

**ZAKLJUČNO POROČILO**  
**O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA**  
**NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA**  
**PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«**

**I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta**

1. Naziv težišča v okviru CRP:

POVEZOVANJE UKREPOV ZA DOSEGANJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA  
Trajnostno kmetijstvo, gozdarstvo in varna hrana

2. Šifra projekta:

V4-0358

3. Naslov projekta:

Agrometeorološki scenariji bodočega podnebja v Sloveniji kot podlaga prilagoditvam in blaženju podnebnih sprememb

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Agrometeorološki scenariji bodočega podnebja v Sloveniji kot podlaga prilagoditvam in blaženju podnebnih sprememb

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Climate change scenarios for Slovenia as the basis for adaptation and mitigation

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

podnebne spremembe, scenariji, kmetijstvo, prilagajanje

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

climate change, scenarios, agriculture, adaptation

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Univerza v Ljubljani (Biotehniška fakulteta)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

6. Sofinancer/sofinancerji:

MKGP

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

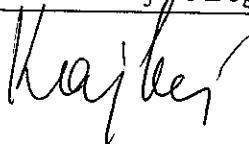
9593

Lučka Kajfež-Bogataj

Datum: 15.4.2008

Podpis vodje projekta:

prof. dr. Lučka Kajfež-Bogataj



Podpis in žig izvajalca:



prof. dr. Andreja Kocijančič, *rektorica*

Po pooblastilu:  
prof. dr. Janez Hribar  
dekan



## II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

### 1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti  
 b) delno  
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da  
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

## 2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela<sup>1</sup>:

V nalogi smo se ukvarjali zlasti z vplivom podnebnih sprememb na agrometeorološke kazalce, ki so nujna podlaga za strategije blaženja podnebnih sprememb in prilagajanja. Ocenili smo vrednosti različnih agrometeoroloških spremenljivk v bodočnosti, v različnih časovnih horizontih (leto 2020, 2050, 2080), ki so tesno povezane z strateškim načrtovanjem bodoče rastlinske in živalske pridelave in izvajanjem agrotehničnih ukrepov.

Obravnavali smo spremembe povprečne, minimalne in maksimalne temperature zraka, števila hladnih, toplih in vročih dni, akumulirane temperaturne vsote (efektivne in aktivne), spremenjen nastop pomladnih in jesenskih temperaturnih pragov, spremenjen fenološki razvoj negojenih in gojenih rastlin, spremenjeno tveganje zaradi pomladanske pozebe, ocena povečane evapotranspiracije in razni kombinirani indeksi sušnosti ter nove vrednosti klimatskih indeksov za vinogradništvo.

Za bazno obdobje smo uporabili tridesetletje 1961-1990 in s tedanjimi razmerami najprej primerjali stanje v obdobju 1991-2007 ter tako ponazorili spremembe, ki se že dogajajo. Nato pa smo analizirali situacije za šest različnih scenarijev, z dvigom temperature za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C. Glede na to, da so bile razlike letnih povprečnih temperatur zraka v obdobju 1991-2007 glede na 1961-1990 od 0,7 do 1,4 °C, so izbrana povišanja temperature povsem primerna.

Agro-klimatske spremenljivke so se v obdobju 1991-2007 glede na obdobje 1961-1990 v večini že zaznavno spremenile, kar postaja bistvenega pomena za kmetijstvo.

Povprečne dnevne temperature zraka so se že izrazito povečale (v povprečju za 0,7 do 1,4 °C), nekoliko bolj in po postajah bolj raznoliko so se povečale povprečne minimalne temperature zraka ter še malenkost več povprečne maksimalne temperature zraka. Pri potencialni evapotranspiraciji zasledimo med letoma 1971 in 2006 izrazito naraščajoče trende - od 5 pa do skoraj 30 odstotkov na 10 let.

Število vročih in toplih dni se povečuje, število hladnih dni pa zmanjšuje, kar ima pomemben vpliv na fenološki razvoj rastlin. Večinoma se je bolj povečalo število toplih dni - za do 24 dni (Bizeljsko), število vročih dni pa za do 18 (Slap). Po različnih scenarijih pomeni dvig temperature zraka v povprečju za 0,5 °C povečanje števila toplih dni za 6 do 8 in povečanje števila vročih dni za 3 do 5 dni. Pri hladnih dneh prinese povečanje temperature za 0,5 °C v splošnem zmanjšanje števila le-teh za 3 do 5 dni.

Po Winklerjevem indeksu za obdobje 1961-1990 se skoraj celotna Slovenija uvršča v 1. cono, v 5. cono se uvrščajo le najbolj zahodne lokacije. S povečevanjem temperature zraka se višje cone širijo v notranjost države. Pri povečanju temperature za 3 °C bi Slovenija že praktično v celoti (z izjemo gorskega sveta) spadala v 5. cono.

<sup>1</sup> Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

V obdobju 1991-2007 je glede na referenčno obdobje 1961-1990 Huglinov indeks že višji za približno 200 do 250 °C. Ob dodatnem segrevanju pričakujemo celo uvrstitev Slovenije dva razreda višje.

Po Kernerjevem indeksu se v obdobju 1961-1990 Slovenija večinoma uvršča v zmerno kontinentalni pas. Povprečne vrednosti indeksa se v obdobju 1991-2007 ne razlikujejo bistveno od tistih v obdobju 1961-1990.

Pri obravnavanju pozebe so spremembe vezane na minimalno temperaturo, saj so od nje odvisne poškodbe na cvetnih brstih v različnih razvojnih fazah. Verjetnost za pojavljanje minimalne temperature, nižje od 0 °C, se večinoma niža. Pas večjega trenda premikanja zaporednega dne, ko se še pojavi negativna minimalna temperatura, po koledarskem letu nazaj, poteka nekako od jugozahoda do severovzhoda Slovenije. Največji trend je -6 dni / 10 let. V 40-ih letih prinesejo taki trendi že zelo očitne spremembe.

Pri primerjavi izračunov za obdobji 1961-1990 in 1991-2007 zaporednega (julijanskega) dne v letu, ko nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, so razlike tedenske ali še večje, z nadaljnjim segrevanjem pa lahko pričakujemo tudi do 20 ali več dni hitrejši nastop cvetenja domače češplje. Razvidno je, da lahko predvsem na zahodu pa tudi v osrednji Sloveniji pričakujemo ob dodatnem segrevanju velike spremembe tudi tam, kjer do sedaj niso bile preveč očitne.

Verjetnost za pozebo smo določili na osnovi pojavnosti minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C, po nastopu fenofaze cvetenja domače češplje. Višje povprečne temperature pomenijo zgodnejše cvetenje, ko je verjetnost, da se minimalna temperatura spusti pod 0 °C, večja. Pri različnih dvigih povprečne temperature opazimo, da je verjetnost pozebe večinoma zelo variabilna, lahko se celo poveča.

Po izračunih za obdobje 1955-2005 se približno polovica spomladanskih in poletnih fenofaz pojavlja zadnja leta bolj zgodaj (1 do 3 dni na dekada) kot na začetku obravnavanega obdobja, pri ostali polovici trenda ni, jesenske fenofaze rumenjenja listja pa nastopijo 2 do 3 dni na dekada kasneje. Tako povečanje povprečne temperature zraka februar-april za 1 °C pomeni približno štiri dni zgodnejši začetek rastne sezone. Spremembe v zgodnosti oz. poznosti posameznih fenofaz imajo izredno pomemben vpliv na bodočo kmetijsko proizvodnjo.

Pri padavinah so v obdobju 1971-2006 opaženi trendi pozimi drugačni od prejšnjih napovedi, po katerih naj bi bili pozitivni, a so v večini Slovenije močno negativni. Tudi spomladi in poleti so trendi negativni. Pri jesenskih padavinah pa se kažejo pozitivni trendi.

Poleti se vodni primanjkljaj povečuje, junija in avgusta nekoliko manj kot julija, ko imamo v Goriški in Obalno-kraški regiji trend do 30 mm na 10 let, prav tako tudi na skrajnem severovzhodu. Tako v večini osrednje Slovenije kot tudi na Gorenjskem in Koroškem ostaja vodna bilanca skozi obdobje 1971-2006 bolj ali manj nespremenjena. Dnevne padavine nad 40 mm so v obdobju 1991-2006 (glede na izračune za lokacije Rateče, Bilje, Murska Sobota) najbolj pogoste v jesenskem obdobju, v Ratečah pa je število teh dni največje. Število dni z intenzivnimi padavinami je v Murski Soboti občutno manjše kot na ostalih dveh postajah, saj za severozahodno Slovenijo na splošno velja, da so ekstremni padavinski dogodki zelo redki.

Jakost nalivov v Sloveniji v zadnjem času že na mnogih lokacijah narašča. Število dni z nevihto v Ljubljani je vseskozi nekoliko v upadanju, v Murski Soboti število dni z nevihto upada (po letu 1995), močno pa je naraslo po letu 1970. V Biljah je število dni z nevihto naraščalo do leta 1995, potem pa se je ustalilo. Pri številu dni s točo ni opaziti bistvenih sprememb.

V splošnem je opaziti porast števila dni z močnim vetrom, predvsem po letu 1990. Pri številu dni z viharnim vetrom sprememba ni tako izrazita.

Opisane spremembe nas spodbujajo k razmišljanju o možnih prilagoditvah v kmetijstvu, ki bodo vsekakor potrebne. Poleg tega pa so nujne tudi nadaljnje raziskave v tej smeri, saj dosednji izračuni predstavljajo le osnovo. Kot smo že omenili, sta obstoječi klimatološka in fenološka mreža postaj za natančnejšo analizo prostorskih značilnosti agro-klimatoloških spremenljivk premalo gosti. Glede na izračunane kazalce sprememb, ki zahtevajo kompleksno obravnavo, še enkrat opozarjamo, da bi se moralo za kakovostne analize število klimatoloških postaj vsaj podvojiti. Menimo, da smo raziskovalni program realizirali in dosegli zastavljene cilje, čeprav so težave s kvaliteto meteoroloških podatkov, zlasti za pretekla obdobja.

Celotno poročilo je podano kot priloga.

### 3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

- 3.1. Kakšen je potencialni pomen<sup>2</sup> rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:
- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
  - b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
  - c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
  - d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
  - e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.
- 3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:
- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
  - b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
  - c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
  - d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
    - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
    - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
  - e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjevanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
  - f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
  - g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
  - h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
  - i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

---

<sup>2</sup> Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Rezultati raziskovalnega projekta so primerni za nadaljno uporabo pri prilagajanju kmetijstva na nove podnebne razmere, npr. pri pripravi strategij v poljedelstvu, sadjarstvu in tudi v živinoreji.

Predstavljajo osnovo za izbiro novih sort, novih agrotehničnih ukrepov (čas, vrsta) ipd. Služijo tudi kot podlaga za ocenjevanje ranljivosti kmetijstva v bodočih podnebnih razmerah.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Rezultati raziskovalnega projekta so primerni tudi v zvezi z dolgoročnimi odločitvami, ki bodo potrebne v kmetijstvu, če bo to hotelo ostati konkurenčno na EU trgu. Izdelani scenariji so uporabni, če želimo zmanjšati tveganje in škodo zaradi sedanjih in prihodnjih škodljivih učinkov podnebnih sprememb, in sicer na način, ki je stroškovno učinkovit ali izkorišča možne koristi. Prilagajanje lahko zajema nacionalne, regionalne ali individualne strategije in praktične ukrepe.

Politike prilagajanja se oblikujejo v skoraj vseh državah članicah EU in tudi drugod po svetu. Izkušnje iz zgodnjih ukrepov prilagajanja in izsledke raziskav je nujno treba izmenjavati. Rezultati bodo koristni tudi pri sodelovanju z znanstveno skupnostjo v EU, zlasti v sosednjih državah.

Prilagajanje na posledice, pri katerih so napovedi dovolj zanesljive, se mora zato začeti zdaj

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Ministrstvo za obrambo

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

diplome

KNEZ, Marko. Analiza temperature tal v Ljubljani : diplomska naloga = Analysis of soil temperature in Ljubljana : graduation thesis. Ljubljana, 2007. VII, 77 f., graf. prikazi.

[COBISS.SI-ID 5025401]



IPAVEC, Tjaša. Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji : diplomsko delo. Ljubljana: [T. Ipavec], 2007. 62 f., [COBISS.SI-ID 5202297]  
HABJAN, Miha. Analiza vodne bilance v Vipavski dolini : diplomsko delo = The analysis of water balance in the Vipava valley : graduation thesis. Ljubljana, 2008. XI, 45 f., [1] f. pril., preglednice, graf. prikazi, zvd. [COBISS.SI-ID 5436793]  
CRNAGOJ, Natalija. Nastopi izbranih temperaturnih pragov v Sloveniji : diplomsko delo = Appearance [of] selected temperature thresholds in Slovenia : graduation thesis. 2008 magisterij  
SUŠNIK, Andreja. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb : magistrsko delo = Water deficit and possible climate change impacts in Slovenia : M. Sc. Thesis, (Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Magistrske naloge, 896). Ljubljana, 2006. XVI, 147 f., [11] f. [COBISS.SI-ID 4515449] COST 734

#### 4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

bilateralna z Makedonijo

EU COST 734 projekt "Impacts of climate change and variability on European agriculture«

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Rezultati so načrtovanje skupnih objav in izmenjava izkušenj, soorganizacija strokovnih in znanstvenih srečanj ter prijav mednarodnih EU projektov

#### 5. Bibliografski rezultati<sup>3</sup> :

*Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.*

<sup>3</sup> Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

**6. Druge reference<sup>4</sup> vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:**

Nosilka je postala predsednica komisije pri MKGP za izdelavo Strategije prilagajanja slovenskega kmetijstva podnebnim spremembam

Izsledki so bili tudi večkrat javno predstavljeni in sicerna delavnicah in v medijih:

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Pregled ranljivosti Slovenije na podnebne spremembe : posvet Ranljivost in prilagajanje podnebnim spremembam, Tehniški muzej Slovenije, Bistra pri Vrhniki, 13. november 2006; organizator Britansko veleposlaništvo, Ministrstvo RS za okolje in prostor in British Council, v sodelovanju z Ministrstvom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2006. [COBISS.SI-ID 4826489]

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo - blaženje in prilagajanje : [uvodni prispevek] 91. redna seja Odbora Državnega zbora za zadeve Evropske unije "Podnebne spremembe kot integralni del vplivov na okolje", Ljubljana, Državni zbor RS, 8. maj 2007. Ljubljana, 2007. [COBISS.SI-ID 5088633]

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Prognoze podnebnih sprememb v Sloveniji in njihov vpliv na kakovost življenja in načrtovanje kmetijstva v Savinjski dolini : okrogla miza na temo "Položaj in razvoj kmetijstva v spodnji Savinjski dolini z vidika klimatskih sprememb", Žalec, 18. avg. 2006. 2006. [COBISS.SI-ID 4722041]

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Podnebne spremembe : Izobraževanje Kmetijsko svetovalne službe KGZS - Zavod Ljubljana, 27.2.2008, Ljubljana. 2008. [COBISS.SI-ID 5411705]

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Posledice klimatskih sprememb v kmetijstvu : uvodno predavanje v okviru prireditve Regijsko tekmovanje oračev Podravja, Starše, 24.8.2007. 2007. [COBISS.SI-ID 5172345]

KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Posledice podnebnih sprememb na kmetijstvo v Sloveniji : Semenarna: Odprti dnevi na Ptuj, 19. in 21. junij 2007. 2007. [COBISS.SI-ID 5110393]

VIRAG, Branko, KAJFEŽ-BOGATAJ, Lučka, RAVNIK, Branko, SMODIČ, Andrej. Vpliv klimatskih sprememb na razvoj kmetijstva : okrogla miza na Kmetijsko-živilskem sejmu, Gornja Radgona, 27.8.2007. 2007; Gornja Radgona. [COBISS.SI-ID 5163129]

<sup>4</sup> Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

## **PRILOGA 2**

**K: KONČNO POROČILO  
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA  
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA  
PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 - 2013«**



**Agrometeorološki scenariji bodočega podnebja v  
Sloveniji kot podlaga prilagoditvam in blaženju  
podnebnih sprememb**

Šifra projekta: V4-0358

Nosilna raziskovalna organizacija: Univerza v Ljubljani (Biotehniška fakulteta)

Vodja projekta:  
prof. dr. Lučka Kajfež-Bogataj

Sodelavci:

Dr. Zalika Črepinšek  
Andrej Ceglar  
Tjaša Ipavec

14. april 2008

# VSEBINA

VSEBINA.....	2
PREDGOVOR .....	3
<b>1 UVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2 PREDVIDENI RAZVOJ GLOBALNEGA PODNEBJA V TEM STOLETJU.....</b>	<b>7</b>
<b>3 PREDVIDENE SPREMEMBE PODNEBJA V SLOVENIJI .....</b>	<b>10</b>
<b>4 METODE DELA .....</b>	<b>13</b>
4.1 TEMPERATURA .....	13
4.2 ŠTEVILO TOPLIH, VROČIH IN HLADNIH DNI.....	13
4.3 POTENCIALNA EVAPOTRANSPIRACIJA .....	13
4.4 BIOKLIMATSKI INDEKSI .....	14
4.5 POZEBA .....	16
4.6 FENOLOGIJA .....	17
4.7 TRENDI KOLIČINE PADAVIN IN VODNE BILANCE.....	18
4.8 EKSTREMNE PADAVINE.....	18
4.9 NEVIHTE, TOČA IN VETER .....	18
<b>5 SPREMEMBE AGRO-KLIMATSKIH SPREMENLJIVK.....</b>	<b>19</b>
5.1 POVPREČNE, MAKSIMALNE IN MINIMALNE DNEVNE TEMPERATURE ZRAKA .....	19
5.1.1 <i>Povprečne dnevne temperature zraka.....</i>	<i>19</i>
5.1.2 <i>Maksimalne in minimalne temperature zraka.....</i>	<i>21</i>
5.2 ŠTEVILO VROČIH, TOPLIH IN HLADNIH DNI .....	25
5.3 POTENCIALNA EVAPOTRANSPIRACIJA .....	38
5.4 BIOKLIMATSKI INDEKSI.....	39
5.4.1 <i>Winklerjev indeks.....</i>	<i>39</i>
5.4.2 <i>Huglinov indeks.....</i>	<i>43</i>
5.4.3 <i>Kernerjev indeks .....</i>	<i>46</i>
5.5 POZEBA.....	48
5.5.1 <i>Minimalne temperature po dekadah .....</i>	<i>49</i>
5.5.2 <i>Zadnji dan spomladi s pojavom minimalne temperature pod 0 °C.....</i>	<i>52</i>
5.5.3 <i>Vsote aktivnih temperatur .....</i>	<i>52</i>
5.5.4 <i>Verjetnost pojava pozebe .....</i>	<i>56</i>
5.6 FENOLOŠKI TRENDI KOT POKAZATELJ SPREMENJENIH TEMPERATURNIH RAZMER RASTIŠČA .....	60
5.7 TRENDI KOLIČINE PADAVIN IN VODNE BILANCE.....	62
5.7.1 <i>Padavine .....</i>	<i>62</i>
5.7.2 <i>Vodna bilanca .....</i>	<i>64</i>
5.8 EKSTREMNE PADAVINE .....	66
5.8.1 <i>Maksimalne padavine.....</i>	<i>66</i>
5.8.2 <i>Število dni s količino padavin večjo kot 40 mm.....</i>	<i>67</i>
5.8.3 <i>Indeks intenzitete padavin.....</i>	<i>69</i>
5.9 KRATKOTRAJNI VREMENSKI DOGODKI VEČJIH INTENZITET.....	71
5.9.1 <i>Veter.....</i>	<i>71</i>
5.9.2 <i>Nevihite in toča .....</i>	<i>72</i>
<b>6 SKLEPI.....</b>	<b>74</b>
<b>7 VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>77</b>

## PREDGOVOR

Številna območja na svetu se že danes spopadajo z negativnimi posledicami zvišanja povprečne svetovne temperature za 0,8 °C od leta 1850 in zaradi prostorsko in časovno drugačne porazdelitve padavin. Tudi posledice podnebnih sprememb v Evropi in Sloveniji so že precejšnje in izmerljive. Posledice podnebnih sprememb že in še bodo neposredno občutile predvsem kmetijske dejavnosti. Čeprav imajo podnebne spremembe nekaj pozitivnih vidikov (npr. kmetijska proizvodnja v nekaterih omejenih predelih Evrope), utegnejo negativne posledice prevladati.

Padavinski in temperaturni podatki, izmerjeni na padavinskih ter klimatoloških postajah in tudi fenološka opazovanja so bili dobljeni iz arhivov Urada za meteorologijo na Agenciji Republike Slovenije za Okolje (ARSO). Postopke za statistično obdelavo podatkov smo implementirali v programskem jeziku Perl na platformi Linux. Prostorsko interpolacijo podatkov smo naredili z računalniškim programom GSTAT, ki je namenjen geostatističnemu modeliranju, napovedi ter simuliranju, slike prostorske interpolacije pa so bile narisane s pomočjo programov GRASS GIS ter ArcGIS na ARSO.

Pri delu z agrometeorološkimi podatki in pri risanju kart smo prišli do spoznanja, da sta obstoječi klimatološka in fenološka mreža postaj za natančnejšo analizo prostorskih značilnosti agroklimatoloških spremenljivk premalo gosti. To onemogoča kakovostne analize stanja in še zlasti oceno posledic. Resno predlagamo, da se stanje čim prej spremeni, saj bodo vročinski valovi, suše in nalivi verjetno vse pogostejši in v zvezi z njimi tudi škode. Groba ocena potreb po dodatnih klimatoloških postajah je, da se bi moralo njihovo število vsaj podvojiti. Morda bi pri tem lahko sodelovali tako Ministrstvo za okolje kot Ministrstvo za kmetijstvo, morda pa tudi zainteresirane zavarovalnice in še kdo.

V nalogi smo se ukvarjali zlasti z vplivom podnebnih sprememb na agrometeorološke kazalce, ki so nujna podlaga za strategije blaženja podnebnih sprememb in prilagajanja, in sicer spremembe povprečne, minimalne in maksimalne temperature zraka, števila hladnih, toplih in vročih dni, akumulirane temperaturne vsote (efektivne in aktivne), spremenjen nastop pomladnih in jesenskih temperaturnih pragov, spremenjen fenološki razvoj negojenih in gojenih rastlin, spremenjeno tveganje zaradi pomladanske pozebe, ocena povečane evapotranspiracije in razni kombinirani indeksi sušnosti ter nove vrednosti klimatskih indeksov za vinogradništvo. Za bazno obdobje smo uporabili tridesetletje 1961-1990 in s tedanjimi razmerami najprej primerjali stanje v obdobju 1991-2007 ter tako ponazorili spremembe, ki se že dogajajo. Nato pa smo analizirali situacije za šest različnih scenarijev, z dvigom temperature za 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 in 3 °C. Glede na to, da so bile razlike letnih povprečnih temperatur zraka v obdobju 1991-2007 glede na 1961-1990 od 0,7 do 1,4 °C, so izbrana povišanja temperature povsem primerna.

## 1 UVOD

Kmetijstvo je usodno odvisno od vremena oziroma podnebnih razmer, saj imajo temperatura zraka in tal, sončno obsevanje, zračna vlaga, količina in razporeditev padavin, pogostnost in intenzivnost vremenskih ujm odločilen vpliv na kmetijsko pridelavo. Podobno je z gozdom v Sloveniji, ki se s 60 odstotnim deležem gozdov uvršča v tretjo najbolj gozdnato državo v Evropi. A podnebje na zemlji se zaradi človeških posegov v podnebni sistem vse hitreje spreminja (Luterbacher in sod., 2004). Z veliko zanesljivostjo lahko trdimo, da je izrazitemu dvigu temperature v zadnjih nekaj desetletjih botroval predvsem človek s spreminjanjem rabe tal in zlasti z emisijami toplogrednih plinov (TGP) ter aerosolov, ki spreminjajo sestavo ozračja in s tem vplivajo na energijsko bilanco zemlje kot celote.

Slovensko kmetijstvo se bo v prihajajočih letih spopadalo s številnimi izzivi, kot so mednarodna konkurenca, nadaljnja liberalizacija trgovinske politike in upadanje prebivalstva. Zaradi podnebnih sprememb bo stiska še večja, izzivi pa težji in dražji. Predvidene podnebne spremembe bodo prizadele pridelek, živinorejo in lokacijo proizvodnje, kar bo zelo ogrozilo kmetijski prihodek in morda povzročilo opustitev zemljišč v nekaterih predelih. Proizvodnja hrane je lahko ogrožena zaradi vročinskih valov, suše in škodljivcev, izpadi pridelka pa bodo vse pogostejši. Zaradi večje spremenljivosti količine pridelka bo vse bolj ogrožena tudi svetovna oskrba s hrano. Posledice podnebnih sprememb utegnejo močno vplivati na naravne ekosisteme in povzročati tudi velike škode v gozdarstvu (EEA, 2004; Schröter in sod., 2005; Simončič in sod., 2001; Jakša, 2005)

Napredek znanosti je omogočil, da podatki o podnebjju danes segajo že daleč v preteklost. Čeprav se je podnebje našega planeta v preteklosti že mnogokrat spreminjalo, pa je danes pojem podnebne spremembe vezan na človekov vpliv na podnebni sistem. Človek vse hitreje prek izpustov toplogrednih plinov (TGP) spreminja sestavo ozračja, s spremenjeno rabo tal in sekanjem gozdov pa tudi značilnosti zemeljske površine. Na primer vsebnost CO<sub>2</sub> danes v atmosferi najvišja v zadnjih 650.000 letih. TGP povzročajo učinek tople grede in ker povečujemo njihovo vsebnost v ozračju, s tem zmanjšujemo prepustnost ozračja za sevanje površja. Kar povzroča dvig temperature površja, je torej povečani učinek tople grede.

Medvladni panel za podnebne spremembe (IPCC) že od leta 1990 periodično izdaja poročila o podnebnih spremembah. Drugo poročilo je bilo izdano leta 1995, tretje leta 2001 (Houghton in sod., 2001), četrto poročilo (IPCC AR4) pa je bilo izdano v treh delih leta 2007. Vsa IPCC poročila temeljijo na recenziranih znanstvenih člankih in podajajo najnovejša znanstvena spoznanja o stanju podnebnega sistema in o predvidenih njegovih spremembah v bodočnosti, o vplivih že opazovanih in bodočih podnebnih sprememb na naravo in družbo, o ranljivosti in prilagajanju na te spremembe in o možnih načinih blaženja podnebnih sprememb ter o ekonomskih in tehnoloških vidikih blaženja.

Vsebnost CO<sub>2</sub>, v ozačju že 200 let stalno narašča in to zaradi človekove aktivnosti. Povečevanje vsebnosti CO<sub>2</sub> je večje kot kadarkoli v zadnjih 2000 letih, približno 2 ppm

na leto in vsebnost je najvišja v zadnjih 650 000 letih. V zadnjih letih so se antropogene emisije ogljika povečale z 6.4 na 7.2 Giga ton C na leto. Nekoliko manj hitro kot v preteklosti (0,8 ppb na leto) naraščajo emisije metana, drugega najpomembnejšega toplogrednega plina

Naravne in antropogene vplive na podnebni sistem je najbolje obravnavati preko sprememb energijske bilance planeta in sicer z uvedbo pojma sevalni prispevek (RF ali radiative forcing v angl.), ki ga izražamo v enoti  $Wm^{-2}$ . Pozitivni RF (npr. spremembe v sevanju Sonca ali zaradi naraščanja koncentracij TGP) povzročata segrevanje zemeljske površine, negativni RF (npr. zaradi povečane količine nekaterih vrst aerosola ob vulkanskih izbruhih) pa jo ohlaja. Sevalni prispevek kot posledica povečanja koncentracij TGP od leta 1750 do danes je ocenjen na okrog  $2,3 Wm^{-2}$ , kar je najmanj 5 krat več, kot so naravne spremembe npr. sončeve aktivnosti. Samo v zadnjih 10 letih se je vpliv  $CO_2$  na sevalno bilanco povečal kar za 20%.

Ogrevanje planeta je nedvoumno, splošno in enotno: ogreva se zrak, oceani, topi se led in sneg, gladina morij pa se viša. Naraščanje temperatur na kopnem in oceanov od leta 1906 do 2005 (100 let) znaša  $0.74 \pm 0.18 ^\circ C$ . To je več kot v IPCC poročilu iz leta 2001, ko je bil ocenjen trend  $0.6 \pm 0.2 ^\circ C$  za obdobje od 1901 do 2000. Najizrazitejši dvig (dvakrat večji kot v 100 letih) je v zadnjih 50 letih, kar  $0,13 ^\circ C$  na desetletje. Ocean se je ogrel vsaj do globine 3000 m. Topljenje ledu in raztezanje morske vode je že povzročilo dvig morske gladine. V drugi polovici 20. stoletja je bil trend okrog 1,8 mm na leto, po letu 1993 pa je narasel na 3,1 mm na leto.

Temperature na Arktiki naraščajo dvakrat hitreje kot drugje na svetu. Satelitska opazovanja kažejo, da se je po letu 1978 arktični led krčil za 2,7% na desetletje, poleti pa kar za 7,4% na desetletje. Permafrost na Arktiki se je na površini ogrel do  $3 ^\circ C$  po letu 1980 in na severni hemisferi je od leta 1900 do sedaj že 7% manj sezonsko zmrznjenih tal.

Na kopnem v zmernih geografskih širinah se je izrazito zmanjšalo število hladnih dni, še zlasti so se zvišale minimalne nočne temperature zraka. V poletnem času se je povečalo število toplih noči.

V povezavi z višanjem temperature zraka in temperature površine oceanov se je povečala vlažnost zraka, na primer specifična vlaga (razmerje med maso vlage in maso zraka) nad oceani se je povečala v obdobju 1988 do 2004 za 1,2%. S tem so povezane povečane pogostnosti obilnih padavinskih dogodkov, tudi tam, kjer je zabeležen trend zmanjševanja letne količine padavin. Opazovane spremembe količine in prostorske razporeditve padavin so bolj raznolike kot spremembe temperature. Globalno se je letna količina padavin nad kopnim v obdobju 1901 do 2004 povečala za 11-21 mm na 100 let, regionalno pa so trendi zelo različni. Navkljub globalnemu povečanju padavin, se je pogostnost suš povečevala, predvsem kot posledica spremenjene splošne cirkulacije zraka. Te spremembe se odražajo v okrepljenih zahodnih vetrovih in premiku lege polarne fronte. Okrepljeni zahodni vetrovi vplivajo na prenos oceanskih zračnih mas nad kontinente. Tako lahko zahodni deli kontinentov postajajo toplejši kot vzhodnejši, kar je



še posebej očitno v zimskem času. Bolj sušno postaja po letu 1970 in sicer najbolj v Sahelu, Sredozemlju, J Afriki in J Aziji, bolj mokro pa postaja na Vzhodu S in J Amerike na S Evrope in v S ter osrednji Aziji.

Najverjetneje kot posledica povečane vsebnosti CO<sub>2</sub> v ozračju in tudi v površinskih vodah, je izmerjeno je tudi zakislevanje površinskega sloja oceanov, saj se je povprečna vrednost pH znižala za 0,1 v zadnjih 200 letih. To pomeni 30% povečanje koncentracije vodikovih ionov in vsekakor temu sledijo posledice za morske ekosisteme. Spreminja se tudi slanost morja v posameznih oceanskih bazenih, saj se spreminja vodni cikel.

Za nekatere dele podnebne sistema pa še ni trdnih dokazov o statistično značilnih spremembah. Tako na primer ni opaziti posebnih sprememb na Antarktiki, kjer pa primanjkuje tudi meritev. Trendi tam niso značilni. Ravno tako ni jasnih znakov, da bi se bistveno spreminjalo kroženje oceanov. Premalo je dokazov, da bi lahko trdili, da se spreminjajo značilnosti tornadov, toče, neviht ipd. Navkljub izboljšanju meteoroloških meritev, ostaja glede ugotovitev o spremembah klimatskega sistema še precej znanstvenih negotovosti, saj nekatere regije nimajo dovolj gostih mrež opazovalnic, pa tudi satelitske meritve še niso na voljo za dovolj dolgo časa, večinoma šele po letu 1960 ter tudi niso vedno med seboj primerljive. Žal so pomakljivi tudi podatki o oceanih, tropske ciklone natančno opazujemo šele s sateliti, podobno velja za globalne podatke o snegu.

## 2 PREDVIDENI RAZVOJ GLOBALNEGA PODNEBJA V TEM STOLETJU

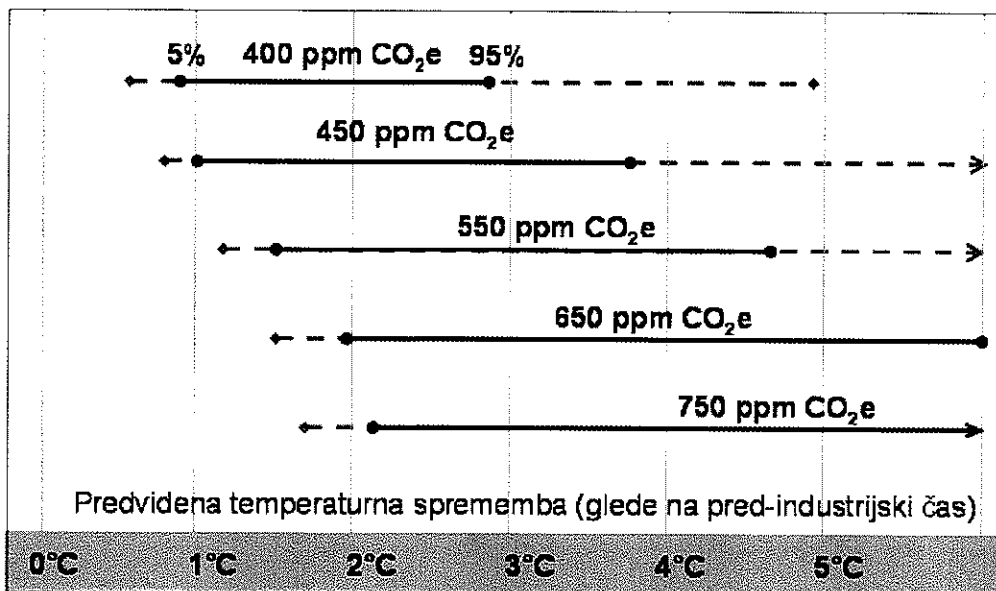
Kako se bo podnebni sistem odzval na različne naravne in človekove vplive najpogosteje ugotavljamo z različnimi modeli splošnega kroženja (MSC), v katere kot ključni vhodni podatek vstavljamo različne scenarije izpustov TGP. IPCC uporablja štiri skupine scenarijev (A1, A2, B1 in B2), ki se razlikujejo v družbeno-gospodarskem razvoju v prihodnosti in zlasti v izpustih in končnih vsebnostih TGP in aerosolov v ozračju. Skupina scenarijev A1 predstavlja hiter in globalen gospodarski razvoj, scenariji A2 predvidevajo raznolik svet z hitro rastjo prebivalstva. Skupina scenarijev B1 predstavlja nagel preobrat v gospodarskih strukturah v smeri oskrbovalnega in informacijskega gospodarstva, manjše porabe surovin ter vpeljave čistejših in učinkovitejših tehnologij. Pri scenarijih B2 so v ospredju krajevne rešitve za zmerno gospodarsko rast, socialno enakost in okoljsko trajnost. Najpogosteje analiziramo dve skupini scenarijev - A2 in B2. Različni modeli splošnega kroženja se na spremembe sestave ozračja odzovejo različno, kar kaže na negotovost projekcij podnebnih sprememb za prihodnost. Modelne intervalne ocene odvisnosti temperaturnih sprememb (glede na predindustrijski čas) do leta 2100 od vsebnosti TGP v ozračju podaja Tabela 1.

