

SPREMEMBE PODNEBJA IN KMETIJSTVO V SLOVENIJI





REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE, PROSTOR IN ENERGIJO
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

SPREMEMBE PODNEBJA IN KMETIJSTVO V SLOVENIJI

LJUBLJANA, 2004

Izdajatelj:

Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Urednica:

Andreja Sušnik

Avtorji besedila:

dr. Klemen Bergant
dr. Lučka Kajfež-Bogataj
Andreja Sušnik
mag. Tanja Cegnar
dr. Zalika Črepinšek
Blaž Kurnik
Mojca Dolinar
Gregor Gregorič
Damjan Rogelj
Ana Žust
Iztok Matajč
Boris Zupančič
Andrej Pečenko

Tehnični urednik:

Bogo Habič

Oblikovanje in priprava za tisk:

Matjaž Škufca, Littera picta d.o.o.

Tisk:

Littera picta d.o.o.

Fotografija na naslovni strani:

Boris Zupančič

Naklada: 600 izvodov

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

551.582(497.4)
63(497.4)

SPREMENBE podnebja in kmetijstvo v Sloveniji / [avtorji besedila Klemen Bergant ... [et al.] ; urednica Andreja Sušnik]. - Ljubljana : Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004

ISBN 961-6024-15-9
1. Bergant, Klemen, 1973- 2. Sušnik, Andreja, 1965-
213417472

KAZALO

PREDGOVOR	4
UVOD	6
OPAZOVANI ČASOVNI TRENDI	10
VREMENSKIH SPREMENLJIVK	
SCENARIJI PODNEBNIH SPREMEMB ZA SLOVENIJO	16
RANLJIVOST KMETIJSTVA NA SPREMEMBO	20
VODNE BILANCE KMETIJSKIH TAL V SLOVENIJI	
VREMENSKI EKSTREMI IN RANLJIVOST	28
SLOVENSKEGA KMETIJSTVA IN GOZDARSTVA	
PRILAGAJANJE PODNEBNIM SPREMEMBAM	35
IN NOVE STRATEGIJE V AGROMETEOROLOGIJI	
ZAKLJUČEK	40

PREDGOVOR

S korajda ni več dneva, ko ne bi slišali besedne zveze "podnebne spremembe". V nas vzbuja nelagodje, saj se zavedamo, da s sedanjim načinom življenja vsak od nas k temu prispeva svoj delček. Nelagodje se povečuje, saj nam strokovnjaki zaenkrat ne morejo jasno povedati, kaj podnebne spremembe v resnici pomenijo. Je to ozonska luknja in se nezavarovani ne smemo brez škode izpostavljati soncu? Je to sprememba podnebja v toliki meri, da se bodo spremenili podnebni pasovi na Zemlji? Ali to pomeni, da se v našem podnebnem pasu ne bo dalo živeti tako, kot do sedaj? Ali je to nekaj povsem novega na našem planetu?

Vreme in podnebje sta bila skozi dolgo človeško zgodovino poglavitni razlog za številne selitve ljudi širom po planetu, saj je bilo iskanje ugodnejših pogojev za življenje povsem normalen odziv na neugodno vremensko dogajanje, pa tudi na prenaseljenost na za življenje ugodnih področjih. Že najstarejše znane civilizacije, kot so sumerska, egipčanska ali kitajska, so zapustile nedvomne sledi o svojem zanimanju za vreme in prilagajanju poljedelstva podnebnim razmeram. Tako je, na primer, zanimivo, da v sodobnem Egiptu še vedno lahko najdemo tradicionalne napotke, kako kmetovati, ki izvirajo iz faraonskih časov. Torej so starejši od 5000 let in še danes veljajo.

Z razvojem tehnologije in znanosti, predvsem v zadnjih 200 letih, ko so na mnogih krajih začeli sistematično spremljati vreme in meriti posamezne podatke o stanju ozračja, so začeli tudi sistematično raziskovati spreminjanje podnebja na posameznih področjih. Ugotovili so, da se je podnebje spreminjalo skozi vso znano geološko in človeško zgodovino, in da je prav sprememba podnebja pogojevala dramatične spremembe v razvoju življenja na Zemlji. Toda te spremembe so bile relativno počasne. Moderen razvoj civilizacije,

predvsem v zadnjih 200 letih, je potreboval vedno več energije, ki so jo, in jo še danes, pretežno pridobivajo z izgorevanjem fosilnih goriv. V zemeljsko ozračje se valijo ogromne količine najrazličnejših plinov in trdnih delcev, ki polagoma spreminjajo sestavo ozračja. Spremenjena sestava ozračja pa spreminja vreme in s tem podnebje hitreje, kot se je to dogajalo v preteklosti. Kako, kje, kako hitro in kakšne bodo posledice, so vprašanja, na katera danes, kljub ogromnim naporom številnih znanstvenikov po svetu, še nimamo pravega odgovora. Vendar vemo, da se to dogaja, in da se moramo na spremenjene razmere pripraviti in prilagoditi.

Svetovna meteorološka organizacija (SMO), matična mednarodna organizacija, ki koordinira in povezuje sistematično spremljanje ter raziskovanje stanja ozračja po vsem svetu, je že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja opozarjala na vedno bolj očitne signale, da se z našim ozračjem nekaj dogaja. Tako je leta 1988 SMO skupaj s Programom Združenih narodov za okolje (United Nations Environment Programme) ustanovila Medvladni panel o klimatskih spremembah (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) in poklicala vse članice Združenih narodov in SMO, da v njem sodelujejo. Osnovna vloga IPCC-ja je, da na osnovi izčrpnih, objektivnih, transparentnih, znanstvenih, tehničnih in socio-ekonomskih informacij oceni možne vplive spremembe podnebja in možnosti za adaptacijo ter ublažitev posledic. IPCC je doslej izdal tri poročila o oceni spreminjanja podnebja, zadnjega leta 2001. Naslednje poročilo naj bi bilo pripravljeno leta 2007.

V okviru SMO se z vplivi in posledicami klimatskih sprememb na kmetijsko proizvodnjo ukvarja Komisija za agrometeorologijo, ki je ena od konstitutivnih teles SMO. Tako SMO kakor IPCC

se ukvarjata s spremembami podnebja in mogočimi posledicami na svetovnem, globalnem nivoju. Vsaka država pa je dolžna organizirati bolj temeljite raziskave na svojem področju ter tudi pripraviti konkretne ukrepe za adaptacijo in ublažitev posledic. Oktobra 2002 je bilo redno zasedanje Komisije za agrometeorologijo SMO v Ljubljani. Kakor je že običaj ob takih priložnostih, je SMO neposredno pred zasedanjem komisije organizirala mednarodno znanstveno delavnico pod naslovom "Zmanjšanje ranljivosti kmetijstva in gozdarstva na podnebne spremembe". Vlada republike Slovenije je za organizacijo obeh dogodkov zadolžila Agencijo RS za okolje (ARSO). Na delavnici je bilo jasno izraženo stališče strokovnjakov, da obstajajo verodostojni dokazi o globalnem segrevanju ozračja, ki je povzročilo dvig temperature na celotnem planetu, in o spremenjenem padavinskem režimu. Kot posledico teh sprememb že beležimo spremembe v vegetaciji na mnogih koncih sveta, posebno v tropskih predelih. Deklaracija, sprejeta na delavnici, poziva vlade in mednarodne organizacije, da razen naporov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v ozračje, nemudoma pričnejo pripravljati programe za zmanjšanje posledic spreminjanja podnebja v kmetijstvu.

Ko je Vlada RS januarja 2003 obravnavala poročilo o zasedanju Komisije SMO za agrometeorologijo in poteku delavnice, je zadolžila Agencijo RS za okolje, da do konca leta 2003 pripravi celovito poročilo o ranljivosti kmetijstva in gozdarstva v Sloveniji. Na osnovi sklepa vlade je ARSO v začetku leta 2003 pričela s projektom "Ranljivost kmetijstva in gozdarstva na klimatske spremembe". K sodelovanju je poskusila pritegniti vse, ki bi lahko pripomogli k uspehu projekta, posebno še Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani,

ministrstvo, pristojno za kmetijstvo, in kmetijske raziskovalne organizacije. Rezultat celoletnih naporov projektne skupine je poročilo, ki ga je ARSO decembra 2003 predložila v obravnavo vladi. Poročilo je rezultat projekta in je prvi celovit poskus obravnavanja teh problemov v Sloveniji. Zaradi omejenih materialnih in človeških virov smo se pri izvedbi posameznih nalog morali mnogokrat omejiti in izbrati enostavnejše metode. Kljub temu je bilo narejeno veliko delo, ki jasno dokazuje, da moramo podnebno spremenljivost tudi v Sloveniji jemati zelo resno in v najbližji prihodnosti skupaj s kmetijsko stroko pripraviti konkreten načrt ublažitev njenih posledic. Suše v zadnjih letih, in leta 2003 še posebej, so nedvomno zelo resno opozorilo.

V tej brošuri smo rezultate projekta pripravili na bolj poljuden način z namenom, da bi se lahko kar najširša javnost seznanila z njimi. Na ta način poskušamo v ARSO izpolnjevati eno od osnovnih poslanstev agencije, to je ozaveščanje javnosti o vplivu delovanja človeka na okolje.

Jožef Roškar
Vodja Urada za
za meteorologijo, ARSO

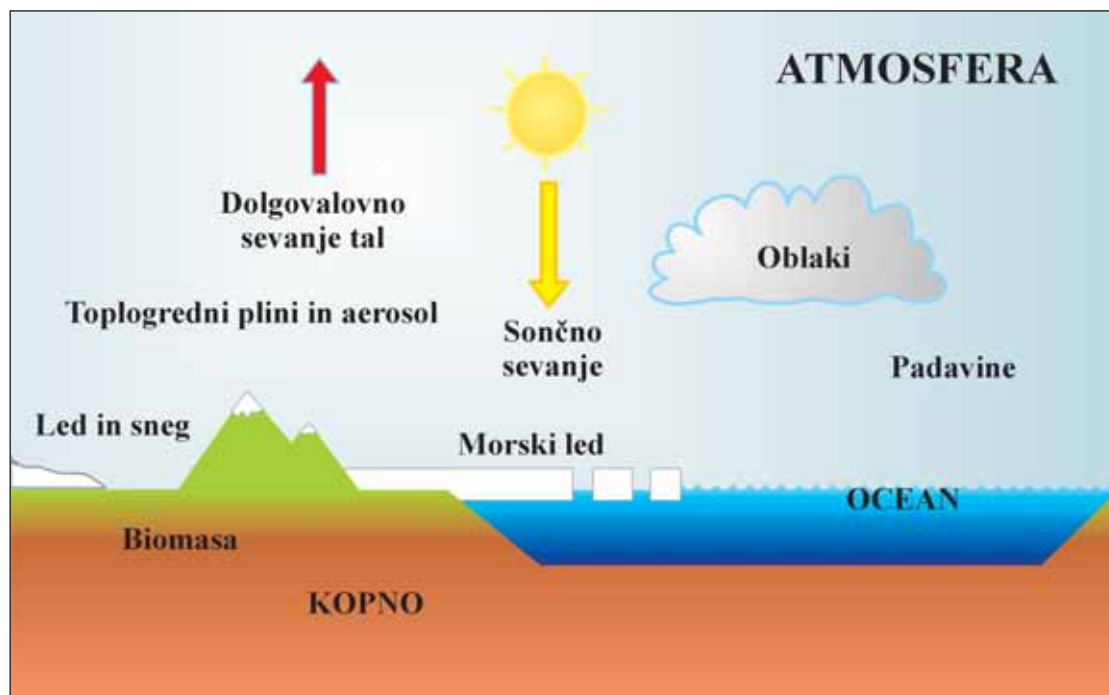
dr. Silvo Žlebir
Generalni direktor ARSO

UVOD

Podnebje in njegove spremembe

Podnebje na Zemlji je posledica številnih medsebojno neodvisnih procesov v podnebnem sistemu. Na ozračje, vode, led, zemeljsko površje in živo naravo vplivajo različni dejavniki, med katerimi so najpomembnejši sončno obsevanje, sestava ozračja, lastnosti zemeljskega površja (nagib, lega, odbojnost za sončno sevanje) in cirkulacija ozračja in oceanov. Zaradi naravne spremenljivosti dejavnikov podnebja so se podnebne razmere v preteklosti pogosto spreminjale. V zadnjem času pa igra pomembno vlogo pri oblikovanju podnebja tudi človeštvo prek spreminjanja sestave ozračja.

Z veliko zanesljivostjo lahko trdimo, da je izrazitemu dvigu temperature v zadnjih nekaj desetletjih botroval predvsem človek z emisijami plinov tople grede (ogljikov dioksid - CO_2 , metan - CH_4 , dušikovi oksidi - N_2O) in ozona - O_3 ter aerosolov, ki spreminjajo sestavo ozračja in s tem vplivajo na energijsko bilanco zemlje kot celote. Glavni vir tri in več-atomnih plinov in aerosolov so fosilna goriva, katerih poraba narašča vse od začetka industrijske dobe. Kmetijstvo prispeva k plinom tople grede približno 20 % prek emisij metana (pridelava riža, živinoreja, gnojenje) in dušikovih oksidov (obdelovanje zemlje, gnojenje). Naraščajoče koncentracije naštetih plinov tople

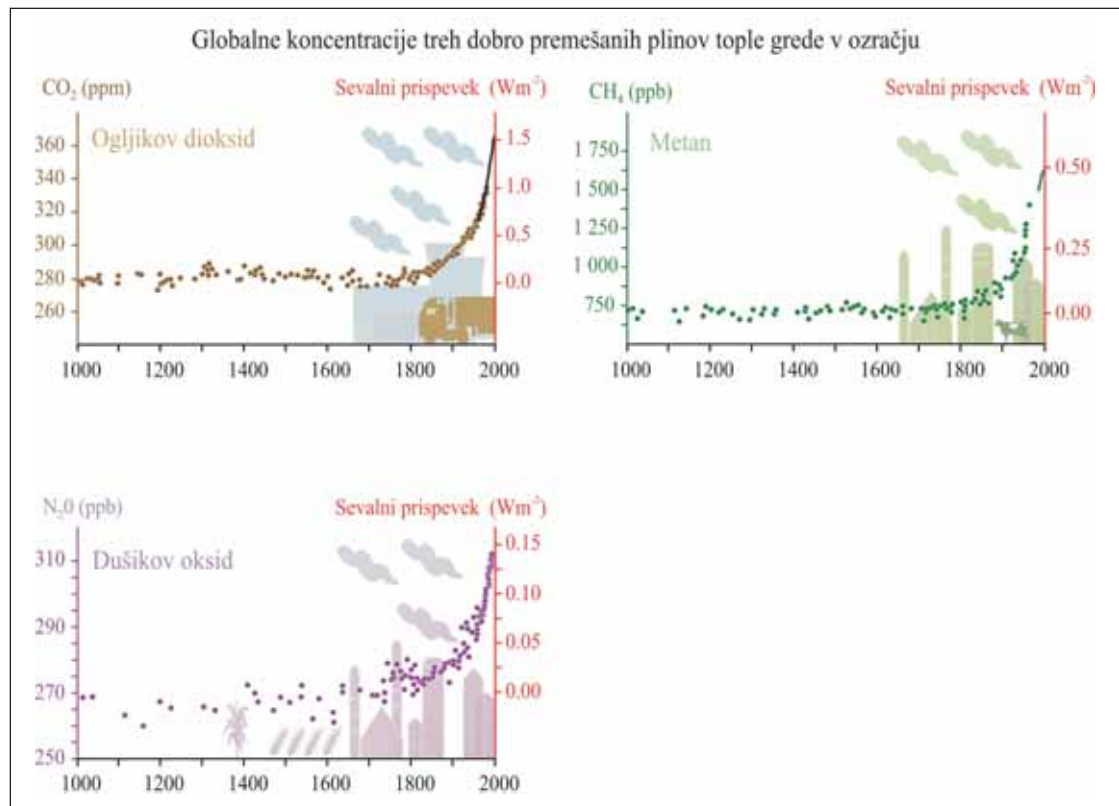


Schematičen prikaz podnebnega sistema.

grede spreminjajo energijsko bilanco površja, tako da prejme zemeljsko površje preko sevanja več energije, kot jo oddaja. Posledica je globalno ogrevanje planeta, ki vodi v podnebne spremembe. Podnebne spremembe so bile opredeljene kot resen problem že na Prvi konferenci o svetovnem podnebnju leta 1979. Šele v Rio de Janeiru leta 1992 pa je bila sprejeta Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebnja, ki je stopila v veljavo leta 1994. Leta 1997 je bil oblikovan tudi

Kjotski protokol, ki je zavezujoč pravni akt in določa konkretne obveznosti držav za "dosego ustalitve koncentracij toplogrednih plinov v ozračju na ravni, ki bo preprečevala nevaren človekov vpliv na podnebni sistem."

