprečju dvignila 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, najmanjšega pa zaradi podzemnih akumulacij vode pri kraških vodotokih.

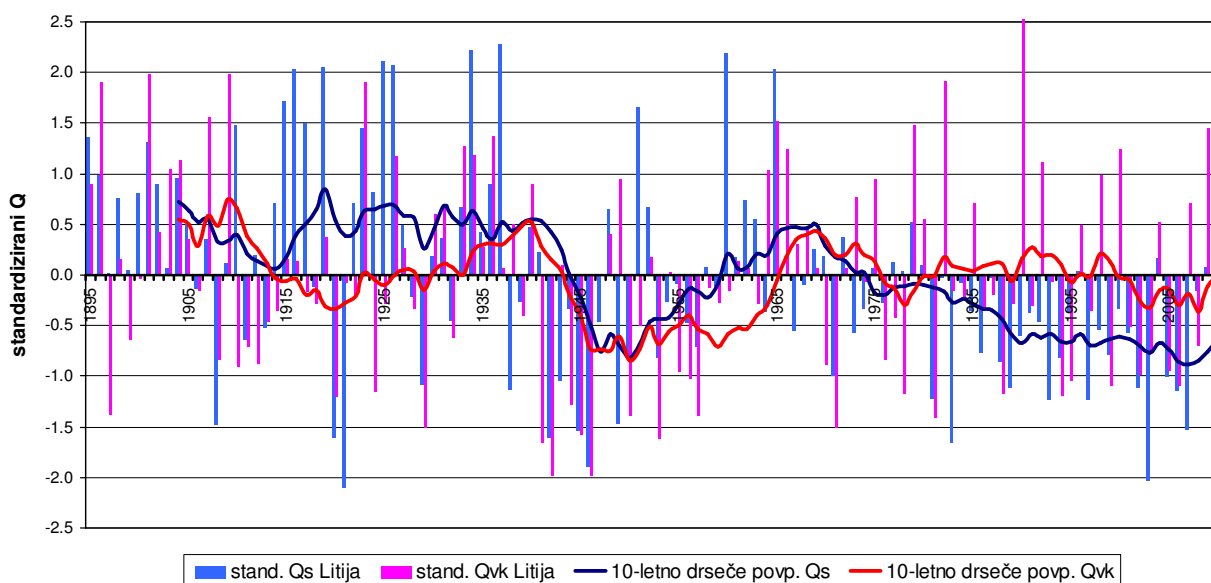
Trendi pretokov so pomembni kazalci časovne spremenljivosti hidroloških pojavov. Z analizo časovnega zaporedja pretokov proučujemo dogajanje v preteklosti, ocenjujemo izrazitost in značilnost časovnega spreminjanja, ugotavljamo spremembe v hidrološkem režimu in napovedujemo prihodnji razvoj. Zadnja leta so poplave in suše kot posledica podnebnih sprememb v Sloveniji opazno pogostejše (slika 1), zato je spremljanje in proučevanje hidroloških stanj in dogodkov vse aktualnejše. Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) je leta 2008 izdal tehnično poročilo o podnebnih spremembah in vodi, v katerem navaja, da 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.



Slika 1. Leta z obsežnejšimi poplavami v Sloveniji (upoštevane so poplave s povratno dobo nad 50 let na vsaj treh porečjih)

Na spremembe v hidrološkem obnašanju rek kaže analiza časovne spremenljivosti srednjih letnih pretokov in letnih visokovodnih konic, ki smo jih zaradi lažje medsebojne primerjave standardizirali. Vrednost indeksa 0 pomeni povprečne pretoke, pozitivne vrednosti indeksa pomenijo nadpovprečne, negativne pa podpovprečne pretoke. Diagram standardiziranih srednjih letnih pretokov in letnih visokovodnih konic za postajo Litija s podatki od leta 1895 (slika 2) kaže na pretežno mokra leta konec 19. in v prvi polovici 20. stoletja do leta 1940. Med leti

1940 in 1960 je bilo izredno suho obdobje brez izrazitih letnih visokovodnih konic, letu 1960 pa je sledilo skoraj 20-letno obdobje z nekoliko nadpovprečno vodnatostjo. Po letu 1980 je opazna podpovprečna letna vodnatost s pogostimi visokimi vodami. To je tudi obdobje, ko se je začelo govoriti o podnebnih spremembah. V skoraj 30-letnem obdobju je bila leta 2010 prvič močno presežena srednja letna vodnatost rek. Pretoki rek so bili v tem letu v povprečju 30 % večji od povprečnih pretokov v 30-letnem primerjalnem obdobju (Strojan, 2010).



Slika 2. Standardizirani srednji letni pretoki in letne visokovodne konice za vodomerno postajo Litija na Savi ter 10-letno drseče povprečje

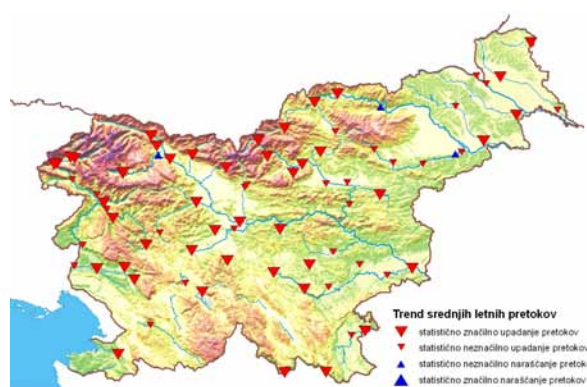
Analizo trendov smo izvedli za male, srednje in velike pretoke za merilna mesta, ki imajo niz podatkov nad 30 let (Jurko, 2009). Pri tovrstnih analizah smo največkrat omejeni z obdobji opazovanj, za katera imamo na razpolago podatke. Pretoki rek so odraz podnebne dogajanja, spremembe v pretokih in pretočnih 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 s svojimi dejavnostmi vpliva tudi človek, neposredno s spremembami v rabi tal in posredno z emisijami, kar intenzivira procese globalnega segrevanja ter s tem povezane posledice.

### Trend srednjih letnih pretokov

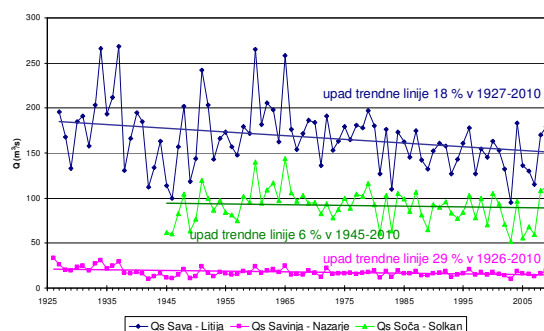
Srednji letni pretoki ponazarjajo povprečno letno količino vode, ki teče skozi določen profil vodotoka. Z analizo trendov teh časovnih vrst lahko hitro ocenimo razpoložljive količine vode in predvidimo trend v prihodnosti. Da je ta ocena, izračunana z analizo trendov, zanesljiva, potrebujemo čim daljše nize opazovanj. Rezultati zadnje analize (Jurko, 2009) kažejo zmanjševanje srednjih letnih pretokov po vsej Sloveniji (slika 3). Statistično značilno upadanje pretokov s stopnjo značilnosti nad 90 % izkazujejo vse reke alpskega in predalpskega sveta, dinarske Slovenije in Pomurja. Statistično neznačilno upadanje srednjih pretokov imajo v spodnjih tokovih Soča, Vipava, Krka, 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 (slika 4). Upadanje pretokov je posledica manjše letne količine padavin in porasta povprečne letne temperature zraka (Bertalančič in sod., 2010), ki vpliva na povečanje

evapotranspiracije in posledično na zmanjševanje odtoka s porečij.



Slika 3. Trend srednjih letnih pretokov na vodomernih postajah ARSO



Slika 4. Upad trendne linije na treh vodomernih postajah državnega hidrološkega monitoringa

### Pogostost poplav v Sloveniji in njihov trend

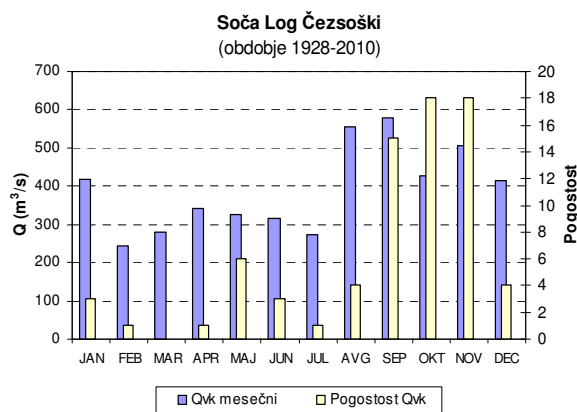
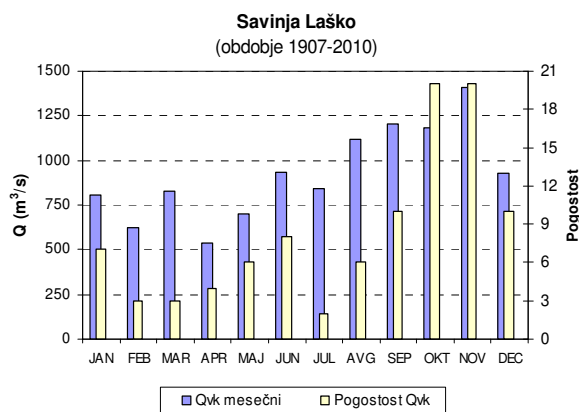
Poplave in izredne razmere v Sloveniji najpogosteje nastanejo zaradi obilnih padavin po dolgotrajnem,

večdnevnem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevnih izjemnih padavin so poplave večjega obsega. Sem vsekakor spadajo poplave iz novembra 1990 (Kolbezen, 1991), novembra 1998 (Polajnar, 1999) in septembra 2010 (Kobold, 2011), ki jih štejejo med največje v Sloveniji z več kot stoletno povratno dobo. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo taljenje odeje in velik, lahko katastrofalen površinski odtok. Velikokrat poplave povzročijo lokalno omejeni kratkotrajni in močni nalivi v sušnem obdobju. To potrjujejo izkušnje zadnjih let v Sloveniji, ki so bila v letnem povprečju skromnejša s padavinami, toda bogata z raznimi ujami, kot so neurja z vetrom, zemeljski plazovi in poplave. Leta 2003, ki velja za eno najbolj sušnih let v Sloveniji glede na obdobje meritev, so hudourniške poplave avgusta največ škode povzročile v Zgornjesavski dolini in porečju Tržiške Bistrice. Septembra 2007 so poplave 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.



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

Leta 2008 pa smo kljub nadpovprečni količini padavin beležili skoraj polletno hidrološko sušo, ki so ji decembra ponekod po državi sledile poplave.

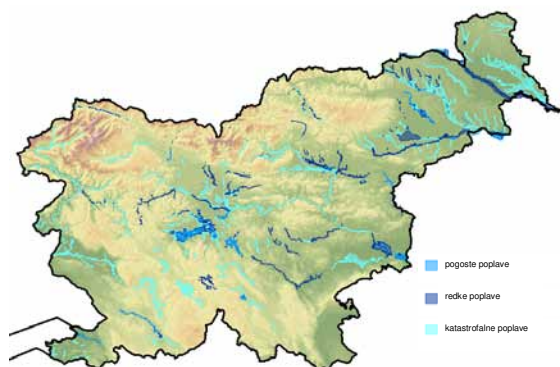


Slika 6. Največje mesečne visokovodne konice (Qvk) in pogostost letnih konic po mesecih za vodomerni postaji z dolgim nizom podatkov

V Sloveniji se poplave lahko zgodijo v katerem koli mesecu leta, najpogostejše pa so v jesenskem obdobju, predvsem oktobra in novembra. Poplave največjih razsežnosti imamo običajno 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 kakor 70 mm/uro in 240 mm/dan. Ker jeseni upade zadrževalni učinek vegetacije, dosežejo pretoki v teh mesecih na večini slovenskih vodotokov največje vrednosti (slika 6). Poplave so najpogostejše hudourniškega tipa, saj Slovenija leži v glavnem v povirju rek. Trajajo le do nekaj ur, razen ob Dravi in Muri, kjer lahko tudi več dni. Posebnost so tudi poplave kraških rek, ki nastanejo počasi in prav tako trajajo več dni.

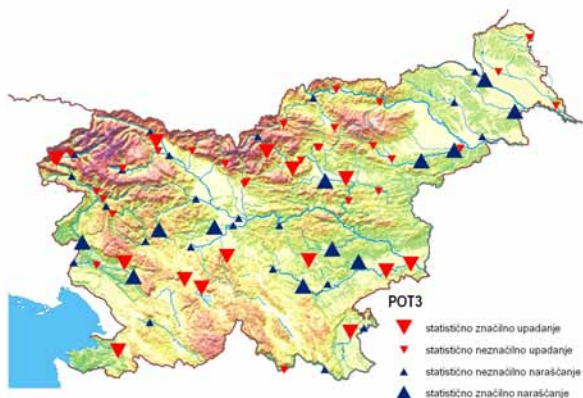
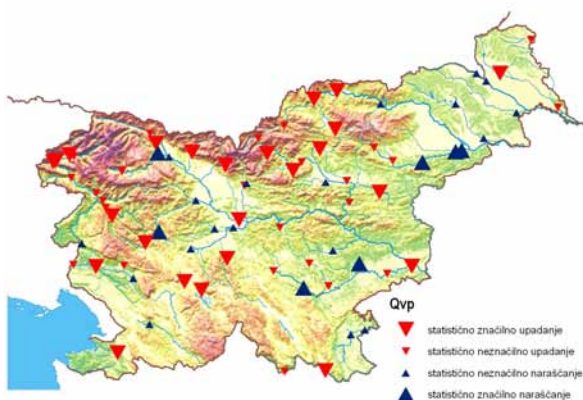


Slika 7. Meritve visoke vode 19. septembra 2010 na v. p. Veliko Širje na Savinji (vir: arhiv ARSO)



Slika 8. Poplavna območja v Sloveniji (vir: ARSO, Atlas okolja)

Glavna in najboljšežnejša območja poplav so v nižinsko-ravninskih predelih severovzhodne Slovenije, v predalpskih dolinah in kotlinah ter v osrednji in vzhodni Sloveniji (slika 8).



Slika 9. Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov (Qvp) in trend pogostosti visokih ekstremov v povprečju trikrat letno (POT3). Za statistično značilen trend je privzeta stopnja značilnosti nad 90 %.

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

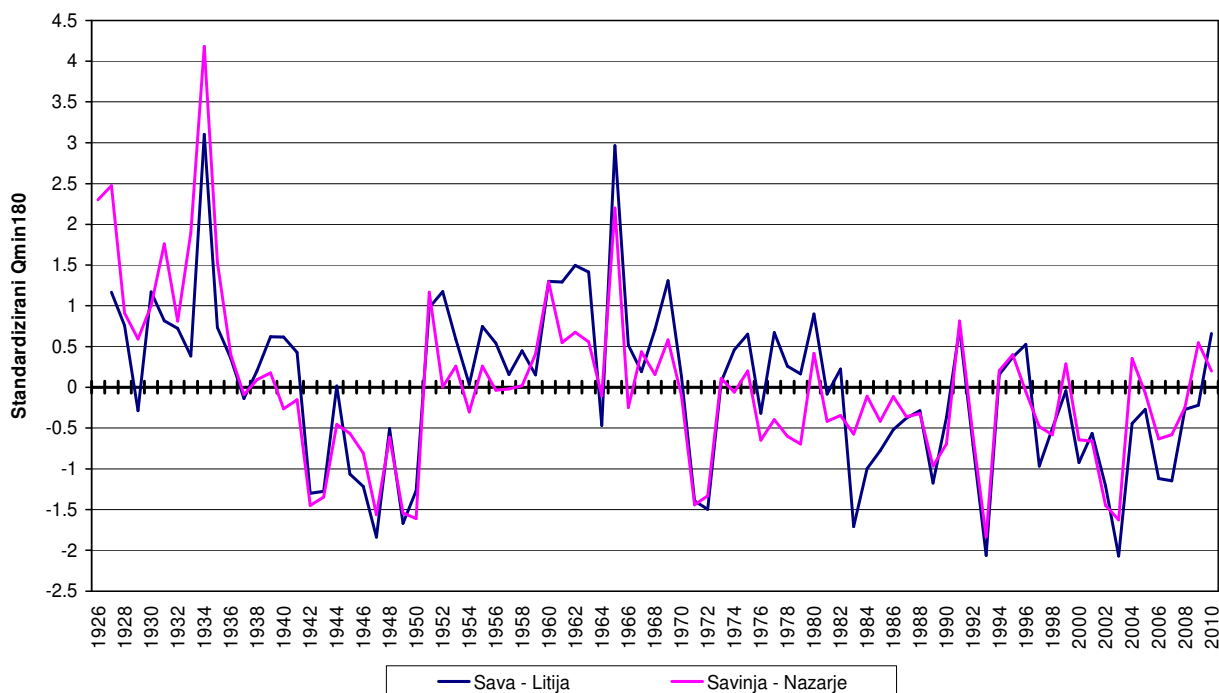
manjših povodjih so za njihov nastanek odločilne intenzivne padavine krajšega trajanja (do nekaj ur), ki so najpogostejše v poletnem obdobju, medtem ko so za poplave na večjih povodjih odločilne padavine z daljšim trajanjem, ki nastanejo večinoma v pomladanskem ali jesenskem času.

Analiza trendov velikih pretokov (Jurko, 2009) izkazuje za največje letne srednje dnevne pretoke (Qvp) na splošno upadajoč trend letnih konic (slika 9). Statistično značilen padajoč trend imajo Ledava in Meža, pritoki Savinje, pritoki v zgornjem toku Save, Kolpa, Soča v zgornjem delu, Idrija ter kraške reke. Manj izrazit negativen trend izkazujejo Sava Bohinjka, Sava v Litiji, Vipava, pritoki Krke, Soča v srednjem delu. Ljubljanska, Dravinja, Ščavnica, Pesnica in Soča v Solkanu izkazujejo rahlo naraščajoč trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov. Statistično značilno naraščanje velikih pretokov je prisotno na Krki, v spodnjem toku Dravinje, spodnjem toku Save Bohinjke in Sore v povirnem delu.

Tudi trend pogostosti visokovodnih ekstremov (v povprečju trikrat na leto – POT3) po vsej Sloveniji ne kaže na večanje števila visokovodnih dogodkov (slika 9). Trend večanja števila visokovodnih dogodkov je zaznan v osrednjem in vzhodnem delu države, kjer je trend marsikje statistično značilen. Upadajoč trend pojavljanja visokovodnih dogodkov je zaznan v porečju Savinje, notranjskega krasa, na Primorskem ter deloma v severozahodni Sloveniji. Na podlagi teh analiz ne moremo zaključiti, da se število poplav in njihova pogostost v Sloveniji dramatično povečujeta, kakor kažejo nekatere podnebne napovedi (IPCC, 2008).

## Hidrološke suše in trendi

Poleg soočanja s hudourniški poplavami so za obdobje od leta 2000 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, beležimo vse pogostejše suše. Grafični prikaz standardiziranega najmanjšega letnega pretoka je primerno orodje za analizo hidrološke suše (slika 10). 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 2000–2003). Suša je sicer regionalni pojav in nikoli ne zajame enakomerno cele Slovenije. Analiza malih pretokov ob upoštevanju trajanja malih pretokov in primanjkljaja 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 10. Časovna spremenljivost standardiziranega najmanjšega letnega 180-dnevnega pretoka za dve vodomerni postaji

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

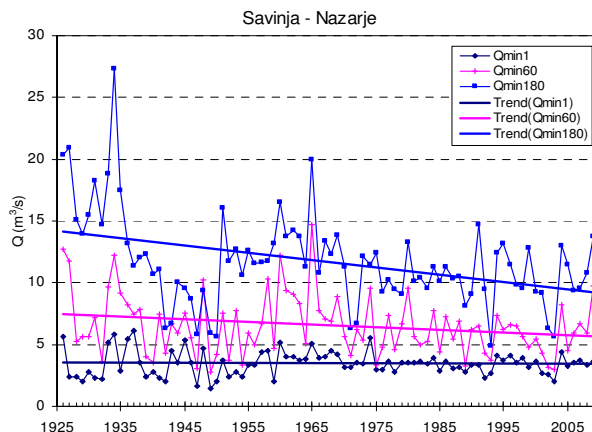
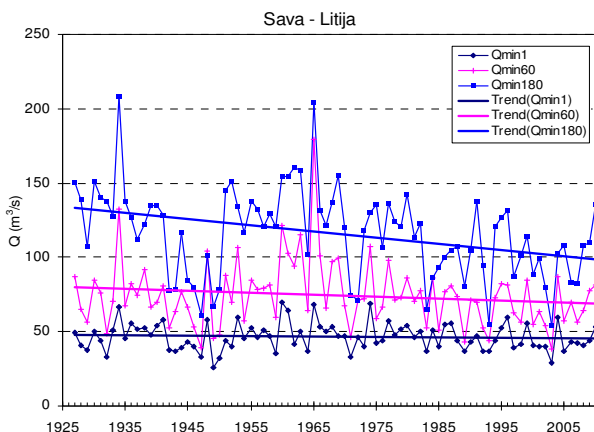
pretoki. Čeprav za najmanjše letne srednje dnevne pretoke ( $Q_{min1}$ ) ni značilen upadajoči trend, pa je za najmanjše letne pretoke daljših trajanj (nad 30 dni) ta trend zelo izrazit (slika 11).

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

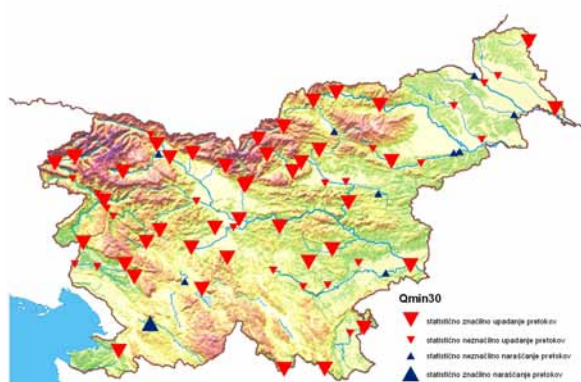
Vodotok, vodomerna postaja	Najbolj suho leto	Neprekinjeno obdobje opazovanj
Mura, Gornja Radgona	1947	1946–2010
Ščavnica, Pristava	2003	1954–2010
Sava, Litija	2003	1927–2010
Sora, Suha	1947	1945–2010
Kamniška Bistrica, Kamnik	1993	1946–2010
Ljubljana, Moste	1947	1946–2010
Savinja, Nazarje	1949	1926–2010
Savinja, Laško	1949	1907–1939, 1946–2010
Krka, Podbočje	1946	1933–2010
Soča, Solkan	1947	1945–2010

Analiza trendov najmanjših pretokov daljših trajanj (nad 30 dni) kaže z izjemo vzhodne Slovenije skoraj po vsej državi upadanje malih pretokov (Jurko, 2009; slika 12). Mali pretoki kažejo statistično značilno upadanje 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. Statistično značilen naraščajoč trend malih pretokov ima le reka Reka dolvodno od Ilirske Bistrice, kjer gre za umetni vpliv bogatenja v sušnih mesecih iz vodnih zadrževalnikov Mola in Klivnik v zaledju Reke.

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 11. Trendi najmanjših letnih srednjih dnevni pretokov (Qmin1), najmanjših letnih 60-dnevni pretokov (Qmin60) in najmanjših letnih 180-dnevni pretokov (Qmin180) za dve vodomerni postaji



Slika 12. Trend najmanjših letnih 30-dnevni pretokov (Qmin30). Trend je statistično značilen s stopnjo značilnosti nad 90 %.

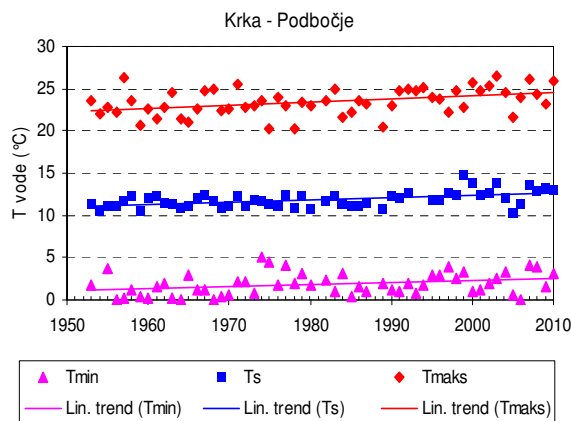
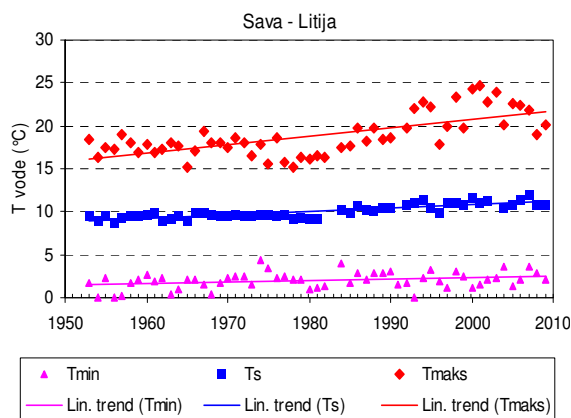


Slika 13. Presušitev na v. p. Gorenje Jezero na Strženu julija 2006 (foto: M. Kobold)

### 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 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 toplotnih obremenitev je ob višjih temperaturah vode manjša.



Slika 14. Najvišje (Tmaks), srednje letne (Ts) in najmanjše (Tmin) temperature vode v obdobju opazovanj (vrednosti ob 7. uri zjutraj) na dveh vodomernih postajah

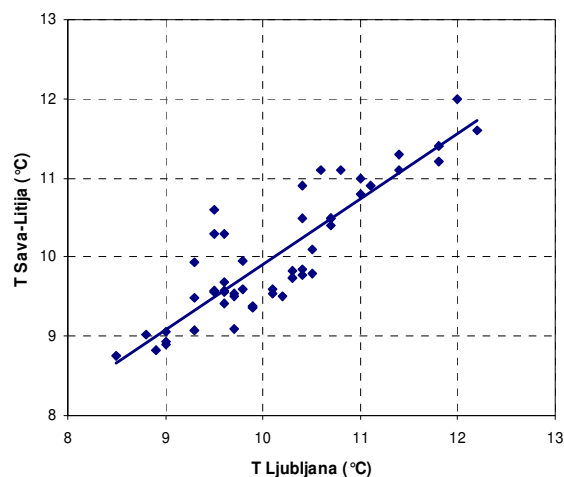




Slika 15. Cerkniško polje pozimi (foto: M. Kobold)

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 vodomernih postajah Podbočje na Krki in Solkan na Soči, ki imata razmeroma dolg niz podatkov o temperaturi vode (enkrat dnevna opazovanja temperature vode ob 7. uri zjutraj), narašča trend najvišje in srednje letne temperature vode (slika 14). 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 obdobjih vrednosti. Najvišje temperature vode v letu 2003 so bile v glavnem zabeležene avgusta. Na avtomatskih merilnih postajah so bile izmerjene naslednje najvišje vrednosti: Podbočje na Krki 28,3 °C, Moste na Ljubljanici 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, znašala je 26,6 °C.