**Tabela 1: Modelne intervalne ocene odvisnosti temperaturnih sprememb (glede na predindustrijski čas) do leta 2100 od vsebnosti TGP v ozračju (prirejeno po Stern, 2006).**

Stabilizacijska raven (CO <sub>2</sub> ekvivalenti)	Temperaturna sprememba do leta 2100 (glede na predindustrijski čas)	
	Ocena na osnovi IPCC modelov iz leta 2001	Ocena ansambelske prognoze modelov Hadleyevega centra iz leta 2004
400 ppm	1.2° - 2.5 °C	1.6° - 2.8 °C
450 ppm	1.3° - 2.7 °C	1.8° - 3.0 °C
550 ppm	1.5° - 3.2 °C	2.2° - 3.6 °C

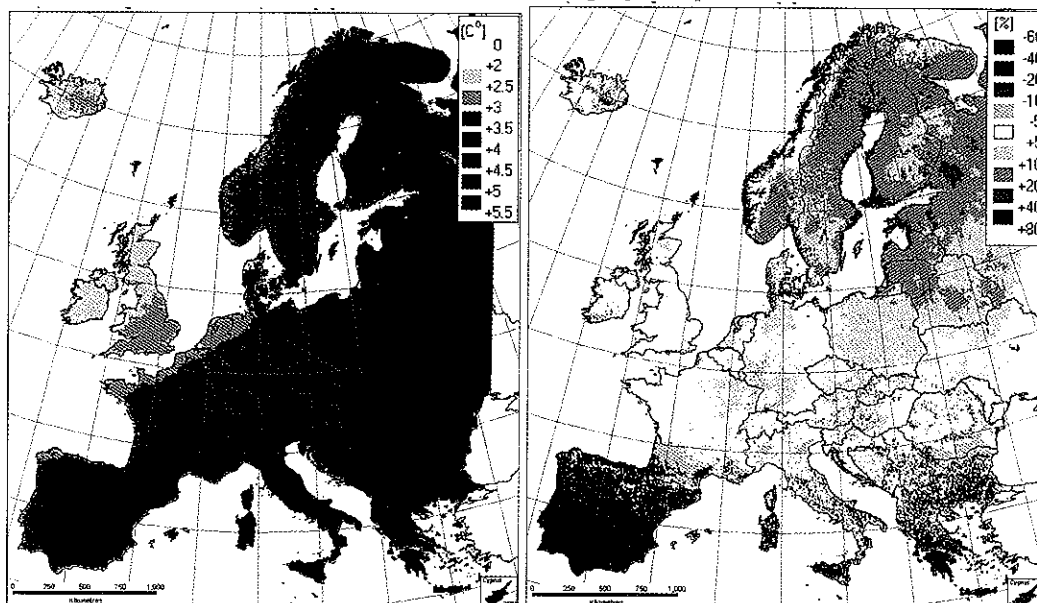
Z naraščajočo vsebnostjo TGP raste tudi bodoča stopnja ogrevanja (Slika 1). Pri vsebnosti TGP 750 ppm CO<sub>2</sub> ekvivalenta zgornja meja ocenjenega globalnega dviga temperature planeta preseže mejo 7°C.

Projekcije podnebja v bodoče lahko strnemo v naslednje ugotovitve. Za naslednjih 20 let lahko z veliko gotovostjo pričakujemo nadaljnje dviganje globalne temperature za 0.2 °C na desetletje. Do konca stoletja pa je dvig globalne temperature odvisen od našega obnašanja, oziroma ustalitve vsebnosti CO<sub>2</sub> v ozračju. V najboljšem primeru bo to +1,7 °C (glede na obdobje 1961 do 1990), če pa bomo nadaljevali z naraščanjem emisij TGP pa bo to povprečno kar +4 °C z zgornjo mejo 6,3 °C. Ta skrajna meja pomeni nepredstavljiv dvig globalne temperature glede na predindustrijski čas za +7 °C.



Slika 1: Razponi povečanja temperature planeta (glede na predindustrijski čas) v odvisnosti od količine toplogrednih plinov v ozračju (izražene v CO<sub>2</sub> ekvivalentih).

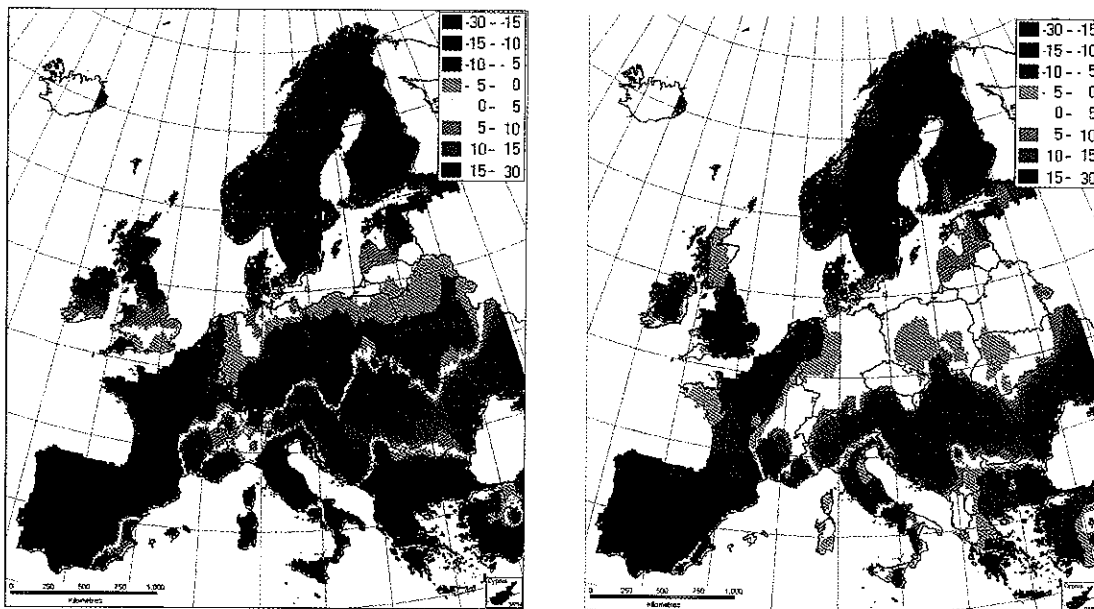
Sprememba povprečne letne temperature in povprečnih letnih padavin do konca tega stoletja v Evropi, ocenjeni po scenariju A2 iz posebnega poročila o scenarijih emisij IPCC, ki velja za za obdobje 2071–2100 glede na obdobje 1961–1990 je podana na sliki 2, ocenjena sprememba povprečnega pridelka poljščin pa na sliki 3.



Slika 2: Sprememba povprečne letne temperature in povprečnih letnih padavin do konca tega stoletja v Evropi, ocenjeni po scenariju A2 iz posebnega poročila o scenarijih emisij IPCC. Ocena velja za obdobje 2071–2100 glede na obdobje 1961–1990. Vir so rezultati projektov DMI/PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>) in PESETA (<http://peseta.jrc.es>).

Regionalni vzorci ogrevanja bodo odstopali od zgoraj navedenih povprečij. Kopno in severne geografske širine se bodo ogrele bistveno bolj, kot to kaže globalno povprečje

(EEA, 2005a in 2005b). Spreminjali se bodo regionalni vremenski vzorci, tako vzorci kroženja zraka, padavine, ekstremi in led. Navkljub globalnemu povečanju padavin, se bo pogostnost suš povečevala, predvsem kot posledica spremenjene splošne cirkulacije zraka, kar se že odraža v okrepljenih zahodnih vetrovih in premiku lege polarne fronte. Zato bo prišlo do preporazdelitve padavin, zlasti močno bo zaradi suše v poletnem času prizadeto Sredozemlje (Eisenreich, 2005). Manjši ledeniki bodo izginili, snega bo manj. Deloval bo tudi pozitiven povratni učinek preko zmanjšanega albeda površja, ko bo snega manj.



Slika 3: Sprememba povprečnega pridelka poljščin (v %) v Evropi po scenariju A2 ocenjena z dvema regionalnima modeloma (a) HadCM3, (b) ECHAM4. Ocena velja za obdobje 2071–2100 glede na obdobje 1961–1990. Vir so rezultati projekta PESETA (<http://peseta.jrc.es>).

Morska gladina se bo v povprečju dvignila vsaj za 30 cm, v najslabšem primeru pa za 58 cm. Četudi bi močno zmanjšali emisije TGP, se bo morje dvigovalo vsaj še do leta 2300. Dvig morske gladine ne bo povsod enak. Morja se bodo še naprej zakisljevala, pH lahko še pade za do 0.35, kar bo pomenilo topljenje karbonatnih sedimentov v plitvih vodah. Morskega ledu bo vse manj, tako na Arktiki kot Antarktiki. Poleti morda na Arktiki celo popolnoma izginje.

Vse več bo obilnih padavin in vročinskih valov. Slednji bodo intenzivnejši in trajali bodo dalj časa. Tropskih ciklonov bo morda manj, bodo pa bistveno močnejši in uničujoči. Pot premikanja različnih neurij, sedaj pogostih v tropskem pasu, se bodo pomikala proti severu (Goodess, 2005).

### 3 PREDVIDENE SPREMEMBE PODNEBJA V SLOVENIJI

Slovenija je podnebno raznolika dežela, na kar še zlasti vplivata njen razgibani relief in lega med Alpami, Sredozemljem in Panonsko nižino. Slovenske meteorološke meritve in opazovanja so podlaga za spremljanje in predvidevanje razvoja vremena in podnebja. Prva meteorološka opazovalnica je začela s svojim delovanjem v Ljubljani že leta 1850, sledile so ji postaje v Celju (1852), Novem mestu (1858) in Mariboru (1863). Glede podnebnih sprememb Slovenija seveda ni izjema. Analiza dolgoletnih meteoroloških meritev kaže številne spremembe v časovnem gibanju posameznih podnebnih značilnosti, še posebej pa naraščanje temperatur zraka. Modelni izračuni nam omogočajo tudi napovedi razvoja podnebja v bližnji in tudi oddaljeni prihodnosti.

Podnebne spremembe so tudi v Sloveniji najbolj očitne v zadnjih desetletjih. Zadnje res hladno leto pri nas je bilo leto 1978, najtoplejše do zdaj pa leto 2000. Rekordno vroče in sušno je bilo poletje 2003 (COPA COGECA, 2003) in tudi jesen 2006 in zima 2006/2007 sta bili pri nas najtoplejši, od kar merimo temperaturo zraka v Sloveniji (ARSO, 2006). Analiza mesečnih vrednosti je pri temperaturi zraka pokazala za vso Slovenijo izrazitejše ogrevanje v poletnem času in najmanjše v jesenskih mesecih. Višje temperature zraka prinašajo v Slovenijo tudi vse pogostejše in intenzivnejše vročinske valove. Ti se v zadnjem desetletju pojavljajo izrazito bolj zgodaj kot v preteklosti, že konec maja in v juniju.

Iz meritev meteoroloških spremenljivk je torej mogoče jasno razbrati, da se podnebje tudi v Sloveniji razmeroma hitro spreminja, zato je logično vprašanje, kaj nas čaka v prihodnje. Malo je namreč verjetno, da bi človeštvo hitro zmanjšalo izpuste TGP in tako zmanjšalo svoj vpliv na podnebni sistem.

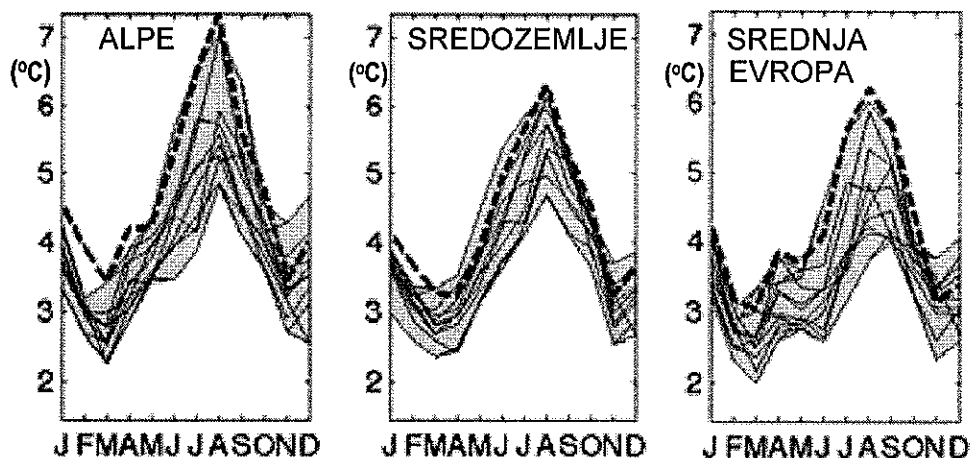
Simulacije z modeli splošnega kroženja nam dobro opišejo spremenljivost podnebnih razmer v prihodnosti v globalni skali, torej Zemljo kot celoto. Zaradi slabe prostorske ločljivosti pa neposredna uporaba rezultatov simulacij z modeli splošnega kroženja v lokalnih in regionalnih študijah vpliva podnebnih sprememb na podnebno pogojene dejavnosti ni primerna (Räisänen in sod., 2004). Zato je treba prilagoditi scenarije manjši prostorski skali, torej razsežnostim države ali pokrajine (Giorgi in sod., 2004). Ogleдали si bomo tuje in domače rezultate raziskav modelnih napovedi za Slovenijo, ki vse temeljijo na rezultatih modelih MSC, prirejenih za regionalno prostorsko skalo.

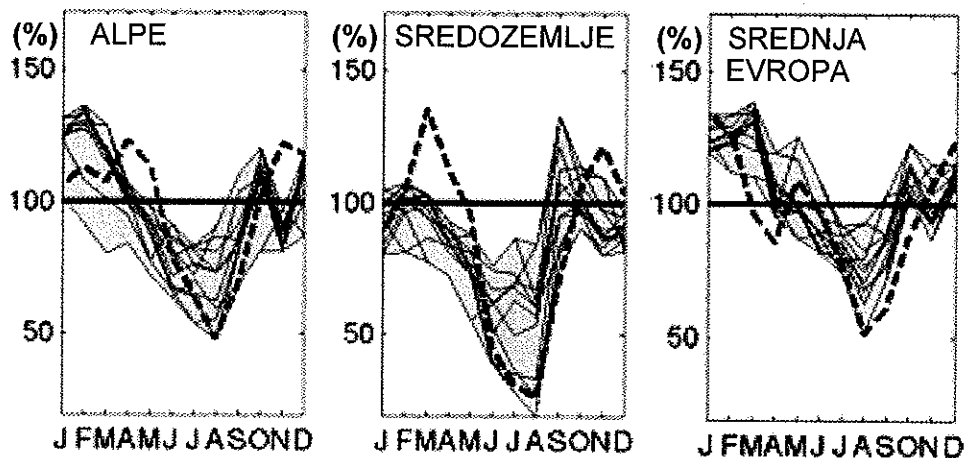
Najprej si pogledjemo prilagoditev neposrednih rezultatov MSC za Slovenijo, ki jo je izdelal center za podnebne spremembe Tydall (Mitchell in sod., 2003). Študija podaja predvidene spremembe temperature zraka in množine padavin v Sloveniji v obdobju od leta 2070 do 2099 v primerjavi z obdobjem od leta 1961 do 1990 za štiri scenarije emisij (A1, A2, B1 in B2), in sicer ločeno za posamezne letne čase. Pri tem so bili upoštevani rezultati simulacij s štirimi modeli splošnega kroženja. Vsi štirje letni časi naj bi bili toplejši, pomlad za 0,5 do 4,2 °C, poletje za 2 do 8 °C, jesen za 1 do 6,5 °C in zima za 1,8 do 4,5 °C. Modeli so zelo neenotni glede relativne spremembe količine padavin spomladi in jeseni, poleti naj bi se te močno zmanjšale (do 12 %), pozimi pa povečale (do 12 %).

V Sloveniji se je z oblikovanjem regionalnih scenarijev ukvarjal Bergant (2003), ki je kot možen način premostitve prepada med obsežno in regionalno, na primer slovensko, skalo izbral empirično zmanjševanje skale. Izračuni kažejo, da se bo ob predvidenem povečanju vsebnosti toplogrednih plinov in sulfatnih aerosolov temperatura zraka na celotnem območju Slovenije dvignila (Bergant in Kajfež-Bogataj, 2004; Kajfež-Bogataj in Bergant, 2005). Pri tem ni opaziti izrazitih razlik med posameznimi območji Slovenije. Velikost temperaturnih sprememb je zelo odvisna od izbranega scenarija izpustov. V obdobju od leta 2001 do 2030 se bodo v Sloveniji temperature zraka predvidoma povečale za 0,5 do 2,5 °C, v obdobju od leta 2031 do 2060 za 1 do 3,5 °C in v obdobju od leta 2061 do 2090 za 1,5° do 6,5° C. Več težav je pri ocenjevanju količine padavin, saj je kakovost modelov zadovoljiva pri večini meteoroloških postaj le za mesece hladne polovice leta. Manj zanesljive so torej napovedi spremembe letne količine padavin, saj je razpon pričakovanih od +10 do -30 odstotkov. Količina padavin poleti se bo lahko zmanjšala za do 20 odstotkov.

Oglejmo si še novejša rezultata projekcij bodočega podnebja v regionalni skali EU projekta PRUDENCE (2005), ki je za več regij v Evropi z 8 regionalnimi modeli splošne cirkulacije zraka (RCM) skušal izdelati scenarije z veliko prostorsko (~50 km) in časovno ločljivostjo (5 min) za obdobje do konca stoletja (2071-2100). Znanstveniki so kot izhodišče uporabili tri MSC (Italijanski NCAR CCM3, britanski HadAM3H in nemški ECHAM AGCM). Projekcije so izvedli z 8 RCM (danski HIRHAM, španski PROMES, italijanski ICTP RegCM, francoski ARPEGE (France), švicarski CHRM, nemška LM in CRCM-2 ter švedski RCA).

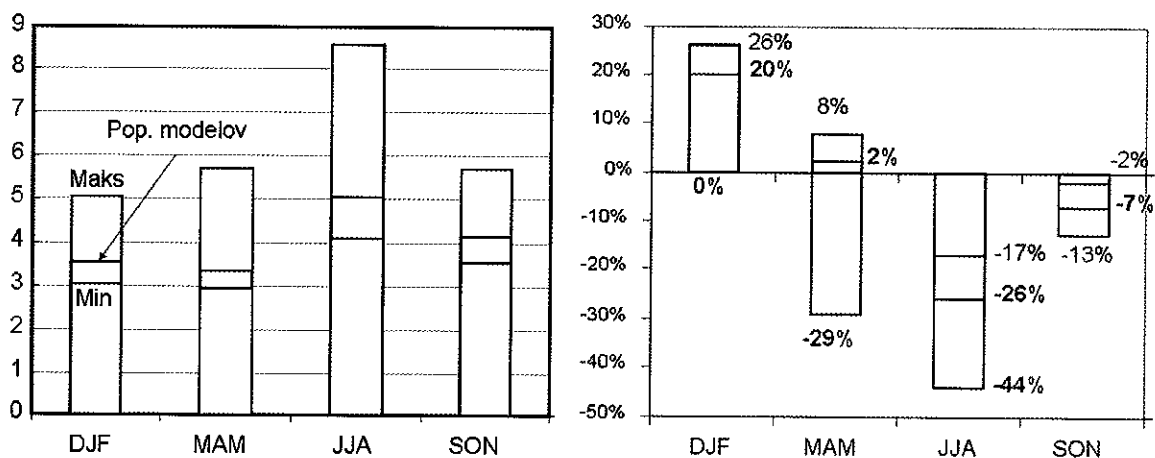
Ker se v Sloveniji prepletajo podnebni vplivi Alp, Sredozemlja in Panonske nižine, si najprej pogledajmo rezultate regionalnih simulacij za vse tri regije za scenarij A2 (slika 4a). Do konca stoletja je dvig temperature zraka opazen v vseh treh regijah in v vseh mesecih leta. Najbolj izrazit dvig je v poletnih mesecih, prednjači avgust. Najmanjši dvig temperature je pričakovati pomladi in jeseni. Sprememba količine padavin je bolj variabilna, čeprav gre v vseh treh regijah pričakovati bistveno manj padavin poleti, pozimi pa nekoliko več. Najbolj prizadeto bo Sredozemlje.





Slika 4 a: Dvig temperature zraka do konca stoletja (v °C zgoraj) in relativna sprememba količine padavin do konca stoletja (v % spodaj) po mesecih za tri evropske regije (Alpe, Sredozemlje in Srednjo Evropo) na osnovi simulacij z različnimi regionalnimi modeli (PRUDENCE, 2005).

Če združimo rezultate za Slovenijo potem ugotovimo, da naj bi bili vsi štirje letni časi toplejši, zima za 3,0 do 5,1 °C (ansambelska ocena 3,5 °C), pomlad 2,9 do 5,7 °C (ansambelska ocena 3,3 °C), poletje 4,1 do 8,6 °C (ansambelska ocena 5,0°C), in jesen za 3,6 do 5,7 °C (ansambelska ocena 4,2 °C). Relativna količina padavin naj bi se pozimi povečala od 0 do 26% (ansambelska ocena +20%), spomladi je razpon od povečanja za 2% do zmanjšanja za -29% (ansambelska ocena +8%), poleti zmanjšala za 26 do 44% (ansambelska ocena -17%), jeseni pa zmanjšala za 2 do 13% (ansambelska ocena -2%). Tudi regionalni modeli so še precej neenotni glede relativne spremembe količine padavin spomladi, poleti naj bi se te močno zmanjšale (slika 4b).



Slika 4 b: Dvig temperature zraka do konca stoletja (v °C) in relativna sprememba količine padavin do konca stoletja (v %) po letnih časih v Sloveniji na osnovi simulacij z različnimi regionalnimi modeli. Podani sta najnižja (Min), najvišja (Maks) in ansambelska ocena (povprečje modelov) sprememb (PRUDENCE, 2005).

## 4 METODE DELA

V raziskavi smo se osredotočili na spremembe različnih agro-klimatskih spremenljivk, kjer skušamo poudariti spremembe, ki se že dogajajo ter oceniti stanje prihodnosti z različnimi klimatskimi scenariji. Referenčno obdobje, na osnovi katerega je narejena primerjava agro-klimatskih spremenljivk, traja od leta 1961 do 1990. Sedanje že opažene spremembe smo določili na osnovi primerjave spremenljivk v obdobju med letoma 1991 ter 2007 z referenčnim obdobjem. Različni klimatski scenariji pa se nanašajo na obdobje med leti 2071 ter 2100.

### 4.1 Temperatura

Prvi del obsega izračun povprečne, maksimalne ter minimalne dnevne temperature zraka. Izračunali smo absolutne razlike v povprečjih izbranih obdobjih pri povprečnih, maksimalnih in minimalnih dnevni temperaturah zraka s pripadajočimi 95 % intervali zaupanja za razliko med povprečji referenčnega obdobja ter stanja v obdobju 1991-2007. Izračun je bil narejen za 25 do 27 postaj po Sloveniji, ki imajo dovolj dolg niz podatkov (nekateri nizi so preveč pomanjkljivi za eno spremenljivko, a dovolj dobri za drugo). Pri tem naj omenimo precejšen problem obdelave podatkov zaradi ukinjanja in prestavljanja meteoroloških postaj, saj manjkajoči in nehomogeni podatki slabo vplivajo na rezultate.

### 4.2 Število toplih, vročih in hladnih dni

Na osnovi maksimalnih ter minimalnih dnevni temperatur smo določili število vročih dni v poletju (v vročem dnevu maksimalna temperatura preseže 30 °C), toplih dni v vegetacijskem obdobju (v toplen dnevu maksimalna temperatura preseže 25 °C) ter število hladnih dni pozimi (v hladnem dnevu minimalna temperatura pade pod 0 °C). Temperaturo ter število vročih, toplih ter hladnih dni smo za nekaj merilnih lokacij predstavili z okvirjem z ročaji, ki nazorno prikažejo povprečne vrednosti, razpršenost okrog mediane ter morebitne osamelce.

### 4.3 Potencialna evapotranspiracija

Evapotranspiracija je kombinacija dveh procesov izgube vode: z evaporacijo s površja tal in s transpiracijo iz rastline. Evaporacija ali izhlapevanje je proces prehajanja vode v plin pri temperaturi, ki je nižja od vrelišča, zaradi razlike med pritiskom vodne pare izhlapevajoče površine in okoliškega zraka. Odvisna je od meteoroloških dejavnikov in stanja tal. Pri transpiraciji prehaja voda iz lista v atmosfero večinoma skozi listne reže, glavni mehanizem pri tem je difuzija, osnova pa gradient vodne pare.

Ločimo tri vrste evapotranspiracije: referenčno ( $ET_0$ ), potencialno ( $ET_p$ ) in dejansko ( $ET_a$ ). Referenčna evapotranspiracija je po FAO definirana kot količina vode, ki izhlapi iz površine tal, ki jih pokriva ekstenzivna travna ruša visoka 0,12 m, z albedom 0,23 in konstantno površinsko upornostjo 70 s/m. Površina je zelena, dobro preskrbljena z vodo in enakomerno pokriva celotna tla. Potencialna evapotranspiracija je zmožnost atmosfere, da odstrani določeno količino vode iz tal, poraščenih s poljubno rastlino, pri neomejeni količini vode v tleh. Dejanska evapotranspiracija se iz potencialne določi z upoštevanjem lastnosti rastline in tal.



Za izračune največkrat uporabljamo kombinirano Penman-Monteithovo metodo, ki pa je zelo kompleksna in zahteva velik nabor vhodnih podatkov, ki jih za daljše obdobje in večje število lokacij težko dobimo in uskladimo. Njeno najboljšo nadomestilo za Slovenijo (Kurnik, 2002) je precej enostavnejša Antalova metoda, ki smo jo uporabili tudi pri tej raziskavi.

Antalovo metodo za izračun dnevne referenčne evapotranspiracije so razvili na Madžarskem. Temelji na povezavi med  $ET_0$ , povprečno dnevno temperaturo in povprečno dnevno relativno vlago:

$ET_0 = k_1(e_a - e_d)^{0,7} \left(1 + \frac{T}{k_2}\right)^{4,8}$ , pri čemer je  $ET_0$  [mm/dan] dnevna referenčna evapotranspiracija,  $T$  [K] povprečna dnevna temperatura zraka na višini 2 m,

$k_1 = 0,736 \frac{mm}{dan \cdot hPa^{0,7}}$  in  $k_2 = 273K$ .  $e_a - e_d$  [hPa] predstavlja razliko med nasičenim in dejanskim parnim tlakom, ki jo izračunamo iz relativne vlage  $Rh$  [%] po enačbi:

$e_a - e_d = c_1 \left(1 - \frac{Rh}{100}\right) \cdot \exp\left(\frac{c_2 T}{c_3 + T}\right)$ , konstante pa so glede na arhiv ARSO (2002) pri

$T \geq 0$ :  $c_1 = 6,108 hPa$ ,  $c_2 = 17,08$ ,  $c_3 = 234,175^\circ C$  in pri

$T < 0$ :  $c_1 = 6,107 hPa$ ,  $c_2 = 22,44$ ,  $c_3 = 272,44^\circ C$  (Kurnik, 2002).

#### 4.4 Bioklimatski indeksi

Izbiramo lahko med mnogo različicami bioklimatskih indeksov, ki nam glede na temperaturo zraka ter lahko tudi glede na količino padavin določajo primernost razmer za različne kulture. Izbrali smo tri, ki se največkrat pojavljajo v strokovni literaturi, in preučili njihovo obnašanje v obdobjih 1961-1990 in 1991-2007 ter po že opisanih scenarijih podnebnih sprememb.

Izračun različnih bioklimatskih indeksov nam podaja oceno primernosti določene regije za gojenje različnih vrst rastlin. Pri raziskavi smo izračunali tri tovrstne indekse, in sicer Winklerjev, Huglinov ter Kernerjev indeks.

Iz povprečnih temperatur zraka ( $T$  [ $^\circ C$ ]) računamo Winklerjev indeks po enačbi:

$$IW = \sum_{1.4}^{31.10} (T - 10^\circ C),$$

kjer seštevamo povprečne dnevne temperature, ki so višje od  $10^\circ C$ , v obdobju od začetka aprila do konca oktobra. Klasifikacija vinorodnih klimatskih regij glede na Winklerjev indeks, ki jo podaja Riou (1994), je primerna za izračun kjerkoli v svetu. Tabela 2 podaja razrede vinogradniške klime glede na Winklerjev indeks ter primer pripadajočih vinorodnih okolišev. Slovenija ustreza področju I ter II, ki sta naprej razdeljena na pet con (Tabela 3).

**Tabela 2: Razredi vinogradniške klime glede na Winklerjev indeks.**

področje	vrednosti IW [°C]	nekaj vinorodnih okolišev iz tega področja
I	< 1390	Ženeva, Dunaj, Bordeaux, Geisenheim, Dijon
II	1391 – 1670	Budimpešta, Santiago (Čile), Napa (ZDA)
III	1671 – 1950	Milano, Montepellier
IV	1951 – 2220	Benetke, Mendoza (Argentina), The cape (J Afrika)
V	> 2220	Split, Palermo, Alžir

**Tabela 3: Razredi vinogradniške klime za Slovenijo glede na Winklerjev indeks.**

cona	vrednosti IW [°C]
1	< 1150
2	1150 – 1250
3	1251 - 1350
4	1351 – 1450
5	> 1450

Huglinov heliotermalni indeks računamo glede na letne vrednosti spremenljivk. Uporabili smo enačbo

$$HI = \sum_{1.4.}^{30.9.} \frac{(T - 10) + (T_{\max} - 10)}{2} d,$$

kjer je T povprečna temperatura zraka v °C, T<sub>max</sub> maksimalna temperatura zraka v °C in d koeficient dolžine dneva, odvisen od geografske širine (Tabela 4). Seštevamo po vegetacijskem obdobju (od 1. aprila do 30. septembra).

**Tabela 4: Koeficient dolžine dneva (d) v odvisnosti od geografske širina za Huglinov heliotermalni indeks**

geografska širina	d
< 40°	1
40°01' - 42°	1,02
42°01' - 44°	1,03
44°01' - 46°	1,04
46°01' - 48°	1,05
48°01' - 50°	1,06

Indeks je po raziskavi Tonietta in Carboneauja v 97 regijah v 29 državah močno koreliran z Winklerjevim indeksom (r = 0,98). V tabeli (Tabela 5) je predstavljena klasifikacija glede na Huglinov indeks, ki se večinoma uporablja v vinogradništvu.

**Tabela 5: Razredi vinogradniške klime glede na heliotermalni Huglinov indeks.**

razred vinogradniške klime	oznaka	vrednosti HI [°C]
zelo topla	HI+3	> 3000
topla	HI+2	2400 - 3000
zmerno topla	HI+1	2100 - 2400
zmerna	HI-1	1800 - 2100
hladna	HI-2	1500 - 1800
zelo hladna	HI-3	<= 1500

V nadaljevanju je podana kratka razlaga v tabeli predstavljenih razredov:

HI-3: Zelo hladna klima zajema regije, ki so na spodnji vinogradniški meji. Pri takih heliotalnih pogojih uspevajo le zelo zgodnje in zgodnje sorte, posebno bele.

HI-2: V hladni vinogradniški klimi dopušča heliotalni potencial zelo velik izbor sort (Rizling, Pinot noir, Chardonnay, Cabernet franc ...).

HI-1: V zmernem razredu lahko zrelost dosežejo poznejše sorte, kot so Cabernet-Sauvignon, Syrah, Ugni Blanc.

HI+1: V zmerno toplem lahko dozori na primer Grenache, Mourvedre, Carignan. Tako v tem razredu ni več heliotalnih ovir za dozorete vseh gojenih sort (z redkimi izjemami).

HI+2: Značilnost toplega razreda je heliotalni potencial, ki presega potrebe za dozorete katerekoli sorte, celo najpoznejših (z nekaj tveganja, povezanega s stresom).

HI+3: V zelo toplem razredu ni omejitev za dozorete grozdja, v nekaterih primerih je možen pridelek več kot enkrat letno.

Kernerjev indeks računamo kot količnik med razliko povprečne oktobrske ( $T_{okt}$  [°C]) in aprilske ( $T_{apr}$  [°C]) temperature zraka ter letnim temperaturnim razponom ( $A$  [°C]):

$$K = \frac{100(T_{okt} - T_{apr})}{A}$$

Klasifikacija podnebja glede na Kernerjev indeks je predstavljena v tabeli (Tabela 6).

**Tabela 6: Klasifikacija podnebja glede na Kernerjev indeks.**

vrednosti indeksa	podnebje
< 1	Močno kontinentalno
1 – 5	Zmerno kontinentalno
6 – 10	Ni izrazitih maritimnih / kontinentalnih lastnosti
11 – 16	Zmerno maritimno
> 16	Maritimno

#### 4.5 Pozeba

Pozebo pogojujejo minimalne dnevne temperature. Pri sadnem drevju so ogrožene krošnje, zato smo obravnavali minimalno temperaturo, ki se meri na višini dveh metrov. Pri analizi smo se osredotočili na domačo češpljo in parametre v izračunih prilagodili temu primerno (temperaturna vsota, ki je merilo za akumulirano energijo, potrebno za začetek cvetenja, pri domači češplji v povprečju znaša 420 °C). Za preučitev pojava pozebe smo analizirali sledeče parametre:

- Verjetnost pojava minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C po posameznih dekadah v marcu, aprilu ter maju. Določili smo jo na osnovi kumulativne normalne porazdelitve minimalnih temperatur v posameznih dekadah.
- Zadnji dan spomladi s pojavom minimalne temperature pod 0 °C (izračunan je trend za obdobje med leti 1961 ter 2007).
- Zaporedni dan v letu, ko nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji (dan, ko vsota aktivnih temperatur doseže 420 °C).

- Verjetnost pojava pozebe po nastopu fenološke faze cvetenja. Tega smo določili na osnovi pojavnosti minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C, po nastopu fenofaze cvetenja domače češplje.

Pri večini smo naredili primerjalno analizo za obdobji 1961-1990 ter 1991-2007. Klimatske razmere v prihodnosti smo ocenili na osnovi različnih scenarijev dviga temperature. Klimatske scenarije smo primerjali s povprečnimi vrednostmi omenjenih parametrov v obdobju 1961-1990.

#### 4.6 Fenologija

Fenologija je veda, ki proučuje pojav periodičnih bioloških faz in vzroke njihovega pojavljanja ob upoštevanju biotičnih in abiotičnih dejavnikov ter medsebojne odnose zaporednih razvojnih faz znotraj ene vrste ali znotraj večih vrst (Lieth, 1997). Fenološki podatki poleg meteoroloških predstavljajo osnovo za proučevanje vpliva vremena in podnebja na razvoj rastlin (Ahas in sod., 2000; Hoogenboom, 2000; Menzel, 2003a).

Uporaba fenoloških opazovanj v kmetijstvu in gozdarstvu ima že dolgo tradicijo. Poznavanje vsakoletnega časa nastopa fenofaz in njihove variabilnosti lahko pomaga pri odločitvah glede agrotehničnih ukrepov pri rastlinski pridelavi kar nazadnje vodi k višjim in bolj stabilnim pridelkom ter tudi večji kvaliteti pridelane hrane (Zrnec, 1994; Hoogenboom, 2000). Podatki fenoloških opazovanj so pomembni na številnih praktično uporabnih področjih kot so na primer:

- izdelava agrometeoroloških analiz in napovedi,
- ugotavljanje primernosti posameznih območij za gojenje določene rastline (predvsem z vidika dolžine rastne dobe, toplotnih zahtev rastlin in količine potrebnih padavin),
- ocena tveganja zaradi pozebe,
- epidemiologija rastlinskih škodljivcev in bolezni,
- načrtovanje agrotehničnih ukrepov (setev, rez, varstvo rastlin, namakanje, spravilo),
- modeliranje rasti in razvoja kmetijskih rastlin.

Proučevanje fenoloških faz v dolgem časovnem nizu je vse pomembnejše orodje za ugotavljanje vpliva podnebnih sprememb tako na rastlinski kot živalski svet (Bergant in sod., 2002; Menzel, 2003b). Številne raziskave zadnjih let so pokazale, da višje temperature v spomladanskem obdobju na območjih zmernih geografskih širin vplivajo na zgodnejši fenološki razvoj rastlin, jesenske faze kažejo manjše spremembe, tako da na podaljšanje rastne sezone vplivajo predvsem zgodnejše pomladi (Sparks in sod., 2000). Analiza podatkov mednarodnih fenoloških vrtov po Evropi je pokazala v več kot polovici naravnih regij, ki predstavljajo vso Evropo, trend podaljšanja rastne sezone (Rötzer, 2000; Defila in Clot, 2001; Bergant in sod., 2005).