Pokazatelji človekovega vpliva na sestavo ozračja v industrijski dobi: koncentracije plinov (v ppm in ppb) ter njihov sevalni prispevek (v Wm^{-2}) v odvisnosti od časa.
Vir: Houghton in drugi, 2001

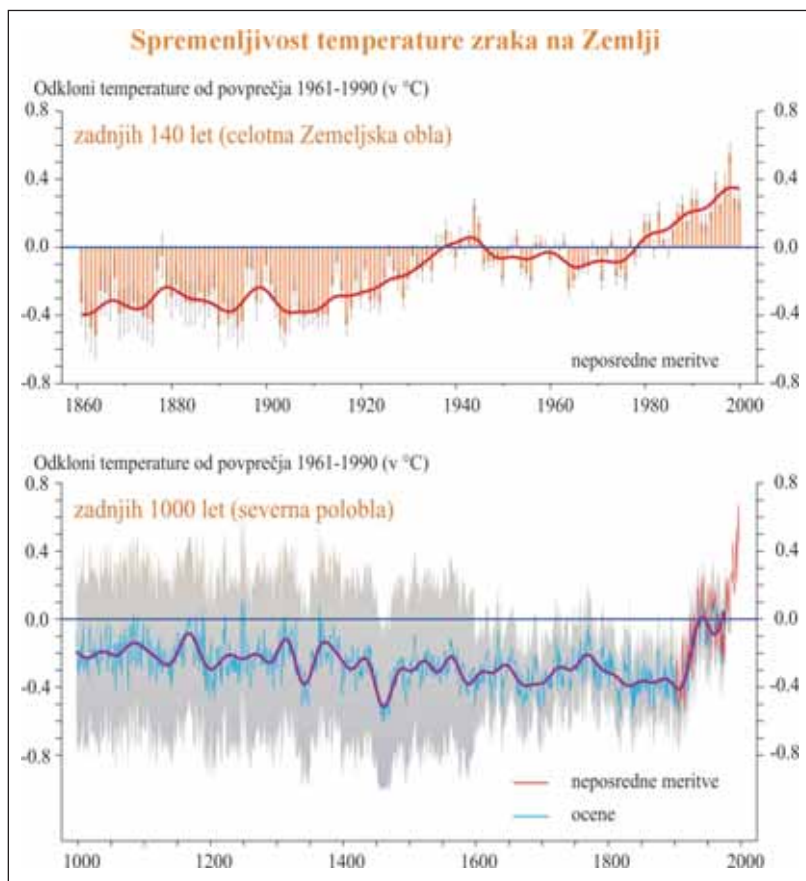


Na dlani je torej, da se podnebje že spreminja in da bodo spremembe podnebja močno vplivale na človeštvo. Če dobro premislimo, skoraj ni dejavnosti, ki bi ne bila povezana z vremenom. Kmetijstvo je usodno odvisno od vremena, enako tudi energetika, vodni viri, pa turizem, promet, zavarovalništvo, biotska raznovrstnost, naše počutje in zdravje in še kaj. Posledice globalnega ogrevanja bodo raznovrstne, nekatere tudi pozitivne, vendar pa bodo v večini primerov za človeštvo negativne. Omenimo naj le prerazporeditev padavin, oteženo preskrbo s pitno vodo, več poplav, požarov in suš, zaradi pomika podnebnih pasov ogroženo biotsko raznovrstnost, širjenje nekaterih boleznih na nova območja.

Vpliv podnebnih sprememb na kmetijstvo

V publikaciji je podrobneje obravnavan vpliv podnebnih sprememb na kmetijstvo. Fizikalni vplivi podnebnih sprememb in povečane vsebnosti CO₂ v ozračju na rastline in živali bodo številni. Za rastlinsko pridelavo in prirast gozda bo pomembna povečana koncentracija CO₂ s svojimi fiziološkimi vplivi, najvažnejše pa bodo spremenjene vremenske razmere, predvsem neposreden in posreden vpliv povečane temperature zraka. Odločilno bo na kmetijsko pridelavo vplivala tudi spremenjena vodna bilanca.

Globalne ocene predvidevajo, da bo zaradi podnebnih sprememb cena kmetijske proizvodnje višja vsaj za 10 do 20 %. Študije kažejo, da se bodo močno povečala razna tveganja, ki spremljajo kmetijstvo, predvsem bo večja verjetnost vremenskih ujm, kot so vročina, suša, neurja in poplave. Pri rastlinski pridelavi bo treba uvesti določene prilagoditve, kot so na primer: sprememba datuma setve, spremenjeni kultivarji (zamenjava zgodnejših sort s poznimi), namakanje ali izbira sort, ki na sušo niso občutljive ter verjetno intenzivnejše gnojenje za kompenzacijo skrajšane rastne dobe in potencialen vodni stres. Višje temperature zraka bodo v prihodnosti vodile do ugodnejših razmer za obsežnejši in hitrejši razvoj boleznih in škodljivcev. Zato se bodo povečali tudi stroški varstva rastlin



pred škodljivci in boleznimi ter verjetno tudi celotne rastlinske pridelave. Za popolnejše razumevanje vplivov podnebnih sprememb na kmetijske rastline potrebujemo veliko znanja z različnih strokovnih področij.

Naraščanje temperature zraka ob površju zemlje.

Vir: WMO, Weather and climate: their variability and change, 2002

Rastlinske poškodbe in bolezni zaradi visokih temperatur zraka: ožig na jabolkih in bulava snet na koruzi.

Foto: Ciril Zrnec



Nekateri učinki spremenjenega podnebja na kmetijstvo

Pozitivni vplivi

Gnojilni učinek povečane koncentracije CO₂

Daljša vegetacijska doba

Primernejše temperaturne razmere za gojenje toplotno zahtevnih rastlin

Pogojno pozitivni vplivi

Prostorski premiki kmetijske proizvodnje

- Pomik vegetacijskih pasov, sprememba obsega pridelovanih površin, premik v višje lege,
- Izboljšanje/poslabšanje toplotnih karakteristik zdaj prehladnih/že zdaj pretoplil območij.

Sprememba kvalitete pridelkov

Spremenjen izbor sort

Spreminjanja ustaljenosti agrotehniške prakse

- Sprememba datumov setve, saditve, žetve ...
- Drugi načini obdelave tal, spremembe gojenja

Negativni vplivi

Skrajševanje rastne dobe (pospešen razvoj rastlin)

Intenzivnejša evapotranspiracija

Povečana pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov:

- Neurja z vetrom, točo, močnimi nalivi,
- Večje škode zaradi pomladanskih pozeh,
- Suše, požari,
- Poplave, zemeljski plazovi.

Sprememba pogostnosti in intenzitete napadov škodljivcev in bolezni:

- Pospešen razvoj insektov in gliv,
- Novi škodljivci in bolezni.

OPAZOVANI ČASOVNI TRENDI VREMENSKIH SPREMENLJIVK



Sistematična opazovanja fenofaze začetka cvetenja pri navadni ivanjščici, pasji travi, divjemu kostanju in jablani.

Foto: Ciril Zrnec

Meteorološki in fenološki podatki

Meteorološke meritve in opazovanja so osnova za spremljanje, razumevanje in predvidevanje razvoja vremena ter za vse podnebne analize. Obdobje instrumentalnih meritev meteoroloških spremenljivk je v večjem delu Evrope dolgo okrog 150 let. V Sloveniji sega meteorološki arhiv v sredino 19. stoletja. Kvaliteta starih podatkov je zaradi različnih razlogov vprašljiva in je pri uporabi teh podatkov nujno treba poznati in upoštevati takratne merilne metode in inštrumente. Kvaliteta podatkov povojnega obdobja npr. od leta 1951 naprej pa je že primerljiva s kvaliteto sedanjih meritev. Pri analizah trendov zato raje obravnavamo novejšje podatke. Pri ugotavljanju podnebnih sprememb vse bolj uporabljamo tudi fenološke podatke.

Proučevanje sprememb omogočajo le dolgoletna sistematična opazovanja pojava razvojnih faz začetka cvetenja na primer pri navadni ivanjščici (*Leucanthemum ircutianum*), navadnem malem zvončku (*Galanthus nivalis*), navadnem regratu

(*Taraxacum officinale*), pomladanskem žafranu (*Crocus napolitanus*), navadni pasji travi (*Dactylis glomerata*), domači češplji (*Prunus domestica*), jablani (*Malus domestica*), navadni brezi (*Betula pendula*), navadni bukvi (*Fagus sylvatica*), črnem bezgu (*Sambucus nigra*), navadnem divjem kostanju (*Aesculus hippocastanum*), ivi (*Salix caprea*), navadni leski (*Corylus avellana*), lipi (*Tilia platyphyllos*), navadni robiniji (*Robinia pseudacacia*), navadni smreki (*Picea abies*) in španskem bezgu (*Syringa vulgaris*).

Analiza trendov meteoroloških spremenljivk

Klimatologija daje prednost sekularnim trendom, izračunananim iz daljših obdobj, seveda če so na razpolago. Če takih podatkov nimamo, analiziramo trende za obdobja, ko so podatki homogeni. Analiza trendov meteoroloških in fenoloških spremenljivk spada v analizo časovnih vrst, ki razdruži osnovno časovno vrsto na njene sestavne dele in nam lahko pomaga pri obravnavi dogajanj v preteklosti ali pri statistični napovedi

Fenologija je veda, ki proučuje periodične biološke faze (npr. olistanje, cvetenje, jesensko rumenenje listja...) in vzroke njihovega pojava ob upoštevanju živih in neživih dejavnikov.



Kontinuirane meteorološke meritve in opazovanja predstavljajo del podatkov za podnebne in okoljske analize sprememb.

Foto: Filip Štucin

Izračunani trendi opisujejo le smer razvoja v preteklosti!

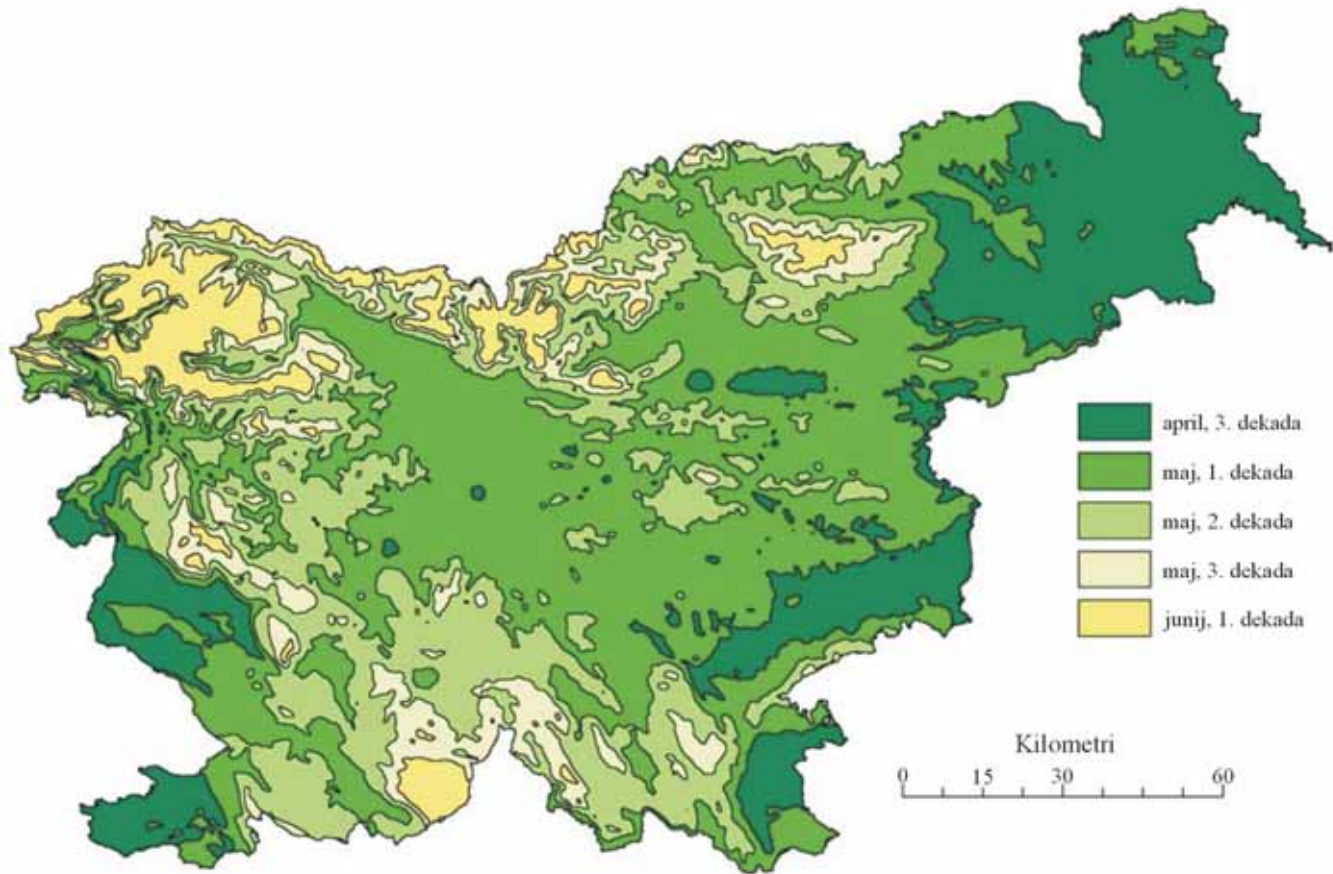
razvoja v prihodnosti. Osnovna smer razvoja časovne vrste je trend in najpreprostejša funkcija, s katero ga lahko opišemo, je linearna funkcija. Ta zveza seveda ne predstavlja popolnega opisa povezanosti meteorološke spremenljivke s časom, saj je samo linearna, podnebni podatki pa v času močno nihajo. Koeficient trenda in signifikantnost trenda sta močno odvisna tudi od izbire obravnavanega obdobja. Podnebna nihanja vključujejo tudi vpliv morebitne spremembe mikrolokacije meritev, spreminjanje merilne opreme, vpliv urbanizacije.

Analiza trendov v Evropi

Trende različnih meteoroloških spremenljivk za evropske postaje za obdobje od leta 1961 do 1990 najdemo lahko v Atlasu podnebnih trendov v Evropi, ki kažejo na krajevne razlike. Povprečna

letna temperatura zraka se je v 30 letih (od leta 1961 do 1990) povečala za 0,5 do 1°C na večini ozemlja Evrope, razen na skrajnem jugovzhodu, kjer je trend negativen. Najbolj so se ogrele zime (od 0,5 do 2°C v 30 letih), najmanj pa poletja (od 0 do 1°C v 30 letih). Statistična zanesljivost izračunanih linearnih trendov za povprečno letno temperaturo zraka je sorazmerno blizu praga zanesljivosti, vendar v fizikalnem smislu ni velika, zato jih lahko interpretiramo le kot smer razvoja, ki se ujema s fizikalnimi napovedmi modelov splošne cirkulacije zraka.

Povprečni letni zračni pritisk na morskem nivoju se je v 30 letih (od leta 1961 do 1990) povečal v srednji in južni Evropi (za 0,5 do 2 mb), znižal pa v SZ (za -0,5 do -2,5 mb) in S Evropi. Najizrazitejše spremembe pritiska so v zimskem in jesenskem času, ko velikost trenda naraščanja pritiska v srednji in J Evropi doseže tudi 4 mb na 30 let, oz. trend znižanja zračnega pritiska na morskem nivoju



v SZ in S Evropi doseže celo vrednosti -7 mb na 30 let. Čeprav večina trendov ni statistično značilna, ti rezultati nakazujejo spremembe v splošni cirkulaciji atmosfere, ki se v naših krajih odraža v milejših in sončnejših zimah.

Najbolj nejasna situacija je pri oceni sprememb padavin v Evropi v obdobju 1961-90, še posebej na območju srednje Evrope, kjer leži Slovenija. Letna količina padavin se je povečevala na območju Z in SZ Evrope (od 50 do 200 mm v 30 letih) in na skrajnem vzhodu Evrope (od 50 do 100 mm v 30 letih), zmanjšala pa v delu srednje Evrope, torej tudi v okolici Slovenije (od 50 do 100 mm v 30 letih oz. približno -10 % povprečne količine).

Sezonsko gledano ni bistvenih razlik med letnimi časi. Statistična zanesljivost izračunanih linearnih trendov za letno količino padavin ni velika, zato jih gre interpretirati le kot grobo smer razvoja.

Trendi v Sloveniji

Za obravnavane postaje v Sloveniji smo izračunali trende za obdobje petdesetih let. Povprečna letna temperatura zraka se je v Sloveniji v zadnjih 50 letih (1951-2000) statistično značilno ($p < 0,05$) povečala za $1,1 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, najbolj v urbaniziranih okoljih (Maribor $1,7 \pm 0,6^{\circ}\text{C}/50$ let), Ljubljana

*Prostorska porazdelitev povprečnega pojava mladih pogankov pri smreki (*Picea abies*) v obdobju 1971-2000 v Sloveniji.*

Trendi povprečne letne temperature zraka ($v^{\circ}\text{C}/50$ let) in relativna sprememba količine padavin ($v\%/50$ let) v Sloveniji za obdobje 1951-2000.

Trend temperature zraka na 50 let ($v^{\circ}\text{C}$)



+1,7 *
+1,4 *
+1,4 *
+1,2 *
+1,1 *
+1,1 *
+0,8 *
+0,8 *
+0,7 *
+0,8 *

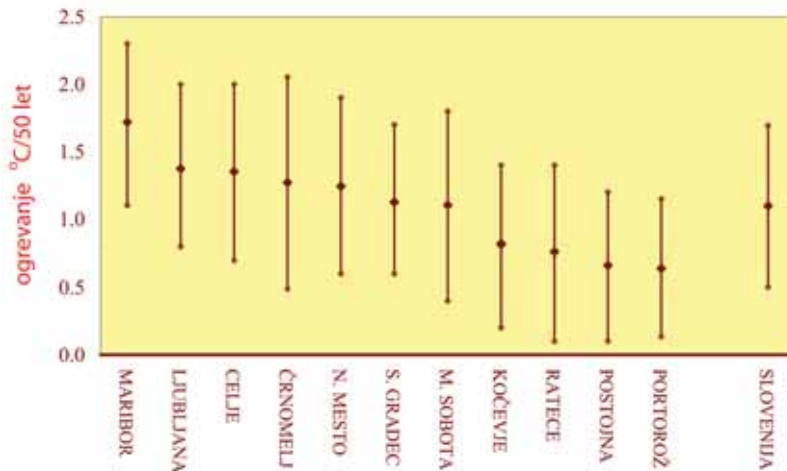
Relativna sprememba količine padavin na 50 let ($v\%$)

MARIBOR	-1,5
LJUBLJANA	-2,2
CELJE	-7,8
NOVO MESTO	+0,9
SLOVENJ GRADEC	-6,3
MURSKA SOBOTA	+1,6
KOČEVJE	-15,7
RATEČE	-21,1
POSTOJNA	+13,1
PORTOROŽ	-9,0



Ocena spremembe letne temperature zraka ($v^{\circ}\text{C}$) v slovenskih krajih v obdobju 1951-2000.

($1,4 \pm 0,6^{\circ}\text{C}/50$ let) in manj v kmetijskih območjih (Kočevje in Rateče $0,8 \pm 0,6^{\circ}\text{C}/50$ let), Postojna $0,7 \pm 0,6^{\circ}\text{C}/50$ let). Zaradi bližine morja je trend otoplitve najmanjši v Portorožu ($0,6 \pm 0,5^{\circ}\text{C}/50$ let).