Temperatura površinskih voda je v veliki meri odvisna od temperature zraka; med njima obstaja močna soodvisnost (slika 16). Glede na prevladujoč vpliv temperature zraka na temperaturo površinskih voda lahko v skladu z globalnimi trendi segrevanja zemeljskega ozračja pričakujemo trende segrevanja vodotokov, jezer in morja, kar potrjuje analiza značilnih temperatur vode za daljše časovno obdobje.



Slika 16. Odvisnost srednje letne temperature Save v Litiji od temperature zraka

## Zaključek

Trendi meteoroloških in hidroloških spremenljivk kažejo, da se spremembe podnebja, ki vplivajo na vodno okolje, dogajajo. Rezultati analize trendov pretokov kažejo na splošno zmanjševanje vodnih količin srednjih in malih pretokov, vendar pa trendi po vsej Sloveniji niso statistično značilni. Večje razlike v trendih so za visoke

vode, ki izkazujejo manjšo statistično značilnost kot trendi srednjih in malih pretokov. Statistična značilnost trendov je v veliki meri odraz pokrajinske raznolikosti Slovenije. Analiza preteklega stanja je le pregled zabeleženih dogodkov, ki sami po sebi niso vedno dovolj zgovorni, njihova interpretacija pa lahko razkrije marsikateri pokrajinski pojav. Spremembe v pokrajini potekajo različno hitro, na kar vpliva več dejavnikov. Pri presoji spreminjanja količin vode v izbranem porečju moramo upoštevati podnebne spremembe, vpliv evapotranspiracije, poraščenost z gozdom, količine zalog podtalne vode ter spreminjanje naravnih površin v kmetijska in urbana območja.

Da se je povprečna letna temperatura zraka v Sloveniji povišala in da je proces zaraščanja močno opazen, predvsem v zahodni Sloveniji, sta dejstva, ki nas opozorita na upoštevanje evapotranspiracije pri interpretaciji spreminjanja količine razpoložljive vode v naravi. Skrb za prihodnost se tako kljub upadanju srednjih letnih pretokov rek ne nanaša le na pomanjkanje vode, pač pa tudi na njeno kakovost in prevzemanje toplotnih obremenitev, zlasti v sušnih mesecih leta; to je poleg vodne bilance porečij in ogroženosti pred poplavami bistvo hidrološkega raziskovanja in vrednotenja pokrajine. Kljub pomislekom ob splošnem zmanjševanju vodnih zalog stanje ni zaskrbljujoče, saj je Slovenija bogata z vodnimi viri, ukrepi prilagoditev na spremembe pa morajo biti ustrezno prilagojeni hidrološkim lastnostim porečja.

Glede na rezultate analiz trendov lahko tudi v prihodnje pričakujemo daljša sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena obdobja intenzivnih padavin. Vpliv predvidenih podnebnih sprememb (to je nadaljnja rast temperature zraka in večja intenziteta padavin) se bo odražal v večji poplavni ogroženosti in delovanju erozijskih sil, nižanju srednjih in malih pretokov ter ravnih podtalnic, težavah pri preskrbi z vodo, in sicer predvsem v Primorju in severovzhodnem delu Slovenije. Podnebne spremembe bodo vplivale na gospodarstvo, še posebno na kmetijstvo, energetiko, promet, turizem in zdravstvo. Pospešile bodo izgubo ekosistemov in biotske raznovrstnosti. Vplivi se bodo razlikovali po regijah, najbolj občutljiva bodo priobalna in gorska območja ter poplavne ravnice.

Ne smemo prezreti dejstva, da na ekstremne hidrološke pojave ne vplivajo le spremenjene podnebne razmere, temveč tudi človek s svojim poseganjem v vodni režim in okolje. To pospešuje dinamiko naravnih procesov in bistveno prispeva k slabšanju hidrološkega stanja, kar se odraža tako pri poplavah kot pri suši. Poplave lahko predvidimo in se nanje pripravimo, ne moremo pa jih preprečiti. Storiti moramo vse, da se izognemo še hujšemu poplavljanju zaradi človekovih posegov in da zmanjšamo ogroženost ljudi in njihovega premoženja. Prebivalstvo se mora zavedati možnih in dejanskih nevarnosti ter sprejemati preventivne ukrepe.

## Literatura in viri

1. Bertalanič, R., Demšar, M., Dolinar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M., Pavčič, B., Roethel-Kovač, M., Vertačnik, G., Vičar, Z., 2010. Spremenljivost podnebja v Sloveniji. MOP, Agencija RS za okolje, Ljubljana.
2. Dakova, S., 2004. Low flow and drought spatial analysis. Proceedings of BALWOIS conference, Ohrid, FY Republic of Macedonia, 11pp.
3. IPCC, 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
4. Jurko, M. 2009. Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, UL.
5. Kajfež Bogataj, L., 2006. Podnebne spremembe in nacionalna varnost. Ujma 20, Ljubljana, 170–176.
6. Kobold, M., 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma 22, Ljubljana, 65–75.
7. Kobold, M., 2011. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. Ujma 25, Ljubljana.
8. Kobold, M., Sušnik, M., 2004. Analiza nizkovodnih razmer slovenskih vodotokov leta 2003. Ujma 17–18, Ljubljana, 120–126.
9. Kolbezen, M., 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5, Ljubljana, 16–18.
10. Polajnar, J., 1999. Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13, Ljubljana, 143–150.
11. Strojani, I., 2010. Pretoki rek v letu 2010. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2010, št. 12, 71–77.
12. Vodenik, B., Robič, M., Kobold, M., 2008. Vpliv podnebnih sprememb na temperaturo površinskih voda. Mišičev vodarski dan 2008. Zbornik referatov, VGB, Maribor, 32–41.



Foto: Marko Clemenz



Foto: Tanja Cegnar

# Temperaturni režim slovenskih rek in spremembe med obdobji 1976–1990 ter 1991–2005

Peter Frantar

Za osnovo analize temperaturnega režima rek smo izbrali dve časovni obdobji, in sicer 1976–1990 ter 1991–2005. Zaradi boljše prostorske pokritosti Slovenije smo v analizo vzeli omejeno število postaj, saj smo imeli na voljo le podatke o temperaturah vode, ki so jih večinoma začeli meriti v 70. letih 20. stoletja. Na osnovi razvrščanja v skupine smo dobili štiri temperaturne režime v Sloveniji, ki jih smatramo za referenčne: alpski, osrednjeslovenski, južnoslovenski ter severovzhodni oz. vzhodni temperaturni režim rek.

Meritve temperature vode v rekah na državnem nivoju v Sloveniji opravlja Agencija RS za okolje. Meritve se praviloma opravljajo enkrat dnevno zjutraj ali zvezno, in sicer z natančnostjo 0,1 °C (WMO, 1994). Uporabili smo povprečne dnevne oz. trenutne dnevne meritve temperature vode v rekah in na njihovi osnovi pridobljene povprečne mesečne vrednosti.

## Metodologija

Temperatura vode ima velik pomen za vodni in obvodni ekosistem (Baron et al., 2003; Essig, 1998). Eden glavnih dinamičnih okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na vodni in obvodni ekosistem ter na dinamiko naravnega habitata, so značilnosti temperatur, saj pogojujejo metabolične procese, stopnje aktivnosti in produktivnost vodnih organizmov (Baron et al., 2003).

Glavni pokazatelji podnebnih sprememb (spremenljivosti) so indikatorji, ki jih delimo na dve osnovni področji (Houghton J.T. in sod., 2001): temperaturni in hidrološko-nevihtni indikatorji. Za analizo vpliva vremena na temperaturo rek so zanimivi prvi, med katerimi je tudi temperatura vode. Temperaturni indikatorji kažejo na povečanje temperature tako zraka kot vode. Spreminjanje vremena in podnebja se odraža tudi na rekah, ki blažijo oz. gladijo vremenska nihanja.

Za osnovo analize temperaturnega režima rek smo izbrali dve časovni obdobji, in sicer 1976–1990 ter 1991–2005. Starejše obdobje smo zaradi primerjave z njim poimenovali referenčno. Zaradi boljše prostorske pokritosti Slovenije smo v analizo vzeli omejeno število postaj, saj smo imeli na voljo le podatke o temperaturah vode, ki so jih večinoma začeli meriti v 70. letih 20. stoletja. Pred tem desetletjem so merili temperaturo vode zgolj na nekaterih posameznih vodomernih postajah, kar pa onemogoča dobro prostorsko pokritost. Tudi sicer je pokritost, zlasti vzhodnega in južnega dela države, problematična. Obdobji smo izbrali zaradi mejnika, ki ga pri analizah podnebnih sprememb predstavljajo leta okrog 1990.

V obdobju 1976–1990 je na ozemlju Slovenije delovalo 28 vodomernih postaj, kjer smo merili temperaturo vode.

Preglednica 1. Izbrane vodomerne postaje

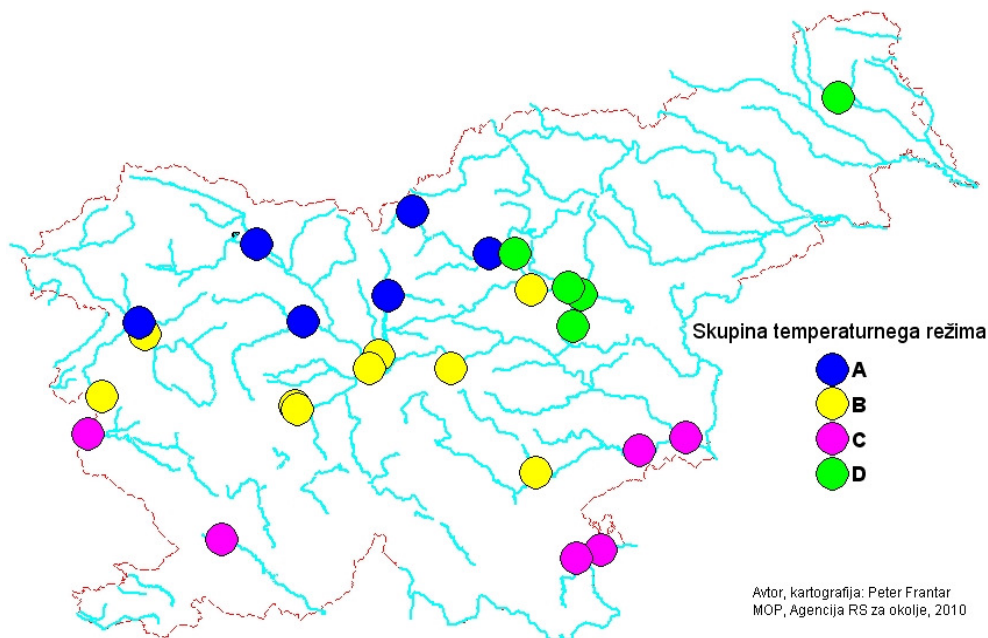
Zap. št.	Šifra	Vodomerne postaja
1	1220	Ledava Polana
2	3420	Sava Radovljica
3	3570	Sava Šentjakob
4	3650	Sava Litija
5	3850	Sava Čatež
6	4200	Sora Suha
7	4400	Kamniška Bistrica
8	4860	Kolpa Metlika
9	4970	Lahinja Gradac
10	5030	Ljubljana Vrhniko
11	5080	Ljubljana Moste
12	5240	Ljubija Verd
13	6020	Savinja Solčava
14	6060	Savinja Nazarje
15	6140	Savinja Celje
16	6200	Savinja Laško
17	6550	Bolska Dolenja vas
18	6630	Loznica Levec
19	7160	Krka Podbočje
20	7340	Prečna Prečna
21	8180	Soča Solkan
22	8450	Idrija Hotešk
23	8500	Bača Bača
24	8600	Vipava Miren
25	9050	N. Reka C. Mlin

Dve sta delovali na jezerih, ki smo jih iz analize izločili, zaradi umetnega vpliva Velenjskega jezera na temperaturo vode reke Pake pa smo izločili tudi to vodomerno postajo. Razporeditev ni idealna, saj v Podravju v tem obdobju ni niti ene vodomerne postaje s popolnim nizom podatkov, dve vodomerni postaji sta začeli z delovanjem šele leta 1980. Prav tako ni podatkov za območje kraške Ljubljane nad Vrhniko.

Razvrščanje v skupine je možno izvesti z različnimi metodami združevanja. Izbrali smo hierarhično razvrščanje, ker od uporabnikov ne zahteva vnaprej opredeljenega števila skupin iskane razvrstitve, hkrati pa je rezultat postopnega združevanja možno zelo nazorno grafično predstaviti z drevosom združevanja oz. dendrogramom (Ferligoj, 1989; McCarthy, 2007; Nass, 1999). Razvrščanje v skupine je bilo izvedeno na osnovi povprečnih mesečnih temperatur vode na vodomernih postajah.

Postopek razvrščanja v skupine je zajemal podatke za obdobje 1976–1990. Na osnovi razvrščanja smo dobili štiri temperaturne režime v Sloveniji, ki jih smatramo za referenčne, saj naj bi bilo v tem obdobju še manj vpliva podnebnih sprememb na temperaturo vode; ti režimi so osnova za primerjavo z novejšim obdobjem. Za potrebe analize sprememb temperaturnih režimov slovenskih rek

zaradi vpliva podnebnih sprememb smo po končani analizi za posamezne temperaturne režime opravili še analizo temperatur vode in poteka temperaturnih režimov v obdobju 1991–2005. Glavne spremembe v temperaturnih režimih rek med obdobjema 1976–1990 ter 1991–2005 so opisane v poglavjih posameznih skupin.



Slika 1. Skupine vodomernih postaj po razvrstitvi v temperaturne režime rek referenčnega obdobja 1976–1990

Preglednica 2. Povprečne mesečne in letne temperature v obdobju 1976–1990

VP	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETO
Ledava Polana	0,5	1,0	3,5	6,2	11,4	14,7	17,5	17,1	13,1	8,6	3,6	1,2	8,2
Ložnica Levec	1,7	2,0	4,0	5,7	10,5	13,6	16,2	15,5	11,8	9,2	5,2	2,5	8,2
Savinja Celje	2,2	3,0	5,0	8,1	11,3	13,8	16,3	16,3	14,0	10,7	6,1	3,7	9,2
Savinja Laško	2,3	3,0	5,3	8,4	11,7	14,5	16,9	17,0	14,5	10,8	6,3	3,6	9,5
Kolpa Metlika	4,7	5,8	8,1	10,0	13,7	17,0	20,4	19,5	15,5	11,5	7,6	6,0	11,7
Krka Podbočje	4,8	5,6	8,1	10,3	13,9	16,5	18,5	18,8	15,7	11,6	8,1	6,2	11,5
Lahinja Gradac	5,4	6,5	9,0	11,3	14,1	16,3	18,7	18,5	15,1	11,6	8,1	6,8	11,8
N. Reka C. Mlin	3,3	4,4	6,9	9,9	14,2	17,3	20,2	19,9	16,5	12,4	7,3	4,7	11,4
Sava Čatež	4,8	5,9	8,1	10,3	13,5	15,7	18,1	18,6	15,5	11,9	8,0	6,0	11,4
Vipava Miren	5,1	5,7	8,2	10,5	13,7	16,6	20,0	19,9	16,1	12,3	8,1	6,2	11,9
Bolska Dolenja vas	4,2	4,5	5,5	7,9	11,0	13,2	14,9	15,0	13,1	10,5	7,5	5,5	9,4
Idrija Hotešk	3,8	4,5	6,4	8,5	11,5	13,6	15,7	15,9	13,4	10,3	6,8	5,0	9,6
Ljubljana Moste	5,9	6,3	7,3	9,4	12,2	14,5	16,7	16,5	14,4	12,0	8,8	6,7	10,9
Ljubljana Vrhnika	6,4	6,9	7,6	8,7	10,6	11,9	12,7	12,5	11,6	10,8	9,0	7,2	9,7
Ljubija Verd	6,1	6,5	7,4	8,9	11,0	12,8	13,7	13,7	12,5	11,4	9,3	7,2	10,0
Prečna Prečna	9,2	9,2	9,6	10,4	11,7	13,0	13,5	13,7	13,1	12,2	10,6	9,6	11,3
Sava Litija	4,4	5,1	6,3	8,1	10,9	12,9	15,3	15,4	13,4	10,4	7,0	5,3	9,5
Sava Šentjakob	4,1	4,3	6,0	8,0	10,3	12,3	14,1	14,2	12,5	10,2	7,0	5,2	9,0
Soča Solkan	5,3	6,0	7,4	9,1	10,4	12,2	14,6	15,1	13,1	10,7	7,8	6,3	9,8
Bača Bača	3,0	3,5	5,1	7,2	9,7	11,8	13,4	13,4	11,9	9,8	6,3	4,2	8,3
Kam. Bistrica Kamnik	4,4	5,0	6,2	7,5	8,3	9,0	10,3	10,9	9,9	8,6	6,7	5,3	7,7
Sava Radovljica	2,4	2,9	4,5	6,3	8,3	10,4	12,2	12,1	10,8	8,4	5,5	3,7	7,3
Savinja Nazarje	2,1	2,6	4,3	6,6	8,7	10,6	12,7	13,2	11,4	8,9	5,5	3,6	7,5
Savinja Solčava	3,1	3,1	3,8	5,0	6,5	7,5	8,2	8,5	7,7	6,7	4,9	4,0	5,7
Sora Suha	2,5	2,9	4,5	6,6	9,8	12,1	14,1	14,4	12,5	9,7	5,9	3,8	8,2

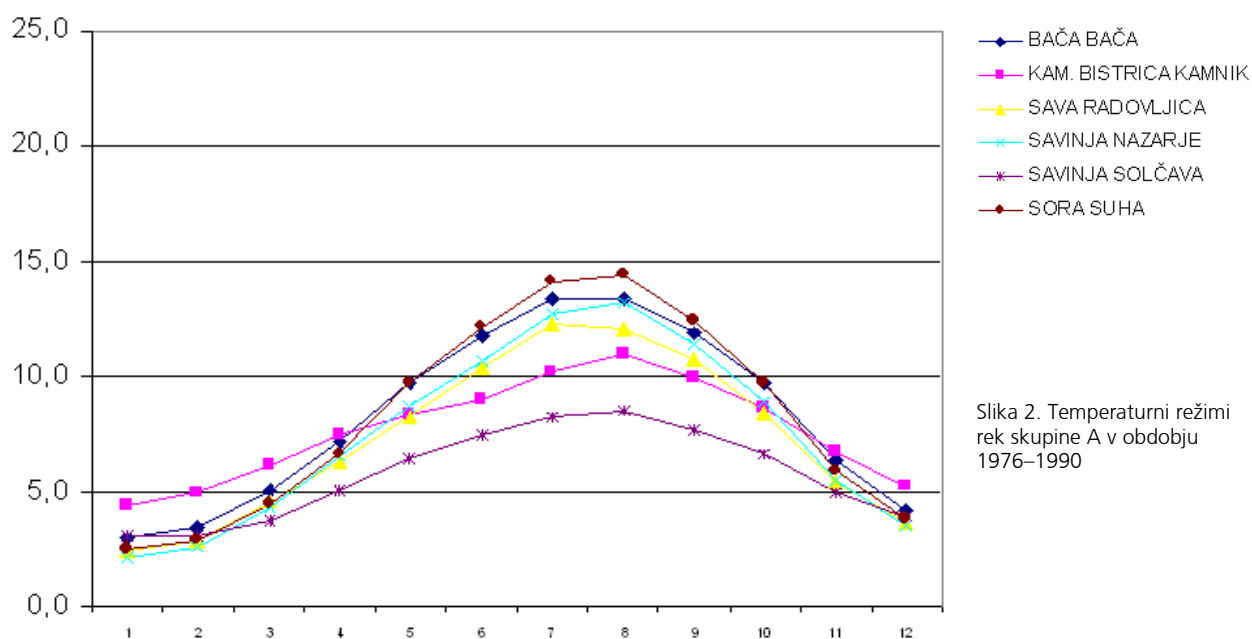
Preglednica 3. Povprečne mesečne in letne temperature v obdobju 1991–2005

VP	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETO
Ledava Polana	0,5	1,0	3,5	7,2	14,2	18,2	19,7	19,9	14,4	9,3	4,6	1,0	9,5
Ložnica Levec	2,7	2,6	5,6	8,8	13,6	16,6	18,0	18,0	14,5	11,3	7,6	3,8	10,3
Savinja Celje	3,2	3,1	6,4	9,0	13,2	15,9	17,8	17,3	14,7	11,2	7,9	4,4	10,3
Savinja Laško	3,0	3,1	6,1	9,2	13,8	16,9	18,2	18,4	14,2	11,0	7,5	3,8	10,4
Kolpa Metlika	6,1	7,2	9,8	12,1	17,7	21,5	22,5	23,0	17,2	12,3	9,3	6,4	13,8
Krka Podbočje	5,5	6,1	9,0	11,1	15,4	18,8	20,5	21,1	16,1	11,9	8,9	6,1	12,6
Lahinja Gradac	6,7	6,8	9,2	11,4	14,8	18,1	19,7	20,0	15,4	11,9	9,3	7,2	12,6
N. Reka C. Mlin	4,0	4,1	7,4	10,3	13,8	17,7	19,9	19,9	16,5	11,8	8,3	5,2	11,6
Sava Čatež	5,8	6,6	9,7	12,0	16,7	19,9	21,5	22,3	17,1	13,2	9,4	6,3	13,4
Vipava Miren	6,1	6,2	8,9	11,0	15,3	17,9	19,8	21,1	15,5	11,9	9,5	6,8	12,5
Bolska Dolenja vas	4,7	4,9	6,8	9,1	13,2	15,6	17,0	17,1	14,4	12,3	9,0	5,5	10,8
Idrija Hotešk	5,0	4,5	7,3	8,8	12,2	15,8	16,9	17,0	13,6	10,5	8,2	5,5	10,4
Ljubljana Moste	5,8	6,3	8,3	9,9	13,9	15,8	17,1	17,3	14,7	11,9	9,4	6,8	11,4
Ljubljana Vrhnika	6,6	7,0	7,8	8,9	11,0	12,2	12,6	12,5	11,8	10,9	9,7	7,6	9,9
Ljubija Verd	6,4	6,7	7,8	8,9	11,2	12,4	12,8	13,1	12,1	11,2	9,6	7,3	10,0
Prečna Prečna	9,6	9,7	10,4	10,9	12,0	12,8	13,4	13,6	13,0	12,1	11,0	9,9	11,5
Sava Litija	5,1	5,1	7,5	9,3	13,5	16,4	17,6	18,5	14,1	11,4	8,5	5,7	11,1
Sava Šentjakob	4,8	5,0	7,1	8,9	12,0	13,9	15,5	15,5	13,1	10,3	7,9	5,5	10,0
Soča Solkan	5,7	5,7	7,7	9,5	11,4	13,8	14,8	16,1	13,0	10,3	8,4	6,4	10,2
Bača Bača	4,6	4,2	6,4	8,0	11,0	13,2	14,5	15,0	12,7	10,5	8,3	5,5	9,5
Kam. Bistrica Kamnik	5,5	5,4	6,8	8,1	8,5	8,7	9,8	11,1	10,2	8,9	7,8	6,3	8,1
Sava Radovljica	3,7	3,8	5,3	6,8	9,3	11,8	12,9	13,6	11,2	8,6	6,8	4,8	8,2
Savinja Nazarje	3,2	2,9	5,3	7,4	10,3	12,6	13,8	14,6	11,7	9,2	6,9	4,3	8,5
Savinja Solčava	3,7	3,3	4,2	5,4	7,1	8,4	9,0	9,3	8,4	7,3	6,0	4,4	6,4
Sora Suha	3,6	3,4	5,5	7,8	11,7	14,5	15,6	16,4	13,3	10,8	7,9	5,0	9,6

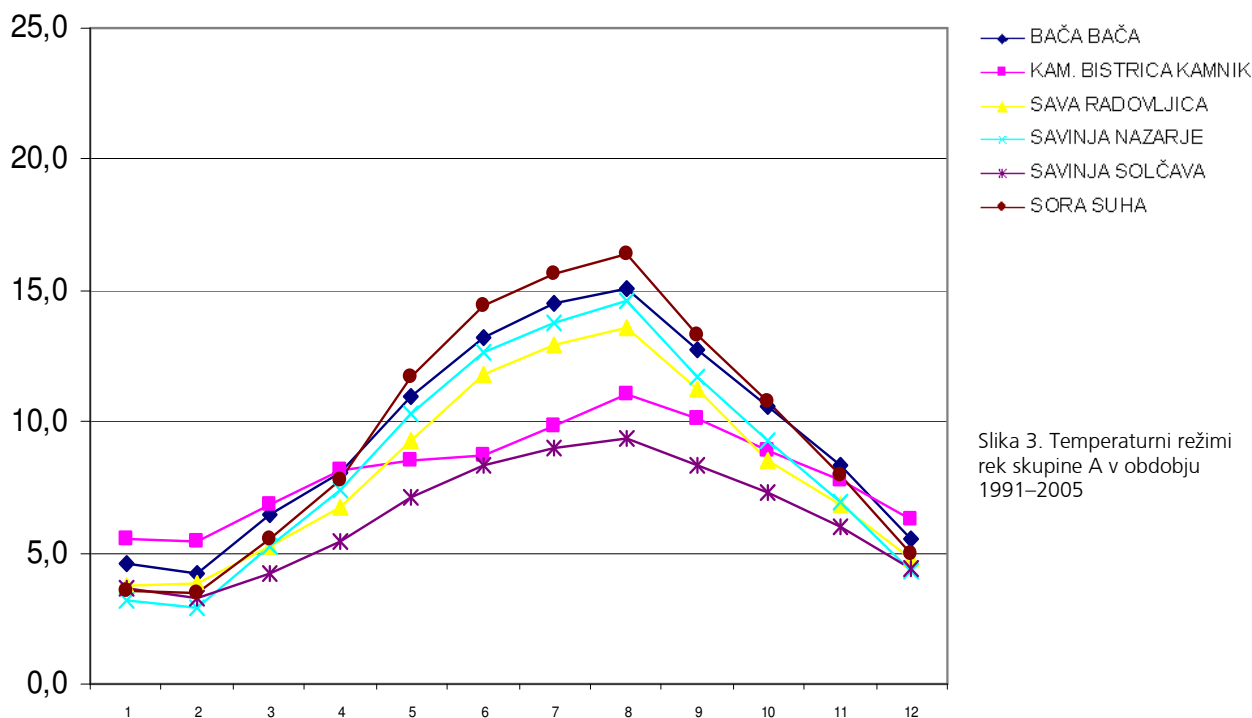
### Skupina A – alpske reke

Skupino A sestavljajo reke s povirji v Alpah ali alpskem predgorju. V referenčnem obdobju je bila temperatura rek te skupine najnižja v januarju z 2,9 °C, najvišja pa avgusta z 12,1 °C. Januarja so bile temperature med 2,1 °C na Savinji v Nazarjah in 4,4 °C na Kamniški Bistrici. Avgusta so bile temperature med 8,5 °C na

Savinji v Solčavi do 14,4 °C na Sori v Suhi. Dve reki sta imeli najvišjo temperaturo vode v juliju (Bača ter Sava v Radovljici). V referenčnem obdobju je bilo letno nihanje 9,1 °C. Povprečna letna temperatura teh rek je bila 7,5 °C.