Podatki fenoloških opazovanj v Sloveniji se nahajajo v arhivu Urada za meteorologijo na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Trenutno opazovanja potekajo na 61 fenoloških postajah in sicer na nekaterih negojenih zelnatih rastlinah, gozdnem drevju in grmovju, travah in metuljnicah ter na izbranih gojenih kmetijskih rastlinskih vrstah (poljščine, sadne rastline, vinska trta).

#### 4.7 Trendi količine padavin in vodne bilance

Za izračun časovnih trendov v obdobju 1971-2006 smo uporabili podatke z razpoložljivih padavinskih postaj (arhiv ARSO). Karte prostorske interpolacije padavinskih trendov ter odstopanj smo narisali s pomočjo programov GRASS GIS in ArcGIS.

Glavni procesi v vodnem ciklu so padavine, evapotranspiracija in transport vodne pare. Nanj vezana ekstremna vremenska stanja so predvsem suše in poplave. Najbolj preprost, a vseeno učinkovit način določanja sušnih obdobj je izračun vodne bilance ( $VB$ ), to je vodnega presežka oz. primanjkljaja. Določimo jo tako, da od dnevne količine padavin ( $RR$ ) odštejemo dnevno količino potencialne evapotranspiracije ( $ET_p$ ) in za rezultat vzamemo vodno bilanco zadnjega dne v mesecu:

$VB_i = VB_{i-1} + RR_i - ET_{pi}$ , kjer prvi dan v mesecu upoštevamo vodno bilanco prejšnjega meseca, vendar brez presežkov in primanjkljajev, torej  $0 < VB_{i-1} \leq PK$ , pri čemer je  $PK$  poljska kapaciteta tal. Ta označuje količino vode, ki ostane v tleh po tem, ko iz vodo nasičenih tal odteče voda zaradi gravitacije.

Tla s slabo zadrževalno sposobnostjo so predstavljena s  $PK = 40$  mm, tla z dobro zadrževalno sposobnostjo pa s  $PK = 100$  mm. V severovzhodni Sloveniji prevladujejo tla s srednjo zadrževalno sposobnostjo (poljska kapaciteta med 80 in 150 mm), v zahodni Sloveniji imamo večinoma tla z majhno zadrževalno sposobnostjo (poljska kapaciteta med 30 in 80 mm), v severozahodni celo z zelo majhno (poljska kapaciteta do 30 mm). Veliko zadrževalno sposobnost (poljska kapaciteta med 150 in 230 mm) imajo tla le v jugovzhodnem delu in izjemoma še v posameznih katastrskih občinah po Sloveniji.

#### 4.8 Ekstremne padavine

Analizirali smo maksimalne letne vrednosti nalivov za različne časovne intervale: 30 min, 1, 6, 12 in 24 ur na treh merilnih lokacijah (Bilje, Murska Sobota ter Rateče). Pri izračunu smo uporabili 5-minutne količine padavin, prebrane iz ombrografa. Analizo smo naredili za obdobje 1991-2006. Izračunali smo tudi število dni, ko je dnevna količina padavin preseгла 40 mm.

Indeks intenzitete padavin predstavlja razmerje med količino padavin ter številom padavinskih dni v določenem obdobju. Pri izračunu potrebujemo dnevne količine padavin, kjer imamo dostopen daljši niz podatkov. Izračunane vrednosti indeksa v obdobju 1991-2006 smo zato primerjali s povprečno vrednostjo v obdobju 1991-2006.

#### 4.9 Nevihte, toča in veter

Analizirali smo tudi pojavnost števila dni na leto s točo, nevihto ter močnim in vihnim vetrom, ki smo jih določili na osnovi klimatoloških opazovanj v obdobju 1961-2007. Pri vetru smo se osredotočili na pojavnost močnega (maksimalna hitrost vetra je v intervalu med 10,8 m/s ter 17,2 m/s) ter vihnega vetra (maksimalna hitrost vetra doseže vrednosti nad 17,2 m/s).

## 5 SPREMEMBE AGRO-KLIMATSKIH SPREMENLJIVK

### 5.1 POVPREČNE, MAKSIMALNE IN MINIMALNE DNEVNE TEMPERATURE ZRAKA

#### 5.1.1 Povprečne dnevne temperature zraka

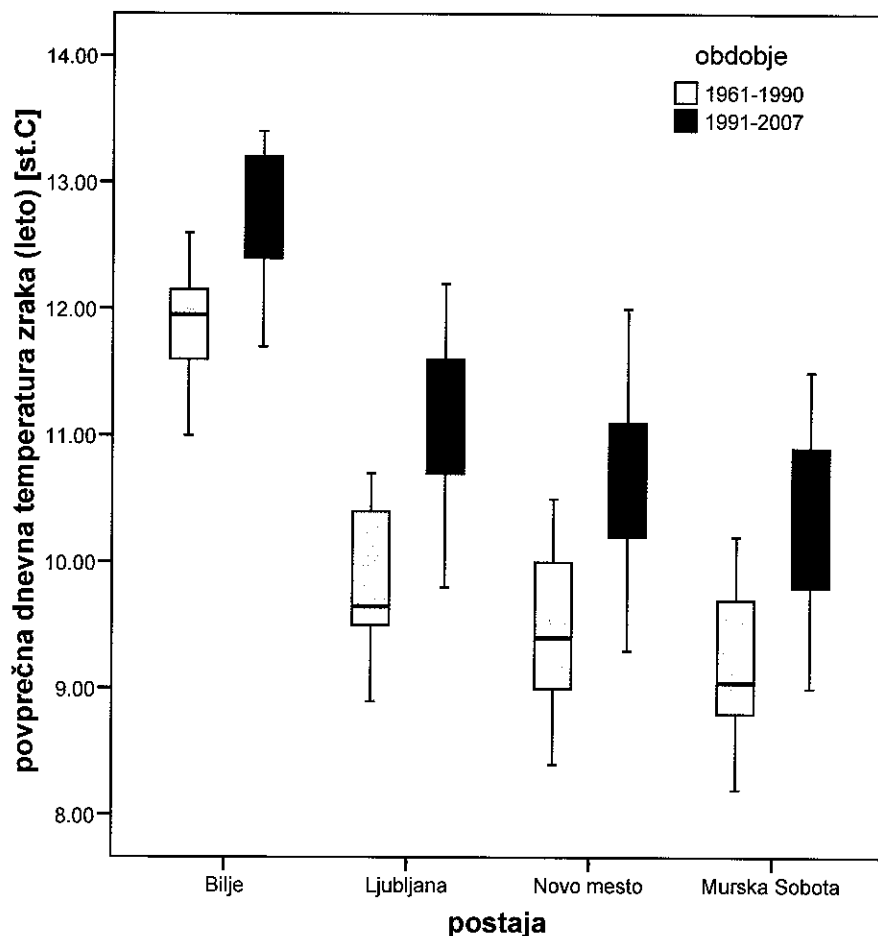
Najbolj znano je, da podnebne spremembe prinašajo v povprečju višje temperature zraka. Napovedi so med seboj nekoliko različne, saj obstaja določena mera negotovosti. Zato za začetek predstavljamo opažanja sprememb, ki se v Sloveniji že dogajajo, na njihovi podlagi pa lahko precej bolj upravičeno govorimo o prihodnjih povišanih temperatur zraka.

Tabelarično predstavljamo vse izračune, za boljši pregled pa smo pripravili še vizualizacijo z grafi za izbrane postaje.

Tabela 7: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečjih (poletnih in letnih) med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 za povprečne dnevne temperature zraka. Vrednosti v oklepajih predstavljajo 95% intervale zaupanja.

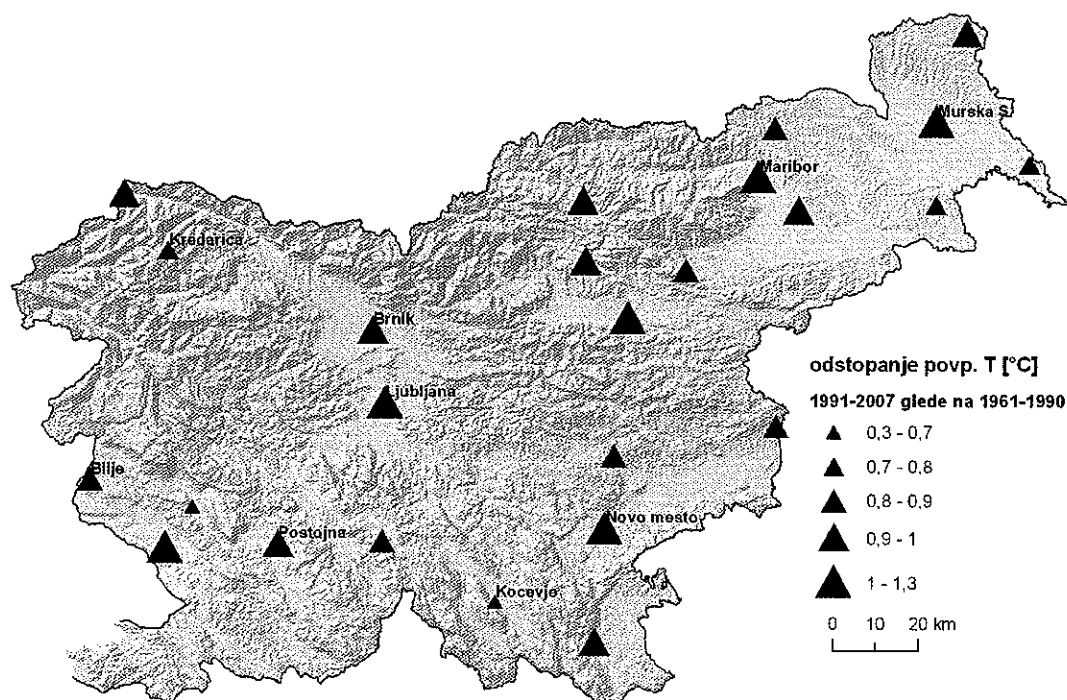
POSTAJA	nadm. višina [m]	POLETJE			LETO		
		$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja	$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja
BRNIK LETALIŠČE	364	17.6	1.3	(0.7, 1.8)	8.4	1	(0.5, 1.4)
KREDARICA	2514	5	1.3	(0.8, 1.8)	-1.7	0.9	(0.5, 1.3)
RATEČE - PLANICA	864	14.8	1.5	(1.1, 1.9)	5.7	1.2	(0.8, 1.5)
BILJE	55	20.4	1.4	(0.9, 1.9)	11.9	0.9	(0.6, 1.2)
SLAP	130	19.9	1.2	(0.6, 1.7)	11.7	0.7	(0.4, 1)
GODNJE	360	18.9	1.7	(1.1, 2.2)	10.6	1.2	(0.9, 1.6)
POSTOJNA	533	16.7	1.5	(1, 2)	8.4	1	(0.7, 1.4)
NOVA VAS NA BLOKAH	722	15.4	1.4	(0.9, 1.9)	6.9	1	(0.6, 1.3)
KOČEVJE	467	17	1	(0.6, 1.5)	8.3	0.7	(0.3, 1.1)
LJUBLJANA BEŽIGRAD	299	19	1.7	(1.2, 2.2)	9.8	1.4	(1, 1.7)
SEVNO	545	17.5	1.3	(0.7, 1.9)	9	0.8	(0.4, 1.2)
BIZELJSKO	179	18.6	1.6	(1, 2.1)	9.8	1	(0.7, 1.4)
NOVO MESTO	220	18.4	1.8	(1.2, 2.3)	9.5	1.3	(0.9, 1.7)
ČRNOMELJ DOBLIČE	157	19.2	1.7	(1, 2.4)	10.1	1.1	(0.6, 1.6)
CELJE	244	18.3	1.6	(1.2, 2.1)	9.2	1.3	(0.9, 1.7)
VELENJE	410	18	1.5	(0.9, 2.1)	9.3	1.1	(0.7, 1.5)
SLOVENSKE KONJICE	330	18.1	1.4	(0.9, 2)	9.5	1.1	(0.7, 1.4)
STARŠE	240	18.6	1.6	(1.1, 2.2)	9.6	1.1	(0.7, 1.4)
MARIBOR - TABOR	275	18.8	1.7	(1.2, 2.3)	9.7	1.2	(0.9, 1.6)
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	455	16.8	1.4	(0.9, 1.9)	7.7	1	(0.7, 1.4)
POLIČKI VRH	280	17.8	1.4	(1, 1.9)	8.7	1	(0.7, 1.4)
JERUZALEM	335	18.8	1.3	(0.7, 2)	9.9	0.9	(0.4, 1.4)

LENDAVA	190	18.9	1.3	(0.8, 1.9)	10	0.9	(0.5, 1.3)
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	188	18.4	1.7	(1.1, 2.3)	9.2	1.2	(0.8, 1.6)
VELIKI DOLENCI	308	18.3	1.5	(0.9, 2.1)	9.3	1.1	(0.7, 1.5)



Slika 5: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev letnih povprečij povprečnih dnevni temperatur zraka za izbrani obdobje.

Povprečna dnevna temperatura zraka se zelo očitno povečuje. Poleti je razlika med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 od 1 do 1,8 °C, najmanj temperatura narašča jeseni, letna razlika se giblje od 0,7 do 1,4 °C. Največje spremembe opažamo v Novem mestu, najmanjše v Kočevju. Segrevanje na Kredarici je primerljivo z nižinskimi postajami. Okvirji z ročaji prikazujejo, kako se z dvigom povprečja nekoliko povečuje tudi variabilnost, kar pomeni, da je razpon temperatur večji. Vidimo lahko tudi, da dvig ni značilno odvisen od prvotnega povprečja v obdobju 1961-1990, saj so rezultati med seboj primerljivi. Tako se je na primer v Biljah povprečje dvignilo z 11,9 °C na 12,8 °C in v Murski Soboti z 9,2 °C na 10,4 °C. Za boljši prostorski pregled sprememb je v nadaljevanju predstavljena tudi grafična predstavitev rezultatov na zemljevidu Slovenije.



Slika 6: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v letnih povprečjih povprečnih dnevni temperatur zraka med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007.

Rezultatov za Portorož v tem primeru žal ne moremo primerno predstaviti zaradi vmesne selitve meteorološke postaje, ki je povzročila prelom v nizu podatku. Tako tudi po homogenizaciji ne dobimo razlike med obdobjema, ki bi bila primerljiva z rezultati po Sloveniji. V nadaljevanju bomo predstavili nekaj izračunov, pri čemer se moramo omenjenih postopkov zavedati in upoštevati možnost precejšnje napake.

### 5.1.2 *Maksimalne in minimalne temperature zraka*

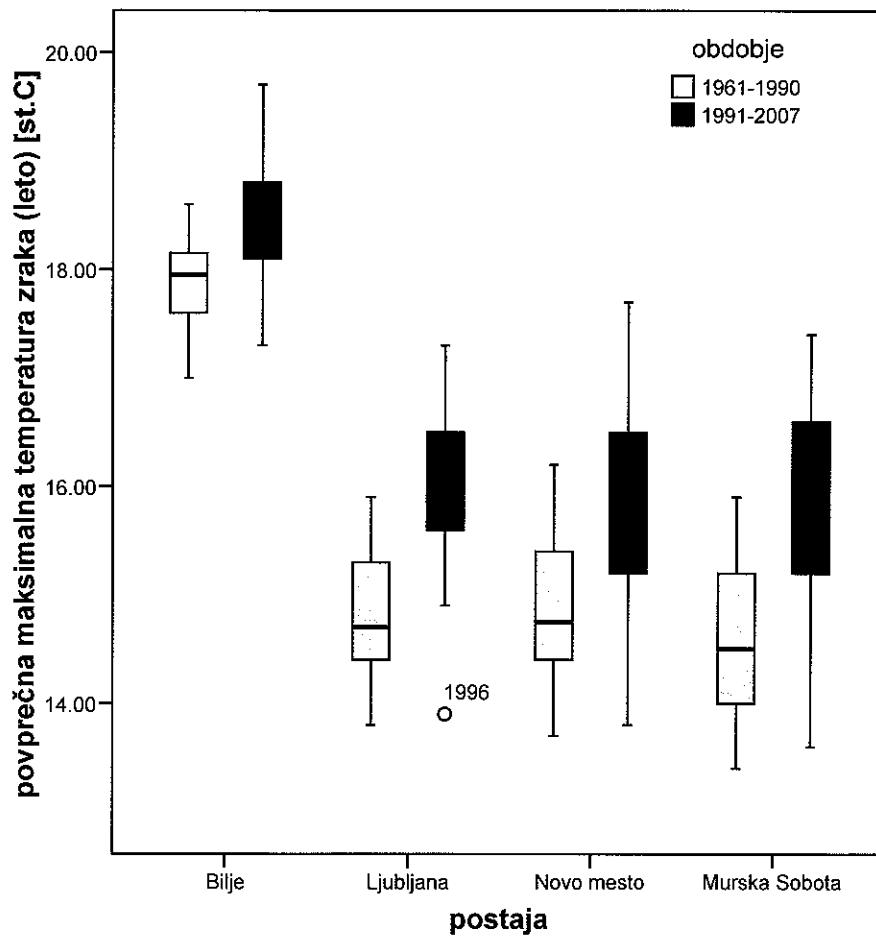
Maksimalne in minimalne temperature zraka že v osnovi niso normalno porazdeljene, kar je splošna značilnost ekstremov.

Variabilnosti so pri maksimalnih dnevni temperaturah večje kot pri povprečnih in se z zviševanjem povprečij še povečajo, a v veliki odvisnosti od lokacije - na grafu (Slika 7) vidimo izredno veliki variabilnosti za Novo mesto in Mursko Soboto. Sicer pa je dvig povprečja nekoliko večji od tistega pri povprečnih dnevni temperaturah zraka.



Tabela 8: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečjih (poletnih in letnih) med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 za maksimalne dnevne temperature zraka. Vrednosti v oklepajih predstavljajo 95% intervale zaupanja.

POSTAJA	nadm. višina [m]	POLETJE			LETO		
		$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja	$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja
BRNIK LETALIŠČE -	364	24.4	1.1	(-0.2, 2.1)	14.3	0.8	(0.3, 1.3)
PLANINA POD GOLICO	950	19.9	1.8	(0, 2)	11.1	1.2	(0.6, 1.8)
KREDARICA	2514	7.8	1.2	(-0.1, 1.8)	1.2	0.8	(0.4, 1.2)
RATEČE - PLANICA	864	21.4	1.7	(0.1, 2.1)	11.8	1.3	(0.9, 1.7)
BILJE	55	27.1	1.2	(-0.2, 1.2)	17.9	0.6	(0.3, 1)
SLAP	130	26.4	1.9	(-0.1, 1.3)	17.1	1.1	(0.8, 1.5)
GODNJE	360	25.1	1.9	(0.3, 1.8)	16	1.3	(0.9, 1.7)
POSTOJNA	533	22.9	1.8	(-0.1, 2)	13.4	1.1	(0.7, 1.6)
NOVA VAS NA BLOKAH	722	21.7	1.8	(0.1, 2.3)	12.3	1.3	(0.8, 1.8)
KOČEVJE	467	23.6	1.8	(-0.2, 2.2)	14	1.3	(0.8, 1.8)
LJUBLJANA BEŽIGRAD -	299	25	1.6	(0.3, 2.5)	14.8	1.2	(0.8, 1.7)
SEVNO	545	22.3	1.7	(0, 2.3)	13	1.1	(0.5, 1.6)
BIZELJSKO	179	25.2	2.2	(-0.2, 2.3)	15.2	1.4	(0.9, 1.9)
NOVO MESTO	220	24.6	1.6	(0, 2.5)	14.8	1.2	(0.6, 1.7)
ČRNOMELJ DOBLIČE -	157	25.5	1.6	(-0.2, 2.3)	15.6	1.1	(0.5, 1.7)
CELJE	244	24.8	1.6	(0.3, 2.8)	15	1.3	(0.8, 1.8)
VELENJE	410	23.9	1.8	(-0.2, 2.1)	14.6	1.2	(0.7, 1.7)
SLOVENSKE KONJICE	330	24.1	2	(0.2, 2.8)	14.6	1.7	(1.1, 2.2)
STARŠE	240	24.4	1.9	(-0.3, 2.2)	14.7	1.2	(0.8, 1.7)
MARIBOR - TABOR	275	24.3	1.8	(0, 2.6)	14.7	1.2	(0.7, 1.7)
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	455	23	1.6	(0.2, 2.3)	13.3	1.3	(0.8, 1.7)
POLIČKI VRH	280	24	1.4	(-0.2, 2.5)	14.5	1.2	(0.7, 1.8)
JERUZALEM	335	23.7	1.7	(-0.4, 2.3)	14.1	1.1	(0.5, 1.7)
LENDAVA	190	25.1	1.7	(-0.3, 2)	15.2	1.2	(0.6, 1.7)
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	188	24.5	2	(-0.1, 2.4)	14.5	1.3	(0.8, 1.8)
VELIKI DOLENCI	308	23.7	1.4	(-0.5, 2)	13.9	0.9	(0.4, 1.4)
PORTOROŽ	2	/	/	/	17.9	0.9	(-0.2, 2)

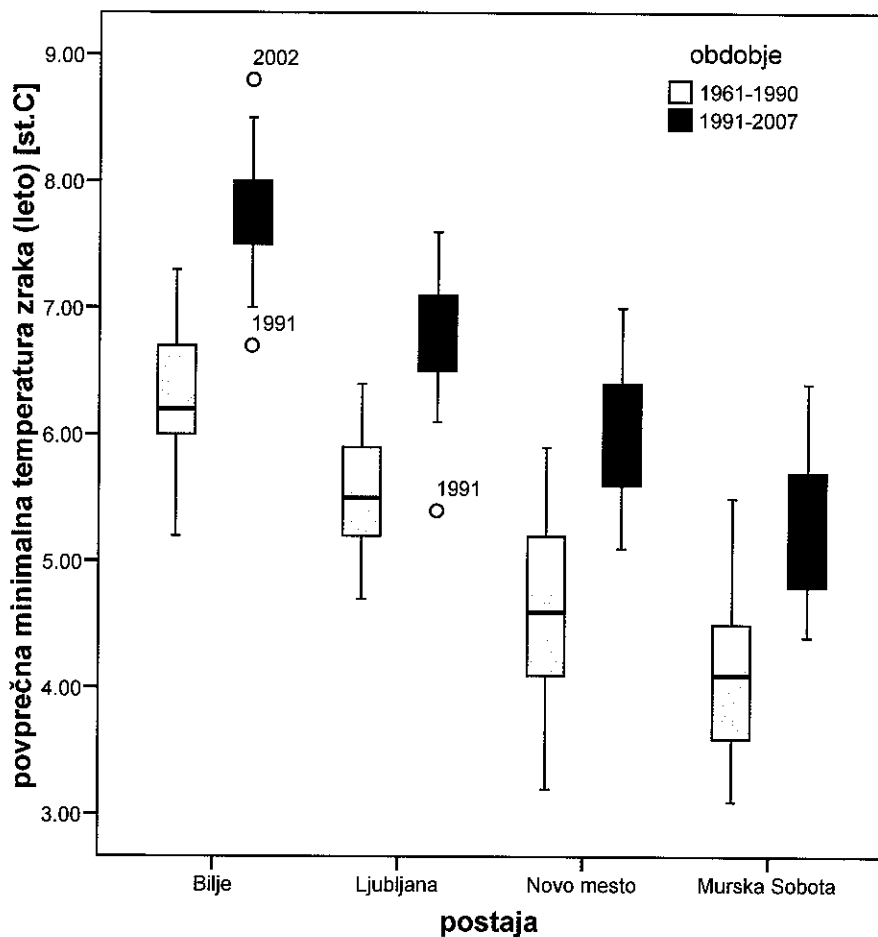


Slika 7: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev letnih povprečij maksimalnih dnevni temperatur zraka za izbrani obdobji.

Pri letnih vrednostih so razlike med obdobjema od 0,6 do 1,7 °C, najmanjše spremembe so bile jeseni, poleti so razlike od 1,2 do 2,2 °C. V Biljah je bilo v referenčnem obdobju povprečje 17,9 °C, kasneje pa 18,5 °C, kar je bil najmanjši porast povprečne maksimalne temperature zraka. Največje spremembe so v vzhodnem in severovzhodnem delu Slovenije: Bizeljsko, Slovenske Konjice, Murska Sobota (Tabela 8).

Tabela 9: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečjih (zimskih in letnih) med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 za minimalne dnevne temperature zraka. Vrednosti v oklepajih predstavljajo 95% intervale zaupanja.

POSTAJA	nadm. višina [m]	ZIMA			LETO		
		$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja	$\bar{T}_{61-90}$	$\bar{T}_{91-07} - \bar{T}_{61-90}$	interval zaupanja
KRVAVEC	1740	-7	0.8	(-0.2, 1.8)	0.3	0.6	(0.2, 1)
BRNIK LETALIŠČE	364	-4.9	0.6	(-0.5, 1.7)	3.4	1	(0.5, 1.5)
PLANINA GOLICO	950	-5.4	0.9	(-0.1, 1.9)	1.9	1.1	(0.6, 1.5)
KREDARICA	2514	-10.5	0.9	(-0.1, 2)	-4.2	1	(0.7, 1.4)
RATEČE - PLANICA	864	-7.9	0.9	(-0.2, 1.9)	0.7	1.1	(0.8, 1.4)
VOJSKO	1067	-4.8	0.3	(-0.6, 1.3)	3	0.5	(0.1, 0.9)
BILJE	55	-1.2	1	(0.1, 1.9)	6.2	1.6	(1.3, 1.9)
SLAP	130	0.3	0.1	(-0.6, 0.8)	7.5	0.5	(0.2, 0.8)
GODNJE	360	-1.6	1.4	(0.5, 2.2)	5.8	1.8	(1.5, 2.1)
POSTOJNA	533	-3.5	0.8	(-0.2, 1.8)	3.9	0.9	(0.6, 1.2)
NOVA VAS NA BLOKAH	722	-6.5	1.2	(0, 2.5)	1.6	1.2	(0.8, 1.6)
KOČEVJE	467	-4.7	0.5	(-0.7, 1.7)	3.4	0.7	(0.3, 1.2)
LJUBLJANA BEŽIGRAD	299	-2.7	1	(-0.1, 2)	5.5	1.3	(1, 1.6)
SEVNO	545	-2.5	0.8	(-0.3, 1.9)	5.7	0.8	(0.4, 1.2)
BIZELJSKO	179	-3.5	0.7	(-0.3, 1.8)	4.9	1.1	(0.8, 1.5)
NOVO MESTO	220	-3.5	1.2	(0.1, 2.3)	4.7	1.4	(1, 1.8)
ČRNO MELJ DOBLIČE	157	-3.1	0.2	(-0.8, 1.3)	5.1	0.5	(0.1, 0.9)
CELJE	244	-4.8	1.1	(-0.1, 2.2)	3.8	1.2	(0.9, 1.6)
VELENJE	410	-3.3	1	(-0.1, 2)	4.8	1.3	(0.8, 1.7)
SLOVENSKE KONJICE	330	-2.9	0.3	(-0.8, 1.4)	5.2	0.7	(0.4, 1.1)
STARŠE	240	-4	0.7	(-0.5, 1.9)	4.6	1.1	(0.7, 1.5)
MARIBOR - TABOR	275	-3.4	0.9	(-0.1, 2)	5.3	1.3	(0.9, 1.7)
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	455	-5.8	0.6	(-0.5, 1.7)	2.8	0.8	(0.5, 1.2)
JERUZALEM	335	-2.6	0.9	(-0.2, 2)	6.1	1	(0.6, 1.4)
LENDAVA	190	-2.8	0.1	(-0.8, 1.1)	5.3	0.9	(0.5, 1.3)
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	188	-4.7	0.9	(-0.4, 2.2)	4.1	1.2	(0.9, 1.6)
VELIKI DOLENCI	308	-3.7	1	(-0.1, 2)	4.8	1.3	(0.8, 1.7)
PORTOROŽ	2	/	/	/	7.9	0.9	(0, 1.8)



Slika 8: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev letnih povprečij minimalnih dnevni temperatur zraka za izbrani obdobji.

Pri minimalnih temperaturah opazimo podobno naraščanje kot pri povprečnih dnevni temperaturah zraka, torej nekoliko manjše kot pri maksimalnih. Pri letnih povprečjih gre za 0,5 do 1,8 °C, pri zimskih pa za 0,1 do 1,4 °C razlike med obravnavanima obdobjema. Največje razlike se sicer kažejo poleti in najmanjše pozimi, a so kljub temu zanimivejše zimske spremembe, ko rastline potrebujejo mraz za mirovanje. Variabilnost se pri minimalnih temperaturah pri dvigu povprečij znižuje. Sicer pa lahko vidimo, da se že v osnovi povprečja pri minimalnih temperaturah zraka na primer v Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti precej bolj razlikujejo in so v obdobju 1961-1990 nekje med 4 in 6 °C, v obdobju 1991-2007 pa med 5 in 8 °C (Tabela 9).

## 5.2 ŠTEVILO VROČIH, TOPLIH IN HLADNIH DNI

Z naraščanjem temperature zraka je povezano naraščanje števila vročih (maksimalna temperatura nad 30 °C) in toplih dni (maksimalna temperatura nad 25 °C) ter upadanje števila hladnih dni (minimalna temperatura pod 0 °C). Za fenološki razvoj rastlin je ključnega pomena, da je dovolj hladnih dni, preveliko število toplih ali celo vročih dni pa deluje stresno.

Pogledali bomo tudi, kako se spreminja število izbranih dni, ko se povečuje povprečna dnevna temperatura zraka, torej pri različnih scenarijih podnebnih sprememb za prihodnost, pri čemer je bazno obdobje 1961-1990.

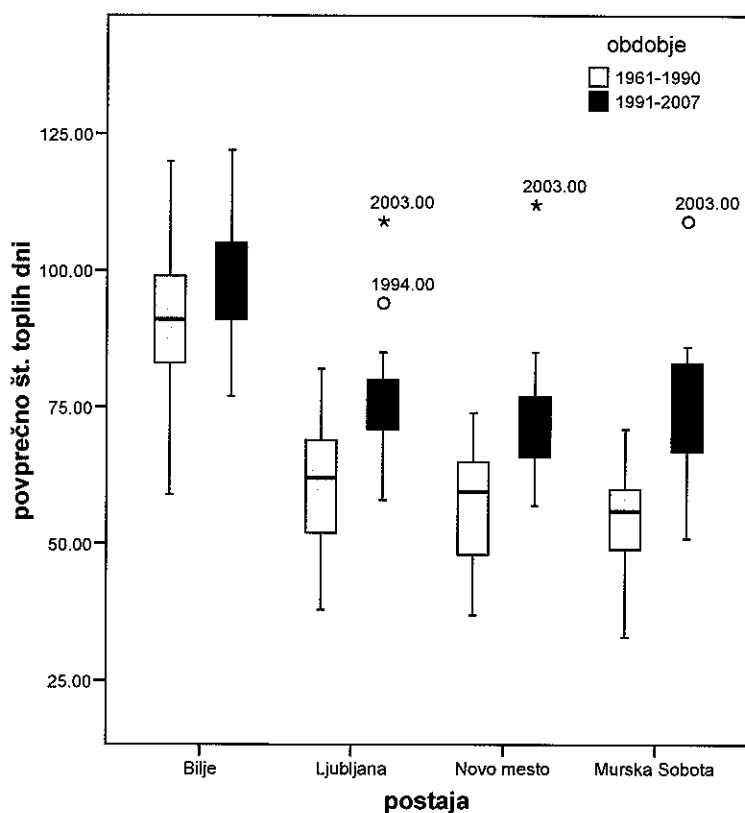
Tabela 10: Absolutne razlike v povprečnem letnem številu toplih ( $T_{max} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), poletnem številu vročih ( $T_{max} > 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in zimskem številu hladnih ( $T_{min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 ter povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990.

POSTAJA	Topli (veg.) $\bar{n}_{61-90}$	Topli (veg.) $\bar{n}_{91-07} - \bar{n}_{61-90}$	Vroči (poletje) $\bar{n}_{61-90}$	Vroči (poletje) $\bar{n}_{91-07} - \bar{n}_{61-90}$	Hladni (zima) $\bar{n}_{61-90}$	Hladni (zima) $\bar{n}_{91-07} - \bar{n}_{61-90}$
KRVAVEC	52	/	/	/	85	-2
BRNIK LETALIŠČE	11	11	7	7	76	-3
PLANINA POD GOLICO	0	13	0	1	82	-2
KREDARICA	22	0	0	0	89	-1
RATEČE PLANICA	3	14	1	4	85	-1
VOJSKO	89	/	0	/	77	-1
BILJE	78	7	23	11	53	-5
SLAP	58	19	17	18	41	0
GODNJE	33	23	9	15	57	-12
POSTOJNA	23	18	2	8	67	-4
NOVA VAS NA BLOKAH	46	15	1	4	75	-5
KOČEVJE	60	19	5	10	72	1
LJUBLJANA BEŽIGRAD	28	17	10	11	63	-4
SEVNO	65	18	1	6	64	-6
BIZELJSKO	56	24	12	16	68	-3
NOVO MESTO	69	16	8	12	70	-4
ČRNO MELJ DOBLIČE	59	16	13	11	66	0
CELJE	49	16	9	11	73	-4
VELENJE	50	20	5	11	70	-4
SLOVENSKE KONJICE	53	23	6	13	66	-3
STARŠE	53	22	7	14	70	-2
MARIBOR TABOR	37	18	6	11	69	-4
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	49	17	2	8	80	-1
POLIČKI VRH	58	18	5	9	75	/
GORNJA RADGONA I.	57	21	8	12	73	-2
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	47	9	9	8	64	-9
JERUZALEM	52	19	5	9	62	-5

PODGRADJE	64	/	6	/	64	-7
LENDAVA	54	16	10	13	67	-2
MURSKA SOBOTA RAKIČAN	43	20	7	14	74	-2
VELIKI DOLENCI	82	15	4	9	73	-6
PORTOROŽ	52	16	15	14	48	-3

Tabela 10 predstavlja podatke o povečanju povprečnega števila toplih in vročih dni ter zmanjšanju števila hladnih dni, ko primerjamo obdobji 1961-1990 in 1991-2007. Povprečje toplih dni je izračunano za vegetacijsko obdobje (od aprila do septembra), povprečje vročih dni za poletje (pred junijem in po avgustu načeloma maksimalne temperature na sežejo preko 30 °C) in povprečje hladnih dni za zimo.

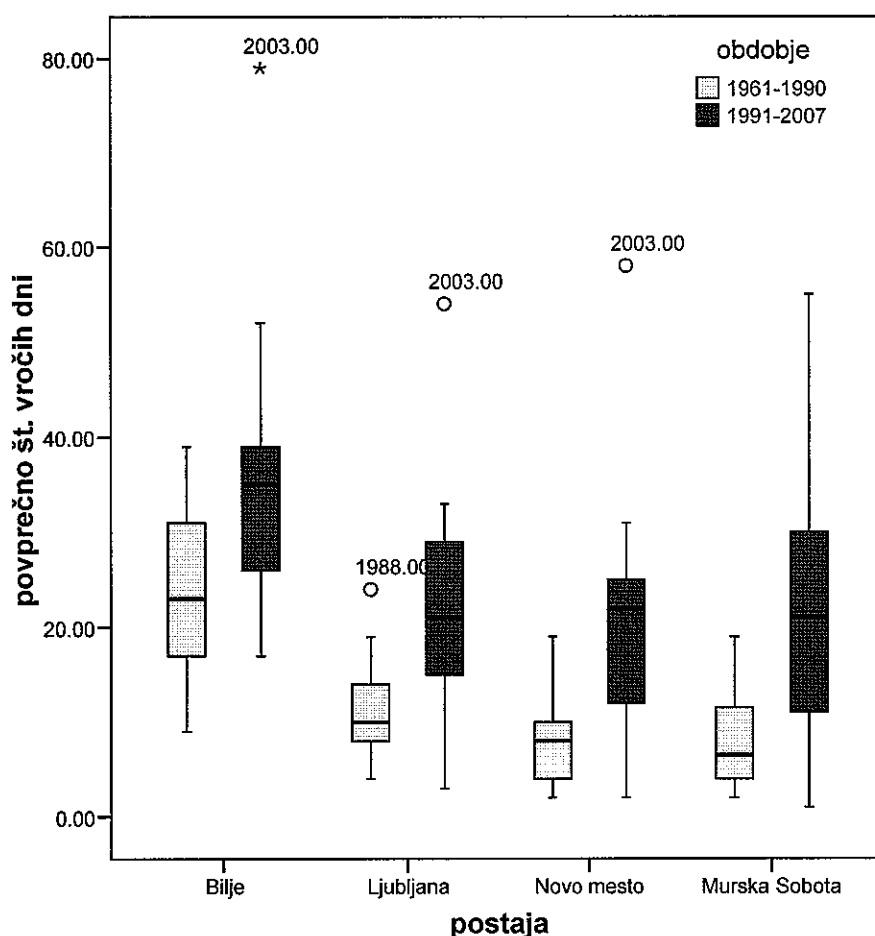
Najbolj se je povečalo število toplih in vročih dni tam, kjer se je najbolj dvignila maksimalna temperatura zraka, torej izmed izbranih postaj v Bizeljskem in Slovenskih Konjicah. Večinoma se je bolj povečalo število toplih dni – za do 24 dni (Bizeljsko), število vročih dni pa za do 18 (Slap). V višje ležečih krajih so spremembe manjše, na Kredarici pa povečanja sploh ni, ker kljub segrevanju temperature ne sežejo čez določen temperaturni prag.