Statistično značilne trende pri stopnji tveganja manjši od 5 % smo v tabelah označili z zvezdico ali pa so natisnjeni s krepko pisavo. K razlikam prispeva verjetno velik delež selitev postaj in pa vpliv morja na Primorskem.

Močno naraščanje temperature zraka opazamo tudi na višje ležečih postajah, kjer je vpliv urbanizacije zanemarljiv. Na primer na Kredarici (2514 m), kjer so se neprekinjena opazovanja pričela leta 1954, je v zadnjih 47 letih povprečna letna temperatura zraka narasla za $1,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Zlasti intenziven dvig temperature zraka je bil po letu 1980, leto 2000 pa je bilo v Sloveniji najtoplejše leto, odkar je organizirana mreža meteoroloških merjenj.

Podobno kot na ostali severni polobli, je tudi v Sloveniji ogrevanje najbolj izrazito v zimskem in pomladnem času, kar se posledično odraža tudi v zmanjšanem številu dni s snežno odejo, postopnem zmanjševanju triglavskega ledenika, zgodnejšem nastopu fenoloških faz rastlin ipd.

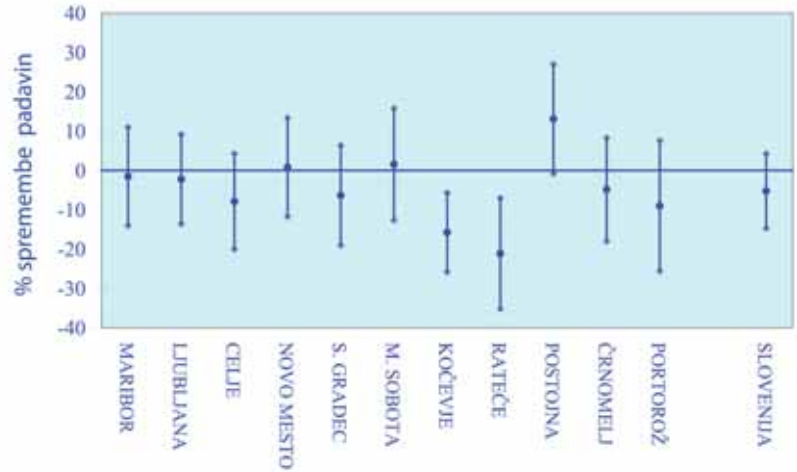
Trendi letne količine padavin na večini območja Slovenije niso statistično značilni, z izjemo Kočevja in Rateč, kjer je zaznati v zadnjih 50 letih statistično značilno upadanje padavin ($-16 \pm 10\%$ na 50 let in $21 \pm 14\%$ na 50 let). Zaenkrat ne opažamo bistvenih sprememb padavinskega režima kljub pogostejšim poletnim sušam na severovzhodu Slovenije, z izjemo intenzivnosti nalivov, ki rahlo narašča.

Od ostalih vremenskih spremenljivk je opazno zmanjšanje števila dni z meglo in trend naraščanja trajanja sončnega obsevanja.

Kako torej strniti podnebno dogajanje v Sloveniji v zadnjih 50 letih? Iz meritev temperature zraka in količine padavin lahko zaključimo, da je večina let po letu 1990 v primerjavi z dolgoletnimi povprečji pretoplih, padavine pa so blizu povprečja. Še posebej je ta pojav izrazit v topli polovici leta (meseči od aprila do septembra). Čeprav so trendi količine padavin nesignifikantni, lahko grobo ocenimo, da je najverjetnejši razvoj podnebja v Sloveniji v bodoče nagnjen v smer toplih zim.

Fenološki trendi v Evropi

Spremembe v fenološkem razvoju (sezonska sprememba živalske ali rastlinske aktivnosti pod vplivom okoljskih spremenljivk) iz leta v leto so lahko občutljiv in opazen pokazatelj sprememb v biosferi. Številne indikacije premika v rastlinski in živalski fenologiji so bile opazne v Evropi in v vseh zmernih in hladnih conah severne hemisfere. Nekatere študije kažejo samo na kvalitativne spremembe (npr. število vrst z zgodnejšim pojavljanjem), druge pa na kvantitativno spremembo fenoloških pojavov. Na primer, podatki Mednarodnega evropskega fenološkega parka v Ljubljani kažejo, da v obdobju 1960 - 2000 ranijo spomladanske faze za 6,3 dni ($-0,2$ dni na leto), jesenske faze pa kasnije za 4,5 dni ($+0,15$ dni na leto). Povprečna letna vegetacijska sezona se je od leta 1960 v Evropi podaljšala za 11 dni.



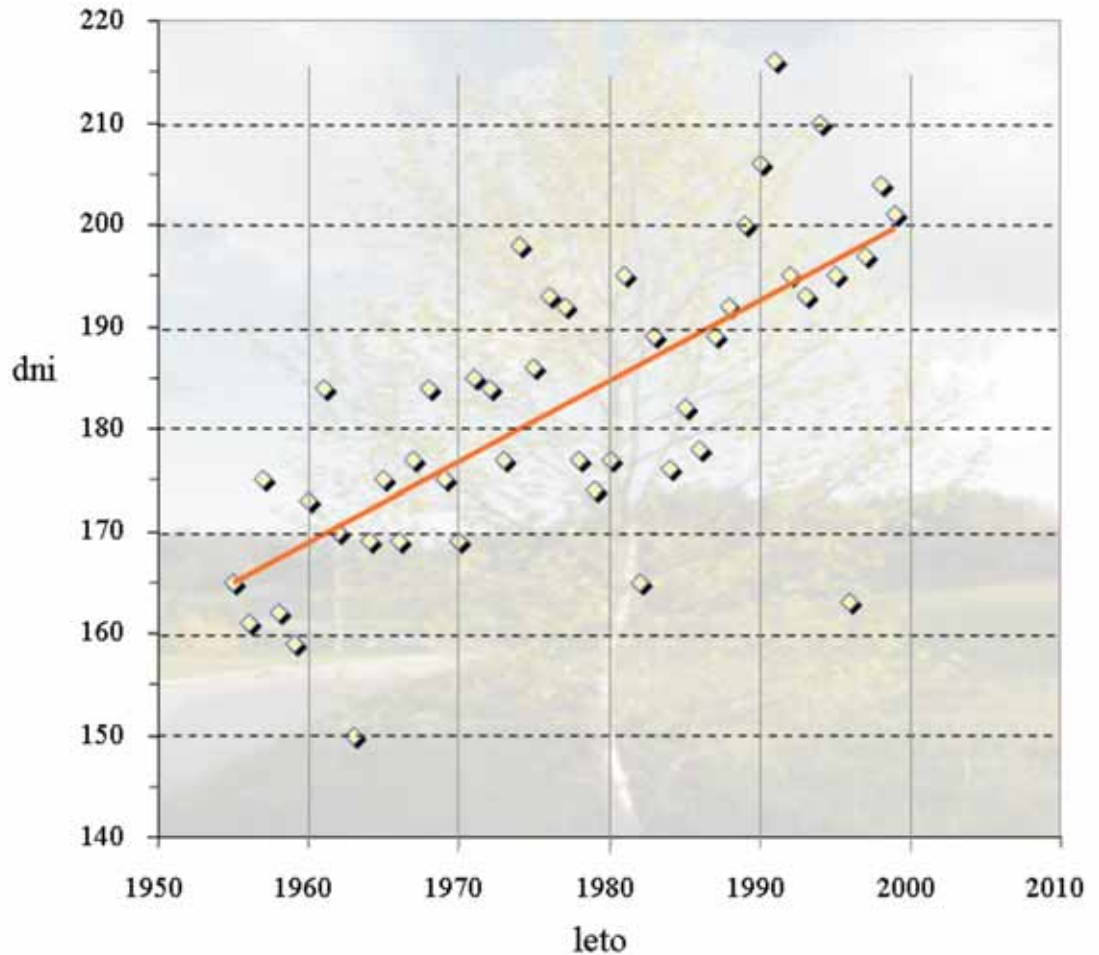
Fitofenološki trendi v Sloveniji in njihova povezanost s temperaturami zraka

Podobna je tudi ugotovitev za Slovenijo. Približno polovica spomladanskih fenoloških faz (začetek cvetenja, splošno cvetenje, olistanje) nastopi zadnja leta statistično značilno bolj zgodaj, ostala polovica pa ne kaže značilnega trenda. Značilno zgodnejše je olistanje pri navadni brezi, bukvi, smreki, divjem kostanju in lipi, ter kasnejše jesensko obarvanje pri bukvi, brezi in lipi. Na osnovi podatkov o nastopu fenoloških faz olistanja in rumenenja listja pri brezi, bukvi in lipi je zanimiva tudi analiza dolžine obdobja (število dni) med nastopom obeh fenoloških faz. V več kot polovici primerov je trend dolžine obdobja med obema fazama pozitiven, kar pomeni, da se pri omenjenih drevesnih vrstah obdobje rasti podaljšuje. Podobne ugotovitve veljajo tudi za številne druge negojene zelne rastlinske vrste, trave, sadno drevje ter gozdno drevje in grmičevje, ki so splošno zastopane v slovenskem rastlinskem svetu.

Ocena relativne spremembe letne količine padavin (v mm) v slovenskih krajih v obdobju 1951-2000.

Zaključimo lahko, da obstaja tendenca zgodnejšega pojavljanja spomladanskih faz in kasnejšega pojavljanja jesenskih, kar pomeni daljšanje vegetacijskega obdobja v celotnem slovenskem prostoru. Na primer, pri olistanju breze lahko pričakujemo do 10 dni zgodnejše olistanje breze (glej sliko), oziroma do 12 dni kasnejše rumenenje listja bukve na območju celotne Slovenije.

*Trend podaljševanja obdobja
med olistanjem in
rumenenjem breze v Ljubljani
v obdobju 1951-2000.*



Globalno ogrevanje torej vpliva na zgodnejši začetek rastne dobe in hitrejši razvoj rastlin. Ker so rastline na nihanja podnebnih dejavnikov različno občutljive, lahko pride do sprememb v populacijski dinamiki - večje možnosti imajo tiste rastline, ki se hitreje prilagodijo na spremenjene razmere. Sprememba v času pojavljanja fenoloških faz in njihovega trajanja posledično vpliva tudi na pojav novih bolezni, plevelov in škodljivcev oziroma na močnejše izbruhe tistih bolezni, ki sedaj ne povzročajo večje škode. Pri določenih škodljivcih se lahko zaradi višjih temperatur pojavi večje število

generacij v enem letu. Zaradi toplejših zim in pomladi je večja nevarnost poznih, hudih pomladanskih pozeb, kar povzroča zmanjšanje ali izpad pridelka. Pri sadnem drevju pa se posledice lahko poznajo več let.

SCENARIJI PODNEBNIH SPREMEMB ZA SLOVENIJO

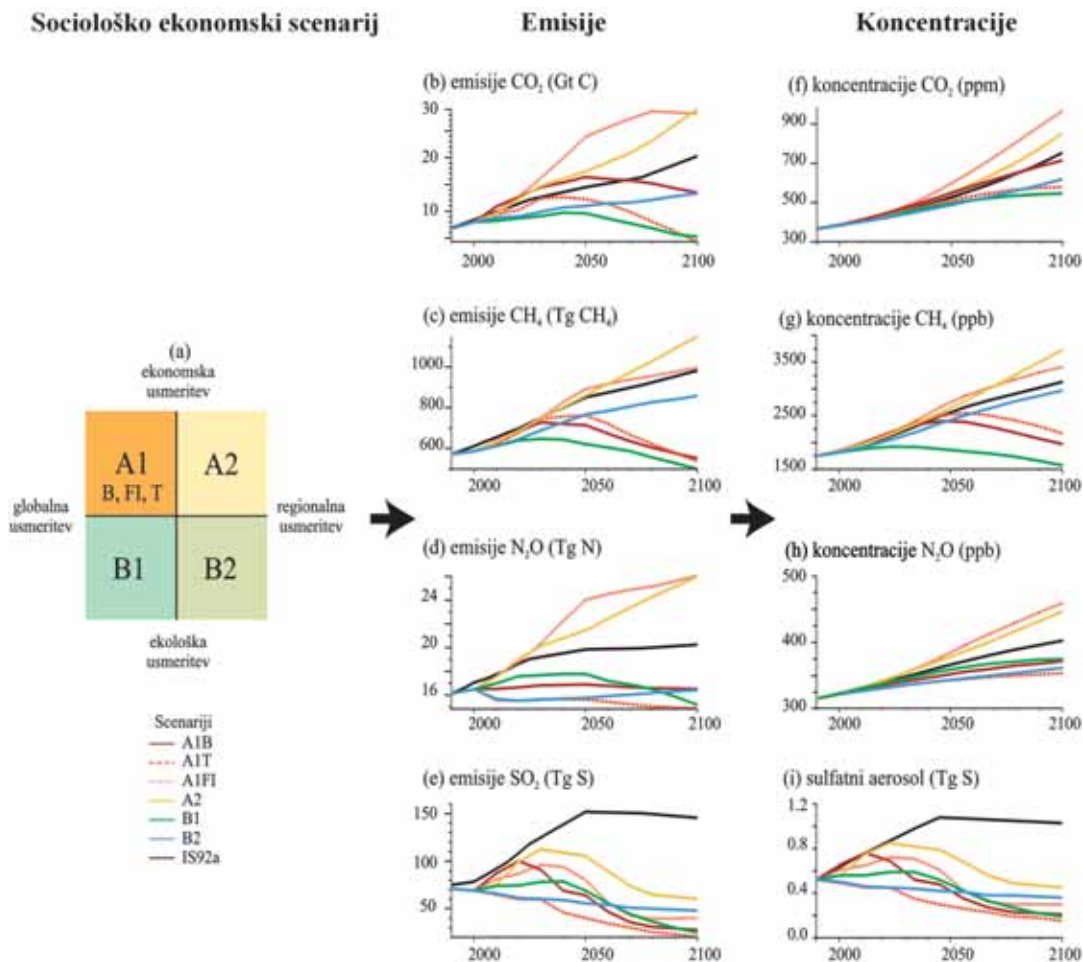
Naše bodoče podnebje

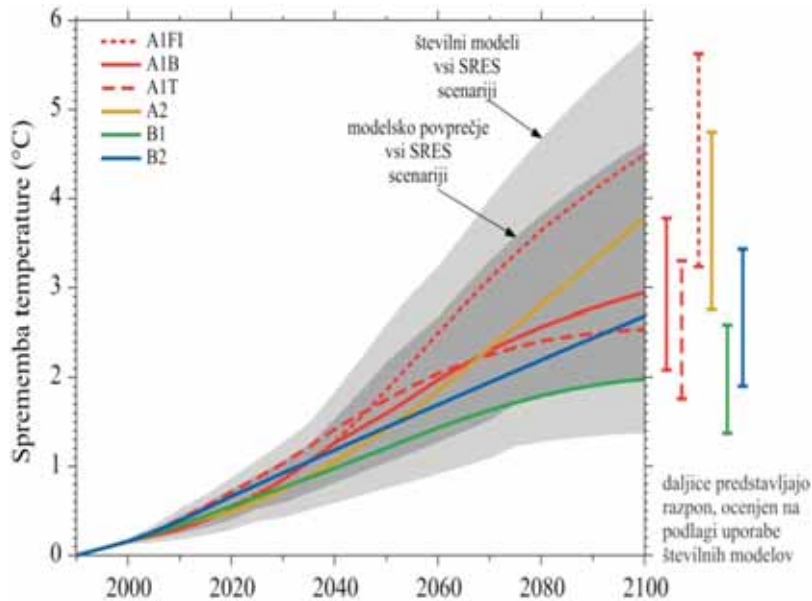
Da se podnebje na celotni zemeljski obli spreminja, da tega ne moremo več pripisati sicer velikim in normalnim podnebnim nihanjem, je ugotovljeno

dejstvo. Dokazani so glavni vzroki za te spremembe, zato je dolžnost sedanjih generacij, da skušajo te vzroke odpraviti, ali vsaj omejiti in s tem grozeče trende zaustaviti. To je predvsem naloga politike, pri kateri pa je na žalost skrb za

Scenariji emisij nekaterih toplogrednih plinov CO_2 , CH_4 , N_2O ter sulfatnih aerosolov v odvisnosti od časa.

Vir: Houghton in drugi, 2001





Predviden dvig temperature zraka na Zemlji v 21. stoletju v skladu s SRES scenariji emisij.

Vir: Our future climate, WMO - No. 952, 2003

ohranjanje okolja pogosto v drugotnem planu. Zelo pomembno nalogo pa imajo pri tem tista strokovna področja, ki lahko povedo, kakšne podnebne razmere lahko pričakujemo in kako se jim lahko najbolje prilagodimo. Priprava podnebnih in prilagoditvenih scenarijev je še posebno pomembna za kmetijstvo, saj to ni dejavnost, ki se jo lahko hitro prilagodi.

Modeli splošne cirkulacije

Modeli splošne cirkulacije (MSC) so najpogostejše uporabljeno orodje za proučevanje odziva podnebnega sistema na spremembe sestave ozračja, njihovi rezultati pa osnova za izdelavo scenarijev podnebnih sprememb. Gre za tridimenzionalne numerične modele, v katerih so z diferencialnimi enačbami zajeti glavni fizikalni, kemijski in biološki procesi v ozračju, oceanih, ledu in na zemeljskem površju ter njihova medsebojna odvisnost.

Ključni vhodni podatek za MSC pri proučevanju odziva podnebnega sistema na spremenjeno sestavo ozračja so scenariji emisij za prihodnost in

posledična vsebnost toplogrednih plinov in aerosolov v ozračju. Medvladni forum o spremembi podnebja (angl. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) predlaga uporabo različnih scenarijev emisij združenih pod kratico SRES, katerih uresničitve v prihodnosti je enako verjetna. Scenariji emisij, ki jih v grobem lahko razdelimo v štiri skupine (A1, A2, B1 in B2), temeljijo na različnih predpostavkah o družbeno-gospodarskem razvoju v prihodnosti. Modelirane emisije, ki jih ti scenariji predvidevajo, so skupaj s posledičnimi vsebnostmi toplogrednih plinov in aerosolov v ozračju in v razponu predvidenih sprememb temperature površja v 21. stoletju predstavljene na sliki Scenariji emisij.