Slika 2. Temperaturni režimi rek skupine A v obdobju 1976–1990



Slika 3. Temperaturni režimi rek skupine A v obdobju 1991–2005

V obdobju 1991–2005 se je temperatura rek v tej skupini zvišala na 8,4 °C in je bila za 0,9 °C višja kot v referenčnem obdobju. Letno nihanje se je povečalo za 0,2 °C in doseglo 9,3 °C. Višek ostaja v avgustu, nižek pa je v tem obdobju v februarju. Nižek ima v povprečju 3,8 °C, kar je za 1,7 °C več kot v starejšem obdobju, višek v avgustu pa 13,3 °C, kar je 1,2 °C nad dolgoletnim povprečjem. Povprečne januarske temperature so bile med 2,9 °C na Savinji v Nazarjah in 5,4 °C na Kamniški Bistrici v Kamniku. Povprečna avgustovska temperatura je bila med 9,3 °C na Savinji v Solčavi in 16,4 °C na Sori v Suhi.

V primerjavi števila mesecev nad izbrano temperaturo smo imeli v starejšem obdobju skoraj 4 mesece na vseh rekah (z izjemo Savinje pri Solčavi) s temperaturo nad 10 °C. V novejšem obdobju imajo reke temperaturo nad 10 °C že skoraj 5 mesecev. Pod 5 °C je bila temperatura vode v rekah v referenčnem obdobju 3–4 mesece, v novejšem obdobju pa se je čas skrajšal na 2–3 mesece.

### Skupina B – reke osrednje Slovenije

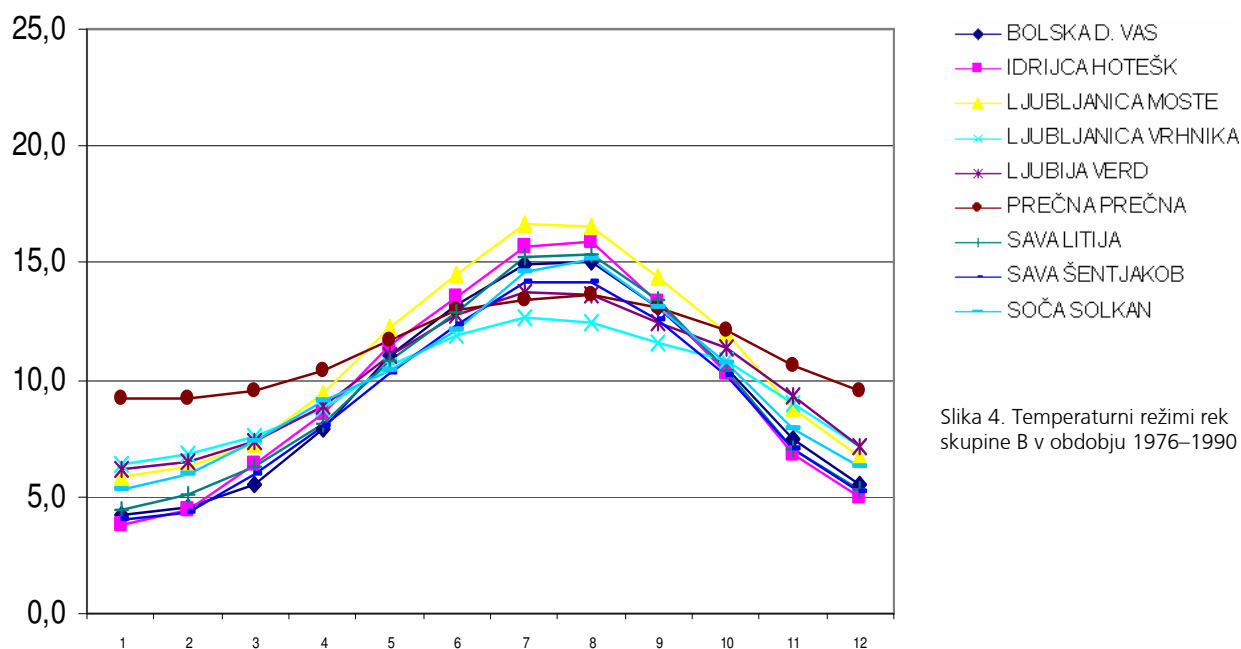
Skupino B sestavljajo reke z vplivom krasa v osrednjem delu države, srednja Sava ter spodnja Soča. V referenčnem obdobju je bila temperatura rek te skupine najnižja v januarju s 5,5 °C, najvišja pa v juliju s 14,7 °C. Januarja so bile temperature med 3,8 °C na Idrijci in 6,4 °C na Ljubljani na Vrhniki. Mnogo višjo januarsko

temperaturo ima Prečna, –9,2 °C, na kar močno vpliva kras. Temperature so bile avgusta med 12,5 °C na Ljubljani na Vrhniki do 16,5 °C na Ljubljani v Mostah. Kljub višjemu mesečnemu povprečju so imele tri reke najvišjo temperaturo vode v juliju. V referenčnem obdobju je bilo letno nihanje 9,2 °C. Povprečna letna temperatura teh rek je bila 9,9 °C.

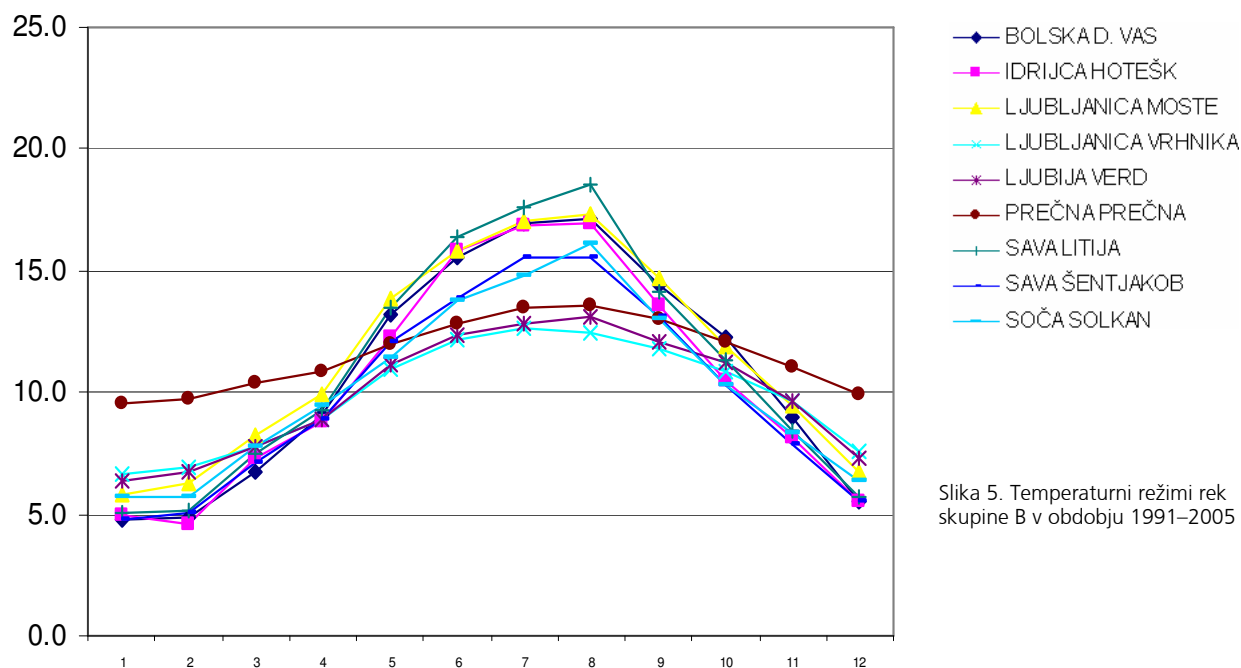
V obdobju 1991–2005 se je temperatura rek v tej skupini zvišala za 0,7 °C in je bila v povprečju 10,6 °C. Povprečna temperatura je bila med 6,0 °C in 15,6 °C. Letno nihanje se je povečalo za 0,5 °C in doseglo 9,7 °C. Višek in nižek ostajata nespremenjena. Nižek ima januarja v povprečju 6,0 °C, kar je za 0,5 °C več kot v starejšem obdobju, višek v avgustu pa 15,6 °C, kar je 0,9 °C nad dolgoletnim povprečjem. Povprečne januarske temperature so bile med 4,7 °C na Bolski in 6,6 °C na Ljubljani na Vrhniki. Tudi v tem obdobju ima najvišjo povprečno januarsko temperaturo Prečna z 9,6 °C (prej 9,2 °C). Povprečna avgustovska temperatura je bila med 12,5 °C na Ljubljani na Vrhniki do 18,5 °C na Savi pri Litiji.

V primerjavi števila mesecev smo imeli v starejšem obdobju zgolj nekaj rek, ki so imele dva meseca temperaturo nad 15 °C, v obdobju po letu 1991 pa imajo nekatere reke že po tri mesece temperaturo vode nad 15 °C. Temperatura vode v rekah pod 5 °C se je prav tako dvignila, porast v mesecih pa ni tako izrazit.





Slika 4. Temperaturni režimi rek skupine B v obdobju 1976–1990

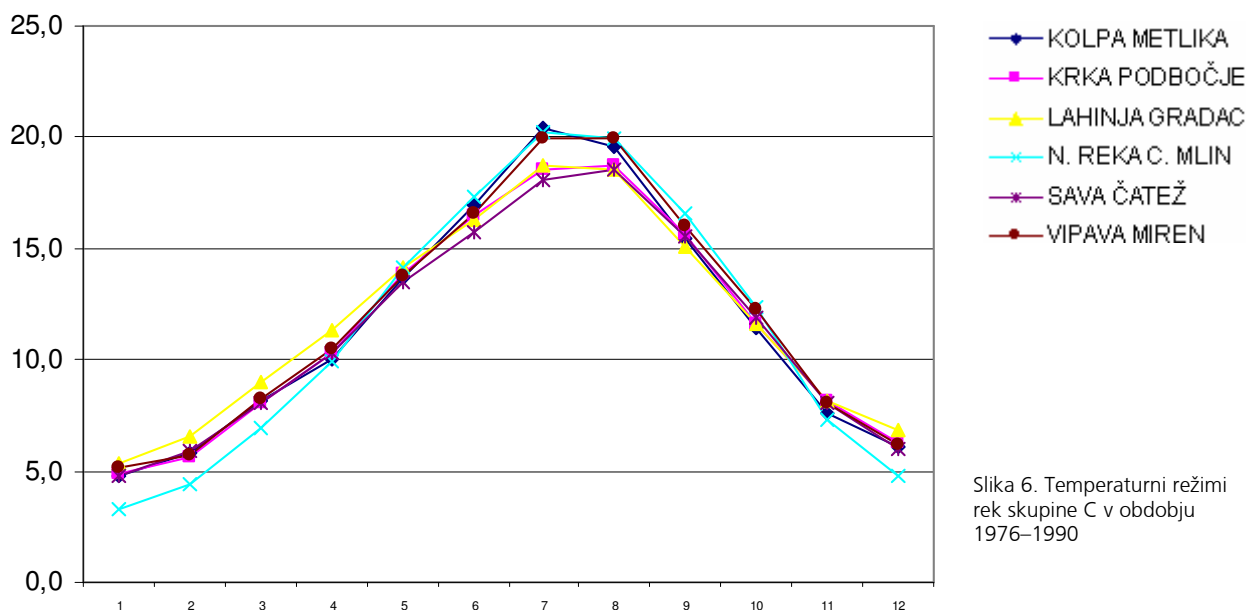


Slika 5. Temperaturni režimi rek skupine B v obdobju 1991–2005

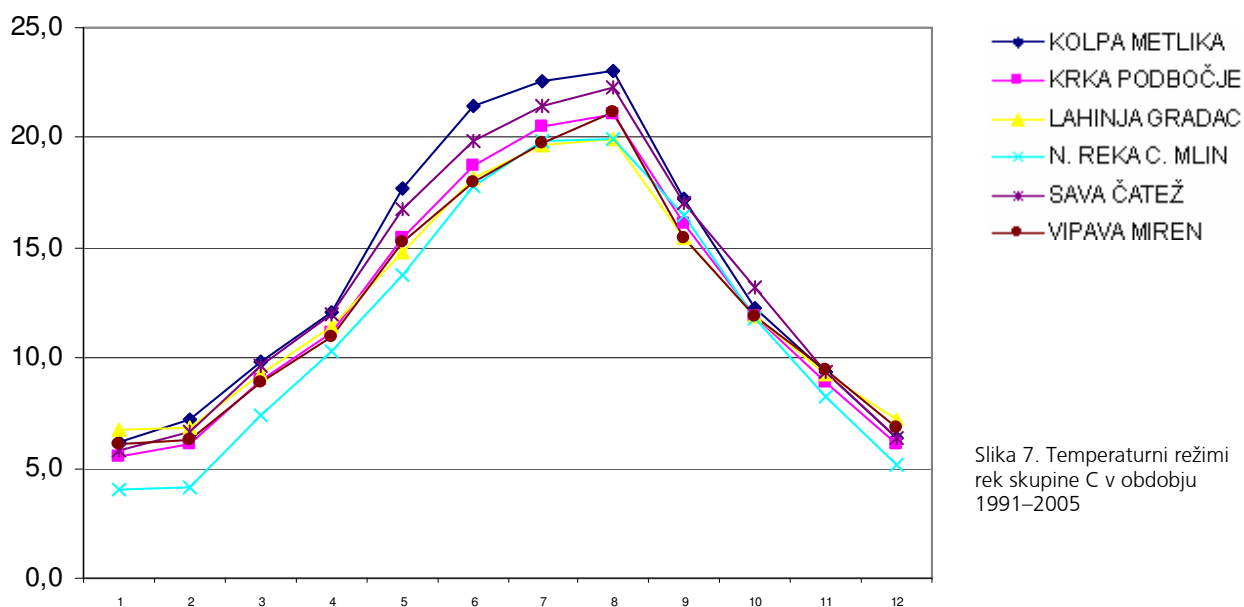
### Skupina C – reke južne Slovenije

Skupino C sestavljajo kraške reke na jugu države s spodnjim tokom Save in Vipave. V referenčnem obdobju je bila temperatura rek te skupine najnižja v januarju s 4,7 °C, najvišja pa v juliju z 19,3 °C. Januarja so bile temperature med 3,3 °C na Notranjski Reki do 5,4 °C na

Lahinji, temperature avgusta pa so bile med 18,1 °C na Savi v Čatežu do 20,4 °C na Kolpi. Kljub višjemu mesečnemu povprečju sta imeli dve reki od šestih najvišjo temperaturo vode v juliju. V referenčnem obdobju je bila povprečna temperatura rek tega režima med 4,7 °C in 19,3 °C, letno nihanje je bilo torej 14,6 °C. Povprečna letna temperatura teh rek je bila 11,6 °C.



Slika 6. Temperaturni režimi rek skupine C v obdobju 1976–1990



Slika 7. Temperaturni režimi rek skupine C v obdobju 1991–2005

V obdobju 1991–2005 se je temperatura rek zvišala. Povprečna temperatura rek je bila 12,7 °C, kar je za 1,1 °C več kot v referenčnem obdobju. V obdobju 1991–2005 je bila povprečna temperatura rek te skupine med 5,7 °C in 20,6 °C, letno nihanje je bilo torej 14,9 °C, kar je 0,3 °C več kot v starejšem obdobju. Temperaturni režim ohranja najnižjo temperaturo januarja, višek pa se je premaknil v avgust. Povprečna januarska temperatura je bila 5,4 °C, kar je za 0,7 °C več kot v dolgoletnem povprečju, povprečna julijska pa 20,6 °C, kar je za 1,3 °C več kot v starejšem obdobju. Povprečne januarske temperature so bile med 4,0 °C na Notranjski Reki do 6,7 °C na Lahinji. Povprečna avgustovska temperatura pa je bila med 19,9 °C na Notranjski Reki do 23,0 °C na Kolpi.

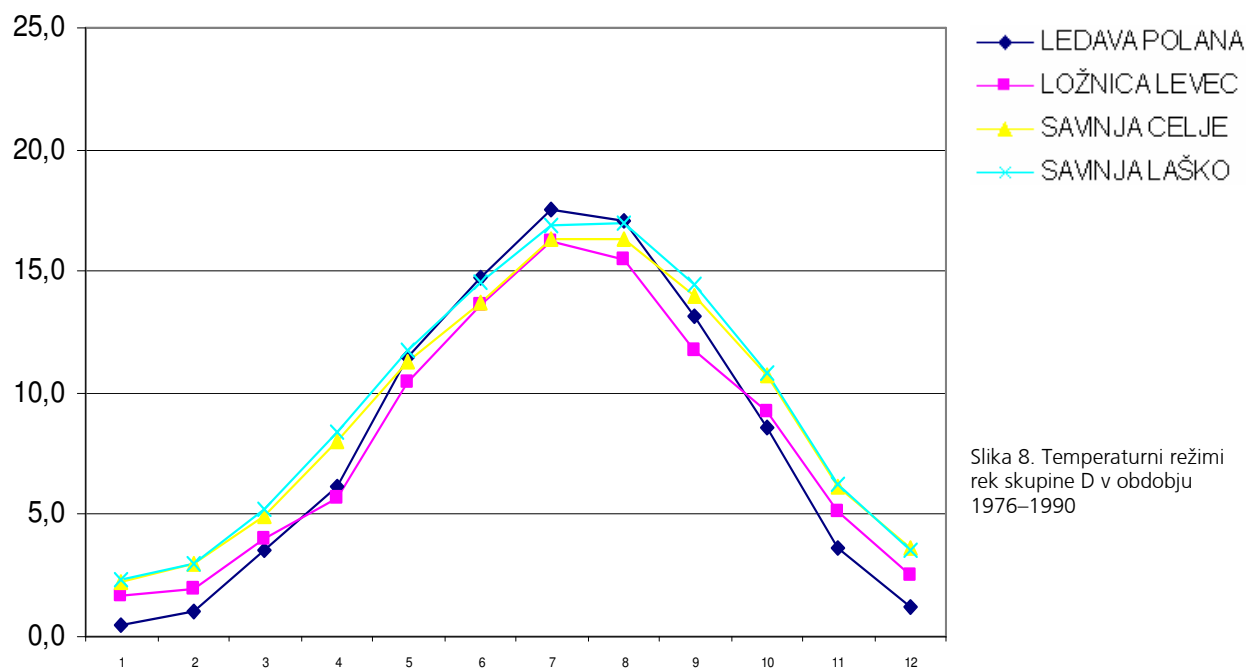
V zadnjem obdobju imamo 5 mesecev s temperaturo nad 15 °C, v starejšem obdobju pa so imele reke le v treh

mesečih več kot 15 °C. V referenčnem obdobju je bila slab mesec temperatura vode v rekah pod 5 °C na skoraj vseh postajah, v obdobju 1991–2005 so take temperature samo še na eni vodomerni postaji, vse ostale pa imajo povprečno mesečno temperaturo vedno nad 5 °C.

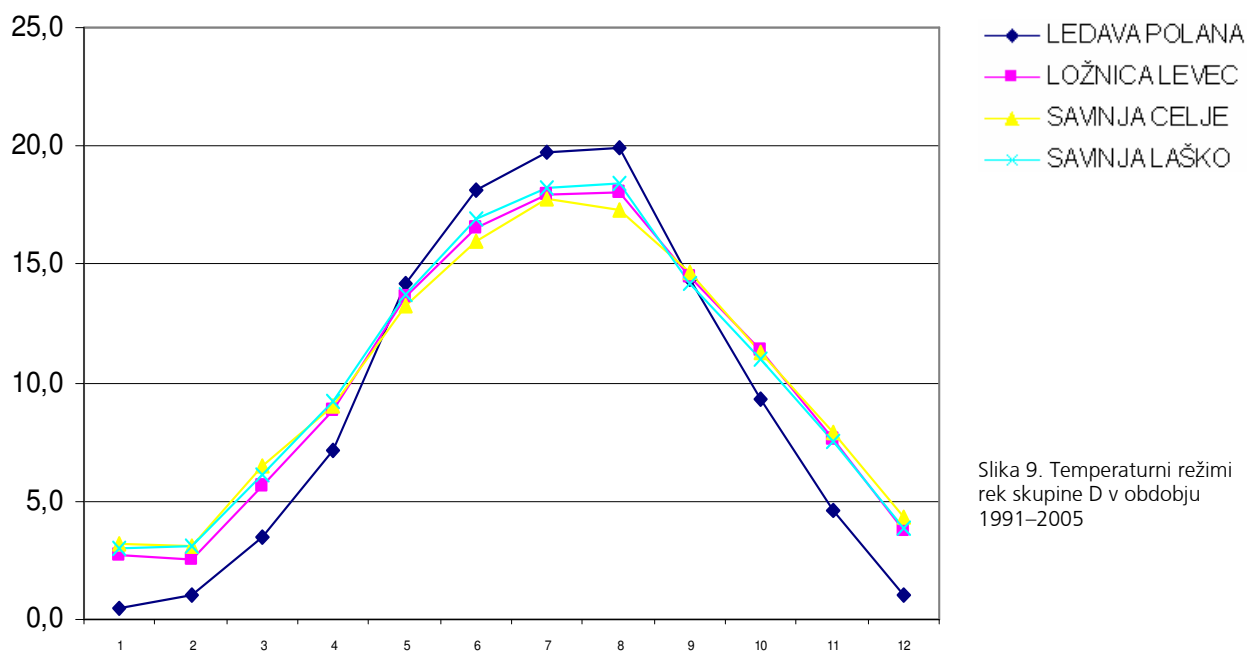
### Skupina D – reke severovzhodne Slovenije

V skupino D so se uvrstile reke na vzhodu države ter Savinja v spodnjem toku. V referenčnem obdobju je bila temperatura rek te skupine najnižja v januarju z 1,7 °C, najvišja pa v juliju s 16,7 °C. Januarja so bile temperature med 0,5 °C na Ledavi do 2,5 °C na Savinji v Laškem. Temperatura v teh rekah je potem od marca do julija dokaj enakomerno naraščala. Julija so bile temperature med 16,2 °C na Ložnici do 17,5 °C na Ledavi. V

referenčnem obdobju je bila povprečna temperatura rek tega režima med 1,7 °C in 16,7 °C, letno nihanje je bilo torej 15 °C. Povprečna letna temperatura teh rek je bila 8,8 °C.



Slika 8. Temperaturni režimi rek skupine D v obdobju 1976–1990



Slika 9. Temperaturni režimi rek skupine D v obdobju 1991–2005

V obdobju 1991–2005 se je povprečna temperatura teh rek dvignila na 10,1 °C, kar je za 1,3 °C več kot v referenčnem obdobju. V obdobju 1991–2005 je bila povprečna temperatura rek tega temperaturnega režima med 2,6 °C in 18,7 °C, letno nihanje je bilo torej 16 °C, kar je 1 °C več kot v starejšem obdobju. Temperaturni režim ohranja najnižjo temperaturo januarja in najvišjo julija, obe pa sta višji kot v dolgoletnem povprečju.

Povprečna januarska temperatura je bila 2,4 °C, kar je 0,7 °C več kot v dolgoletnem povprečju, povprečna julijska pa 18,4 °C, kar je 1,7 °C več kot običajno. Povprečna januarska temperatura je bila od 0,5 °C na Ledavi do 3,2 °C na Savinji v Celju. Povprečna julijska temperatura pa je bila med 17,8 °C na Savinji v Celju do 19,7 °C na Ledavi. Čeprav je julijsko povprečje višje od avgustovskega, pa imajo tri reke od štirih v skupini

najvišje temperature avgusta. Višek v temperaturnem režimu se je torej premaknil v avgust.

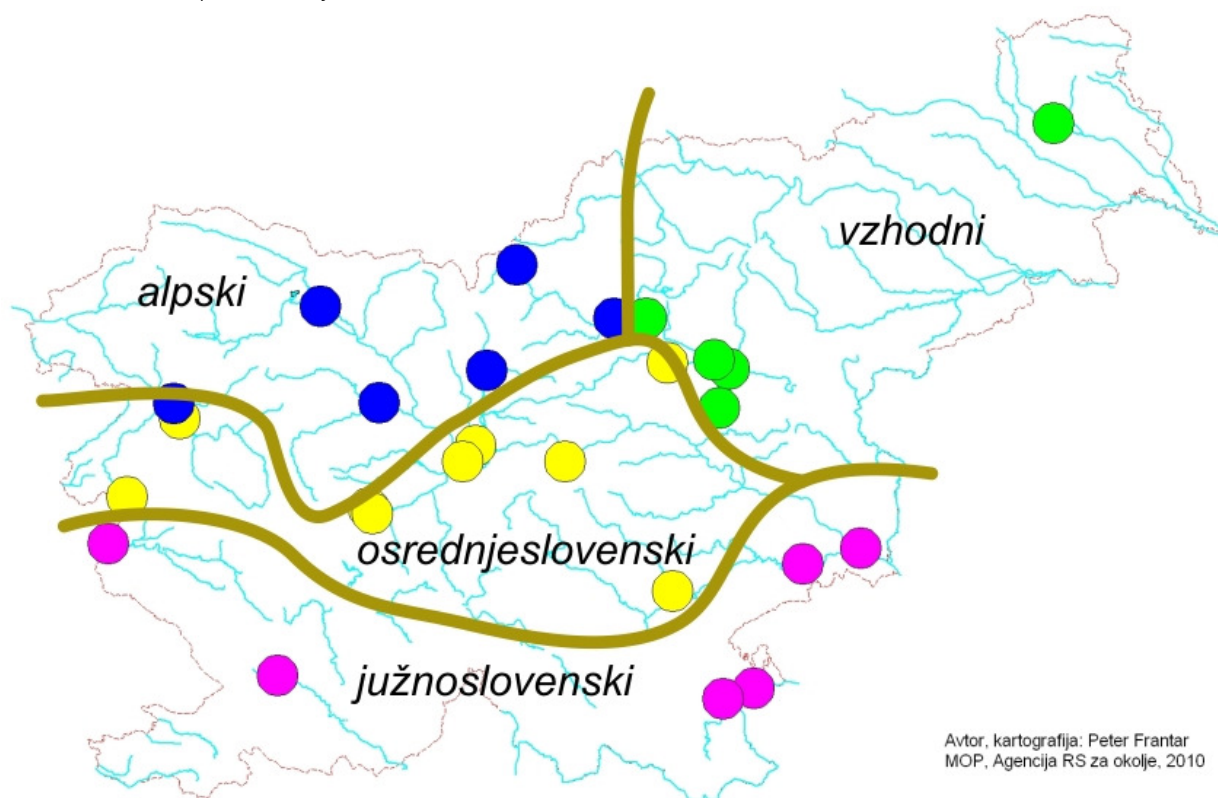
V primerjavi obdobji imamo v zadnjem obdobju 3 mesece na vseh rekah s temperaturo nad 15 °C, prej pa sta bila to zgolj julij in avgust. V referenčnem obdobju je bila temperatura vode v rekah pod 5 °C 3–4 mesece, v obdobju 1991–2005 pa med 4–5 mesecev.