Slika 9: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev vegetacijskih povprečij števila toplih dni ( $T_{\text{maks}} > 25 \text{ °C}$ ) za izbrani obdobji.

Zanimiva je sprememba v Biljah, kjer so temperature že sicer višje in je tako prišlo do večjega povečanja števila vročih (s povprečno 23 na 34) kot pa števila toplih dni (s povprečno 89 na 96). Variabilnost je pri številu toplih dni večja le v Biljah, kjer so vrednosti višje. Sicer pa se je s povečanjem števila toplih dni variabilnost zmanjšala, kar ni ravno običajno, a moramo na tem mestu upoštevati dejstvo, da je prvo obravnavano obdobje dolgo 30, drugo pa le 17 let.

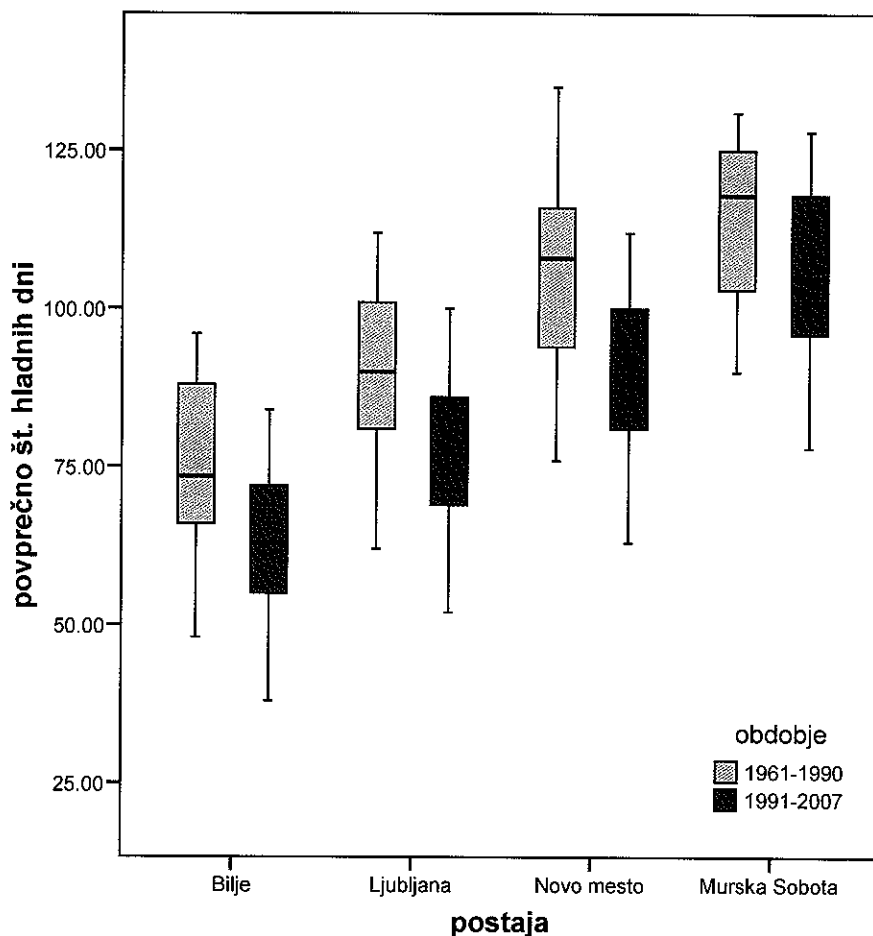
Vroči dnevi spadajo med bolj ekstremne dogodke, kar se odraža predvsem pri večji variabilnosti. Izredno velik razpon v Murski Soboti (Slika 10) lahko pripišemo dejstvu, da je zaradi večjega števila let z več vročimi dnevi leto 2003 ostalo maksimum in ne osamelec kot pri ostalih postajah. Na grafih lahko tudi vidimo, kako ekstremno je zares bilo leto 2003 z izjemno velikim številom toplih in vročih dni. Dejstvo, da je bilo leta 2003 v Biljah 79 vročih dni, je prav neverjetno.



Slika 10: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev poletnih povprečij števila vročih dni ( $T_{maks} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) za izbrani obdobji.

Število hladnih dni se zaradi segrevanja zmanjšuje. Med povprečjema v obdobju 1961-1990 in 1991-2007 je razlike do 7 dni z nekaj izjemami: na postaji Godnje se je število hladnih dni zmanjšalo kar za 12 dni, na Turškem Vrhu za 9; v Črnomlju in na Slapu se število hladnih dni ni spremenilo, v Kočevju se je celo povečalo za 1 dan. Slika 11 kaže,

da je več hladnih dni že v osnovi v Prekmurju in na Dolenjskem, a spremembe od tega niso odvisne, prav tako ni opaznejših sprememb variabilnosti. Povprečja so se tako spremenila recimo v Biljah s 54 na 49 hladnih, v Murski Soboti s 74 na 72, v Novem mestu s 70 na 66 (Tabela 10, Tabela 13). Slika 11 prikazuje rezultate za izbrane postaje za število hladnih dni v celem letu, zato se povprečja razlikujejo od predstavljanih, ki se nananjajo le na zimske hladne dni.



Slika 11: Okvirji z ročaji za Bilje, Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, ki predstavljajo porazdelitev letnih povprečij števila hladnih dni ( $T_{\min} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) za izbrani obdobji.

Ogledali smo si spremembe, ki se že dogajajo, sedaj pa pogledjmo, kako se število toplih, vročih in hladnih dni spreminja po različnih scenarijih podnebnih sprememb. Povprečnim temperaturam zraka v obdobju 1961-1990 smo za šest različnih scenarijev prišteli 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3  $^\circ\text{C}$ . Glede na to, da so bile razlike letnih povprečnih temperatur zraka v obdobju 1991-2007 glede na 1961-1990 od 0,7 do 1,4  $^\circ\text{C}$ , so izbrana povišanja temperature povsem primerna.

Kot vidimo v tabelah (Tabela 11 in Tabela 12), se število toplih in vročih dni po različnih scenarijih izrazito povečuje glede na število v obdobju 1961-1990. Opažene spremembe v obdobju 1991-2007 tako za tople kot tudi za vroče dni bolj ali manj sovpadajo s scenarijem s temperaturo, povečano za 1,5  $^\circ\text{C}$ . To pomeni, da lahko v prihodnosti



dejansko pričakujemo povečevanje kot je prikazano. Splošno gledano pomeni dvig temperature zraka v povprečju za 0,5 °C povečanje števila toplih dni za 6 do 8 in povečanje števila vročih dni za 3 do 5 dni. Izjeme so višje ležeči predeli Slovenije, kjer so spremembe manjše ali pa jih sploh ni.

**Tabela 11: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečnem vegetacijskem številu toplih ( $T_{max} > 25\text{ °C}$ ) dni med obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 in 3 °C.**

POSTAJA	$\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+0.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+3^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$
BRNIK - LETALIŠČE	52	7	13	20	28	34	40
PLANINA POD GOLICO	11	3	7	10	15	19	26
KREDARICA	0	0	0	0	0	0	0
RATEČE - PLANICA	22	4	10	14	21	25	32
TOLMIN	80	6	13	18	24	29	35
VOJSKO	3	2	3	6	9	12	17
ČEPOVAN	24	5	10	15	22	28	36
VEDRIJAN	72	6	15	21	29	34	41
BILJE	89	7	13	19	26	32	37
SLAP	78	7	14	20	28	33	40
GODNJE	58	8	15	22	29	36	43
KUBED	77	5	14	20	28	32	40
ILIRSKA BISTRICA	51	7	14	21	28	35	42
POSTOJNA	33	4	10	16	23	29	37
RAKITNA	14	4	8	12	17	22	28
NOVA VAS NA BLOKAH	23	4	9	14	19	25	32
KOČEVJE	46	5	12	18	26	31	40
LJUBLJANA BEŽIGRAD	60	6	14	21	27	34	40
VRHNIKA	59	7	14	20	27	33	41
SEVNO	28	5	11	17	23	30	38
BIZELJSKO	65	7	14	20	28	34	42
NOVO MESTO	56	7	14	20	27	34	41
ČRNO MELJ DOBLIČE	69	7	14	21	27	34	40
ROGAŠKA SLATINA	60	6	14	20	27	33	41
CELJE	59	6	14	20	28	34	41
MOZIRJE	53	6	13	19	27	33	41
RAVNE KOROŠKEM NA	56	7	12	18	25	32	38
VELENJE	49	6	13	19	26	34	42
SLOVENSKE KONJICE	50	6	13	20	26	33	40
STARŠE	53	6	14	20	27	34	43
MARIBOR - TABOR	53	5	13	19	27	33	42
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	37	6	12	19	25	32	39
POLIČKI VRH	49	7	15	20	28	35	42
ZGORNJA ŠČAVNICA	49	6	13	19	27	33	40

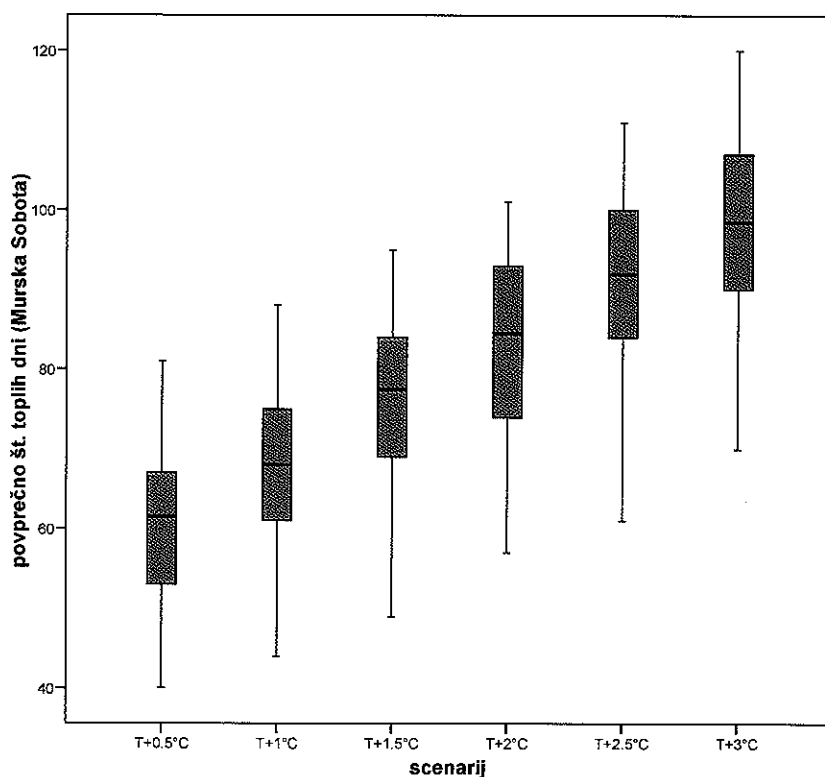
GORNJA RADGONA I.	58	8	14	21	29	35	42
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	57	7	13	19	26	33	41
JERUZALEM	47	5	13	20	28	33	43
PODGRADJE	52	6	13	21	28	35	42
LENDAVA	64	7	14	21	28	35	42
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	54	6	15	21	29	35	43
VELIKI DOLENCI	43	6	13	19	27	34	41
PORTOROŽ	82	8	16	23	32	40	47

Tabela 12: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečnem poletnem številu vročih ( $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dni med obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 in 3  $^{\circ}\text{C}$ .

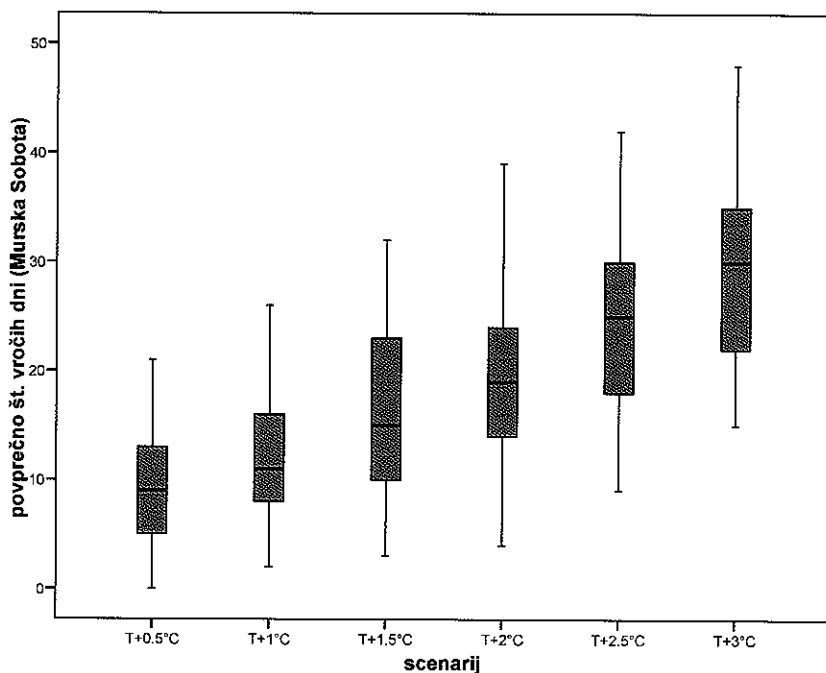
POSTAJA	$\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+0.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2.5^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+3^{\circ}\text{C}}$ - $\bar{n}_{61-90}$
BRNIK - LETALIŠČE	7	2	5	9	12	15	19
PLANINA POD GOLICO	0	0	0	0	1	1	2
KREDARICA	0	0	0	0	0	0	0
RATEČE - PLANICA	1	0	1	2	4	5	8
TOLMIN	19	3	7	10	15	19	23
VOJSKO	0	0	0	0	0	0	0
ČEPOVAN	1	0	1	2	4	6	8
VEDRIJAN	13	3	7	11	16	19	25
BILJE	23	5	9	14	18	22	27
SLAP	17	4	8	12	17	20	25
GODNJE	9	2	6	9	13	17	21
KUBED	15	4	9	12	17	21	27
ILIRSKA BISTRICA	7	3	5	8	11	15	19
POSTOJNA	2	1	3	4	6	9	12
RAKITNA	0	0	0	1	1	2	3
NOVA VAS NA BLOKAH	1	1	1	2	3	5	7
KOČEVJE	5	2	4	6	10	13	16
LJUBLJANA BEŽIGRAD	10	3	6	10	14	18	21
VRHNIKA	10	3	7	10	14	18	22
SEVNO	1	1	2	3	5	7	10
BIZELJSKO	12	3	7	9	14	17	22
NOVO MESTO	8	3	6	9	12	17	21
ČRNOVELJ DOBLIČE	13	3	6	10	15	19	22
ROGAŠKA SLATINA	9	3	6	9	13	17	22
CELJE	9	2	6	9	13	17	21
MOZIRJE	7	2	5	8	11	15	19
RAVNE KOROŠKEM NA	9	3	5	8	12	16	20
VELENJE	5	3	5	8	10	14	18
SLOVENSKE KONJICE	6	2	5	7	11	14	19
STARŠE	7	2	5	8	12	15	19
MARIBOR - TABOR	6	2	5	8	12	15	20

ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	2	1	3	5	7	10	13
POLIČKI VRH	5	2	5	7	10	14	19
ZGORNJA ŠČAVNICA	5	2	5	8	11	14	18
GORNJA RADGONA I.	8	3	6	9	13	17	21
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	9	2	5	8	11	15	20
JERUZALEM	5	1	3	5	9	11	17
PODGRADJE	6	2	4	8	11	14	18
LENDAVA	10	3	6	10	13	18	23
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	7	2	6	8	12	15	20
VELIKI DOLENCI	4	2	4	6	9	12	16
PORTOROŽ	15	5	10	15	21	27	35

Največje predvidene spremembe so na Primorskem in v severovzhodni Sloveniji. Sliki v nadaljevanju (Slika 12 in Slika 13) prikazujeta pričakovane spremembe v Murški Soboti po šestih scenarijih dvigovanja temperature. Povezava med dvigom temperature in dvigom števila toplih dni je precej linearna, česar pa ne moremo trditi za vroče dni.



Slika 12: Okvirji z ročaji za porazdelitev letnih povprečij števila toplih dni ( $T_{\text{maks}} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) v Murški Soboti za šest različnih scenarijev, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.

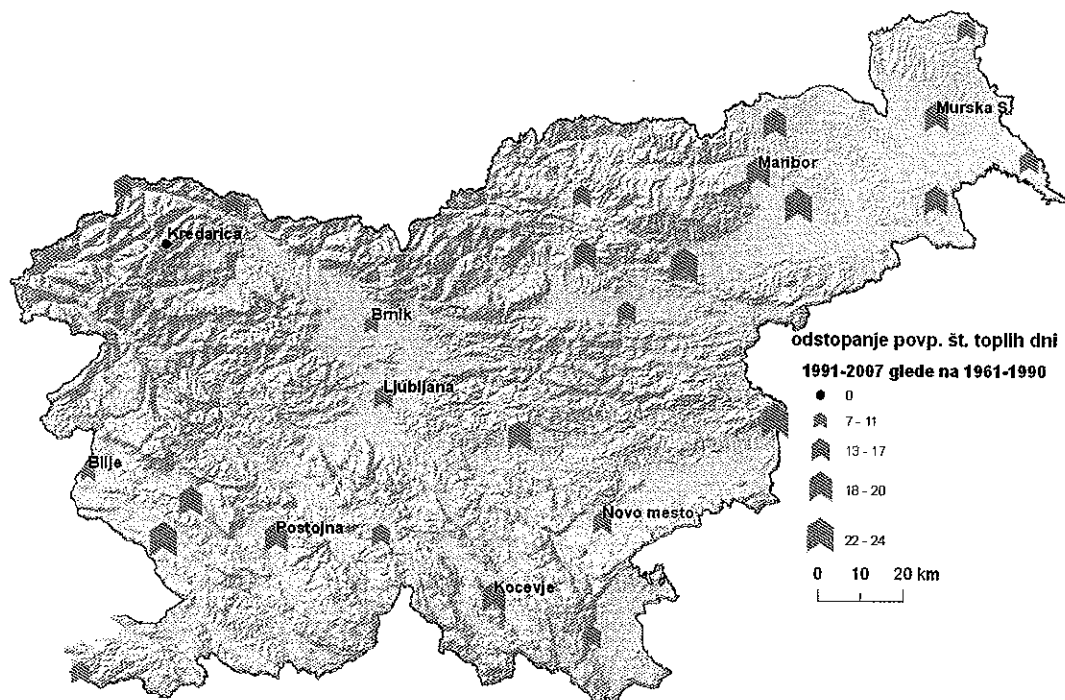


Slika 13: Okvirji z ročaji za porazdelitev letnih povprečij števila vročih dni ( $T_{maks} > 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) v Murski Soboti za šest različnih scenarijev, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 in 3  $^{\circ}\text{C}$ .

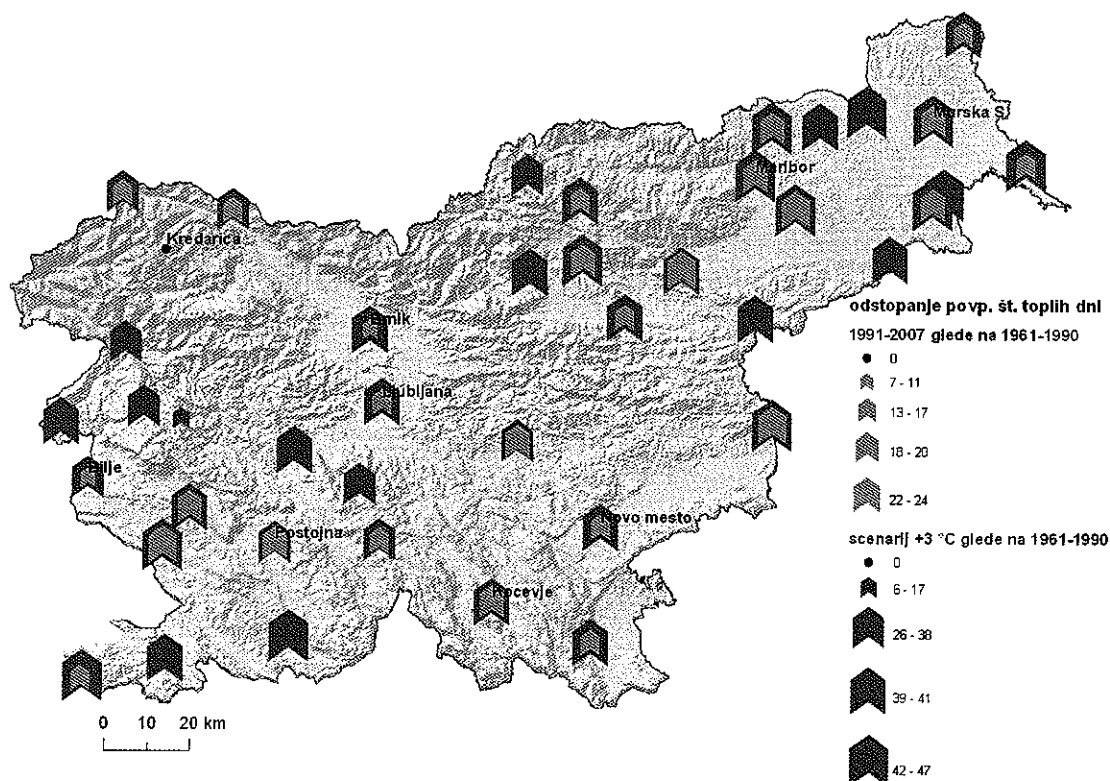
Slika 14 kaže, koliko se je število toplih dni v vegetacijskem obdobju že povečalo, saj primerja obdobji 1961-1990 in 1991-2007. Sledi ji slika (Slika 15), ki nakazuje, kako bi se lahko spremembe odvijale naprej po scenariju, po katerem bi se povprečna temperatura zraka povečala za 3  $^{\circ}\text{C}$  (predstavljeno v ozadju z rjavo barvo), hkrati pa so za primerjavo še vedno dodane že opažene spremembe (oranžna barva).

Kot vidimo, vzorec sprememb ni enak: kjer je povečanje že sedaj veliko, se v prihodnje le-to ne bo tako izrazito stopnjevalo, kot v nekaterih primerih, kjer so zaenkrat spremembe manjše. Več rezultatov imamo za izračune po scenarijih, kjer potrebujemo le podatke za obdobje 1961-1990. Po tem času so mnogo postaj ukinili, zato na več lokacijah ne moremo narediti primerjave z obdobjem 1991-2007.

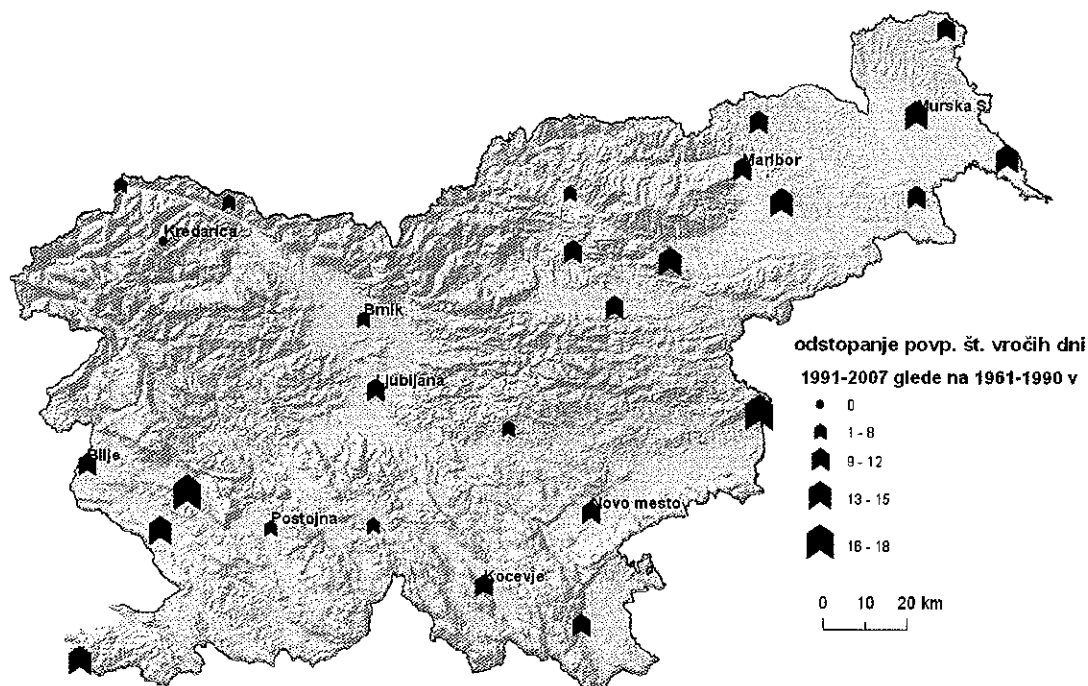
Na enak način so predstavljeni rezultati za število vročih dni (Slika 16, Slika 17). Zopet lahko vidimo največje spremembe v severovzhodni in jugozahodni Sloveniji, ki sta obenem tudi najbolj kmetijski, kar prinese precej vremensko pogojenih težav s pridelkom. Ob tem je predvsem pomemben razmislek, katere kulture dobro uspevajo v nekoliko spremenjenih podnebnih razmerah.



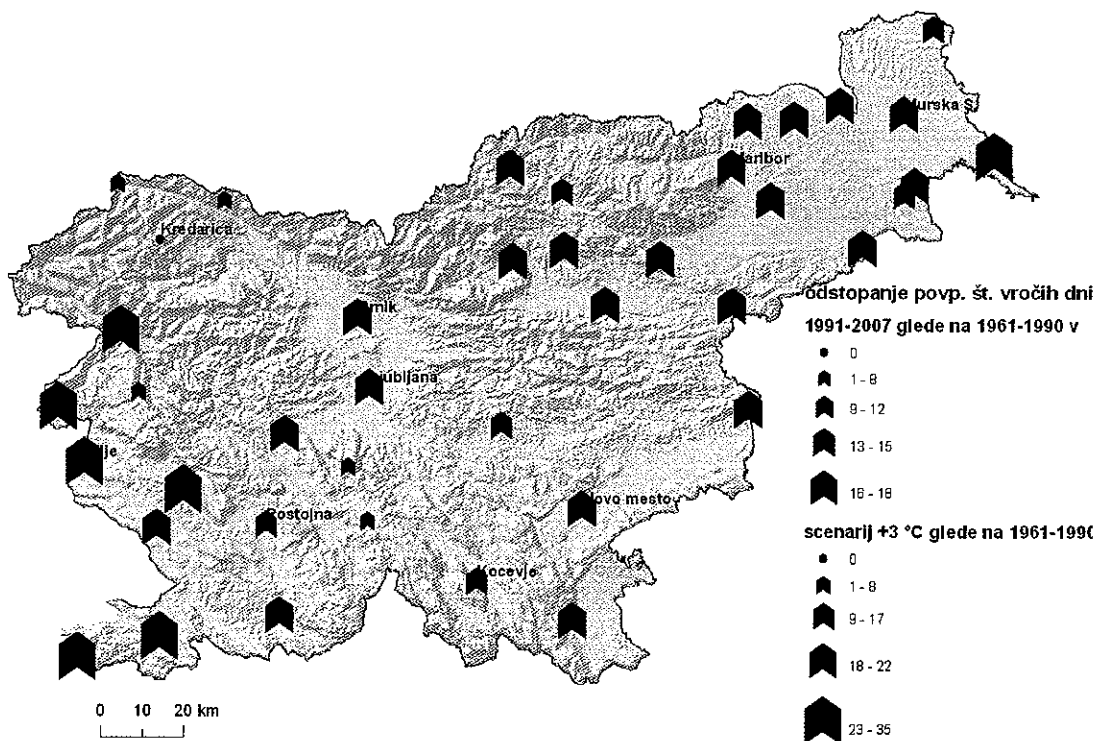
Slika 14: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem vegetacijskem številu toplih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007.



Slika 15: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem vegetacijskem številu toplih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 (oranžna) ter med obdobjem 1961-1990 in scenarijem s povišano povprečno temperaturo za 3 °C (rjava).



Slika 16: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem poletnem številu vročih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007.



Slika 17: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem poletnem številu vročih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 (svetlo rdeča) ter med obdobjem 1961-1990 in scenarijem s povišano povprečno temperaturo za 3 °C (temno rdeča).

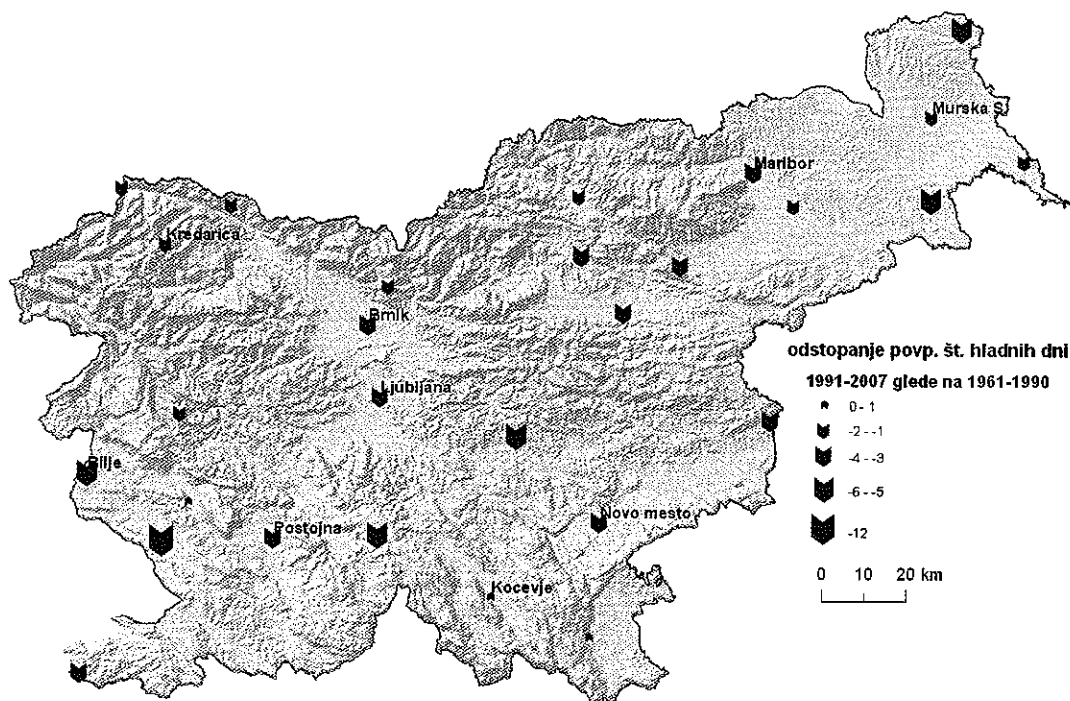
Pri hladnih dneh prinese povečanje temperature za 0,5 °C v splošnem zmanjšanje števila le-teh za 3 do 5 dni. Manjše so spremembe na Kredarici, nekoliko tudi na ostalih višje ležečih postajah. Pri povišanju povprečne temperature zraka za 3 °C dobimo že skoraj mesec dni manj hladnih dni, kar je pri izračunih za zimo (december – februar) izredno veliko. Primer takšnega dogajanja je tudi letošnja zima.

**Tabela 13: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečnem zimskem številu hladnih ( $T_{\min} < 0$  °C) dni med obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.**

POSTAJA	$\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+0.5^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+1.5^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+2.5^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$	$\bar{n}_{T+3^{\circ}C}$ - $\bar{n}_{61-90}$
KRVAVEC	85	-2	-3	-6	-8	-11	-15
BRNIK - LETALIŠČE	76	-6	-8	-12	-15	-19	-24
PLANINA POD GOLICO	82	-3	-6	-9	-13	-18	-23
KREDARICA	89	-0	-1	-1	-2	-3	-4
RATEČE - PLANICA	85	-3	-4	-6	-8	-11	-13
TOLMIN	60	-5	-9	-13	-18	-22	-26
VOJSKO	77	-3	-6	-10	-13	-17	-21
ČEPOVAN	67	-5	-8	-13	-18	-22	-27
VEDRIJAN	24	-4	-7	-9	-12	-14	-16
BILJE	53	-4	-7	-10	-14	-18	-22
SLAP	41	-5	-9	-14	-18	-22	-26
GODNJE	57	-4	-7	-12	-17	-22	-26
KUBED	47	-4	-8	-12	-17	-22	-27
ILIRSKA BISTRICA	62	-4	-7	-10	-13	-16	-20
POSTOJNA	67	-4	-7	-11	-15	-18	-23
RAKITNA	74	-3	-4	-6	-8	-12	-14
NOVA VAS NA BLOKAH	75	-2	-5	-7	-10	-13	-16
KOČEVJE	72	-4	-7	-11	-15	-19	-22
LJUBLJANA BEŽIGRAD	63	-5	-8	-12	-17	-21	-26
VRHNIKA	63	-5	-8	-12	-15	-19	-22
SEVNO	64	-5	-9	-14	-18	-21	-25
BIZELJSKO	68	-6	-10	-14	-18	-23	-27
MALKOVEC	66	-4	-8	-12	-17	-22	-26
NOVO MESTO	70	-6	-10	-15	-20	-24	-28
ČRNO MELJ DOBLIČE	66	-6	-9	-13	-18	-21	-25
ROGAŠKA SLATINA	71	-5	-9	-13	-18	-22	-26
CELJE	73	-5	-8	-11	-15	-19	-23
MOZIRJE	71	-5	-8	-12	-17	-21	-25
RAVNE KOROŠKEM NA	77	-4	-7	-11	-15	-20	-24
VELENJE	70	-5	-9	-14	-19	-24	-28
SLOVENSKE KONJICE	66	-5	-9	-13	-17	-21	-25
STARŠE	70	-5	-9	-14	-19	-22	-27
MARIBOR - TABOR	69	-5	-9	-14	-19	-22	-26
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	80	-4	-6	-10	-13	-18	-22

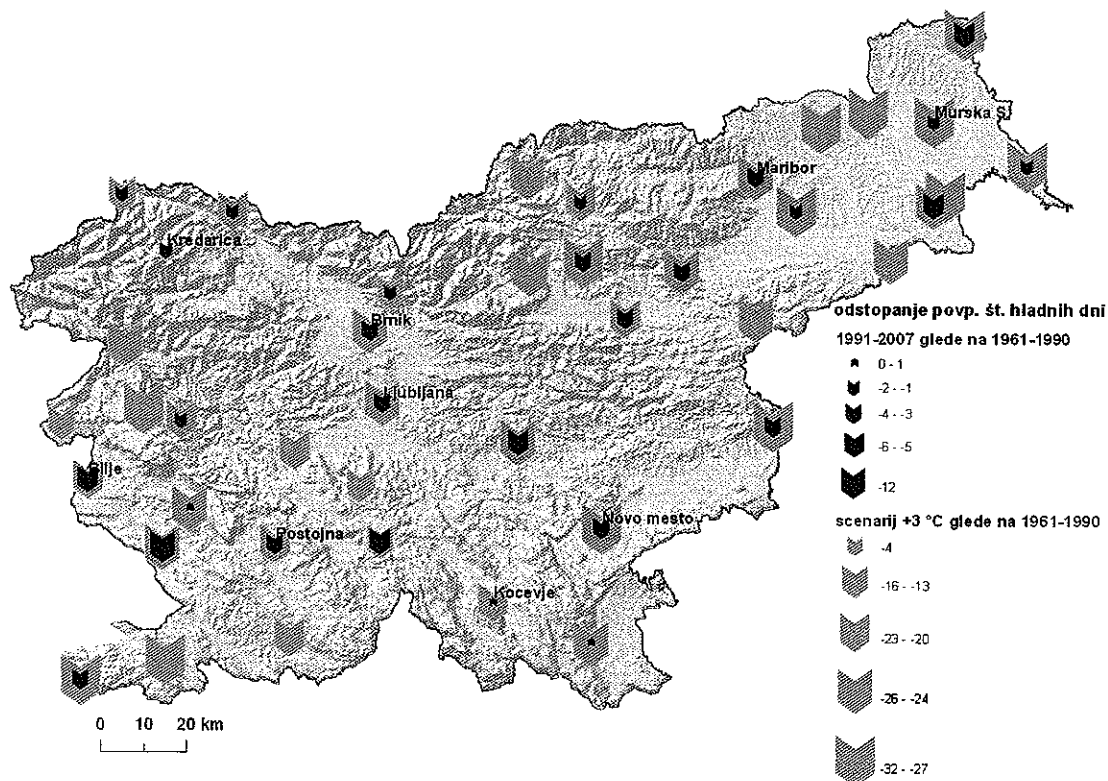
POLIČKI VRH	75	-5	-9	-13	-18	-23	-26
ZGORNJA ŠČAVNICA	70	-5	-9	-14	-19	-23	-27
GORNJA RADGONA I.	73	-6	-10	-16	-21	-25	-28
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	64	-4	-7	-11	-15	-19	-25
JERUZALEM	62	-4	-8	-13	-18	-22	-26
PODGRADJE	64	-6	-9	-14	-19	-23	-27
LENDAVA	67	-6	-10	-14	-19	-24	-28
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	74	-5	-9	-13	-19	-22	-27
VELIKI DOLENCI	73	-5	-10	-13	-19	-24	-28
PORTOROŽ	48	-7	-14	-20	-24	-28	-32

Prostorski prikaz rezultatov na naslednjih slikah (Slika 18 in Slika 19) kaže drugačno sliko kot smo jo videli pri toplih in vročih dneh. Že opažene spremembe so precej majhne, zato lahko ob dodatnem segrevanju pričakujemo vplive, ki za zdaj še niso zaznavni. Po scenariju, pri katerem bi se povprečna temperatura zraka povečala za 3 °C, dobimo tudi za hladne dni ogromne spremembe, ki lahko bistveno motijo zimsko mirovanje rastlin in tal.