MSC dobro opišejo procese v globalni, oziroma obsežni prostorski skali, zanesljivost njihovih rezultatov pa je manjša v regionalni skali, zato ker MSC ne vključujejo regionalnih površinskih podrobnosti, temveč le povprečno topografijo in vegetacijo. Lokalne podnebne razmere pa so v veliki meri odvisne od procesov, ki potekajo v manjši skali, kot je prostorska ločljivost MSC. Zaradi tega neposredna uporaba rezultatov simulacij z MSC v lokalnih in regionalnih študijah vpliva podnebnih sprememb na naše dejavnosti (npr. kmetijstvo, gozdarstvo, energetika, vodno gospodarstvo) običajno ni primerna. Kot način premostitve razkoraka med obsežno in regionalno skalo smo izbrali empirično zmanjševanje skale. Pri tem smo za povezavo podnebnih spremenljivk v regionalni skali s podnebnimi spremenljivkami v obsežni skali uporabili različne matematične modele. Empirične modele, ki temeljijo na izmerjenih vrednostih v preteklosti, smo nato uporabili za projiciranje rezultatov simulacij z MSC. Empirični modeli temeljijo na izmerjenih, oziroma rekonstruiranih vrednostih podnebnih spremenljivk v obsežni skali (prediktorjih) in podnebnih spremenljivk v regionalni skali (predikandih). V vlogi prediktorjev smo uporabili temperaturo zraka ob površju ter zračni tlak na nivoju morja. Polja prediktorjev na tem območju smo z empiričnimi modeli povezali z vrednostmi temperature zraka in količine padavin, ki temeljijo na meritvah z meteoroloških postaj. Za ocenjevanje podnebnih

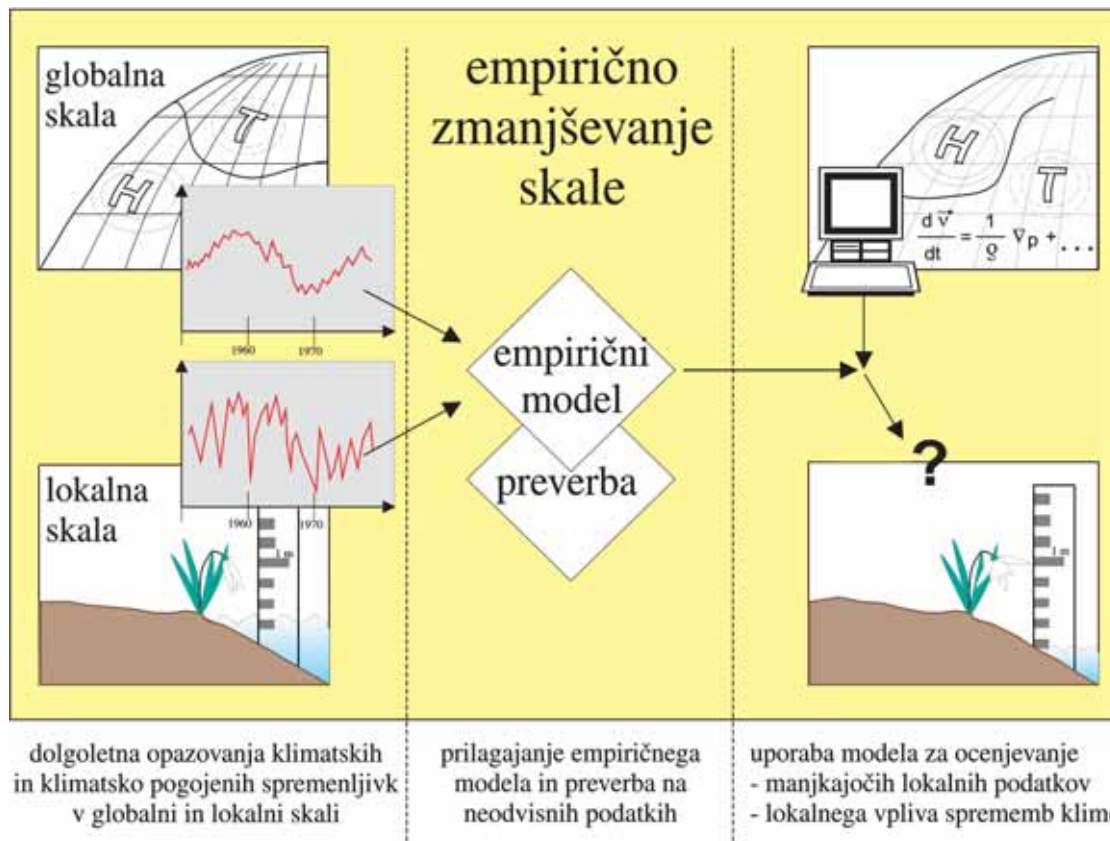
sprememb v prihodnosti smo uporabili rezultate simulacij s petimi različnimi MSC, v katerih sta bila upoštevana SRES A2 in B2 scenarija emisij. Za primerjalno obdobje smo v naši študiji upoštevali tridesetletje 1961-1990.

Izbrani modeli MSC

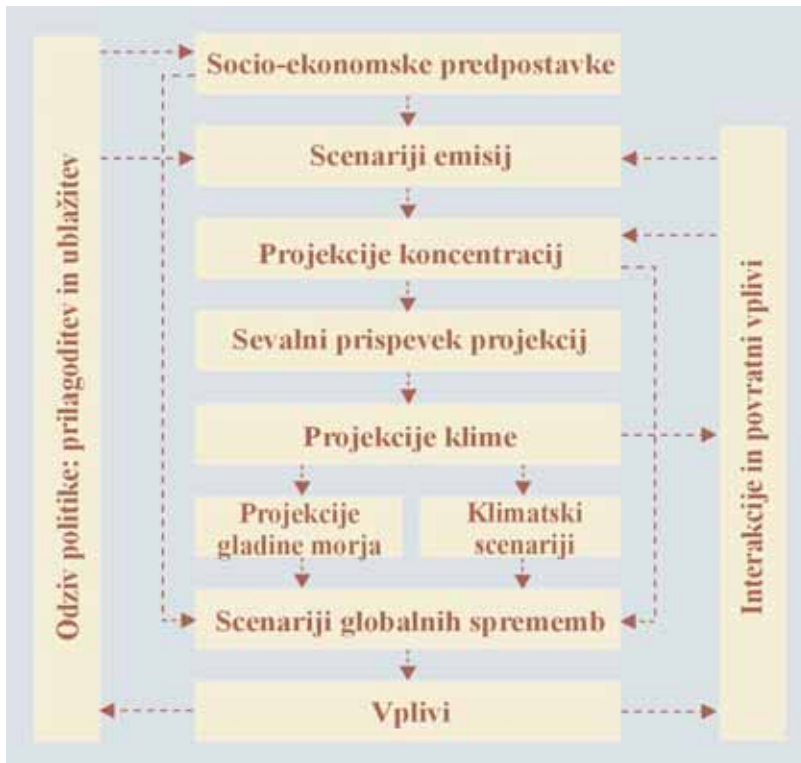
Model	Država razvoja	Horizontalna ločljivost
NCEP/NCAR	ZDA	1,9°×1,9°
CSIRO/Mk2	Avstralija	5,6°×3,2°
CCC/CGM2	Kanada	3,8°×3,8°
UKMO/HadCM3	Velika Britanija	3,8°×2,5°
DOE-NCAR/PCM	ZDA	2,8°×2,8°
ECHAM4-OPYC3	Nemčija	2,8°×2,8°

Regionalna variabilnost scenarijev

Izdelane empirične modele, ki povezujejo temperaturo zraka (T) in količino padavin (P) z zračnim tlakom na nivoju morja in temperaturo zraka ob površju na izbranem prediktorskem območju, smo uporabili pri empiričnem zmanjševanju skale rezultatov simulacij s petimi MSC za izbranih devet lokacij v Sloveniji. Projekcije rezultatov MSC so nam služile za ocenjevanje predvidenih sprememb T in P v 21. stoletju, ki jih podajamo kot odstopanja od primerjalnega obdobja 1961-1990. Projekcije se razlikujejo za različna tridesetletja: 1971-2000, 2001-2030, 2031-2060 ter 2061-2090.



Schematski prikaz zmanjševanja MSC iz globalne v lokalno skalo. (Vir: Heyen, 2002)



Negotovosti, s katerimi se srečamo pri izdelavi scenarijev za ocenjevanje vpliva podnebnih sprememb. (Vir: Houghton in sod., 2001)

Pridobljenih scenarijev spremembe podnebja tudi ne smemo jemati strogo kot napoved za prihodnost. Predstavljajo le smernice možnega odziva podnebja v primeru uresničitve enega izmed uporabljenih scenarijev emisij v prihodnosti.

Glede na rezultate projekcij rezultatov MSC ni nikakršnega dvoma o povečanju temperature zraka v 21. stoletju. Ob predvidenem povečanju vsebnosti toplogrednih plinov in sulfatnih aerosolov se bo temperatura zraka dvignila na celotnem območju Slovenije, pri čemer ni izrazitih razlik med posameznimi območji. Zanesljivost projekcij je bolj vprašljiva in enotnost manjša v primeru količine padavin, večinoma pa prevladuje negativen trend v spremembah. To še posebej velja za območji S in SZ Slovenije ter JZ Slovenije.

Kaj pomeni premik k višjim temperaturam zraka ter manjšim količinam padavin, nam lahko pojasnijo podatki iz preteklosti. Zato smo leta v obdobju 1951-2002 za izbrane postaje razvrstili glede na njihova odstopanja temperature zraka in količine padavin v topli polovici leta od povprečja v obdobju 1961-1990. Z vidika kmetijstva in vodne bilance so najbolj problematična leta, ko so bile temperature višje od dolgoletnega povprečja,

količina padavin pa manjša. Za večino postaj osrednje in SV Slovenije so ta leta: 1952, 1971, 1983, 1992, 1993, 2000 in 2001. To so tudi leta z izrazito kmetijsko sušo v obdobju junij-avgust, ki je zajela pretežni del Slovenije.

Ker predviden dvig temperature do konca 21. stoletja presega variabilnost temperature v obdobju 1951-2002, oziroma nasploh v obdobju odkar imamo meritve meteoroloških spremenljivk v Sloveniji, bodo podnebne razmere verjetno dosegle tudi stanja, ki si jih na osnovi poznavanja preteklosti ne moremo predstavljati.

Zaradi tega so smiselne študije vpliva podnebnih sprememb in ranljivosti nanje ob upoštevanju različnih kombinacij dviga temperature zraka in spremembe količine padavin, ki bi zajele širok spekter možnih podnebnih sprememb. Najbolj smislen je interval sprememb temperature zraka od $+1^{\circ}\text{C}$ do $+4^{\circ}\text{C}$ glede na povprečno vrednost v obdobju 1961-1990 ter interval sprememb količine padavin od $+10\%$ do -30% . Takšen razpon bi zajel spremembe podnebja v Sloveniji v prvi polovici 21. stoletja, ki jih nakazujejo projekcije rezultatov MSC.

Uporabe različnih kombinacij bi vodile do ocene ranljivosti kmetijskih ekosistemov in kmetijskih dejavnosti na morebitne podnebne spremembe.

Negotovosti pri izdelavi scenarijev

Scenariji podnebnih sprememb so odvisni od scenarijev emisij toplogrednih plinov in aerosolov, ki temeljijo na predpostavkah o družbenem in gospodarskem razvoju človeštva v prihodnosti, kar predstavlja veliko mero negotovosti.

Zavedati se moramo, da prikazane ocene sprememb temperature zraka in količine padavin v osnovi temeljijo na SRES A2 in B2 scenarijih emisij. Če bodo dejanske emisije v prihodnosti odstopale od omenjenih scenarijev, bo potrebno izračune temu primerno prirediti, kot je to storil IPCC pri obravnavanju različnih možnih scenarijev emisij. Vseh navedenih negotovosti se moramo zavedati pri kakršnikoli razlagi scenarijev podnebnih sprememb.

RANLIVOST KMETIJSTVA NA SPREMEMBO VODNE BILANCE KMETIJSKIH TAL V SLOVENIJI

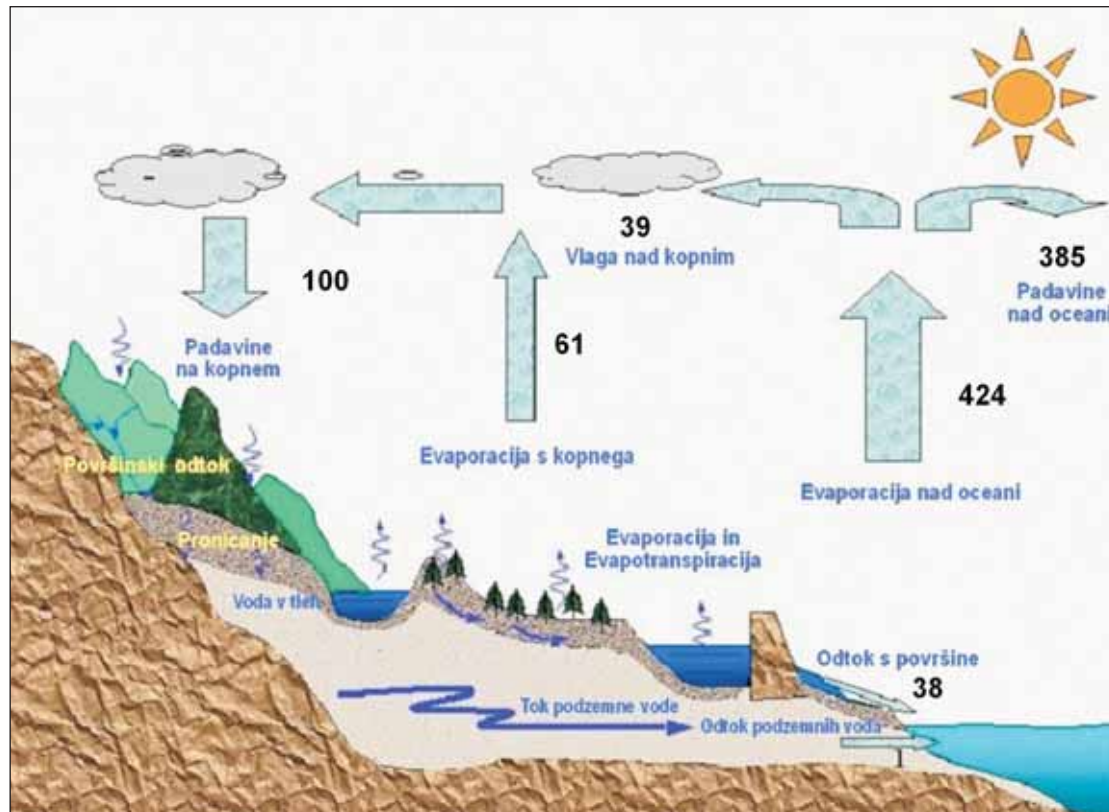
Voda - najbolj ranljiv naravni vir

Najpomembnejši element na našem planetu je voda, zato bo potrebno ob bodočem razvoju tudi z omejenimi količinami sveže vode preudarno ravnati. Z vodnimi viri bomo primerno ravnali lahko le ob dobrem poznavanju njihovega izvora, količine in kvalitete. Z rednim obveščanjem, svetovanjem in opozarjanjem širše javnosti o prihodnji spremenljivosti vodnih virov bomo lahko

naredili prvi korak k izboljšanju stanja tudi pri porabi vode v kmetijski pridelavi.

Globalna vodna bilanca

Vodna bilanca je cikel prehajanja vode iz zemeljskega površja v ozračje, iz ozračja na površje in v zalogo vode v tleh. Tokovi dotoka vode na zemeljsko površje so padavine, v manjšem delu tudi



Vodni krog in deleži posameznih komponent v 1000 km³.

Vir: www.unesco.org, 2000



*Plitva Krka pri Podbočju
poleti 2003.*
Foto: Jože Uhan

Dinamika porabe vode v svetu se povečuje, tudi projekcije kažejo povečanje do 2025. Podatek UNESCO (2000) o globalnem izstopu vode je 3750 km³ na leto, z dejansko porabo 2270 km³ na leto (61 % celotne dostopne vode). V prihodnosti je pričakovati rast izstopa vode za 10-12 % na 10 let, kar pomeni, da bo do 2025 predstavljalo 5100 km³ na leto. Vodna poraba se bo zmanjševala počasneje.

kondenzacija (rosa) in sublimacija (slana). Iz morij, jezer in kopnega z izhlapevanjem prehaja v atmosfero, delno pa prihaja tudi do odtoka. Velik izziv za prihajajoča desetletja bo soočanje s pojavom pomanjkanja padavin v vegetacijskem obdobju rastlin. Vse pogosteje se že srečujemo s pojavom t.i. kmetijske suše. Suša ni redak in naključen pojav, pojavlja se kot normalna, ponavljajoča značilnost podnebja. Dalj časa trajajoča obdobja s pomanjkanjem padavin lahko prizadenejo tudi širša območja in povzročijo veliko družbeno stisko, okoljsko škodo in ekonomske izgube.

Eden od pomembnih kazalcev pri ugotavljanju ranljivosti elementov vodnega kroga na vremenske spremembe je tudi ugotavljanje sprememb razpoložljive vode na posameznem območju. Slovenija je v primerjavi z evropskimi državami bogata z vodnimi viri, k čemur pripomore predvsem velika količina padavin, saj v Sloveniji v povprečju pade od 800 mm padavin letno na skrajnem severovzhodu do preko 3000 mm na zahodu. Veliko vode in geografske ter geološke značilnosti pogojujejo zelo razvejano rečno mrežo, kot tudi več obsežnih vodonosnikov z večjimi zalogami podzemne vode. Seveda pa tako kot

padavine, tudi voda v prostoru in času ni enakomerno razporejena. Razmere se od porečja do porečja lahko bistveno razlikujejo. V nekaterih porečjih vzhodne Slovenije s specifičnimi odtoki pod 5 l/s/km² odteče le 20 % padavin, medtem ko v zahodni Sloveniji s specifičnimi odtoki do 90 l/s/km² odteče tudi več kot 80 % padavin. Zaradi bogatih vodonosnikov so pomemben vir zaloge v podzemni vodi, za katere so ocenjene dinamične zaloge.

