

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Kristina GOLOB

**ANALIZA SPREMEMB  
NEKATERIH AGROKLIMATSKIH SPREMENLJIVK  
V SLOVENIJI V ZADNJIH DESETLETJIH**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**ANALYSIS OF CHANGES  
OF SOME AGROCLIMATIC VARIABLES  
IN SLOVENIA DURING THE LAST DECADES**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstva - agronomija. Opravljeno je bilo na Katedri za agrometeorologijo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Podatki za statistično obdelavo so bili pridobljeni iz Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO).

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala redno profesorico dr. Lučko Kajfež Bogataj.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Batič  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Lučka Kajfež Bogataj  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Marina Pintar  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana Kristina Golob se strinjam z objavo diplomskega dela v polnem tekstu na strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je diplomsko delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, indentično tiskani verziji.

Kristina Golob

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn  
DK UDK 551.586.(497.4)(043.2.)  
KG Agroklimatologija/agroklimatske spremenljivke/Slovenija/podnebnne spremembe/  
povprečna temperatura zraka/temperaturne vsote/hladni dnevi/topli dnevi/relativna  
zračna vlaga/trajanje sončnega obsevanja/snežna odeja/količina padavin  
KK AGRIS P40  
AV GOLOB Kristina  
SA KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (mentor)  
KZ SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo  
LI 2009  
IN ANALIZA SPREMEMB NEKATERIH AGROKLIMATSKIH SPREMENLJIVK  
V SLOVENIJI V ZADNJIH DESETLETJIH  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP X, 39, [10] str., 10 pregl., 14 sl., 9 pril., 24 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Analizirali smo osem agroklimatskih spremenljivk: povprečno temperaturo zraka,  
temperaturne vsote, število dni z minimalno temperaturo zraka pod 0 °C (hladni  
dnevi), število dni z maksimalno temperaturo zraka nad 25 °C (topli dnevi),  
relativno zračno vlago, trajanje sončnega obsevanja (v urah), število dni s snežno  
odejo in število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter. Podatke za vse  
spremenljivke smo pridobili za pet krajev po Sloveniji: Bilje, Ljubljana, Novo  
mesto, Maribor in Murska Sobota. Analize so opravili po desetletjih (1961-1970,  
1971-1980, 1981-1990, 1991-2000) za vse kraje in izračunali trende. Nato smo  
primerjali še dve daljši obdobji (1961-1983 in 1984-2006). Prišli smo do  
zaključkov, da povprečna temperatura v zadnjih desetletjih po vseh krajih narašča,  
ravno tako temperaturne vsote. Najbolj narašča povprečna temperatura v Novem  
mestu, najmanj pa v Biljah. Enako velja za temperaturne vsote. Število dni z  
minimalno temperaturo pod 0 °C pada. Najbolj pada v Novem mestu in najmanj v  
kraju Bilje. Število dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C narašča. Najbolj  
narašča v Mariboru, najmanj v Biljah. Zmanjšuje se relativna zračna vlaga: najbolj  
v Biljah in najmanj v Murski Soboti. Trajanje sončnega obsevanja (v urah) narašča:  
najbolj narašča v Ljubljani, najmanj v Mariboru. Za postajo Bilje nimamo dovolj  
podatkov. Število dni s snežno odejo pada in ravno tako število dni s količino  
padavin večjo ali enako en milimeter. Število dni s snežno odejo najbolj pada v  
Novem mestu, v Biljah celo rahlo narašča. Število dni s količino padavin večjo ali  
enako en milimeter najbolj pada v Ljubljani, najmanj pa v Biljah.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC UDC 551.586.(497.4)(043.2)  
CX Agroclimatology/agroclimatical variables/ Slovenia/climate changes/ average air temperature/temperature sums/cool days/warm days/relative air humidity/sunshine duration/snow cover/precipitation amount  
CC AGRIS P40  
AU GOLOB Kristina  
AA KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (supervisor)  
PP SI-1111 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Agronomy  
PY 2009  
TI ANALYSIS OF CHANGES OF SOME AGROCLIMATIC VARIABLES  
IN SLOVENIA DURING THE LAST DECADES  
DT Graduation Thesis (University Studies)  
NO X, 39, [10] p., 10 tab., 14 fig., 9 ann., 24 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB We have analysed eight agroclimatic variables: average air temperature, temperature sums, the number of days with minimal air temperature under 0 °C (cool days), the number of days with maximal air temperature over 25 °C (warm days), relative air humidity, sunshine duration (in hours), the number of days with snow cover, the number of days with precipitation amount the same or more than one millimeter. Analysis included data for five locations in Slovenia: Bilje, Ljubljana, Novo mesto, Maribor, Murska Sobota. We have analysed them through decades (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000) for all the locations and calculated trends. Next we have analysed the data through two longer periods (1961-1983, 1984-2006). We have come to several conclusions: average air temperature is increasing through all decades and all places, temperature sums as well. The increase is most pronounced in Novo mesto and less in Bilje. The same is with temperature sums. The number of days with minimal temperature under 0 °C is decreasing. The decrease is most pronounced in Novo mesto and less in Bilje. The number of days with maximal temperature over 25 °C is increasing. The increase is most pronounced in Maribor and less in Bilje. Relative air humidity is decreasing. The decrease is most pronounced in Bilje and less in Murska Sobota. Sunshine duration (in hours) is increasing. The increase is most pronounced in Ljubljana and less in Maribor. We do not have enough data for Bilje. The number of days with snow cover is decreasing and the number of days with precipitation amount the same or more than one millimeter as well. The decrease of number of days with snow cover is most pronounced in Novo mesto, in Bilje is even a little increasing. The decrease of the number of days with precipitation amount the same or more than one millimeter is most pronounced in Ljubljana and less in Bilje.

## KAZALO VSEBINE

|   |           |
|---|-----------|
| Ključna dokumentacijska informacija                               | III       |
| Key words documentation   | IV        |
| Kazalo vsebine  | V         |
| Kazalo preglednic   | VII       |
| Kazalo prilog   | IX        |
| Okrajšave in simboli  | X         |
| <b>1 UVOD</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 POVOD   | 1         |
| 1.2 DELOVNA HIPOTEZA IN CILJ                                      | 1         |
| <b>2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV</b>                                 | <b>3</b>  |
| 2.1 OSNOVNI POJMI   | 3         |
| 2.1.1 Umestitev agrometeorologije v sistem znanosti               | 3         |
| 2.1.2 Vreme in podnebje   | 3         |
| 2.2 ZNAČILNOSTI PODNEBJA SLOVENIJE                                | 4         |
| 2.2.1 Temperature   | 5         |
| 2.2.2 Padavine  | 5         |
| 2.2.3 Podnebne značilnosti vegetacijskega obdobja                 | 6         |
| 2.2.4 Nevihte, megla in slana                                     | 6         |
| 2.3 UČINEK TOPLE GREDE IN NJEGOVA PROBLEMATIKA                    | 7         |
| 2.4 PODNEBNE SPREMEMBE  | 8         |
| 2.4.1 Posledice naraščanja temperature                            | 9         |
| 2.4.2 Projekcije bodočega podnebja                                | 9         |
| 2.5 KMETIJSTVO IN PODNEBNE SPREMEMBE                              | 10        |
| 2.5.1 Vplivi na rastline pri nas                                  | 14        |
| <b>3 MATERIALI IN METODE</b>                                      | <b>16</b> |
| 3.1 PROSTORSKA UMESTITEV  | 16        |
| 3.2 IZBIRA SPREMENLJIVK   | 17        |
| 3.2.1 Povprečna temperatura zraka                                 | 18        |
| 3.2.2 Temperaturne vsote  | 18        |
| 3.2.3 Število dni z minimalno temperaturo pod 0 °C                | 19        |
| 3.2.4 Število dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C              | 19        |
| 3.2.5 Relativna zračna vlaga ob 14. uri                           | 19        |
| 3.2.6 Trajanje sončnega obsevanja v urah                          | 20        |
| 3.2.7 Število dni s snežno odejo                                  | 20        |
| 3.2.8 Število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter | 20        |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3   | STATISTIČNE METODE   | 20 |
| 3.3.1 | Analiza časovne vrste  | 20 |
| 3.3.2 | Analiza trenda (regresija in korelacija)                                   | 21 |
| 4     | REZULTATI  | 22 |
| 4.1   | POVPREČNA TEMPERATURA ZRAKA, $T_{pov}$                                     | 22 |
| 4.2   | TEMPERATURNE VSOTE, $T > 0\text{ °C}$                                      | 23 |
| 4.3   | TEMPERATURNE VSOTE, $T > 10\text{ °C}$                                     | 24 |
| 4.4   | ŠTEVILO DNI Z MINIMALNO TEMPERATURO MANJŠO OD $0\text{ °C}$ ( $d_{T0}$ )   | 26 |
| 4.5   | ŠTEVILO DNI Z MAKSIMALNO TEMPERATURO VEČJO OD $25\text{ °C}$ ( $d_{T25}$ ) | 27 |
| 4.6   | POVPREČNA RELATIVNA ZRAČNA VLAGA OB 14. URI                                | 28 |
| 4.7   | TRAJANJE SONČNEGA OBSEVANJA ( $h_{pov}$ )                                  | 30 |
| 4.8   | ŠTEVILO DNI S SNEŽNO ODEJO ( $d_{sneg}$ )                                  | 31 |
| 4.9   | ŠTEVILO DNI S KOLIČINO PADAVIN VEČJO ALI ENAKO EN MILIMETER ( $d_{1mm}$ )  | 32 |
| 5     | RAZPRAVA IN SKLEPI   | 34 |
| 6     | POVZETEK   | 36 |
| 7     | VIRI   | 38 |
|       | ZAHVALA  |    |
|       | PRILOGE  |    |

## KAZALO PREGLEDNIC

|   |    |
|---|----|
| Preglednica 1: Učinki spremenjenega podnebja na pridelavo hrane (Kajfež Bogataj, 2008).   | 15 |
| Preglednica 2: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečne temperature zraka po krajih.  | 22 |
| Preglednica 3: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda temperaturnih vsot, $T > 0\text{ °C}$ po krajih.                                    | 23 |
| Preglednica 4: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda temperaturnih vsot, $T > 10\text{ °C}$ po krajih.                                   | 25 |
| Preglednica 5: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni z minimalno temperaturo pod $0\text{ °C}$ po krajih.        | 26 |
| Preglednica 6: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni z maksimalno temperaturo nad $25\text{ °C}$ po krajih.      | 27 |
| Preglednica 7: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečne relativne zračne vlage po krajih.   | 29 |
| Preglednica 8: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila ur sončnega obsevanja po krajih.                                | 30 |
| Preglednica 9: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni s snežno odejo po krajih.                                   | 31 |
| Preglednica 10: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter po krajih. | 32 |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| Slika 1: Shematični prikaz kompleksnosti klimatskega sistema, njegovih procesov in interakcij (Climate change ..., 2007b).                            | 4  |
| Slika 2: Efekt tople grede (Climate change ..., 2007b).   | 7  |
| Slika 3: Spreminjanje vsebnosti CO <sub>2</sub> in CH <sub>4</sub> ter odstopanja globalne temperature v zadnjih 450000 letih.                        | 8  |
| Slika 4: Predvideni vplivi podnebnih sprememb na spremembe v poljedelski, živinorejski in gozdni produkciji do leta 2050 (Climate change ..., 2007a). | 13 |
| Slika 5: Tipi podnebja Slovenije (Varovanje ..., 1998).   | 16 |
| Slika 6: Primerjava povprečnih temperatur zraka v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.  | 23 |
| Slika 7: Primerjava temperaturnih vsot, $T > 0$ °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.   | 24 |
| Slika 8: Primerjava temperaturnih vsot, $T > 10$ °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.  | 25 |
| Slika 9: Primerjava števila dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.                                 | 27 |
| Slika 10: Primerjava števila dni z maksimalno temperaturo večjo od 25 °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.                               | 28 |
| Slika 11: Primerjava povprečne relativne zračne vlage v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.  | 29 |
| Slika 12: Primerjava trajanja sončnega obsevanja v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.   | 31 |
| Slika 13: Primerjava števila dni s snežno odejo v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.  | 32 |
| Slika 14: Primerjava števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.                       | 33 |



## KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Trendi povprečnih temperatur zraka v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto °C).
- PRILOGA B: Trendi temperaturnih vsot,  $T > 0$  °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto °C).
- PRILOGA C: Trendi temperaturnih vsot,  $T > 10$  °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto °C).
- PRILOGA D: Trendi števila dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).
- PRILOGA E: Trendi števila dni z maksimalno temperaturo večjo od 25 °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).
- PRILOGA F: Trendi povprečne relativne zračne vlage v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto %).
- PRILOGA G: Trendi trajanja sončnega obsevanja (število ur) v letih 1961-2000 za štiri kraje, za postajo Bilje nimamo dovolj podatkov (vsi podatki na y osi imajo enoto ure).
- PRILOGA H: Trendi števila dni s snežno odejo v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).
- PRILOGA I: Trendi števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

### OKRAJŠAVE:

|                   |   |
|-------------------|---|
| ARSO              | Agencija Republike Slovenije za okolje                      |
| BI                | kraj Bilje  |
| LJ                | kraj Ljubljana  |
| NM                | kraj Novo mesto   |
| MA                | kraj Maribor  |
| MS                | kraj Murska Sobota  |
| 1D                | prvo desetletje   |
| 2D                | drugo desetletje  |
| 3D                | tretje desetletje   |
| 4D                | četrt desetletje  |
| $d_{T0}$          | število dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C          |
| $d_{T25}$         | število dni z maksimalno temperaturo večjo od 25 °C         |
| $d_{\text{snež}}$ | število dni s snežno odejo                                  |
| $d_{1\text{mm}}$  | število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter |
| ppm               | »parts per million« (milijoninke)                           |
| IPCC              | Medvladni odbor za podnebne spremembe                       |
| WMO               | Svetovna meteorološka organizacija                          |
| AT                | analiza trenda  |
| CO <sub>2</sub>   | ogljikov dioksid  |
| CH <sub>4</sub>   | metan   |

### SIMBOLI:

|                   |   |
|-------------------|---|
| $T_x$             | dolžina časovne vrste                   |
| $t$               | časovno obdobje                         |
| $T$               | temperatura zraka na višini 2 m         |
| $T_{\text{dp}}$   | povprečna dnevna temperatura zraka      |
| $T_{\text{mp}}$   | povprečna mesečna temperatura zraka     |
| $T_{\text{lp}}$   | povprečna letna temperatura zraka       |
| $T_{\text{dep}}$  | povprečna desetletna temperatura zraka  |
| $T_{7\text{h}}$   | temperatura zraka ob 7. uri             |
| $T_{14\text{h}}$  | temperatura zraka ob 14. uri            |
| $T_{21\text{h}}$  | temperatura zraka ob 21. uri            |
| $T_{\text{pov}}$  | povprečna temperatura zraka             |
| $T_{\text{ef}}$   | efektivna temperatura                   |
| $T_{\text{akt}}$  | aktivna temperatura                     |
| $T_{\text{prag}}$ | temperatura praga                       |
| $\Sigma T$        | temperaturne vsote                      |
| $h_{\text{pov}}$  | povprečno število ur sončnega obsevanja |
| $f_{\text{pov}}$  | povprečna relativna zračna vlaga        |
| °C                | stopinje Celzija                        |

## 1 UVOD

### 1.1 POVOD

Ogrevanje ozračja in s tem povezane podnebne spremembe postajajo neizbežen del našega vsakdana in prihodnosti. Pred nekaj leti so določeni skeptiki še verjeli, da je ogrevanje ozračja zgolj posledica naravne poti spreminjanja podnebja našega planeta. Danes jih je vedno manj. Zemlja ima v skladih ledu Antarktike in Grenlandije zapisano bogato zgodovino podnebnih sprememb brez človekovega vpliva (Kajfež Bogataj, 2008). Za današnjo dobo in njene podnebne spremembe pa je v veliki meri odgovoren človek sam. V začetku industrijske revolucije je prišlo do novih iznajdb, ki so močno spremenila človekovo življenjsko okolje in njegovo bivanje. V zagonu nad novimi odkritji in idejami v tistih časih še nismo premišljevali o tem, kakšna bi lahko bila reakcija okolja na močno povečane izpuste plinov tople grede, ki jih prinašajo skokovita rast prebivalstva, globalizacija in hiter tehnološki napredek. Zato pa moramo o tem razmišljati tukaj in danes, ko so se začele izražati posledice podnebnih sprememb.

Hrana je za fizični obstoj človeka neobhodno potrebna. Iz nabiralništva kot najstarejše oblike gospodarstva se je z mnogimi vmesnimi stopnjami razvilo moderno kmetijstvo velikih površin, visoko tehnološko usposobljenih strojev. Kmetijstvo je dejavnost, ki z redkimi izjemami poteka na prostem in je močno odvisno od vremenskih oziroma podnebnih razmer. Podnebje je eden izmed tistih dejavnikov, ki neposredno in posredno vpliva na prostorsko in časovno razporeditev kmetijskih dejavnosti in ekosistemov. Kmetijska pridelava je odvisna od temperature zraka, sončnega obsevanja in količine padavin ter pogostnosti za kmetijstvo nevarnih dogodkov kot so suše, poplave in viharji. Preučevanje vpliva vremenskih razmer na kmetijsko pridelavo nam omogoča, da pri načrtovanju čimbolj izkoristimo podnebne danosti in tako dosežemo najboljšo možno kakovost in velikost pridelka (Kajfež Bogataj, 2008).

Slovenija, majhna dežela srednje Evrope, pri segrevanju ozračja ni izjema. O tem nam pričajo vse pogostejše suše, zelene zime, podaljševanje vegetacijske dobe rastlin, vse pogostejši in intenzivnejši vročinski valovi, naraščanje števila ekstremnih pojavov, ipd. Zaskrbljenost zaradi vpliva podnebnih sprememb na naše kmetijstvo in tudi kakovosti naših življenj zaradi vedno večjega števila ekstremnih pojavov je torej popolnoma na mestu.

### 1.2 DELOVNA HIPOTEZA IN CILJ

Zemlja se je v 100 letih (1906-2005) ogrela za  $0,74\text{ °C} \pm 0,18\text{ °C}$ . (Kajfež Bogataj, 2008). Ogrevanje se nadaljuje v ne ravno pozitivne možne scenarije, ki jih razvijajo mnogi znanstveniki po svetu. Do konca stoletja je dvig globalne temperature odvisen od našega ravnanja oziroma ustalitve vsebnosti CO<sub>2</sub> v ozračju. V najboljšem primeru bo ta znašal + 1,8 °C, v najslabšem tudi do + 6,4 °C (Kajfež Bogataj, 2008). Namen naše diplomske naloge je na kratko razložiti, kako in zakaj prihaja do podnebnih sprememb, kakšne so njihove predvidene posledice globalno in v Sloveniji. V raziskovalnem delu naloge smo analizirali nekaj agroklimatskih spremenljivk v naši državi.

Naša hipoteza je, da pri dvigu temperature ozračja Zemlje Slovenija ni izjema in z njim povezane spreminjajoče se podnebne razmere in vremenski pojavi v naši državi tudi ne. Naše hipoteze so tudi, da se temperatura ozračja v Sloveniji zvišuje, relativna zračna vlaga se zmanjšuje, število ur sončnega obsevanja se povečuje, število dni s snežno odejo se zmanjšuje, število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter se zmanjšuje. Rezultati naloge bodo pomagali pri podnebnih napovedih oziroma pri iskanju možnih smernic za rešitev in prilagajanje na podnebne spremembe.

## 2 PREGLED DOSEDANJIH OBJAV

### 2.1 OSNOVNI POJMI

#### 2.1.1 Umestitev agrometeorologije v sistem znanosti

Meteorologija (= vremenoslovje) je geofizikalna veda, ki obravnava procese in pojave v atmosferi in pojave, ki so neodvisni od njih (Meteorološki ..., 1990). Ta se naprej deli v več vej in ena od njih je aplikativna meteorologija, ki preučuje odnose med procesi in pojavi v atmosferi ter neživim in živim svetom. Biometeorologija je podveja aplikativne meteorologije, ki se ukvarja z živim svetom in njegovim atmosferskim okoljem (Hočevar in Petkovšek, 1995). Biometeorologija rastlin je podveja biometeorologije, ki se ukvarja s preučevanjem klime in vremena na rastline za znanstvene kot tudi praktične namene. Agrometeorologija je po definiciji Svetovne meteorološke organizacije veda v okviru biometeorologije rastlin, ki obravnava povezave med meteorološkimi, hidrološkimi dejavniki in kmetijsko pridelavo v najširšem smislu. Proučuje odzivnost kmetijskih rastlin na vremenske in klimatske vplive. Agrometeorologija rastlinskega sveta obravnava vpliv vremenskih dejavnikov v prizemnih plasteh zraka do koder sežejo nadzemni deli rastlin do najnižjih plasti tal, ki jih dosežejo korenine rastlin (Hočevar in Kajfež Bogataj, 1997).