## Sklep

Z analizo razvrščanja v skupine smo v referenčnem obdobju 1976–1990 dobili štiri temperaturne režime na slovenskih rekah: alpski, osrednjeslovenski,

južnoslovenski ter severovzhodni oz. vzhodni temperaturni režim rek.

S ciljem analize vpliva podnebnih sprememb na reke smo z referenčnim obdobjem primerjali obdobje 1991–2005, ki je v literaturi že opredeljeno kot obdobje s pomembnim vplivom teh sprememb. Rezultati primerjave so potrdili spremembe v temperaturnih režimih slovenskih rek med obdobjema 1976–1990 in 1991–2005. Skupna sprememba v vseh štirih opredeljenih temperaturnih režimih je porast temperature skozi vse leto, povečanje števila mesecev s temperaturo rek nad 15 °C ter zmanjšanje števila mesecev s temperaturo rek pod 5 °C.



Slika 10. Predvidene meje med temperaturnimi režimi slovenskih rek. Meje so predvidene in shematske.

## Literatura

1. Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston, N. H. Jr., Essig, D. A., 1998: The dilemma of applying uniform temperature criteria in a diverse environment: an issue analysis. Idaho Division of Environmental Water Quality, Boise, Idaho. [www.krisweb.com/biblio/general/misc/essigidahotemp.pdf](http://www.krisweb.com/biblio/general/misc/essigidahotemp.pdf).
2. Ferligoj, A., 1989: Razvrščanje v skupine. Metodološki zvezki 4. Ljubljana.
3. McCarthy, B. C., 2007: Cluster Analysis. <http://www.plantbio.ohiou.edu/epb/instruct/multivariate/Week7Lectures.PDF>.
4. Nass, P., 1999: Multivariate Analysis Methods. <http://www.eso.org/sci/data-processing/software/esomidast/doc/user/98NOV/volb/node210.html>.
5. WMO, 1994: Guide to hydrological practices. WMO No. 168. Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications. Geneva.
- 6.



Foto: Tanja Cegnar



Foto: Tanja Čegnar

# Stanje Velenjskega in Družmirskega jezera

**Špela Remec Rekar**

*Stanje Velenjskega in Družmirskega jezera spremljamo v okviru državnega monitoringa kakovosti površinskih voda. V Velenjskem jezeru je prisotno izrazito pomanjkanje kisika, kar kaže na pospešene evtrofikacijske procese v jezeru, v Družmirskem jezeru pa so ti procesi zmernejši. Kljub razmeroma visoki vsebnosti hranil v obeh jezerih, ki ju uvršča med evtrofne jezerske ekosisteme, je produktivnost fitoplanktona nizka, kar kaže tudi nizka vsebnost klorofila a. Možni razlog za to je prisotnost onesnaževal. Tako Velenjsko kot Družmirsko jezero ne dosegata kriterijev za dobro ekološko stanje. V Velenjskem jezeru je kronično povečana vsebnost sulfata in molibdena, v Družmirskem molibdena. Iz povprečja prejšnjih let so v letu 2011 v Velenjskem jezeru izstopale izredno visoke koncentracije klorofila, izmerjene v ozki plasti na globini 15 m, kjer so se na meji anaerobne cone izredno razmnožile zelene sulfurne bakterije. Razlike v taksonomski sestavi fitoplanktona v obeh jezerih so očitne. Največji delež biomase so leta 2011 v Družmirskem jezeru predstavljale diatomeje, v Velenjskem jezeru pa so pred diatomejami prevladovale cianobakterije.*

Ugrezninsko Velenjsko jezero je največje med Šaleškimi jezeri, ki so nastala v osrčju Šaleške doline kot posledica podzemnega izkopavanja lignita v velenjskem premogovniku po drugi svetovni vojni. V letu 2006 je bilo Velenjsko jezero prvič vključeno v državni monitoring kakovosti jezer. Program vzorčenja in analiz se je izvedel v sodelovanju z Inštitutom za ekološke raziskave ERICO iz Velenja, kjer se operativni monitoring Šaleških jezer

izvaja že vrsto let. Poleg Velenjskega jezera je bilo leta 2010 v program spremljanja kakovosti jezer vključeno še umetno Družmirsko oziroma Šoštanjsko jezero, ki je med Šaleškimi jezери najmlajše in je začelo nastajati sredi 80. let 20. stoletja. Ime je dobilo po vasi Družmirje, ki jo je potopilo jezero.



Slika 1. Pelod na površini Velenjskega jezera

Po Pravilniku o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (Ur.l. 32/2011) Družmirsko jezero sicer ni samostojno vodno telo, v program monitoringa pa je bilo vključeno na osnovi podatkov o izrednem povečanju obsega in volumna zadnja leta (preglednica 1), ki ga povzroča intenzivno ugreznanje Šaleške doline. Poleg tega meritve

kažejo pomembne razlike v primerjavi s sosednjim Velenjskim jezerom, kar je glede na majhno razdaljo, ki loči obe jezera in enak nastanek obeh jezer, izredno zanimivo.

Preglednica 1. Hidromorfološko spreminjanje Družmirskega jezera v obdobju 2000–2009 (vir: Premogovnik Velenje, Jamomerstvo, 2009)

Datum	Nadmorska višina jezera (m)	Površina jezera (m <sup>2</sup> )	Prostornina jezera (mio. m <sup>3</sup> )	Povprečna globina jezera (m)	Največja globina jezera (m)
Julij 2000	360,384	519943	10,85	20,86	69,12
Julij 2001	359,782	530691	11,37	21,43	71,54
Julij 2002	359,305	538115	12,30	22,85	73,86
Avgust 2003	358,881	558923	12,45	22,27	72,84
Avgust 2004	360,020	590306	13,69	23,18	78,00
Avgust 2005	361,060	630606	15,33	24,31	81,31
Avgust 2006	360,230	646328	16,14	24,98	81,88
Avgust 2007	360,150	649958	16,94	26,06	84,51
Avgust 2008	360,250	689422	17,89	25,94	85,44
Avgust 2009	360,356	716204	19,21	26,82	85,90

## Spremljanje stanja Velenjskega in Družmirskega jezera

Stanje Velenjskega in Družmirskega jezera spremljamo v okviru državnega (imisijskega) monitoringa kakovosti površinskih voda, ki se izvaja na osnovi 62. in 63. člena Zakona o vodah ter 96. in 99. člena Zakona o varstvu okolja ZVO-1 v skladu s Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda [1] in Uredbo o stanju površinskih voda [2].

Na obeh jezera smo leta 2011 poleg operativnega monitoringa, ki je vključeval spremljanje splošnih fizikalno-kemijskih parametrov in fitoplanktona, opravili še vzorčenje makrofitov fitobentosa in bentoških nevretenčarjev. Ugotavljali smo tudi kemijsko stanje. V mesečnih intervalih smo opravili analizo vsebnosti težkih kovin v vodnem stolpcu in 4-krat letno analizo adsorbiranih organskih halogenov (AOX).

## Splošni fizikalno-kemijski parametri in razporeditev kisika po globinski vertikali

V hipolimniju in večjem delu metalimnija Velenjskega jezera je bilo leta 2011 prisotno izrazito pomanjkanje kisika (slika 3), kar kaže na pospešene evtrofikacijske procese v jezeru, ki se zadnja leta stopnjujejo. Že od avgusta 2008 je stalno pomanjkanje kisika prisotno že na globini med 14 in 15 m. Po kriterijih v Uredbi o stanju površinskih voda, Ur.l. 12/2009, vrednosti kisika <1 mgO/l uvrščajo Velenjsko jezero med jezera, ki ne dosežajo dobrega ekološkega stanja.

V Družmirskem jezeru ni pomanjkanja kisika. Kljub izredni globini jezera (>80 m) je tudi v poletnih mesecih vsebnost kisika večja od 1 mgO/l, (slika 10), kar kaže, da

je obremenitev Družmirskega jezera z organskimi snovmi zmerna in procesi evtrofikacije zmernejši kot v Velenjskem jezeru.

Glede na količino hranil v obeh jezera, ki sta po tipologiji še najbolj podobni predalpskim jezerom, lahko obe jezera uvrstimo med evtrofne jezerske ekosisteme. Leta 2011 je bila povprečna vsebnost celotnega fosforja v Družmirskem jezeru za polovico nižja kot v letu 2010, kar kaže na večja nihanja v okolju, zato je za oceno trofičnosti in trendov potrebno daljše obdobje opazovanja.

Kljub razmeroma visoki vsebnosti hranil je produktivnost fitoplanktona nizka, kar kaže tudi nizka vsebnost klorofila a (preglednica 2). Možni razlog za razmeroma nizko produktivnost fitoplanktona je prisotnost onesnaževal.

Analize so pokazale, da med onesnaževali, ki določajo kemijsko stanje, ni bilo zaznanih koncentracij, ki bi presegle okoljske standarde kakovosti, določene v Uredbi o spremembah in dopolnitvah Uredbe o stanju površinskih voda, Ur.l.98/2010, kar pomeni dobro kemijsko stanje obeh jezer. Drugače kažejo analize posebnih onesnaževal, ki določajo ekološko stanje. Tako Velenjsko kot Družmirsko jezero ne dosežata kriterijev za dobro ekološko stanje. V Velenjskem jezeru je kronično povečana vsebnost sulfata in molibdena. Obe onesnaževali izrazito presega standard za dobro ekološko stanje, določen v Uredbi o spremembah in dopolnitvah Uredbe o stanju površinskih voda, Ur.l.98/2010. V Družmirskem jezeru je vsebnost molibdena sicer 4-krat nižja kot v Velenjskem jezeru, vendar kljub temu povprečna letna koncentracija molibdena v Družmirskem jezeru presega kriterije za dobro ekološko stanje.



Preglednica 2. Uvrstitev Velenjskega in Družmirskega jezera v trofično kategorijo po OECD kriterijih

Tip jezera	Fosfor celotni	Dušik anorganski	Prosojnost	Prosojnost	Klorofil a	Klorofil a
	(povprečje)	(povprečje)	(povprečje)	(minimum)	(povprečje)	(maksimum)
	( $\mu\text{g P/l}$ )	( $\mu\text{g N/l}$ )	(m)	(m)	( $\mu\text{g/l}$ )	( $\mu\text{g/l}$ )
u-oligotrofno	<4	<200	>12	>6	<1	<2,5
oligotrofno	<10	200–400	>6	>3	<2,5	<8
mezotrofno	10–35	300–650	6–3	3–1,5	2,5–8	8–25
evtrofno	35–100	500–1500	3–1,5	1,5–0,7	8–25	25–75
hiperevtrofno	>100	>1500	<1,5	<0,7	>25	>75
Velenjsko j. 2010	55	1315	6,1	2,5	3,5	5,1
Velenjsko j. 2011	53	1668	6,0	3,0	3	4,3
Družmirsko j. 2010	52	914	3,2	0,7	1,7	6,9
Družmirsko j. 2011	23	934	2,6	1,0	2,5	5,7

Preglednica 3. Posebna onesnaževala v Velenjskem in Družmirskem jezeru

LP_OSK	Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) mg/l		Kobalt (Co) $\mu\text{g/l}$		Molibden (Mo) $\mu\text{g/l}$	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Leto	150		0,3+NO = 0,4		24	
Velenjsko jezero	532	526	0,3	0,3	150	116
Družmirsko jezero	60	71	0,1	0,07	29	39

**Legenda**

LP\_OSK letno povprečje okoljski standard kakovosti  
 NO naravno stanje

**Stanje fitoplanktona**

Najboljši pokazatelj trofičnih razmer v jezerih je fitoplankton.

Vzorčenje in laboratorijske analize vzorcev fitoplanktona so bili izvedeni v skladu z Metodologijo vzorčenja in laboratorijske obdelave fitoplanktona za vrednotenje ekološkega stanja jezer v Sloveniji [3].

**Potek in metode vzorčenja**

Leta 2011 se je vzorčenje fitoplanktona na Družmirskem in Velenjskem jezeru opravilo štirikrat. Vzorčenje Družmirskega jezera je potekalo 21. aprila, 16. junija, 23. avgusta in 15. novembra, Velenjskega jezera pa 20. aprila, 15. junija, 22. avgusta in 14. novembra.

Zajeti so bili integrirani vzorci epilimnija in evfotične cone. V zajetih vzorcih se je določala vsebnost klorofila a, vrstna sestava, številčnost in biovolumen fitoplanktona. Za določanje klorofila je bila uporabljena standardna metoda ISO 7027:1999 [5], štetje fitoplanktona pa je bilo izvedeno po standardni metodi SIST EN 15204:2007 [6].

Preglednica 4. Splošni podatki o zajemu vzorcev fitoplanktona v Velenjskem in Družmirskem jezeru

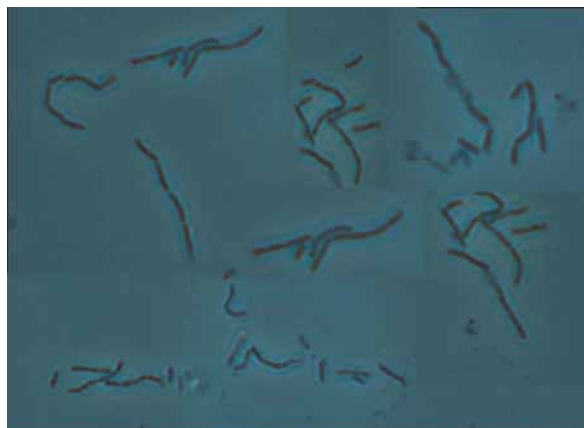
Jezero	Globina termokline	Secchijeva globina – prosojnost	Eufotična cona (2,5 x Secchi) m	Globina zajema
	m	m		m
<b>Družmirsko jezero</b>				
21. april 2011	4	2,2	5,5	0–20
16. junij 2011	5	4	10	0–10
23. avgust 2011	5	3	7,5	0–8
15. september 2011	11	6,5	16,25	0–15
<b>Velenjsko jezero</b>				
20. april 2011	7	7,2	18	0–14
15. junij 2011	6	6,2	15,5	0–15
22. avgust 2011	7	6,2	15,5	0–14
14. november 2011	H (homotermija)	11,5	28,75	0–20

Vrstna sestava je bila določena na osnovi kvalitativnega vzorca, ki je bil zajet s kvalitativno planktonsko mrežo z dimenzijo por 20 µm.

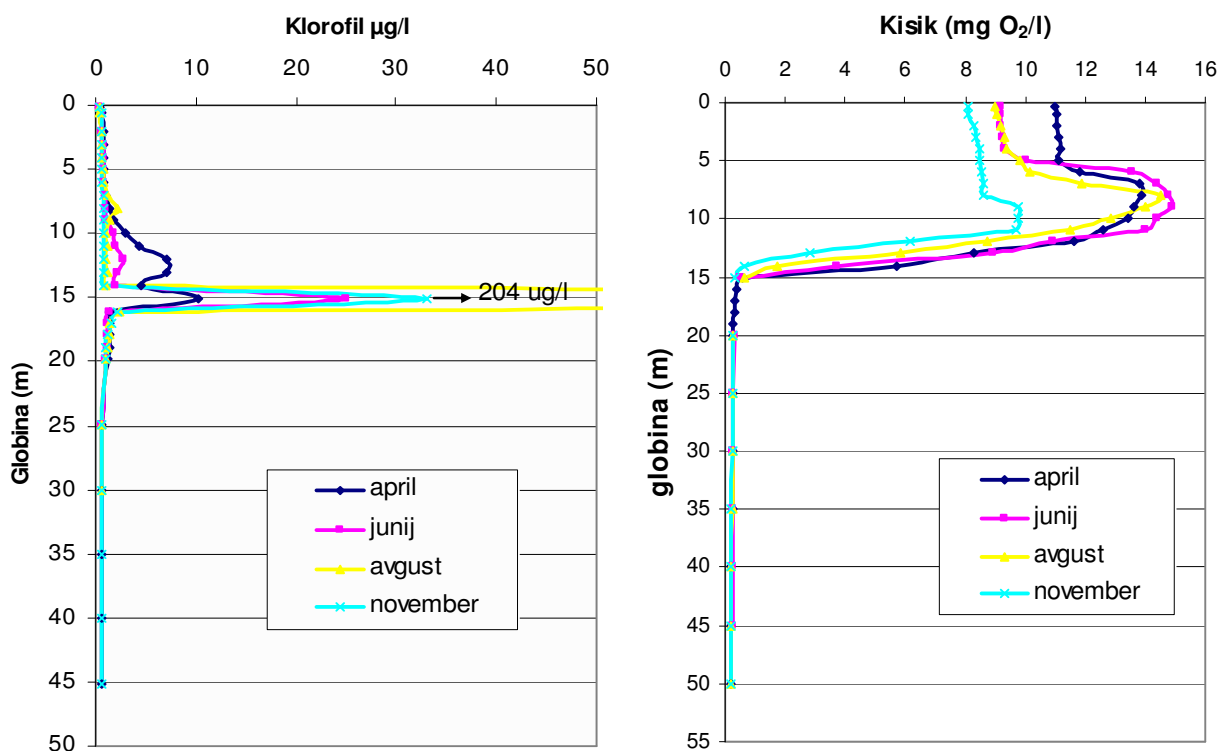
Ob vsakem vzorčenju so bili po globinski vertikali s sondo izmerjeni splošni fizikalno-kemijski parametri, temperatura, pH, specifična prevodnost, redoks potencial, vsebnost kisika in vsebnost klorofila.

## Velenjsko jezero

V Velenjskem jezeru so leta 2011 iz povprečja prejšnjih let izstopale izredno visoke koncentracije klorofila, izmerjene v ozki plasti na globini 15 m (slika 3), kjer so se na meji anaerobne cone izredno razmnožile zelene sulfurne bakterije iz rodu *Chlorobium* sp. (slika 1). Višek razvoja je populacija fotosintetskih žvepljenih bakterij dosegla avgusta. Vsebnost klorofila (bakterioklorofil) na globini 15 m je takrat preseгла 200 µg/l.



Slika 2. Zelena sulfurna bakterija *Chlorobium* sp., Velenjsko jezero 2011 (x 1600)

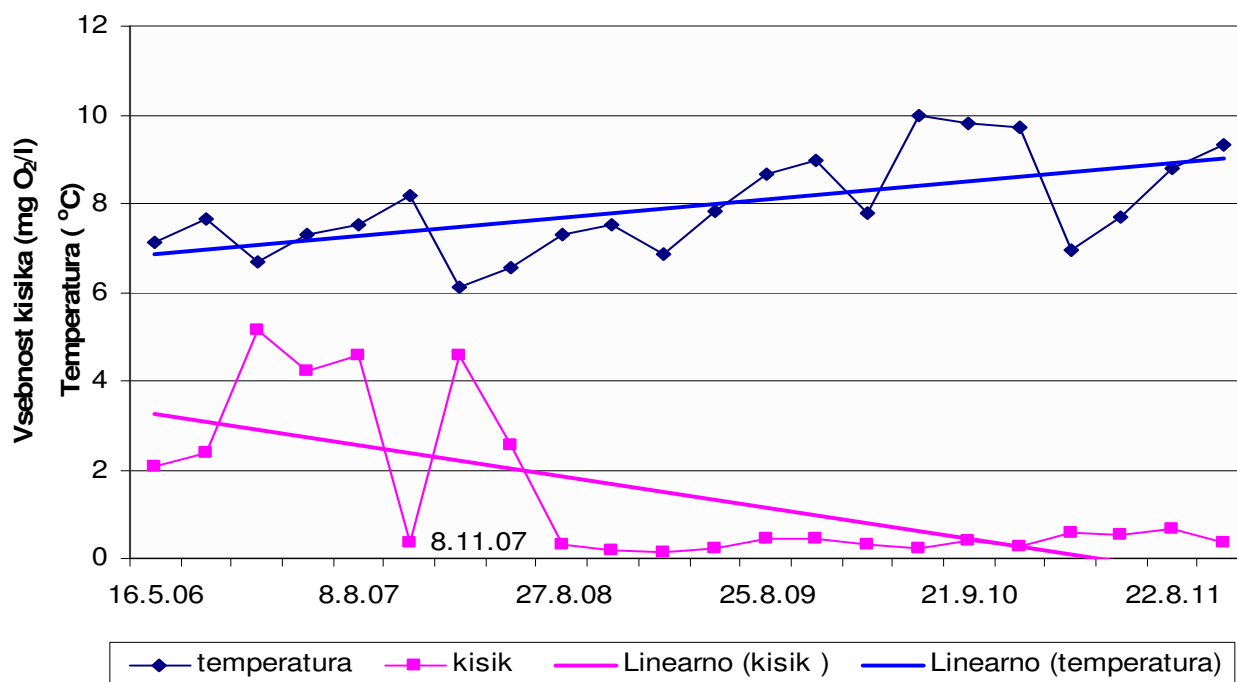


Slika 3. Razporeditev klorofila (levo) in kisika (desno) v Velenjskem jezeru med vzorčenjem leta 2011

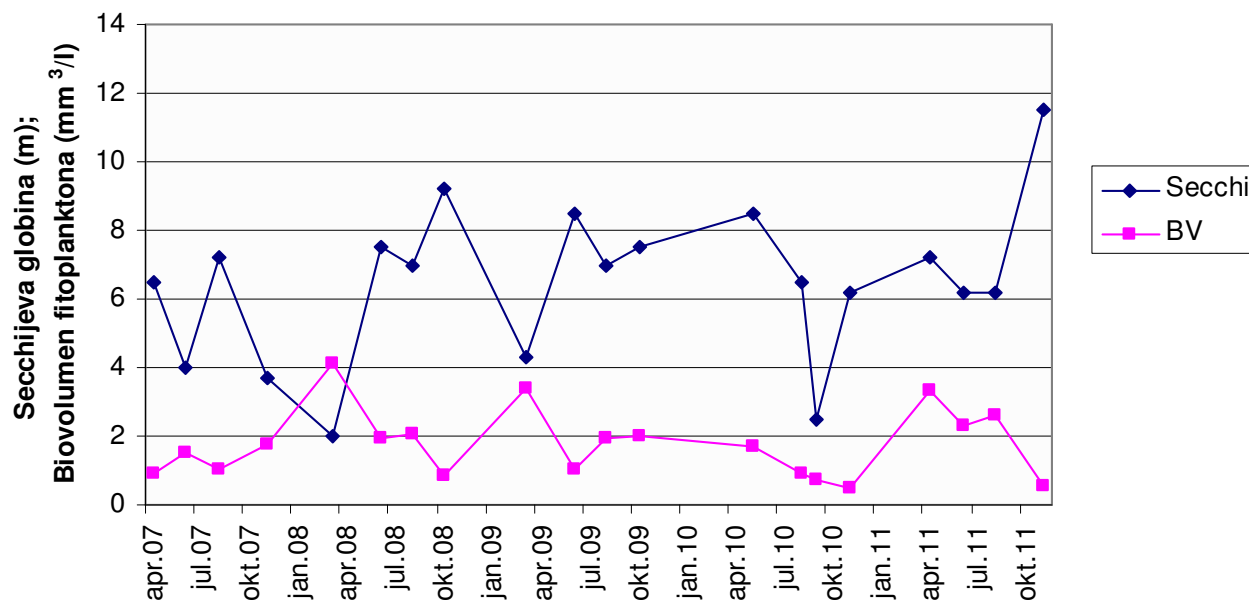
Zelene sulfurne bakterije v procesu fotosinteze namesto vode izkoriščajo reducirane žveplove spojine. Uspešne so v anaerobnem okolju z visoko vsebnostjo žveplovodika, kjer je še dovolj svetlobe za fotolizo sulfida do žvepla. Prav take razmere so se v Velenjskem jezeru oblikovale na globini 15 m, kjer od avgusta 2008 neprekinjeno beležimo razmere brez kisika.

Pred tem je do pomanjkanja kisika na globini 15 m v Velenjskem jezeru prihajalo le občasno. Na globini 15 m se od leta 2006 kaže tudi trend naraščanja temperature (slika 5).

Podobno kot v drugih alpskih in predalpskih jezerih je tudi v Velenjskem jezeru obdobje spomladanske homotermije (marec–april) za fitoplankton najproduktivnejše. V času poletne plastovitosti se je produktivnost v Velenjskem jezeru zadnji dve leti postopno manjšala vse do jeseni, kar pa ne velja za ostala alpska jezera, ko ob jesenski homotermiji oziroma premešanju vodnih mas praviloma prihaja do naraščanja produktivnosti fitoplanktona. Sklepamo, da v Velenjskem jezeru ob jesenski homotermiji že več let ni prišlo do premešanja vodnih mas in obogatitve produktivne cone jezera s hranili iz hipolimnija, kar kaže tudi nespremenjena globina anaerobne plasti (15 m).