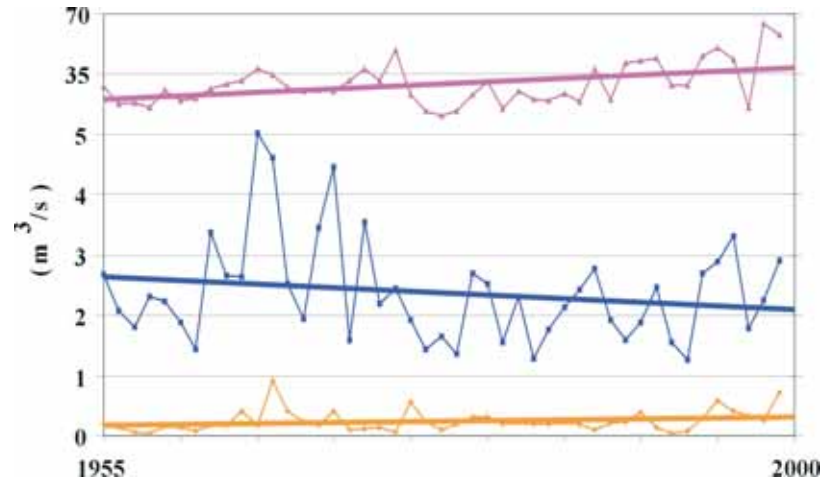
Hidrološko stanje v Sloveniji

Če upoštevamo samo interni odtok iz Slovenije, brez dotoka iz sosednjih držav, odpade na prebivalca 9.350 m³ letno potencialno razpoložljive vode. Iz Slovenije letno odteče 32 km³, od tega poraba predstavlja 1,5 % ali 0,5 km³ na leto. V zadnjem štiridesetletnem obdobju je bilo nihanje med največjo in najmanjšo količino razpoložljive vode veliko. V letu 1971 smo zabeležili le slabo polovico količine, ki je iz Slovenije odtekla v letu 1965, ko smo zabeležili 49 km³ kot maksimum obdobja 1961-2000. Padec trendne linije je 0,15 km³ na leto, kar pomeni zmanjšanje razpoložljive

vode v obravnavanem obdobju za 6 km^3 . Takšno upadanje razpoložljivih količin vode vsekakor ni samo posledica povečane rabe vode, ampak predvsem posledica spremenljivosti podnebnih razmer, predvsem tistih, ki vplivajo na količino, ter časovno in prostorsko porazdelitev padavin. Spremembe v padavinah, od katerih so odvisni pretoki rek in gladine podtalnice, povzročajo spremembe značilnih rečnih režimov, od dežnega (pluvial), dežno snežnega (pluvio - nival), snežno dežnega (nival - pluvial) do snežnega (nival). Višje temperature zraka in njihov vpliv na snežne razmere v visokogorju bodo predvsem z nižanjem in krajšanjem pomladanskih viškov v nivalnih režimih povzročale skrb za zagotavljanje zadostnih količin vode za kmetijsvo tudi v pomladnih mesecih.

Zaradi manj staljenega ledu se bodo tudi dinamične zaloge podzemne vode slabše obnovljale. Omeniti pa velja, da se z vodo deficitarna kmetijska območja in porečja z najmanjšimi pretoki v poletnih mesecih večkrat ne prekrivajo. Taka primera sta reki Drava in Mura, ki imata zaradi snežnega režima odtoka največ vode v poletnih mesecih, ko pade v njenem slovenskem delu porečja najmanj padavin.

Trendne linije za obdobje značilne pretoke (mali, srednji, veliki) kažejo, da se srednji letni pretoki na vseh porečjih manjšajo, podobno tudi mali pretoki, da pa se veliki pretoki manjšajo le na porečjih jadranskih rek in v slovenskem porečju Drave. Ob neugodnih trendih na vseh porečjih bo zaradi suše in izpada kmetijske pridelave v letu 2003 v naslednjih letih dodaten pritisk na vodne vire predstavljala večja raba vode za kmetijsko pridelavo (namakanje) in to predvsem v obdobju, ko imajo reke najmanjše pretoke in ko najbolj upadejo gladine podtalnice. Poudarimo naj, da so se v letu 2003 mali pretoki na večini rek spustili pod najnižje vrednosti v opazovanem obdobju, prenekateri vodotoki pa so povsem usahnili. Kljub dejstvu, da je bila suša leta 2003 za številne evropske države katastrofalna, pa je neprimerljiva s sušami severno in južno ob ekvatorju (predvsem v puščavskih predelih Afrike), kjer pomeni termin huda suša večletno brezpadavinsko obdobje z vzporednimi visokimi temperaturami, za seboj



pušča popolno opustošenje in kar je najhujše, umiranje številnega prebivalstva zaradi lakote. Med številnimi definicijami suše dovolj natančno opisuje Evropska okoljska agencija kot kombinacijo meteoroloških, fizičnih in človeških dejavnikov.

Trend značilnih malih, srednjih in velikih pretokov reke Ščavnice za obdobje 1955 - 2000 na vodomerni postaji Pristava.

Vzroki in posledice suše

Osnovni vzrok suše je pomanjkanje padavin, pomembno pa je tudi obdobje, v katerem pomanjkanje nastopi ter porazdelitev in intenzivnost primanjkljaja padavin v povezavi z obstoječo zalogo in porabo vode.

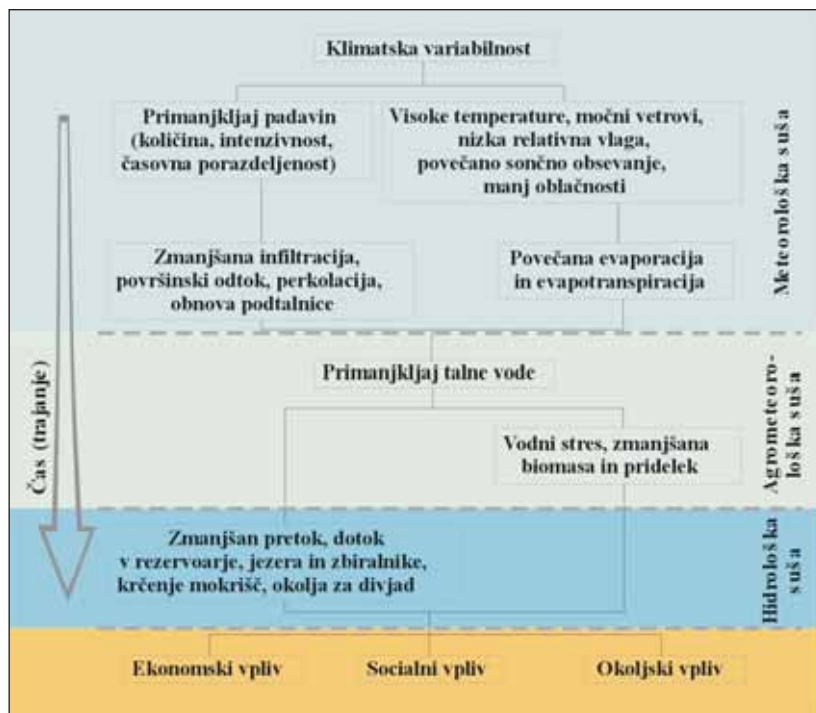
Evapotranspiracija v kombinaciji s padavinami vpliva na jakost in trajanje pojava. Dodatni fizični dejavniki, ki vplivajo na pojav suše, so stopnja naravne zaloge vode (zaloga v tleh, rekah, jezerih, zadrževalnikih, mokriščih) ter socioekonomski dejavniki, ki spreminjajo porabo vode (sprememba v populaciji, življenjski standard). Glede na dolžino trajanja brezpadavinskega obdobja lahko pri suši v splošnem ovrednotimo tri prevladujoče vidike:

- **Meteorološki vidik**, ki ga opisuje podaljšano obdobje s pomanjkanjem padavin in je pogosto definiran kot zmanjšanje števila dni s padavinami v primerjavi z izbranim ("normalnim") referenčnim obdobjem. To so splošne regijsko določene definicije sušnosti,

Agrometeorološka suša povezuje različne kategorije meteorološke in hidrološke suše z vplivi na kmetijsko pridelavo.

Njeno stopnjo in intenzivnost določa primanjkljaj vode v tleh in razlika med dejansko in potencialno porabo vode iz tal in rastlin.

Suša nastopi, ko rezervne količine vode v območju korenin ne zadoščajo več, da bi kmetijske rastline lahko vzdržale med dvema padavinskima obdobjema (Tate in drugi, 2000).



Stopnjevanje in trajanje suše.

Vir: NDMC, 1995

Kmetijske rastline v sušnem stresu.

Foto: Ciril Zrnec

saj so atmosferske razmere, ki se izražajo kot pomanjkanje padavin, izrazito variabilne iz regije v regijo.

- **Hidrološki vidik:** pomanjkanje padavin zmanjša količino vode v rekah, jezerih in zniža nivo podtalne vode. Hidrološka suša se pojavlja kasneje kot meteorološka in kmetijska, saj traja dalj časa, da se pomanjkanje padavin pokaže tudi v komponentah hidrološkega sistema, kot so voda v tleh, vodotoki, podtalni viri. Voda v hidroloških zalogah npr. rekah, jezerih je pogosto uporabljena za številne druge konkurenčne namene (npr. namakanje, rekreacija, navigacija, hidroenergija, vodni in obvodni habitati).
- **Kmetijski vidik:** ta vpliv predstavlja nezadostno količino vode v tleh, ki jo kmetijske rastline potrebujejo za normalen razvoj. Predstavlja kombinacijo meteorološke in hidrološke suše, in kadar nastopi v času intenzivne rasti in razvoja kmetijskih rastlin, t.j. v kritičnih



fenoloških obdobjih, je pridelek zmanjšan ali pa celo popolnoma uničen.

Povečuje se število držav, ki jih pesti pomanjkanje vode. Po podatkih Svetovne meteorološke organizacije smo v zadnjih letih beležili po vsem svetu izjemno katastrofalne suše z močno

Izrazite kmetijske suše se pojavljajo v Sloveniji v povprečju najpogosteje v vegetacijskem obdobju (april-september) na dveh območjih: v JZ in v SV Sloveniji, kjer so v zadnjih štiridesetih letih pridelale kmetijske rastline v tem obdobju več kot tridesetkrat.

intenzivnostjo in dolgim trajanjem. V zadnjih letih se vse pogosteje pojavljajo suše tudi na območjih, kjer jih v preteklosti nismo beležili. Če pogledamo pojav suš, ugotavljamo, da pomanjkanje padavin ali njihova nepravilna časovna razporeditev že predstavljata obstoječ problem in tveganje tudi v Sloveniji. Vzorec pojavljanja in trajanja suš se spreminja. Velik del slovenskega ozemlja sodi v območje, kjer so kmetijske suše v zadnjem desetletju močno zmanjšale pridelke. Primanjkljaja vode od aprila do konca septembra kaže, da je suša prizadela kmetijske rastline v pretežnem delu ostale Slovenije, v zadnjih štiridesetih letih kar desetkrat: 1967, 1971, 1973, 1977, 1983, 1992, 1993, 1994, 2000 in 2001. Poseben primer predstavlja trdovratna kmetijska suša leta 2003. Na območju SV Slovenije smo v obdobju 1961-2002 beležili vse vegetacijsko obdobje trajajočo negativno vodno bilanco kar dvanajstkrat. Količinski primanjkljaj, ki je daljši kot sto dni jasno kaže, da se v zadnjem desetletju srečujemo z najdaljšim in tudi največjim vodnim primanjkljajem. Ekstremi se pojavljajo v vseh regijah Slovenije. Ukrepanje na področju kmetijske pridelave zahteva natančno analizo obstoječega stanja preskrbe kmetijskih rastlin z vodo in velikosti napovedane spremembe.

Metode ocene stopnje primanjkljaja vode v preteklosti

Najpomembnejši člen te ocene je kumulativni primanjkljaj vode, ki predstavlja razliko med optimalnim in dejanskim stanjem talne vlage preko vsega vegetacijskega obdobja. Poleg velikosti primanjkljaja je enako pomembno tudi njegovo trajanje. V času vegetacije se običajno pojavlja več zaporednih obdobji s primanjkljajem, v ekstremnih letih, kot na primer leta 2003, pa je bilo trajanje primanjkljaja brez prekinitev. Glede na velikost in trajanje vodnega primanjkljaja v tleh smo določili:

- **Zmerni primanjkljaj** s spodnjo mejo 75-tega percentila in z zgornjo mejo 90-tega percentila in predstavlja 15 odstotkov vseh primanjkljajev



v obdobju 1961-2000 ter

- **Ekstremni primanjkljaj**, ki je večji od 90-tega percentila in predstavlja samo zgornjih 10 odstotkov vseh primanjkljajev.

Na drugi strani pa smo velikost in trajanje vodnega presežka v tleh tudi razdelili na:

- **Zmerni presežek** s spodnjo mejo 10-tega percentila in z zgornjo mejo 25-tega percentila, kar je 15 % vseh presežkov vode obravnavanega obdobja in
- **Ekstremni presežek** kot manjši od 10-tega percentila (to je samo spodnjih 10 odstotkov vseh presežkov).

Vsi primeri primanjkljaja oziroma presežka med 25 in 75-im percentilom so v razredu povprečnih razmer oz. normalnega stanja, ko preveč ali premalo vode v tleh ni omejevalo rasti in razvoja kmetijskih rastlin. Zmerni primanjkljaj vode v tleh se je v vseh štirih regijah (osrednji, severovzhodni, severni, in jugozahodni Sloveniji) pojavil v obravnavanem obdobju šestkrat, ekstremni pa štirikrat.

Število obdobji z zmernim in ekstremnim primanjkljajem je bilo podobno v vseh regijah. Razlike med regijami se pojavijo predvsem v razporeditvi let z nenormalnim primanjkljajem. V osrednji Sloveniji so se tako zmerno in ekstremno mokra leta pojavljala do leta 1989, le leta 1967 se je pojavil ekstremno visok primanjkljaj. Kasneje so se po večini pojavljala leta z zmernim in ekstremno visokim primanjkljajem. Severovzhodna Slovenija in jugozahodna Slovenija sta imeli leta z visokim in nizkim primanjkljajem razporejena skoraj enakomerno v obdobju od 1961 do 2000, vendar je težišče visokih primanjkljajev pomaknjeno v devetdeseta leta 20. stoletja, predvsem na račun 1992-ega in 1993-ega leta. Izrazito naraščajoči trend primanjkljaja ima severna Slovenija. Na tem območju so do začetka osemdesetih let prevladovala mokra ali zelo mokra vegetacijska obdobja, to je

Razdelitev primanjkljaja in presežka vode v percentilih.

	osrednja Slovenija	severovzhodna Slovenija	severna Slovenija	jugozahodna Slovenija
dolg in zmerni primanjkljaj	1967, 1973, 1988	1971, 1976, 1977	1973, 1976, 1979, 1985, 1986, 1988	1973, 1986, 1992, 1993, 2000
ekstremno dolg in ekstremni primanjkljaj	1992, 1993	1992	1992	1962

Presek dolžine in velikosti primanjkljaja vode v obdobju 1961-2000 po letih.

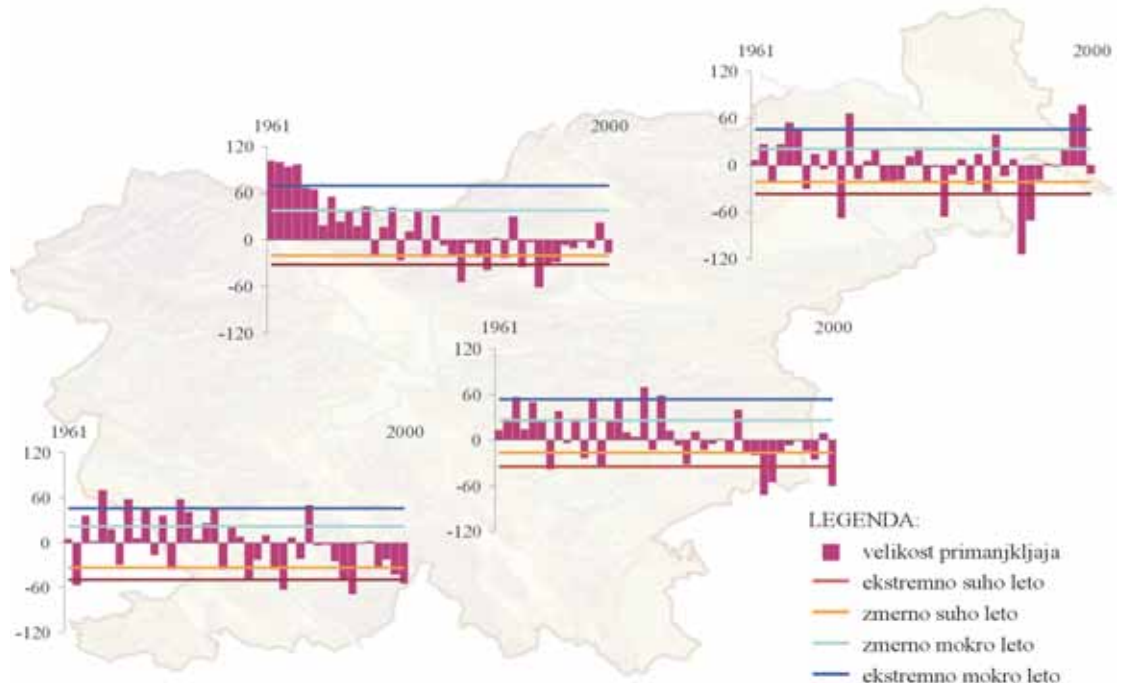
obdobja z zmernim in ekstremnim presežkom vode v tleh. Kasneje, leta 1983, 1986, 1990 in 1992 se je začel pojavljati visok ali ekstremno visok primanjkljaj. Leto 2003 je preseglo vse ekstreme.