#### 2.1.2 Vreme in podnebje

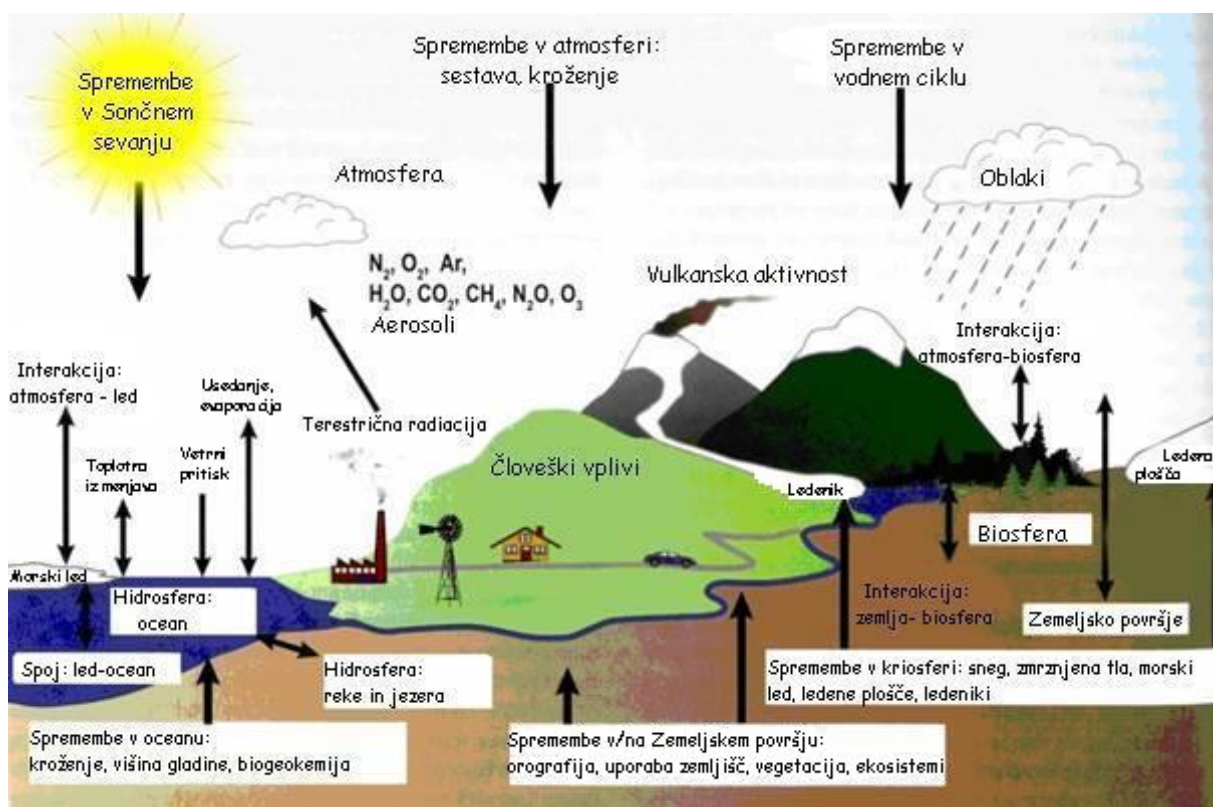
Vreme je splet meteoroloških pojavov in vrednosti meteoroloških elementov v določenem času in prostoru ali zaznavno stanje ozračja (Meteorološki ..., 1990). Popolne definicije pojma klima (= podnebje) skoraj ni možno podati, ker klimatski sistem obsega veliko spremenljivk v različnih prostorskih in časovnih umestitvah. Po *Fedorovu* je to splet vremenskih razmer, tipičnih za regijo skupaj z opisom njihove pogostnosti in sezonske spremenljivosti (Poglavja ..., 2008). Po *McGuffie & Handerson-Sellers* so to vse statistike klimatskih stanj, dobljene v dogovorjenem časovnem obdobju (sezona, dekada ali daljše obdobje); izračunane za celotno oblo ali za izbrano regijo (McGuffie in Handerson-Sellers, 1997). Nam najbolj domača in uporabna po Meteorološkem slovarju pa pravi, da so klima značilnosti vremena nad kakim območjem v daljšem časovnem obdobju (praviloma 30 let) (Meteorološki ..., 1990). Klimatologija je ena izmed ved meteorologije in se ukvarja s preučevanjem klime, razlaga procese, ki klimo oblikujejo ter obravnava vzroke in posledice klimatskih sprememb (Hočevar in Petkovšek, 1995).

Klimatologija je na začetku svojega razvoja klimo pojmovala predvsem kot dejavnik, ki vpliva na oblikovanje vegetacije. Iz merjenih meteoroloških elementov je s statistično obdelavo oblikovala posamezne klimatološke elemente. Vendar je to pomankljivo, ker se klima in vreme pojavljata vselej v svoji kompleksnosti in kot taka vplivata na živi in neživi svet. Tako se je razvil pojem kompleksne ali dinamične klimatologije, pri kateri je klima nekega kraja opisana s pogostnostjo raznih kombinacij vrednosti meteoroloških elementov in njihovih zaporedij, ki se v naravi pojavljajo v posameznih obdobjih, sezonah, letih in jih nekateri raziskovalci označujejo s tipi vremena.

Kot že omenjeno, na klimo vpliva mnogo dejavnikov, vseeno pa jih lahko razdelimo v pet glavnih skupin (Hočevvar in Petkovšek, 1995):

- sončno obsevanje,
- lastnosti podlage,
- fizikalne in kemične lastnosti atmosfere,
- splošna cirkulacija atmosfere in oceanov,
- relief oziroma topografija.

Slika 1 nam prikazuje dejavnike klimatskega sistema in njihove medsebojne interakcije.



Slika 1: Shematični prikaz kompleksnosti klimatskega sistema, njegovih procesov in interakcij (Climate change ..., 2007b).

## 2.2 ZNAČILNOSTI PODNEBJA SLOVENIJE

Slovenija je kljub svoji majhnosti po površini podnebno izredno pestra dežela. Kaže se v letni količini padavin, ki je lahko v Julijskih Alpah nad 3500 mm letnih padavin in pod 800 mm padavin letno v skrajnem severovzhodnem delu. Najdaljša diagonala Slovenije je dolga nekaj več kot 200 km, zato ne moremo pričakovati večjih razlik v obsevanju južnih in severnih pobočij. Če upoštevamo še reliefno pestrost, pa so razlike očitne. Lastnosti zemeljske površine se le malo spreminjajo, saj so tla v veliki meri prekrita z gozdovi, travo ali kulturnimi rastlinami, zato le malo vplivajo na nastanek klimatskih razlik. Splošna cirkulacija atmosfere ni različna na različnih koncih Slovenije, skupaj z reliefom močno vpliva na oblikovanje podnebnih značilnosti posameznih predelov Slovenije. Ker Slovenija leži za Alpami, v zatišju pred splošnimi zahodnimi vetrovi zmernih geografskih širin, so

prav lokalna gibanja zraka, ki jih pogojuje relief, zelo pomembna. Tukaj moramo upoštevati tudi topografske značilnosti širše okolice kot so morje (ima vpliv na padavine), Alpe (šibki vetrovi osrednje Slovenije) in Panonska nižina (kontinentalnost klime, ki se izraža v letni razporeditvi padavin), ki imajo velik vpliv na podnebje Slovenije.

### **2.2.1 Temperature**

V Sloveniji so izmerili najnižjo temperaturo na Babnem polju  $-34,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  in najvišjo  $40,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  v Krškem. Nad veliko večino površja Slovenije je povprečna letna temperatura zraka med  $8$  in  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hladnejše najdemo v goratem svetu Julijskih in Savinjskih Alp, toplejše v predelu zahodne državne meje: Brda, Vipava, Koprščina in na obrobju jugovzhodnih ter vzhodnih delov Slovenije pod vplivom Panonske nižine kot so od meje po Muri navzgor do Murske Sobote, po Savi preko Krškega do Radeč ter v Beli Krajini po dolini Kolpe navzgor. Razporeditev povprečnih januarskih temperatur je za večino Slovenije od  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  z izjemo precejšnih delov Gorenjske, Koroške in Notranjske, ki imajo  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Znatno toplejša od pretežnega dela Slovenije je Koprščina s povprečnimi temperaturami okoli  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  in Goriška Brda ter Vipavsko z okoli  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Povprečne julijske temperature so v pretežnem delu Slovenije med  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , odklone v višjo smer najdemo na Goriškem in Koprskem, kjer dosežajo vrednosti nad  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , med  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  najdemo po dolini Mure, na Krškem polju in v novomeški kotlini, Beli Krajini in po dolini Kolpe navzgor do Čabra. Z višino se vrednosti manjšajo in dosežejo v Trnovskem gozdu  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , na Snežniku  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ter v Julijskih in Savinjskih Alpah pod  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Hočevar in Petkovšek, 1995).

### **2.2.2 Padavine**

Pri prostorski razporeditvi padavin ima odločujočo vlogo relief, ker vpliva na gibanje zraka, da pogojuje ob pobočjih vzponske tokove. Slovenija tako dobi največ padavin ob jugozahodnih vetrovih, kjer se vzpenjajo preko gorskih pregrad. Pregrade predstavljajo Trnovski gozd in Snežnik, potem Julijske in Savinjske Alpe. Tako imajo Trnovski gozd, Snežnik, Savinjske Alpe kar nad  $2500\text{ mm}$  padavin, Julijci lahko celo nad  $3500\text{ mm}$ . Večina površin osrednjega in zahodnega dela Slovenije dobi od  $1250$  do  $1750\text{ mm}$  padavin. Kočevsko pa tudi nad  $1750\text{ mm}$  padavin letno. Bela Krajina, Dolenjska in Štajerska ter Koprsko dobijo le še  $1000$  do  $1250\text{ mm}$  padavin letno, od Štajerske proti Prekmurja se količina padavin manjša do pod  $800\text{ mm}$  padavin letno. Tudi časovna porazdelitev padavin je po celi državi zelo različna. Vzhodna Slovenija ima pod vplivom kontinentalne klime Panonske nižine maksimum padavin poleti meseca junija okoli  $120\text{ mm}$  mesečno. Kredarica v Julijskih Alpah ima tudi v tem času maksimum padavin in sicer nad  $275\text{ mm}$  mesečno. Večina osrednje in zahodne Slovenije, ki je pod vplivom sredozemskih ciklonov prejme največ padavin oktobra in novembra, ko pade okoli  $150\text{ mm}$  padavin mesečno. Večina Slovenije dobi najmanj padavin meseca marca (sušec) razen Julijskih Alp, Karavank, Savinjskih Alp, Kozjaka, Prekmurja, kjer je najmanjša količina padavin meseca januarja oz. februarja. V južnem delu Slovenije (Snežnik, Nanos, Trnovski gozd, Idrija) se deloma pojavlja vpliv sredozemske klime z najmanjšo količino padavin v juliju in avgustu (Hočevar in Petkovšek, 1995).

### 2.2.3 Podnebne značilnosti vegetacijskega obdobja

V veliki večini ravninskega dela traja to obdobje 220-240 dni, pod vplivom Sredozemlja traja na skrajnih zahodnih delih okoli 280 dni, pod vplivom Panonske nižine na vzhodnem delu Slovenije pa 240 dni. Povprečna temperatura zraka v vegetacijskem obdobju april - september je nad veliko večino Slovenije med 14 °C in 16 °C. Višje vrednosti imajo skrajno zahodni kraji kot so Goriško, Koprsko nad 18 °C ter vzhodni kraji kot so severna Štajerska, Krško polje z novomeško kotlino, Bela Krajina in dolina Krke z vrednostmi med 16 °C in 18 °C. Z višino se povprečna temperatura tega obdobja manjša. Tako imajo vrhovi Roga pod 12 °C, Trnovski gozd in Pohorje 10 °C, Snežnik pod 8 °C, vrhovi Julijcev in Savinjskih Alp pa pod 6 °C. Količina padavin v vegetacijskem obdobju je zelo neenakomerno razporejena. Centralni predeli dobijo med 600 in 800 mm padavin. Gorski masivi še več, tako dobi Kočevski Rog okrog 900 mm, Snežnik in Trnovski gozd nad 1150 mm, Savinjske Alpe nad 1450 mm in Julijci nad 1600 mm. V Prekmurju znaša količina padavin pod 500 mm, prav tako Koprsko. Goriška dobi okoli 800 mm (Hočevar in Petkovšek, 1995).

### 2.2.4 Nevihte, megla in slana

Pogostnost neviht je med največjimi v Evropi: pas teče čez osrednjo Slovenijo nad vzhodno Avstrijo. Pogost vzrok za nastanek neviht naj bi bil jugovzhodno alpsko predgorje in dotok toplega in vlažnega zraka iz severnega Sredozemlja skupaj s povečano labilnostjo ob frontah.

Največje povprečje ima Slovenj Gradec z 49 nevihtnimi dnevi letno, slovensko povprečje za 82 postaj po Sloveniji je 38 dni. Največ (povprečno 9) je nevihtnih dni v juliju, v januarju pa grmi le vsako drugo leto.

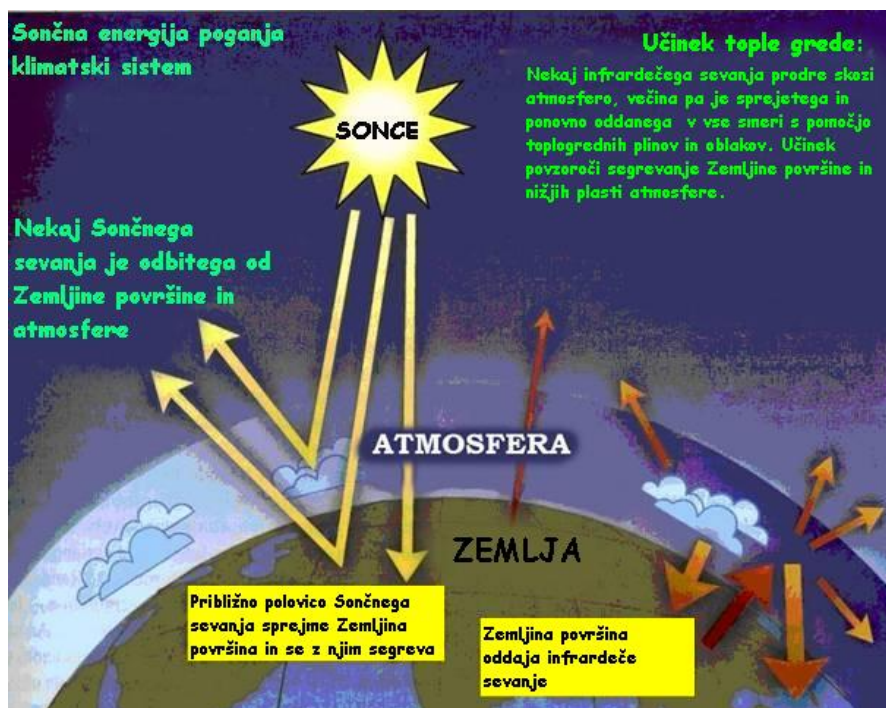
Pogosto nastaja megla v kotlinah zaradi jezer hladnega zraka. Megla ob padavinah (frontalna) zajema vsaj eno četrtno dni z meglo. Letno čez 120 dni z meglo imajo Ljubljanska kotlina (kar 156) in Celjska kotlina ter dolina Save med Ljubljano in Krškim, pod 20 dni letno poleg Primorske nekateri kraji na pobočjih (Hočevar in Petkovšek, 1995).

Zadnja slana v večjem delu Slovenije z nadmorskimi višinami nekaj 100 m se pojavlja spomladi, konec aprila ali začetku maja, z izjemo Primorske, kjer se to zgodi že konec marca. V posebno neugodnih razmerah se pojavlja 20 dni kasneje od povprečja v osrednjem delu Slovenije in okoli 50 dni na Primorskem. Večina notranjosti doživi prvo jesensko slano v prvi polovici oktobra. Dan s prvo jesensko slano iz leta v leto manj niha kot dan z zadnjo spomladansko slamo. V višinah se pojavlja prva jesenska slana znatno prej kot v nižinah, v povprečju 5 dni prej za vsakih 100 m. Obdobje brez slane, ki ga izračunamo na podlagi podatkov o zadnji spomladanski in prvi jesenski slani, je najdaljše v Primorju (Koper 236 dni), v Alpah na višini nad 2500 m pa ga sploh ni več. V notranjosti Slovenije je to obdobje po večini dolgo 150 do 170 dni. V gorskih masivih je krajše, saj se skrajšuje z nadmorsko višino. Obdobje brez slane je po razporeditvi in trajanju padavin precej podobno obdobju s srednjimi temperaturami nad 10 °C (Hočevar in Petkovšek, 1995).



## 2.3 UČINEK TOPLE GREDE IN NJEGOVA PROBLEMATIKA

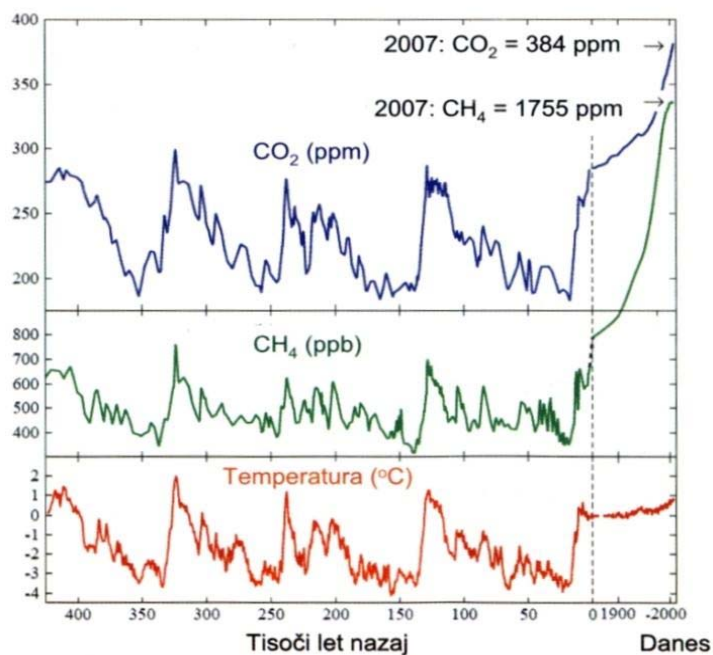
Zemeljska atmosfera je dokaj tanka plast, ki obdaja Zemljo: če bi jo utekočinili, bi segala le okoli 10 metrov visoko. Vendar je to dovolj, da je temperatura na Zemlji približno 100 °C višja kot na Mesecu, ki atmosfere nima. Zemlja dobi večino toplotne energije od Sonca, ki seva. Ostali viri so še zemeljska toplota (geotermična energija), ki prihaja iz zemeljske notranjosti. Vendar je ta vir v primerjavi s sevanjem Sonca zanemarljiv in ne vpliva bistveno na temperaturo Zemlje. Človek s svojo dejavnostjo (termoelektrarne, požiganje gozdov, motorji avtomobilov, ipd.) prispeva nekaj energije, a tudi ta neposredno ne vpliva toliko na temperaturo. Problem je, ker se pri sežiganju organskih snovi v atmosfero sproščajo nekateri plini, ki zmanjšujejo ohlajanje Zemlje s sevanjem in tako ima uporaba fosilnih goriv posredno ogromen vpliv na ogrevanje ozračja. Zemlja prejme večino sončnega toplotnega sevanja v obliki vidne svetlobe. Če ni oblakov, svetloba skoraj nemoteno prodre do tal, saj je za vidno svetlobo atmosfera prozorna. Sončno sevanje se na površini Zemlje absorbira in jo ogreva. Zemlja prejeto toploto znova izseva. Ker je temperatura tal mnogo nižja od temperature Sonca, ima toplotno sevanje Zemlje v povprečju mnogo večjo valovno dolžino in težje uide v atmosfero. Pojav tople grede nastane, ker nižje plasti zadržijo infrardeče sevanje površine Zemlje. Temperatura Zemljine površine in nižjih plasti ozračja se zviša. Na svoji poti skozi atmosfero se infrardeče sevanje večkrat absorbira in ponovno izseva, preden doseže zgornje plasti atmosfere in končno uide v vesolje (slika 2). Količina izsevanega sevanja je odvisna od tega, kako močno ozračje absorbira infrardeče sevanje, torej od količine plinov tople grede (Ravnik, 1997).



Slika 2: Efekt tople grede (Climate change ..., 2007b).

Toplogredni plini so tisti, ki močno absorbirajo toplotno sevanje z večjimi valovnimi dolžinami. Ti plini so: vodna para, ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), dušikovi oksidi in klorofluorogljiki. Od vseh največ je vodne pare, a ker človek na njeno koncentracijo bistveno ne more vplivati, je ne upoštevamo (Ravnik, 1997). Najpomembnejši je  $\text{CO}_2$ , ker je ravno koncentracija le-tega največja in najbolj narašča s človeško dejavnostjo - okoli 2 ppm na leto in njegova trenutna koncentracija je 384 ppm (Kajfež Bogataj, 2008). Poleg toplogrednih plinov na toplo gredo vpliva tudi delež (predvsem žveplovih) aerosolov, to je desetinko mikrometra velikih prašnih delcev. Ti delujejo kot kondenzacijska jedra. Pojavijo se oblaki in megla. Ti povečujejo delež odbite svetlobe nazaj v vesolje in tako znižujejo efekt tople grede. Nastajajo lahko pri izbruhih vulkanov, pri sežiganju manj kvalitetne nafte in premoga, sproščajo jih tudi oceani (Ravnik, 1997).

Učinek tople grede same po sebi ni nič slabega, celo nasprotno, je nujen za življenje na Zemlji. Povprečna temperatura Zemlje bi bila brez učinka tople grede približno  $33^\circ\text{C}$  nižja (Kajfež Bogataj, 2008). Dokler človek ni obvladoval moderne tehnologije, se po porabi energije (hrane) in ostalih dobrin (vode, zraka) ni ločil od ostalih živih bitij (slika 3). Z moderno tehnologijo pa se je poraba energije na posameznika močno povečala, razvoj znanosti ter tehnologije je povzročil tudi skokovito rast prebivalstva (Ravnik, 1997).



Slika 3: Spreminjanje vsebnosti  $\text{CO}_2$  in  $\text{CH}_4$  ter odstopanja globalne temperature v zadnjih 450000 letih (Kajfež Bogataj, 2008).