Slika 18: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem zimskem številu hladnih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007.



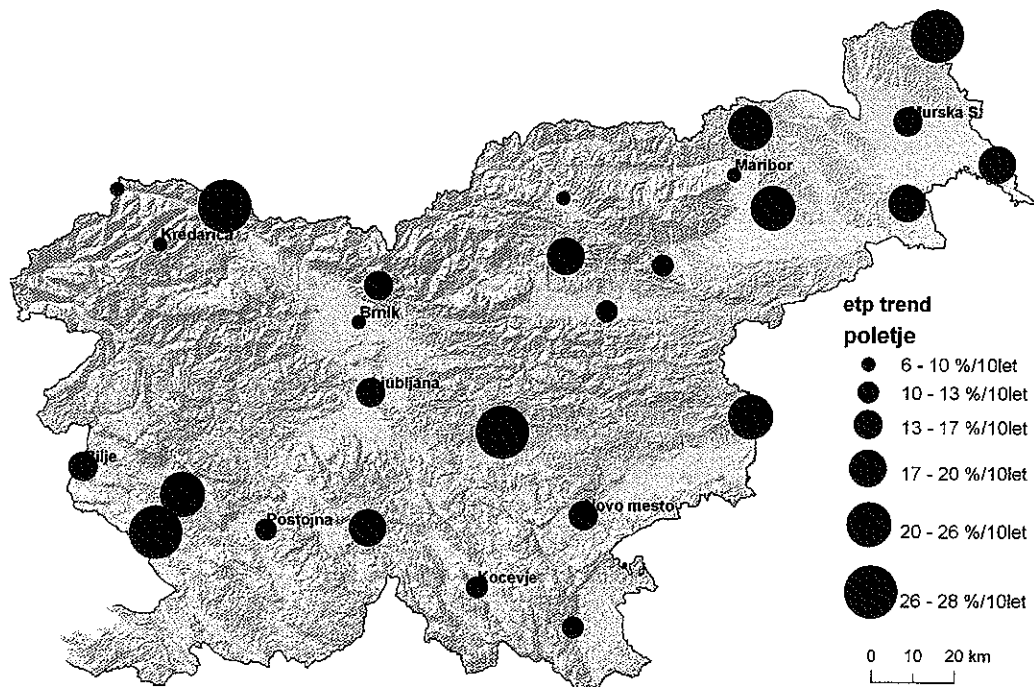


Slika 19: Prostorska predstavitev absolutnih razlik v povprečnem zimskem številu hladnih dni med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 (temno modra) ter med obdobjem 1961-1990 in scenarijem s povišano povprečno temperaturo za 3 °C (svetlo modra).

### 5.3 POTENCIALNA EVAPOTRANSPIRACIJA

Slika 20 predstavlja trende spreminjanja poletne potencialne evapotranspiracije, ki je za kmetijstvo največjega pomena. Linija večjih trendov naraščanja potencialne evapotranspiracije poteka od jugozahoda proti severovzhodu Slovenije.

Po vseh lokacijah imamo v obdobju 1971-2006 precej izrazito naraščajoče trende, od 5 odstotkov na 10 let pa do skoraj 30 odstotkov na 10 let. Povečevanje evapotranspiracije povzroča večje izsuševanje tal, kar je posebej problematično na Goriškem pa tudi v Podravju in Pomurju. Pozitivni trendi so opazni tudi v vseh ostalih letnih časih, a so precej nižji.



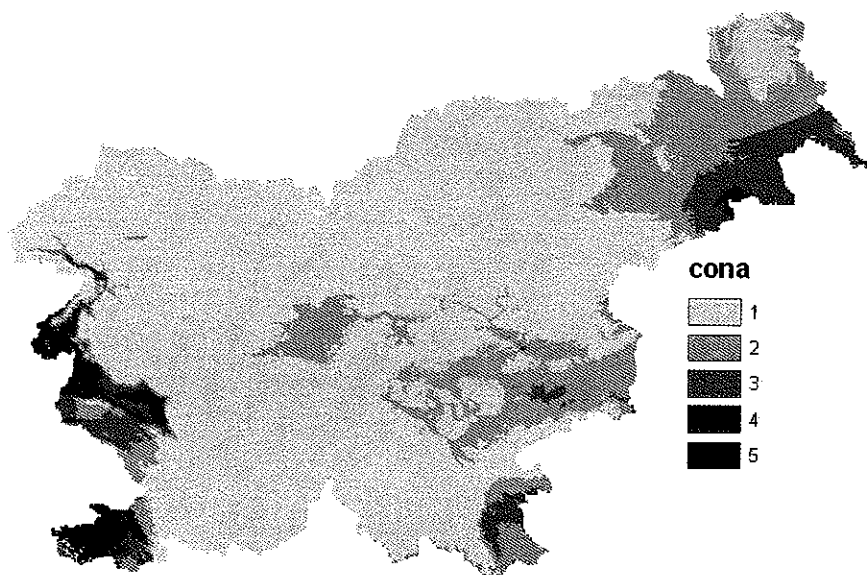
Slika 20: Trend spreminjanja poletne potencialne evapotranspiracije v obdobju 1971-2006 v odstotkih glede na povprečje 1971-2006 na izbrani lokaciji.

## 5.4 BIOKLIMATSKI INDEKSI

### 5.4.1 Winklerjev indeks

Če primerjamo klasifikacijo (Tabela 3) z našimi rezultati (Tabela 14), lahko vidimo, da spremembe povzročajo zelo velike preskoke, saj že povprečno povišanje temperatur zraka za 0,5 °C prinese skoraj gotovo prerazporeditev v višjo cono.

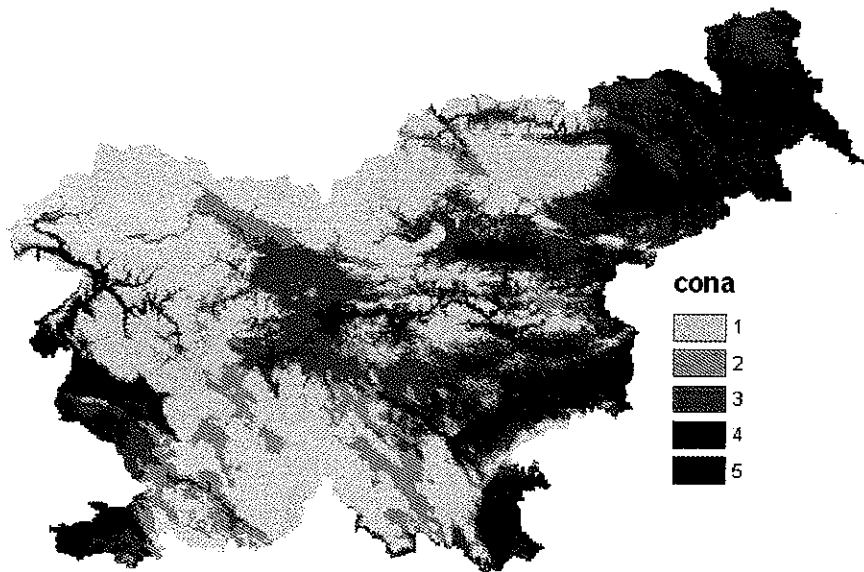
Slika 21 predstavlja klasifikacijo Slovenije glede na povprečen Winklerjev indeks za obdobje 1961-1990. Kot vidimo se skoraj celotna Slovenija uvršča v 1. cono, v 5. cono se uvrščajo najbolj zahodne lokacije, v vmesne cone pa pretežno jugozahodna in severovzhodna Slovenija (delno tudi jugovzhodna in osrednja), kjer je vinogradništvo tudi najbolj razširjeno.



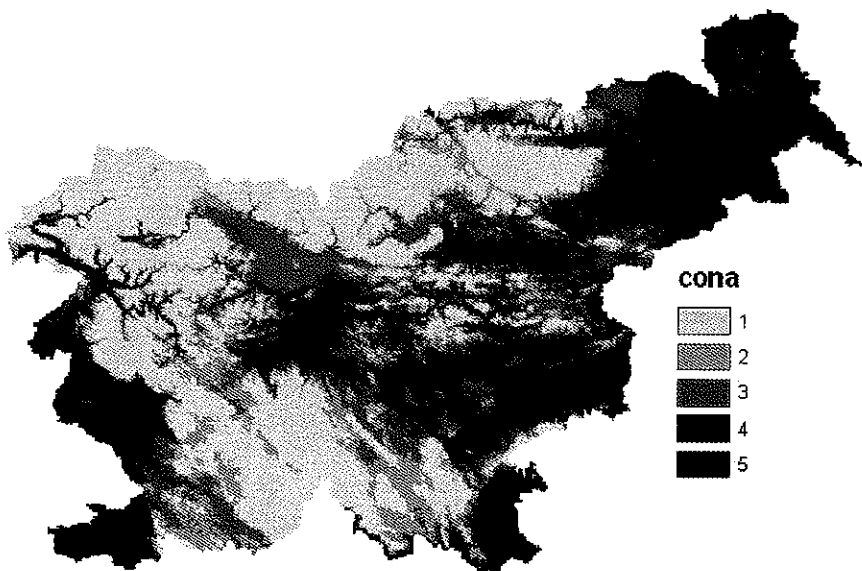
**Slika 21: Prostorska interpolacija za klasifikacijo Slovenije v 5 con po povprečnih vrednostih Winklerjevega indeksa v obdobju 1961-1990.**

Nadaljnje tri slike (Slika 22 - Slika 24) pa nam nakazujejo, kako se ta razporeditev v cone zaradi podnebnih sprememb spreminja in kako se še bo po različnih projekcijah (za lažjo predstavbo številskih vrednosti si pomagamo s tabelo - Tabela 14). Kot vidimo iz tabele, spremembe zabeležene v obdobju 1991-2007 glede na 1961-1990 (prvi stolpec) že presegajo spremembe po scenariju, ko se povprečna temperatura zraka glede na obdobje 1961-1990 poveča za 1 °C, kar smo glede na dosedanje rezultate tudi pričakovali, pri povečanju za 1,5 °C (Slika 23) pa so pričakovane spremembe že nekoliko intenzivnejše od opaženih. S povečevanjem temperature zraka se višje cone širijo v notranjost države. Karte nakazujejo, da se bo večina Slovenije sčasoma uvrstila v višje cone, kar bi po eni strani sicer lahko prineslo možnosti za vinogradništvo tudi v kraje, kjer ga do sedaj ni bilo, po drugi strani pa bi se razmere v vinogradniških regijah tako spremenile, da preizkušene sorte tam ne bi bile več primerne. To pa s seboj prinese nova preizkusna obdobja, iskanje ugodnih rešitev, novo ustvarjanje prepoznavnosti na trgu, kar v prehodni dobi pomeni predvsem veliko težav in dela za vinogradnike.

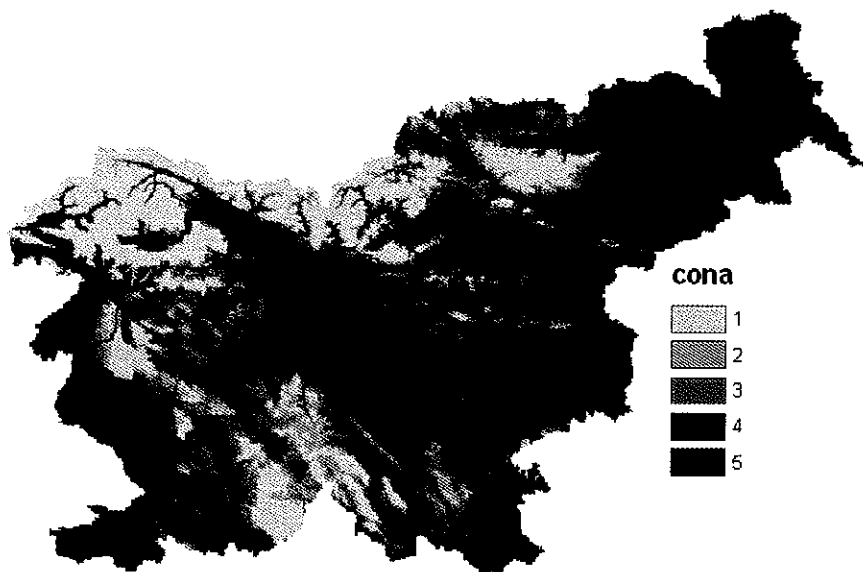
Pri povečanju temperature za 3 °C bi Slovenija že praktično v celoti (z izjemo gorskega sveta) spadala v 5. cono, kar je seveda ogromen preskok.



Slika 22: Prostorska interpolacija za klasifikacijo Slovenije v 5 con po povprečnih vrednostih Winklerjevega indeksa v obdobju 1991-2007.



Slika 23: Prostorska interpolacija za klasifikacijo Slovenije v 5 con po povprečnih vrednostih Winklerjevega indeksa v obdobju po scenariju, ki smo ga dobili s povišanjem povprečne temperature zraka v obdobju 1961-1990 za 1,5 °C.



Slika 24: Prostorska interpolacija za klasifikacijo Slovenije v 5 con po povprečnih vrednostih Winklerjevega indeksa v obdobju po scenariju, ki smo ga dobili s povišanjem povprečne temperature zraka v obdobju 1961-1990 za 3 °C.

Tabela 14: Povprečne vrednosti za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v povprečnem Winklerjevem indeksu med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 ter med obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.

POSTAJA	$\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{91-07}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+0.5^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+1^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+1.5^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+2^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+2.5^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$	$\bar{W}_{T+3^{\circ}C}$ - $\bar{W}_{61-90}$
BRNIK LETALIŠČE	986	171	84	170	258	349	442	537
PLANINA POD GOLICO	539	88	67	139	214	292	372	456
RATEČE PLANICA	572	168	67	138	212	289	369	451
TOLMIN	1288	/	95	193	292	393	495	598
VOJSKO	553	91	67	138	212	289	370	453
ČEPOVAN	828	/	82	167	254	344	437	532
VEDRIJAN	1589	/	100	202	305	409	513	618
BILJE	1475	216	99	200	302	405	509	614
SLAP	1435	150	99	199	301	404	508	612
GODNJE	1230	236	94	189	287	386	487	589
KUBED	1367	/	96	195	295	397	500	603
ILIRSKA BISTRICA	1031	/	88	180	273	368	466	565
POSTOJNA	857	193	82	167	255	346	439	534
RAKITNA	658	/	73	149	228	309	394	481
NOVA VAS NA BLOKAH	674	167	74	150	229	311	396	484
KOČEVJE	916	113	83	169	257	347	440	534
LJUBLJANA - BEŽIGRAD	1231	246	91	185	280	378	476	577

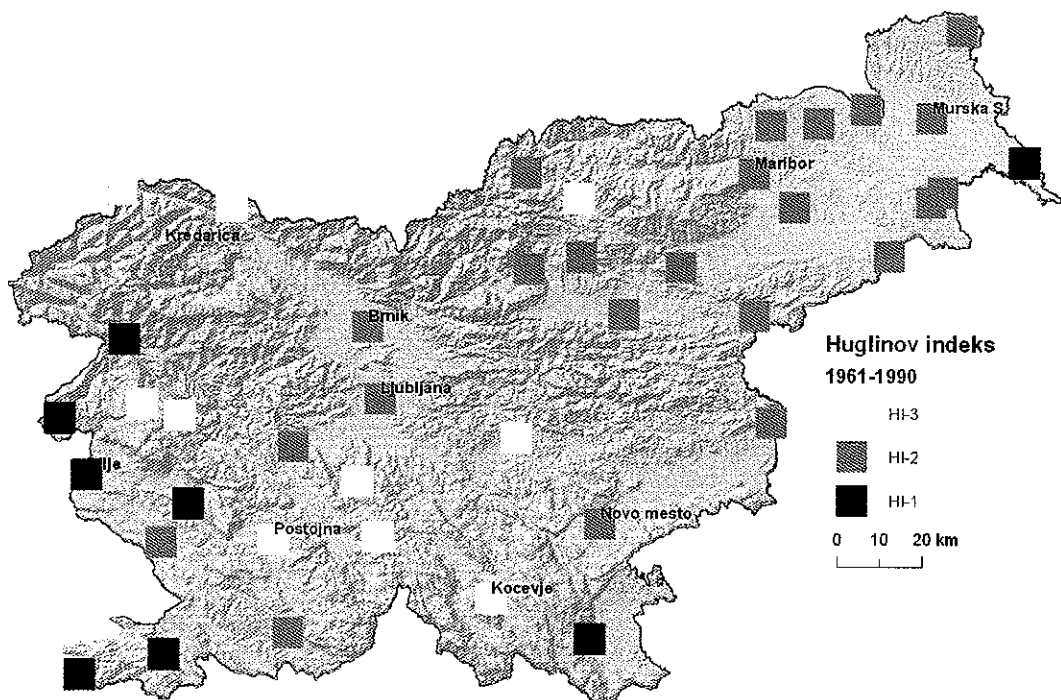
VRHNIKA	1135	/	89	181	274	370	467	566
SEVNO	1023	159	86	174	264	357	451	547
BIZELJSKO	1201	220	91	185	280	377	476	577
NOVO MESTO	1147	257	89	180	274	369	466	565
ČRNO MELJ - DOBLIČE	1282	229	92	186	281	379	477	578
ROGAŠKA SLATINA	1055	/	87	178	270	364	459	557
CELJE	1112	231	88	178	270	365	460	558
MOZIRJE	1063	/	87	177	269	363	459	556
RAVNE NA KOROŠKEM	987	/	84	171	260	352	445	541
VELENJE	1079	204	88	178	270	364	461	558
SLOVENSKE KONJICE	1124	180	88	179	272	366	463	561
STARŠE	1183	228	90	181	275	370	468	567
MARIBOR - TABOR	1206	247	90	183	277	373	471	571
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	886	172	82	166	252	341	432	525
POLIČKI VRH	1038	204	86	175	266	359	454	797
ZGORNJA ŠČAVNICA	1176	/	89	181	275	370	467	790
GORNJA RADGONA I.	1190	/	90	183	277	373	471	795
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	1353	/	92	187	283	381	481	784
JERUZALEM	1249	166	91	184	279	375	473	779
PODGRADJE	1302	/	92	185	281	378	477	777
LENDAVA	1264	182	92	186	282	379	478	783
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	1143	242	89	179	272	367	463	789
VELIKI DOLENCI	1134	215	89	180	273	367	464	786
PORTOROŽ	1780	27	103	207	312	418	524	630

#### 5.4.2 Huglinov indeks

V nadaljevanju so tabelarično (Tabela 15) in grafično (Slika 25) predstavljeni rezultati za lokacije po Sloveniji.

Tabela 15: Povprečne vrednosti Huglinovega indeksa za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v vrednostih med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007. Za nekatere postaje (/) nimamo podatkov po letu 1990.

POSTAJA	$\overline{HI}_{61-90}$ [°C]	$\overline{HI}_{91-07} - \overline{HI}_{61-90}$ [°C]
BRNIK - LETALIŠČE	1556	176
PLANINA POD GOLICO	836	203
RATEČE - PLANICA	996	236
TOLMIN	1894	/
VOJSKO	703	175
ČEPOVAN	1247	/
VEDRIJAN	1998	/
BILJE	2083	176
SLAP	1973	207
GODNJE	1754	259
KUBED	1920	/
ILIRSKA BISTRICA	1589	/
POSTOJNA	1324	238
RAKITNA	989	/
NOVA VAS NA BLOKAH	1089	239
KOČEVJE	1447	192
LJUBLJANA - BEŽIGRAD	1758	240
VRHNIKA	1688	/
SEVNO	1380	210
BIZELJSKO	1779	276
NOVO MESTO	1686	243
ČRNO MELJ - DOBLICE	1838	219
ROGAŠKA SLATINA	1657	/
CELJE	1681	241
MOZIRJE	1605	/
RAVNE NA KOROŠKEM	1576	/
VELENJE	1585	231
SLOVENSKE KONJICE	1617	256
STARŠE	1688	260
MARIBOR - TABOR	1698	254
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	1382	214
POLIČKI VRH	1571	233
ZGORNJA ŠČAVNICA	1635	/
GORNJA RADGONA I.	1723	/
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	1789	/
JERUZALEM	1650	207
PODGRADJE	1732	/
LENDAVA	1805	203
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	1681	265
VELIKI DOLENCI	1589	205
PORTOROŽ	2177	132



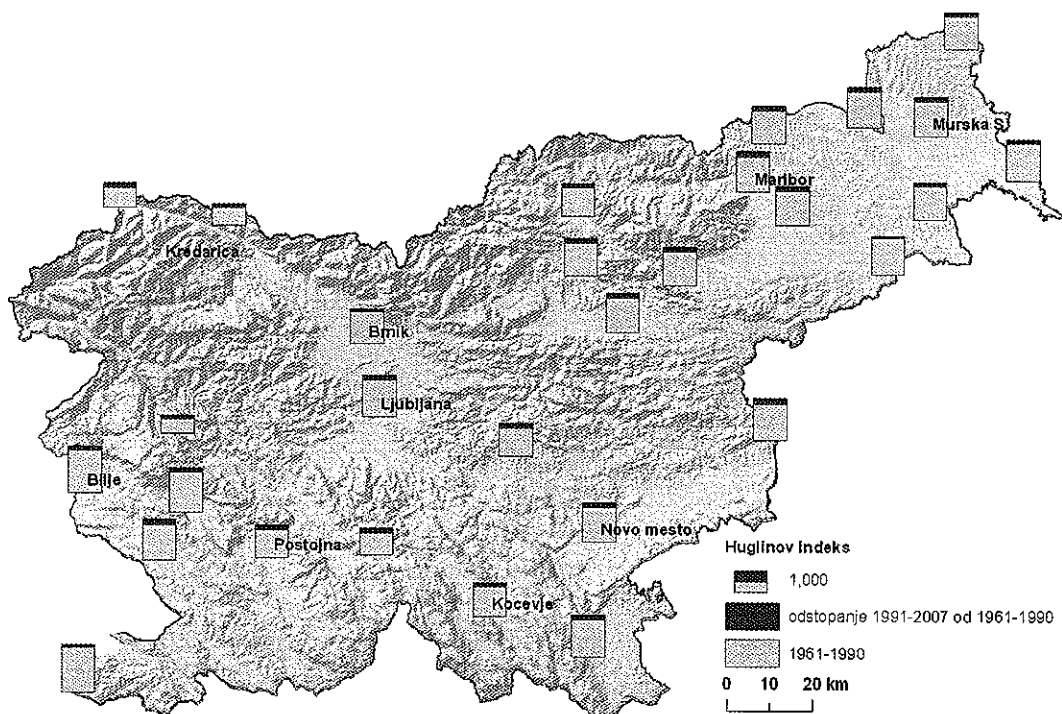
Slika 25: Prostorska predstavitev klasifikacije v vinogradniške razrede (Tabela 5) glede na povprečen Huglinov indeks za obdobje 1961-1990.

Kot lahko vidimo, če rezultate primerjamo s klasifikacijo, seže Slovenija najvišje do HI-1, torej do zmerne vinogradniške klime, kamor spada predvsem jugozahodna in zahodna Slovenija. Večina severovzhodne in jugovzhodne Slovenije se uvršča v HI-2, torej v hladno vinogradniško klimo.

V obdobju 1991-2007 je glede na referenčno obdobje 1961-1990 indeks že višji za približno 200 do 250 °C (Slika 26), kar na več lokacijah že prinese uvrstitev v višji razred vinogradniške klime. Najmanjše so opažene spremembe na Vojskem in Brniku, največje pa v Bizeljskem in Murski Soboti.

Slika prikazuje relativne vrednosti, saj oznake skupaj predstavljajo celoto, ki je nato barvno razdeljena na vrednost za obdobje 1961-1990 in na prirast v obdobju 1991-2007. Relativno gledano so spremembe večinoma lokacijsko neodvisne.





Slika 26: Prostorska predstavitev razlik v povprečnem Hjulénovem indeksu med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007 glede na vrednosti v obdobju 1961-1990.

S scenariji ne moremo pripraviti izračunov, ki bi predstavljali različne spremembe po Sloveniji, ker povsod enako višamo temperaturo zraka in poleg tega ne uporabljamo različnih scenarijev za maksimalne temperature. Tako dobimo le lokalno neodvisne projekcije sprememb Hjulénovega indeksa, ki so predstavljene v tabeli (Tabela 16). Kot vidimo, lahko ob dodatnem segrevanju pričakujemo celo uvrstitev dva razreda višje, kar pomeni občutne razlike glede primernosti posameznih sort in dozorevanja le-teh.

Tabela 16: Spremembe Hjulénovega indeksa po šestih različnih scenarijih obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.

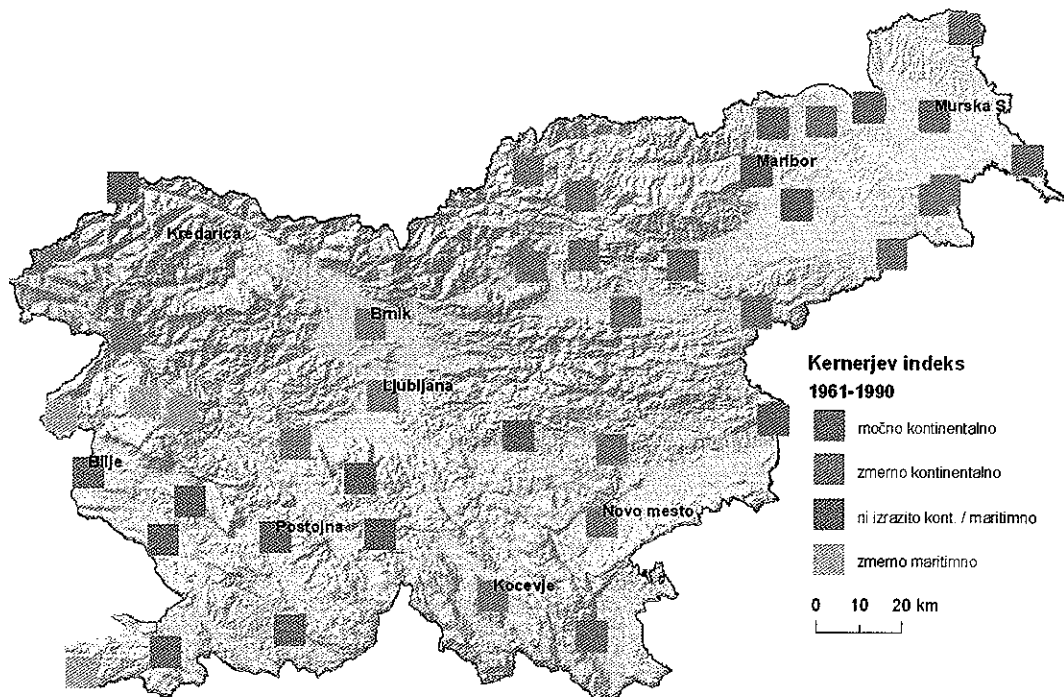
scenarij	+0,5 °C	+1 °C	+1,5 °C	+2 °C	+ 2,5 °C	+3 °C
$\overline{HI}_{T+} - \overline{HI}_{61-90}$ [°C]	96	192	288	384	480	576

### 5.4.3 Kernerjev indeks

Kot za prejšnja dva, tudi za Kernerjev indeks predstavljamo izračune tabelarično za obdobji 1961-1990 in 1991-2007 (Tabela 17) in kot grafičen prikaz klasifikacije za obdobje 1961-1990 (Slika 27).

Tabela 17: Povprečne vrednosti Kernerjevega indeksa za obdobje 1961-1990 ter absolutne razlike v vrednostih med obdobjema 1961-1990 in 1991-2007. Za nekatere postaje (/) nimamo podatkov po letu 1990.

POSTAJA	$\bar{K}_{61-90}$	$\bar{K}_{91-07} - \bar{K}_{61-90}$
BRNIK - LETALIŠČE	3.0	-0.8
RATEČE - PLANICA	7.1	-2.3
TOLMIN	5.6	/
ČEPOVAN	13.3	/
VEDRIJAN	11.5	/
BILJE	6.6	-0.6
SLAP	10.4	-0.6
GODNJE	7.4	-0.1
KUBED	10.8	/
ILIRSKA BISTRICA	7.2	/
POSTOJNA	10.5	-2.3
RAKITNA	6.9	/
NOVA VAS NA BLOKAH	7.2	1.3
KOČEVJE	4.4	0.3
LJUBLJANA - BEŽIGRAD	2.1	-0.8
VRHNIKA	3.0	/
SEVNO	7.3	-3.2
BIZELJSKO	-0.1	-0.6
NOVO MESTO	1.2	-0.9
ČRNO MELJ - DOBLIČE	0.8	-0.1
ROGAŠKA SLATINA	1.3	/
CELJE	1.3	0.1
MOZIRJE	3.2	/
RAVNE NA KOROŠKEM	2.3	/
VELENJE	3.7	-0.9
SLOVENSKE KONJICE	3.0	-1.2
STARŠE	-0.2	-0.5
MARIBOR - TABOR	0.8	-1.3
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	3.2	-0.4
POLIČKI VRH	0.3	-0.9
ZGORNJA ŠČAVNICA	3.4	/
GORNJA RADGONA I.	-0.3	/
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	1.7	/
JERUZALEM	2.6	-3.1
PODGRADJE	2.7	/
LENDAVA	-1.1	-0.0
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	-1.5	0.5
VELIKI DOLENCI	0.6	-0.9
PORTOROŽ	13.3	-2.7



Slika 27: Prostorska predstavitev klasifikacije podnebja (Tabela 6) glede na povprečen Kernerjev indeks za obdobje 1961-1990.

Rezultate za obdobje 1961-1990 si lažje predstavljamo, ko so upodobljeni na karti. Kot vidimo, se Slovenija večinoma uvršča v zmerno kontinentalni pas (osrednji del proti severovzhodnemu) oz. nima izrazito kontinentalnih ali maritimnih značilnosti (osrednji del proti jugozahodnemu). Za višje ležeče postaje smo rezultate izpustili, saj klasifikacija ni namenjena regijam z večjo nadmorsko višino.

Povprečne vrednosti indeksa se v obdobju 1991-2007 ne razlikujejo bistveno od tistih v obdobju 1961-1990, iz česar lahko sklepamo, da segrevanje nima tako močnega vpliva, da bi spremenilo osnovne lastnosti regij, kot sta kontinentalnost oz. maritimnost.

Sprememb po scenarijih ne moremo izračunati, ker ne uporabljamo generatorja različnih povišanj temperatur zraka za doseganje izbranega povprečnega povišanja. Temperature smo po dnevih enako povišali, zato se te spremembe v enačbi med seboj odštejejo. Izračun po scenarijih je torej nekoliko kompleksnejši in bi ga bilo potrebno pripraviti v prihodnosti.

### 5.5 POZEBA

Pozeba, ki se pojavi spomladi, ko je rastlina v fazi cvetenja, lahko povzroči veliko redukcijo pridelka. Pri pozebi se osredotočimo na minimalno temperaturo, saj so od nje odvisne poškodbe na cvetnih brstih v različnih razvojnih fazah. Temperature, nižje od  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  povzročijo zmerno, nižje od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  močno ter nižje od  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  hudo pozebo. V naši študiji smo kot temperaturo praga definirali  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ter pozebo definirali kot zadnji dan spomladi, ko minimalna temperatura pade pod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  in je rastlina že v fazi cvetenja. Za

spomladi, ko minimalna temperatura pade pod 0 °C in je rastlina že v fazi cvetenja. Za obravnavo smo določili v Sloveniji precej razširjeno sadno vrsto, to je domačo češpljo. Začetek fenološke faze cvetenja je določen z akumulirano toplotno energijo, ki jo določimo na osnovi vsote aktivnih temperatur (to so temperature nad 0 °C). Za domačo češpljo se vrednosti temperaturne vsote nekoliko razlikujejo po regijah, odvisno od klimatskih značilnosti posamezne regije. Tako znašajo vrednosti povprečne vsote aktivnih temperatur za domačo češpljo v začetni fazi cvetenja v Ratečah 341 °C, v Celju 420 °C, v Biljah 400 °C itd. Toplejši kraji imajo praviloma tudi višjo vsoto aktivnih temperatur, ki so potrebne za začetek fenološkega razvoja rastline. Pri samem izračunu smo vzeli povprečno vrednost vsote aktivnih temperatur za Slovenijo, ki pri domači češplji znaša 420 °C.

### 5.5.1 Minimalne temperature po dekadah

Rezultate najprej predstavljamo v dveh preglednicah, iz katerih lahko za poljubno postajo preberemo izračunane vrednosti. Precej preglednejša pa je grafična predstavitev, ki nam da občutek, kako se verjetnosti spreminjajo s segrevanjem (Slika 28).

Tabela 18: Verjetnost pojava minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C po posameznih dekadah v marcu, aprilu ter maju za obdobje 1961-1990 (v odstotkih).