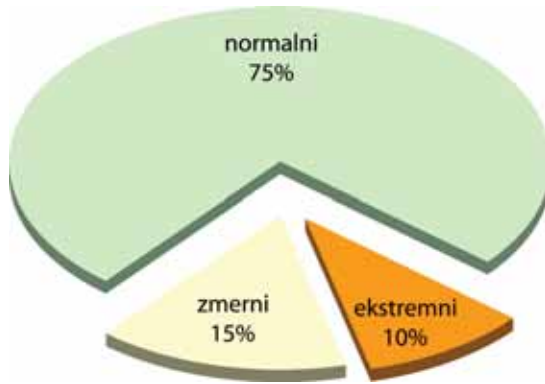
Porazdelitev dolžine trajanja primanjkljaja vode v tleh

Dolg primanjkljaj vode v vseh štirih regijah Slovenije se je pojavil v obravnavanih vegetacijskih obdobjih od 7 do 10 krat, ekstremno dolg pa 4 do 6 krat. Največkrat se je dolg in ekstremno dolg

primanjkljaj pojavil v JZ Sloveniji. Za boljšo oceno stanja pretekle variabilnosti primanjkljaja vode v tleh nam združeni podatki o dolžini in velikosti primanjkljaja omogočajo rangiranje zmernega in ekstremno dolgega ter zmernega in ekstremno velikega primanjkljaja. Leta 1992 je bila v vseh regijah, z izjemo JZ Slovenije, ekstremno velika kmetijska suša. V JZ Sloveniji pade v ta razred leto 1962, v osrednji Sloveniji pa se je ekstremna suša poleg leta 1992 pojavila še leta 1993. Leta z zmernim primanjkljajem se razlikujejo glede na regijo, kar kaže na dejstvo, da je bila suša v teh

Relativni primanjkljaj vode (v mm) v tleh po letih v regijah.





letih regionalno omejena.

Analiza trendov primanjkljaja vode v tleh

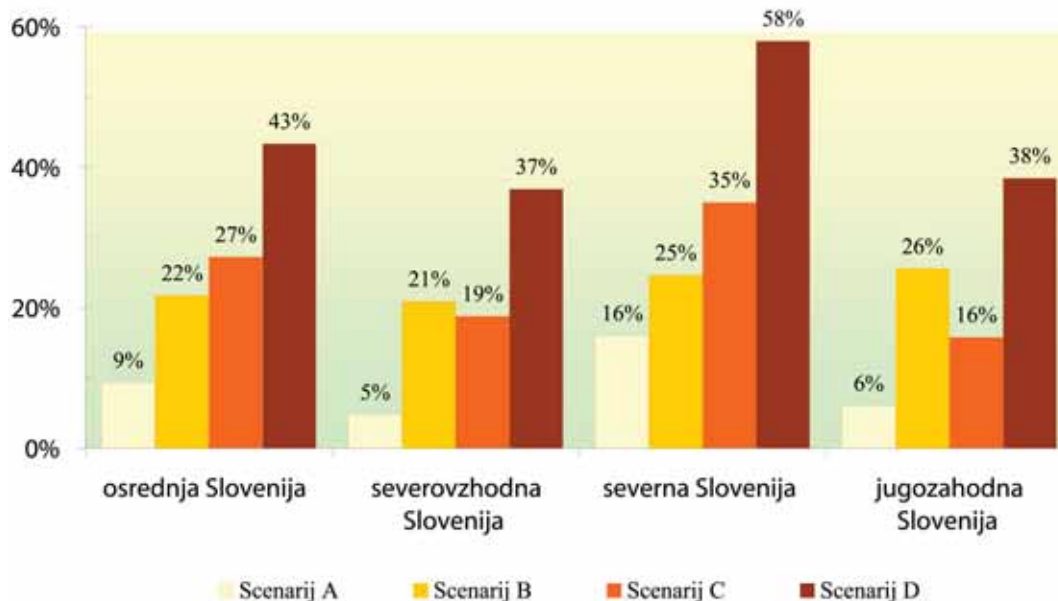
Z izračunom linearnega trenda smo analizirali spremembe velikosti primanjkljaja vode v tleh. Trend smo izrazili z absolutno in relativno spremembo primanjkljaja na 10 let v obdobju od

leta 1961 do 2000. Trendi primanjkljaja se med seboj razlikujejo, vendar je za vse regije značilen negativen predznak (primanjkljaj se povečuje). Najbolj se primanjkljaj vode povečuje v severni Sloveniji. Zabeležen trend je -19 % na 10 let. To pomeni, da se je na primer količina uporabne vode, ki jo imajo plitva tla za kmetijske rastline v vegetacijskem obdobju, od 460 m³ na hektar v desetih letih zmanjšala za 87 m³ in jo ostane le 373 m³ na hektar. Za to regijo je trend statistično značilen. Najmanj se primanjkljaj vode v tleh povečuje v SV Sloveniji (manj kot 2 % na 10 let). Ostale regije imajo negativne trende povprečno okoli -6 % na 10 let.

Metodologija ocene vpliva podnebnih sprememb na stanje primanjkljaja vode v tleh

Čeprav ne vemo natančno, kako bo podnebna sprememba vplivala na regionalne vodne vire, je jasno, da so vodni viri že danes, neodvisno od nje, zelo ranljivi. Vsak nadaljni stres zaradi podnebnih

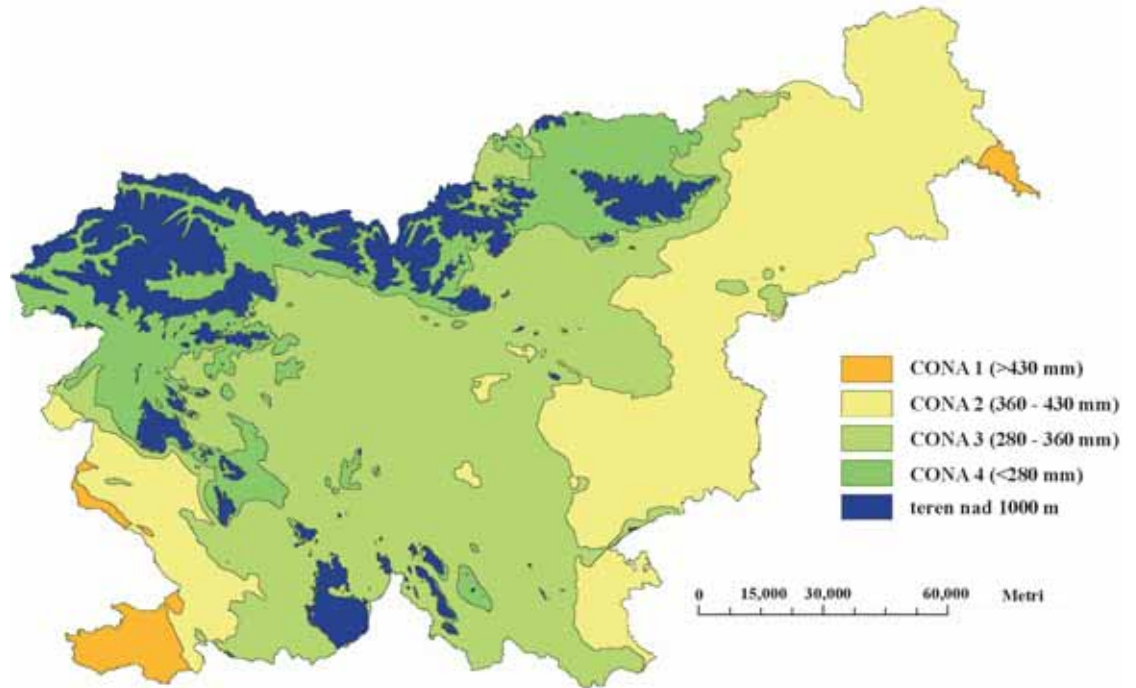
Odstotek let z zmernim in ekstremnim primanjkljajem vode v tleh za obdobje 1961 - 2000 v Sloveniji.



Legenda:
 scenarij A: dvig temperature za 1°C in nespremenjen padavinski režim
 scenarij B: dvig temperature za 3°C in nespremenjen padavinski režim
 scenarij C: dvig temperature za 1°C in 20 % manj padavin
 scenarij D: dvig temperature za 3°C in 20 % manj padavin.

Vpliv različnih scenarijev na povečanje ekstremnih primanjkljajev vode v tleh.

*Prostorski primanjkljaj vode
na kmetijskih tleh v Sloveniji
od marca do junija 2003.*



sprememb ali povečane variabilnosti bo povečal tekmovalnost različnih sektorjev pri porabi vode. Kratkoročno bodo direktni vplivi podnebnih sprememb na vodne vire skriti znotraj naravne podnebne variabilnosti. S toplejšim podnebjem lahko postanejo tako suše kot intenzivni nalivi pogostejši, hujši in dolgotrajnejši. Obstoječe podnebne scenarije smo razdelili v štiri skupine (A, B, C, D) in predvidevajo dvig povprečne temperature v Sloveniji za 1 ali 3°C in do 20 % manj padavin v naslednjih petdesetih letih. S temi vhodnimi podatki smo izračunali povečanje ekstremnega primanjkljaja vode v tleh v posamezni regiji. Ugotovili smo, da se bo po posameznem scenariju najbolj povečal ekstremni primanjkljaj vode v severni Sloveniji (po najhujšem scenariju za 58 %). V ostalih regijah se bo velikost ekstremnega primanjkljaja po scenariju D povečala za blizu 40 %.

Prav suša leta 2003 je nazorno pokazala, kakšne vplive podnebnih sprememb lahko pričakujemo v

primeru, če bo sprememba prisotna pri obeh segmentih, pogostnosti in trajanju.

VREMENSKI EKSTREMI IN RANLJIVOST SLOVENSKEGA KMETIJSTVA IN GOZDARSTVA

Ekstremni vremenski dogodki so nepredvidljivi

Ekstremni dogodki so sestavni del naravne variabilnosti podnebja in vremena, kot njegove vsakodnevne pojavne oblike. Že po definiciji so redki, zato se nanje težko prilagajamo, saj med dvema ponovitvama ene vrste ekstremnega dogodka lahko na nekem območju preteče veliko let. Napovedi in scenariji o pričakovanih podnebnih spremembah ne povedo veliko o pričakovanih značilnostih ekstremnih dogodkov. V strokovni javnosti je sprejeta teza, da se bo pogostost in intenziteta ekstremnih dogodkov v svetovnem merilu povečala; informacije o spremembah na regionalni in lokalni skali so za zdaj še preskromne. Sklepamo lahko, da se bodo pojavljali vsi do zdaj opaženi ekstremni dogodki tudi v prihodnje, verjetno pa se bomo soočali s povečano intenziteto in večjo frekvenco. Upoštevati moramo tudi morebitne sinergijske učinke različnih komponent podnebnega sistema in okolja. Čeprav je naša država relativno majhna, so razlike v velikosti in pogostosti ekstremnih vrednosti vremenskih spremenljivk v posameznih delih države opazne in pomembne.

Kmetijstvo in gozdarstvo bosta zaradi neposredne in tesne odvisnosti od vremena in podnebja med najbolj ranljivimi sektorji, ki jih ekstremni vremenski dogodki prizadenejo. Škodo na rastlinah povzročijo močne nevihte s točo, orkanskim vetrom in intenzivnimi nalivi, tako za gozdarstvo kot tudi za kmetijstvo sta škodljiva žled in obilno sneženje. Poplave, vključno z nanosi na travnike in polja, hidrološka suša ter požarna ogroženost naravnega okolja pogosto niso odvisne zgolj od vremenskih razmer, ampak tudi od stanja okolja in človekovih posegov v okolje.

Spomladanske pozebe zmanjšujejo kmetijsko pridelavo

Globalne podnebne spremembe bodo vplivale tudi na pogostnost in prostorsko porazdelitev mraza. Na temperaturne spremembe v pozno zimskem in zgodnje spomladanskem obdobju se že sedaj opazno odziva rastlinstvo. Spomladanske faze cvetenja nekaterih negojenih vrst rastlin se v povprečju pojavljajo zgodneje kot na začetku petdesetih let. Opazno je podaljšanje letnega ravnega obdobja. Posledično bodo podnebne spremembe vplivale tudi na pojav pozebe. To bo oviralo gojenje gospodarsko pomembnih sadnih vrst in poljščin na določenem območju. V svetu ocenjujejo, da ob obstoječi podnebni variabilnosti vsako leto od 5 do 15 % kmetijske proizvodnje uničijo pozebe. V mnogih evropskih državah ocenjujejo, da se bo število let z zmanjšanim pridelkom povečalo za več kot 100 %. Ekonomske in socialne posledice bodo nedvomno zelo velike.

Ogroženost slovenskega kmetijskega prostora zaradi pozebe

Posamezna območja slovenskega kmetijskega prostora so zaradi pozebe različno ogrožena. V pogostosti pozeb izstopajo širše kotlinske in ravninske lege. Pogostost pozeb je manjša na pobočnih in grebenschkih legah ter na legah, ki jim reliefna pogojenost omogoča dobro prevetrenost. Poškodbe na cvetnih brstih v različnih razvojnih fazah so odvisne od temperature in dolžine trajanja mraza. Temperatura nižja od -2°C povzroči zmerno, nižja od -3°C močno in nižja od -4°C hudo pozebo. Najbolj pogoste so zmerne pozebe, ki precej okrnejo pridelek, vendar so gospodarske škode zaradi lastnosti postopnega

Temperatura (°C)	Brnik	Slap	Godnje	Postojna	Sevno	Novo mesto	Bizeljsko	Celje	Sl. Konjice	.M.Sobota	V. Dolenca	Starše	G. Radgona	Maribor	Ljubljana	Bilje
-2	3	2	3	2	2	6	3	7	4	4	8	6	5	2	3	6
-3	1	0	2	3	0	3	1	4	0	8	0	2	1	0	1	2
-4	1	0	0	2	0	0	1	5	0	2	2	1	0	0	0	1
skupaj	5	2	5	7	2	9	5	16	4	14	10	9	6	2	4	9

Število spomladanskih pozeh v obdobju 1961 - 2000 glede na negativne temperature zraka -2, -3 in -4°C.

cvetenja obvladljive. Gospodarske škode z razsežnostmi naravnih nesreč so povzročile močne in hude pozebe. V bližnji preteklosti sta bili najhujši pozebi leta 1997, ki je prizadela celoten slovenski prostor, ter pozeba leta 2001, ki je prizadela večji del države. Prva je povzročila za 5.3 milijarde in druga za 3.5 milijarde tolarjev škode. Škoda po spomladanski pozebi 2003 je znašala blizu ene milijarde tolarjev. Analiza podatkov kaže, da se zmanjšuje pogostnost kritičnih minimalnih temperatur zraka, še posebno, če primerjamo obdobje 1991-2000 s predhodnim tridesetletnim obdobjem 1961 - 1990. Tudi minimalna temperatura se v povprečju povečuje, vendar so hkrati absolutne vrednosti minimalnih temperatur močno variabilne in nehomogene.

Časovna analiza pojavljanja zadnjega dne spomladi in prvega dne jeseni s temperaturo -2°C in dolžina obdobja med obema pragoma za obdobje 1961-2000, je pokazala spomladi negativno in jeseni pozitivno spremembo. V spomladanskem obdobju zadnji dan s temperaturo pod -2°C v povprečju nastopa 1 do 7 dni na 10 let bolj zgodaj, prvič jeseni pa je zabeležen 1 do 6 dni na 10 let kasneje, kot v začetku obravnavanega obdobja. Za 2 do 7 dni (v izjemnih primerih 11 dni) na 10 let je daljše tudi obdobje med obema dnevoma. Zadnji dan spomladi in prvi dan jeseni s temperaturo pod -2°C se pomikata proti zimski polovici leta. Sprememba je večja na ravninskih in v kotlinskih legah, ter na območjih z vplivom mesta, manjša pa na pobočnih in grebenskih legah ter na dobro prevetrenih legah. O podobnih rezultatih o

Zaščita cvetočih breskovich dreves pred pozebo z oroševanjem, Vipavska dolina, april 2003.
Foto: Ivan Kodrič

podaljšanju obdobja brez mraza z mejno vrednostjo 0°C poročajo tudi iz Kanade in Združenih držav.

Tveganje pri pozebi v spremenjenih podnebnih razmerah

Zaradi spremenjenih podnebnih razmer se bo tveganje za pozebo tudi v slovenskem kmetijskem prostoru povečalo. Ob upoštevanju temperaturnih scenarijev (A, B), bo cvetenje v povprečju 4 do 10 dni zgodnejše, če se bo povprečna temperatura dvignila za 1°C, in 6 do 14 dni zgodnejše, če se bo segrelo za 3°C. Izračuni kažejo najmanjše spremembe v času cvetenja na pobočnih, grebenskih in prevetrenih legah, ter na območjih z vplivom mesta. Ob 1°C višji povprečni temperaturi zraka se bo na teh legah za 5 % povečalo tveganje za pozebo. Na večini ravninskih in kotlinskih leg pa se bo tveganje povečalo za 10 do 20 %, v ekstremnih primerih celo za 30 %. To z drugimi besedami pomeni, da na lokacijah, kjer je ob obstoječi variabilnosti sadjar računal z 10 % tveganjem za pozebo (1 krat na 10 let), bo ob 10 % povečanju tveganja moral računati na pozebo vsakih 5 let. V bolj izpostavljenih legah statistična ocena kaže tudi na 3 kratno pozebo v desetih letih, v ekstremnih primerih pa vsako drugo leto. V kolikor bo segrevanje doseglo 3°C, se bo cvetenje v povprečju pomaknilo v obdobje še večje





pogostnosti kritičnih temperatur. Statistično tveganje za pozebo bo 20 do 30 % večje od tveganja sedaj.

To pomeni, da bodo sadjarji na takih legah morali računati na občutno pogostejšo pozebo. Pri vseh scenarijih bo tveganje največje na kotlinskih in ravninskih legah. Na teh območjih je pozeba že sedaj pogosta.