## 2.4 PODNEBNE SPREMEMBE

Ker se koncentracija toplogrednih plinov s človeško dejavnostjo povečuje znatno bolj kot bi se sicer, se zadrži vedno več dodatne energije v obliki toplote. Idealno bi bilo, da bi se toplota prenesla v Zemljino notranjost, a se to zaradi slabe toplotne prevodnosti le počasi dogaja. Naslednja možnost skladiščenja je v obliki rastlin. Te namreč lahko  $\text{CO}_2$  pretvorijo v trde ogljikovodike in druge organske snovi. Na ta način del sončne energije uskladiščijo

v obliki kemijske energije, ki se sprosti, ko razpadejo ali jih zažgemo. Nekaj se jih pri ugodnih razmerah ohrani v obliki premoga, šote in humusa. Ravno to mi znatno porabljamo. Del energije, ki ga zadržijo rastline, je zanemarljiv. Tako se energija v kratkem časovnem obdobju lahko uskladišči samo s segrevanjem oceanov in tanke plasti zemeljske skorje kot posledice segrevanja atmosfere (Ravnik, 1997).

#### **2.4.1 Posledice naraščanja temperature**

Teorija tople grede je bila včasih le ena izmed možnih teorij znanstvenikov, ki ne vpliva bistveno na gospodarstvo, politiko, finance. S pojavom hujših vremenskih katastrof v sredini osemdesetih let in njihovimi vedno večjimi ekonomskimi posledicami pa se je začel interes natančnejših raziskav o tem, kaj se zares dogaja (Ravnik, 1997). Tako so ugotovili, da se je temperatura Zemlje v zadnjih sto letih dvignila za  $0.74 \pm 0,18$  °C (Kajfež Bogataj, 2008). Morda se to ne zdi veliko, vendar so običajna nihanja temperature okoli dolgoletnega povprečja dosti manjša od te vrednosti. Poleg antropogenih je tudi veliko naravnih vplivov povišanja temperature: dnevno in letno nihanje temperature ter različni naključni ali periodični pojavi (Ravnik, 1997). Ogrevanje planeta je sedaj splošno in enotno sprejeto dejstvo. Izraža se v nekaj glavnih posledicah kot so (Kajfež Bogataj, 2008):

- taljenje ledu okoli tečajev in umikanje ledenikov,
- zviševanje morske gladine,
- segrevanje permafrosta, sproščanje ogljika,
- povečala se je vlažnost zraka in s tem pogostnost obilnih padavin na določenih delih,
- povečala se je pogostnost suš na drugih delih sveta,
- zakisovanje oceanov in s tem ogrožanje vodnih ekosistemov.

Neposredne posledice vodijo še v mnoge posredne.

#### **2.4.2 Projekcije bodočega podnebja**

Kopno in severne zemljepisne širine se bodo ogrele bistveno bolj kot to kaže globalno povprečje. Najmanjše naj bi bilo ogrevanje nad območjem Južnega oceana ter Severnega Atlantika. Za Evropo je predviden dvig temperature do konca stoletja od 2,5 do 5,5 °C. Zime se bodo najbolj ogrele na severu Evrope, poletja v južni in srednji Evropi. Toplejše podnebje bo glavni vzrok za pogostejše in daljše suše. Podaljšano bo obdobje s tveganjem za požare v naravi; verjetnost, da se ti pojavijo, bo večja. Zaradi suš bodo v poletnem času zlasti prizadeto Sredozemlje. Po drugi strani bodo pogostejše poplave na obalnih delih severne Evrope zaradi topljenja snega in zaradi povečanja količine padavin. V celoti se bo količina padavin povečala, ker se bo povečalo njihovo izhlapevanje iz oceanov. Njihova geografska in časovna razporeditev bo zelo različna. Več padavin bo v tropskih predelih ter v srednjih in visokih geografskih širinah, njihova količina naj bi se zmanjšala predvsem v subtropskem pasu.

Morska gladina se bo v povprečju dvignila vsaj za 40 cm (Kajfež Bogataj, 2008 cit po IPCC, 2001). Dviganje morske gladine bo prizadelo nižinske predele ob morju. Gladina se bo dvignila zaradi dveh učinkov. Prvo je termično raztezanje morske vode. Približne ocene kažejo, da bi se za vsak dvig temperature oceanov za 1 °C dvignila gladina morske vode za

10 cm. Drugo je taljenje ledu. K povišanju morske gladine prispeva le tisti led, ki je na kopnem. Največ bo prispevalo taljenje ledu na celinskih predelih Antarktike in Grenlandije. Dviganje morske gladine bi sprožilo preseljevanje ljudi, kar vodi v demografske posledice podnebnih sprememb, kajti velik delež svetovnega prebivalstva živi ob morju, rekah ali v njihovi bližini. V Aziji bi bile najbolj prizadete države Indokitajskega polotoka in Bangladeš, v Afriki Egipt, v Oceaniji bi nekaj majhnih otoških držav kar izginilo pod morjem, v Severni Ameriki bi najbolj trpela pristaniška mesta in nižinski predeli ob spodnjem toku Missisipija, Evropa pa bi imela poplavljen predele Nizozemske, Belgije in Nemčije. Vremensko dogajanje bo burnejše po celi Zemlji. Vremenski pojavi, ki so bili sedaj značilni za tropske in subtropske pasove, se bodo približali našim geografskim širinam. Povečala se bo moč vetrov, več bo orkanskih (Ravnik, 1997). Tropskih ciklonov bo morda manj, bodo pa bolj uničujoči (Kajfež Bogataj, 2008).

Ne bomo se mogli izogniti tudi zdravstvenim posledicam: stres zaradi spremenjenega načina življenja; obolenja, ki so posledice visoke temperature; spremembe imunskega sistema, povečano število obolenj za kožnim rakom. Neposredni učinki na človekovo zdravje pa so pomanjkanje pitne vode, slabše higienske razmere in bolezni, ki se v zvezi s tem pojavijo, ugodne razmere za širjenje nekaterih bolezni (npr. malarije). Demografske posledice pripeljejo lahko za sabo še vrsto drugih problemov, pa naj bodo to zdravstveni kot so epidemije nalezljivih bolezni, lakota, podhranjenost, kot tudi politične napetosti, vojaške konflikte, rasno in versko nestrpnost (Ravnik, 1997).

## 2.5 KMETIJSTVO IN PODNEBNE SPREMEMBE

Zaradi ugodnejših pogojev za fotosintezo se prirastek organskih snovi na Zemlji povečuje. Še bolj kot to se pospešuje tudi njeno razkrajanje. S stališča bilance CO<sub>2</sub> sta si učinka nasprotujoča. Tako pri višji temperaturi rastline hitreje rastejo, a hkrati se tudi hitreje razkrajajo. Povišana temperatura:

- prej spodbudi razkrajanje kot kopičenje organskih snovi, ker je za oksidacijo značilno, da poteka hitreje pri višji temperaturi,
- večino organskih snovi razgradijo mikroorganizmi, ki se na višji temperaturi hitreje razvijajo.

Razporeditev padavin se bo ob povišani temperaturi spremenila (prerazporedila) in s tem se količina biomase ne bo povečala sorazmerno s temperaturo. Fotosinteza se bo ob povečani količini CO<sub>2</sub> zmanjšala in bo od teh dveh procesov prevladala oksidacija. Kar pomeni, da povišanje temperature pomeni še večje sproščanje toplogrednih plinov in še večje ogrevanje ozračja. Pojav je še bolj zaskrbljujoč, ker bodo zaradi povišane temperature začele razpadati organske snovi, ki naj bi trajno skladiščile odvečen ogljik kot so šotišča, horizonti rodovitnih tal, dna močvirij in jezer. Tam poteka zaradi pomanjkanja kisika predvsem anaerobni razpad, pri katerem poleg CO<sub>2</sub> nastaja tudi CH<sub>4</sub>. Slednji je 20 x bolj učinkovit pri učinku tople grede kot CO<sub>2</sub>. To je predvsem problem severnih delov severne poloble pokritih s tundro (permafrost) kot so Sibirija, sever Kanade (Ravnik, 1997).

Vplive podnebnih sprememb na kmetijske rastline lahko razdelimo na dva glavna dela (Kajfež Bogataj, 2008):

- vpliv tople grede, ki ga povzroča povečana koncentracija CO<sub>2</sub>,
- vplivi spremenjenih vremenskih razmer.

Rastline tipa C<sub>3</sub> pri povečani koncentraciji CO<sub>2</sub> v zraku povečajo svojo fotosintetsko aktivnost, ker nimajo mehanizma za kopičenje CO<sub>2</sub>, zato pri naravnih koncentracijah ogljikovega dioksida počasneje rastejo. So manj odporne na sušo. Temperaturni optimum asimilacije teh rastlin je pri temperaturi 15-25 °C. Pri povečanih temperaturah zaradi podnebnih sprememb bi lahko prišlo do negativnih vplivov na njihovo uspevanje predvsem kot interakcija suše in povečanih temperatur, kar bi izničilo sicer pozitivni vpliv CO<sub>2</sub> na fotosintezo (Batič, 2009).

Rastline tipa C<sub>4</sub> pri povečani koncentraciji CO<sub>2</sub> v zraku fotosintetske aktivnosti ne povečajo znatno. Te imajo mehanizem za kopičenje CO<sub>2</sub>, zato so manj občutljive na pomanjkanje CO<sub>2</sub> in zaradi izredno dobre regulacije delovanja rež tudi na sušo. Porus listne reže, ki je v obliki špranje lahko zelo nadzorovano odpirajo in zapirajo in s tem zmanjšajo transpiracijo, nimajo tolikšnih izgub vode, zato bolje rastejo. Temperaturni optimum asimilacije teh rastlin je pri temperaturi 30-47 °C, kar pomeni, da bi povečanje temperatur zaradi emisij toplogrednih plinov prej stimuliralo C<sub>4</sub> kot C<sub>3</sub> rastline, vendar le v primerih, ko v rastni dobi ne zmanjka povsem vode. V teh primerih učinkovitost rež ne pomaga, ker vode ni in C<sub>4</sub> rastline, ki postanejo v naših klimatskih razmerah aktivne šele poleti zaradi večjega temperaturnega praga povsem odpovejo, kajti takrat se začne tudi suša, kar lepo ponazarja propad posevka koruze v vzhodni Sloveniji v sušnih letih. Pšenica, ki je C<sub>3</sub> rastlina, je po navadi do nastopa suše že zaključila svojo rastno sezono (Batič, 2009).

Glede na posledice jih delimo:

- vplivi prvega reda (predvsem biofizikalni),
- vplivi višjega reda (predvsem ekonomski).

Pri **biofizikalnih** vplivih gre za spremembo dolžine potencialne vegetacijske dobe v smislu podaljšanja časa dobe vegetacije, pospešena bo tudi sama rast rastlin kot že zgoraj omenjeno. V zvezi z zgodnejšim razvojem poljščin utegnejo nastati tudi večje škode zaradi poznih spomladanskih slan. Povečal se bo pridelek, če ne bo primanjkovalo vode. Kakšne stranske učinke bo sprožila intenzivnejša rast in prezgodnje dozorevanje, bo odvisno od primerne izbire sort, lokacij, pravočasne setve, ustreznega gnojenja. Prednost bodo imele sorte, ki jih danes imamo za pozne, saj bodo dajale večje pridelke. Mnoge skrbi tudi količina padavin, povečal se bo površinski odtok, verjetnost poplav in izpiranje hranil, mineralizacija organskih dušikovih spojin, ipd. V toplejšem in vlažnejšem podnebju bo pogostost bolezni zagotovo večja. Mile zime utegnejo omogočiti preživetje mnogim škodljivcem. Zato lahko računamo s povečano uporabo sredstev za varstvo rastlin in tudi herbicidov za plevele.

**Ekonomski** vplivi so težje predvidljivi, saj bodo povezani s političnimi odločitvami. Ocenjujejo, da bo globalno gledano zaradi klimatskih sprememb cena kmetijske pridelave 10-20 % večja. Večina znanstvenikov se strinja, da se bodo v naslednji desetletjih močno povečala razna tveganja, ki spremljajo kmetijstvo. Verjetnost neposrednih vremenskih

stresov naj bi se povečala do 10 x in s tem bi se zavarovalniška politika morala prilagoditi. V Evropi bo zlasti problematično kmetijstvo v Sredozemlju, medtem ko severnejše dežele računajo celo na povečanje kmetijske pridelave (Kajfež Bogataj, 1991).

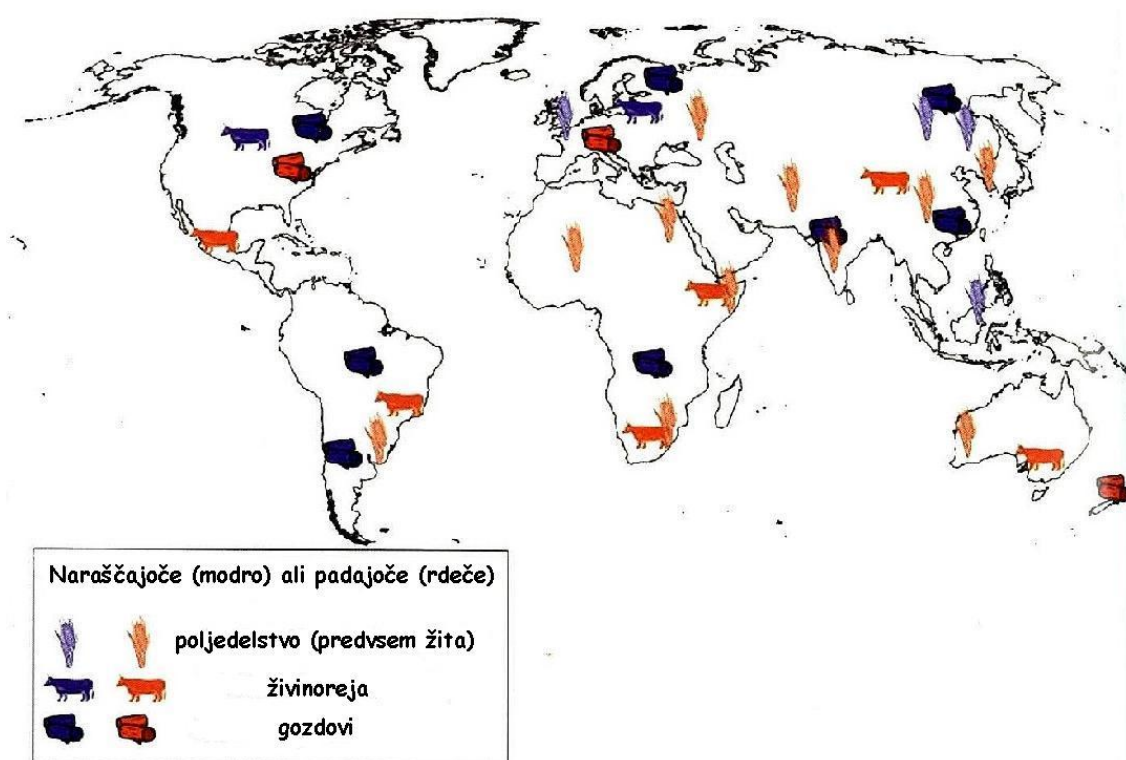
Zmerne geografske širine naj bi imele več padavin, vendar naj bi osrednji deli celin (žitno območje ZDA, obsežni predeli Azije ter Avstralije postali bolj suhi. Pridelek naj bi se zmanjšal za tretjino. V vročih tropih so mnoge kulturne rastline že blizu najvišje temperaturne tolerance in namakanje pogosto ni mogoče zaradi nezadostnih zalog vode. Na sušnih območjih, kjer bo kmetijstvo odvisno samo od dežja, se bo pridelek zmanjšal že z majhnim povišanjem temperature. V Evropi bo ranljivost kmetijstva večja na južnih delih (Kajfež Bogataj, 2008).

Najnovejše raziskave Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) nam nakazujejo nekaj ključnih podatkov glede prihodnosti kmetijstva pod vplivom podnebnih sprememb (Climate change ..., 2007a):

- Za območja zmernih in višjih geografskih širin pomeni dvig temperature od 1 do 3 °C celo rahlo pozitiven učinek na kmetijske pridelke. Za območja manjših geografskih širin tudi dvig temperature 1-2 °C že pomeni negativen učinek, posebej za glavna žita (slika 4). Nadaljnja rast temperature (več od 3 °C) ima negativen učinek na kmetijske pridelke območij vseh geografskih širin.
- Trenutno število 820 milijonov podhranjenih ljudi naj bi se brez vpliva podnebnih sprememb zmanjšalo za 100-230 milijonov do leta 2080. Scenariji, ki upoštevajo vpliv podnebnih sprememb pa nakazujejo, naj bi se število podhranjenih ljudi zmanjšalo za 100-380 milijonov do istega leta, 2080. Podnebne spremembe v interakciji s socialno-ekonomskimi vidiki bodo dajale predvsem lokalne negativne vplive na določena področja Zemlje (najslabše naj bi bilo v podsaharski Afriki).
- Predvidena povečana pogostost in intenzivnost ekstremnih vremenskih pojavov bosta imeli ključne negativne posledice za pridelavo hrane. Povečana bo pogostost vročinskega stresa pri rastlinah, pogostost suš in tudi poplav. Tako bo lahko tudi pozitiven učinek povišanih temperatur (1-3 °C) v zmernih in večjih geografskih širinah na kmetijski pridelek zaradi ekstremnih pojavov zmanjšan. Ekstremni pojavi pa vodijo tudi v sekundarne posledice kot so večja požarna ogroženost, epidemije rastlinskih bolezni, škodljivcev.
- Za prilagoditve imamo več možnosti, ki pa različno stanejo: lahko le zamenjamo način kmetovanja ali si izberemo drugo lokacijo za gojenje. Prilagoditve lahko pomenijo, da le zmanjšamo negativne učinke, lahko pa tudi tako, da negativne spremenimo v pozitivne. V povprečju za pridelavo žit po svetu se s prilagoditvami v smislu spreminjanja datuma setve/sajenja in/ali uvedbe novih sort izognemo 10-15 % zmanjšanju pridelka, ob lokalnem dvigu temperature od 1 do 2 °C. Prilagoditvena sposobnost rastlin se zmanjšuje nad določeno mejo dviga temperature. Za rastline območij manjših geografskih širin je to 3 °C. Nujne bodo spremembe zavarovalniške politike. Kultiviranje kmetijskih površin slabše kakovosti in uvajanje novih neprilagojenih sort rastlin lahko vodi v degradacijo

okolja s pretirano izrabo zemlje, to pa lahko ogrozi biološko raznolikost divjih in udomačenih vrst. Mere prilagoditve morajo biti usklajene z razvojnimi strategijami in okoljskimi kmetijskimi programi.

- Skupine ljudi (manjši kmetje, samooskrbni kmetje, manjši ribiči), katerih prilagoditvena sposobnost je omejena, bodo lokalizirano občutili negativne posledice na pridelke predvsem v območjih južnih geografskih širin, združeno hkrati z veliko ranljivostjo zaradi ekstremnih vremenskih razmer. Dolgoročno pa bodo prišli še drugi negativni vplivi kot so manjše število dni s snežno odejo, zvišanje gladine morja, večja razširjenost človeških bolezni, ki bo vplivala na kmetijsko delovno silo.



Slika 4: Predvideni vplivi podnebnih sprememb na spremembe v poljedelski, živinorejski in gozdni produkciji do leta 2050 (Climate change ..., 2007a).

Predlogi in cilji Svetovne meteorološke organizacije (WMO) za prilagajanje kmetijstva na podnebne spremembe in njihove posledice pa so naslednji (Weather ..., 2001):

- Kmetijski sektor v povezavi z agrometeorologi in njihovimi razvijajočimi strategijami za prilagajanje dobi ključne informacije, kako se najučinkoviteje prilagoditi. Zato naj bi strokovno usposobljeni svetovalci prišli neposredno na farme ali kmetije in kmetom pojasnili situacijo, konkretno za njihovo območje.
- Kmetijski sektor mora nujno reagirati v najboljši možni smeri na zmanjšanje vplivov drugačnih vremenskih (podnebnih) sprememb na kakovost in količino



pridelka, mora biti čimbolj pripravljen na večjo vremensko variabilnost in ekstreme ter imeti dobro preučene najbolj verjetne možne scenarije.

- Cilj tega je čimbolj zmanjšati učinek preučenih vremenskih faktorjev, ki po scenarijih najbolj škodijo pridelku in kmetijskim sistemom zaradi ranljivosti le-teh. Stopnja prilagoditev in posledice drugih socialno-ekonomskih ali okoljskih sprememb zaradi podnebnih sprememb morajo biti upoštevane in preračunane že vnaprej, da je potem čim manj nepričakovanih presenečenj.
- Lahek dostop razvitih in preučenih tehnologij, ki so dale pozitiven rezultat, je pomemben za mnoge razvite države in tudi lokalne inovacije za manjša območja bi znale biti koristne.
- Gozdarstvo daje pomembno vlogo pri zmanjševanju koncentracije CO<sub>2</sub> v zraku in povečevanju kisika. Rešitev je v čim večjem ohranjanju gozdov in saditvi novih dreves.
- Veliko je tehnik prilagajanja na sušo kot npr. čas setve rastlin, različne tehnike shranjevanja vode in njeno uporabo za rastline, ko nastopi sušno obdobje, uporaba rastlin z globokim in čimbolj razraslim koreninskim sistemom; uporaba sort, čimbolj odpornih na sušo, ipd. Veliko enostavnih tehnik pripomore k boljšem izkoristku vode: mulčenje, kolobar, dobra setvena priprava v jesenskem času.
- Priporočljivo bi bilo imeti ne le trenutne, ampak stalne svetovalce za vreme, s katerimi bi se sproti posvetovali, kaj in kako spremeniti, izboljšati v naših konkretnih pridelovalnih okoliščinah.
- Kmetje naj bi bolj spremljali vremenske napovedi na internetu, na strokovnih straneh, ki hitro posodablajo podatke. Hkrati bi morali biti tudi bolj pozorni na sezonske ali celoletne napovedi vremenskih razmer.
- Soočenje s poplavami naj bi bilo v smislu kombinacije reševanja zavarovalniških, institucionalnih in znanstvenih meritev kot naprimer opustitev kmetijskih zemljišč, za katere bi predvideli, da ne bo možna zadostna zaščita pred poplavami in iskanje novih, bolj ugodnih področij, za katera bomo predvideli, da niso poplavno ogrožena.