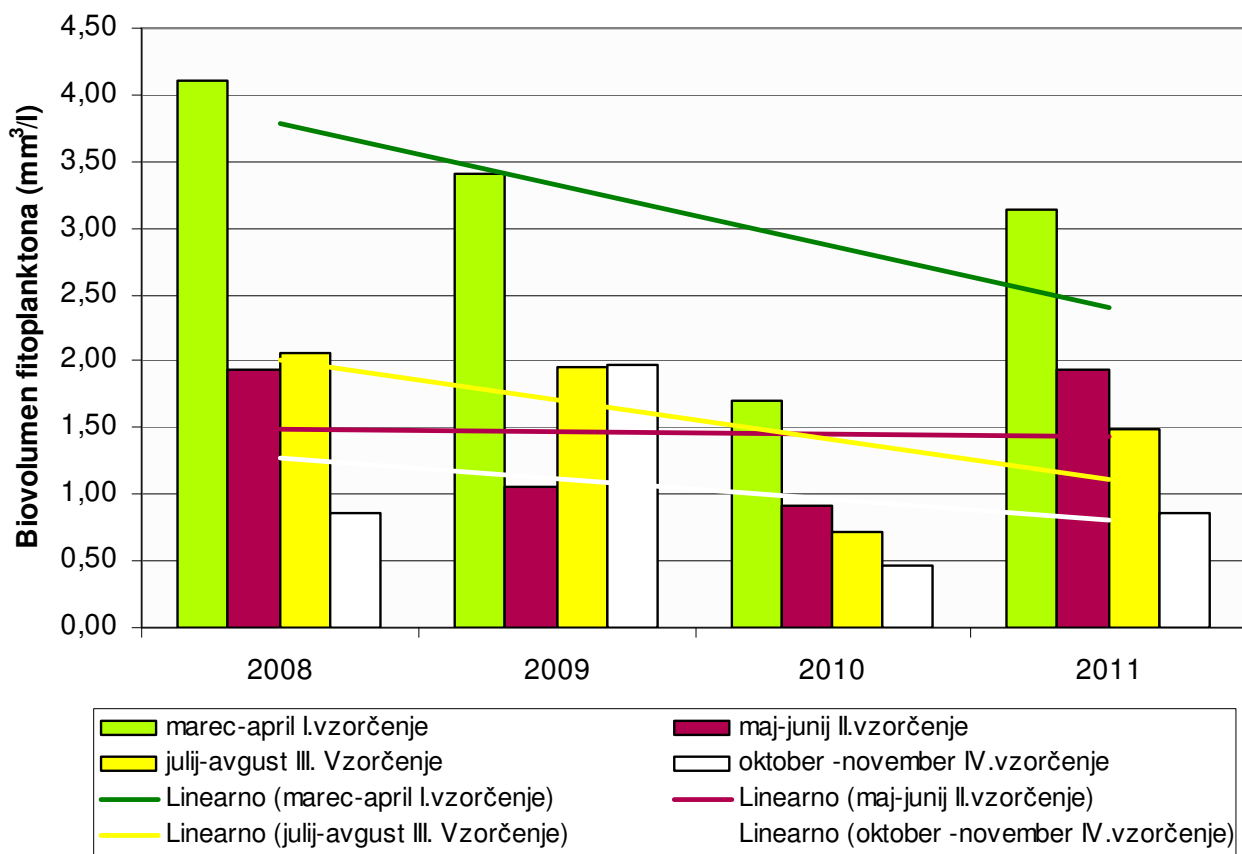
Slika 4. Temperatura in vsebnost kisika v Velenjskem jezeru na globini 15 m v obdobju 2006–2011



Slika 5. Secchijska globina in biovolumen fitoplanktona v Velenjskem jezeru v obdobju 2006–2011

Vse leto je prosojnost Velenjskega jezera (Secchijska globina) razmeroma visoka (slika 6), kar omogoča zadostno svetlobno radiacijo v globljih plasteh jezera, ki ustreza fotosintetskim sulfurnim bakterijam. Prosojnost nad 10 m, ki je bila izmerjena novembra 2011, je bila najvišja v zadnjih 5 letih. Na prosojnost jezera v veliki meri vpliva fitoplankton, ki se v Velenjskem jezeru zadržuje nad območjem anaerobne cone. Analize kažejo (slika 7), da se biovolumen fitoplanktona v Velenjskem jezeru od leta 2008 postopno manjša. Ne glede na trend pa je bila produkcija fitoplanktona ob vseh vzorčenjih leta 2011 višja kot leta 2010.

Tudi leta 2011 je bil najvišji biovolumen fitoplanktona določen aprila, najnižji pa novembra. V spomladanskem obdobju so v fitoplanktonski združbi prevladovala ciklična diatomeje z vrstama *Cyclotella radiosia* in *Cyclotella ocellata*. Maja in junija je sledilo obdobje ognjenih alg (*Dynophyta*), avgusta pa so bile najuspešnejše cianobakterije z vrsto *Aphanocapsa cf. delicatissima*. Zlatorjave alge (*Chrysophyta*) so bile z izjemo novembrskega vzorca leta 2011 v Velenjskem jezeru slabo zastopane (slika 8).



Slika 6. Biovolumen fitoplanktona v Velenjskem jezeru ob posameznem vzorčenju v obdobju 2008–2011

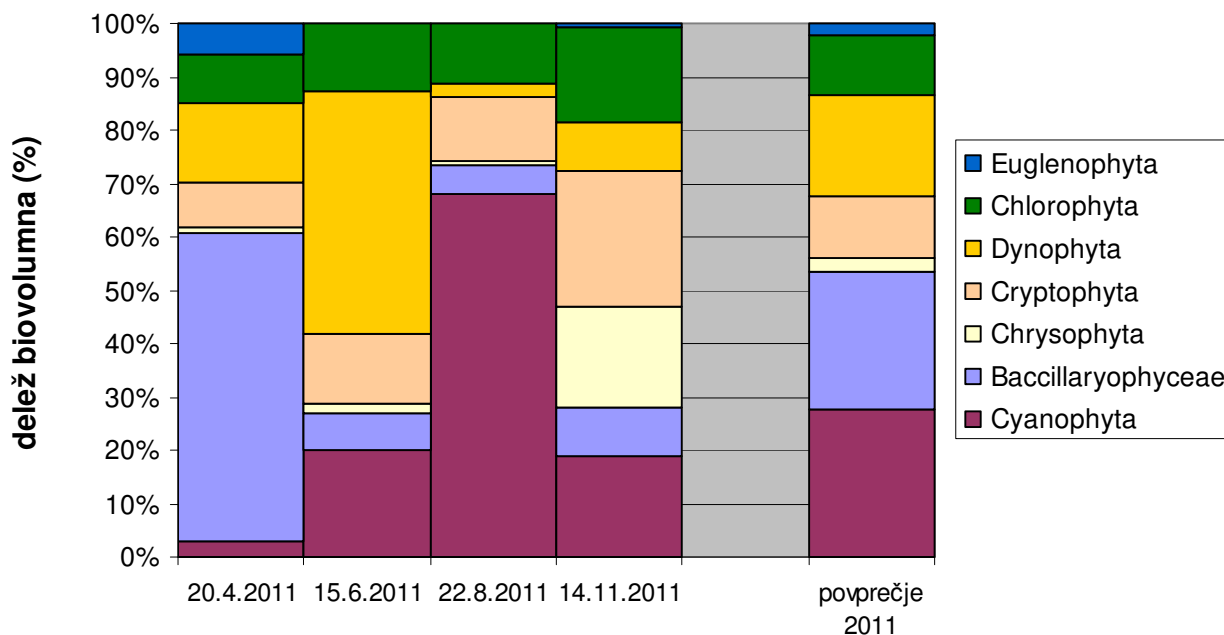
Preglednica 5. Biovolumen fitoplanktona in vsebnost klorofila v Velenjskem jezeru leta 2011

Datum zajema	April	Junij	Avgust	November	Povprečje
<b>Biovolumen (mm³/l)</b>	3,3	2,3	2,6	0,6	2,2
Klorofil a (µg/l) 0–14 m	3,4	4,3	1,3	0,7	2,1
Klorofil a (µg/l) 0–20 m	-	11	18	29	19,3
Klorofil a (µg/l) 15 m*	10,0	25,0	204,0	33*/86,0	81,3

\* meritve ERICo



Slika 7. Velenjsko in Družmirsko jezero, posnetek iz zraka (Informacijska tabla ob jezeru)

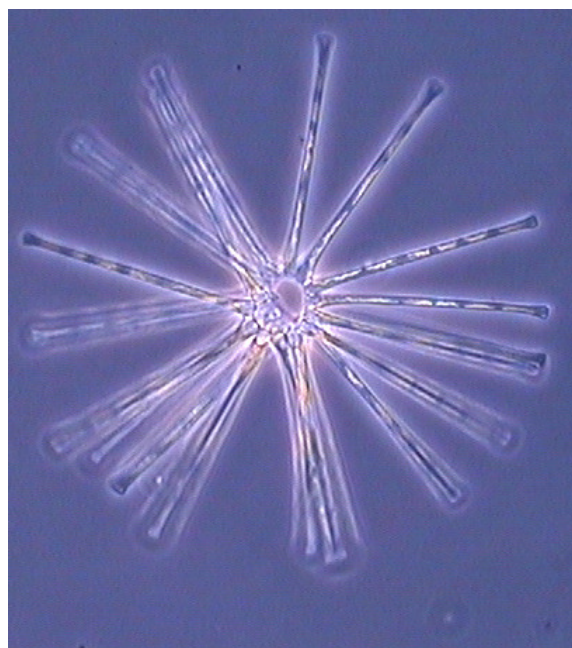
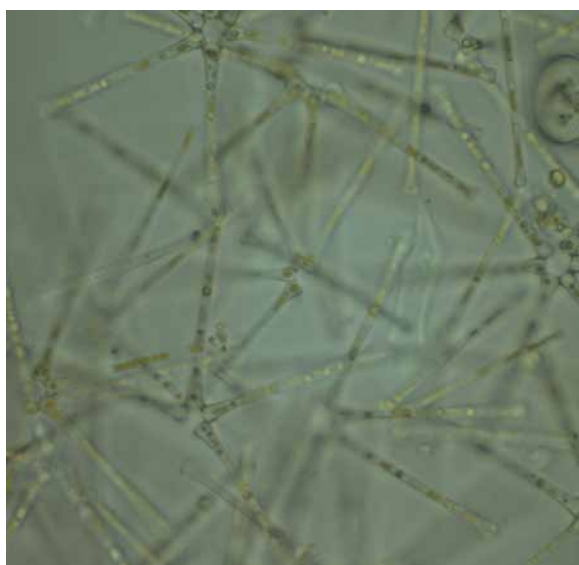


Slika 8. Delež biovolumna posameznih taksonomskih skupin fitoplanktona v Velenjskem jezeru leta 2011

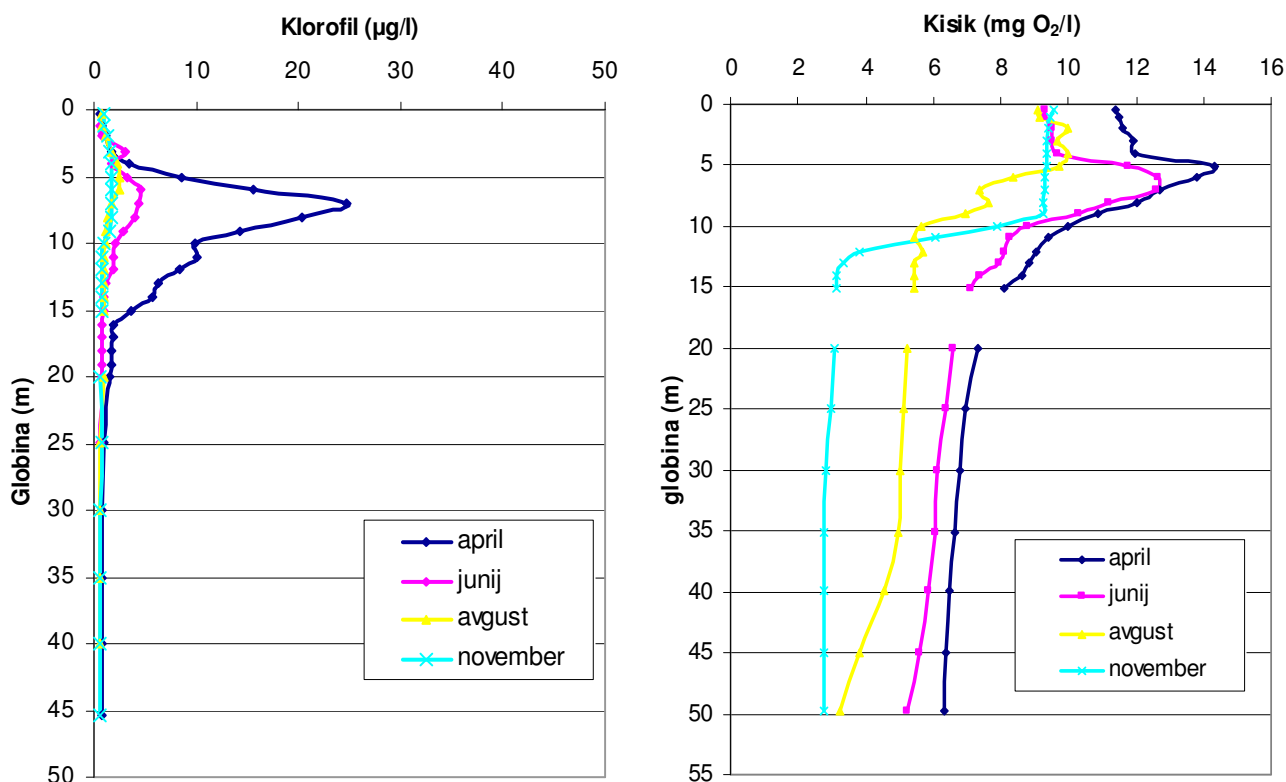
## Družmirsko jezero

Tudi leta 2011 je bilo Družmirsko jezero prezračeno do dna, kar je ena od bistvenih razlik v primerjavi z Velenjskim jezerom. Najnižja vsebnost kisika, 2,8 mg/l, je bila izmerjena novembra na globini 50 m. Razmeroma intenzivna produkcija fitoplanktona je bila zaznana samo ob prvem vzorčenju aprila, na globinah od 6 do 11 m, ko je »cvetela« kremenasta alga vrste *Asterionella formosa*.

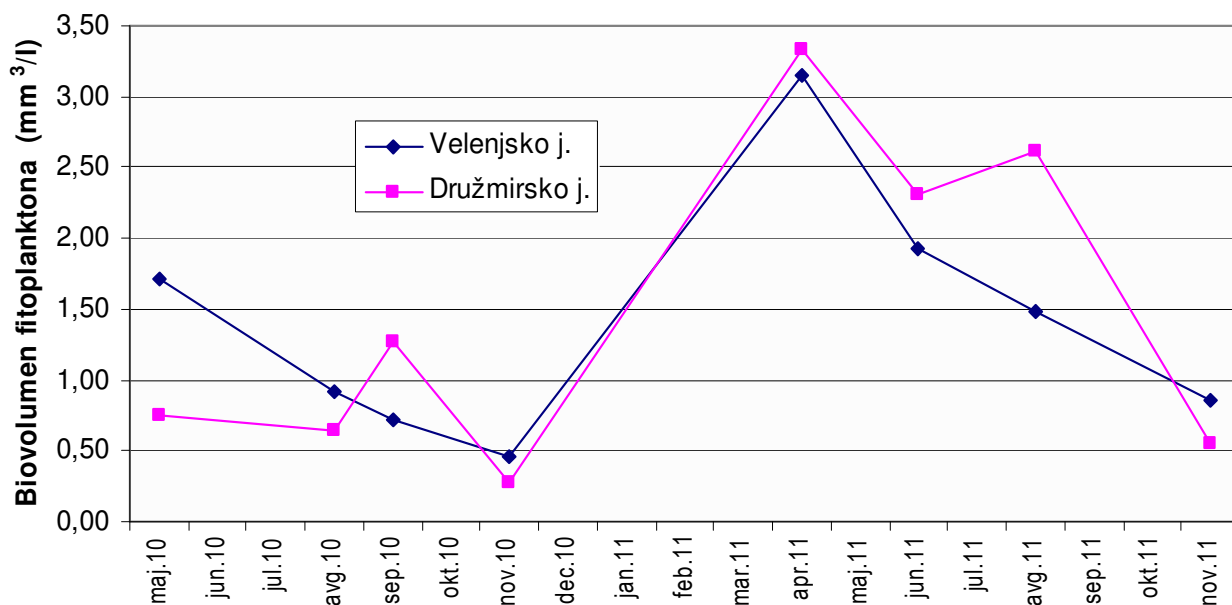
Ob vseh naslednjih vzorčenjih je bila produktivnost fitoplanktona manjša in omejena na ozko plast na globinah od 3 do 9 m.

Slika 9. Kremenasta planktonska alga *Asterionella formosa*, Družmirsko jezero 2011

Povprečni biovolumen fitoplanktona in povprečna vsebnost klorofila a sta bila leta 2011 v Družmirskem jezeru višja kot leta 2010. Najvišji biovolumen fitoplanktona je bil v Družmirskem jezeru določen aprila, najnižji pa, podobno kot v Velenjskem jezeru, novembra (slika 11, preglednica 5).



Slika 10. Razporeditev klorofila (levo) in kisika (desno) v Družmirskem jezeru med vzorčenjem leta 2011



Slika 11. Biovolumen fitoplanktona v Velenjskem in Družmirskem jezeru

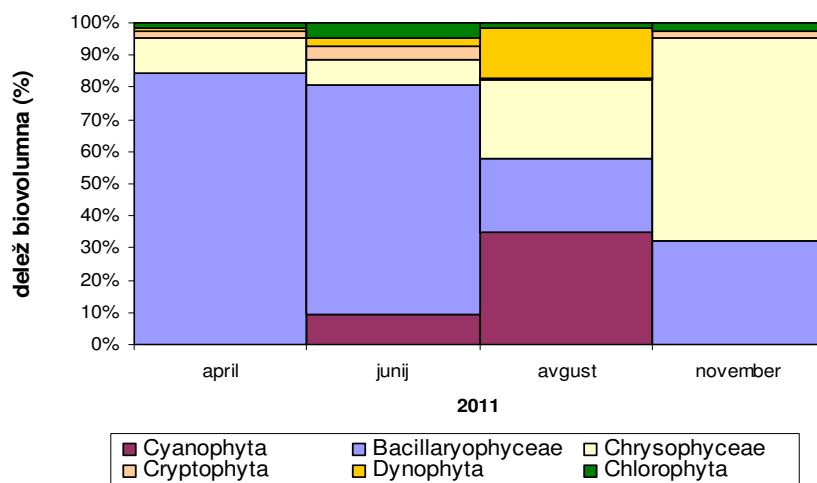
Ker novembra Družmirsko jezero še ni bilo temperaturno homogeno, je bila večina hranilnih snovi zunaj produktivnega presvetljenega območja jezera, zato je bila produkcija fitoplanktona nizka. Prevladovala so vrste iz skupine zlatorjavih alg (Chrysophyta), ki so bolj kot druge skupine fitoplanktona uspešne pri prisvajanju hranil pri zmanjšanih koncentracijah (slika 12).

Leta 2011 so bile razlike v taksonomski sestavi fitoplanktona obeh jezer očitnejše kot leta 2010. V Velenjskem jezeru so bile redke zlatorjave alge (Chrysophyta), ki so v povprečju predstavljale le 2 % skupnega biovolumna, v Družmirskem jezeru pa je njihov delež v skupni biomasi znašal 19 %. Kar 63 % biovolumna so leta 2011 v Družmirskem jezeru predstavljale diatomeje, v Velenjskem jezeru pa so pred

diatomejami (Bacillaryphyceae, 26 %) prevladovale cianobakterije (Cyanophyta, 28 %). Deleži vseh ostalih skupin so razvidni iz slike 13.

Preglednica 6. Povprečni biovolumen fitoplanktona in klorofil a v Družmirskem jezeru leta 2011

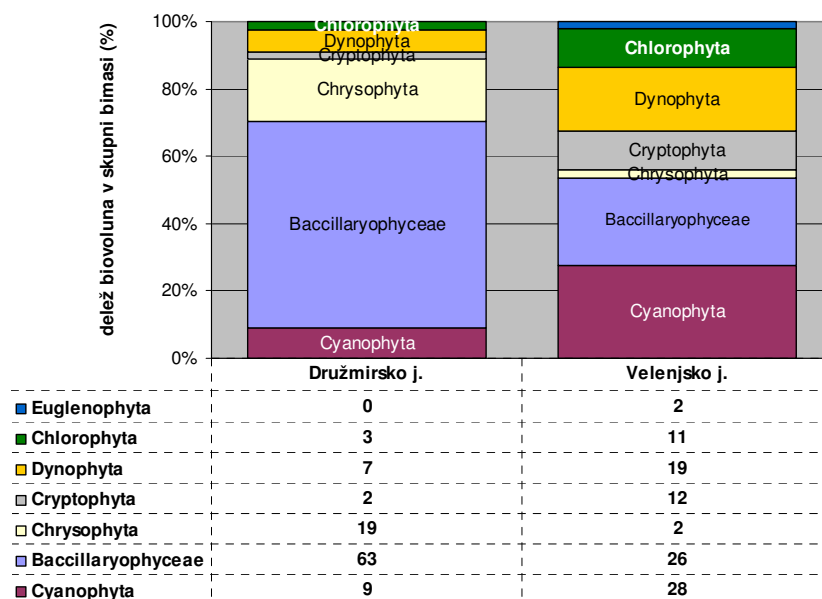
Datum zajema	April	Junij	Avgust	November	Povprečje
Družmirsko jezero					
Biovolumen (mm <sup>3</sup> /l)	3,1	1,9	1,5	0,9	1,9
Klorofil a (µg/l) 0–14 m	5,5	1,6	1,2	1,8	2,5



Slika 12. Delež biovolumna posameznih taksonomskih skupin fitoplanktona v Družmirskem jezeru leta 2011

Vrednotenje ekološkega stanja oz. ekološkega potenciala z biološkimi elementi kakovosti v umetnih vodnih telesih, kamor sodita tudi Velenjsko in Družmirsko jezero, trenutno ni mogoče, ker so kriteriji še vedno v pripravi; ocena v skladu z Metodologijo za

vrednotenje fitoplanktona v razred ekološkega stanja jezer v Sloveniji [4] na osnovi kriterijev za predalpska jezera kaže zmerno do slabo ekološko stanje za obe jezera.



Slika 13. Delež biovolumna posameznih taksonomskih skupin fitoplanktona v Velenjskem in Družmirskem jezeru leta 2011



Slika 14. Družmirsko jezero s Termoelektrarno Šoštanj v ozadju. Dimnik za blok 6 je že zgrajen.

## Zaključek

Velenjsko in Družmirsko jezero sta enakega nastanka in ločuje ju le nekaj 10 m široka pregrada iz elektrofiltrskega pepela, ki neprestano nastaja v Termoelektrarni Šoštanj. Kljub temu se obe jezери

bistveno razlikujeta po kakovosti. Velenjsko jezero je precej bolj obremenjeno, tako s hranili kot onesnaževali. Na razlike v trofičnosti vplivata predvsem različna starost in različna pretočnost obeh jezer, delno pa tudi različna raba in poseljenost padavinskega zaledja obeh jezer. Na obremenjenost z onesnaževali vplivajo različni tehnološki postopki, ki potekajo na obali obeh jezer.

Preglednica 7. Hidromorfološke razlike med Velenjskim in Družmirskim jezerom

Jezero	Leto nastanka	Površina km <sup>2</sup>	Prostornina mio.m <sup>3</sup>	Povprečni letni dotok vode mio.m <sup>3</sup> /leto
Velenjsko jezero	1950	1,35	25	>11
Družmirsko jezero	1975	0,72	19	24,5

## Viri

1. Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda, Uradni list RS, št.10/2009
2. Uredba o stanju površinskih voda, Uradni list RS, št.14/2009
3. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave fitoplanktona za vrednotenje ekološkega stanja jezer v Sloveniji
4. Metodologija vrednotenja fitoplanktona v razred ekološkega stanja jezer v Sloveniji





Foto: Tomaž Poje

Foto: Tomaž Poje



# Spremenljivost kakovosti kopalnih voda

**Mateja Poje**

Kopalne vode so t. i. naravna kopališča, kopamo pa se lahko tudi na naravnih odsekih – kopalnih območjih. Evropska komisija vsako leto pred začetkom kopalne sezone objavi poročilo o kakovosti kopalnih voda v državah Evropske skupnosti. Kakovost slovenskih kopalnih voda je primerljiva s kakovostjo kopalnih voda v teh državah, v zadnjih letih pa se stanje še izboljšuje. V letih 2010 in 2011 so tako vse slovenske kopalne vode ustrezale obvezujočim zahtevam kopalne direktive oziroma so izpolnjevale minimalne zahteve kakovosti. Po kakovosti vode na morju se Slovenija uvršča v sam vrh med državami Evropske skupnosti, saj že tri leta zapored večina kopalnih voda zadošča celo strožjim, priporočenim zahtevam.

V vročih poletnih dneh je najboljša in najhitrejša osvežitev skok v hladno vodo, zato se številne slovenske reke, jezera, ribniki in gramoznice spremenijo v priložnostna kopališča. Kapanje in plavanje v hladni vodi krepi telo in duha, mora pa biti varno in premišljeno.



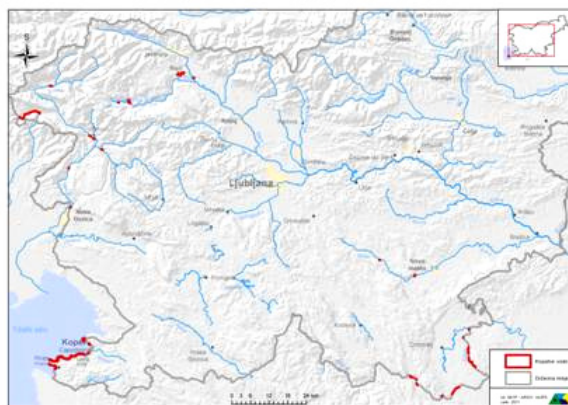
Slika 1. Skok v vodo (foto: T. Poje)

Kopalce pritegnejo vodne površine, ki so kolanju namenjene, pa tudi tako imenovana »divja kopališča«, kot so gramoznice ter deli rek in jezer, ki so brez upravljavcev in reševalcev iz vode, dvomljiva pa je tudi kakovost vode. Ta mesta predstavljajo nevarnost za utopitve in bolezni, povezane z onesnaženo vodo, saj jih nihče ne nadzira, v motnih vodah pa je nevarno skakanje v vodo in potapljanje. Prav tako za kohanje niso primerni zadrževalniki (npr. Vogersček), saj so namenjeni posebni rabi vode in gladina vode v njih lahko zelo niha. Na številnih lokacijah, ki ne služijo kolanju, so postavljene opozorilne table in znaki, ki prepovedujejo dostop oziroma opozarjajo, da je kohanje prepovedano ali mogoče le na lastno odgovornost. Na žalost jih številni kopalci ne upoštevajo.