Ekstremne padavine

Na ozemlju Slovenije se stikajo in součinkujejo sredozemsko, alpsko oz. predalpsko in celinsko podnebje, kar je vzrok za raznolik padavinski režim in temu primerne padavinske maksimume. Ločimo nalive, ki trajajo od nekaj minut do nekaj ur, obilne dnevne ter večdnevne padavine. Ob ekstremnih nalivih voda običajno odteče po površju in pride do



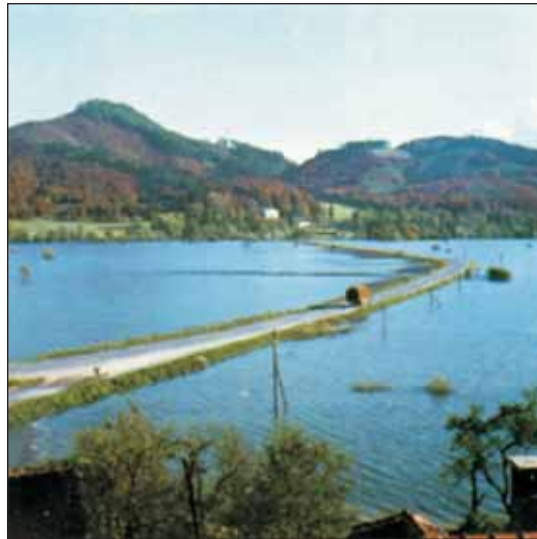
hudourniških poplav, posledice dnevnih in večdnevnih ekstremnih padavin pa so lahko poplave večjega obsega. Hudourniki in poplave so neposredna posledica obilnih padavin, ki pa povzročijo še celo vrsto drugih škodljivih pojavov: erozijo, zemeljske plazove in nanose materiala na polja in travnike. Nad 180 mm padavin v enem dnevu pade le v severozahodni Sloveniji, zato so ti dogodki zelo

Levo: Pozebli cvetovi breskve (Prunus persica), Goriška, marec 1998.

Foto: Ciril Zrnec

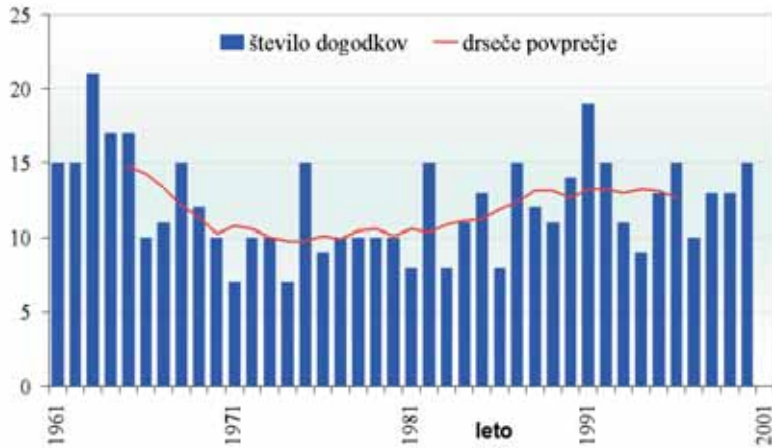
Desno: Poškodbe zaradi pozebe na orehu (Junglans regja).

Foto: Ciril Zrnec



Poplavljeno Planinsko polje.

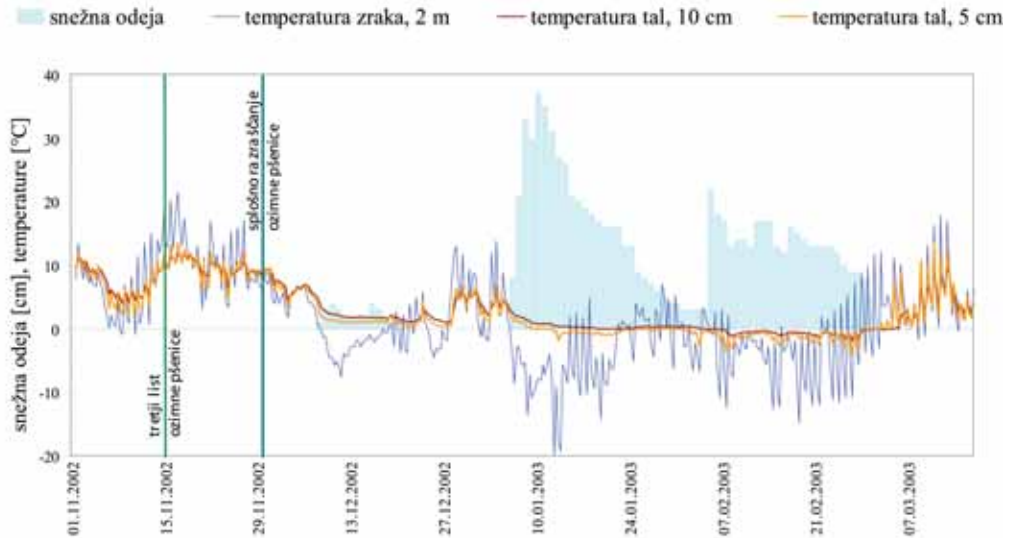
Foto: Janez Polajnar



Pogostost dogodkov, ko je bilo na katerikoli postaji v Sloveniji zabeleženo več kot 100 mm padavin na dan. Rdeča krivulja predstavlja 9-letno drseče povprečje.

redki, trenda ni zaznati. Dnevne padavine nad 150 mm lahko padejo na precej širšem območju Slovenije, trenda ne opazimo, je pa zelo očiten izrazit cikel z maksimumi v začetku 60-ih let ter na prehodu iz 80-ih v 90-ta leta in z minimumom v 70-ih letih. Več kot 100 mm dnevnih padavin pogosto izmerimo v severozahodni Sloveniji in zelo redko v severovzhodni Sloveniji, tudi za te dogodke pozitiven trend ni statistično značilen. Zelo izrazit je cikel z maksimumom v začetku 60-ih let, z

Ozimna pšenica je bila v vegetacijskem obdobju 2002/2003 pred nizkimi temperaturami zraka zaščitena s snežnim pokrovom (met. postaja Maribor).



minimumom v 70-ih letih in naslednjim maksimumom v začetku 90-ih let. Porast deleža obilnih padavin glede na vse padavine pomeni, da je izkoristek za vegetacijo manjši, večja je erozijska moč meteorne vode. Taka porazdelitev je za vegetacijo bistveno manj ugodna od pogostejših, vendar manj intenzivnih padavin. Razlike po Sloveniji so precejšnje predvsem v odvisnosti od izbranega praga obilnih padavin. Delež najbolj intenzivnih padavin po Sloveniji narašča ali stagnira, linearni trendi niso statistično značilni, po večini je prisotno ciklično spreminjanje.

Novozapadli sneg

Podnebne spremembe naj bi se odražale tudi na pogostosti dni z obilnim sneženjem po nižinah. Razlike na ozemlju Slovenije so velike, saj se tudi število dni s sneženjem in količina padavin močno razlikujeta med pokrajinami. Večinoma je bolj ali manj prisoten trend upadanja, cikli so močno poudarjeni, predvsem minimum ob koncu osemdesetih in v začetku devetdesetih let. Veliko postaj ima izražen minimum tudi v sedemdesetih letih. Vrh v začetku osemdesetih let opazimo povsod.

Veter

Vrjetnost za pojavljanje močnih neurij je bolj ali manj enaka za vso Slovenijo. Za neurja in kratkotrajne nalive je značilna izjemna intenzivnost, ki se razvije v zelo kratkem času, tudi traja zelo kratek čas in je običajno omejena na majhno območje. Maksimalne hitrosti sunkov vetra ob burji so primerljive s sunki vetra ob severnem fenu ali pa ob orkanskem južnem vetru, vendar je močna burja pogost pojav, ki se mu del trajne vegetacije prilagaja. Pogosto je na drevesih opazna značilna deformacija zaradi prevladujoče smeri močnega vetra. Čeprav je sunkovita, zanjo niso značilni taki vrtinci, kot nastajajo ob orkanskem južnem ali severnem vetru, ki sta bistveno bolj redka kot burja. Sposobnost vetroloma pripisujemo predvsem severnemu fenu in orkansemu južnemu vetru. Vetrolom lahko povzročijo tudi sunki vetra ob nevihtah, pojavijo se lahko kjer koli v Sloveniji, po zajetem območju in trajanju so zelo omejeni, kar velja tudi za obliko vrtinčastega vetra ob nevihti.

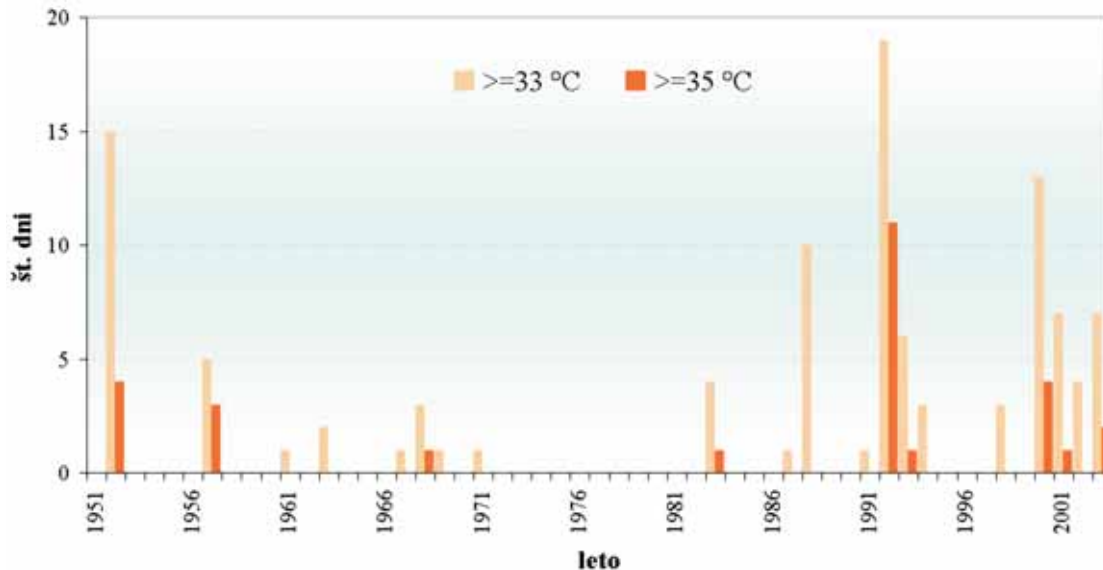


Ekstremna temperatura zraka

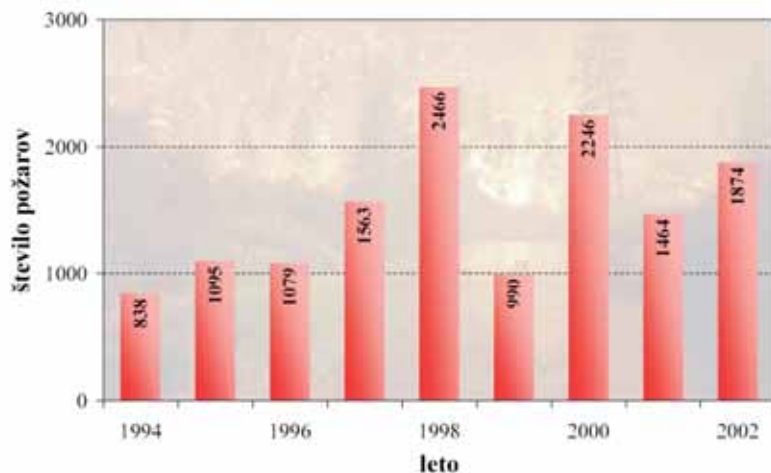
V zadnjih letih se prvi vročinski val pojavi že ob koncu koledarske pomladi. Temperatura nad 33 in 35 °C je pri nas redkost, od začetka devetdesetih opažamo porast števila ekstremno vročih dni. V

*Posledice vetroloma,
november 2002.*

Foto: Janko Merše



*Število dni s temperaturo
nad 33 in 35 °C v Murski
Soboti (1951 - 2003).*



Število požarov v zadnjih devetih letih.
Vir: URSZR

sedemdesetih letih so bili tako vroči dnevi zelo redki. Razlike med posameznimi leti so velike.

Odloženo plavje in naplavine na travniku v Zgornjesavski dolini, 29.-31. avgust 2003.

Foto: Marko Burger



Požari v naravnem okolju

Požarna ogroženost naravnega okolja je deloma odvisna od podnebnih razmer na določenem območju, prevladujeta pa vpliva trenutnega vremena in razvojne stopnje rastlinstva. Največja požarna ogroženost naravnega okolja je pozno pozimi in zgodaj spomladi (februar in marec), ko v naravi še vedno prevladuje suho, odmrlo rastlinstvo, ki je najbolj vnetljivo. Vzrok za izbruh požara v naravi je največkrat posledica človekovega ravnanja.

Ob nadaljnjih spremembah podnebja se bo število požarov nekoliko povečalo, še verjetnejše pa bo povečanje zajete površine. Poleti bo zaradi pojavljanja močnih neviht med vzroki za nastanek požarov, večkrat kot doslej, strela. Požari se bodo zato pojavljali tudi v neobljudenih, običajno hribovitih delih Slovenije, kjer se bodo zaradi večjega naklona pobočja hitreje širili, zaradi težke

dostopnosti in pomanjkanja vode pa bo gašenje zelo težko. Vršni požar bo ob prehodnih padavinah lahko prešel v podtalni požar, iz katerega bo čez čas ob ugodnih vremenskih razmerah spet prešel v vršni požar.

Poplave

Poleg naravnih sprememb v režimih voda vplivajo na režime tudi spremembe, ki jih s svojimi posegi v okolje povzroči človek. Ekstremnim vremenskim pojavom, povezanimi s padavinami, običajno sledijo ekstremne hidrološke razmere, ki jih najbolj občutimo kot dolgotrajne suše ali poplave večjih razsežnosti. Hidrološka suša običajno sledi kmetijski suši. Zaradi dolgotrajnega pomanjkanja padavin presahnejo prenekateri vodotoki, gladine podzemnih voda pa se močno znižajo zaradi prekinjenega napajanja. V nasprotju s sušami so poplave v Sloveniji zaradi njenih hidrografskih značilnosti omejene na krajši čas. Preplavitev običajno traja le nekaj dni, razen območij s pogostimi poplavami na območju krasa in ob rekah z manjšim strmcem, kot sta Krka in Mura. Slednjim se kmetijstvo zaradi pogostosti in splošnega poznavanja teh značilnosti lažje prilagaja. Trendi visokih voda kažejo, da se veliki pretoki rek na območju vzhodne in zahodne Slovenije povečujejo, medtem ko na ostalem območju stagnirajo, ali celo nekoliko upadajo. Pričakovan pa je pogostejši nastop in večanje jesenskih visokih voda. Prav tako se v zadnjem obdobju večkrat pojavljajo lokalne poplave, ki jih povzročajo predvsem hudourniki in manjše reke z veliko erozijsko sposobnostjo. Kameninski material, ki ga reke odlagajo na obdelovalne površine, zmanjšuje možnosti strojne obdelave kmetijskih površin.

PRILAGAJANJE PODNEBNIM SPREMEMBAM IN NOVE STRATEGIJE V AGROMETEOROLOGIJI

Agrometeorološko spremljanje in analiziranje stanja vremena s stališča vodne bilance ima v Sloveniji dolgo tradicijo. Utečene tirnice pa so lahko tudi nevarne, privedejo lahko do občutka, da prizadevanja za izboljšave in nadaljnji razvoj niso nujno potrebna. Predstavljamo nekaj področij, za katera menimo, da so pri razvoju stroke med najpomembnejšimi. Produkte s teh področij bomo razvijali (oziroma bi si jih želeli razvijati) v prihodnjih letih.

Podpora meteorologije pri upravljanju z vodo

Najboljši nasvet upravljalcem vodnih virov glede podnebnih sprememb je, da začno pripravljati strategijo in izgrajevati fleksibilen in varčen sistem upravljanja z njimi. Fleksibilnost omogoča zavarovanje in hitro reakcijo v spreminjajočih se razmerah, varčen sistem pa pripravljenost ljudi na

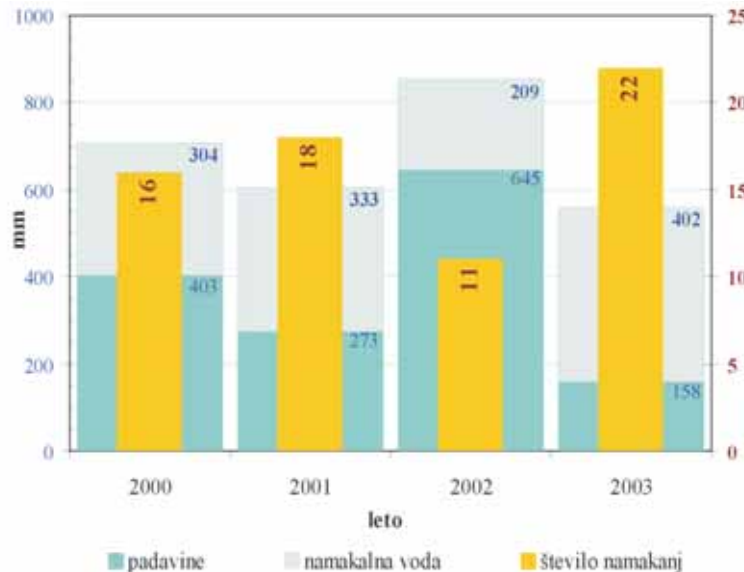
take razmere, ki ne pomenijo, da imamo vode v izobilju. S planiranjem in upravljanjem vodnih sistemov bodo bolj pripravljeni na vplive podnebnih sprememb ne glede na njihov obseg, in obenem bolje opremljeni za posledice podnebne variabilnosti, ki jih občutimo že danes.