### 2.5.1 Vplivi na rastline pri nas

Vplive lahko razdelimo na pozitivne, pogojno pozitivne in negativne (preglednica 1). Pogojno pozitivni so tisti, kjer so posledice nejasne in odvisne od specifičnih dejavnikov. Hitro bodo priraščale pšenica, ječmen (tip C<sub>3</sub>) in večina povrtnin, koruza (tip C<sub>4</sub>) malo počasneje. Vpliv večje koncentracije CO<sub>2</sub> ima za posledico delno zapiranje listnih rež in s tem zmanjšano transpiracijo. Večja fotosintetska aktivnost in manjša transpiracija lahko data ugoden vpliv na količino pridelka. Podaljšala se bo vegetacijska doba: spomladi se bo začela prej in jeseni končala kasneje. Rastline bodo akumulirale več toplote med rastjo. To



bomo izkoristili za zgodnejšo ali večkratno setev. Med pogojno pozitivne vplive prištevamo, da bo ob povišanju temperature zraka prišlo do prostorskih premikov kmetijske pridelave v višje ležeče dele. V Sloveniji pomeni ogrevanje za 1 °C pomik prostorskega potenciala za kmetijstvo za okrog 180 m navzgor. Spremeniti bomo morali izbiro sort. Primernejše bodo pozne, lahko pa bodo zaradi težav z vodo poleti jare sorte zamenjale ozimne. Zaželeno bodo bolj odporne sorte na sušo in druge ekstremne pojave. Čisto možne bodo nove rastlinske vrste, ki bodo bolj primerne na višjo temperaturo. Nujno bo spreminjanje ustaljene kmetijske prakse: spremeniti bo treba čas setve, saditve, gnojenja, obrezovanja, žetve in podobno. Toplejše okolje bo tudi primernejše za škodljivce in rastlinske bolezni (Kajfež Bogataj, 2008).

Pozorni moram biti tudi na potencialne možne negativne vplive. Skrajševanje števila dni od setve do žetve in s tem prehitro dozorevanje. Prehitro dozorevanje pridelka pri žitih pomeni skrajšanje faze polnjenja zrnja, kar vodi do manjših zrn in slabše kakovosti. Večja bo škoda zaradi spomladanskih slan, ker se bo vegetacija razvila prezgodaj. Višje temperature bodo povečale tudi porabo vode. Kjer se suša pojavlja že sedaj, bo še povečan stres suše. Vremenske ujme imajo že danes negativen vpliv pa naj gre za močan veter, pozne/zgodnje slane, ekstremno visoke/nizke temperature zraka, žled, točo z neurji, dolgotrajno sušo ali poplave. Povečala se bo pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov in s tem bo tudi večja gospodarska škoda (Kajfež Bogataj, 2008).

Preglednica 1: Učinki spremenjenega podnebja na pridelavo hrane (Kajfež Bogataj, 2008).

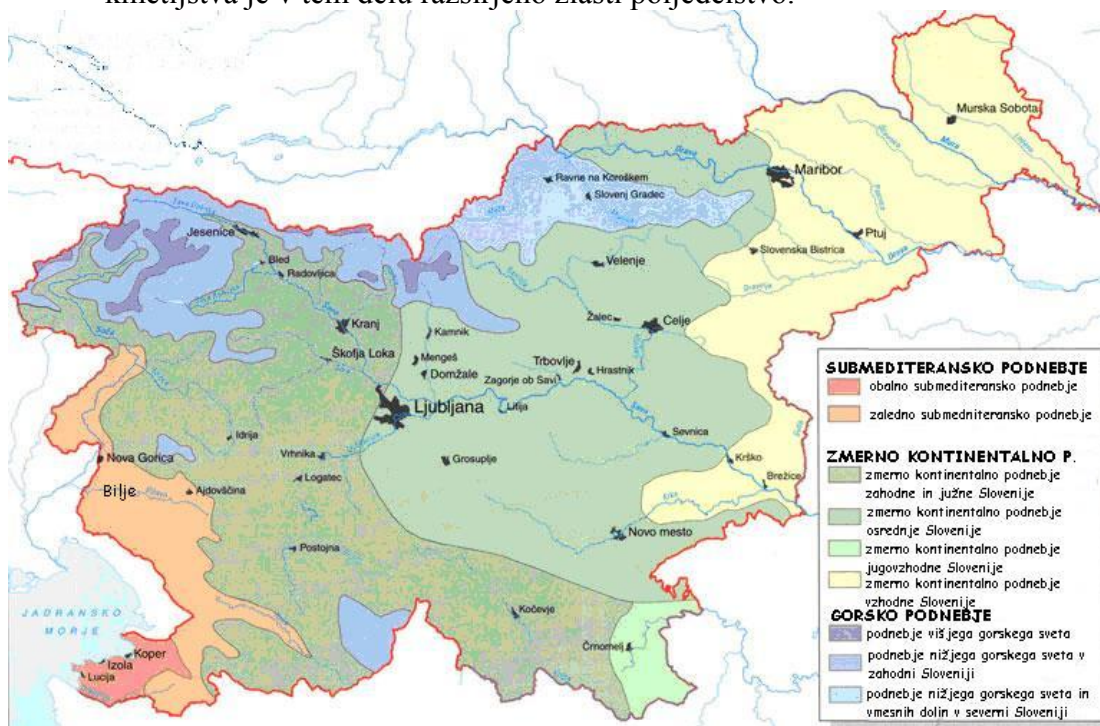
| Pozitivni vplivi  | Negativni vplivi   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Gnojilni učinek povečane koncentracije CO<sub>2</sub></li><li>Daljša vegetacijska doba</li><li>Primernejše temperaturne razmere za gojenje toplotno zahtevnih rastlin</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>Skrajševanje rastne dobe</li><li>pospešen razvoj rastlin</li><li>intenzivnejša evapotranspiracija</li><li>Povečana pogostost ekstremnih vremenskih dogodkov</li></ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Pogojno pozitivni vplivi</li><li>Prostorski premiki kmetijske proizvodnje</li><li>Pomik vegetacijskih pasov, sprememba obsega pridelovalnih površin, premik v višje lege</li><li>Izboljšanje/poslabšanje toplotnih karakteristik zdaj prehladnih/že zdaj pretoplih območij</li><li>Sprememba kakovosti pridelkov</li><li>Spremenjen izbor sort</li><li>Spreminjanje ustaljene agrotehniške prakse</li><li>Sprememba časa setve, obrezovanja, žetve</li><li>Spremenjeni načini obdelave tal, spremembe časa in količine gnojenja</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>neurja z vetrom, s točo, z nalivi</li><li>več spomladanskih pozeb</li><li>suše, požari</li><li>poplave, zemeljski plazovi</li><li>Sprememba pogostosti in intenzitete napadov škodljivcev in bolezni</li><li>pospešen razvoj insektov in gliv</li><li>novi škodljivci in bolezni</li></ul> |

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 PROSTORSKA UMEŠTITEV

Izbrali smo si pet meteoroloških postaj na različnih delih Slovenije na ta način, da smo zaobjeli celo Slovenijo in različna podnebja, razen Gorenjske regije, ki kmetijsko ni tako ugodna (slika 5). Izbrane meteorološke postaje so:

- Bilje (pri Novi Gorici) imajo zaledno submediteransko podnebje, od kmetijstva je v tem delu razširjeno zlasti sadjarstvo in vinogradništvo.
- Ljubljana ima zmerno kontinentalno podnebje osrednje Slovenije. Kraj smo si izbrali, ker je najpomembnejša regija in tudi postaja z najdaljšim nizom opazovanj v Sloveniji. Hkrati ima Ljubljana tudi zanimivo lego, saj leži v Ljubljanski kotlini, kjer se dogajajo temperaturne inverzije, ki imajo velik vpliv na podnebje tega dela Slovenije.
- Novo mesto ima zmerno kontinentalno podnebje osrednje Slovenije, od kmetijstva sta razširjena predvsem živinoreja, vinogradništvo, ostale kmetijske panoge v manjši meri (sadjarstvo, vrtnarstvo).
- Maribor ima zmerno kontinentalno podnebje vzhodne Slovenije, od kmetijstva so razširjeni živinoreja, sadjarstvo in vinogradništvo. Kraj pa smo si izbrali tudi zaradi pomembne lege, saj je takoj za Ljubljansko ta regija najpomembnejša v Sloveniji.
- Murska Sobota ima zmerno kontinentalno podnebje vzhodne Slovenije, od kmetijstva je v tem delu razširjeno zlasti poljedelstvo.



Slika 5: Tipi podnebja Slovenije (Varovanje ...,1998).

### 3.2 IZBIRA SPREMENLJIVK

Podatke smo pridobili iz Agencije republike Slovenije za okolje (Meteorološki ..., 2007).

Pri postaji Bilje so vse spremenljivke začeli meriti nekoliko kasneje, kot imamo določen obseg podatkov izbranih spremenljivk v diplomski nalogi in tako ne upoštevamo podatkov za trajanje sončnega obsevanja v urah, ki so ga začeli meriti šele od leta 1991. Število dni s snežno odejo so začeli meriti januarja leta 1963, vse ostale spremenljivke, razen teh dveh omenjenih so začeli meriti aprila leta 1962. Za leto 1961 in prve tri mesece leta 1962 torej nimamo podatkov za izbrane spremenljivke.

Rastline za ugodno rast in razvoj od vremenskih razmer potrebujejo ustrezno količino toplote, svetlobe in vode. Vse tri pa so ena z drugo neobhodno povezane. Zanimalo nas je, kaj se dogaja s količino toplote zaradi podnebnih sprememb in kako bo spremenjena količina toplote vplivala v prihodnosti na kmetijske rastline (v smislu kakovosti in količine kmetijskega pridelka), zato smo si izbrali nekaj spremenljivk, ki so povezane z njo: povprečno temperaturo zraka, temperaturne vsote, število dni z minimalno temperaturo pod 0 °C in število dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C. Sonce je tisti vir energije, ki nam poleg toplote daje tudi svetlobo, ki je pomembna za rastline kajti ta pomembno vpliva na njihovo fotosintetsko aktivnost. Kot spremenljivko smo za ta primer vzeli trajanje sončnega obsevanja. Da bi izvedeli, kaj se bo zaradi podnebnih sprememb dogajalo z vodo v ozračju in tleh ter kaj to pomeni za kmetijske rastline smo analizirali relativno zračno vlago, število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter in število dni s snežno odejo.

Voda v rastlini ima mnogo funkcij: je reagent, gradnik celic, tkiv in organov, transportno sredstvo raztopljenih snovi, v neolesenelih delih povzroča pritisk (turgor), je medij za potek mnogih fizioloških procesov, voda izpolnjuje tudi prosti prostor v tkivih, ki zato nabreka (pomembno npr. pri kalitvi semen). Transpiracija vode iz listnih rež preprečuje dvig temperature rastline in s tem preprečuje vročinski stres. Ravnotežje med sprejemom vode iz korenin v višje dele rastlin in transpiracijo uravnavajo listne reže, ki se samodejno odpirajo in zapirajo. Do mejne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> 0,05 % v zraku narašča tudi fotosintetska aktivnost rastlin. Nad to vrednostjo koncentracije CO<sub>2</sub> v zraku se listne reže zaprejo. Ko so reže zaprte, je fotosinteza tisti čas zavirana zaradi premajhne koncentracije CO<sub>2</sub>, a hkrati to pomeni tudi zmanjšanje transpiracije, kar je za rastline zlasti pomembno v sušnem obdobju. Sušno obdobje rastline zlasti prizadene proteine, ki se pričnejo razgrajevati, omejeno je dihanje, zmanjša se neto produkcija rastline. Dotok vode pa ni zmanjšan le v suši, ampak tudi, ko so tla zmrznjena. To ima lahko med drugače večinoma negativnimi vplivi tudi pozitivne, npr. pomanjkanje vode (izsušitev rastline) omogoča boljše prezimovanje žit (Furlan, 1981).

Tudi prevelika količina vode v tleh ni ugodna, ker zavira optimalen dotok kisika oz. izmenjavo plinov v tleh. Pomanjkanje kisika ima odločujoč vpliv na kemične, mikrobiološke in fiziološke procese v tleh. Biološke reakcije, ki so močno odvisne od kisika, so upočasnjenje (npr. nitrifikacija), v koreninah so zavrti energijsko-presnovni procesi in kot posledice se lahko izražajo npr. slabši sprejem elementov, tudi vode same,

pospešeno je izločanje aminokislin, sladkorjev, organskih kislin, rastline pričnejo veneti, zavrta je tudi sinteza hormonov v koreninah (Furlan, 1981).

### 3.2.1 Povprečna temperatura zraka

Povprečna temperatura je aritmetična sredina temperatur za določeni časovni interval. (Meteorološki..., 1990). Za življenjske procese vsakega organizma so ključne tri kardialne točke. Minimum, ki predstavlja spodnjo mejo temperature, pri kateri procesi še tečejo, dokler se ne zaustavijo zaradi pomanjkanja toplote. Optimum je tista temperatura, pri kateri procesi najbolj tečejo. Maksimum predstavlja zgornjo mejo temperature, pri kateri procesi še tečejo, dokler se ne zaustavi zaradi presežka toplote (Otošec, 1980).

Povprečno dnevno temperaturo zraka se lahko izračuna na dva načina, in sicer (Temperatura ..., 2008):

a) iz urnih vrednosti

$$\bar{T}_d = \frac{\sum_{i=1}^{24} T}{24} \quad \dots(1)$$

b) iz treh terminskih vrednosti

$$T_{dp} = \frac{(T_{7h} + T_{14h} + 2 \cdot T_{21h})}{4} \quad \dots(2)$$

Iz povprečnih dnevnik se lahko izračuna povprečne mesečne temperature zraka:

$$T_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{dp}}{n} \quad \dots(3)$$

Iz njih pa nadalje povprečne letne:

$$T_{lp} = \frac{\sum_{i=1}^{12} T_{mp}}{12} \quad \dots(4)$$

Iz povprečnih letnih smo v našem primeru izračunali povprečne za desetletja, ki so prikazani v rezultatih naloge:

$$T_{dep} = \frac{\sum_{i=1}^{10} T_{lp}}{10} \quad \dots(5)$$

### 3.2.2 Temperaturne vsote

Temperaturna vsota je vsota izmerjenih temperatur v izbranih obdobjih, ki je pomembna za rast rastlin in daje podatek o toplotnem okolju rastline (Meteorološki ..., 1990). V agrometeorologiji lahko podamo temperaturne razmere na neki lokaciji s temperaturnimi

vsotami. Te so eden od pomembnejših kazalcev rasti in razvoja rastlin. Akumulirana toplota pri kulturnih rastlinah bistveno vpliva na njihov fenološki razvoj; od časa, v katerem je dosežena potrebna vsota toplote zavisi tudi kvaliteta pridelka. Temperaturne vsote dobimo z enostavnim seštevanjem pozitivnih dnevnih temperatur zraka (Ranljivost ..., 2003).

Analizirali smo dve vrsti temperaturnih vsot:

- s povprečno dnevno temperaturo večjo od 0 °C. Te definiramo tudi kot vsoto aktivnih temperatur ( $T_{akt}$ ), pri kateri upoštevamo le dni s povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka nad 0 °C.  $T_{akt}$  definiramo kot tisto temperaturo, ki je nad biološkim minimumom za izbrano rastlinsko vrsto in fenološko fazo.
- s povprečno dnevno temperaturo večjo od 10 °C. Te definiramo kot vsoto efektivnih temperatur, pri katerih upoštevamo le dni s povprečno temperaturo zraka višjo od temperature praga ( $T_{prag}$ ), ki smo ga v našem primeru vzeli 10 °C. Temperaturo praga definiramo kot tisto temperaturo, pod katero se razvoj rastlin ustavi. Pogosto uporabljena v zmernem pasu je 5 °C. Efektivno temperaturo ( $T_{ef}$ ) definiramo kot razliko med povprečno temperaturo in temperaturo praga (Temperatura..., 2008). Dejanski temperaturni prag nastopi tedaj, ko se povprečna dnevna temperatura spomladi ne spusti več pod temperaturo praga (Dečman, 1995).

### 3.2.3 Število dni z minimalno temperaturo pod 0 °C

Dnevi z minimalno dnevno temperaturo pod 0 °C se imenujejo tudi hladni dnevi. Temperature pod 0 °C so za rastline pomembne zaradi pozeb in vernalizacije. Življenjski procesi so pri teh temperaturah pri večini rastlin ustavljeni, pri na mraz bolj odpornih pa vsaj upočasnjeni (Podgornik, 1996).

### 3.2.4 Število dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C

Dnevi z maksimalno dnevno temperaturo se imenujejo tudi topli dnevi. Temperature okoli 25 °C predstavljajo večinoma optimume za življenjske procese  $C_3$  rastlin, nad 25 °C pa lahko za na vročino manj tolerantne vrste pomeni premik do maksimuma (Dolenc, 2001). Vročinski stres je pogosto v kmetijstvu celo večji problem kot stresne razmere, ki nastanejo zaradi prenizkih temperatur (Kajfež Bogataj in Bergant, 1997).

### 3.2.5 Relativna zračna vlaga ob 14. uri

Vlačnost pomembno vpliva na evapotranspiracijo in na razvoj rastlinskih bolezni. Če je vlaga večja, je evapotranspiracija manjša in obratno. Relativna vlaga je razmerje med dejanskim in nasičenim parnim tlakom po enačbi (Otošrepec, 1980):

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\%$$

...(6)

### 3.2.6 Trajanje sončnega obsevanja v urah

Globalno sončno obsevanje je definirano kot celotna količina sončnega obsevanja, ki od zgoraj pade na vodoravno ploskev. Globalno sončno obsevanje je vsota direktnega, difuznega in odbitega. Difuzno sevanje nastane s sipanjem direktnega in odbitega sevanja (Meteorološke ..., 2008). Celotna količina energije sevanja Sonca je odvisna od: jakosti sončnih žarkov, zenitnega kota in tudi trajanja sončnega obsevanja. Podatke imamo navadno za trajanje v urah. Trajanje sončnega obsevanja merimo s heliografom. Steklena krogla deluje kot zbiralna leča, ki izžge sled na heliogramu, če sije sonce. Iz tega lahko razberemo kdaj in koliko časa je sonce obsevalo inštrument (Hočevar in Petkovšek, 1995).

### 3.2.7 Število dni s snežno odejo

Snežna odeja je pomembna, ker zaradi svoje bele barve odbija veliko kratkovalovnega sončnega sevanja in pripomore, da se zadrži več dolgovalovnega. Razlog je majhna toplotna prevodnost snega. Snežna odeja je tudi primerno prebivališče za škodljivce kmetijskih rastlin.

### 3.2.8 Število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter

Vpliv padavin na rastline je lahko različen. Premalo padavin pomeni padec turgorja v celicah rastlin in v najslabšem primeru rastlina ovne. Preobilne padavine povzročijo prekomerno vlažnost zemljišča in s tem redukcijske razmere v tleh, ki koreninam ovirajo sprejem hranilnih snovi. Preobilne padavine lahko povzročajo tudi erozijo tal. Preveč intenzivne pa lahko tudi fizično poškodujejo tkiva rastlin in s tem izboljšajo razmere za razvoj bolezni (Otošec, 1980).

## 3.3 STATISTIČNE METODE

### 3.3.1 Analiza časovne vrste

Številsko spremenljivko  $Y$  opazujemo v času, torej  $Y = y(t)$ . Podatki se nanašajo na zaporedna časovna obdobja  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_T$ . Statistično vrsto  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_T$  imenujemo časovna vrsta.  $T_x$  pa je dolžina časovne vrste. Grafični prikaz časovne vrste je linijski grafikon, kjer je na abscisni osi časovna skala. Pri grafičnem prikazu moramo ustrezno prikazati časovno zaporedje vrednosti. Če časovna vrsta ni ekvidistantna (med opazovanji ni enakega časovnega razmika), moramo na sliki to upoštevati (Košmelj, 2001).

V našem primeru so spremenljivke  $Y$  agroklimatske spremenljivke, ki jih je osem. Za časovna obdobja ( $t$ ) smo vzeli štiri desetletja (1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 in 1991-2000), kar pomeni, da je vrsta tudi ekvidistantna.  $T_x$  je v našem primeru 40 let. Dobljene vrednosti  $y$  naredimo za vse postaje. Vnesemo jih v tabelo 1 v poglavju rezultatov v prve štiri stolpce. Rezultate lahko tako interpretiramo po desetletjih na posamezni meteorološki postaji ali pa posamezno desetletje na vseh meteoroloških postajah. Grafov bi bilo mnogo preveč in s tem bi njihov prikaz presegel omejitve strani te diplomske naloge. Zato smo se odločili, da ključne podatke strnemo v bolj pregledne tabele.

Obdobje 1961-2006 razdelimo na dve ekvidistantni obdobji, in sicer 1961-1983 je prvo in 1984-2006 drugo, kar je v tem primeru naš t in zopet analiziramo agroklimatske spremenljivke Y (osem). Dobljene vrednosti y naredimo za vse postaje in jih primerjamo po obdobjih na posamezni postaji meteorološki postaji ali po posameznih obdobjih na vseh meteoroloških postajah.

### 3.3.2 Analiza trenda (regresija in korelacija)

Regresija je prilagajanje ustrezne matematične funkcije empiričnim podatkom. To funkcijo imenujemo regresijska funkcija. Lahko je enostavna (linearna) ali bolj kompleksna. V vzorcu imamo n enot, na enoti imamo par vrednosti  $(x_i, y_i)$ :  $x_i$  za neodvisno spremenljivko in  $y_i$  za odvisno. Podatke grafično prikažemo z razsevnim grafikonom. Vsaka enota je predstavljena z eno točko. Če slika kaže, da se premica dovolj prilega točkam, uporabimo model enostavne linearne regresije. Ta pravi, da je v opazovani populaciji vrednost odvisne spremenljivke vsota treh členov: konstante  $\alpha$ , večkratnika neodvisne spremenljivke  $\beta X$  in t. i. slučajnih (neznanih, nepojasnjenih) vplivov  $\varepsilon$ :

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad \dots(7)$$

Vrednost  $\alpha$  pomeni vrednost Y, če je X enak 0,  $\varepsilon$  – pomeni nepojasnjene vplive,  $\beta$  pa je tista spremenljivka, ki nam pove, za koliko se je spremenila spremenljivka Y, če se spremeni spremenljivka X za 1 enoto (Košmelj, 2001).