## Kopalne vode v Sloveniji

Da bi bilo kohanje kar se da varno in prijetno tudi pri nas, je država v letu 2004 prvič uradno določila kopalne vode, skladno z zahtevami Evropske skupnosti. Prvi seznam kopalnih voda je vključeval 37 kopalnih voda, v letu 2008 pa je bil dopolnjen in od takrat naprej vsebuje 48 kopalnih voda (slika 2). Kopalne vode so določene na delih vodnih teles površinskih voda, kjer se izvaja dejavnost kopališč po predpisih, ki urejajo varstvo pred

utopitvami. To so tako imenovana naravna kopališča, ki jih je pri nas 18 (slika 3), kopamo pa se lahko tudi na naravnih odsekih – kopalnih območjih (slika 4). Teh je 30, določena pa so tam, kjer se v času kopalne sezone vsaj trikrat kopa 300 in več kopalcev na dan in ni bilo evidentiranih izpustov odpadnih voda.



Slika 2. Kopalne vode v Sloveniji



Slika 3. Plaža Grand Hotela Bernardin – primer naravnega kopališča (foto: M. Poje)

Širina brega na kopalnem območju mora biti vsaj 10 m, dolžina pa vsaj 100 m. Kopalne vode morajo ustrezati še dodatnim pogojem, pri čemer velja, da kohanje na teh lokacijah ni v nasprotju z drugimi rabami vode ter ne vpliva negativno na obratovanje objektov vodne infrastrukture. Prav tako na prispevnem območju

infrastrukture. Prav tako na prispevnem območju kopalnih voda ne smejo biti prisotni takšni viri onesnaževanja ali takšna raba zemljišč, da ne bi bilo mogoče s tehničnimi ukrepi zagotoviti ustrezne kakovosti vode. Seznam kopalnih voda se po zahtevah zakonodaje pregleduje vsako leto in po potrebi dopolni.



Slika 4. Del kopalnega območja Fužinski zaliv na Bohinjskem jezeru – primer kopalnega območja (foto: T. Poje)

Slovenija je kot članica Evropske skupnosti dolžna (kot tudi vse ostale države Evropske skupnosti) Evropski komisiji vsako leto do 31. decembra predložiti poročilo o izvajanju kopalne direktive v tekočem letu, katerega sestavni del so tudi podatki o kakovosti kopalnih voda. Evropska komisija podatke ovrednoti ter vsako leto pred začetkom kopalne sezone objavi zbirno poročilo, katerega namen je obvestiti javnost o kakovosti kopalnih voda v Evropski skupnosti in v vsaki državi članici v preteklem letu. Poročilo navadno vključuje podatke o kakovosti več kot 21.000 kopalnih vod po vsej Evropi, pri čemer je skoraj polovica vseh obalnih kopalnih voda v Grčiji in Italiji, Nemčiji in Franciji pa skupaj predstavljata skoraj polovico vseh celinskih kopalnih voda. Največje število kopalnih voda je določila Italija (skoraj 5.500), Slovenija pa z 48 predstavlja le 0,2 % vseh kopalnih voda v Evropi. Po številu kopalnih voda na milijon prebivalcev je Slovenija uvrščena na 22. mesto (med 30 državami), glede na število kopalnih voda na 10 km obalne linije na morju pa je uvrščena v sam vrh, saj si 3. mesto deli skupaj z Malto in Francijo, na prvi dve mesti pa se uvrščata Italija in Belgija.

## Kakovost kopalne vode

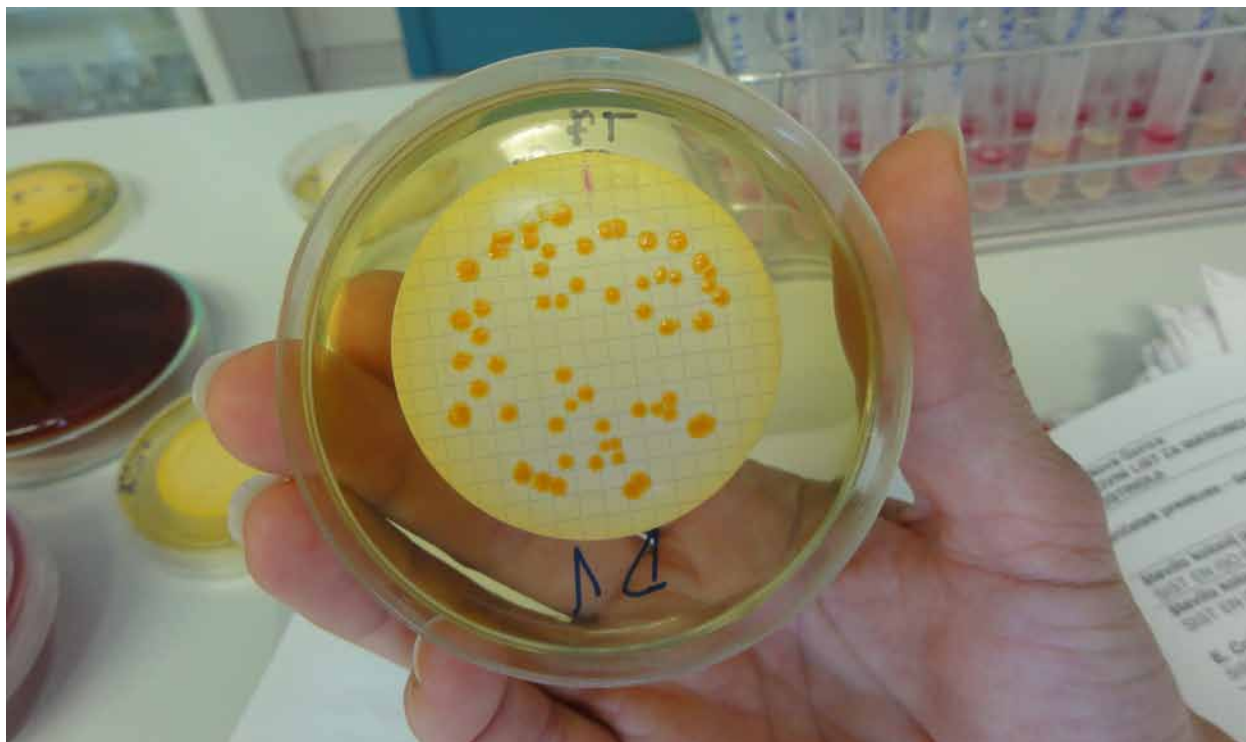
Marsikje, tudi v Sloveniji, odpadne vode ponekod še vedno tečejo neprečiščene v potoke, reke, jezera in morje ter jih tako onesnažujejo. Dokler je teh odplak malo, jih vodni organizmi (mikroorganizmi, alge ...) spreminijo in presnovijo ter porabijo kot hranilo. Tako se po določenem času voda sama očisti na osnovi samočistilne sposobnosti. Problem pa se pojavi, ko se odplakam naravnega izvora pridružijo še odplake iz obrti, industrije, pa tudi kmetijstva, saj vsaka voda lahko brez posledic sprejme le omejeno količino odpadnih voda. Da bi preprečili pogine vodnih organizmov ter vode ohranili uporabne tudi za druga živa bitja in človeka (pitje, kopanje ...), moramo spremljati kakovost

naših voda in z ustreznimi ukrepi zagotoviti ustrezno čiščenje odpadne vode z izgradnjo kanalizacijskih sistemov ter čistilnih naprav.

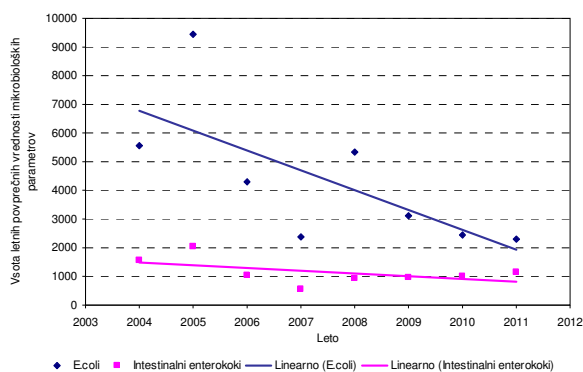
Ustrezna kakovost kopalne vode je nedvomno eden od pogojev za zdravo kopanje, saj za lastno varnost največ naredimo sami. Država trenutno razpolaga s podatki o kakovosti 48 uradno določenih kopalnih voda, katerih kakovost redno spremlja od leta 2004 dalje. Analize vode se opravijo v času kopalne sezone, ki na celinskih vodah traja od 15. junija do 31. avgusta, na morju pa od 1. junija do 15. septembra. Na kopalnih mestih lokalnega značaja lahko občasne analize vode financirajo tudi lokalne skupnosti in o tem obveščajo domačine.

Ocena kakovosti vode se poda na osnovi prisotnosti indikatorskih bakterij v vodi, katerih vrednosti kažejo na splošno higiensko stanje vode; neskladne vrednosti pomenijo, da obstaja možnost, da bi voda lahko predstavljala zdravstveno nevarnost, saj kopanje v taki vodi lahko predstavlja tveganje za pojav črevesnih obolenj ter okužb kože in sluznice. Za indikatorske bakterije je značilno, da so stalno prisotne v črevesju ljudi in toplokrvnih živali in so tako lahko pokazatelj fekalnega onesnaženja kot posledica neustrezne kanalizacije, obdelave odpadne vode ali rabe tal na priobalnih zemljiščih. Te bakterije se ne razmnožujejo v vodnem okolju in jih v čisti vodi ni mogoče zaslediti, enostavne pa so za laboratorijsko dokazovanje. Vsebnost mikrobov v vodi je odvisna od hitrosti toka vode, usedline, temperature, sončnega sevanja, slanosti in kakovosti vode. V obdobju 2004–2009 so se v kopalni vodi vsake 14 dni redno določale skupne koliformne bakterije in koliformne bakterije fekalnega izvora, od leta 2010 dalje pa se ugotavlja prisotnost *Escherichia coli* in intestinalnih enterokokov, ki sta podzvrsti koliformnih bakterij fekalnega izvora in streptokokov fekalnega izvora (slika 5). Evropska kopalna direktiva določa za mikrobiološke parametre mejne (obvezujoče) in strožje priporočene vrednosti. Predpisana metodologija za vrednotenje kakovosti kopalnih voda določa, da je posamezna kopalna voda skladna s priporočenimi zahtevami, če vsaj 80 % vzorcev ene kopalne sezone ustreza priporočenim vrednostim, za skladnost z mejnimi zahtevami pa je ta vrednost 95 %. Kopalna voda, na kateri v času kopalne sezone več kot 5 % vzorcev ne ustreza predpisanim mejnim (obvezujočim) vrednostim direktive, je razvrščena kot neskladna.

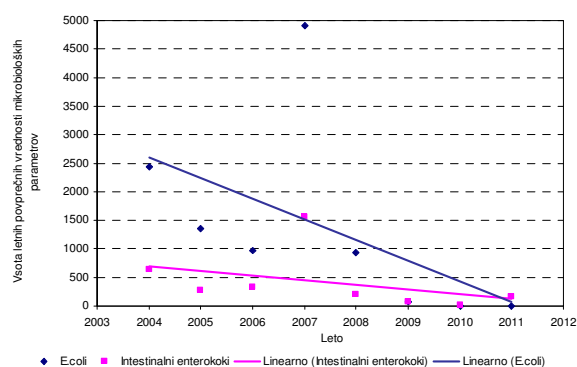
Podatki monitoringa kakovosti kopalnih voda, ki so ga na naravnih kopalniščih zagotavljali upravljavci vse do leta 2009, od leta 2010 dalje pa ga zagotavlja Agencija RS za okolje, potrjujejo, da je kakovost naših kopalnih voda dobra in se v zadnjih dveh letih izboljšuje. Vsota letnih povprečnih vrednosti mikrobioloških parametrov na kopalnih vodah se v obdobju 2004–2011 zmanjšuje tako na celinskih kopalnih vodah kot tudi na morju (slika 6 in 8), prav tako pa se zmanjšuje tudi delež neustreznih kopalnih voda (slika 7 in 9). Pri tem je treba poudariti, da je spremenljivost kopalnih voda na celini večja; letne povprečne vrednosti obeh mikrobioloških parametrov so v primerjavi z letnimi povprečji na kopalnih vodah na morju skoraj trikrat večje.



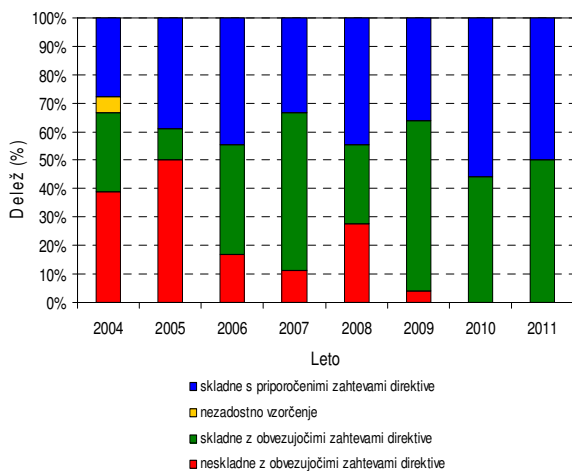
Slika 5. Porast koliformnih bakterij na gojišču (foto: Zavod za zdravstveno varstvo Nova Gorica)



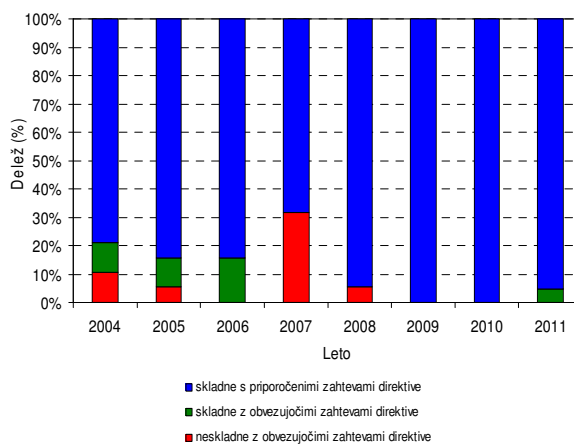
Slika 6. Vsota letnih povprečnih vrednosti mikrobioloških parametrov na celinskih kopalnih vodah



Slika 8. Vsota letnih povprečnih vrednosti mikrobioloških parametrov na kopalnih vodah na morju



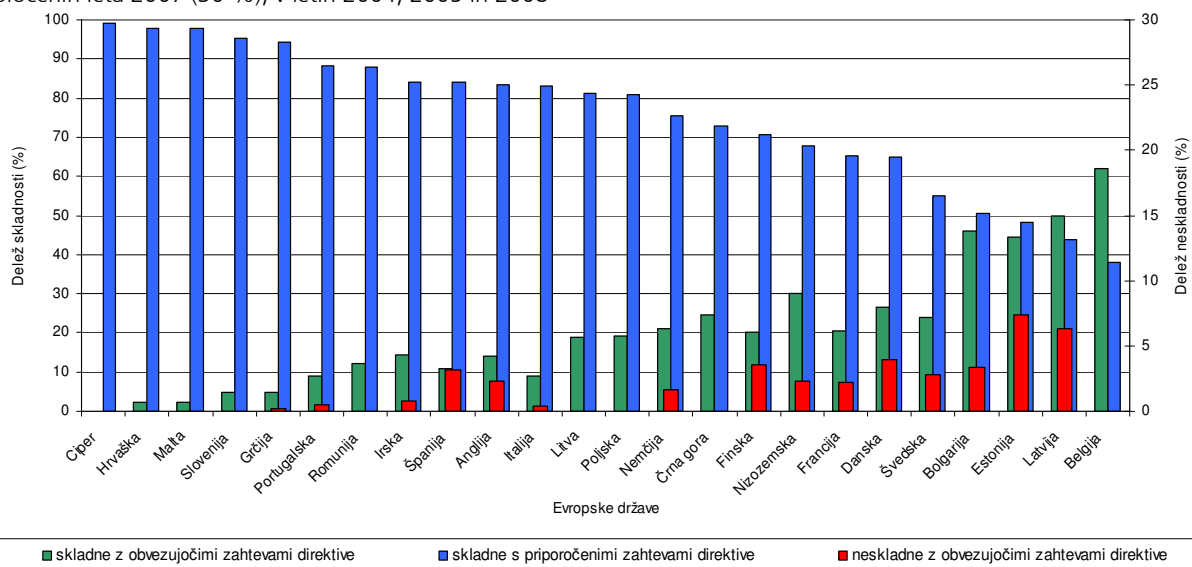
Slika 7. Skladnost celinskih kopalnih voda glede na zahteve kopalne direktive



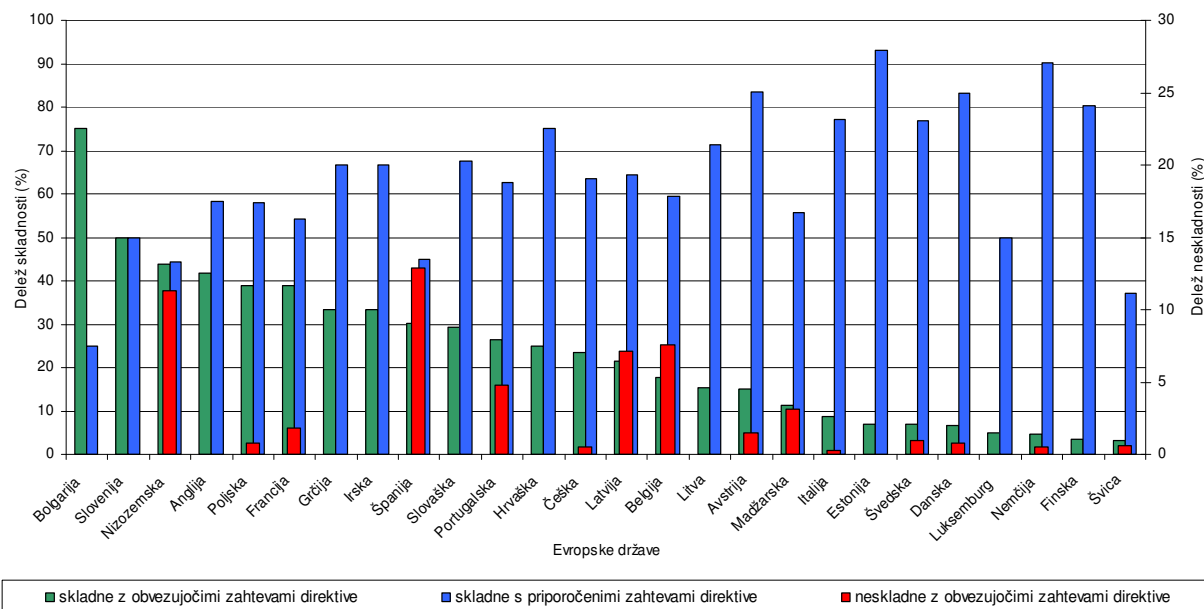
Slika 9. Skladnost kopalnih voda na morju glede na zahteve kopalne direktive

Občasna kratkotrajna preseganja mikrobioloških parametrov kakovosti so bila posledica neugodnih meteoroloških in hidroloških pogojev oziroma spiranja obalnih površin, kar je vodilo v neskladnost kopalnih voda. Le-teh je bilo na celinskih kopalnih vodah največ v letu 2005 (50 %), v letih 2010 in 2011 pa neskladne kopalne vode niso bile določene (slika 7, preglednica 1). Število neskladnih kopalnih voda na morju je bilo v obdobju 2004–2011 vedno znatno nižje kot na celinskih vodah. Največ neskladnih kopalnih voda na morju je bilo določenih leta 2007 (30 %), v letih 2004, 2005 in 2008

pa so bile neskladne le posamezne kopalne vode (slika 9, preglednica 1). Kakovost vode na kopalnih vodah na morju v celotnem obdobju v večjem deležu ustreza tako mejnim kot tudi strožjim – priporočenim zahtevam direktive. V letih 2009, 2010 so priporočene zahteve za kakovost vode izpolnjevale celo vse kopalne vode na morju, leta 2011 pa je bila ta skladnost 95,2 %. Skladnost posameznih kopalnih voda z zahtevami direktive je prikazana v preglednici 1.



Slika 10. Skladnost kopalnih voda na morju v Evropskih državah v letu 2011



Slika 11. Skladnost celinskih kopalnih voda v Evropskih državah v letu 2011

Kakovost slovenskih kopalnih voda je primerljiva tudi s kakovostjo kopalnih voda v drugih državah Evrope. Po kakovosti vode na morju se je Slovenija že v preteklih letih uvrščala v sam vrh, saj že tri leta zapored (2009, 2010 in 2011) vse kopalne vode na morju izpolnjujejo minimalne standarde kakovosti. To je v letu 2011 poleg

Slovenije uspelo le še Cipru, Hrvaški, Malti, Romuniji, Litvi, Poljski, Črni gori in Belgiji (slika 10). Velik delež kopalnih voda na morju pa izpolnjuje tudi strožje – priporočene zahteve kakovosti. Več kot 90 % skladnost s temi zahtevami je bila v letu 2011 poleg Slovenije dosežena le še na Cipru, Hrvaškem, Malti in v Grčiji.

Preglednica 1. Skladnost posameznih kopalnih voda v obdobju 2004–2011 z zahtevami evropske zakonodaje oziroma ustrezne metodologije

Kopalna voda	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Celinske kopalne vode</b>								
Naravno kopalnišče Hotel Vila Bled (Blejsko jezero)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Naravno kopalnišče Grand Hotel Toplice (Blejsko jezero)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Grajsko kopalnišče (Blejsko jezero)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalnišče Šobčev bajer	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Fužinski zaliv (Bohinjsko jezero)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Ukanc (Bohinjsko jezero)	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Mala Zaka (Blejsko jezero)	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Velika Zaka (Blejsko jezero)	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Prelesje – Kot	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Radenci	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Damelj	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Učakovci – Vinica	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Adlešiči	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Dragoši – Griblje	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Primostek	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Podzemelj	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Krka Žužemberk	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Krka Straža	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Idrjica v Bači pri Modreju	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Nadiža	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Soča pri Čezsoči	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Soča pri Tolminu I	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Soča pri Tolminu II	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Soča v Kanalu	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Soča pri Solkanu	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Pobrežje – Fučkovci	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
Kopalno območje Kolpa, Sodevci	-	-	-	-	-	▲	▲	▲
<b>Kopalne vode na morju</b>								
Naravno kopalnišče RKS MZL Debeli rtič	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalnišče Adria Ankaran	●	●	●	●	●	●	●	●
Mestno kopalnišče Koper	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalnišče Žusterna	●	●	●	●	●	●	●	●
Plaža Simonov zaliv	●	●	●	●	●	●	●	●
Obmorsko kopalnišče – Plaža Krka – Zdravilišče Strunjan	●	●	●	●	●	●	●	●
Naravno kopalnišče Salinera	●	●	●	●	●	●	●	●
Plaža Grand Hotel Bernardin	●	●	●	●	●	●	●	●
Plaža Hotel Vile Park	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalnišče Hoteli Morje (Kopalnišče Hoteli LifeClass)	●	●	●	●	●	●	●	●
Osrednja plaža Portorož	●	●	●	●	●	●	●	●
Naravno kopalnišče Metropol Portorož	●	●	●	●	●	●	●	●
Naravno kopalnišče Kamp Lucija	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Debeli rtič	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Žustrena – AC Jadranka	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Rikorovo – Simonov zaliv	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Simonov zaliv – Strunjan	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Salinera – Pacug	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Fiesa – Piran	●	●	●	●	●	●	●	●
Kopalno območje Pri svetilniku	-	-	-	-	-	●	●	●
Naravno kopalnišče Delfin	-	-	-	-	-	●	●	●

§ - nova kopalna voda (monitoring se začne izvajati 2009)

■ - podatki niso bili posredovani Evropski komisiji

▲, ● - neskladna kopalna voda z obvezujočimi zahtevami kopalne direktive oziroma ustrezne metodologije

▲, ● - skladna kopalna voda z obvezujočimi zahtevami kopalne direktive oziroma ustrezne metodologije

▲, ● - skladna kopalna voda s priporočenimi zahtevami kopalne direktive oziroma ustrezne metodologije

Kakovost celinskih kopalnih voda je povsod po Evropi bolj spremenljiva in odvisna od meteoroloških in hidroloških pogojev. Kljub temu so v Sloveniji vse celinske kopalne vode tako v letu 2010 kot tudi 2011 ustrezale zahtevam direktive, 56 % (2010) in 50 % (2011) pa tudi priporočenim zahtevam. Popolno skladnost so poleg Slovenije v letu 2011 dosegle le še Bolgarija, Anglija, Grčija, Irsko, Slovaška, Hrvaška, Litva, Estonija, Luksemburg in Finska (slika 11). Pri tem je treba poudariti, da je bilo v nekaterih državah v letu 2011 zaprto večje število kopalnišč (Slovaška 2,9 %, Češka 7,1 %, Belgija 13,9 % in Luksemburg 45 %), na večjem številu kopalnišč pa ni bilo analizirano zadostno število vzorcev (Madžarska 29,8 %, Švica 59,1 %).

## Sklepne misli

Rekreacija, povezana z vodo, je pomembna za zdravje človeka in njegovo dobro počutje. Poleg telesne aktivnosti ljudem predstavlja razvedrilo, sprostitve, počitek in igro ter s tem krepi in ohranja zdravje. Kopalnišča in voda pa lahko pomenijo tudi tveganja, ki so večinoma predvidljiva in obvladljiva, če poznamo vzroke za nastanek težav in postopke pravilnega ukrepanja. Zavedati se moramo, da je ustrezna kopalna voda le eden od pogojev zdravega kopanja. Kakovost naših kopalnih voda je dobra in primerljiva s kakovostjo kopalnih voda po Evropi. Kljub ustreznosti pa se moramo zavedati, da kakovost te vode ne ustreza kriterijem za pitno vodo; tako ta voda ni primerna za pitje in pranje sadja, po kopanju pa se priporoča prhanje.

Voda je lahko tudi izredno nevarna, zato nikakor ne smemo podcenjevati njene moči in precenjevati svojih sposobnosti, saj smo zase odgovorni sami oziroma se kopamo na lastno odgovornost. Med osnovne varnostne ukrepe sodi upoštevanje pravila, da se kopamo le na mestih, ki so temu namenjena, nevarno pa se je preveč oddaljevati od obale in skakati v motno vodo, v plitvine ali na neznanih mestih. Posebna pozornost mora biti namenjena otrokom, saj ti ne poznajo nevarnosti, predvsem mlajši pa še niso večji plavanja in se že mala nepredvidnost lahko spremeni v katastrofo. Za lastno varnost lahko največ storimo sami, seveda ob upoštevanju nasvetov za večjo varnost v in ob vodi ter napotkov za varno kopanje. Nanje opozarjajo številne ustanove, tako Policija, Uprava RS za zaščito in reševanje, Inštitut za varovanje zdravja RS, Uprava za pomorstvo, območni zavodi za zdravstveno varstvo, pa tudi Agencija RS za okolje.