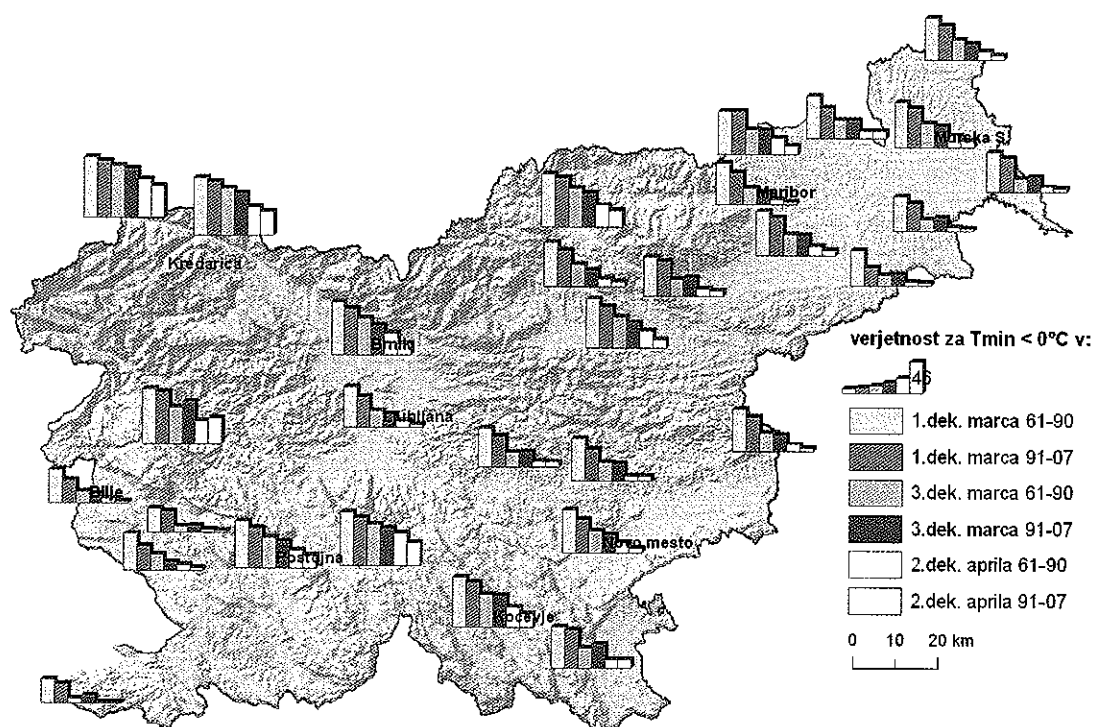
POSTAJA	1. dek. marca	2. dek. marca	3. dek. marca	1. dek. aprila	2. dek. aprila	3. dek. aprila	1. dek. maja
KRVAVEC	91.3	91.6	82.3	75.6	70.2	57.2	32.0
BRNIK LETALIŠČE	75.0	64.0	50.9	30.1	30.9	19.9	5.6
PLANINA POD GOLICO	82.8	79.1	66.8	43.4	41.6	30.5	11.6
KREDARICA	97.9	98.3	97.3	97.0	96.4	93.2	85.4
RATEČE - PLANICA	86.9	83.0	75.1	56.1	55.6	38.6	17.9
TOLMIN	53.0	35.2	20.5	7.9	9.0	4.1	0.7
VOJSKO	78.0	70.9	52.0	34.5	32.2	22.6	5.1
ČEPOVAN	65.8	51.9	39.0	19.2	20.8	13.6	3.4
VEDRIJAN	20.6	8.7	2.1	0.3	0.5	0.4	0.0
BILJE	48.3	32.7	16.5	5.3	7.5	2.2	0.2
SLAP	33.3	18.3	7.0	1.2	3.1	1.6	0.2
GODNJE	53.4	41.3	23.6	7.0	9.5	4.1	0.6
KUBED	41.8	30.8	16.2	4.0	4.6	1.8	0.2
ILIRSKA BISTRICA	62.7	51.5	36.2	18.3	20.0	12.1	4.1
POSTOJNA	67.1	55.8	43.4	24.2	25.5	18.0	6.5
RAKITNA	75.7	70.6	57.4	39.3	43.6	29.8	13.2
NOVA VAS NA BLOKAH	77.5	70.9	59.7	40.3	46.5	33.2	16.2
KOČEVJE	70.8	61.6	46.8	23.5	28.0	19.1	6.5
LJUBLJANA BEŽIGRAD	57.0	41.7	22.9	7.5	9.1	5.1	0.6
VRHNIKA	60.7	47.6	26.7	10.9	13.3	6.9	0.8
SEVNO	55.0	41.4	20.6	8.8	9.4	6.3	0.5
BIZELJSKO	60.2	47.3	26.7	8.0	10.4	6.9	0.7
MALKOVEC	60.4	46.4	27.0	9.5	8.1	5.2	0.5
NOVO MESTO	62.7	52.0	31.7	12.9	16.0	10.2	1.8
ČRNOMELJ DOBLIČE	59.0	47.7	28.2	9.7	12.3	8.3	2.0
ROGAŠKA	67.6	53.7	37.0	14.8	16.3	11.6	2.0

SLATINA							
CELJE	69.9	59.3	44.5	21.2	25.1	16.3	3.7
MOZIRJE	66.4	54.7	37.1	15.3	18.1	11.2	2.1
RAVNE NA KOROŠKEM	73.7	62.8	44.1	19.3	20.3	11.9	2.3
VELENJE	62.3	49.8	30.8	12.0	11.2	7.0	1.0
SLOVENSKE KONJICE	56.2	43.6	24.0	9.0	10.5	7.1	1.3
STARŠE	62.5	50.2	30.4	12.4	14.1	10.1	1.6
MARIBOR - TABOR	58.8	44.7	24.1	6.1	7.2	4.9	0.6
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	75.5	68.1	54.4	30.1	30.4	21.4	6.7
POLIČKI VRH	61.7	53.0	35.0	15.8	22.3	13.3	3.0
ZGORNJA ŠČAVNICA	57.2	44.3	20.5	6.0	7.4	5.0	0.5
GORNJA RADGONA I.	59.9	46.7	25.8	8.6	10.1	6.8	1.1
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	51.1	37.3	15.7	4.6	5.6	4.0	0.5
JERUZALEM	50.1	36.8	16.6	5.2	6.3	3.7	0.5
PODGRADJE	49.1	34.2	14.0	4.4	4.4	2.3	0.3
LENDAVA	55.4	41.3	19.0	5.6	7.2	4.4	0.7
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	65.5	54.2	35.3	15.5	16.7	13.0	3.1
VELIKI DOLENCI	60.5	49.6	28.1	10.5	11.9	6.7	1.1
PORTOROŽ LETALIŠČE	34.1	20.8	6.2	0.6	0.8	0.2	0.0

Tabela 19: Verjetnost pojava minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C po posameznih dekadah v marcu, aprilu ter maju za obdobje 1991-2007 (v odstotkih).

POSTAJA	1. dek. marca	2. dek. marca	3. dek. marca	1. dek. aprila	2. dek. aprila	3. dek. aprila	1. dek. maja
KRVAVEC	87.4	80.4	83.6	77.6	75.7	35.5	19.0
BRNIK LETALIŠČE	65.1	59.8	42.2	30.0	15.7	5.6	1.1
PLANINA POD GOLICO	77.1	67.2	60.9	47.2	34.4	9.7	1.8
KREDARICA	96.1	94.7	94.6	97.3	96.9	82.2	70.8
RATEČE PLANICA	81.3	83.4	69.9	61.2	46.2	20.2	7.9
VOJSKO	73.3	61.5	59.7	41.4	35.9	6.7	1.3
BILJE	33.0	20.4	13.7	5.7	2.5	0.3	0.0
SLAP	29.6	12.4	9.1	5.1	2.6	0.3	0.0
GODNJE	35.8	19.7	12.9	6.3	4.3	0.5	0.0
POSTOJNA	56.7	51.0	38.2	32.5	18.2	8.5	1.2
NOVA VAS NA BLOKAH	69.4	67.1	54.0	47.7	33.5	18.0	5.4
KOČEVJE	64.1	60.9	44.5	33.7	19.1	7.5	1.1
LJUBLJANA BEŽIGRAD	43.3	26.4	18.7	8.5	3.2	0.5	0.0
SEVNO	44.2	27.0	23.2	10.8	8.2	0.4	0.1
BIZELJSKO	49.6	35.2	23.7	12.5	5.4	1.1	0.1
MALKOVEC	46.1	30.9	25.5	12.1	7.4	0.7	0.1
NOVO MESTO	48.6	36.1	26.2	14.8	6.9	1.2	0.1
ČRNOMELJ	54.7	45.8	33.4	22.6	12.3	4.5	0.6

DOBLIČE								
CELJE	59.5	51.8	36.5	26.3	12.3	4.5	1.0	
VELENJE	51.8	35.7	23.3	11.3	6.9	0.9	0.0	
SLOVENSKE KONJICE	50.0	38.3	26.9	16.0	8.1	1.6	0.2	
STARŠE	54.1	43.1	28.8	15.1	8.1	1.8	0.2	
MARIBOR - TABOR	45.6	30.2	18.4	6.9	4.5	0.3	0.0	
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	70.0	68.5	47.1	36.4	22.6	9.7	3.1	
POLIČKI VRH	60.9	52.1	34.3	22.0	12.3	2.5	0.4	
GORNJA RADGONA I.	43.3	34.5	25.5	10.5	10.8	1.0	0.1	
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	26.4	22.0	17.1	6.4	4.6	0.1	0.0	
JERUZALEM	40.6	25.4	19.5	6.9	5.1	0.3	0.0	
LENDAVA	47.5	32.8	21.7	9.7	4.6	0.7	0.0	
MURSKA SOBOTA - RAKIČAN	56.4	46.2	30.9	20.9	10.6	2.7	0.4	
VELIKI DOLENCI	49.6	33.0	23.1	9.9	6.9	0.4	0.1	
PORTOROŽ LETALIŠČE	26.7	17.1	10.3	3.8	1.2	0.1	0.0	



Slika 28: Prostorska predstavitev verjetnosti za pojav minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C, po izbranih dekadah: 1. (zelena) in 3. v marcu (modra) ter 2. v aprilu (rumena) (v odstotkih). Svetlejši odtенок predstavlja vrednosti za obdobje 1961-1990, temnejši pa za obdobje 1991-2007.

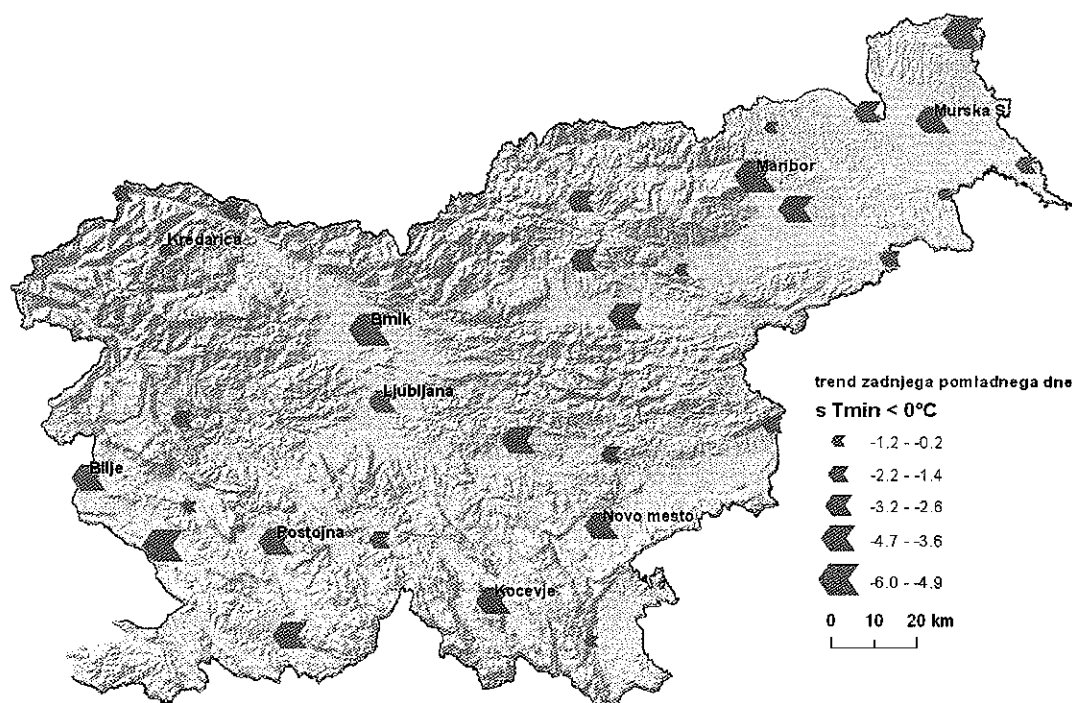
Ker se temperature zraka povečujejo, je precej samoumevno, da se verjetnost za pojavljanje minimalne temperature, nižje od 0 °C, večinoma niža. Vendar pa lahko na karti opazimo, da so verjetnosti v obdobju 1991-2007 res manjše od tistih v obdobju

1961-1990 v 1. dekadi marca in 2. dekadi aprila, medtem ko pride do zanimivega zasuka v 3. dekadi marca, kjer se je verjetnost v kasnejšem obdobju povečala.

### 5.5.2 Zadnji dan spomladi s pojavom minimalne temperature pod 0 °C

Višanje temperatur zraka prinaša tudi časovne premike doseganja določenih temperaturnih pragov. Tako lahko na prostorski predstavitvi (Slika 29) vidimo, kakšen je trend premikanja zadnjega dne spomladi s pojavom minimalne temperature pod 0 °C v obdobju med letoma 1961 in 2007. Pas večjega trenda poteka nekako od jugozahoda do severovzhoda Slovenije. Največji trend premikanja tega dne v koledarskem letu nazaj imajo Veliki Dolenci in Brnik (-6 dni / 10 let), najmanjši pa Kredarica, Slap in Črnomelj (pod -1 dan / 10 let). V 40-ih letih prinesejo taki trendi že zelo očitne spremembe, tako da se v nekaterih krajih lahko v povprečju zadnjič pojavijo negativne temperature že zelo zgodaj v koledarskem letu.

Porotoroža zaradi precej slabe kvalitete podatkov žal nismo mogli vključiti v analizo, saj dobimo iz slabih vhodnih podatkov precej neustrezne rezultate, ki so, glede na izračune drugod, očitno napačni.



Slika 29: Prostorska predstavitev trenda zadnjega dne spomladi z minimalno temperaturo pod 0 °C (v dnevih na 10 let) v obdobju 1961-2007.

### 5.5.3 Vsote aktivnih temperatur

Najprej tabela predstavlja izračunane zaporedne (julijanske) dni v letu, ko nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji (ko vsota aktivnih temperatur doseže 420 °C). Predstavljene so absolutne vrednosti za obdobje 1961-1990 in absolutna odstopanja od teh vrednosti v obdobju 1991-2007 ter po šestih različnih scenarijih segrevanja. Opazimo

lahko, da se tokrat opažanja za obdobje 1991-2007 precej bolj ujemajo s scenarijem, pri katerem se povprečna temperatura zraka poveša za 1 °C, kot pa s scenarijem s povišanjem za 1,5 °C. Spremembe so že tedenske ali še večje, z nadaljnjim segrevanjem pa lahko pričakujemo tudi do 20 ali več dni hitrejši nastop cvetenja domače češplje.

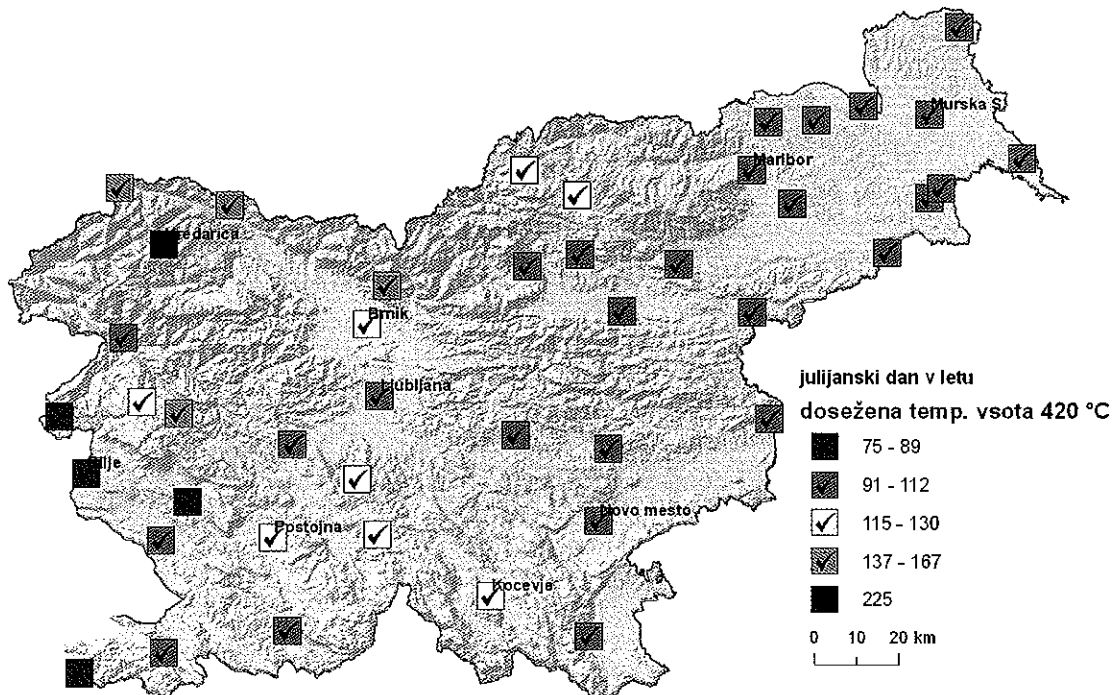
**Tabela 20: Povprečni zaporedni dan v letu, ko v povprečju nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, za obdobje 1961-1990 ter povprečne spremembe tega dne med obdobjema 1991-2007 in 1961-1990 ter obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.**

POSTAJA	dan (d)	$d_{91-07}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+0.5^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+1^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+1.5^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+2^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+2.5^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$	$d_{T+3^{\circ}C}^{\sim}$ $d_{61-90}$
KRVAVEC	167	-6	-5	-10	-15	-19	-24	-28
BRNIK LETALIŠČE	120	-7	-4	-8	-12	-16	-20	-24
PLANINA POD GOLICO	139	-7	-4	-8	-13	-17	-22	-27
RATEČE PLANICA	141	-8	-4	-8	-11	-15	-20	-24
TOLMIN	99	/	-4	-8	-12	-15	-19	-23
VOJSKO	137	-4	-4	-9	-13	-18	-22	-27
ČEPOVAN	119	/	-5	-10	-14	-19	-24	-29
VEDRIJAN	83	/	-4	-8	-12	-16	-20	-23
BILJE	88	-3	-4	-8	-12	-16	-19	-23
SLAP	88	-3	-4	-8	-12	-16	-20	-24
GODNJE	100	-9	-4	-9	-13	-17	-21	-25
KUBED	91	/	-4	-9	-13	-17	-21	-25
ILIRSKA BISTRICA	105	/	-4	-9	-13	-17	-22	-26
POSTOJNA	118	-9	-4	-9	-13	-18	-22	-26
RAKITNA	130	/	-4	-8	-13	-17	-21	-25
NOVA VAS NA BLOKAH	129	-8	-4	-9	-14	-18	-22	-26
KOČEVJE	115	-4	-4	-8	-12	-16	-20	-24
LJUBLJANA BEŽIGRAD	106	-10	-4	-7	-11	-15	-18	-21
VRHNIKA	108	/	-4	-8	-12	-15	-19	-22
SEVNO	111	-9	-4	-8	-11	-15	-19	-22
BIZELJSKO	105	-7	-3	-7	-11	-14	-17	-21
MALKOVEC	105	-8	-3	-7	-10	-14	-17	-20
NOVO MESTO	107	-10	-3	-7	-11	-14	-18	-21
ČRNOMELJ DOBLIČE	102	-7	-4	-7	-11	-14	-17	-20
ROGAŠKA SLATINA	110	/	-4	-8	-11	-15	-19	-22
CELJE	110	-9	-4	-8	-11	-15	-18	-22
MOZIRJE	111	/	-4	-8	-12	-16	-19	-23
RAVNE NA KOROŠKEM	120	/	-4	-8	-12	-16	-19	-23
VELENJE	110	-8	-4	-8	-11	-15	-19	-23
SLOVENSKE KONJICE	106	-8	-4	-8	-11	-15	-18	-21
STARŠE	106	-6	-4	-7	-11	-14	-18	-21
MARIBOR	106	-9	-3	-7	-11	-14	-18	-20

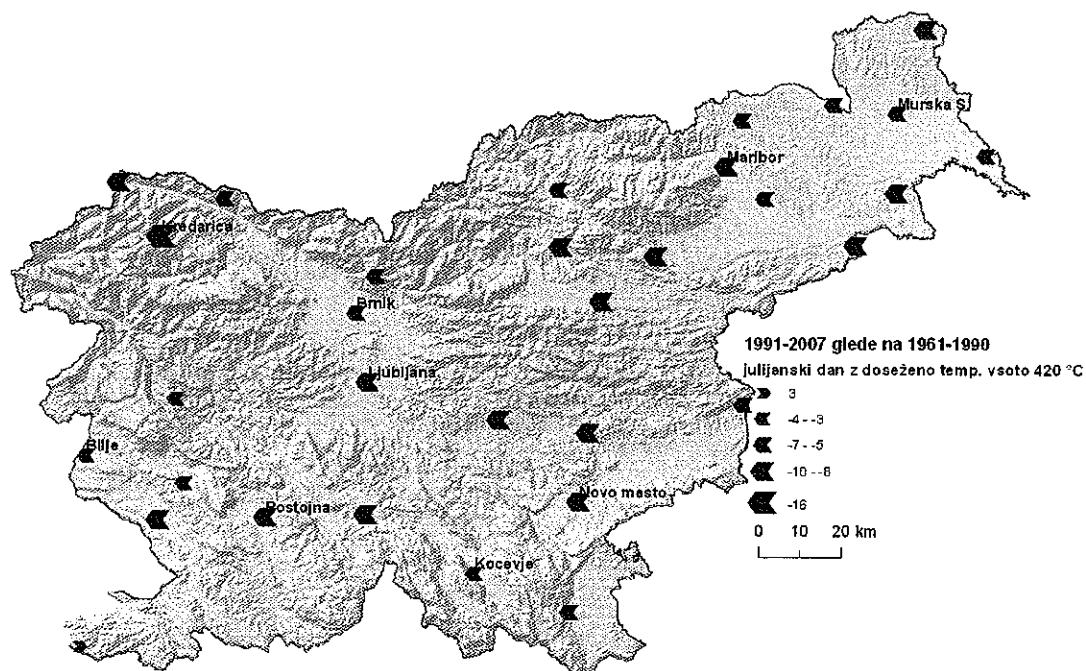


TABOR								
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	123	-6	-4	-8	-12	-16	-19	-23
POLIČKI VRH	112	-5	-4	-8	-12	-15	-19	-22
ZGORNJA ŠČAVNICA	107	/	-3	-7	-10	-14	-17	-20
GORNJA RADGONA I.	106	-6	-3	-7	-10	-14	-17	-20
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	99	-9	-4	-7	-10	-13	-16	-19
JERUZALEM	104	-9	-3	-7	-10	-13	-16	-19
PODGRADJE	101	/	-3	-7	-10	-13	-16	-19
LENDAVA	103	-6	-3	-7	-10	-13	-17	-20
MURSKA SOBOTA RAKIČAN	- 110	-6	-3	-7	-10	-14	-17	-21
VELIKI DOLENCI	108	-8	-4	-7	-10	-14	-17	-21
PORTOROŽ	75	3	-4	-8	-12	-16	-18	-22

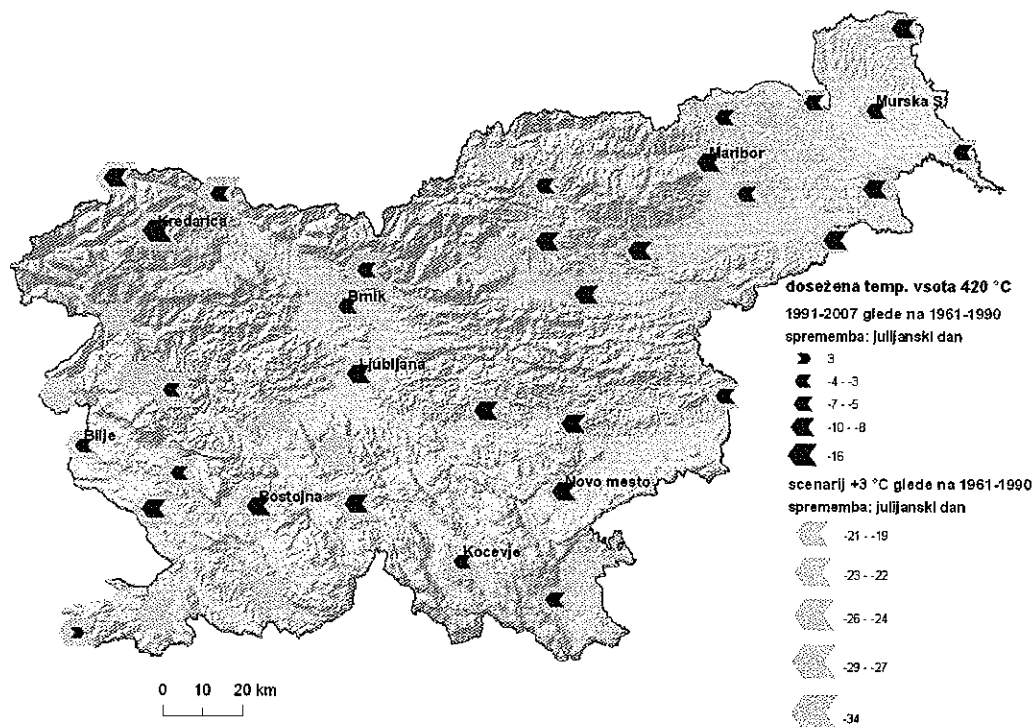
Slika 30 nam na precej preglednejši način pokaže rezultate za obdobje 1961-1990. Različne barve označujejo različni čas, ko na izbranih lokacijah dosežemo vsoto aktivnih temperatur preko 420 °C. V večini Slovenije (od osrednje do severvzhodne) se to zgodi nekje v mesecu aprilu (med dnevoma 91 in 112), zelo pozno je vsota dosežena v hribovitih predelih, zgodaj pa v jugozahodni in zahodni Sloveniji.



Slika 30: Prostorska predstavitev povprečnega zaporednega dne v letu, ko v povprečju nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, za obdobje 1961-1990.



Slika 31: Prostorska predstavitev sprememb povprečnega zaporednega dne v letu, ko v povprečju nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, za obdobje 1991-2007 glede na 1961-1990.



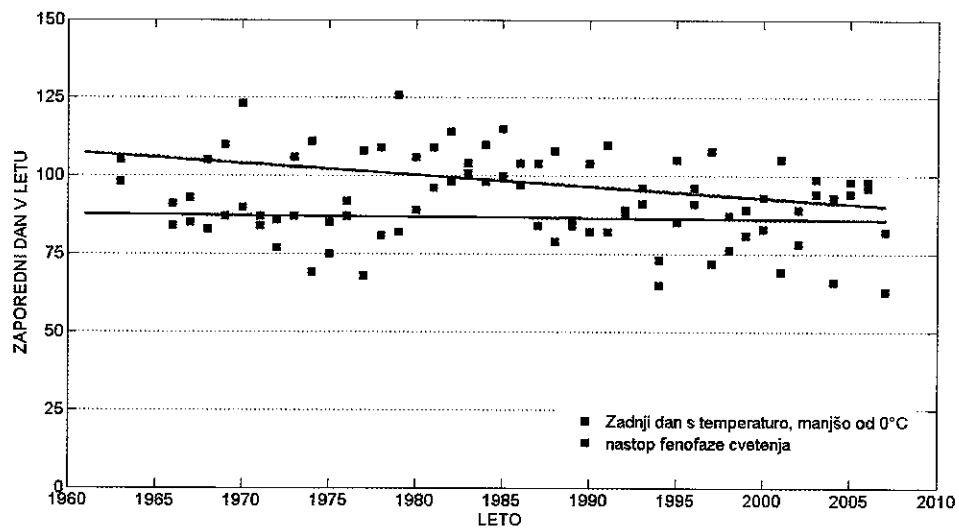
Slika 32: Prostorska predstavitev sprememb povprečnega zaporednega dne v letu, ko v povprečju nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, za obdobje 1991-2007 in 1961-1990 ter povprečne spremembe tega dne med obdobjema 1991-2007 in 1961-1990 ter obdobjem 1961-1990 in šestimi različnimi scenariji obdobj, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.

Grafično predstavljamo še spremembe glede na obdobje 1961-1990, in sicer za obdobje 1991-2007 (Slika 31) in za scenarij, po katerem se povprečna temperatura zraka poveča za 3 °C (kombinacija obojega: Slika 32). Razvidno je, da lahko predvsem na zahodu pa tudi v osrednji Sloveniji pričakujemo ob dodatnem segrevanju velike spremembe tudi tam, kjer do sedaj niso bile preveč očitne. Glede na to, da po obravnavanem scenariju govorimo o začetkih cvetenja domače češplje tudi en mesec prej kot v tridesetletnem referenčnem obdobju, si seveda lahko predstavljamo, da so spremembe zelo izrazite in bodo imele pomemben vpliv na sadjarstvo in ostale panoge.

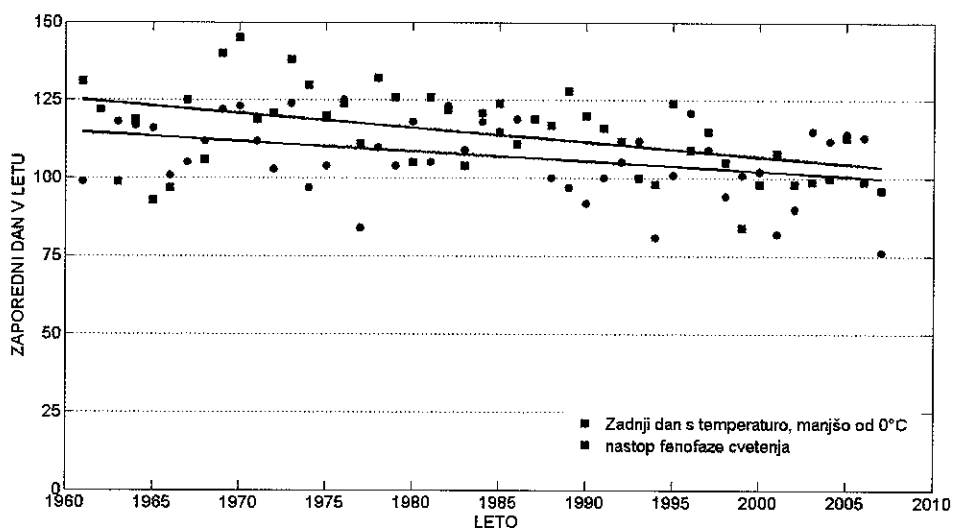
#### **5.5.4 Verjetnost pojava pozebe**

Zanimajo nas pozebe po nastopu fenološke faze cvetenja. Pomemben določitelj pozebe je zadnji dan spomladi, ko minimalne temperature padejo pod 0 °C. Slike (Slika 33 - Slika 35) nam prikazujejo zadnji dan spomladi, ko je minimalna temperatura padla pod 0 °C ter zaporedni dan v letu, ko je nastopila fenofaza cvetenja domače češplje. V splošnem na vseh treh lokacijah opazimo negativen trend pri zadnjem dnevu z minimalno temperaturo, nižjo od 0 °C. Zadnji dan z negativno minimalno temperaturo se pomika proti zimski polovici leta. Razlog za to je opazno dvigovanje minimalnih temperatur zraka. Zaporedni dan nastopa fenofaze cvetenja domače češplje ne kaže na statistično značilen trend v Biljah, medtem ko sta v Murski Soboti in Celju pripadajoča trenda negativna. Fenološki razvoj rastline se zaradi višjih povprečnih temperatur začenja vse bolj zgodaj. To seveda pomeni, da cvetenje pomika v obdobje, ko je nevarnost prodorov hladnega zraka in s tem pozebe višja.

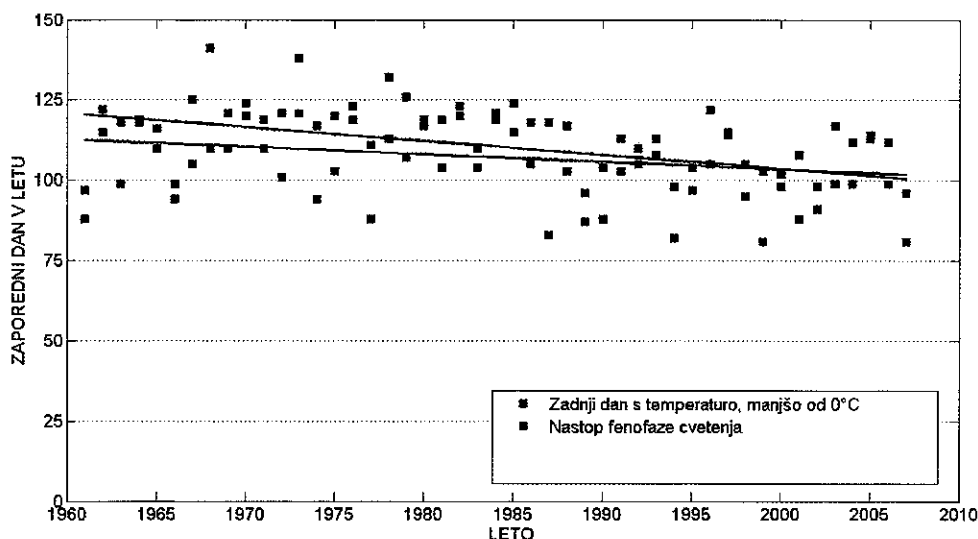
Verjetnost smo torej določili na osnovi pojavnosti minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C, po nastopu fenofaze cvetenja domače češplje. Tabela 21 in Slika 36 nam kažeta na spremenljivo verjetnost pozebe pri različnih klimatskih scenarijih. Tu seveda velja poudariti, da višje povprečne temperature pomenijo zgodnejše cvetenje, ko je verjetnost, da se minimalna temperatura spusti pod 0 °C, večja. Pri različnih dvigih povprečne temperature opazimo, da je verjetnost pozebe večinoma zelo variabilna, lahko se celo poveča (to nam pokaže primerjava različnih scenarijev dviga temperature z verjetnostjo pozebe v referenčnem obdobju).



Slika 33: Zaporedni dan v letu, ko minimalna temperatura (spomladi) zadnjič pade pod 0°C (rdeča) ter zaporedni dan v letu, ko nastopi fenofaza cvetenja (modra) v Biljah.



Slika 34: Zaporedni dan v letu, ko minimalna temperatura (spomladi) zadnjič pade pod 0°C (rdeča) ter zaporedni dan v letu, ko nastopi fenofaza cvetenja (modra) v Celju.

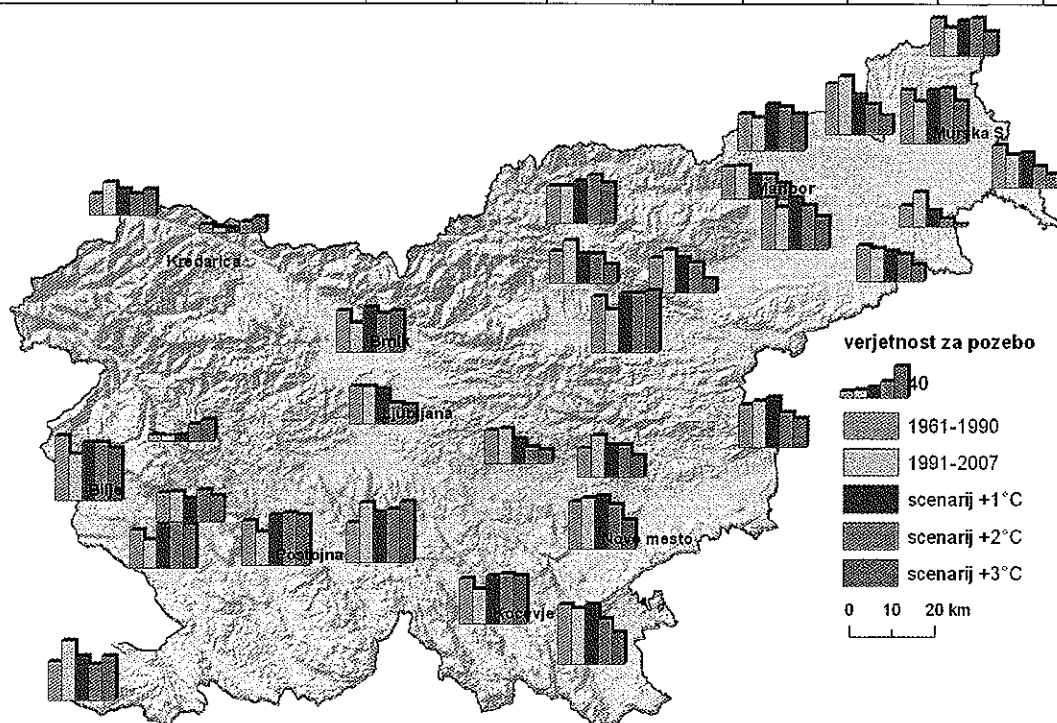


Slika 35: Zaporedni dan v letu, ko minimalna temperatura (spomladi) zadnjič pade pod 0°C (rdeča) ter zaporedni dan v letu, ko nastopi fenofaza cvetenja (modra) v Murski Soboti.