Pri risanju grafov trendov smo izračunali tudi koeficient determinacije  $R^2$ . Koeficient determinacije lahko korenimo in s tem dobimo koeficient korelacije:

$$r = \sqrt{R^2} \quad \dots(8)$$

Ta nam pove, v kolikšni meri sta spremenljivki povezani. Pogledamo v tabelo za stopnjo značilnosti pri ustreznih stopinjah prostosti (ker imamo v 4 desetletjih 10 podatkov – skupaj 40). Njegovo statistično značilnost določimo tako, da primerjamo r izračunan z r iz tabel. Spremenljivki sta statistično bolj značilni pri stopnji tveganja 0,01 (\*\*) ali statistično manj značilni pri stopnji tveganja 0,05 (\*) (Košmelj, 2001).



## 4 REZULTATI

Predstavili bomo dobljene rezultate vseh osmih spremenljivk po vseh petih krajih v obdobju 1961-2000 po desetletjih z analizo časovnih vrst in analizo trendov. Naredili smo tudi analizo dveh obdobj (1961-1983 in 1984-2006) za iste kraje in iste spremenljivke.

### 4.1 POVPREČNA TEMPERATURA ZRAKA, $T_{pov}$

V prvem desetletju (1D) naše analize so se  $T_{pov}$  gibale med 9,0 do 12,3 °C. Najtoplejše po tem kriteriju je bilo BI, sledi LJ, potem sledita MB in NM in kot najhladnejša MS. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D  $T_{pov}$  v BI znižala, v LJ ostala enaka, pri ostalih krajih pa se je zvišala. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D  $T_{pov}$  zopet znižala v BI, pri ostalih se je zvišala. V četrtem desetletju (4D) se v primerjavi s 3D  $T_{pov}$  precej zvišala pri vseh krajih. Tako se vrednosti  $T_{pov}$  na koncu stoletja gibljejo od 10,2 do 12,5 °C. Najtoplejši kraj ostaja po tem kriteriju še vedno BI, sledijo mu LJ, MB, NM, MS. Vrstni red krajev od največje do najmanjše  $T_{pov}$  je tako ostal isti kot v 1D (preglednica 2).

Preglednica 2: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečne temperature zraka po krajih.

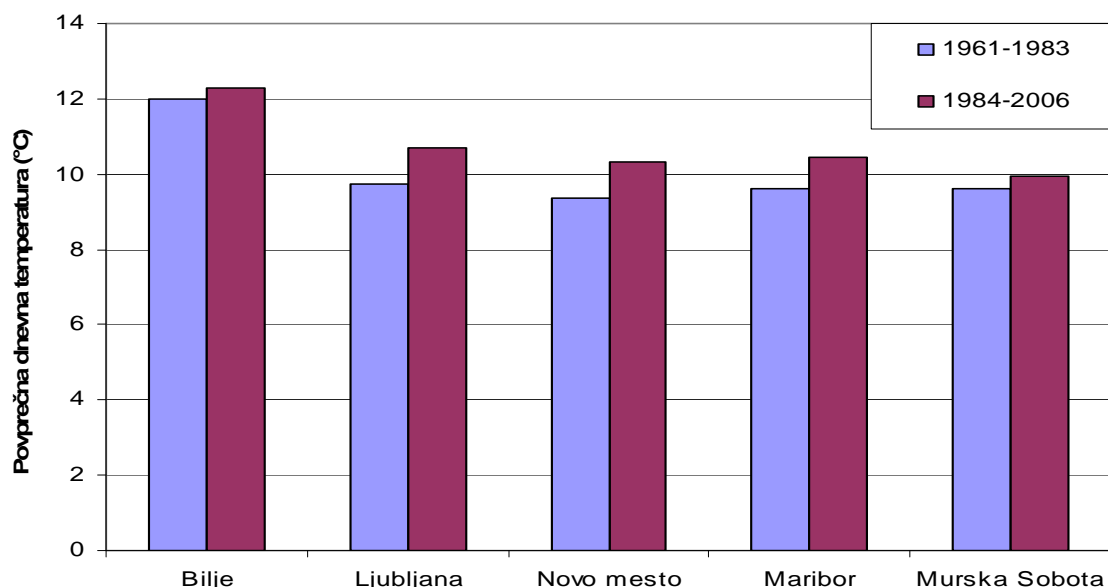
| Kraji | Povprečne T zraka po desetletjih (°C) |           |           |           | Analiza trenda |
|-------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
|       | 1961-1970                             | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | [°C / 10 let]  |
| BI    | 12,3                                  | 11,9      | 11,6      | 12,5      | 0,03*          |
| LJ    | 9,7                                   | 9,7       | 10,0      | 10,9      | 0,38**         |
| NM    | 9,1                                   | 9,4       | 9,8       | 10,5      | 0,46**         |
| MB    | 9,3                                   | 9,7       | 10,0      | 10,7      | 0,43**         |
| MS    | 9,0                                   | 9,1       | 9,4       | 10,2      | 0,36**         |

Analiza trenda (AT) nam pokaže, da se je po tem kriteriju najbolj ogrelo NM z 0,46 °C / 10 let. Sledijo mu MB z 0,43 °C / 10 let, LJ z 0,38 °C / 10 let, MS z 0,36 °C / 10 let in BI zgolj z 0,03 °C / 10 let. Rezultati so statistično značilni za NM, MB, LJ in MS pri stopnji tveganja 0,01; za BI pa pri stopnji tveganja 0,05.

Po vseh krajih gledano  $T_{pov}$  za vsa štiri desetletja raste. Razvidno je, da se je najbolj ogrelo NM in najmanj BI. V 2D in 3D je pri vseh krajih  $T_{pov}$  rastla glede na prejšnje desetletje, BI je pri tem velika izjema.

Najvišjo  $T_{pov}$  v prvem obdobju ima BI, sledijo LJ, MS, najmanjšo pa imata MB in NM. Pri vseh krajih se je v drugem obdobju  $T_{pov}$  zvišala, in sicer za najmanj pri najtoplejšem kraju po tem kriteriju, BI (slika 6).





Slika 6: Primerjava povprečne temperature zraka v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.2 TEMPERATURNE VSOTE, $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

V prvem desetletju (1D) imajo vrednosti temperaturnih vsot razpon od 3590 do 3950 °C. Najtoplejše po tem kriteriju je BI, sledi LJ, potem sledita MB in MS z majhnima medsebojnima razlikama, najhladnejše pa je NM. V drugem desetletju (2D) so se  $\Sigma T$  pri krajih LJ, NM, MS zmanjšale, pri ostalih pa povečale. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D vrednost  $\Sigma T$  zmanjšala v BI, pri ostalih se je povečala. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi z 3D vrednost  $\Sigma T$  povečala pri vseh krajih. Tako so bile vrednosti  $\Sigma T$  na koncu stoletja od okoli 3900 do 4600 °C. Najtoplejši kraj po tem kriteriju je še vedno BI, sledi mu LJ, MB. Zadnja dva se v primerjavi z 1D zamenjata. Tako je najhladnejša po tem kriteriju MS (preglednica 3).

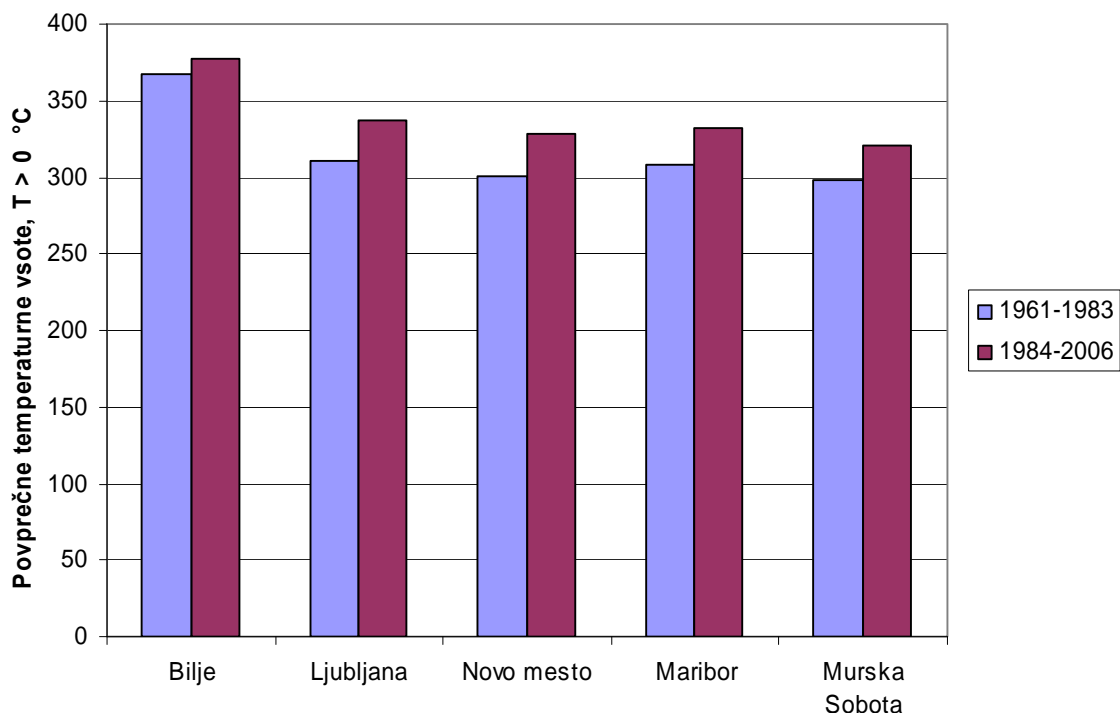
Preglednica 3: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda temperaturnih vsot,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  po krajih.

| Kraji | Povprečne temperaturne vsote s $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ po desetletjih |           |           |           | Analiza trenda                         |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|--|
|       | 1961-1970   | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | [ $^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ ] |
| BI    | 3946  | 4363      | 4286      | 4601      | 63*                                    |
| LJ    | 3764  | 3668      | 3819      | 4106      | 114**                                  |
| NM    | 3588  | 3564      | 3759      | 3992      | 138**                                  |
| MB    | 3646  | 3672      | 3825      | 4036      | 128**                                  |
| MS    | 3606  | 3491      | 3669      | 3904      | 102**                                  |

AT nam pokaže, da se je najbolj ogrelo po tem kriteriju NM s 138 °C / 10 let. Sledijo mu MB s 128 °C / 10 let, LJ s 114 °C / 10 let, MS s 102 °C / 10 let in BI z golj s 63 °C / 10 let. Rezultati so statistično značilni za štiri kraje pri stopnji tveganja 0,01; le za BI so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

Kot vidimo iz analize v vseh krajih  $\Sigma T$ ,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  gledano vsa štiri desetletja res rastejo. Razvidno je, da se je najbolj segrelo po tem kriteriju najhladnejše v 1D, NM in najmanj najtoplejši v istem času, BI. V 2D in 3D so se pri nekaterih krajih  $\Sigma T$  celo zmanjšale glede na prejšnje desetletje.

Daleč najtoplejše je BI, najhladnejše pa NM po tem kriteriju.  $\Sigma T$ ,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  so se povsod povečale napram prvemu obdobju. Najtoplejši kraj med vsemi se je najmanj segrel, najbolj pa najhladnejši NM (slika 7).



Slika 7: Primerjava temperaturnih vsot,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.3 TEMPERATURNE VSOTE, $T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

V prvem desetletju (1D) naše analize so bile vrednosti temperaturnih vsot od 1180 do 1410  $^{\circ}\text{C}$ . Najtoplejše po tem kriteriju je zopet BI, sledijo LJ, MB, MS in NM z majhnimi medsebojnimi razlikami. V drugem desetletju (2D) so se vrednosti  $\Sigma T$  pri štirih krajih zmanjšale, le v BI so se povečale. V tretjem desetletju (3D) so se v primerjavi z 2D vrednosti  $\Sigma T$  povečale v vseh krajih. Najmanj v MS, največ v NM. V četrtem desetletju (4D) so se v primerjavi s 3D vrednosti  $\Sigma T$  zopet povečale v vseh krajih. Najmanj v MB, največ v BI. Tako so bile vrednosti  $\Sigma T$  na koncu stoletja od 1380 do 1690  $^{\circ}\text{C}$ . Najtoplejši kraj po tem kriteriju je še vedno BI, sledita mu LJ, MB. Zadnja dva sta se v primerjavi z 1D zamenjala. Tako je najhladnejša MS kot pri kriteriju  $\Sigma T$ ,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (preglednica 4).

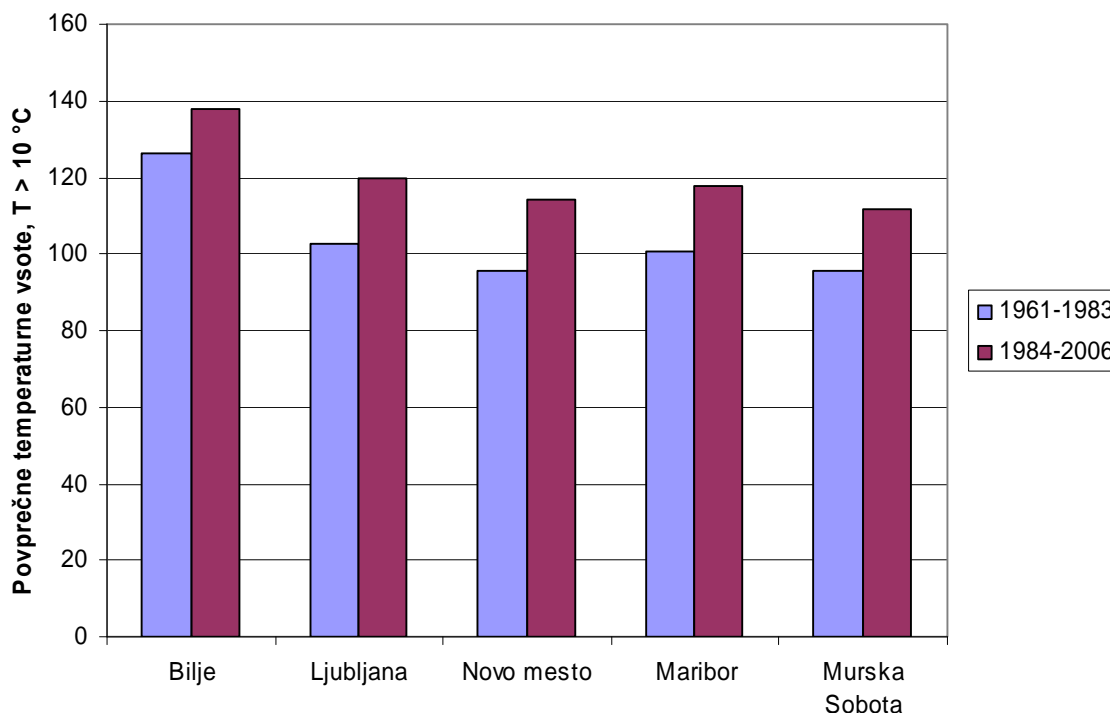
Preglednica 4: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda temperaturnih vsot,  $T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  po krajih.

| Kraji | Povprečne temperaturne vsote s $T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ po desetletjih |           |           |           | Analiza trenda                         |
|-------|--|-----------|-----------|-----------|--|
|       | 1961-1970  | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | [ $^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ ] |
| BI    | 1407   | 1421      | 1500      | 1687      | 45*                                    |
| LJ    | 1269   | 1156      | 1312      | 1465      | 70**                                   |
| NM    | 1147   | 1088      | 1262      | 1402      | 90**                                   |
| MB    | 1196   | 1163      | 1307      | 1437      | 82**                                   |
| MS    | 1181   | 1168      | 1224      | 1384      | 71**                                   |

AT nam pokaže, da se je najbolj ogrelo po tem kriteriju NM z  $90\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ . Sledijo mu MB z  $82\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ , MS  $71\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ , LJ s  $70\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$  in BI zgolj s  $45\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ let}$ . Rezultati so statistično značilni za štiri kraje pri stopnji tveganja 0,01; le za BI so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

Najbolj se je ogrelo po tem kriteriju najhladnejše v 1D, NM in najmanj najtoplejše v istem času, BI. V 2D so se z izjemo BI  $\Sigma T$  zmanjšale. V 3D so se  $\Sigma T$  povečale v vseh krajih.

Po tem kriteriju je zopet najtoplejše BI in najhladnejše NM. Tudi v tem primeru so se v drugem obdobju vrednosti  $\Sigma T$  povečale v vseh krajih za približno enako pri vseh krajih, pri BI najmanj (slika 8).



Slika 8: Primerjava temperaturnih vsot,  $T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.4 ŠTEVILO DNI Z MINIMALNO TEMPERATURO MANJŠO OD 0 °C ( $d_{TO}$ )

V prvem desetletju (1D) naše analize je bilo povprečno število hladnih dni od 69 do 116. Najmanj hladnih dni je imelo BI, sledijo mu LJ, MB MS, največ jih je imelo NM, vendar med zadnjima dvema krajema ni velike razlike. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D povprečno  $d_{TO}$  v vseh krajih zmanjšalo z izjemo MS, kjer se je rahlo povečalo. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D povprečno  $d_{TO}$  povečalo kar v treh krajih: BI, LJ, MB, pri ostalih se je zmanjšalo. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi s 3D povprečno  $d_{TO}$  precej zmanjšalo v vseh krajih. Tako se vrednosti na koncu stoletja gibljejo od 63 do 107. Najmanjše povprečje  $d_{TO}$  ima še vedno BI, sledijo LJ, MB. Zadnja dva kraja se v primerjavi z 1D zamenjata. Tako je kraj z največjim povprečjem  $d_{TO}$  dni MS (preglednica 5).

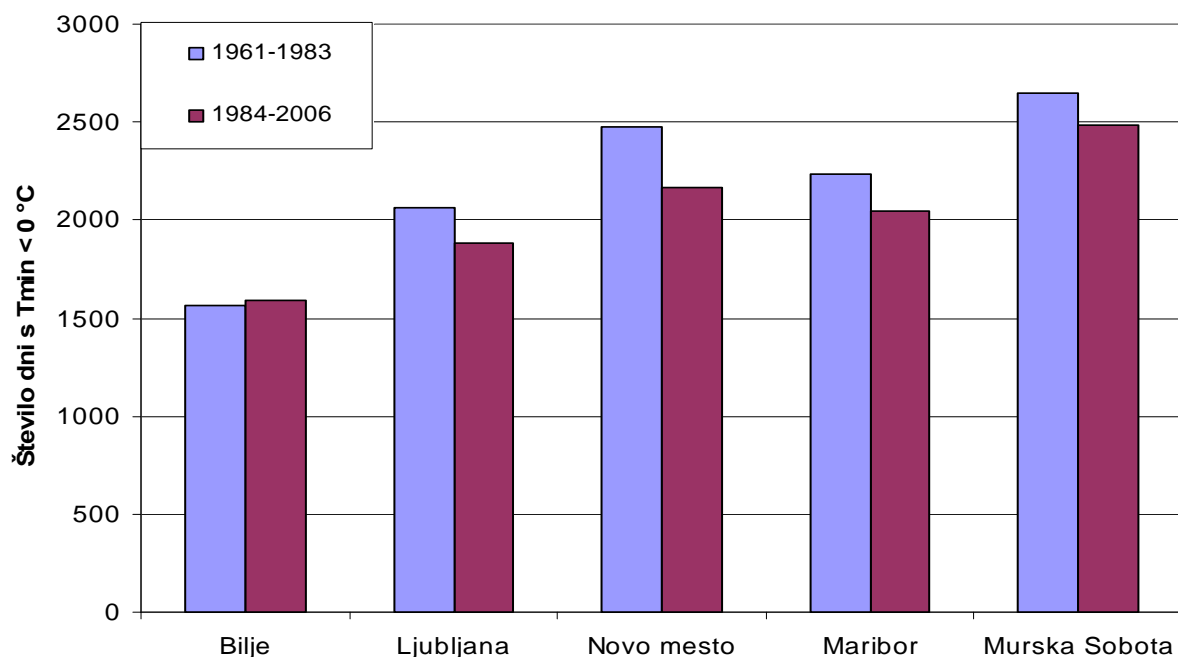
Preglednica 5: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C po krajih.

| Kraji | Povprečno število dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C |           |           |           | Analiza trenda<br>[dnevi / 10 let] |
|-------|--|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
|       | 1961-1970  | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 |                                    |
| BI    | 69,2   | 68        | 82,3      | 62,8      | -0,53*                             |
| LJ    | 93,3   | 83,7      | 91,8      | 78,1      | -3,96*                             |
| NM    | 115,6  | 101,0     | 100,0     | 93,7      | -6,90**                            |
| MB    | 106,9  | 89,5      | 92,6      | 86,3      | -5,83**                            |
| MS    | 114,2  | 115,2     | 114,1     | 106,6     | -2,02*                             |

AT nam pokaže, da se je najbolj zmanjšalo povprečno  $d_{TO}$  v NM z - 6,9 dnevi / 10 let. Sledijo mu MB z - 5,8 dnevi / 10 let, LJ z - 3,9 dnevi / 10 let, MS z - 2,0 dneva / 10 let in BI zgolj z - 0,5 dneva / 10 let. Rezultati so statistično značilni za NM in MB pri stopnji tveganja 0,01; za druge tri kraje pa so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

Kot vidimo iz analize v vseh krajih, se povprečno  $d_{TO}$  skupno zmanjšuje. Razvidno je, da se je najbolj zmanjšalo v NM, ki jih je imelo na začetku največ, najmanj pa v BI, ki jih je imelo najmanj. V 2D se v vseh krajih razen v MS zmanjšuje. V 3D pa kar v treh krajih raste glede na prejšnje desetletje.