## Literatura

1. Vodopivec, N., Poje, M., 2004: Upravljanje kopalnih voda, Mišičevi vodarski dnevi 2004. Maribor. Zbornik referatov
2. Poje, M., Vodopivec, N., Upravljanje kopalnih voda v Sloveniji, Delo znanost 16. junija 2005
3. Poje, M., 2005: Spremljanje kakovosti kopalnih voda na kopalnih območjih Slovenije, Slovenski kemijski dnevi 2005. Maribor. Zbornik referatov

4. Poje, M., 2005: Monitoring kakovosti kopalnih voda na kopalnih območjih, Dnevi zaščite in reševanja, Posvet Varstvo pred utopitvami 2005. Maribor
5. Poje, M., Furlan, N., Petrovič, A., 2005: Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na območjih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2004, ARSO – IVZ, julij 2005
6. Petrovič, A., Bitenc, K., Poje, M., 2006: Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na območjih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2005, ARSO – IVZ, april 2006
7. Poje, M., Petrovič, A., Bitenc, K., Gale, I., 2007: Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na območjih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2006, ARSO – IVZ, maj 2007
8. Poje, M., Petrovič, A., Bitenc, K., Gale, I., 2007: Monitoring of bathing water in Slovenia, Second International Conference on Waters in Protected Areas. Dubrovnik
9. Bitenc, K., Poje, M., Gale, I., Petrovič, A., 2008: Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na območjih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2007, ARSO – IVZ, marec 2008
10. Poje, M., Bitenc, K., Gale, I., Petrovič, A., 2008: Kakovost slovenskih naravnih kopalnih voda, Bilten Ekonomika, organizacija in informatika v zdravstvu, letnik 24, julij 2008
11. Poje, M., 2008: Bacterial pollution in Slovene coastal waters, 5th International Conference on Marine Waste Water Discharges and Coastal Environment. Cavtat
12. Poje, M., Vodopivec, N., Kako skrbimo za kopalne vode, Delo znanost, 19. 06. 2008
13. Poje, M., 2008: Skrb za naravne kopalne vode, Bilten Ekonomika, organizacija in informatika v zdravstvu, letnik 25, september 2008
14. Poje, M., Žličar, D., Franca, B., Rojs, B., Petrovič, A., Gale, I., Šušmak, B., Turk, R., 2009: Kopalne vode – zdravo in varno kopanje
15. Poje, M., Bitenc, K., Gale, I., 2010: Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na kopalnih območjih v Sloveniji v letih 2008–2009, ARSO – IVZ, april 2010
16. Poje, M., Mihorko, P., Jesenovec, B.; Sodja, E., 2010: Ocena stanja na območjih s posebnimi zahtevami, Mišičevi vodarski dnevi 2010. Maribor. Zbornik referatov
17. Poje, M., Kakovost kopalnih voda na naravnih kopalniških in na kopalnih območjih v Sloveniji v letu 2010, ARSO, maj 2010
18. Cvitanič, I., Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Grbovič, J., Jesenovec, B., Kozak - Legiša, Š., Krajnc, M., Kuhar, U., Mihorko, P., Poje, M., Remec - Rekar, Š., Rotar, B., Sever, M., Sodja, E., Andjelov, M., Mikulič, Z., Pavlič, U., Savič, V., Souvent, P., Trišič, N., Uhan, J., 2010: Vode v Sloveniji: Ocena stanja voda za obdobje 2006–2008 po določilih okvirne direktive o vodah, ARSO, 2010
19. Poročilo Evropske komisije, 2011: European bathing water quality in 2010, Evropska agencija za okolje, junij 2011
20. Poje, M., Žličar, D., Sladič, A., Petrovič, A., Šušmak, B., 2011: Naj bo kopanje užitek, zgibanka, ARSO, 2011





Foto: Tomaž Poje



Foto: Tanja Cegnar

# Emisijske evidence toplogrednih plinov 1986–2010

*Tajda Mekinda Majaron*

Leta 1992, ko se je le malokdo zavedal vpliva emisij TGP na podnebje, je bila sprejeta Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC), ki jo je Slovenija ratificirala leta 1995. Ena izmed sprejetih obveznosti je redno poročanje o stanju emisij (evidence), ukrepih za njihovo zmanjševanje ter spremljanju podnebnih sprememb in ukrepih za zmanjševanje posledic sprememb. Na Agenciji RS za okolje (ARSO) letno pripravljamo evidence emisij toplogrednih plinov (TGP) po metodologiji, ki jih je za podpisnice Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) izdal Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC).

Z razvojem industrializacije so se močno povečale emisije v zrak. Sprva smo opažali predvsem škodljive vplive emisij onesnaževal na zdravje ljudi in na vegetacijo, v zadnjih dveh desetletjih pa se čedalje bolj zavedamo učinka, ki ga ima povečana koncentracija toplogrednih plinov v ozračju na podnebje našega planeta. Značilnost toplogrednih plinov je, da vpijejo dolgovalovno sevanje, s čimer vplivajo na sevalno (toplotno) bilanco Zemlje. Koncentracija najpomembnejšega toplogrednega plina, ogljikovega dioksida, se je od leta 1750 povečala za okrog 35 %, povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju pa se je v 20. stoletju zvišala za okoli  $0,74 \pm 0,18$  °C, pri čemer je naraščanje temperature v zadnjih 50 letih v povprečju  $0,13 \pm 0,03$  °C na dekada. Znanstveniki, združeni v Medvladni odbor za podnebne spremembe pri Združenih narodih (IPCC), so v svojem 4. poročilu potrdili, da je dvig temperature od leta 1950 posledica človeških dejavnosti.

## Zakonske podlage za emisijske evidence toplogrednih plinov (TGP)

Že leta 1992, ko se je le malokdo zavedal vpliva emisij TGP na podnebje, je bila v Rio de Janeiru sprejeta Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC), ki jo je Slovenija ratificirala leta 1995. Ena izmed sprejetih obveznosti je redno poročanje o stanju emisij (evidence), ukrepih za njihovo zmanjševanje ter spremljanju podnebnih sprememb in ukrepih za zmanjševanje posledic sprememb.

Slovenija je oktobra 1998 podpisala in julija 2002 ratificirala tudi Kjotski protokol, s katerim je prevzela obveznost 8-% zmanjšanja emisij TGP v prvem ciljnem obdobju 2008–2012 glede na izhodiščno leto. Pravila o izvajanju Kjotskega protokola omogočajo doseganje ciljev z zmanjšanjem emisij TGP in s povečanjem ponorov (vezavo CO<sub>2</sub>). Kot dopolnilo k domačim ukrepom zmanjševanja emisij TGP so na voljo tudi trije kjotski mehanizmi, in sicer: skupno izvajanje (JI), mehanizem čistega razvoja (CDM) in mednarodno trgovanje z emisijami (ETS).

Z vstopom Slovenije v Evropsko unijo (EU) smo prevzeli tudi obveznosti za poročanje po odločbi Evropskega parlamenta in Sveta (280/2004/ES) ter odločbi Komisije (166/2005/ES), ki pa Sloveniji, razen zgodnejših rokov za poročanje, ne nalagata bistveno drugačnih obveznosti, kot jih glede poročanja zahteva konvencija. Pač pa si je

Evropska unija precej bolj ambiciozno zastavila cilje glede zmanjševanja emisij TGP, in sicer mora do leta 2020:

- zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 20 %,
- povečati uporabo obnovljivih virov v končni rabi energije za 20 % in
- za 20 % povečati učinkovito rabo energije.

Obenem je EU izrazila pripravljenost, da sprejme tudi hujše zahteve, v primeru, da bi se mednarodna skupnost uspela dogovoriti za nov sporazum, ki bi nasledil Kjotski protokol. V decembru 2008 je bil v Evropskem parlamentu sprejet tako imenovani Podnebno-energetski paket, ki je začel veljati z junijem 2009; vsebuje sveženj zakonodaje, implementacija katere naj bi v državah članicah omogočila uresničitev zgoraj navedenih ciljev.

## Priprava emisijskih evidenc TGP

Slovenija mora vsako leto poročati (Evropski komisiji do 15. marca in Sekretariatu UNFCCC do 15. aprila) o nacionalnih evidencah antropogenih emisij in ponorov toplogrednih plinov, ki niso vključeni v nadzor v okviru Montrealskega protokola. Evidence vseh držav članic morajo biti izdelane po dogovorjeni metodologiji, ki je opisana v IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories in v Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.

V Sloveniji je za pripravo emisijskih evidenc TGP in za njihovo redno poročanje odgovorna Agencija RS za okolje (ARSO). Pri evidentiranju emisij ARSO sodeluje s številnimi drugimi ustanovami in upravnimi organi, ki ji posredujejo podatke o dejavnostih in druge ustrezne podatke, potrebne za pripravo evidenc. Glavni vir podatkov je Statistični urad Republike Slovenije (SURS), vseeno pa ARSO veliko podatkov pridobi iz drugih dejavnosti, ki jih izvaja v okviru Zakona o varstvu okolja. Pri izračunu emisij iz kmetijstva strokovno sodeluje s Kmetijskim inštitutom Slovenije (KIS), medtem ko ponore in emisije, ki nastajajo zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva (LULUCF), v celoti izračunavajo strokovnjaki z Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS).

Plini, ki jih spremljamo v evidencah TGP, so: ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), didušikov oksid (N<sub>2</sub>O) ter tako imenovani F-plini, ki obsegajo fluorirane ogljikovodike (HFC), perfluorirane ogljikovodike (PFC) in

žveplov heksafluorid (SF<sub>6</sub>). Da lahko različne toplogredne pline med seboj primerjamo in seštevamo, jih moramo prej pomnožiti z njihovim toplogrednim potencialom; ta se izraža v razmerju glede na toplogredni učinek CO<sub>2</sub>, ki je po dogovoru 1. Toplogredni potenciali ostalih plinov so: metan 21, didušikov oksid 310, HFC-ji od 140 do 11.700, PFC-ji od 6.500 do 9.200 in SF<sub>6</sub> 23.900. Tako prikazana vsota emisij različnih plinov se izraža v ekvivalentih CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> ekv.).

Poročilo o emisijah toplogrednih plinov pregledujejo mednarodni strokovnjaki pod okriljem Sekretariata UNFCCC na rednih letnih revizijah. V tem procesu sodelujemo tudi slovenski strokovnjaki.

## Izhodiščno leto

Za večino držav, ki so pristopile h Kjotskemu protokolu, je izhodiščno leto 1990. Slovenija si je lahko kot država na prehodu v tržno gospodarstvo izbrala drugačno izhodiščno leto za določanje ciljnih emisij v obdobju 2008–2012. Leto 1986 se je izkazalo kot najbolj ugodno, saj so bile takrat emisije poglavitnih treh plinov najvišje, za F-pline pa smo si izbrali izhodiščno leto 1995. Leta 2007 je v vseh državah podpisnicah Kjotskega protokola potekala temeljita revizija emisijskih evidenc s poudarkom na preverjanju emisij v izhodiščnem letu. Te so bile konec leta tudi dokončno potrjene s strani

Sekretariata UNFCCC. Za Slovenijo so 20.354,042 kt CO<sub>2</sub> ekv. in se ne morejo več spremeniti. Zato v skladu z obveznostjo 8-% zmanjšanja emisij povprečne letne emisije v obdobju 2008–2012 ne bi smele presegati 18.725,719 kt CO<sub>2</sub> ekv.

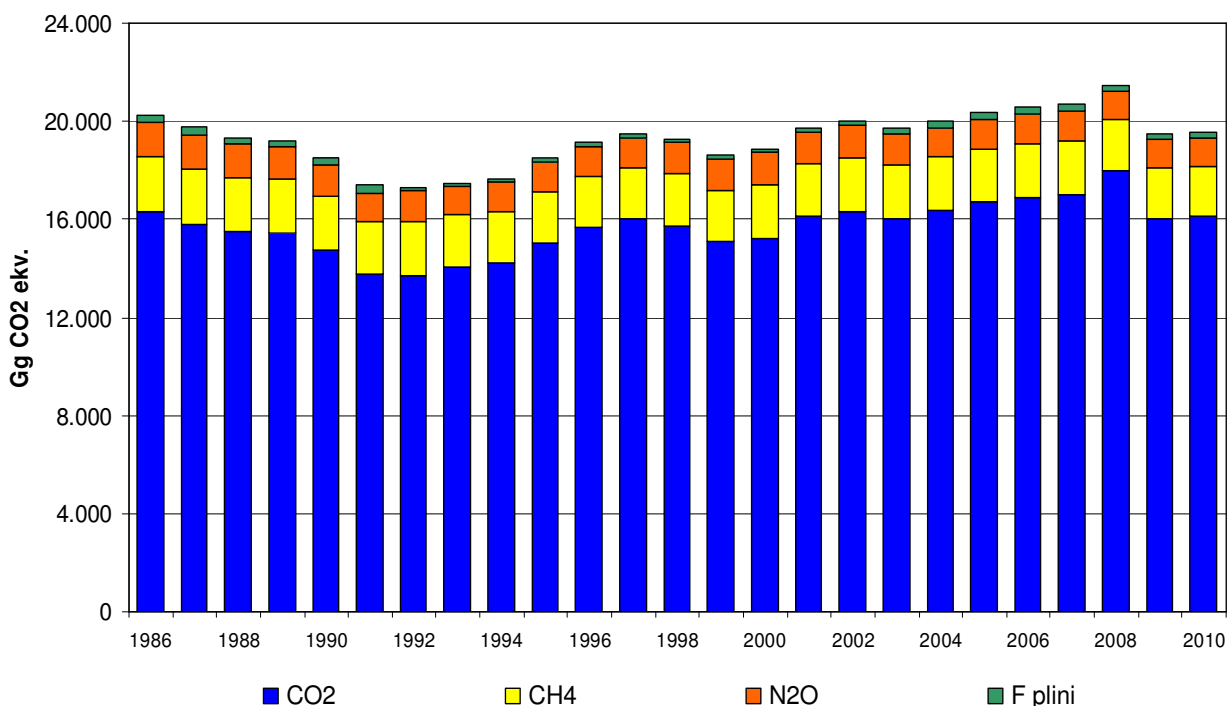
## Emisije TGP po plinih

Emisije TGP v Sloveniji so bile leta 2010 19.522 kt CO<sub>2</sub> ekv., kar je 4,1 % pod emisijami v izhodiščnem letu. Kar 82,6 % teh emisij predstavlja CO<sub>2</sub>, ki nastaja večinoma pri zgorevanju goriv, deloma pa tudi pri industrijskih procesih, kjer se kot surovina uporablja ogljik v čisti obliki ali vezan, najpogosteje v obliki karbonatov.

Delež emisije metana (CH<sub>4</sub>) v skupnih emisijah TGP je bil leta 2010 10,4 %. Metan večinoma nastaja v kmetijstvu pri živinoreji in pri ravnanju z odpadki.

Še manjši delež kot metan ima v celotnih emisijah N<sub>2</sub>O, ki je v letu 2010 prispeval 5,8 % vseh emisij. V Sloveniji je glavni vir emisij tega plina kmetijstvo, v manjši meri pa nastaja tudi pri ravnanju z odpadnimi vodami.

Oba plina, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O, nastajata tudi pri zgorevanju goriv, vendar je njun prispevek v primerjavi s CO<sub>2</sub> veliko manjši.



Slika 1. Prispevek k emisijam TGP v obdobju 1986–2010 po plinih

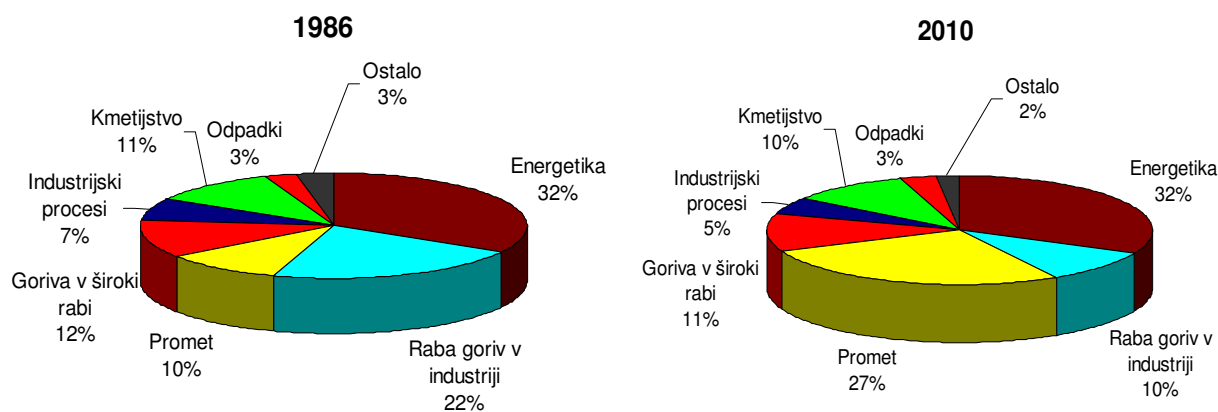
Vsi F-plini skupaj prispevajo k skupnim emisijam nekaj več kot 1 %. PFC-ji v Sloveniji nastajajo samo pri primarni proizvodnji aluminija v Talumu. Z modernizacijo elektroliznega postopka, po letu 2009 pa tudi z izrazitim zmanjšanjem proizvodnje, so se te emisije glede na izhodiščno leto znižale za skoraj 90 %. HFC-ji so se začeli pri nas uporabljati po letu 1995 kot hladivo, ki

nadomešča ozonu škodljive snovi. V zadnjih letih je zaradi povečane uporabe klimatskih naprav tako v vozilih kot stavbah emisija teh plinov opazno narasla. Najmanj emisij TGP pa izvira iz uporabe SF<sub>6</sub>, ki ga v Sloveniji najdemo le pri distribuciji električne energije, kjer ga uporabljajo kot izolacijsko sredstvo.

## Emisije TGP po virih

V skladu z IPCC metodologijo se emisije toplogrednih plinov prikazuje grupirane v šest osnovnih kategorij: raba energije, industrijski procesi, poraba toplil, kmetijstvo, gozdarstvo z rabo in spremembo rabe zemljišč (LULUCF) ter odpadki (preglednica 1).

Raba energije prispeva daleč največji delež k emisijam TGP, leta 2010 je v tem sektorju nastalo kar 82 % vseh emisij. Znotraj tega sektorja se emisije prikazujejo kot poraba goriv za štiri glavne namene: proizvodnjo elektrike in toplote, v industriji, v prometu ter v gospodinjstvih in ostalih komercialnih sektorjih. Preostanek emisij v tem sektorju so ubežne emisije.



Slika 2. Prispevek k emisijam TGP leta 1986 in 2010. Najbolj opazno je povečanje emisij iz prometa in zmanjšanje emisij iz industrije (iz rabe goriv in iz procesov).

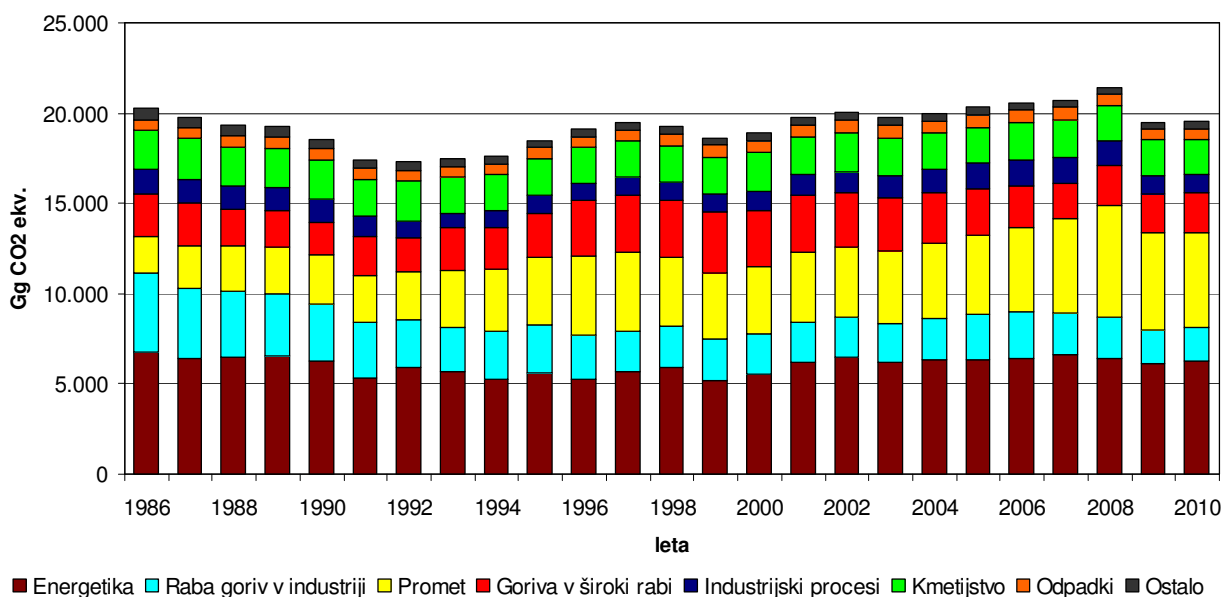
Emisije TGP iz zgorevanja goriv v sektorju proizvodnje električne energije in toplote so leta 2010 s 6.219 kt CO<sub>2</sub> ekv. prispevale 32 % k nacionalnim emisijam TGP. K emisijam je največ prispevalo zgorevanje trdnih goriv, predvsem domačega premoga iz velenjskega in trboveljskega rudnika z visokimi specifičnimi emisijami. Leta 2010 so bile emisije v tem sektorju za 7,6 % nižje od emisij leta 1986, nato so se postopno manjšale in po desetletnem obdobju razmeroma nizkih emisij leta 2001 skokovito porasle ter se nato ustalile okoli današnjih vrednosti. Vzrok za skokovit porast je bila povečana poraba električne energije ter čezmejno trgovanje z električno energijo. Zaradi odprtega trga z električno energijo in cenovnih razlik je bil povečan izvoz slovenske elektrike v Italijo. Največji domači porabnik električne energije pa je industrija.

Leto 2010 je bilo v celoti zaznamovano s svetovno gospodarsko krizo, ki je še posebej prizadela industrijo in gradbeništvo. Emisije TGP zaradi rabe goriv v industriji in gradbeništvu so bile 1.900 kt CO<sub>2</sub> ekv. ali 10 % celotnih emisij TGP. Glede na izhodiščno leto 1986 so bile emisije TGP leta 2010 nižje za kar 57 %. V preteklosti so se emisije v tem sektorju nižale predvsem zaradi prestrukturiranja industrije, ki je zmanjšala porabo trdnih in tudi tekočih goriv v korist plinastim gorivom in električni energiji. Padec emisij v letu 2009 glede na 2008 za 17 % je posledica svetovne gospodarske krize, ki je vplivala na zmanjšanje industrijske proizvodnje,

manjši je bil tudi obseg del v gradbeništvu. Leta 2010 so bile emisije še za odstotek nižje glede na predhodno leto.

Promet je drugi največji vir emisij TGP v Sloveniji, saj je s 5.272 kt CO<sub>2</sub> ekv. leta 2010 prispeval kar 27 % emisij TGP oziroma kar 158 % več kot v izhodiščnem letu. Glavni vir emisij je cestni promet, medtem ko imata železniški in notranji letalski promet komaj opazen prispevek. Emisije v cestnem prometu so izrazito porasle po vstopu Slovenije v EU, še izraziteje pa po letu 2006, ko sta se EU pridružili še Romunija in Bolgarija. Ugodna cena goriva v Sloveniji je vplivala na povečano količino goriva, prodanega tujcem, emisije iz tega goriva pa moramo v skladu z metodologijo prištevati k slovenskim emisijam. Leta 2008 so bile emisije iz prometa celo za več kot 200 % višje kot v izhodiščnem letu, leta 2009 pa so zaradi recesije skoraj dosegle raven iz leta 2007 ter se leta 2010 ustalile na tej ravni.

Emisije TGP iz porabe goriv v široki rabi so bile leta 2010 2.228 kt CO<sub>2</sub> ekv., kar je k skupnim emisijam prispevalo 11 %. Večji delež so prispevala gospodinjstva, sledijo emisije iz storitvenega sektorja, najmanjši delež pa izvira iz porabe goriv v kmetijstvu in gozdarstvu. Na emisije v tem sektorju pomembno vpliva delež lesa, ki se porabi za kurjavo. Leta 2011 je SURS zaključil z raziskavo, ki je porabo na novo ovrednotila, kar je vplivalo na porast emisij iz biomase za 40 %; slednje pa ni bistveno vplivalo na emisijske evidences, saj se CO<sub>2</sub> iz biomase ne prišteva k skupnim emisijam TGP. Na letna nihanja vplivajo tudi temperature zraka v kurilni sezoni ter njena dolžina.



Slika 3. Emisije TGP v obdobju 1986–2010 po glavnih virih

Industrijski procesi so leta 2010 k skupnim emisijam TGP prispevali 971 kt CO<sub>2</sub> ekv. ali 5 %. Največji viri emisij iz industrijskih procesov so proizvodnje cementa, aluminija in apna. Emisije iz tega sektorja so od izhodišnega leta sprva močno padale, dosegle najnižjo vrednost leta 1993, nato pa so začele zopet naraščati in so v letih pred krizo že dosegle vrednost iz izhodišnega leta. Zmanjšanje industrijske proizvodnje leta 2009 in stagnacija leta 2010 pa sta povzročila znižanje emisije za 27 % pod vrednosti iz leta 2008 oziroma 26 % pod izhodiščno leto.

Emisije TGP nastajajo tudi v kmetijstvu, ki je poglavitni vir metana (CH<sub>4</sub>) in didušikovega oksida (N<sub>2</sub>O), saj je leta 2010 54 % slovenskih emisij metana in kar 71 % N<sub>2</sub>O izviralo iz tega sektorja. Medtem ko metan nastaja večinoma v živinoreji pri črevesni fermentaciji v prebavilih živali, predvsem goveda, pa prihaja do emisij N<sub>2</sub>O v glavnem pri obdelovanju tal, oba plina pa se sproščata pri skladiščenju gnoja. Leta 2010 je kmetijstvo prispevalo 1.992 kt CO<sub>2</sub> ekv. ali 10 % skupnih emisij TGP. Emisije iz kmetijstva beležijo precejšnja nihanja, splošen trend pa je padajoč. Leta 2010 so bile emisije 12 % nižje kot v izhodiščnem letu, kar je predvsem posledica zmanjšanja števila glav živine zaradi intenziviranja govedoreje in boljšega nadzora nad vnašanjem hranil v tla.