Tabela 21: Verjetnost (v odstotkih) za pojav pozebe po nastopu fenološke faze cvetenja za obdobji 1961-1990 in 1991-2007 ter za šest različnih scenarijev obdobji, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 in 3 °C.

POSTAJA	61-90	91-07	+0.5 °C	+1 °C	+1.5 °C	+2 °C	+2.5 °C	+3 °C
KRVAVEC	8.3	5.9	8.3	8.3	4.2	12.5	8.3	16.7
BRNIK - LETALIŠČE	51.9	35.3	48.1	55.6	59.3	48.1	59.3	51.9
PLANINA POD GOLICO	10.0	5.9	10.0	6.7	10.0	13.3	26.7	20.0
RATEČE - PLANICA	26.7	41.2	36.7	33.3	33.3	26.7	26.7	33.3
TOLMIN	51.7	/	62.1	55.2	34.5	41.4	41.4	41.4
VOJSKO	6.7	6.2	6.7	6.7	20.0	20.0	33.3	26.7
CEPOVAN	34.5	/	37.9	34.5	37.9	44.8	55.2	41.4
VEDRIJAN	3.3	/	3.3	3.3	6.7	10.0	6.7	6.7
BILJE	80.8	58.8	88.5	73.1	73.1	73.1	65.4	65.4
SLAP	35.7	37.5	35.7	28.6	28.6	39.3	35.7	32.1
GODNJE	48.3	35.3	58.6	55.2	48.3	58.6	58.6	55.2
KUBED	51.7	/	41.4	51.7	48.3	44.8	55.2	51.7
ILIRSKA BISTRICA	80.0	/	83.3	70.0	73.3	76.7	73.3	70.0
POSTOJNA	55.2	41.2	55.2	62.1	62.1	65.5	62.1	62.1
RAKITNA	57.7	/	57.7	73.1	73.1	73.1	76.9	69.2
NOVA VAS NA BLOKAH	50.0	75.0	66.7	63.3	66.7	66.7	80.0	76.7
KOČEVJE	56.7	43.8	53.3	60.0	73.3	63.3	66.7	60.0
LJUBLJANA - BEŽIGRAD	46.7	47.1	43.3	43.3	30.0	26.7	20.0	23.3
VRHNIKA	48.3	/	58.6	48.3	58.6	51.7	44.8	41.4
SEVNO	41.4	43.8	44.8	31.0	20.7	20.7	20.7	17.2
BIZELJSKO	53.3	58.8	56.7	63.3	53.3	43.3	36.7	36.7
MALKOVEC	36.4	52.9	40.9	40.9	50.0	40.9	27.3	27.3
NOVO MESTO	60.0	64.7	63.3	66.7	73.3	56.7	40.0	36.7
ČRNOMELJ - DOBLICE	75.0	70.6	71.4	75.0	64.3	57.1	39.3	39.3
ROGAŠKA SLATINA	58.6	/	58.6	65.5	55.2	48.3	48.3	48.3
CELJE	70.0	52.9	70.0	73.3	80.0	73.3	73.3	76.7
MOZIRJE	50.0	/	56.7	60.0	50.0	53.3	43.3	36.7
RAVNE NA KOROŠKEM	20.0	/	40.0	40.0	40.0	36.7	26.7	20.0

VELENJE	40.0	53.3	36.7	36.7	33.3	36.7	33.3	23.3
SLOVENSKE KONJICE	43.3	52.9	43.3	43.3	46.7	36.7	26.7	16.7
STARŠE	65.5	52.9	62.1	65.5	62.1	55.2	41.4	41.4
MARIBOR - TABOR	40.0	41.2	30.0	30.0	26.7	30.0	23.3	20.0
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	46.7	47.1	53.3	53.3	53.3	60.0	56.7	50.0
POLIČKI VRH	46.2	41.2	57.7	57.7	50.0	53.8	46.2	46.2
ZGORNJA ŠČAVNICA	46.4	/	32.1	10.7	17.9	17.9	14.3	10.7
GORNJA RADGONA I.	63.3	72.7	56.7	50.0	50.0	36.7	23.3	23.3
TURŠKI VRH PRI ZAVRČU	44.8	41.7	55.2	37.9	31.0	34.5	24.1	20.7
JERUZALEM	27.6	43.8	24.1	21.4	21.4	10.7	7.1	3.6
PODGRADJE	17.2	/	24.1	20.7	20.7	13.8	6.9	6.9
LENDAVA	53.3	41.2	46.7	43.3	36.7	26.7	13.3	16.7
MURSKA SOBOTA RAKIČAN	66.7	52.9	66.7	66.7	63.3	70.0	70.0	53.3
VELIKI DOLENCI	46.7	35.3	43.3	43.3	40.0	46.7	33.3	30.0
PORTOROŽ	48.3	75.0	55.2	55.2	55.2	44.8	44.8	55.2



Slika 36: Prostorska predstavitev verjetnosti (v odstotkih) za pojav pozebe po nastopu fenološke faze cvetenja za obdobji 1961-1990 in 1991-2007 ter za tri različne scenarije obdobji, ki smo jih dobili s povišanjem temperatur v obdobju 1961-1990 za 1, 2 in 3 °C.

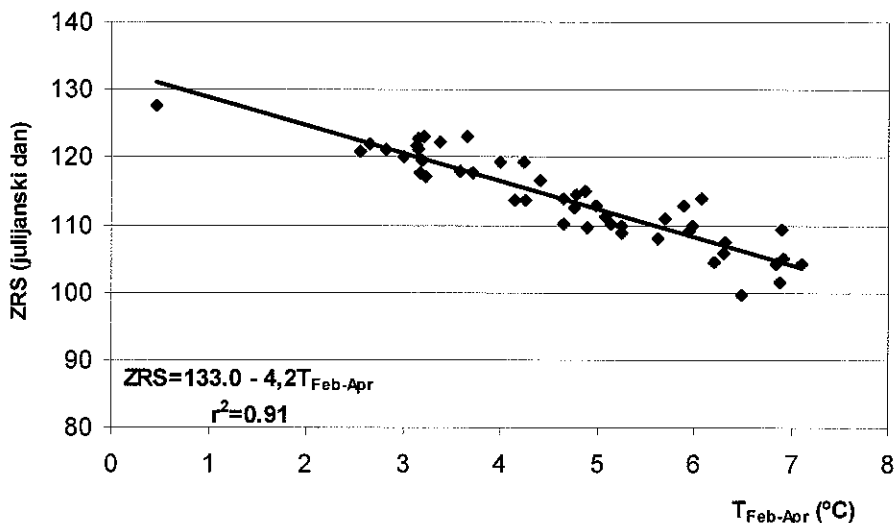
## 5.6 FENOLOŠKI TRENDI KOT POKAZATELJ SPREMENJENIH TEMPERATURNIH RAZMER RASTIŠČA

Na osnovi dolgoletnih podatkov (1955-2005) smo proučevali fenološke trende na osmih izbranih fenoloških postajah, ki so hkrati tudi meteorološke postaje (Celje, Ilirska Bistrica, Lesce, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto in Rateče). Statistično značilni linearni trendi so pokazali, da se približno polovica spomladanskih in poletnih fenofaz pojavlja zadnja leta bolj zgodaj (1 do 3 dni na dekada) kot na začetku obravnavanega obdobja (Tabela 22), pri ostali polovici trenda ni, jesenske fenofaze rumenenja listja pa nastopijo 2 do 3 dni na dekada kasneje. Fenološki razvoj rastlin, še posebej zgodnje fenološke faze kot sta olistanje in cvetenje, je v veliki meri odvisen od temperature zraka (Črepinšek in Kajfež-Bogataj, 2003). Na osnovi korelacijske analize smo ugotovili, da so vrednosti korelacijskih koeficientov med nastopom spomladanskih fenofaz ter povprečij temperatur zraka dveh ali treh zaporednih mesecev pred nastopom fenofaz visoki (0,60 do 0,80). Tako povečanje povprečne temperature zraka februar-april za 1 °C pomeni približno štiri dni zgodnejši začetek rastne sezone (Slika 37)

Tabela 22: Predznak trenda pojavov fenofaze cvetenja za obdobje 1955-2005 na osmih fenoloških postajah; - negativen trend, + pozitiven trend; \* statistično značilen trend,  $p=0,05$ .

Rastlina	Celje	Ilirska Bistrica	Lesce	Ljubljana	Maribor	Murska Sobota	Novo mesto	Rateče
breza	*	-	*	-	-	-	-	-
iva	*	-		*	-	*	*	*
ivanjščica	-	-	-	-	+		-	
lipa	-	*	-	+	+	-	-	*
pasja trava	*			-	*	-	-	+
regrat	*	*	*	-	-		*	-
pomlad. žafran	-	-	*	-			-	-
mali zvonček	-	*	-	-	-		-	*
češplja	*	-	-		*	*	*	-
črni bezeg	*	-	-	*	*	*	*	-
divji kostanj	*	-	+	*	*	-	*	-
jablana	*			-				
leska	-	-	*	*	*	-	*	*
robinija	*	*		*	-		*	
španski bezeg	*	-	+	*	*	*	*	-

Izračunali smo tudi indeks začetka rastne sezone (ZRS), ki je izračunan kot povprečje indeksa olistanja (olistanje pri brezi, bukvi, lipi in divjem kostanju), indeksa cvetenja v zgodnji pomladi (cvetenje pri brezi, regratu, ivi, leski in zvončku) ter indeksa cvetenja v pozni pomladi (cvetenje pri robiniji, črnem bezgu, španskem bezgu in lipi) za izbrane fenološke postaje za obdobje 1955-2005.



Slika 37: Odvisnost začetka rastne sezone (ZRS kot julijanski ali zaporedni dan v letu) od povprečne tromesečne temperature zraka februar-april ( $T_{Feb-Apr}$ ); povečanje  $T_{Feb-Apr}$  za 1 °C pomeni 4,2 dni zgodnejši ZRS.

Za izdelavo modelov napovedovanja splošnega cvetenja pri hruški cv. 'Pastorjevka', jablani cv. 'Bobovec' in domači češplji za postajo Ljubljana ter fenofaze olistanja pri orehu cv. 'Franquette' smo uporabili metodi korelacijske analize in linearno multiplo regresijo. Kot prediktorje splošnega cvetenja pri vseh treh sadnih drevesih in olistanja pri orehu smo uporabili povprečne mesečne temperature zraka za prve štiri mesece (januar, februar, marec in april) v letih med 1955-2005, poleg klimatoloških parametrov pa smo kot prediktorje splošnega cvetenja uporabili tudi podatke o pojavu nekateri zgodnejših fenofaz samoniklih rastlin. V preglednici (Tabela 23) je prikazana sprememba v nastopu fenofaz cvetenja in olistanja za omenjene sadne vrste ob povišanju povprečne temperature zraka dva meseca pred nastopom fenofaze. Tako bo npr. fenofaza cvetenja pri jablani ob povišanju povprečne temperature marec-april za 1 °C predvidoma nastopila 6 dni, pri povišanju za 3 °C pa okrog 17 dni zgodneje. Izmed obravnavanih sadnih rastlin so največje spremembe v zgodnosti pokazali modeli za oreh, najmanjše modeli za hruško. Spremembe v zgodnosti oz. poznosti posameznih fenofaz bodo seveda vplivale na bodočo kmetijsko proizvodnjo, tako glede kvalitete kot kvantitete pridelka, stroškov proizvodnje ter tveganj pri sami pridelavi, obenem pa spremenjen čas posameznih fenofaz pomeni možnosti uvajanja novih sort ali kultivarjev, hkrati pa tudi spremenjene vzorce pojavljanja rastlinskih boleznih in škodljivcev.



**Tabela 23: Primer izračuna zgodnejšega pojava fenofaze cvetenja pri hruški cv. 'Pastorjevka', jablani cv. 'Bobovec' in domači češplji za postajo Ljubljana ter fenofaze olistanja pri orehu cv. 'Franquette' za postajo Maribor (število dni) glede na spremenjene temperature zraka.**

	Zgodnejši pojav fenofaze cvetenja pri hruški, jablani in češplji ter fenofaze olistanja pri orehu (število dni) glede na spremenjene temperature zraka			
sprememba povprečne temperature zraka ( $T_{\text{feb-mar}}$ oz. $T_{\text{mar-apr}}$ )	Hruška ( $T_{\text{feb-mar}}$ )	Jablana ( $T_{\text{mar-apr}}$ )	Češplja ( $T_{\text{mar-apr}}$ )	Oreh ( $T_{\text{mar-apr}}$ )
+0,5°C	-2,0	-2,9	-3,4	-6,5
+1,0°C	-3,9	-5,8	-6,8	-12,9
+1,5°C	-5,9	-8,6	-10,2	-19,4
+2,0°C	-7,8	-11,5	-13,6	-25,8
+2,5°C	-9,8	-14,4	-17,0	-32,3
+3,0°C	-11,7	-17,3	-20,3	-38,7

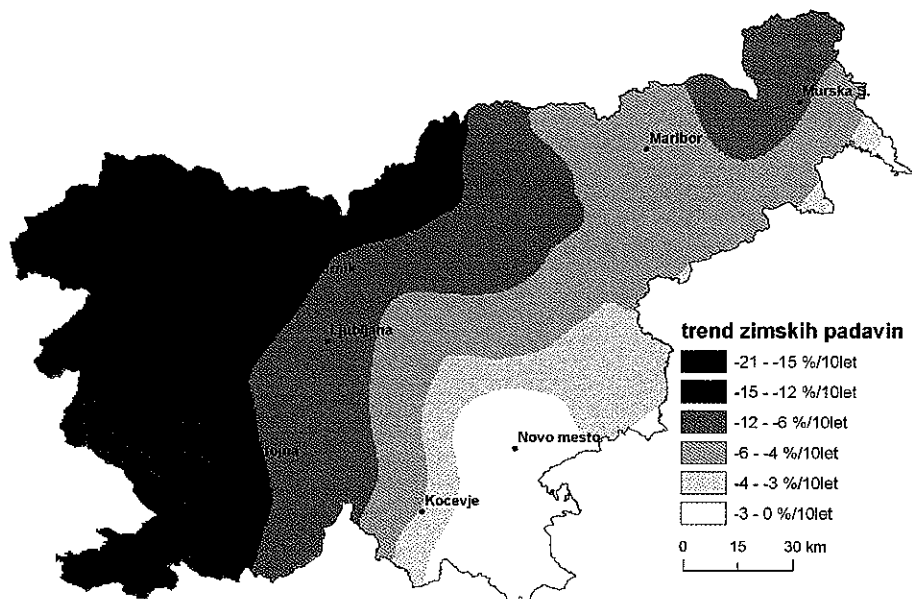
Analize fenoloških podatkov kažejo, da lahko za napovedovanje pojava fenofaz sadnega drevja uporabimo različne klimatološke podatke ter fenološke podatke samoniklih rastlin. Fenološki arhiv Agencije republike Slovenije za okolje je zelo obsežen, skupno vsebuje podatke za več kot 200 različnih postaj, vendar jih ima od tega le četrtino nepretrgan niz podatkov. Za začetna leta opazovanj manjkajo podatki o sortah pri enoletnih rastlinah, zato primerjave s kasnejšimi meritvami niso možne. Kvalitetnejši so podatki za gojene rastline, porazdeljeni so normalno in primerni za statistične analize. Fenološki podatki tako gojenih kot negojenih rastlin so zelo pomembni pri sodobnih metodah modeliranja rasti, razvoja in pridelka rastlinske odeje, saj fenološke faze predstavljajo v simulacijskih modelih kretnice za sprožitvev raznih procesov ali za spremembe njihove moči (Rötzer in sod., 2004). Zato je potrebno ohraniti obstoječo mrežo fenoloških postaj v naši državi in nadaljne aktivno sodelovati pri izmenjavi podatkov v evropski fenološki mreži, zaželjeno pa bi bilo tudi povečanje števila opazovanih gojenih rastlin oziroma opazovanje dodatnih fenoloških faz pri nekaterih gojenih rastlinah za uporabo pri agrometeoroloških analizah in napovedih.

## **5.7 TRENDI KOLIČINE PADAVIN in VODNE BILANCE**

### **5.7.1 Padavine**

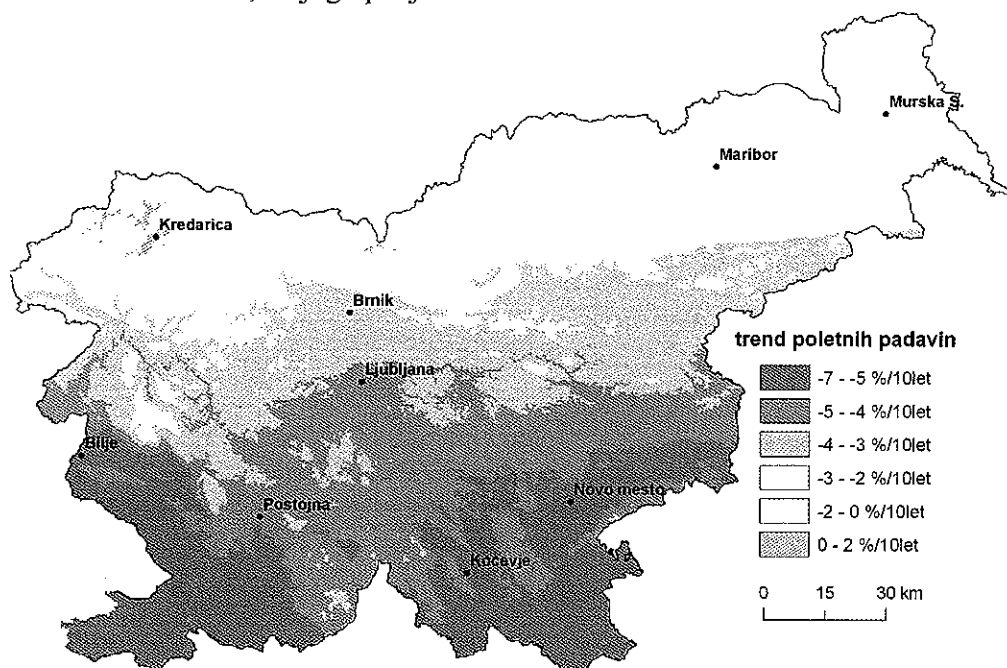
Spomladi je trend v večini Slovenije negativen, količina padavin upada za okoli 5 odstotkov, seže pa tudi do 10 odstotkov na 10 let. Rezultati so zelo raznoliki, v Prekmurju imamo celo nekaj pozitivnih trendov. Karta je zato precej nepregledna in je ne predstavljamo.

Pozimi lahko opazimo izrazite pasove, poleg tega kaže zglajenost polj na odsotnost odvisnosti trendov od nadmorske višine. Največji trend upadanja zimskih padavin je v severozahodni Sloveniji in tudi v jugozahodni Sloveniji. V omenjenih predelih je trend upadanja količine padavin do 20 odstotkov na 10 let. Proti vzhodu se trend upadanja nekoliko zmanjšuje, še posebej proti jugovzhodu Slovenije, kjer trenda praktično več ni.



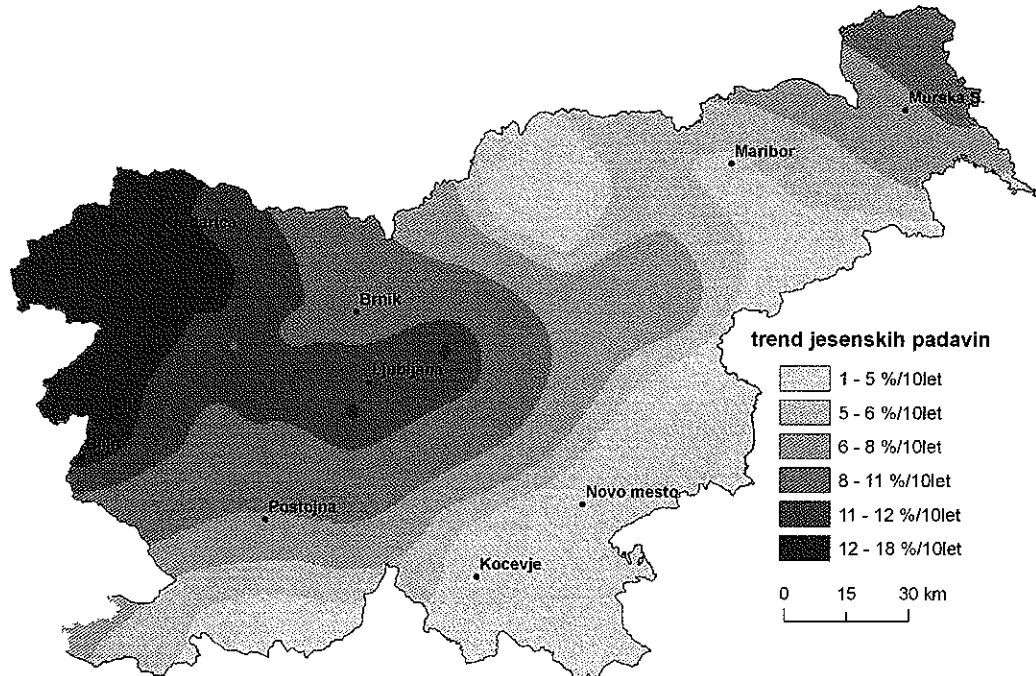
Slika 38: Trend spreminjanja količine zimskih padavin v obdobju 1971-2006 v odstotkih glede na povprečje 1971-2006 na izbrani lokaciji.

Pri prostorski karti spreminjanja količine padavin poleti je za razliko od ostalih sezon izrazit vpliv nadmorske višine, kar se jasno odraža tudi pri sami strukturi karte. Poleg tega je zanimivo pasovno naraščanje negativnih trendov od severa proti jugu. Sicer količina poletnih padavin v obdobju 1971-2006 po celi Sloveniji upada, a je na severu trend komaj zaznaven, medtem ko gre v osrednji Sloveniji za upadanje za okoli 5 odstotkov na 10 let, na jugu pa tja do 7 odstotkov na 10 let.



Slika 39: Trend spreminjanja količine poletnih padavin v obdobju 1971-2006 v odstotkih glede na povprečje 1971-2006 na izbrani lokaciji.

Pri jesenskih padavinah se kažejo pozitivni trendi. Najbolj se količina padavin povečuje na severozahodu Slovenije, kjer so trendi skoraj do 20 odstotkov na 10 let. Proti jugovzhodu in vzhodu se trendi povečevanja zmanjšujejo, v osrednji Sloveniji se količina padavin povečuje za okoli 10 odstotkov na 10 let, najmanjše naraščanje padavin pa je okoli Novega mesta in Kočevja. Proti severovzhodu Slovenije se trendi naraščanja padavin spet povečujejo in dosežejo na skrajnem robu okoli 10 odstotkov na 10 let.



Slika 40: Trend spreminjanja količine jesenskih padavin v obdobju 1971-2006 v odstotkih glede na povprečje 1971-2006 na izbrani lokaciji.

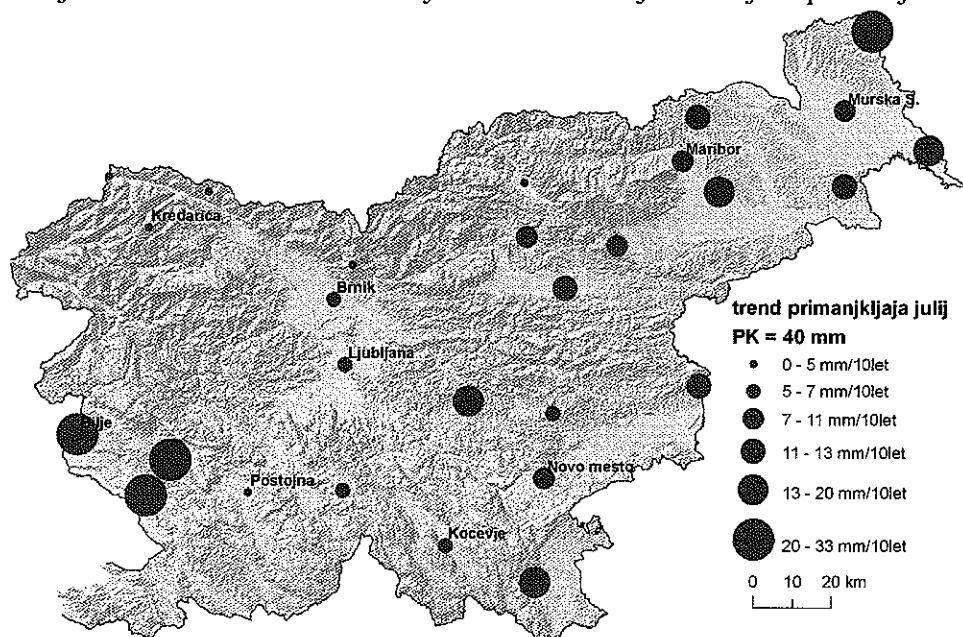
### 5.7.2 Vodna bilanca

Trendi spreminjanja junijskega primanjkljaja vode v tleh v obdobju 1971-2006 so po celi Sloveniji pozitivni, primanjkljaj se večinoma povečuje ali pa ostaja enak. Problematicni sta predvsem Goriška in Obalno-kraška regija, kjer se primanjkljaj povečuje tudi do 20 mm na 10 let. Rezultat je pričakovan, saj smo imeli na tem območju v poletnih mesecih močno pozitiven trend potencialne evapotranspiracije in negativen trend količine padavin. Okolica Postojne in Gorenjska nista tako ogroženi, saj trenda vodnega primanjkljaja tam skoraj ni. Precejšen pozitiven trend se kaže tudi v severovzhodni Sloveniji z izjemo Murske Sobote, kjer je naraščanje vodnega primanjkljaja nekoliko manjše in bolj primerljivo z osrednjo Slovenijo s trendom do 5 mm na 10 let.

Glede na klasifikacijo tal po Sloveniji, moramo karte primanjkljaja pri PK = 40 mm bolj upoštevati za zahodno Slovenijo, karte pri PK = 100 mm pa za severovzhodno in osrednjo Slovenijo. Ker sta karti za različna tla julija skoraj identični in je torej vpliv večje poljske kapacitete v najbolj sušnem mesecu praktično zanemarljiv, predstavljamo le rezultate za PK = 40 mm.

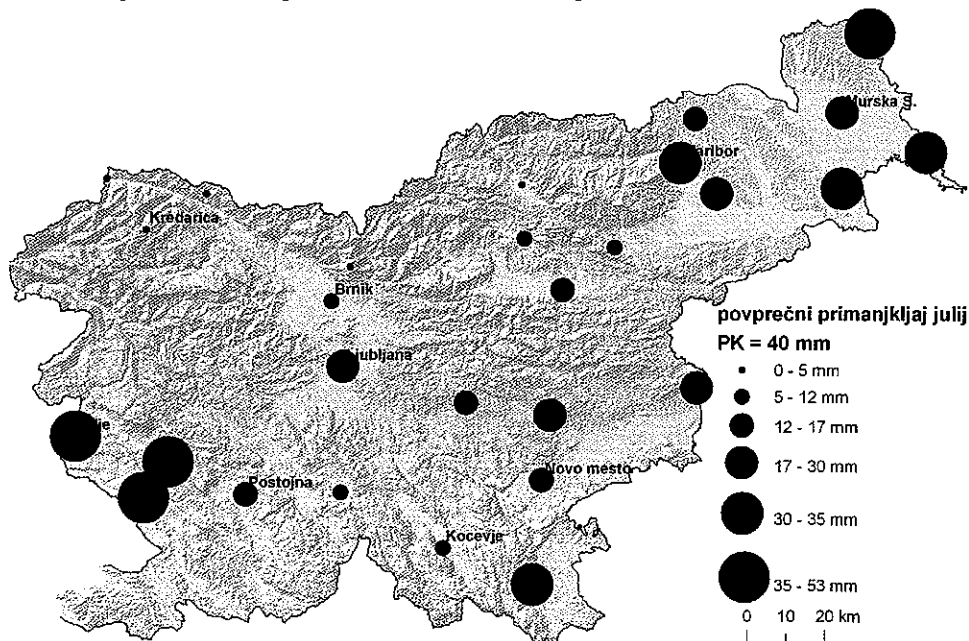
Prostorska porazdelitev trendov primanjkljaja vode v tleh je skoraj enaka kot junija. Gre torej za podobno naraščanje, le da so vrednosti julijskih trendov precej višje. Tako imamo

v Goriški in Obalno-kraški regiji trend do 30 mm na 10 let, prav tako tudi na skrajnem severovzhodu. Tako v večini osrednje Slovenije kot tudi na Gorenjskem in Koroškem ostaja vodna bilanca skozi obdobje 1971-2006 bolj ali manj nespremenjena.



Slika 41: Absolutni trend spreminjanja julijskega primanjkljaja vode v tleh v obdobju 1971-2006 za tla s poljsko kapaciteto 40 mm.

Ker je na karti predstavljen absolutni trend primanjkljajev v milimetrih na 10 let, je prav, da si pogledamo še povprečne primanjkljaje vode v tleh (Slika 42), kar nam da občutek, kolikšna je relativna sprememba v tem obdobju.



Slika 42: Povprečni julijski primanjkljaj vode v tleh v obdobju 1971-2006 za tla s poljsko kapaciteto 40 mm.

Kot lahko hitro opazimo, so povprečni primanjkljaji največji v tistih delih Slovenije, kjer imamo tudi največje trende povečevanja primanjkljajev.

Avgustovski trendi primanjkljaja so spet nekoliko nižji od julijskih. Od zahodnega dela Slovenije ima trend višji od 10 mm na 10 let le Goriška, drugje pa primanjkljaj vode v tleh ne narašča tako korenito. Praktično po vsej vzhodni Sloveniji imamo trend naraščanja primanjkljaja od 10 do 15 mm na 10 let.

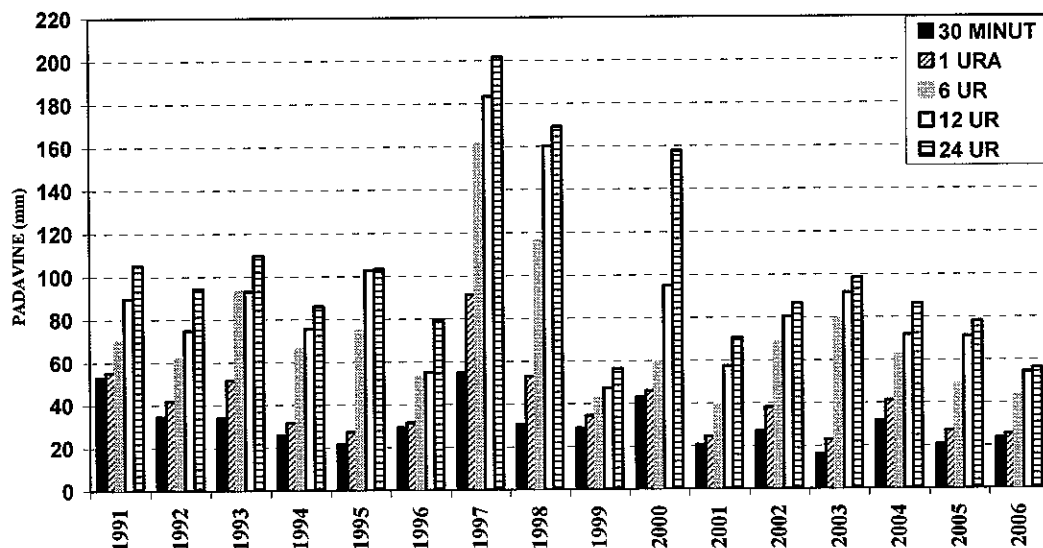
## **5.8 EKSTREMNE PADAVINE**

Analizirali smo padavinske podatke za obdobje 1991-2006, merjene v različnih časovnih intervalih z ombrografi, za tri meteorološke postaje: Bilje pri Novi Gorici, Murska Sobota in Rateče, ki so na klimatsko različnih območjih Slovenije. Vsi padavinski podatki so dobljeni iz arhiva Urada za meteorologijo Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO, 2007).

### **5.8.1 Maksimalne padavine**

Analizirali smo maksimalne letne vrednosti nalivov za različne časovne intervale: 30 min, 1, 6, 12 in 24 ur.

Maksimalne količine padavin v vseh časovnih intervalih so v Biljah namerili v letu 1997. V juliju je ob močnem nalivu v 30 minutah padlo 55 mm padavin. Ekstremne vrednosti količine padavin v ostalih časovnih skalah so bile dosežene v septembru istega leta. V nevihti z močnim nalivom ter viharnim vetrom so bile dosežena največje 1-, 6-, 12- ter 24-urne količine padavin (v eni uri je padlo kar 91,3 mm padavin, 24-urna vsota padavin pa je v tem padavinskem dogodku znašala 201,5 mm). Od tega je največji del padel v šestih urah, kar 161 mm. V Ratečah so največjo količino padavin namerili ob močni poletni nevihti konec avgusta v letu 2003. V polurnem obdobju z največjo intenziteto padavin je takrat padlo 24,7 mm, v šestih urah 125,3 mm ter v 24 urah 148 mm padavin. V splošnem so ekstremne vrednosti količine padavin v daljših časovnih intervalih manjše v Ratečah kot v Biljah, vrednosti pa se najbolj razlikujejo v triurni časovni skali; v Biljah je ekstremna količina padavin v tej časovni skali v povprečju za dobrih 20 mm večja. Navečja polurna količina padavin (28,2 mm) v Murski Soboti je bila izmerjena avgusta 1994, največja 1-urna ter 6-urna količina padavin pa avgusta 2005 (43,8 mm ter 44,7 mm). Ob nevihti v novembru 1998 sta zabeleženi največji 12- ter 24-urni količini padavin (63,3 mm ter 76,6 mm). Maksimalne polurne količine padavin so v povprečju za 1,7 mm nižje kot v Ratečah ter za 13,7 mm nižje kot v Biljah, v daljših časovnih skalah pa je razhajanje med ekstremnimi količinami padavin z ostalima postajama vse večje.

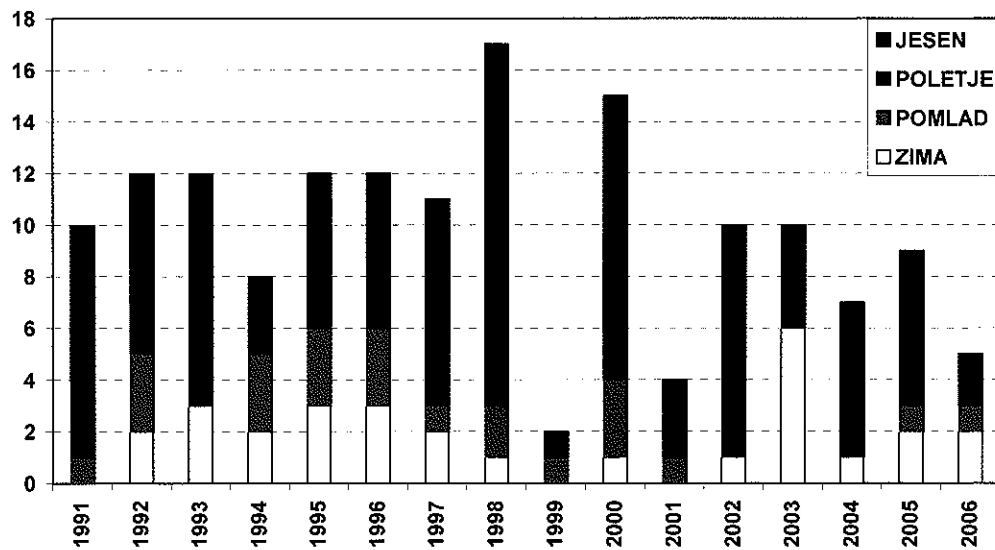


Slika 43: Maksimalne količine padavin v Biljah v različnih časovnih skalah.