Najmanjše število hladnih dni ima BI, sledijo LJ, MB, NM in MS. V vseh krajih se je v drugem obdobju  $d_{TO}$  zmanjšalo, razen v BI, kjer se je celo malo povečalo, najbolj se je zmanjšalo v NM (slika 9).



Slika 9: Primerjava števila dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.5 ŠTEVILO DNI Z MAKSIMALNO TEMPERATURO VEČJO OD 25 °C ( $D_{T25}$ )

V prvem desetletju (1D) naše analize se je povprečno  $d_{T25}$  gibalo od 51 do 90. Najmanj toplih dni je imel MB, sledijo MS, NM, LJ in kot najtoplejše BI. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D povprečno  $d_{T25}$  v vseh krajih zmanjšalo. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D povprečno  $d_{T25}$  v vseh krajih povečalo, najbolj pri MB, najmanj v MS. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi z 3D povprečno  $d_{T25}$  znatno povečalo v vseh krajih, razen BI, kjer se je celo malenkost zmanjšalo. Tako se vrednosti na koncu stoletja gibljejo od 70 do 93 dni. Največje povprečje toplih dni ima še vedno BI, sledi LJ, potem NM in MS z istim povprečjem, najmanj pa MB. Vrstni red krajev je torej ostal isti kot v 1D (preglednica 6).

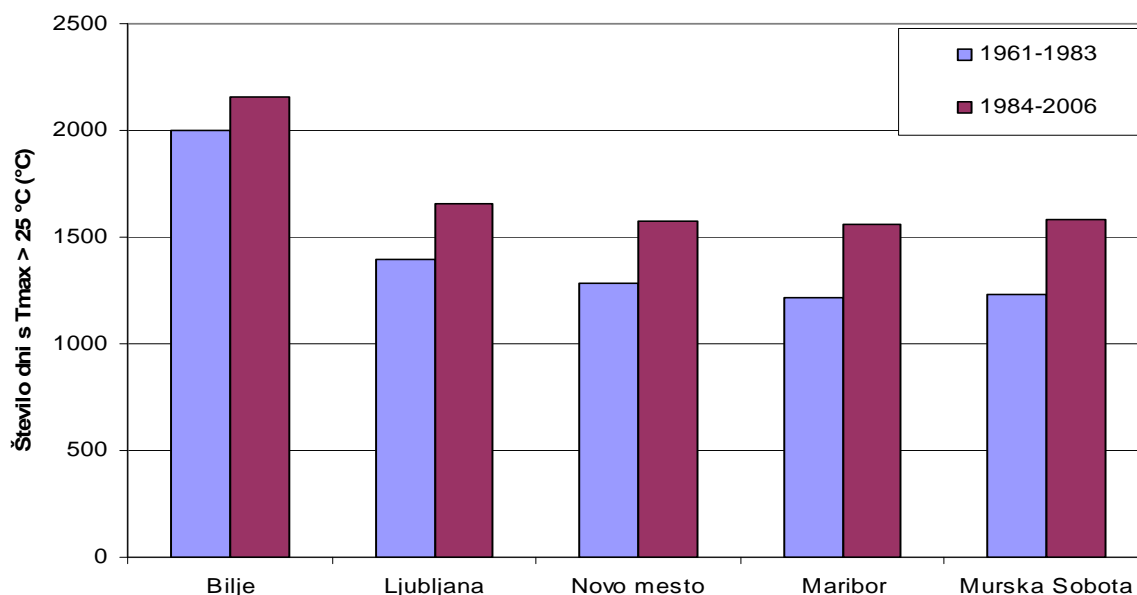
Preglednica 6: Analiza časovnih vrst (4 desetletja) in trenda povprečnega števila dni maksimalno temperaturo večjo od 25 °C po krajih.

| Kraji | Povprečno število dni z maksimalno temperaturo večjo od 25 °C |           |           |           | Analiza trenda<br>[dnevi / 10 let] |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
|       | 1961-1970   | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 |                                    |
| BI    | 89,6  | 88,3      | 93,4      | 93,1      | 1,30*                              |
| LJ    | 59,7  | 57,6      | 64,6      | 75,8      | 4,84**                             |
| NM    | 54,8  | 52,2      | 60,5      | 71,4      | 5,39**                             |
| MB    | 50,6  | 50,1      | 61        | 69,8      | 5,92**                             |
| MS    | 53,7  | 50,4      | 58,1      | 71,4      | 5,36**                             |

AT nam pokaže, da se je najbolj povečalo število toplih dni v MB s 5,9 dnevi / 10 let. Sledijo NM s 5,4 dnevi / 10 let, MS s 5,4 dnevi / 10 let, LJ s 4,8 dnevi / 10 let in BI zgolj z 1,3 dnevi / 10 let. Rezultati so statistično značilni za štiri kraje pri stopnji tveganja 0,01; le za BI so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

Kot vidimo iz analize gledano za vsa štiri desetletja, se povprečno število toplih dni povečuje. Razvidno je, da se je najbolj segrel po tem kriteriju MB in najmanj najtoplejše BI. V 2D se je v vseh krajih povprečno  $d_{T25}$  zmanjšalo, v 3D pa v primerjavi z 2D povečalo.

Največje število toplih dni ima BI, sledijo LJ, NM, MS in MB. V vseh krajih se je to število v drugem obdobju povečalo, najmanj v BI, največ pa v MS in MB (slika 10).



Slika 10: Primerjava števila dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.6 POVPREČNA RELATIVNA ZRAČNA VLAGA OB 14. URI ( $f_{pov}$ )

V prvem desetletju (1D) naše analize so bile vrednosti  $f_{pov}$  od 62 do 68 %. Najmanjšo ima MS, sledijo MB, NM, LJ, največjo  $f_{pov}$  pa ima BI. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D v krajih BI, LJ in MB zmanjšala, pri NM ostala enaka, v MS se je povečala. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D precej zmanjšala v BI, z manjšimi razlikami se je zmanjšala tudi v LJ, NM in MS, v MB se je povečala. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi z 3D zmanjšala v BI in MB, z manjšo razliko se je zmanjšala tudi v LJ in NM, v MS se je rahlo povečala. Tako ima na koncu stoletja po tem kriteriju najmanjšo vrednost  $f_{pov}$  BI, sledijo MB, LJ in NM, največ jih ima MS. Tako opazimo, da se je vrstni red krajev po tem kriteriju od 1D do 4D precej zamenjal. Takrat kraj z največjo vrednostjo  $f_{pov}$ , BI, je imel na koncu najmanjši najmanjšo vrednost  $f_{pov}$ , kraj z najmanjšo vrednostjo  $f_{pov}$  v 1D, MS, ima sedaj največjo  $f_{pov}$  (preglednica 7).

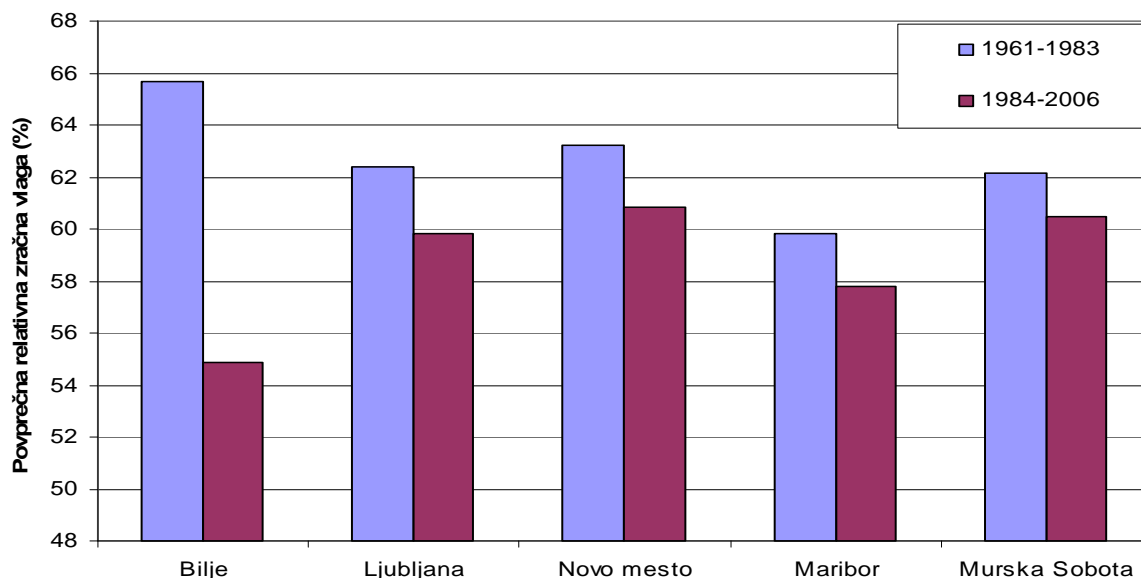
Preglednica 7: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečne relativne zračne vlage po krajih.

| Kraji | Povprečna relativna zračna vlaga po desetletjih [%] |           |           |           | Analiza trenda |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|----------------|
|       | 1961-1970   | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | [% / 10 let]   |
| BI    | 67,7  | 65,6      | 58,8      | 54,3      | -4,67**        |
| LJ    | 64,0  | 61,5      | 61,3      | 59,2      | -1,37**        |
| NM    | 63,9  | 63,9      | 61,5      | 60,3      | -1,13**        |
| MB    | 62,1  | 58,9      | 59,3      | 55,4      | -1,72**        |
| MS    | 61,8  | 63,1      | 61,2      | 61,5      | -0,21*         |

AT nam pokaže, da se je vrednost  $f_{pov}$  najbolj zmanjšala v BI z - 4,7 % / 10 let. Sledijo kraji MB z - 1,7 % / 10 let, LJ - 1,4 % / 10 let, NM z - 1,1 % / 10 let in MS zgolj - 0,2 % / 10 let. Rezultati so statistično značilni za štiri kraje pri stopnji tveganja 0,01; le za MS so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

V vseh krajih se vrednost  $f_{pov}$  zmanjšuje. Razvidno je, da se je najbolj zmanjšala v BI, ki je imelo na začetku največjo vrednost, najmanj pa v MS, ki jih je imela na začetku najmanjšo. V 2D se je v treh krajih zmanjšala, pri NM ostala enaka in pri MS celo narasla. V 3D se je zmanjšala v štirih krajih, povečala pa pri MB glede na prejšnje desetletje.

V prvem obdobju je vrednost  $f_{pov}$  največja v kraju BI, sledijo mu NM, LJ, MS in MB z najmanjšim % po tem kriteriju. V drugem obdobju se je v vseh krajih vrednost  $f_{pov}$  zmanjšala, v BI kar za več kot 10 %, v ostalih krajih približno za 2 % (slika 11).



Slika 11: Primerjava vrednosti povprečne relativne zračne vlage v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.7 TRAJANJE SONČNEGA OBSEVANJA ( $h_{pov}$ )

Za postajo BI ni bilo podatkov, ker so to spremenljivko začeli meriti šele leta 1991, zato je ne upoštevamo pri obravnavi!

V prvem desetletju (1D) naše analize se je povprečno število ur sončnega obsevanja gibalo od 1680 do 1790. Najmanjše  $h_{pov}$  ima LJ, sledijo ji MB, MS, NM. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D  $h_{pov}$  v vseh krajih zmanjšalo z izjemo MS, kjer se je le rahlo povečalo. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D znatno povečalo v vseh štirih krajih. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi s 3D zopet povečalo v vseh krajih. Tako se vrednosti na koncu stoletja gibljejo od 1940 do 2020. Najmanjše  $h_{pov}$  ima MS, sledijo NM, MB in LJ. Vrstni red krajev se je torej zamenjal. NM je imelo največ  $h_{pov}$  v prvem desetletju, ob koncu stoletja pa jih ima MS (preglednica 8).

Preglednica 8: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila ur sončnega obsevanja po krajih.

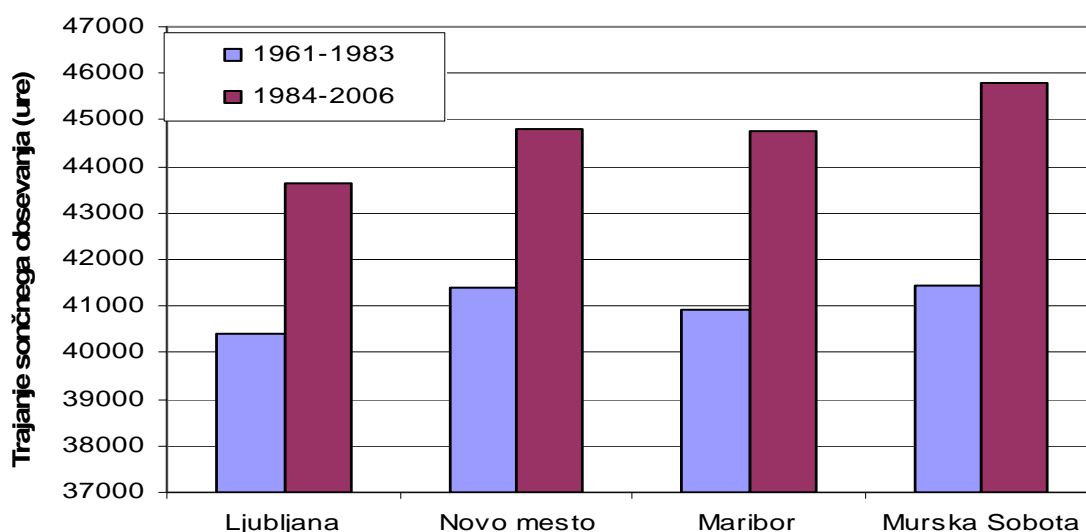
| Kraji | Trajanje sončnega obsevanja v urah po desetletjih |            |            |            | Analiza trenda |
|-------|---|------------|------------|------------|----------------|
|       | 1961-1970   | 1971-1980  | 1981-1990  | 1991-2000  | [ure / 10 let] |
| BI    | ni podatka  | ni podatka | ni podatka | ni podatka | ni podatka     |
| LJ    | 1685,2  | 1647,5     | 1803,8     | 1940,4     | 89**           |
| NM    | 1789,6  | 1768,6     | 1911,6     | 1989,5     | 76**           |
| MB    | 1766,3  | 1746,0     | 1884,8     | 1965,5     | 70**           |
| MS    | 1772,7  | 1777,0     | 1940,3     | 2020,1     | 85**           |

AT nam pokaže, da se je najbolj povečalo  $h_{pov}$  v kraju LJ z 89 urami / 10 let. Sledijo ji MS s 85 urami / 10 let, NM s 76 urami / 10 let in MB s 70 urami / 10 let. Rezultati so statistično značilni pri vseh štirih krajih pri stopnji tveganja 0,01.

Kot vidimo iz analize v vseh krajih, se  $h_{pov}$  skupno povečuje. Razvidno je, da se je najbolj povečalo v LJ, ki jih je imela na začetku najmanj, najmanj pa v MB. V 2D se je v vseh krajih, razen v MS zmanjšalo. V 3D se je v vseh krajih povečalo glede na prejšnje desetletje.

Za BI so podatki šele od l. 1991 naprej, zato ga pri analizi nismo upoštevali. Daleč najmanj sončnih ur po tem kriteriju ima LJ, sledijo MB, NM in MS z manjšimi medsebojnimi razlikami. V drugem obdobju se je število sončnih ur znatno povečalo v LJ in tudi povsod drugod (slika 12).





Slika 12: Primerjava trajanja sončnega obsevanja v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.8 ŠTEVILO DNI S SNEŽNO ODEJO ( $d_{\text{snež}}$ )

V prvem desetletju (1D) naše analize se je povprečno  $d_{\text{snež}}$  gibalo od 3,5 do 86. Najmanjše povprečno  $d_{\text{snež}}$  je imelo BI, sledijo MS, MB, LJ, največ NM. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D povprečno  $d_{\text{snež}}$  v vseh krajih zmanjšalo. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D povprečno  $d_{\text{snež}}$  zmanjšalo zgolj v MB, pri ostalih se je povečalo. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi z 3D povprečno  $d_{\text{snež}}$  zmanjšalo v krajih BI, LJ, NM, pri MB in MS se je povečalo. Tako se vrednosti na koncu stoletja gibljejo od 3,5 do 60. Daleč najmanjše povprečno  $d_{\text{snež}}$  ima BI, sledijo MS, LJ, NM, MB. Največ dni s snežno odejo je po tem kriteriju imelo NM v 1D, na koncu stoletja pa MB (preglednica 9).

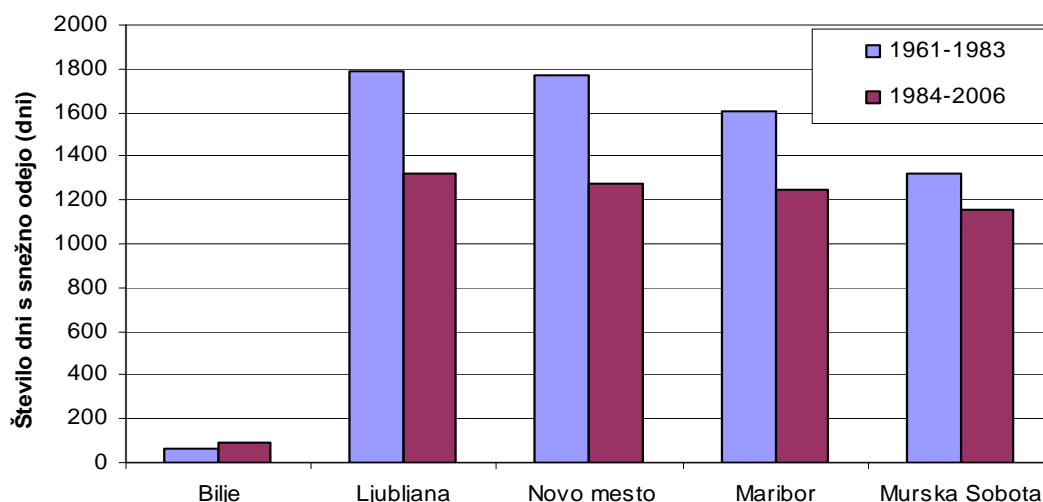
Preglednica 9: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni s snežno odejo po krajih.

| Kraji | Povprečno število dni s snežno odejo po desetletjih |           |           |           | Analiza trenda   |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|------------------|
|       | 1961-1970   | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | [dnevi / 10 let] |
| BI    | 3,5   | 2,8       | 3,7       | 3,5       | 0,11*            |
| LJ    | 83,4  | 65,9      | 67,5      | 55,7      | -7,67*           |
| NM    | 86,1  | 61,7      | 62,6      | 59,1      | -7,86*           |
| MB    | 77,2  | 57,7      | 57,2      | 60        | -4,74*           |
| MS    | 69,3  | 42,9      | 47,5      | 54,5      | -0,33*           |

AT nam pokaže, da se je najbolj zmanjšalo povprečno  $d_{\text{snež}}$  v NM z - 7,9 dnevi / 10 let. Sledijo LJ z - 7,7 dnevi / 10 let, MB z - 4,7 dnevi / 10 let, MS z - 0,3 dnevi / 10 let in BI (se je celo rahlo povečalo) z 0,11 dnevi / 10 let. Rezultati so statistično značilni pri vseh krajih pri stopnji tveganja 0,05.

Kot vidimo iz analize, se v vseh krajih (razen BI), povprečno  $d_{\text{snež}}$  skupno zmanjšuje. Razvidno je, da se je najbolj zmanjšalo v NM, ki jih je imelo na začetku največ, najmanj pa pri BI, ki jih je imelo najmanj. V 2D se je v vseh krajih zmanjšalo. V 3D se je skoraj v vseh krajih povečalo glede na prejšnje desetletje.

BI ima zelo malo dni s snežno odejo, največ jih ima LJ, potem NM, MB in nenazadnje MS. V BI se je v drugem obdobju število dni s snežno odejo celo malo povečalo. Pri vseh ostalih se je zmanjšalo, za največ pri tistih dveh, ki sta jih imela v prvem obdobju največ in sicer pri LJ in NM (slika 13).



Slika 13: Primerjava števila dni s snežno odejo v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

#### 4.9 ŠTEVILO DNI S KOLIČINO PADAVIN VEČJO ALI ENAKO EN MILIMETER ( $d_{1mm}$ )

V prvem desetletju (1D) naše analize je povprečno  $d_{1mm}$  od 99 do 118. Najmanj takih dni ima MS, sledijo ji MB, BI, NM, največ jih ima LJ. V drugem desetletju (2D) se je v primerjavi z 1D povprečno  $d_{1mm}$  v vseh krajih zmanjšalo z izjemo BI, kjer se je povečalo. V tretjem desetletju (3D) se je v primerjavi z 2D  $d_{1mm}$  zmanjšalo v vseh krajih. V četrtem desetletju (4D) se je v primerjavi s 3D  $d_{1mm}$  zmanjšalo v krajih LJ, NM, MB, povečalo pa v BI in MS. Tako se vrednosti na koncu stoletja gibljejo od 91 do 102. Najmanj takih dni ima še vedno MS, sledijo MB, BI, NM in LJ. Vrstni red se ne spremeni v primerjavi z 1D (preglednica 10).