Na področju redne oskrbe kmetijskih rastlin z vodo bo ob predvidenih spremembah potrebno delovati predvsem v naslednjih smereh:

- priprava preventivnih ukrepov (t.j. monitoring kmetijske suše z indikatorji)
- priprava ukrepov upravljanja s sušnimi razmerami (interdisciplinarni pristop)
- izvajanje sprotih analiz vpliva podnebnih sprememb na Slovenijo (nove MSC tehnike, regionalne analize)

Kako obvladati sušne razmere v kmetijstvu?
V praksi so bili preizkušeni številni pristopi za

Potrebne optimalne količine vode za namakanje in število namakanj paradižnika v rastni dobi med 1. majem in 15. septembrom na Primorskem (aplikacija domačega simulacijskega modela IRRFIB).



prilagajanja bolj sušnim razmeram in spremembi oskrbe rastlin z vodo s tehnološkimi ukrepi in s spremembo načina kmetovanja. Ocene kažejo, da bo potrebna:

- sprememba setvene strukture in proizvodna usmeritev na kmetijah ter tehnologije pridelave,
- sprememba kolobarja, za kar so nujni sortnoekološki poskusi in uvajanje na sušo odpornih vrst in sort,
- izboljšanje stanja tal ob sušnih razmerah s povečevanjem humusa v tleh,
- gradnja namakalnih sistemov tam, kjer bo to ekonomsko upravičeno in ekološko sprejemljivo,
- vodeno namakanje s kontrolo količine namakanja z namakalnimi modeli, z upoštevanjem vremenskih razmer in vremenske prognoze ter s kontrolo naravno usklajene pridelave kmetijskih rastlin na namakanih površinah,
- in ne nazadnje zavarovanje kmetijske pridelave ob ekstremnih razmerah (razjasniti vprašanja vzajemnega zavarovanja in dodelave metodologije za oceno kmetijskih suš ter zavarovanj tveganj v kmetijstvu).

Kako se prilagoditi ekstremnim vremenskim dogodkom?

Ekstremnih vremenskih dogodkov ne moremo preprečiti, lahko pa se s kmetijsko pridelavo nanje pripravimo na različne načine: izbiramo vrste in dejavnosti, ki so manj ranljive, izbiramo območja, ki so manj izpostavljena, poskušamo z drugimi sredstvi preprečiti povzročanje škode. Fizični zaščitni ukrepi so v veliko pomoč pri ogroženosti s poplavami (na primer: nasipi, poplavna območja, drenažni sistemi, primerno vzdrževanje strug rek potokov in hudournikov), sušo lahko omilijo zajetja vode in namakalni sistemi, proti toči lahko nekatere pridelke varujejo mreže. Spomladanske ohladitve s temperaturami pod kritičnimi vrednostmi, ki povzročijo pozebo že ob obstoječi vremenski variabilnosti, predstavljajo pomemben omejevalni element slovenskega kmetijskega prostora.

Ranljivost na pozebo se bo v ekstremnih primerih tako povečala, da nekatera območja ne bodo več primerna za ekonomsko upravičeno pridelavo določenih sadnih rastlin. Posledično bo to vplivalo na socialno ekonomski razvoj, še posebno na pridelovalno pomembnejših območjih, kjer sadjarska pridelava predstavlja pomembno vejo kmetijske pridelave in gospodarstva na sploh. Želja po ohranjanju kmetijske pridelave bo zahtevala visoko stopnjo prilagajanja. To bo zajelo ukrepe na več ravneh, pri čemer bo ekonomska upravičenost pridelave pomembno merilo prilagajanja. Bolj kot sedaj bo pomembna odločitev med spremembo proizvodne usmeritve in organizacijo zaščite obstoječe proizvodne usmeritve. Vse večji pomen bo imela pasivna zaščita pred pozebo. Elementi pasivne zaščite bodo morali biti vključeni v celoletno tehnologijo, ki bo zagotavljala dobro stanje in posredno tudi dobro odpornost kmetijskih rastlin. Pomembno vlogo bo imela tudi aktivna zaščita. Metoda z oroševanjem cvetočih sadnih rastlin je na splošno učinkovita, vendar izkušnje iz preteklih let kažejo na določene pomanjkljivosti na strani tehnologije in upravljanja z njo. Aktivna zaščita zahteva ustrezen vodni vir. Po zadnjem statističnem popisu sadovnjakov je v Sloveniji le 259 ha sadovnjakov z možnostjo protipozebne zaščite z oroševanjem. Za proučitev prostorske porazdelitve minimalne temperature zraka in ogroženosti zaradi pozebe v reliefno razgibanem slovenskem kmetijskem prostoru bo ključnega pomena dovolj gosta mreža meteoroloških in fenoloških postaj na reprezentativnih legah. Ocena ogroženosti zaradi pozebe kmetijsko pomembnejših rastlin bo podlaga za odločanje o upravičenosti zavarovanja pridelka, ki bo postalo pomemben del prilagoditvene strategije v spremenjenih podnebnih razmerah.

Elementi pasivne zaščite naj bi bili vključeni v celoletno tehnologijo, ki bo zagotavljala dobro stanje in posredno tudi dobro odpornost kmetijskih rastlin. Odločitve za ukrepe so seveda težke, še posebej, ker ne moremo podati jasnih in natančnih odgovorov na ključna vprašanja, kot so spremembe v intenziteti in obsegu ter pogostosti

pojava ekstremnih vremenskih dogodkov. Posledice ukrepov bodo večplastne, tako sociološke, kot tudi ekonomske. Ne smemo spregledati tudi psihološkega vidika posledic za kmetovalce, ki jih bodo ekstremni vremenski dogodki ogrozili in silili v spremembe. Med seboj se bodo morali prepletati kratkoročni, srednjeročni in dolgoročni ukrepi. Prilagajanje spremenjenim podnebnim razmeram naj se začne z optimalnim prilagajanjem na obstoječo podnebno spremenljivost in pojavljanje ekstremnih dogodkov. Nesporni so vsi tisti ukrepi, ki zmanjšujejo ranljivost na že prisotne vremenske ekstreme. Kratkoročni ukrepi temeljijo na izboljšanju predvidljivosti vremenskih ekstremov v vremenskih napovedih v časovni skali od nekaj ur do nekaj dni.

V veliko pomoč bo dober informacijski sistem, ki bo omogočal, da bomo pravočasno opozorjeni na morebiten pojav ekstremnega vremenskega dogodka. Za zdaj je to možno le za dogodke, ki so povezani z razmerami v ozračju v regionalni skali, vendar bo hiter razvoj numeričnih modelov in superračunalnikov kmalu omogočil tudi večjo prostorsko ločljivost in s tem upoštevanje pojavov manjših razsežnosti. Veliko pričakujemo v naslednjih letih od razvoja srednjeročnih in dolgoročnih napovedi vremena.

Naslednja možnost, ki se zdi za naše območje sicer časovno bolj oddaljena, so sezonske podnebne napovedi. Ker globalne napovedi podnebnih sprememb še vedno vsebujejo veliko mero negotovosti, posebej, ko jih želimo uporabiti na našem ozemlju, bo potrebno v naslednjih letih pazljivo spremljati podnebno dogajanje na našem ozemlju in pri tem upoštevati, da se vse pokrajine ne odzivajo enako.

Posodobitev informacijskega sistema

Agrometeorološke informacije, tudi če so pridobljene po najsodobnejši metodologiji, nimajo velike vrednosti, če niso ustrezno podane, ovrednotene in posredovane vsem zainteresiranim uporabnikom. Posodabljanje komunikacijskih kanalov in uvedba drugačnih načinov

posredovanja informacij, ki ga omogočajo sodobne informacijske tehnologije, bi moralo priti na vrsto pred razvojem novih produktov. Zavedamo se, da je komunikacija ena od šibkih točk v naši agrometeorološki službi.

S primernimi predstavitvami agrometeoroloških produktov bi pri nas lahko rešili kar nekaj težav: ugotavljanje stopnje prizadetosti po področjih in njihovo združevanje v cone bi bilo na voljo sproti in se ne bi izdelovalo (običajno v naglici) po posredovani zahtevi; s pomočjo informacijske tehnologije bi lahko k monitoringu prispevali vsi, ki posedujejo ustrezno znanje in podatke. Tako bi dobili neke vrste "konsenzualni produkt"; z uporabo primernih tehnologij (najprimernejši je svetovni splet) bi zagotovili primerno dostopnost najširšemu krogu uporabnikov.

Preučevanje vzorcev vremenskih stanj nad večjim, kontinentalnim območjem

Preučevanje stanja vremena nad velikim področjem kontinentalnih razsežnosti (uveljavljen meteorološki izraz je sinoptično stanje) ni nov pristop k analizi vremena; povezano je namreč z rojstvom sodobne meteorološke znanosti v XIX. stoletju. Takrat so izboljšane komunikacije omogočile intenzivnejšo izmenjavo meteoroloških podatkov med evropskimi mesti, v katerih so opravljali meritve. Pri vnosu teh podatkov na karto so se pojavili obrisi prepoznavnih vremenskih sistemov - ciklonov, anticiklonov in front. Takšne karte se tudi danes dnevno pojavljajo v medijih.

Novost je v tem, da imamo zdaj (po zaslugi ponovnih analiz vremena, opravljenih s pomočjo sodobnih računalniških metod in historičnih podatkov) možnost preučevati sinoptična vremenska stanja s pomočjo računalniškega arhiva za skoraj 50-letno preteklo obdobje. Razpolagamo torej z dolgim časovnim nizom s kvalitativnimi in (dokaj) homogenimi informacijami o preteklem vremenu. In kje vidimo največjo potencialno uporabnost?

V izboljšavi metod za analizo preteklega vremena. Vse metode za analizo vremena na tak ali drugačen

način "prevajajo" informacije iz točk, kjer razpolagamo z meritvami, na točke, kjer meritev ni. "Pravila" za takšno prevajanje so lahko prirejena za posamezne (tipizirane) sinoptične situacije vremena. Namesto analize s pomočjo podatkov iz najbližje meteorološke postaje (ki je lahko tudi precej oddaljena), lahko svoje podatke povežemo s tipom vremena nad celotnim kontinentom. S tem postanemo manj odvisni od podatkov iz posameznih lokacij, ki so lahko tudi manj reprezentativne za obravnavan problem; Razumevanje dinamike sinoptičnih motenj v spremenjenih globalnih podnebni razmerah bo omogočilo izris zanesljivejše slike o podnebjju v Sloveniji v prihodnosti. Ni namreč vprašanje, ali se bo v prihodnjih desetletjih povprečna temperatura površja zemlje povečala - gotovo se bo - vprašanje je, kako se bodo sinoptični vremenski sistemi na to spremembo odzvali. Kakšnih situacij bo več in kdaj?

Uporaba podatkov, pridobljenih z daljinskim zaznavanjem

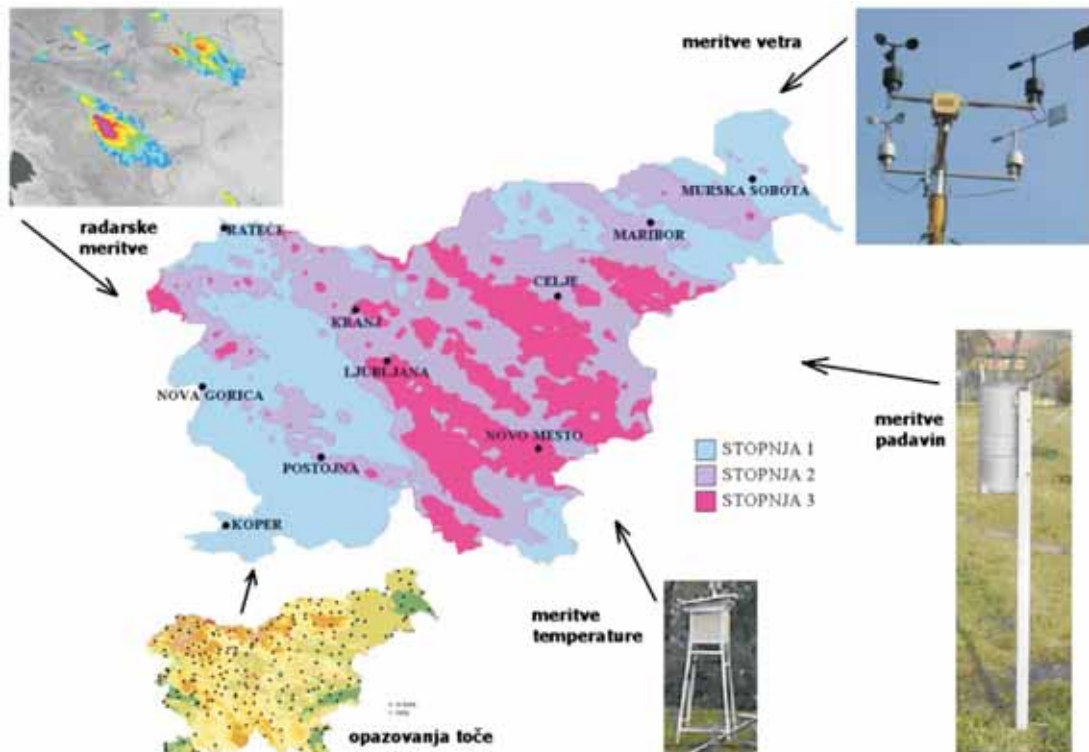
Sistemi za daljinsko zaznavanje so že dolgo uveljavljeni v vsakdanji meteorološki praksi. Vsakdo pozna satelitske slike, ki spremljajo napovedi vremena na televiziji. Mnogi so seznanjeni tudi z možnostjo sledenja padavinskim sistemom, ki ga omogoča meteorološki radar.

Tudi v tem primeru je novost v pristopu, v načinu uporabe podatkov. Podatki s satelitov in radarjev prehajajo (ob vsem zavedanju njihove pomanjkljivosti) v kvantitativno uporabo pri prostorskih analizah.

Eden od primerov je analiza posledic neurja s točo, ki je maja 2001 zajelo Slovenijo.

Ključ uspeha je v primerni sintezi podatkov.

Uporaba podatkov iz točkovne merilne mreže se običajno izkaže za nezadostno zaradi premajhne prostorske gostote. Po drugi strani pa so zgolj



Shematični prikaz virov pri izdelavi karte območij škode zaradi toče.

Vir: Agencija RS za okolje



Satelitski posnetek (SGEOS) požara na Atosu v Grčiji.
Vir: Joint Research Centre, ISPRa, Satellite remote sensing, EUR 15333 EN 1993

izmerjene radarske odbojnosti premalo natančne, da bi le z njihovo pomočjo in brez dodatnih informacij (močni sunki vetra, hitri padci temperature...) določili področja, ki jih je neurje zajelo. Analiza posledic neurja z leta 2001 je vzorec, ki bi ga kazalo posnemati.

Nekaj podobnega velja tudi za meteorološke satelite, katerih produkte trenutno uporabljajo na Agenciji RS za okolje za potrebe analize vremena. Ti produkti niso primerni za neposredno uporabo v meteoroloških aplikacijah, ki zadevajo samo površje Zemlje. Zaradi relativno majhnega števila kanalov je iz teh satelitskih slik mogoče nedvoumno določiti samo najvišjo oblačno plast v atmosferi (kar je pri analizi npr. ekstremnih padavinskih situacij zelo pomembno). Težave so že pri razločevanju med jasnimi področji in področji, ki so pokrita z nizko oblačnostjo.

Evropska medvladna organizacija EUMETSAT, ki upravlja z evropskimi meteorološkimi sateliti, pa je v letu 2002 utirila prvi meteorološki satelit druge generacije, t.i. MSG. Slovenija si je leta 2003 pridobila status sodelujoče države v tej organizaciji in ima tako dostop do vseh produktov, (tudi) MSG v realnem času. V okviru projekta MSG so predvideni tudi satelitski aplikativni produkti, t.i. SAF-i. To so produkti, ki s pomočjo množice

kanalov in z najsodobnejšimi metodami omogočajo tudi kvantitativen vpogled v dogajanja v atmosferi (količina oblačnosti, sevalna bilanca) in pri tleh (temperatura površja, vlažnost tal in pokritost s snežno odejo, tip vegetacije). V slučaju suše v letu 2007 (ko se pričakuje, da bo sistem popolnoma operativen) bi teoretično lahko izdelali analizo vodne bilance pretežno s pomočjo ustreznih SAF-ov. V praksi pa bo verjetno razumneje uporabiti podoben postopek kot pri analizi posledic neurja. Slaba stran podatkov MSG je tudi relativno slaba prostorska ločljivost (10 - 15km), ki se ne more primerjati z ločljivostjo npr. satelitov LANDSAT, ki je okoli 30 m. Takšnih podrobnosti s pomočjo evropskih meteoroloških satelitov žal ni mogoče zaznati. Potencialno uporabno vrednost za agrometeorološke analize imajo torej tudi drugi satelitski sistemi.

Ozaveščanje in izobraževanje

Prihodnost in prilagajanje variabilnosti in spremembam podnebja je v veliki meri odvisno tudi od ozaveščanja državljanov, ki spoznavajo vlogo meteorologije v takih razmerah. Pomembna je večja ozaveščenost uporabnikov v kmetijstvu, ki je poleg drugih gospodarskih dejavnosti tudi med viri emisij toplogrednih plinov.

Zelo pomembna so dolgoročna planiranja kmetijske pridelave, ki vključujejo analize podnebnih tveganj in vplive podnebnih sprememb in variabilnosti:

- metodološka priporočila kmetijske prakse z upoštevanjem vremenskih in podnebnih podatkov (podnebno coniranje, mikroklima, ekološka in integrirana kmetijska pridelava),
- operativne odločitve (vođenje namakanja, obvladovanje rastlinskih bolezni in škodljivcev, napoved pridelka, kmetijska praksa,...).

Zelo pomembno je, da se ljudje, ki sprejemajo odločitve v kmetijstvu in tudi v drugih gospodarskih panogah, seznanijo s problematiko spreminjanja podnebja. Le na ta način bomo lahko sprejemali učinkovite ukrepe za preprečevanje oz. blažitev posledic podnebnih sprememb.

ZAKLJUČEK

- Podnebnim spremembam se najverjetneje ne moremo izogniti.
- Pravočasne prilagoditve so bolj učinkovite in cenejše kot prilagajanje v zadnjem trenutku.
- Podnebne spremembe bodo morda potekale hitreje in bodo bolj izrazite, kot kažejo trenutne ocene.
- Z boljšimi prilagoditvami na že obstoječo podnebno spremenljivost in ekstremne vremenske dogodke lahko dosežemo takojšnje koristi.
- Neposredne prednosti ob takojšnjem prilagajanju prinaša tudi zamenjava starih neustreznih ukrepov politike in prakse z novimi, ki omogočajo boljše prilagajanje na podnebne spremembe.
- Če se pravočasno prilagodimo, lahko podnebne spremembe prinašajo tudi nove možnosti in ne le nevarnost.