Emisije iz sektorja odpadki so drugi največji vir metana; leta 2010 je tu nastalo 25 % vseh emisij metana v Sloveniji. Delež tega plina v sektorju je bil 89 %, ostalo so prispevale emisije N<sub>2</sub>O. Ravnanje s trdnimi odpadki je povzročilo 62 % vseh emisij iz tega sektorja, ostalo pa predstavljajo emisije iz komunalnih in industrijskih odpadnih vod (37 %) ter sežiga odpadkov (1 %). Glede na izhodiščno leto so emisije iz tega sektorja višje za 2 %, k čemur so doprinele zgoj emisije iz odlagališč komunalnih odpadkov, saj so se emisije iz odpadnih vod v tem času znižale za 19 %. Za izračun emisij metana iz odlagališč trdnih odpadkov uporabljamo tako imenovano metodo razpada prvega reda, ki upošteva, da se

odlagališčni plin sprošča postopno več let, s tem da se intenzivnost sproščanja z leti eksponentno manjša. V Sloveniji za izračune uporabljamo razpolovno dobo 14 let. Tako k zdajšnjim emisijam prispevajo tudi odloženi odpadki izpred več desetletij. Ukrepi, ki jih Slovenija izvaja na tem področju, že dajejo rezultate, saj se emisije iz tega vira postopno nižajo že od leta 2005. Leta 2010 so emisije iz odpadkov prispevale 3 % skupnih emisij TGP.

Vsega 2 % emisij TGP so leta 2010 prispevali ostali manjši viri emisij, med katere sodijo ubežne emisije CO<sub>2</sub> in CH<sub>4</sub>, ki nastajajo pri izkopavanju in skladiščenju premoga in pri oskrbi z zemeljskim plinom, ter emisije N<sub>2</sub>O, ki nastajajo pri uporabi tega plina v zdravstvu in v živilski industriji.

## Ponori

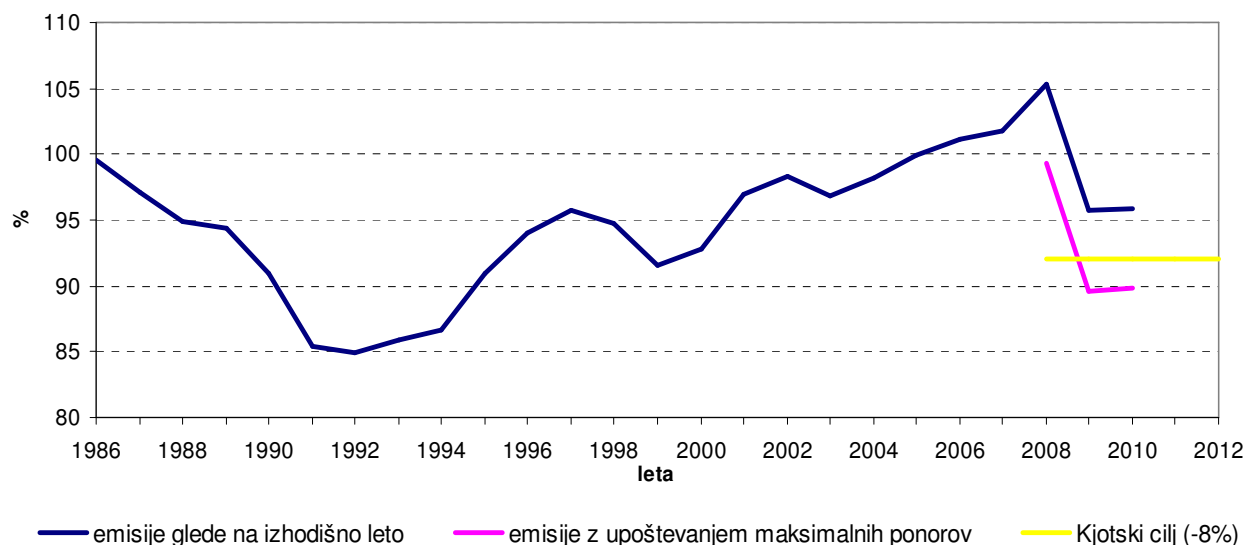
V skladu s sklepom Konference pogodbenic (COP) Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja lahko države pogodbenice Kjotskega protokola del svojih obveznosti zmanjšanja emisij toplogrednih plinov dosežejo s povečanjem ponora CO<sub>2</sub>, ki je posledica neposrednih človekovih dejavnosti v gozdarstvu in ravnanju z zemljišči po letu 1990. To dovoljenje omejuje slovenske ponore v gozdarstvu na 1.320 kt CO<sub>2</sub>, dodatno pa lahko uveljavljamo še manjšo količino iz zaraščanja zemljišč.

Za dokazovanje priznanega ponora CO<sub>2</sub> zaradi gospodarjenja z gozdovi moramo v naših gozdovih letno akumulirati vsaj 1.000.000 m<sup>3</sup> lesa, dejansko pa je trenutna ocena akumulacije prirastka lesa skoraj štirikrat tolikšna, zato bi dovoljeno količino ponorov morali z lahkoto doseči. Težje bo s priznavanjem zaraščanja, saj v okviru Kjotskega protokola lahko uveljavljamo le načrtno zaraščanje kmetijskih površin, ki pa je pri nas precej

nenadzorovano, poleg tega uradni dokumenti navajajo nezaželenost tega procesa.

V skladu s predpisano metodologijo so ponori, ki jih poročamo v evidencah TGP, celotni ponori, ne glede na to, ali so posledica neposrednih človekovih dejavnosti ali

ne. Zato so te vrednosti zgolj informativne in jih ne moremo enostavno odšteti od emisij. Za uveljavljanje ponorov moramo od leta 2010 izdelati obsežnejše poročilo o ponorih za poročanje v okviru Kjotskega protokola.



Slika 4. Emisije TGP glede na izhodiščno leto (100 %) in glede na Kjotski cilj (92 % v obdobju 2008–2012) brez ponorov in z upoštevanjem maksimalnih dovoljenih ponorov (1.320 kt CO<sub>2</sub>)

## Ukrepi za zmanjšanje emisij TGP

Izrazito zmanjšanje emisij TGP leta 2009 in 2010 je posledica nižjih emisij zaradi svetovne gospodarske krize, saj je zmanjšanje vidno predvsem pri emisijah iz industrije in posledično tudi iz (tovornega) prometa. Tudi preliminarne ocene za leto 2011 kažejo na to, da emisije še niso začele naraščati, kar pa nas ne sme zavesti, da ne bi še intenzivneje izvajali ukrepov za zmanjšanje emisij TGP. Četudi trenutno kaže, da je Kjotski cilj ob upoštevanju dovoljenih ponorov razmeroma lahko dosegljiv, pa do leta 2020 brez izrazitih sprememb v izvajanju energetske in prometne politike ne bo mogoče doseči visokih ciljev, ki si jih je zastavila EU.

Zaradi slabega izvajanja ukrepov zmanjšanja emisij TGP predvsem na področju prometa, deloma pa tudi pri proizvodnji elektrike in toplote, je vlada julija 2009 sprejela dopolnjen in spremenjen Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012 (OP TGP-1), ki je jasneje opredelil odgovornosti in časovne roke za posamezne ukrepe. Ker gre za dva sektorja, ki prispevata največ emisij TGP, leta 2010 kar 59 %, so uspešno izvajani ukrepi za zmanjšanje emisij toliko pomembnejši.

Med ukrepi na področju prometne politike, ki se trenutno že izvajajo, ima veliko vlogo predvsem ozaveščanje javnosti o porabi goriv in izpustih CO<sub>2</sub> iz osebnih vozil ter uvedba progresivnega obdavčenja motornih vozil glede na izpust CO<sub>2</sub>. Oba ukrepa vodita k

spodbujanju nakupa varčnejših motornih vozil, ki imajo tudi manjše izpuste TGP. Nujen, vendar zelo dolgoročen ukrep, je program modernizacije slovenskih železnic in preusmeritev tovornega prometa s cest na železnice. Zaključek programa je predviden šele za leto 2023.

Na področju proizvodnje električne energije ukrepi predvidevajo izgradnjo novih, okoljsko sprejemljivih proizvodnih enot z višjim izkoristkom, povečan obseg proizvodnje električne energije v soproizvodnji toplote, delno zamenjavo trdnih goriv z zemeljskim plinom ter večjo uporabo lesne biomase pri sosežigu. Modernizacija proizvodnje elektrike je nujna tudi zaradi strogih zahtev evropske zakonodaje glede dovoljenega onesnaževanja zraka, ki jih z obstoječimi proizvodnimi enotami v Sloveniji zaradi njihove dotrajanosti in tehnološke zastarelosti ne bomo mogli zadovoljevati.

Operativni program obravnava le obdobje do leta 2012, ki je zadnje leto kjotskega obdobja. Dokumenta, ki bi začrtal smer na področju zmanjševanja emisij toplogrednih plinov po tem letu, Slovenija še nima. V pripravi je Strategija prehoda v nizkoogljično družbo, katere namen je zagotoviti zmanjšanje emisij TGP v Sloveniji na manj kot 2 t CO<sub>2</sub>/prebivalca letno do leta 2050 (sedaj 10 t CO<sub>2</sub>/prebivalca), zagotoviti prilagajanje na neizogibne posledice podnebnih sprememb, konkurenčnost gospodarstva in visoko kakovost življenja v Sloveniji ter izpolniti odgovornost Slovenije do mednarodne skupnosti v skupnem boju proti podnebnim spremembam.

Preglednica 1. Emisije in ponori TGP po sektorjih v izbranih letih v obdobju 1986–2010

Emisije toplogrednih plinov (TGP) po kategorijah virov	1986	1990	1995	2000	2005	2009	2010	Indeks 2010/1986	Indeks 2010/2009
<b>Skupne emisije TGP z LULUCF v kt CO<sub>2</sub> ekv.</b>	<b>12.650</b>	<b>11.302</b>	<b>11.267</b>	<b>11.686</b>	<b>11.937</b>	<b>11.087</b>	<b>11.031</b>	<b>-12,8</b>	<b>-0,5</b>
<b>1. Energetika</b>	<b>16.072</b>	<b>14.400</b>	<b>14.848</b>	<b>14.955</b>	<b>16.205</b>	<b>15.895</b>	<b>15.980</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,5</b>
• Poraba goriv	15.537	13.941	14.436	14.580	15.836	15.536	15.621	0,5	0,5
- Energetika	6.729	6.265	5.627	5.498	6.325	6.091	6.219	-7,6	2,1
- Industrija in gradbeništvo	4.404	3.119	2.615	2.269	2.486	1.918	1.900	-56,9	-0,9
- Promet	2.040	2.749	3.757	3.763	4.442	5.337	5.272	158,4	-1,2
- Gospodinjstva in komercialni sektor	2.363	1.808	2.437	3.051	2.583	2.187	2.228	-5,7	1,9
- Drugo	np	np	np	np	np	3	3	np	-13,5
• Ubežne emisije pri oskrbi z energijo	536	459	413	374	370	358	359	-33,0	0,2
- Trda goriva	479	401	358	331	337	329	330	-31,1	0,3
- Nafta in zemeljski plin	57	58	55	43	33	29	29	-48,6	-0,7
<b>2. Industrijski procesi</b>	<b>1.317</b>	<b>1.318</b>	<b>1.002</b>	<b>1.063</b>	<b>1.373</b>	<b>973</b>	<b>971</b>	<b>-26,3</b>	<b>-0,1</b>
• Mineralni izdelki	795	725	609	682	716	663	629	-20,9	-5,1
• Kemična industrija	49	40	31	33	52	5	5	-90,6	-12,0
• Proizvodnja kovin	463	542	318	291	408	92	123	-73,5	32,7
• Poraba halogeniranih ogljikovodikov in SF <sub>2</sub>	10	10	44	57	152	212	215	2.000,2	1,4
<b>3. Uporaba topil in drugih izdelkov</b>	<b>82</b>	<b>43</b>	<b>17</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>-62,9</b>	<b>-2,0</b>
<b>4. Kmetijstvo</b>	<b>2.218</b>	<b>2.140</b>	<b>2.046</b>	<b>2.137</b>	<b>2.006</b>	<b>1.996</b>	<b>1.963</b>	<b>-11,5</b>	<b>-1,7</b>
• Enterična fermentacija	681	656	647	694	662	674	666	-2,1	-1,1
• Ravnanje z gnojem	744	737	638	630	595	580	570	-23,4	-1,8
• Kmetijska zemljišča	793	747	762	813	749	742	726	-8,4	-2,1
<b>5. Raba zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstvo (LULUCF)</b>	<b>-7.606</b>	<b>-7.202</b>	<b>-7.232</b>	<b>-7.194</b>	<b>-8.404</b>	<b>-8.391</b>	<b>-8.491</b>	<b>11,6</b>	<b>1,2</b>
• Gozdni prostor	-9.429	-9.378	-9.465	-9.498	-11.004	-11.037	11.137	18,1	0,9
• Kmetijska zemljišča	1.291	1.408	1.465	1.535	1.650	1.697	1.697	31,5	0,0
• Travišča	64	222	222	222	343	343	343	433,1	0,0
• Naselja	468	547	547	547	607	607	607	29,5	0,0
<b>6. Odpadki</b>	<b>567</b>	<b>603</b>	<b>585</b>	<b>683</b>	<b>713</b>	<b>577</b>	<b>577</b>	<b>1,8</b>	<b>-1,0</b>
• Odlaganje trdnih odpadkov na zemljo	299	345	376	439	486	356	356	19,1	-1,5
• Ravnanje z odpadnimi vodami	268	256	208	242	224	216	216	-19,4	-0,6
• Sežiganje odpadkov	np	1	0	2	2	5	5	np	16,4
<b>Skupne emisije v kt CO<sub>2</sub> ekv. brez LULUCF</b>	<b>20.256</b>	<b>18.504</b>	<b>18.498</b>	<b>18.880</b>	<b>20.341</b>	<b>19.522</b>	<b>19.522</b>	<b>-3,6</b>	<b>0,2</b>

## Viri podatkov

- Emisijske evidence TGP 1986–2010, marec 2012, Agencija RS za okolje; <http://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/colqba8sg/ghg/mm/coltw2kta/envt2hylvw>
- Operativni program za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov do leta 2012, december 2006, Ministrstvo za okolje in prostor; [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/op\\_toplogredni\\_plini2012.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_toplogredni_plini2012.pdf)
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4); [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)
- Poročilo R Slovenije EK o oceni napredka, april 2011, Ministrstvo za okolje in prostor; [http://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/colqba8sg/ghg/mm/colrgjung/envtawpva/2011\\_Sl-submission\\_SLO\\_v6.doc/manage\\_document](http://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/colqba8sg/ghg/mm/colrgjung/envtawpva/2011_Sl-submission_SLO_v6.doc/manage_document)
- Drugo poročilo o spremljanju izvajanja OP TGP-1, julij 2011, Služba vlade za podnebne spremembe; [http://www.svps.gov.si/fileadmin/svps.gov.si/pageuploads/strategija/Porocilo\\_OPTGP2010-za\\_objavo.pdf](http://www.svps.gov.si/fileadmin/svps.gov.si/pageuploads/strategija/Porocilo_OPTGP2010-za_objavo.pdf)





Foto: Tanja Cegnar

Foto: Tanja Cegnar



# Karta potresne intenzitete Slovenije

**Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič, Ina Cecić**

Nova karta potresne nevarnosti, karta potresne intenzitete Slovenije, je izdelana z verjetnostnim postopkom prostorskega glajenja potresne dejavnosti. Namenjena je potrebam civilne zaščite pri načrtovanju ukrepov za preprečevanje in zmanjševanje škode ob potresih, ne sme pa se uporabljati za projektiranje. Pas največje potresne nevarnosti (VIII EMS) poteka po osrednjem delu Slovenije od severozahoda proti jugu in jugovzhodu države. Z oddaljevanjem od tega pasu se potresna nevarnost zmanjša na VII EMS, na skrajnem severovzhodnem in jugozahodnem delu pa je ocenjena na VI EMS. Karta je izdelana za povratno dobo 475 let. Upoštevana so povprečna dejanska tla danega območja intenzitete. Priložen je tudi opis posameznih stopenj potresnih učinkov po evropski potresni lestvici EMS.

## Slovenski predpisi o potresno odporni gradnji

Dosedanja, Ribaričeva karta potresne intenzitete Slovenije za povratno dobo 500 let je bila do leta 2008 del veljavnih predpisov o potresno odporni gradnji. Izdelana je bila po dopoljeni metodi ekstremnih vrednosti na podlagi avtorjevih bogatih strokovnih izkušenj in seizmotektonskih značilnosti ozemlja.

Leta 2008 je Slovenija uradno sprejela evropski standard za potresno odporno gradnjo Evrokod 8, po katerem

Preglednica 1. Kratek opis stopenj evropske potresne lestvice EMS

moramo za projektiranje uporabljati karto referenčnih vrednosti maksimalnega pospeška tal na trdnih tleh. Pripravljen je tudi nacionalni dodatek, ki za projektiranje določa karto Potresna nevarnost Slovenije – Projektni pospešek tal.

Za potrebe civilne zaščite in za širšo javnost pa namesto pospeška raje uporabljamo potresno intenziteto, saj prikazuje pričakovane potresne učinke na posameznih območjih Slovenije. Neposredno (že v definiciji posamezne stopnje intenzitete) določa tudi delež ogroženih objektov posameznega tipa.

EMS-98 intenziteta	Naziv	Značilni učinki (povzeto)
I	Nezaznaven	Ljudje ga ne zaznajo.
II	Komaj zaznaven	V hišah ga čutijo redki posamezniki v mirovanju.
III	Šibek	V zaprtih prostorih ga čutijo posamezniki. Mirujoči čutijo zibanje ali rahlo tresenje.
IV	Zmeren	V zaprtih prostorih ga čutijo mnogi, na prostem pa redki posamezniki. Posamezniki se zbudijo. Okna in vrata zaropotajo, posode zažvenketajo.
V	Močan	V zaprtih prostorih ga čuti večina, na prostem pa posamezniki. Mnogi se zbudijo. Posamezniki se prestrašijo. Ljudje čutijo tresenje celotne stavbe. Viseči predmeti vidno zanihajo. Majhni predmeti se premaknejo. Vrata in okna loputajo.
VI	Z manjšimi poškodbami	Mnogi ljudje se prestrašijo in zbežijo na prosto. Nekateri predmeti padejo na tla. Mnoge stavbe utrpijo manjše nekonstruktivske poškodbe (lasaste razpoke, odpadanje manjših kosov ometa).
VII	Z zmernimi poškodbami	Večina ljudi se prestraši in zbeži na prosto. Stabilno pohištvo se premakne iz svoje lege in številni predmeti padejo s polic. Mnoge dobro grajene navadne stavbe so zmerno poškodovane: majhne razpoke v stenah, odpadanje ometa, odpadanje delov dimnikov. Na starejših stavbah se lahko pojavijo velike razpoke v stenah, lahko se porušijo predelne stene.
VIII	Z močnimi poškodbami	Mnogi ljudje s težavo lovijo ravnotežje. Pojavijo se velike razpoke na stenah mnogih stavb. Pri posameznih dobro grajenih navadnih stavbah se porušijo stene, slabo grajene stavbe se lahko porušijo.
IX	Rušilen	Splošna panika. Mnogi slabo grajeni objekti se porušijo. Tudi dobro grajene navadne stavbe so zelo močno poškodovane: porušitve sten in delne porušitve stavb.
X	Zelo rušilen	Mnogo navadnih dobro zgrajenih stavb se poruši.
XI	Uničujoč	Večina navadnih dobro zgrajenih stavb se poruši, uničene so celo nekatere stavbe z dobro potresno odporno konstrukcijo.
XII	Popolnoma uničujoč	Skoraj vse stavbe so uničene.

Barvna legenda:

zelena	ni učinkov
rumena	intenziteta se določa na podlagi učinkov na ljudi in predmete
rdeča	intenziteta se določa na podlagi učinkov na stavbe (poškodbe), ljudi in predmete

## Izdelava karte potresne intenzitete

Nova intenzitetna karta je izdelana po isti metodologiji kot uradna karta projektnega pospeška tal. Uporabljen je bil postopek prostorskega glajenja potresne dejavnosti in računalniški program OHAZ, ki pa ga je bilo treba dopolniti zaradi posebne oblike modela pojemanja intenzitete. Obravnavano območje je razdeljeno na mrežo celic velikosti 10 x 10 km, v katerih preštujemo pretekle potrese nad spodnjo mejo intenzitete. Število potresov v posamezni celici nato zgladimo z dvostopenjskim postopkom. Prva stopnja je krožno Gaussovo glajenje, s čimer upoštevamo napako pri določevanju lokacije nadžarišča. V drugi stopnji izvedemo eliptično glajenje, pri čemer so osi elipse v smeri prevladujočih prelomov. Letno verjetnost prekoračitve dane intenzitete in vrednost intenzitete za dano povratno dobo ocenimo po standardnem Cornellovem postopku. Z opisanim postopkom smo v vsaki točki mreže (središče celice) izračunali intenziteto, nato pa smo vrednosti z interpolacijo razširili po vsem obravnavanem ozemlju in jih zaokrožili na najbližje celo število. Slovenijo smo tako razdelili na območja, ki ustrezajo celoštevilskim stopnjam potresne intenzitete po EMS. Na končni karti (slika 1) smo ročno naredili še manjše popravke.

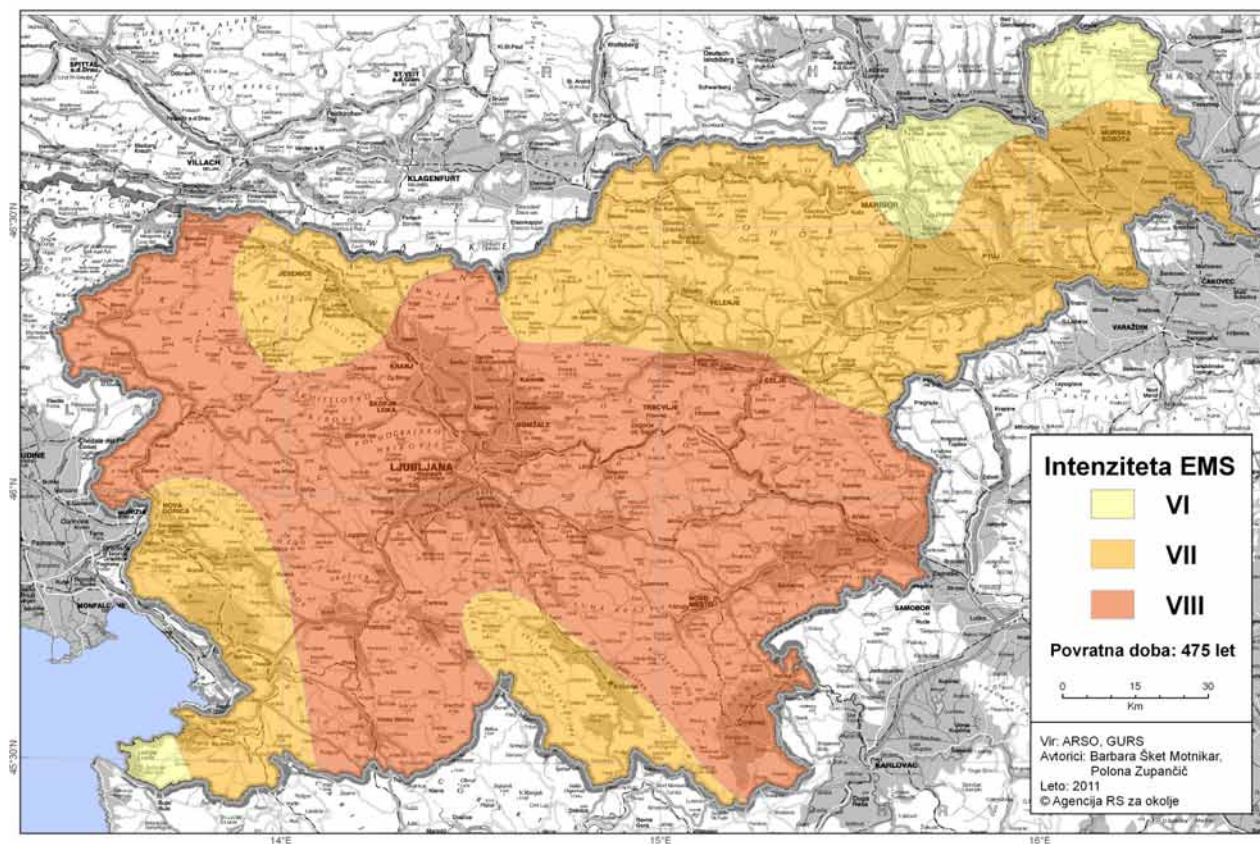
Pas največje potresne nevarnosti (VIII EMS) poteka po osrednjem delu Slovenije od severozahoda proti jugu in

jugovzhodu države. Z oddaljevanjem od tega pasu se potresna nevarnost zmanjša na VII EMS, na skrajnem severovzhodnem in jugozahodnem delu pa je ocenjena na VI EMS.

Tako kot karta projektnega pospeška tal je tudi karta potresne intenzitete izračunana za povratno dobo 475 let, kar ustreza 90 % verjetnosti, da vrednosti na karti v 50 letih ne bodo presežene. Upoštevana so povprečna dejanska tla danega območja intenzitete.

## Evropska potresna lestvica (EMS-98)

Minilo je kar nekaj let, odkar so v večini evropskih držav sprejeli evropsko potresno lestvico kot standardno orodje za oceno intenzitet potresa. V Sloveniji EMS uporabljamo od leta 1995 (starejša verzija je znana pod imenom EMS-92). Od prejšnjih lestvic jo razlikuje predvsem obširno spremeno besedilo v obliki priločnika, ki uporabnikom daje jasna in nazorna navodila, kako lestvico uporabiti na pravi način. Poškodbe stavb, značilne za močnejše potrese, so razdeljene v pet kategorij. Same stavbe pa so razvrščene glede na način gradnje in potresno ranljivost. Na slovenski prevod celotne knjižice še čakamo, tokrat pa smo pripravili prevod skrajšane verzije lestvice, ki našteva glavne značilnosti posameznih potresnih stopenj brez poglobljenega statističnega in gradbeniškega ozadja (preglednica 1).



Slika 1. Karta potresne intenzitete Slovenije za povratno dobo 475 let



Foto: Albert Kolar