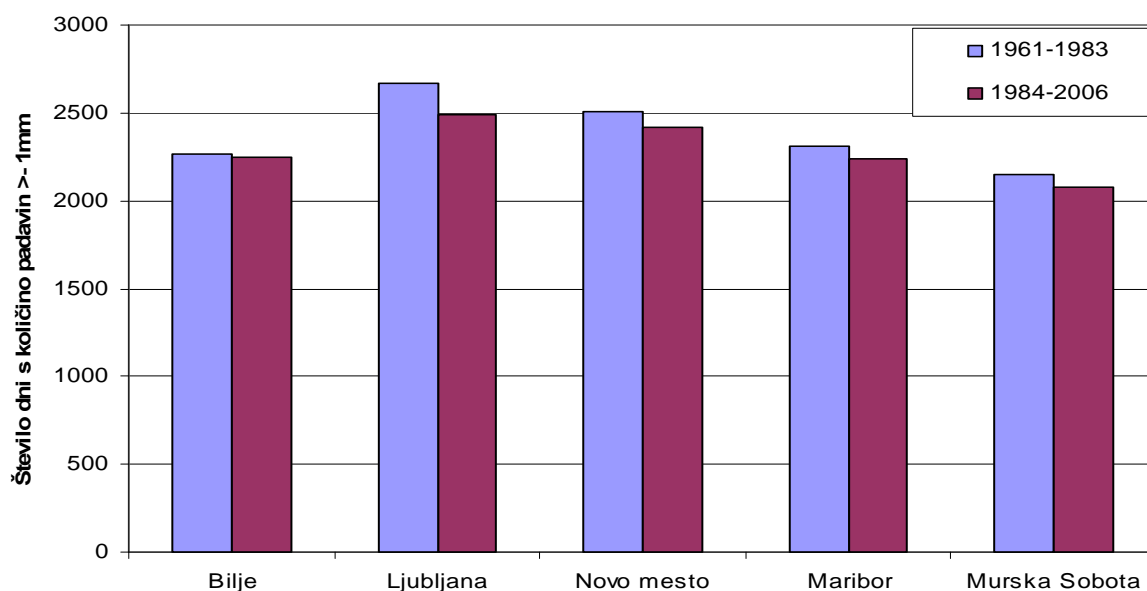
Preglednica 10: Analiza časovnih vrst (štiri desetletja) in trenda povprečnega števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter po krajih.

| Kraji | Povprečno število dni s količino padavin $\geq 1mm$ |           |           |           | Analiza trenda<br>[dnevi / 10 let] |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
|       | 1961-1970   | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 |                                    |
| BI    | 103,7   | 107,4     | 94,6      | 100,4     | -1,2*                              |
| LJ    | 117,6   | 117,1     | 109,8     | 107       | -3,39*                             |
| NM    | 111,1   | 109,5     | 107,1     | 102,1     | -2,46*                             |
| MB    | 102,4   | 100,5     | 98,5      | 96,8      | -1,57*                             |
| MS    | 99,3  | 94        | 90,1      | 91,0      | -2,4*                              |

AT nam pokaže, da se je najbolj zmanjšalo povprečno  $d_{1mm}$  v LJ z - 3,4 dnevi / 10 let. Sledijo ji NM z - 2,5 dnevi / 10 let, MS z - 2,4 dnevi / 10 let, MB z - 1,6 dnevi / 10 let in BI z - 1,2 dnevi / 10 let. Vsi rezultati so statistično značilni pri stopnji tveganja 0,05.

V vseh krajih se je povprečno  $d_{1mm}$  zmanjšalo. Razvidno je, da se je najbolj zmanjšalo v LJ, ki jih je imela na začetku največ, najmanj pa pri BI. V 2D se je v vseh krajih razen BI zmanjšalo. V 3D se je v vseh krajih zmanjšalo glede na prejšnje desetletje.

Najbolj deževna v prvem obdobju po tem kriteriju je LJ, sledijo ji NM, MB, BI in kot zadnja MS. V drugem obdobju tudi ostaja LJ na prvem mestu in ostale ji sledijo v istem vrstnem redu kot v prvem obdobju. Za največ se je  $d_{1mm}$  zmanjšalo v LJ, ki velja za najbolj deževno, za najmanj v BI (slika 14).



Slika 14: Primerjava števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter v dveh obdobjih za nekatere kraje v Sloveniji.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Povprečna temperatura je naraščala v vseh krajih, najmanj pri tistem kraju, ki je najtoplejši po tem kriteriju, največ pa pri tistem kraju, ki je bil po tem kriteriju najhladnejši. Povprečna temperatura zraka narašča po celi državi. Temperaturne vsote,  $T > 0\text{ °C}$  in tudi  $T > 10\text{ °C}$  so naraščale v vseh petih krajih v obdobju 1961-2000. Tako tudi lahko sklepamo, da naraščajo po vsej državi. Število dni z minimalno temperaturo pod  $0\text{ °C}$  se je zmanjševalo pri vseh krajih. Lahko sklepamo, da se zmanjšujejo po celi državi. Imamo torej vedno manj hladnih dni. Število dni z maksimalno temperaturo nad  $25\text{ °C}$  se je povečevalo pri vseh krajih. Lahko sklepamo, da se povečuje po celi državi. Imamo torej vedno več toplih dni. Število ur sončnega obsevanja se je povečevalo v vseh krajih, za Bilje žal nismo imeli zadostnih podatkov. Tako bo v Sloveniji tudi vedno več sončnih ur.

Sloveniji v prihodnje kaže vedno več toplih in sončnih dni, vedno manj hladnih, vsote akumuliranih temperatur bodo večje in tudi temperature bodo na splošno višje kot so bile v preteklosti. Slovensko kmetijstvo pri prilagajanju na podnebne spremembe torej resnično ne bo izjema.

Za prilagoditev novim razmeram torej potrebujemo nove sorte rastlin, ki bodo toplotno bolj odporne (termofilne) in ki prenesejo več sončnega obsevanja (heliofilne). Rastline, ki so toplotno manj odporne, bodo težje uspevale ali celo ne bodo. Hkrati pa lahko prinese zvišanje temperature tudi uvedbo novih sort ali celo vrst rastlin, ki sedaj v našem podnebnem pasu niso rasle in bi to bila lahko nova tržna niša za iznajdljive kmetovalce.

Zaradi višjih temperatur se bo podaljšal čas vegetacijske dobe (prej se bo začel spomladi in kasneje končal jeseni), rastna doba rastlin pa se bo skrajšala (sprememba v času pojavljanja fenoloških faz). Skrajšanje rastne dobe pomeni za rastlino manj dni za asimilacijo in s tem potencialno manjšo listno površino, kar vpliva na količino in kakovost pridelka. Tako bodo rastline sicer prej dozorele, a kvaliteta in kvantiteta pridelka ne bosta nujno taki, kot bi si ju želeli.

Zaradi milih zim se bo čas vegetacijske dobe rastlin začel prej spomladi, kar znatno poveča tveganje in škode zaradi zadnjih spomladanskih slan. To bomo morali vzeti v zakup pri ekonomskih posledicah podnebnih sprememb. Hkrati lahko sprememba v času pojavljanja fenoloških faz in njihovega trajanja pomeni tudi pojav novih vrst bolezni, plevelov in škodljivcev ali pa sproži njihovo pogostejše ali agresivnejše pojavljanje in s tem lahko pod ekonomske posledice vračunamo tudi povečano porabo fitofarmaceutskih sredstev.

Nujna bo sprememba kmetijskih tehnologij (čas setve, žetve pridelka, kolobarjenja, načina obdelave tal, gnojenja, namakanja, ipd.). Priporočljivo bi bilo tudi tesnejše sodelovanje med kmeti in agrometeorologi. Slednji naj bi kmetom pomagali s podajanjem strokovnega znanja, ki zajema pretekle raziskave, ki so v pomoč pri napovedi bodočih scenarijev. Če kmetje poznajo napovedi bodočih scenarijev, se lahko na podlagi teh tudi čim ustrezneje in čim hitreje prilagodijo. Ažurnost in dostopnost agrometeoroloških podatkov za kmete (in seveda njihovo zanimanje za le-te) bodo v prihodnosti vedno bolj pomembni za uspešnost slovenskega kmetovanja v sožitju s podnebnimi spremembami.

Zvišanje temperature pomeni tudi pomik vegetacijskih pasov navzgor. V Sloveniji pomeni ocenjen dvig temperature za 1 °C premik prostorskega potenciala kmetijskih zemljišč za 180 metrov navzgor (Kajfež Bogataj, 2008). To nam da dve vrsti vplivov: izboljšanje karakteristik sedaj prehladnih območij za pridelovanje in hkrati poslabšanje karakteristik že sedaj prevročih območij za kmetijsko pridelavo. Nova zemljišča bodo bistveno manjša od zdajšnjih, hkrati bodo zaradi višje nadmorske višine bolj izpostavljena drugim vremenskim stresom kot so npr. spomladanske slane.

Povprečna relativna zračna vlaga se je zmanjšala v vseh krajih. Število dni s snežno odejo se je zmanjšalo v vseh krajih. Število dni s količino padavin večjo ali enako od enega milimetra se je tudi zmanjšalo v vseh krajih. Sloveniji kaže torej tudi manj vode. Pričakujemo lahko več suš, še zlasti na območjih, kjer so že sedaj občutljiva na sušo: pri nas predvsem severovzhodni (Prekmurje) in jugozahodni (Sredozemlje, Koprsko) del Slovenije. Priporočljivo je imeti sorte, ki bodo na vročino in sušo bolj tolerantne, rastline z globljim in bolj razvejanim koreninskim sistemom. Hkrati bo tudi nujno smiselno in funkcionalno shranjevanje in uporaba vodnih virov v predelih Slovenije, kjer vodnih virov naravno primanjkuje in so zato možne suše. Gradnjo namakalnih sistemov bo smiselno dobro načrtovati in izvesti, da se v čim večji meri izognemo posledicam suše.

Voda pa nam bo hkrati povzročala tudi probleme nasprotne vrste od suše. Povečali se bodo ekstremni vremenski pojavi v smislu intenzivnosti in tudi pogostnosti pojavljanja (močni nalivi, toče, vetrovi). Tega preprečiti ne moremo. Zato bo nujna sprememba zavarovalniške politike. Pri načrtovanju novih kmetijskih površin bi bilo zelo smotno, da vnaprej dobro preučimo njihovo lego in kakšne možne vplive ima lahko vreme na našo izbrano lego za kmetovanje. Pravilna izbira lege bo ključnega pomena za kmetov vložen trud, čas, denar in nenazadnje tudi uspešnost na področju pridelave in prodaje pridelka na trgu.

Zaradi večje intenzivnosti padavin se bomo torej morali soočiti s poplavami, vodno erozijo. Vodna erozija povzroči spiranje hranil v globlje plasti zemlje, kjer za rastline ne bodo več dostopni, ker njihov koreninski sistem ne bo segal tako globoko. Hkrati lahko vodna erozija sproži odnašanje površinskih, za rastline najrodovitnejših zemeljskih horizontov. Tako bomo poleg dobrih namakalnih sistemov v sušnih predelih morali imeti tudi dobre drenažne sisteme v predelih, kjer bo naraslo število padavinskih neurij v smislu intenzivnosti in pogostnosti.

Sklenemo lahko, da smo vse zastavljene hipoteze potrdili. Podnebne spremembe so postale del naše vsakdanjosti. Ker jih ne moremo zaustaviti, jih lahko omilimo ali pa se nanje prilagodimo. Omilimo jih v smislu manjšega onesnaževanja okolja in s tem izpustov toplogrednih plinov v atmosfero (še zlasti CO<sub>2</sub>) in z ozaveščanjem ljudi, zlasti mlajših generacij, kajti ravno one se bodo s tem morale najbolj soočiti v prihodnosti. Kmetijski sektor se bo moral na podnebne spremembe prilagoditi na zgoraj našete načine. Prilagoditve pa ne bodo nujne le za kmetijski sektor, ampak za vse človeštvo.

## 6 POVZETEK

Podnebne spremembe so današnji čas ena od najaktualnejših tem po svetu in pri nas. Nekaj časa nazaj nas še niso toliko zanimale, ker še nismo imeli tehtnega vzroka za to oziroma ga nismo hoteli imeti. Danes pa je stvar popolnoma drugačna. Posledice so bolj in bolj očitne na vsakem koraku in če gremo naprej do napovedi, nam tudi ne kaže najbolje v bodočnosti. Preteklosti ne moremo spremeniti. Ogrevanje planeta, ki smo ga povzročili, je nepovratna reakcija. Začeti moramo spreminjati sedanost v smislu čim manjšega nadaljnega ogrevanja in razmišljati o prilagoditvah vnaprej.

V diplomski nalogi smo v pregledu dosedanjih objav na kratko razložili pojem kompleksnosti podnebja; našli glavne dejavnike, ki vplivajo na oblikovanje podnebja. Opisali smo podnebne značilnosti Slovenije v preteklosti. Na kratko smo razložili pojav in učinek tople grede ter kakšen je njegov vpliv na podnebje. Naredili smo kratek pregled posledic podnebnih sprememb globalno. Malo natančneje smo si ogledali še kmetijski sektor in pridelavo hrane globalno v povezavi s podnebnimi spremembami.

V raziskovalnem delu nas je zanimalo, kaj podnebne spremembe pomenijo lokalno za slovensko kmetijstvo. Analizirali smo osem različnih agroklimatskih spremenljivk (povprečno temperaturo, temperaturne vsote, število dni z minimalno temperaturo pod 0 °C, število dni z maksimalno temperaturo nad 25 °C, relativno zračno vlago, trajanje sončnega obsevanja v urah, število dni s snežno odejo in število dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter za pet različnih krajev: Bilje, Ljubljana, Novo mesto, Maribor, Murska Sobota. Podatke za vseh pet krajev smo analizirali po desetletjih z analizo časovnih vrst 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 in izračunali trende. Na drug način pa smo analizirali po dveh obdobjih 1961-1983 in 1984-2006.

Ugotovili smo, da Slovenija ni izjema glede podnebnih sprememb. Temperatura v Sloveniji v splošnem narašča, ravno tako temperaturne vsote, količina padavin se v splošnem zmanjšuje, število sončnih dni tudi narašča. Slovenija se bo morala prilagoditi na nove podnebne razmere v kmetijskem sektorju in tudi v vsakdanjem življenju.

Kmetijstvo je primarna gospodarska dejavnost, ki nam prinaša hrano. Ker kmetijstvo po večini poteka na odprtem prostoru in je direktno odvisno od podnebnih in vremenskih razmer, je ravno zaradi podnebnih sprememb ena od najobčutljivejših dejavnosti na le-te. Temperatura in temperaturne vsote naraščajo, zato se bo podaljšala vegetacijska doba rastlin. Rastline bodo hitreje priraščale, a hkrati lahko prehiter prirast pomeni manjšo kakovost in količino pridelka. Povečala se bo gospodarska škoda zaradi vse pogostejših spomladanskih pozeb. Povišana temperatura pomeni tudi več možnosti razvoja rastlinskih bolezni, škodljivcev, plevelov v smislu njihove agresivnosti in pogostnosti pojavljanja. Računamo lahko s povečano porabo fitofarmaceutskih sredstev. Vegetacijski pasovi se bodo pomaknili navzgor. V Sloveniji pomeni dvig temperature za 1 °C predviden pomik 180 m navzgor. Tako bomo prišli do dodatnih kmetijskih zemljišč. Na novo pridobljena kmetijska zemljišča po bodo bolj izpostavljena drugim stresnim vremenskim dejavnikom kot npr. spomladanske pozebe. Povečalo se bo število ekstremnih pojavov, vročinskih valov. Po eni strani bodo nekateri sušni predeli utrpeli še več suš (npr. Sredozemlje), po

drugi strani bo več neurij (padavinskih, vetrovnih), ki lahko poškodujejo ali celo uničijo kmetijske rastline oz. pridelke. Prilagoditi bo treba agrotehnične ukrepe (sprememba časa setve, žetve, obrezovanja; načina gnojenja, obdelave tal, kolobarjenja). Pri izbiri sort ali vrst rastlin bomo dajali prednost tistim, ki so bolj prilagojene na toploto in ekstremne vremenske razmere. Prilagoditi bo treba zavarovalniško politiko in že vnaprej izbirati bolj ugodne lege za izbiro novih kmetijskih površin. V sušnih predelih bo treba poskrbeti za dobre namakalne sisteme, v predelih z večjo verjetnostjo padavinskih neurij pa za ustrezne drenažne sisteme. Smiselna bi bilo tudi čim večja povezanost kmetov z agrometeorološkimi službami. Te bi jim svetovale, kako se čimbolj prilagoditi in pa posredovale napovedi bodočega vremena oz. podnebja.

Podnebne spremembe se dogajajo tukaj in zdaj. Podatkov o tem, v kakšni smeri se bodo dogajale in kako nanje odreagirati je zaradi vedno večjega zanimanja in s tem raziskovanj v tej smeri dovolj. Na nas samih pa je, kdaj jih bomo vzeli resno in kaj konkretno ukrepali. Slej ko prej bo to potrebno.

## 7 VIRI

Batič F. 2009. »C<sub>3</sub> in C<sub>4</sub> rastline«. Franc.Batic@bf.uni-lj.si (osebni vir, 9. marec 2009)

Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007 a. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds). Cambridge, Cambridge University Press, UK: 976 str.

Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007 b. Solomon S., Qin D., Manning M., Z.Chen, Marquis M., Averyt K., Tingor M. and Miller H.L (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA: 996 str.

Dečman M. 1995. Analiza temperaturnih vsot v Sloveniji z vidika klimatskih nihanj. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 67 str.

Dolenc M. 2001. Analiza števila toplih in vročih dni v Sloveniji v obdobju 1951-1999. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 41 str.

Furlan J. 1981. Fiziologija prehrane in presnova rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 236 str.

Hočevar A., Kajfež Bogataj L. 1997. Izbrana poglavja iz biometeorologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Hočevar A., Petkovšek Z. Meteorologija. 1995. Osnove in nekatere aplikacije. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani: 219 str.

Kajfež Bogataj L. 1991 Klimatske spremembe in kmetijstvo. Sodobno kmetijstvo, 9: 356- 360

Kajfež Bogataj L. 2008. Kaj nam prinašajo podnebne spremembe. Ljubljana, Pedagoški inštitut: 134 str.

Kajfež Bogataj L., Bergant K. 1997. Pojav različno toplih dni v Sloveniji. Sodobno kmetijstvo, 6: 273-276

Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta univerze v Ljubljani: 249 str.

McGuffie K., Henderson-Sellers. A. 1997. Climate modeling primer. New York, John Wiley & Sons Ltd.: 253 str.



#### Meteorološke meritve

[http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Energija\\_soncnega\\_obsevanja.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Energija_soncnega_obsevanja.pdf) (20.12. 2008).

»Meteorološki podatki«. 2007. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (arhiv podatkov)

Meteorološki terminološki slovar. 1990. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Društvo meteorologov Slovenije: 125 str.

Otorepec S. 1980. Agrometeorologija. Beograd, Nolit: 236 str.

Podgornik A. 1996. Analiza minimalnih in maksimalnih temperatur zraka v Sloveniji v obdobju 1961-1990. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 91 str.

#### Poglavja iz klime

<http://web.bf.uni-lj.si/agromet/Poglavja%20iz%20klime.pdf> (20.11. 2008)

Ravnik M. 1997. Topla greda. Ljubljana, Založba Tangram: 119 str.

Ranljivost Slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva. 2003. Ljubljana, ARSO: 147 str.  
<http://aas.bf.uni-lj.si/maj2005/03kajfez1.pdf> (20.11. 2008)

#### Temperatura, 2. vaja

[http://web.bf.uni-lj.si/agromet/agromet\\_vaje.html](http://web.bf.uni-lj.si/agromet/agromet_vaje.html) (20.11. 2008)

Varovanje korenin življenja 1998. Ljubljana, Svet za varstvo okolja: 159 str.

Weather, Climate and Food Security. 2001. Geneva, Switzerland, World meteorological organization: 24 str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Lučki Kajfež Bogataj za pomoč in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Lepa zahvala gre tudi njenima sodelavcema, doc. dr. Zaliki Črepinšek za prijaznost in pomoč z nasveti pri diplomski nalogi ter mlademu raziskovalcu g. Andreju Ceglarju za pomoč pri računalniški obdelavi podatkov.

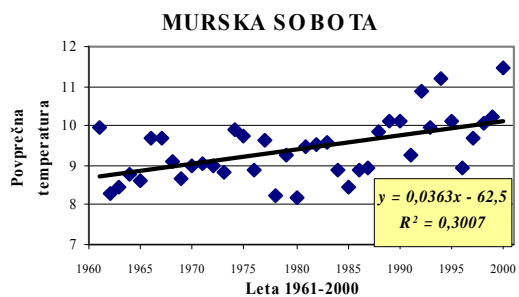
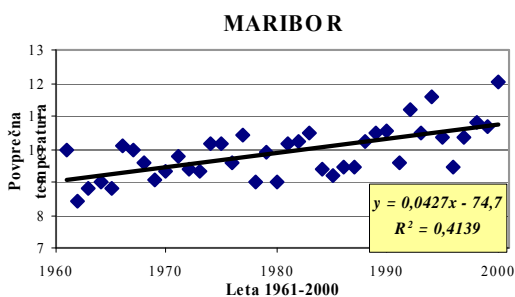
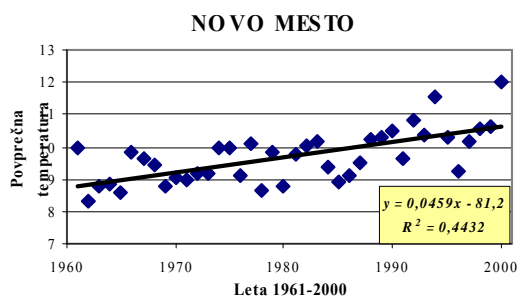
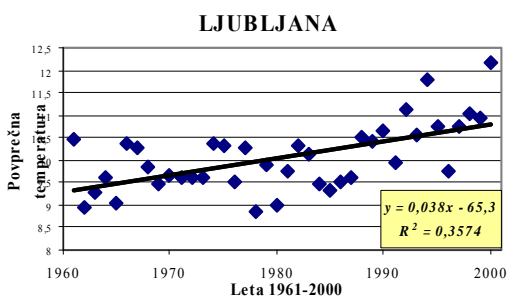
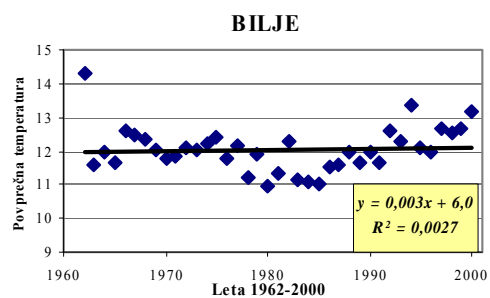
Hvala Agenciji Republike Slovenije za okolje za posredovane podatke, brez katerih diplomska naloga ne bi bila celota.