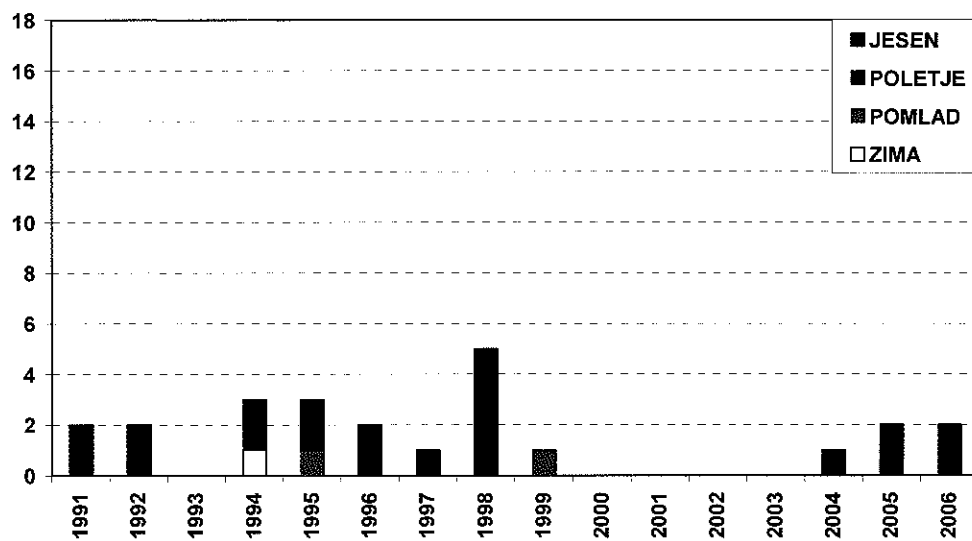
### 5.8.2 Število dni s količino padavin večjo kot 40 mm

V obravnavanem obdobju 1991-2006 smo za posamezna leta določili število dni s količino padavin večjo kot 40 mm.

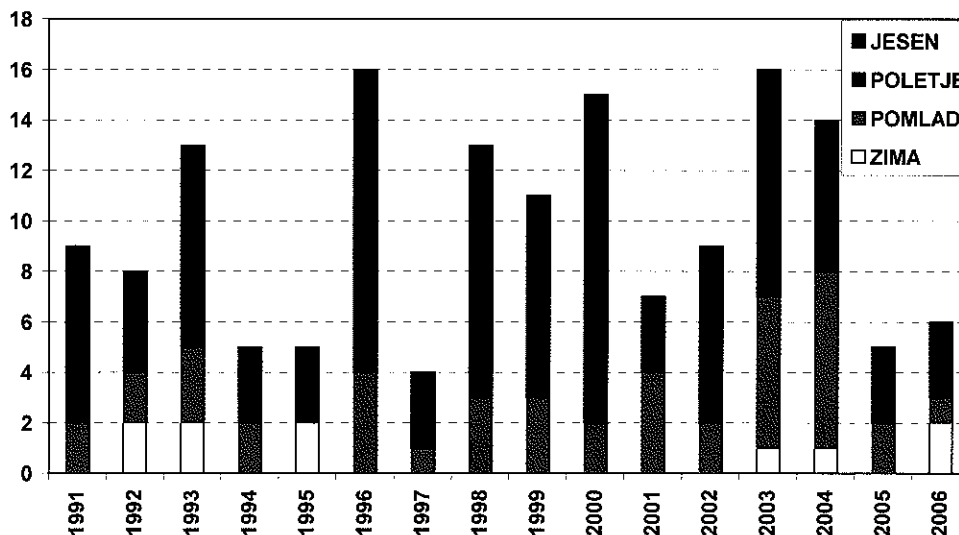
Na slikah (Slika 44, Slika 45, Slika 46) je prikazano število dni s količino padavin nad 40 mm. Pri vseh treh izbranih meteoroloških postajah so bile dnevne padavine nad 40 mm najbolj pogoste v jesenskem obdobju, v Ratečah pa je število teh dni največje. Število dni z intenzivnimi padavinami je v Murski Soboti občutno manjše kot na ostalih dveh postajah, za severozahodno Slovenijo pa na splošno velja, da so ekstremni padavinski dogodki zelo redki. Ekstremne padavine se pojavljajo med dlje časa trajajočimi nevihtami ali pa če si sledi več močnih neviht v obdobju ene meritve. V proučevanem 16-letnem obdobju smo izmerili v letnem povprečju v Murski Soboti 1-2 dneva s količino padavin nad 40 mm, v Ratečah in Biljah pa letno kar 10 takšnih dni.



Slika 44: Število dni s količino padavin nad 40 mm za Bilje.



Slika 45: Število dni s količino padavin nas 40 mm za Mursko Soboto.



Slika 46: Število dni s količino padavin nad 40 mm za Rateče.

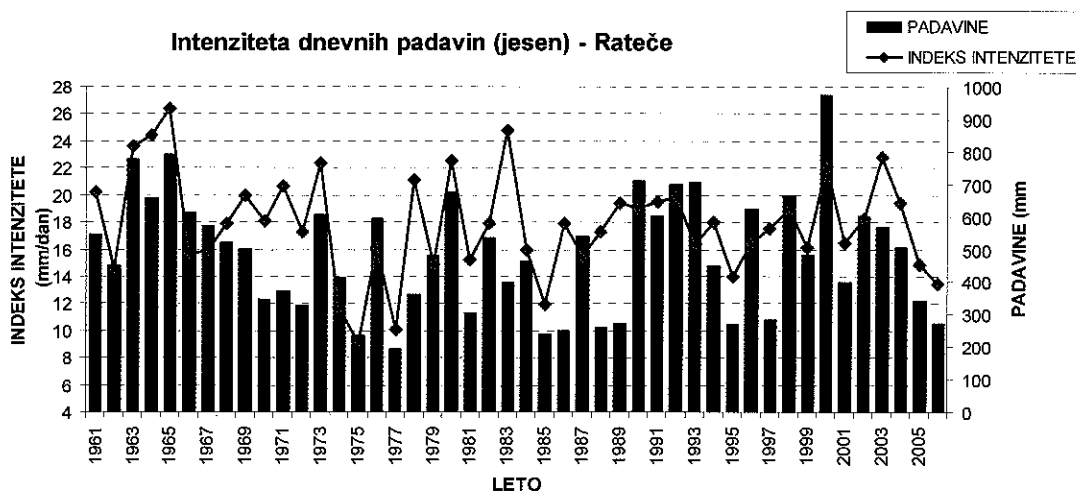
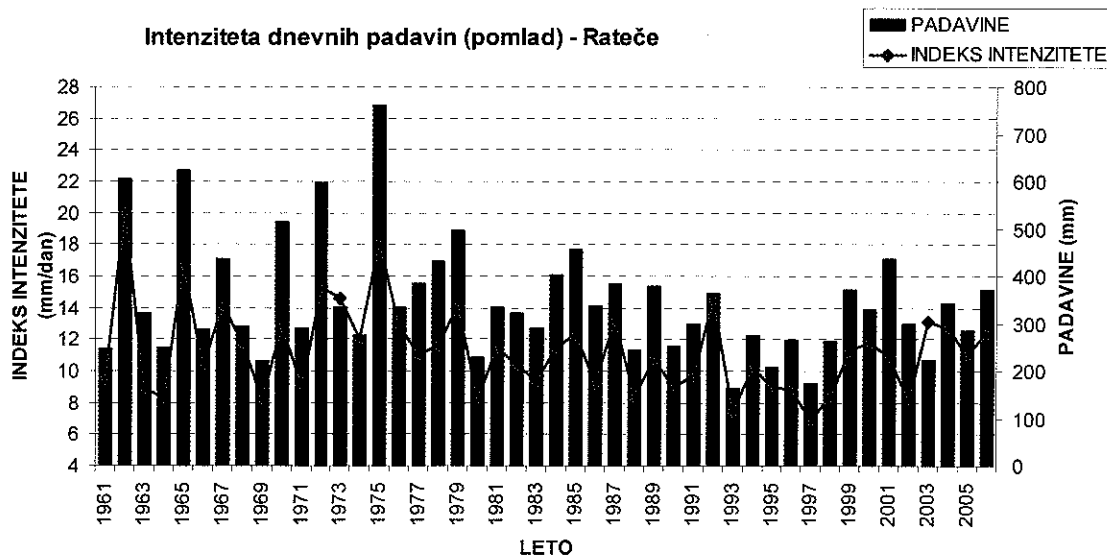
### 5.8.3 Indeks intenzitete padavin

Izračunali smo ga kot razmerje med količino padavin ter številom padavinskih dni v določenem obdobju (mm/h), izračunane vrednosti pa smo primerjali s povprečnimi vrednostmi indeksa za obdobje 1961-1990.

V Ratečah (Slika 47) je povprečna količina pomladanskih padavin v obdobju 1961-1990 znašala 377 mm, v obdobju 1991-2006 pa le še 291 mm. Količina pomladanskih padavin je v upadanju. Negativen trend je zaznati tudi pri indeksu intenzitete pomladanskih padavin, kar pomeni, da se zmanjšuje število padavinskih dni. Največ padavin je bilo pomladi izmerjeno leta 1975 (760 mm), indeks intenzitete pa je bil najvišji leta 1962, ko je na moker dan v povprečju padlo okrog 20 mm padavin. Najmanj padavinskih dni (17) pomladi je bilo 2003, kar nam kaže tudi največji razkorak med količino padavin ter indeksom intenzitete padavin. Največ, kar 42 padavinskih dni, pa smo zabeležili pomladi 1975.

Pomladanska količina padavin je v upadanju tudi v Biljah, medtem ko v Murski Soboti ni zaznati statistično značilnega trenda. Jeseni je v Ratečah v povprečju največ padavin, zato je tudi intenziteta padavin ustrezno večja kot spomladi. Povprečna količina jesenskih padavin v obdobju 1961-1990 v Ratečah znaša 467 mm, v obdobju 1991-2006 pa 527 mm. Trenda količine jesenskih padavin ter intenzitete dnevni padavin (obdobje 1971-2006) sta statistično značilna ( $\alpha = 0,05$ ) in pozitivna. Največ padavin je bilo v jeseni 2000, ko je zabeleženih 44 padavinskih dni, kar je največ po letu 1961. Jesenske padavine so bile najbolj intenzivne 1965, ko je v 30 padavinskih dneh padlo skoraj 800 mm padavin. Jesenska količina padavin narašča tudi v Biljah in Murski Soboti.





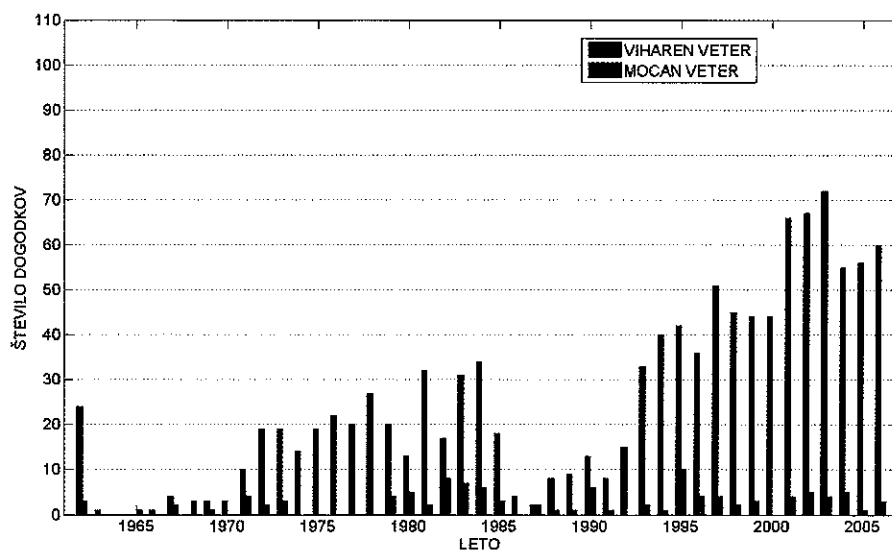
**Slika 47: Indeks intenzitete dnevnih padavin ter količina padavin za pomlad (zgoraj) in jesen (spodaj) za Rateče.**

Ekstremni padavinski dogodki so pogosti v severozahodni Sloveniji in zelo redki v severovzhodni Sloveniji, kjer so izmerjene ekstremne količine le med močnimi nevihtami, ki trajajo dlje časa ali pa kadar v kratkem času sledi več močnejših nalivov. Kmetijske površine na obravnavanih območjih so najbolj ogrožene v jesenskem obdobju, ko je število dni s količino padavin nad 40 mm padavin največje. Po napovedih strokovnjakov lahko zaradi podnebnih sprememb pričakujemo tudi povečano pogostnost ekstremnih dogodkov, med drugim ekstremnih padavin (Kajfež-Bogataj in Sušnik, 2007). Jakost nalivov v Sloveniji v zadnjem času že na mnogih lokacijah narašča (Sušnik in sod., 2006).

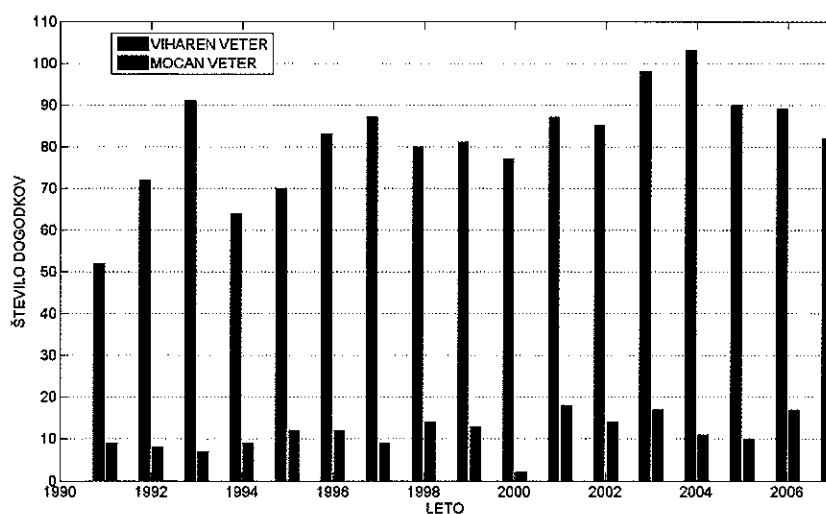
## 5.9 KRATKOTRAJNI VREMENSKI DOGODKI VEČJIH INTENZITET

### 5.9.1 Veter

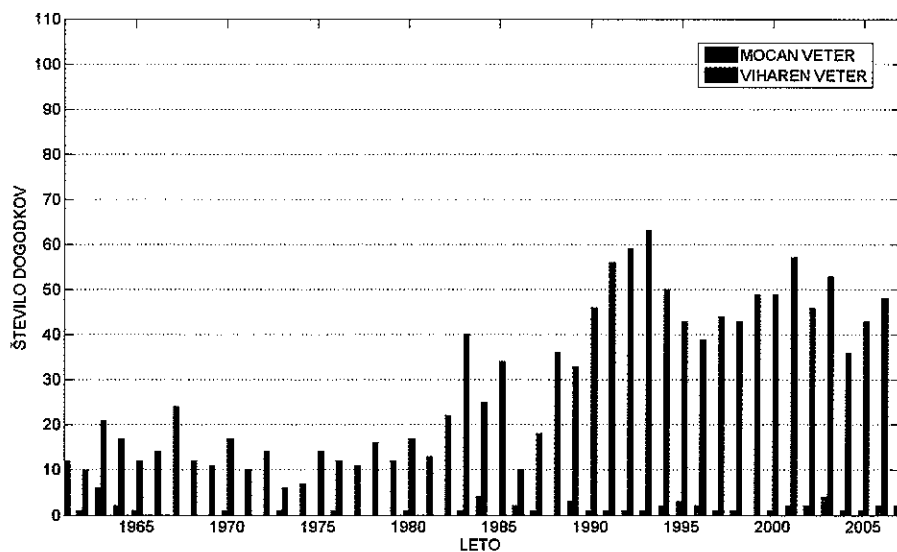
V kmetijstvu veliko škode povzročijo tudi pogosti kratkotrajni vremenski pojavi izrednih intenzitet, kot sta npr. toča ter močan oz. viharen veter. V analizi smo primerjali povprečno število dogodkov z močnim ter viharnim vetrom med obdobjema 1961-1990 ter 1991-2007. Slike (Slika 48 - Slika 50) prikazujejo število dni z močnim ter viharnim vetrom po posameznih letih za postaje Murska Sobota, Bilje ter Ljubljana. V splošnem je opaziti porast števila dni z močnim vetrom, predvsem po letu 1990. Pri številu dni z viharnim vetrom sprememba ni tako izrazita.



Slika 48: Število dni z močnim ter viharnim vetrom v Murski Soboti



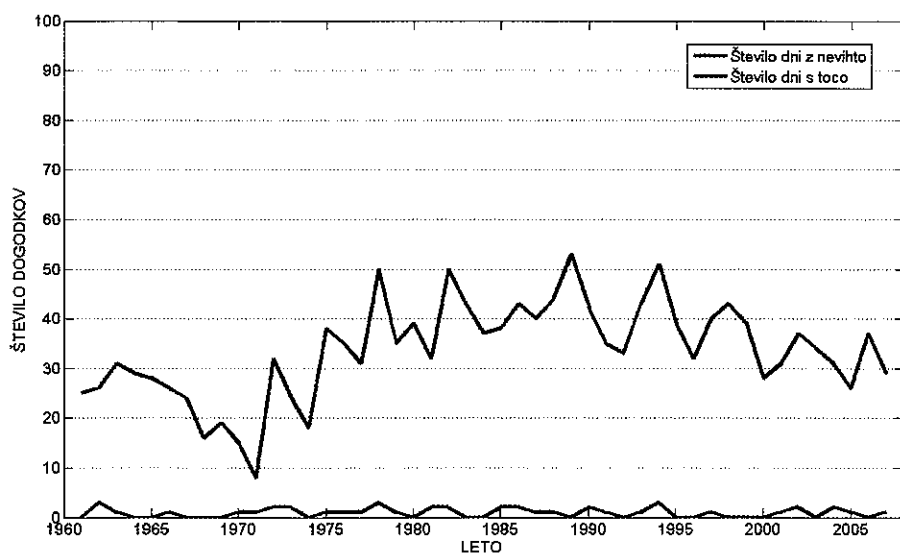
Slika 49: Število dni z močnim ter viharnim vetrom v Biljah



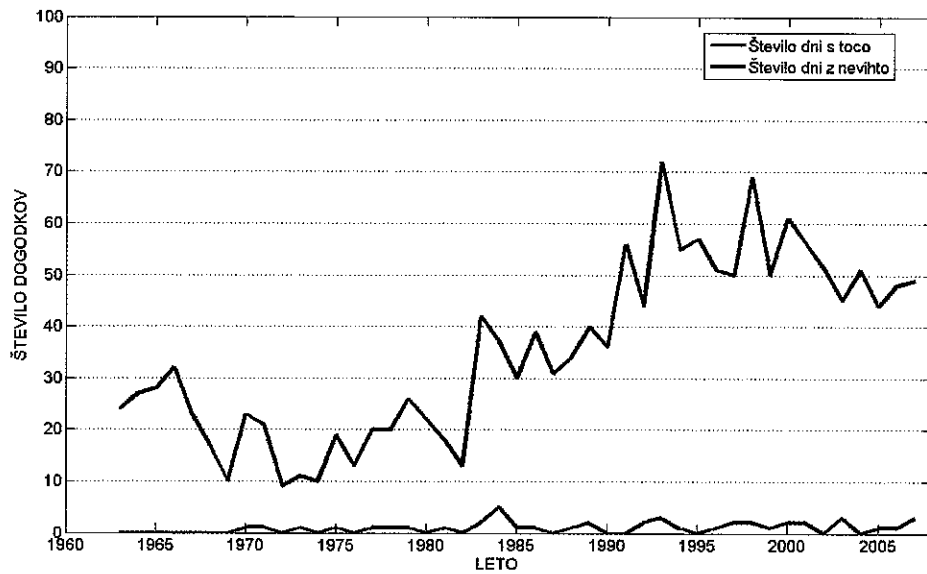
Slika 50: Število dni z močnim ter viharnim vetrom v Ljubljani

### 5.9.2 Nevihte in toča

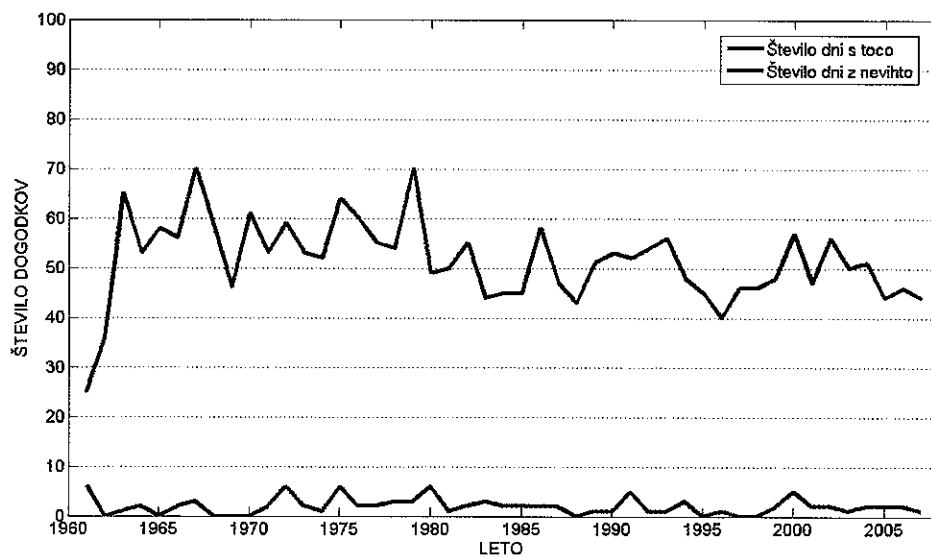
Število dni z nevihto v Ljubljani je vseskozi nekoliko v upadanju, medtem ko je v Biljah ter Murski Soboti vzorec nekoliko drugačen. V Murski Soboti število dni z nevihto upada (po letu 1995), močno pa je naraslo po letu 1970. V Biljah je število dni z nevihto naraščalo do leta 1995, potem pa se je ustalilo. Pri številu dni s točo ni opaziti bistvenih sprememb.



Slika 51: Število dni z nevihto ter točo v Murski Soboti



Slika 52: Število dni z nevihto ter točo v Biljah



Slika 53: Število dni z nevihto ter točo v Ljubljani

## 6 SKLEPI

Agro-klimatske spremenljivke so se v obdobju 1991-2007 glede na obdobje 1961-1990 v večini že zaznavno spremenile, kar postaja bistvenega pomena predvsem za kmetijstvo. Že opažene spremembe nam dajejo potrditev, da so tudi napovedi po različnih scenarijih podnebnih sprememb upravičene.

Povprečne dnevne temperature zraka so se že izrazito povečale (v povprečju za 0,7 do 1,4 °C), nekoliko bolj in po postajah bolj raznoliko so se povečale povprečne minimalne temperature zraka ter še malenkost več povprečne maksimalne temperature zraka.

Pri potencialni evapotranspiraciji zasledimo med letoma 1971 in 2006 izrazito naraščajoče trende - od 5 pa do skoraj 30 odstotkov na 10 let.

S segrevanjem se spreminjajo tudi ostale spremenljivke, vezane na temperaturo. Število vročih in toplih dni se povečuje, število hladnih dni pa zmanjšuje, kar ima pomemben vpliv na fenološki razvoj rastlin. Večinoma se je bolj povečalo število toplih dni – za do 24 dni (Bizeljsko), število vročih dni pa za do 18 (Slap). Po različnih scenarijih pomeni dvig temperature zraka v povprečju za 0,5 °C povečanje števila toplih dni za 6 do 8 in povečanje števila vročih dni za 3 do 5 dni. Pri hladnih dneh prinese povečanje temperature za 0,5 °C v splošnem zmanjšanje števila le-teh za 3 do 5 dni.

Po Winklerjevem indeksu za obdobje 1961-1990 se skoraj celotna Slovenija uvršča v 1. cono, v 5. cono se uvrščajo le najbolj zahodne lokacije. S povečevanjem temperature zraka se višje cone širijo v notranjost države. Pri povečanju temperature za 3 °C bi Slovenija že praktično v celoti (z izjemo gorskega sveta) spadala v 5. cono.

V obdobju 1991-2007 je glede na referenčno obdobje 1961-1990 Huglinov indeks že višji za približno 200 do 250 °C. Ob dodatnem segrevanju pričakujemo celo uvrstitev Slovenije dva razreda višje.

Po Kernerjevem indeksu se v obdobju 1961-1990 Slovenija večinoma uvršča v zmerno kontinentalni pas. Povprečne vrednosti indeksa se v obdobju 1991-2007 ne razlikujejo bistveno od tistih v obdobju 1961-1990.

Pri obravnavanju pozebe so spremembe vezane na minimalno temperaturo, saj so od nje odvisne poškodbe na cvetnih brstih v različnih razvojnih fazah.

Verjetnost za pojavljanje minimalne temperature, nižje od 0 °C, se večinoma niža. Pas večjega trenda premikanja zaporednega dne, ko se še pojavi negativna minimalna temperatura, po koledarskem letu nazaj, poteka nekako od jugozahoda do severovzhoda Slovenije. Največji trend je -6 dni / 10 let. V 40-ih letih prinesejo taki trendi že zelo očitne spremembe.

Pri primerjavi izračunov za obdobji 1961-1990 in 1991-2007 zaporednega (julijanskega) dne v letu, ko nastopi fenološka faza cvetenja pri domači češplji, so razlike tedenske ali

še večje, z nadaljnjim segrevanjem pa lahko pričakujemo tudi do 20 ali več dni hitrejši nastop cvetenja domače češplje. Razvidno je, da lahko predvsem na zahodu pa tudi v osrednji Sloveniji pričakujemo ob dodatnem segrevanju velike spremembe tudi tam, kjer do sedaj niso bile preveč očitne.

Verjetnost za pozebo smo določili na osnovi pojavnosti minimalnih temperatur, nižjih od 0 °C, po nastopu fenofaze cvetenja domače češplje. Višje povprečne temperature pomenijo zgodnejše cvetenje, ko je verjetnost, da se minimalna temperatura spusti pod 0 °C, večja. Pri različnih dvigih povprečne temperature opazimo, da je verjetnost pozebe večinoma zelo variabilna, lahko se celo poveča.

Po izračunih za obobje 1955-2005 se približno polovica spomladanskih in poletnih fenofaz pojavlja zadnja leta bolj zgodaj (1 do 3 dni na dekada) kot na začetku obravnavanega obdobja, pri ostali polovici trenda ni, jesenske fenofaze rumenenja listja pa nastopijo 2 do 3 dni na dekada kasneje. Tako povečanje povprečne temperature zraka februar-april za 1 °C pomeni približno štiri dni zgodnejši začetek rastne sezone. Spremembe v zgodnosti oz. poznosti posameznih fenofaz imajo izredno pomemben vpliv na bodočo kmetijsko proizvodnjo.

Pri padavinah so v obdobju 1971-2006 opaženi trendi pozimi drugačni od prejšnjih napovedi, po katerih naj bi bili pozitivni, a so v večini Slovenije močno negativni. Tudi spomladi in poleti so trendi negativni. Pri jesenskih padavinah pa se kažejo pozitivni trendi.

Poleti se vodni primanjkljaj povečuje, junija in avgusta nekoliko manj kot julija, ko imamo v Goriški in Obalno-kraški regiji trend do 30 mm na 10 let, prav tako tudi na skrajnem severovzhodu. Tako v večini osrednje Slovenije kot tudi na Gorenjskem in Koroškem ostaja vodna bilanca skozi obdobje 1971-2006 bolj ali manj nespremenjena.

Dnevne padavine nad 40 mm so v obdobju 1991-2006 (glede na izračune za lokacije Rateče, Bilje, Murska Sobota) najbolj pogoste v jesenskem obdobju, v Ratečah pa je število teh dni največje. Število dni z intenzivnimi padavinami je v Murski Soboti občutno manjše kot na ostalih dveh postajah, saj za severozahodno Slovenijo na splošno velja, da so ekstremni padavinski dogodki zelo redki.

Jakost nalivov v Sloveniji v zadnjem času že na mnogih lokacijah narašča.

Število dni z nevihto v Ljubljani je vseskozi nekoliko v upadanju, v Murski Soboti število dni z nevihto upada (po letu 1995), močno pa je naraslo po letu 1970. V Biljah je število dni z nevihto naraščalo do leta 1995, potem pa se je ustalilo. Pri številu dni s točo ni opaziti bistvenih sprememb.

V splošnem je opaziti porast števila dni z močnim vetrom, predvsem po letu 1990. Pri številu dni z vihnim vetrom sprememba ni tako izrazita.

Opisane spremembe nas spodbujajo k razmišljanju o možnih prilagoditvah v kmetijstvu, ki bodo vsekakor potrebne. Poleg tega pa so nujne tudi nadaljnje raziskave v tej smeri, saj dosednji izračuni predstavljajo le osnovo. Kot smo že omenili, sta obstoječi klimatološka in fenološka mreža postaj za natančnejšo analizo prostorskih značilnosti agro-klimatoloških spremenljivk premalo gosti. Glede na izračunane kazalce sprememb, ki zahtevajo kompleksno obravnavo, še enkrat opozarjamo, da bi se moralo za kakovostne analize število klimatoloških postaj vsaj podvojiti.

## 7 VIRI IN LITERATURA

- Ahas, R., Jaagus, J., Aasa, A. (2000): The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature.- *International Journal of Biometeorology*, 44: 159-166.
- Arhiv meteoroloških podatkov Agencije republike Slovenije za okolje. 2008. Podatki za obdobje 1961-2007. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
- ARSO, 2006. Agencija Republike Slovenije za okolje  
[http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme\\_in\\_podnebje/podnebje/](http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/podnebje/)
- Bergant, K., 2003: Projekcije simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihova uporaba v agrometeorologiji. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 170 str.
- Bergant K., Kajfež-Bogataj L. 2004. Nekatere metode za pripravo regionalnih scenarijev podnebnih sprememb. *Acta agriculturae slovenica*, 83 – 2: 273-287.
- Bergant, K., Kajfež-Bogataj, L., Črepinšek, Z. (2002): Statistical downscaling of GCM simulated average monthly air temperature to the beginning of flowering of dandelion (*Taraxacum officinale*) in Slovenia.- *International Journal of Biometeorology*, 46: 22-32.
- Bergant, K., Trdan, S., Žnidarčič, D., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L. (2005): Impact of climate change on developmental dynamics of Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae): can it be quantified?- *Environmental entomology* [v tisku].
- COPA COGECA, 2003. Factsheets: Assessment of the impact of the heat wave and drought of the summer 2003 on agriculture and forestry. <http://www.copa-cogeca.be/en/dossiers.asp>
- Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L. (2003): Spring phenological trends in Slovenia.- *Series Annales Naturales*, 2: 32-43.
- Defila, C., Clot, B. (2001): Phytophenological trends in Switzerland.- *International Journal of Biometeorology*, 45: 203-207.
- Giorgi, F., Bi, X.Q. and Pal, J., 2004. Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: climate change scenarios (2071-2100). *Climate Dynamics*, 23(7-8): 839-858.
- EEA, 2004. Impacts of Europe's changing climate: an indicator-based assessment, EEA Report No 2/2004, 107 pp.
- EEA, 2005a. European Environmental Outlook. EEA Report No. 4/2005, 85 pp.
- EEA, 2005b. Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. EEA Technical report No 7/2005, 79 pp.
- Eisenreich, S.J. 2005. Climate Change and the European Water Dimension, European Commission- Joint Research Centre, Ispra, Italy. 253 pp.
- Hoogenboom, G. (2000): Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications.- *Agricultural and Forest Meteorology*, 103: 137-157.
- Goodess, C., 2005. STARDEX – Downscaling climate extremes, UEA, Norwich.
- Houghton, J. T., in sod., 2001: Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press. 752 str. [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm)
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat.
- Jakša, J., 2005. Podlubniki v slovenskih gozdovih v obdobju 1995—2004, Ujma. Št. 19, 154- 162
- Kajfež-Bogataj, L., Sušnik, A. 2007. Challenges to agrometeorological risk management - regional perspectives: Europe. V: SIVAKUMAR, Mannava V.K. (ur.), MOTHA, Raymond P. (ur.). *Managing weather and climate risks in agriculture*. Springer Verlag; Berlin; Heidelberg; New York, 114-124.
- Kajfež - Bogataj, L., Bergant, K., 2005. Podnebne spremembe v Sloveniji in suša. *Ujma* (19): 37-41.



- Kajfež-Bogataj, L., Bergant, K., 2005. Kakšno bo podnebje v Sloveniji v tem stoletju? *Ujma* (19):218-223.
- Kurnik, B. 2002. Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Diplomsko delo. FMF, Univerza v Ljubljani. 66 str.
- Lieth, H. (1997): Aims and Methods in Phenological Monitoring. V: *Phenology in Seasonal Climates I.* (ur.: Lieth, H., Schwartz, M.). Leiden, Backhuys Publishers, 143 str.
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M. and Wanner, H., 2004. European seasonal and annual temperature variability. Trends and extremes since 1500. *Science* 303, pp. 1499-1503.
- Maracchi, G., O. Sirotenko, and M. Bindi, 2004. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change*, 70(1), 117-135.
- Mitchell, T. D., 2003: Pattern scaling: An examination of the accuracy of the technique for describing future climates. *Climatic Change* 60: 217-242.
- Menzel, A. (2003a): Phenological data, networks, and research: Europe.- V: *Phenology: An Integrative Environmental Science* (ur.: Schwartz, M.D.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003: 45-56.
- Menzel, A. (2003b): Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO.- *Climate Change*, 57: 243-263.
- PRUDENCE, 2005. Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects. Final Report (<http://prudence.dmi.dk>)
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Doscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. and Willen, U., 2004. European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22(1): 13-31.
- Rötzer, T. (2000): Net-management and research of the international phenological gardens. V: *New Contributions to phenology, Proceedings of the IV. Workshop on Phenology, Doksany*, 12-13
- Rötzer, T., Grote, R., Pretzsch, H. (2004): The timing of bud burst and its effect on tree growth.- *International Journal of Biometeorology*, 48: 109-118.
- Sparks, T.H., Jeffree, E.P., Jeffree, C.E. (2000): An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK.- *International Journal of Biometeorology*, 44: 82-87.
- Sušnik, A., Kajfež-Bogataj, L., Bergant, K., Cegnar, T., Črepinšek, Z., Gregorič, G., Rogelj, D., Žust, A. 2006. Climate change: it is not too late if farmers act now. Ljubljana, Environmental Agency of the Republic of Slovenia, 40 str.
- Sušnik, A., Kajfež-Bogataj, L., Kurnik, B. 2005. GIS assessment of climate warming impact on wine growing regions distribution in Slovenia. Ljubljana. Predstavitev za Workshop on climatic analysis and mapping for agriculture, Bologna, Italija.
- Simončič P., Kobler A., Kranjc N., Medved M., Torelli N., Robek R., 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi, *Gozdarski vestnik* 59, Ljubljana, s. 184-202
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araujo, M.B., Arnell, N.W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T.R., Gracia, C.A., De La Vega-Leinert, A.C., Erhard, M., Ewert, F., Glendining, M., House, J.I., Kankaanpää, S., Klein, R.J.T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M.J., Meyer, J., Mitchell, T.D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabate, S., Sitch, S., Smith, B., Smith, J., Smith, P., Sykes, M.T., Thonicke, K., Thuiller, W., Tuck, G., Zaehle, S. and Zierl, B., 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752): 1333-1337.
- Sušnik, A., 2006: Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.

- Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press. Available for download at <http://www.hm-treasury.gov.uk/index.cfm>.
- Tonietto, J., Carbonneau, A. (2004): A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. – *Agricultural and Forest Meteorology*, 124: 81-97.
- Zrnec, C. (1994): Značilnosti cvetenja nekaterih vrst rastlin in njihova uporabnost v agrometeorologiji. – *Razprave-Papers*, 31: 51-60.