Hvala vsem sošolcem in prijateljem (predvsem Tanji Bohinc, Moniki Ganc in Mojci Tisovic), ki so verjeli vame.

Navsezadnje pa seveda tudi mojima staršema, ki sta me vzpodbujala in mi stala ob strani ves čas.

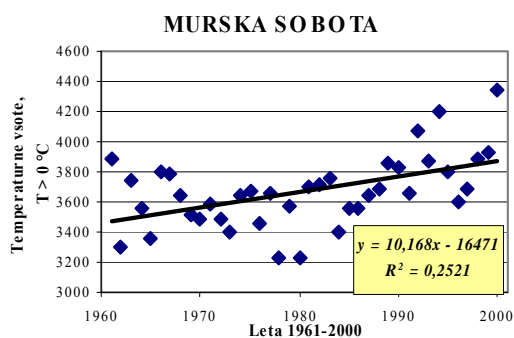
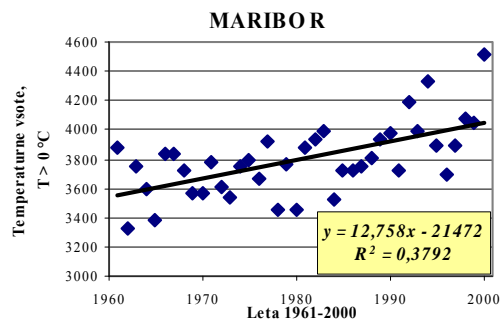
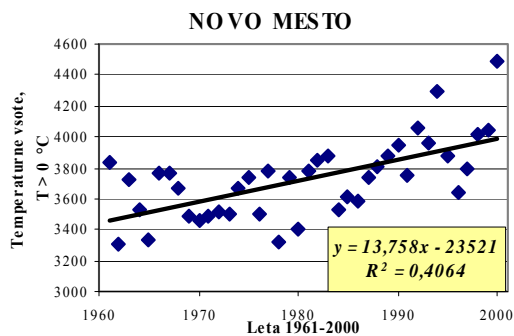
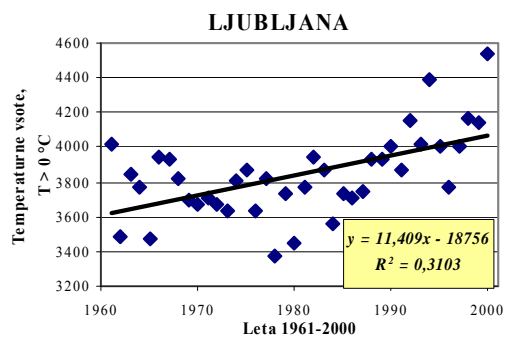
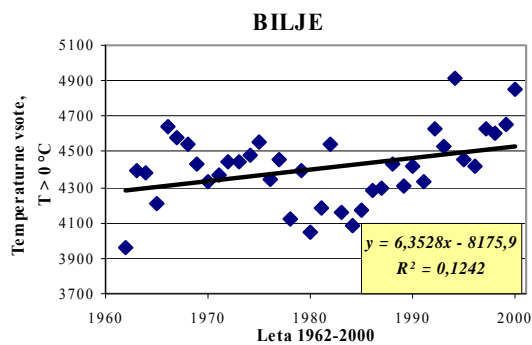
## PRILOGA A

Trendi povprečnih temperatur zraka v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto °C).



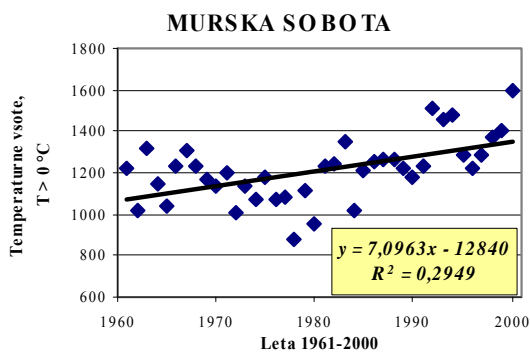
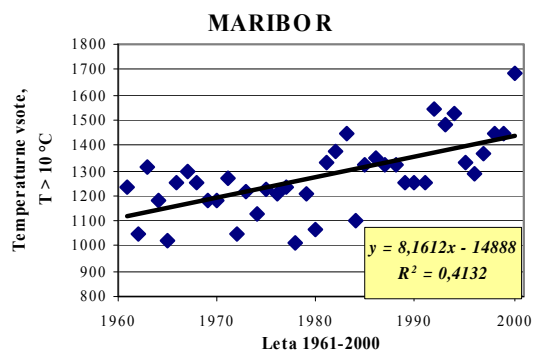
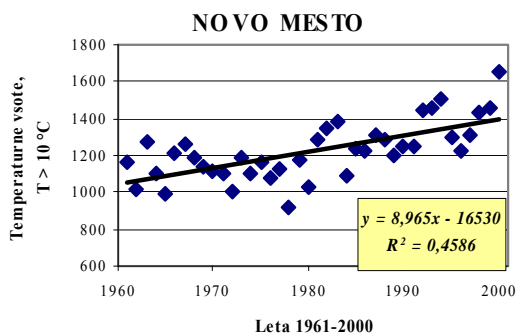
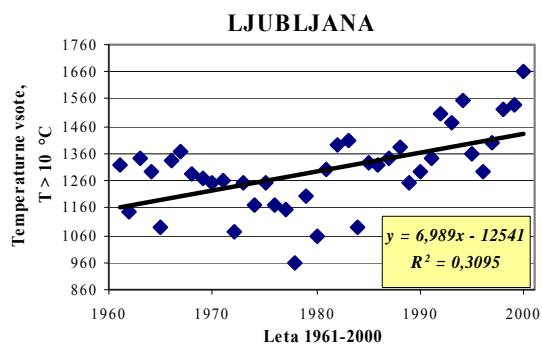
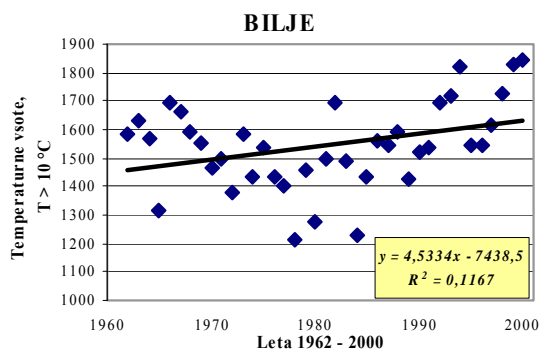
## PRILOGA B

Trendi temperaturnih vsot,  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto  $^{\circ}\text{C}$ ).



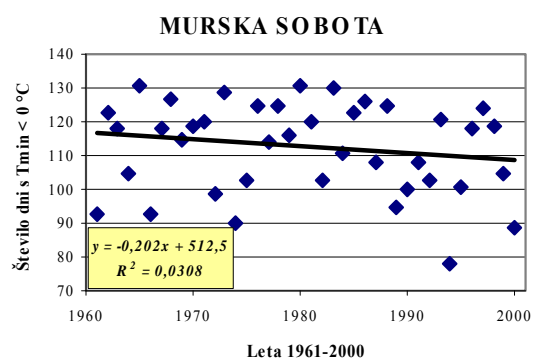
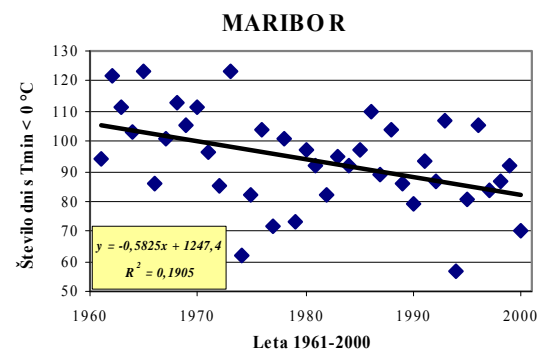
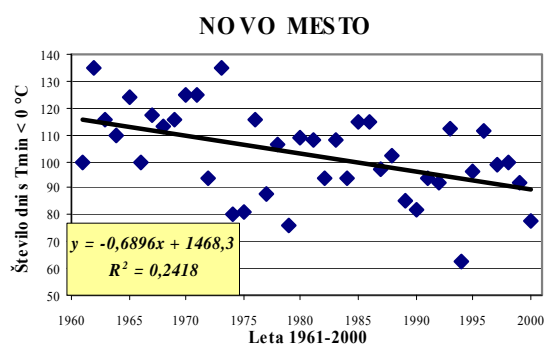
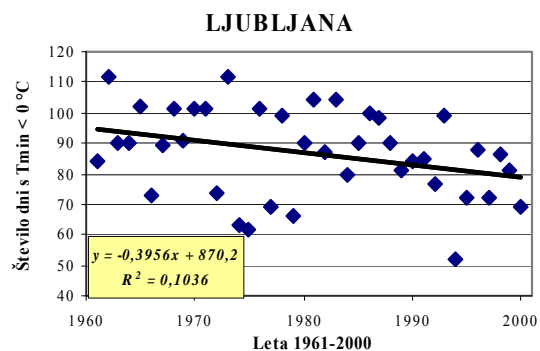
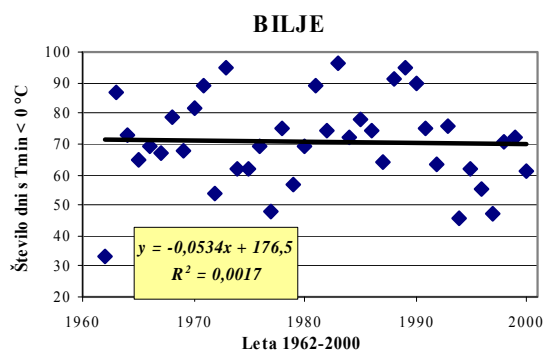
## PRILOGA C

Trendi temperaturnih vsot,  $T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto  $^{\circ}\text{C}$ ).



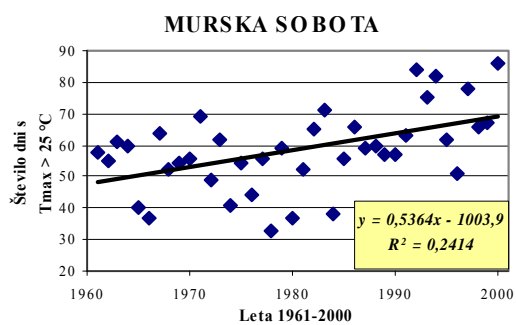
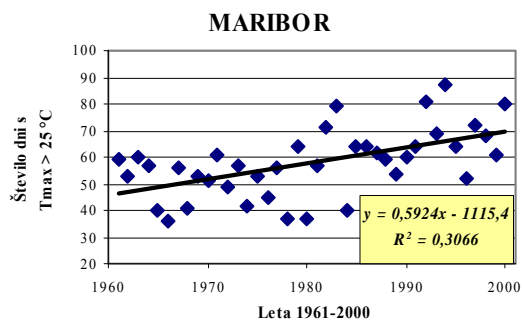
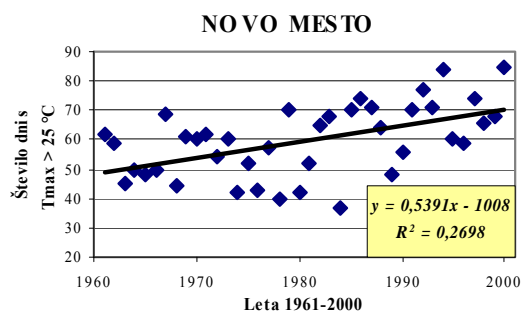
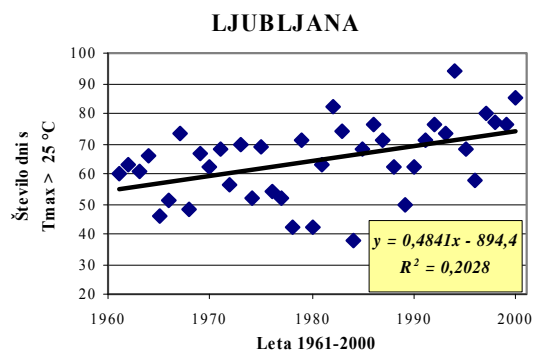
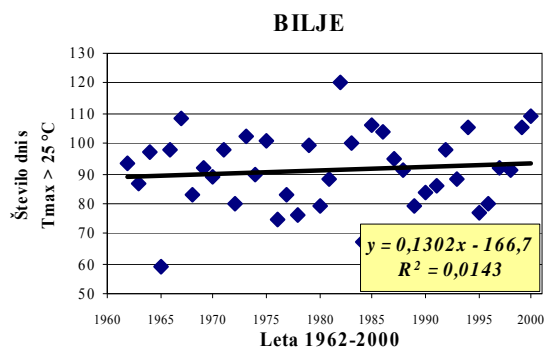
## PRILOGA D

Trendi števila dni z minimalno temperaturo manjšo od 0 °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).



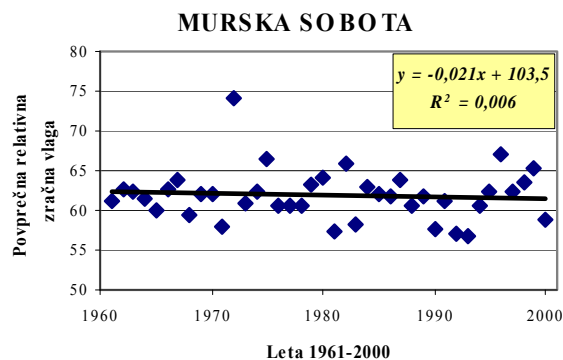
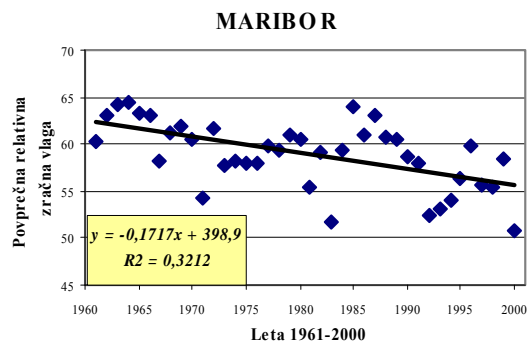
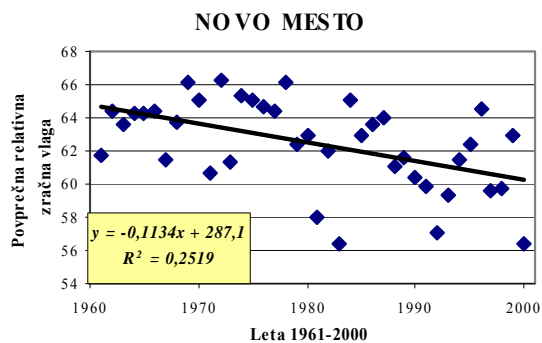
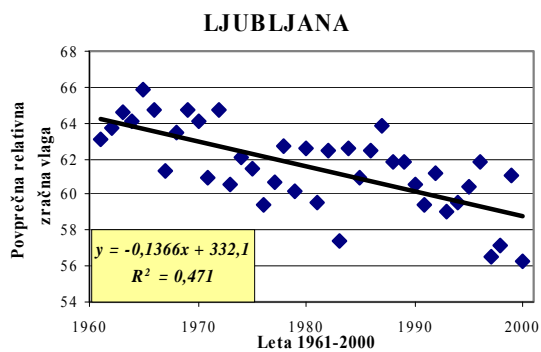
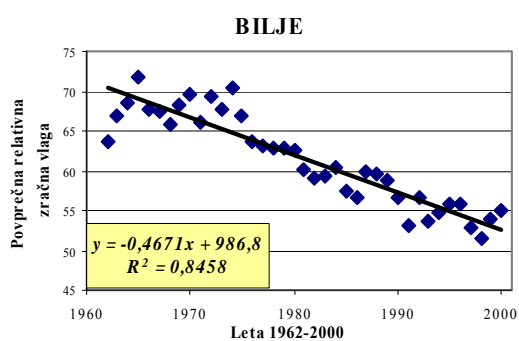
## PRILOGA E

Trendi števila dni z maksimalno temperaturo večjo od 25 °C v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).



## PRILOGA F

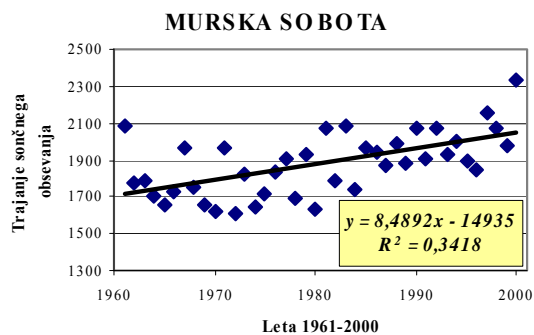
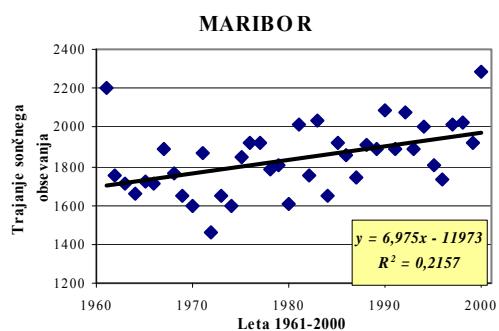
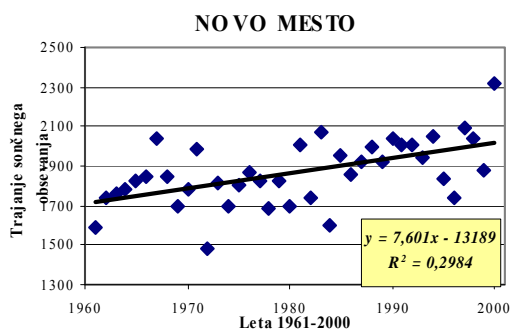
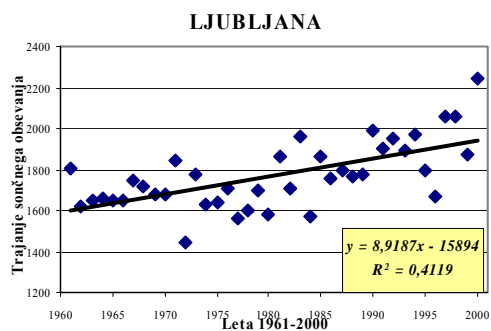
Trendi povprečne relativne zračne vlage v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto %).





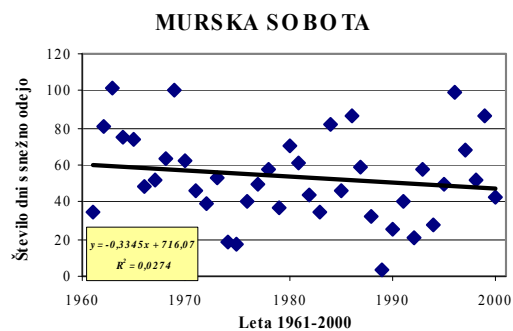
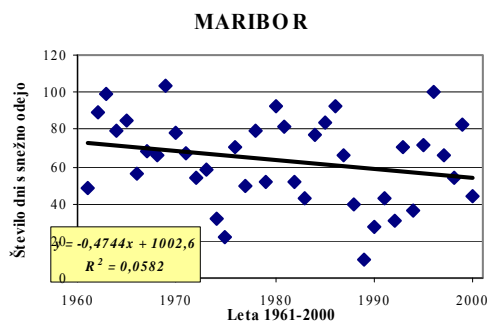
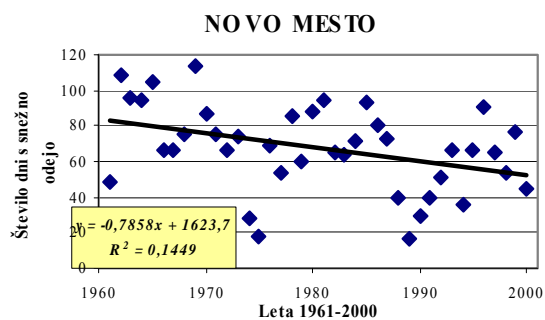
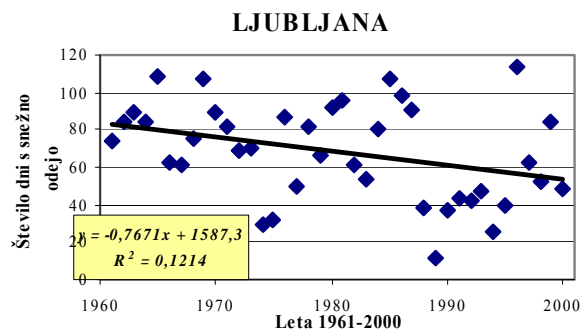
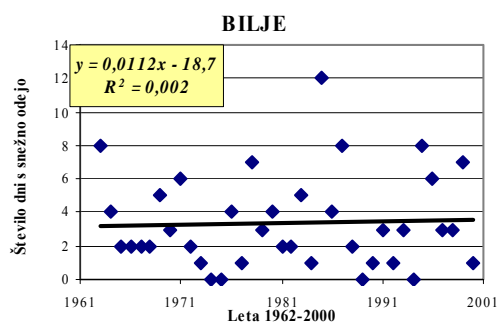
## PRILOGA G

**Trendi trajanja sončnega obsevanja (število ur) v letih 1961-2000 za štiri kraje, za postajo Bilje nimamo dovolj podatkov (vsi podatki na y osi imajo enoto ure).**



## PRILOGA H

Trendi števila dni s snežno odejo v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).



## PRILOGA I

**Trendi števila dni s količino padavin večjo ali enako en milimeter v letih 1961-2000 za vseh pet krajev (vsi podatki na y osi imajo enoto dni).**

