



ARSO VREME

# Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011

Povzetek

## UVOD

Nespremenljiva značilnost podnebja je njegovo spreminjanje. Hitrost tega spreminjanja je bila v zadnjem stoletju izjemna. V zgodovini Zemlje poznamo le nekaj podobnih primerov, vse z drastičnimi posledicami za okolje. Znan tak primer je izumrtje dinosavrov ob hitri spremembi podnebja pred 65 milijoni let.

Spreminjanje podnebja čutimo v našem vsakdanu. V Sloveniji imamo zdaj spreminjanje podnebja nad našimi kraji tudi natančno opisano. Na Agenciji Republike Slovenije za okolje smo konec leta 2008 začeli obsežen projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji in opisali značilnosti vremena v obdobju 1961–2011.

Namen projekta je bil pridobitev kakovostnih podatkov o vremenu. Ti podatki so osnovni pripomoček za učinkovito načrtovanje ukrepov prilagajanja spremenjenim podnebnim razmeram, da bi se lahko hitreje in učinkoviteje odzivali na potrebe naše družbe ter prispevali k večji varnosti in blaginji ljudi, zaščitili okolja, narave in premoženja, trajnostni oskrbi z naravnimi viri ter učinkovitejšemu gospodarstvu.

Priprava analize stanja podnebja je bil zahteven postopek. Analiza spremenljivosti podnebja mora temeljiti na homogenih nizih podatkov, iz katerih so umetni vplivi v čim večji meri odstranjeni. Spremembe merilnih mest in merilnih tehnik skozi zgodovino meritev

lahko pomembno vplivajo na izmerjene nize podnebnih spremenljivk: bodisi zabrišejo ali pa okrepijo naravno ali človeško pogojeno spremenljivost podnebja.

V okviru projekta smo tako izkoristili bogat arhiv meritev meteorološke mreže. S sodobnimi metodami kontrole smo ponovno preverili vse podatke in z metodo homogenizacije odstranili umetne vplive iz časovnih nizov podnebnih podatkov. Na podlagi tako preverjenih meritev smo analizirali, kako se podnebje v Sloveniji spreminja in kako se na njem izražajo globalne spremembe. Analiza je omejena na nize od leta 1961 do leta 2011, ko smo začeli s homogenizacijo.

Ugotovitve projekta smo javnosti posredovali v publikaciji z naslovom Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011, ki je izšla v petih knjigah. Tri knjige povzemajo bogato zgodovino naših merilnih postaj in nekatere lastnosti podnebja na njih. V eni knjigi je predstavljena metodologija kontrole in homogenizacije podatkov. V osrednji knjigi, s podnaslovom Značilnosti podnebja v Sloveniji, pa podajamo oceno sprememb našega podnebja v zadnjih petdesetih letih, ki je na kratko povzeta v pričujoči publikaciji.

## GLAVNE ZNAČILNOSTI PODNEBNIH SPREMEMB V OBDOBJU 1961–2011

- Povprečna temperatura zraka se je dvignila za 1,7 °C.
- Trend naraščanja temperature zraka je nekoliko večji v vzhodni kot v zahodni polovici države.
- Najbolj so se ogreli poletja in pomladi, nekoliko manj zime. Jeseni se niso ogrele.
- Višina padavin se je na letni ravni zmanjšala za okoli 15 % v zahodni polovici države, nekoliko manj (10 %) v vzhodni polovici države, kjer spremembe niso statistično značilne.
- Najbolj se je višina padavin zmanjšala spomladi (povsod po državi) in poleti (v južni polovici države).
- Skupna višina snežne odeje se je zmanjšala za okoli 55 %.
- Višina novozapadlega snega se je zmanjšala za 40 %.
- Na letni ravni se je trajanje sončnega obsevanja v povprečju povečalo za 10 %, najbolj na račun povečanja spomladi in poleti. Na desetletje se je trajanje sončnega obsevanja tako povečalo za 30–40 ur.
- Izhlapavanje se je od leta 1971 povečalo za okoli 20 %, najbolj na račun povečanja spomladi in poleti.
- Zračni tlak je na letni ravni v povprečju zrastel za 1,5 hPa.
- Najbolj je zračni tlak zrastel pozimi, le nekoliko manj pomladi. Bistveno manjši je porast zračnega tlaka poleti, najmanjši pa je jeseni.
- Temperatura vode se je zviševala s trendom 0,2 °C na desetletje za površinske vode (obdobje 1953–2015) in 0,3 °C na desetletje za podzemne vode (obdobje 1969–2015).

### Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011:

#### Povzetek

Ljubljana, maj 2018

**Izdajatelj:** Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike

Slovenije za okolje, Ljubljana, Vojkova 1b

**Odgovarja:** mag. Joško Knez, generalni direktor

**Avtorji:** Gregor Vertačnik, Renato Bertalanič, Andrej Draksler,

mag. Mojca Dolinar, Živa Vlahović, dr. Peter Frantar

**Tehnično urejanje:** Živa Vlahović

**Fotografija na naslovnici:** Iztok Sinjur

### Povzeto po:

Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. 3, Značilnosti podnebja v Sloveniji (Vertačnik in Bertalanič, 2017)

**Deskriptorji:** podnebje, podnebne spremembe, temperatura, padavine, višina snega, sončno obsevanje, evapotranspiracija, zračni tlak, temperatura vode, trendi, Slovenija

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani  
COBISS.SI-ID=295073024  
ISBN 978-961-6024-76-1 (epub)  
ISBN 978-961-6024-77-8 (pdf)  
URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/change/>

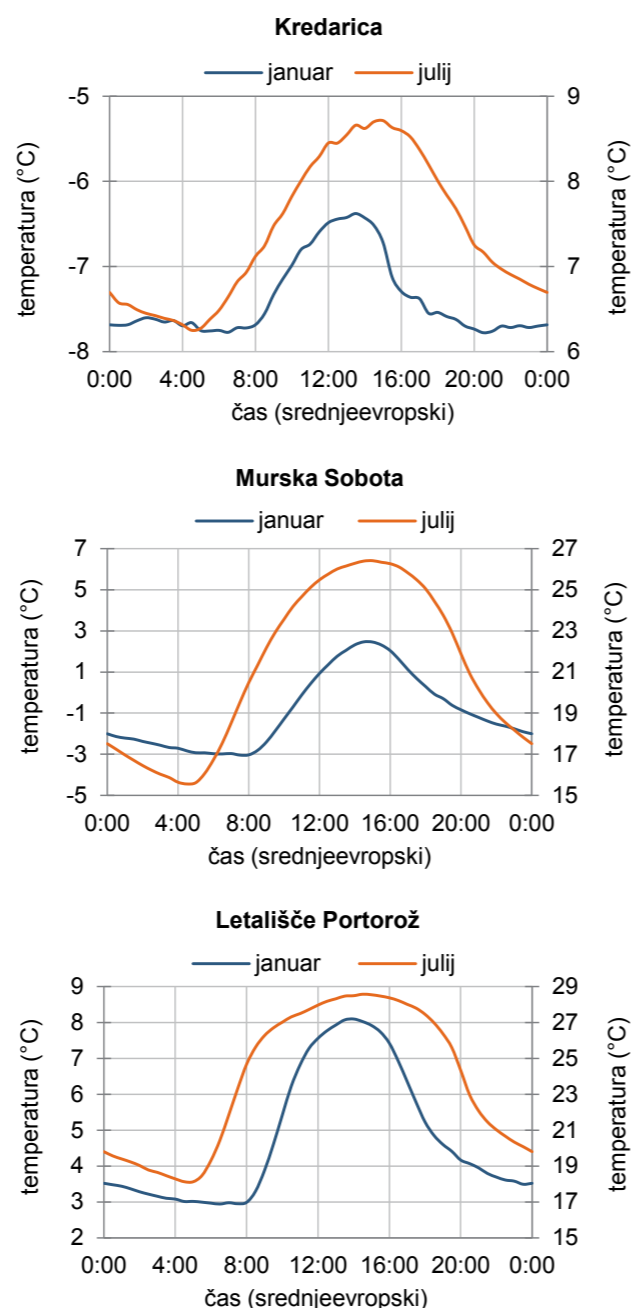
# TEMPERATURA ZRAKA

Temperatura zraka velja za glavni kazalnik podnebnih sprememb – globalnega segrevanja ozračja, morja in kopnega. Letno povprečje temperature zraka je v naših krajih najbolj odvisno od nadmorske višine. Povprečno se temperatura na vsakih 180 metrov dviga zmanjša za eno stopinjo Celzija. Na temperaturo zraka pomembno vplivajo tudi bližina morja, oblikovanost površja in poselitev. Zaradi navedenih dejavnikov sta Goriška in Koprsko primorje najtoplejši območji Slovenije z letno povprečno temperaturo 13 °C, medtem ko je v večjem delu Slovenije letno povprečje temperature med 8 °C in 11 °C, v najvišjih delih visokogorja pa le okoli 0 °C. V povprečju je skoraj povsod po Sloveniji najhladnejši mesec januar in najtoplejši julij. Razlika med obema mesecema je običajno okoli 15 do 20 °C. Najmanjša je v gorah in ob morju, največja v nižinah notranjosti Slovenije.

Poleg letnega hoda je za temperaturo zraka značilen dnevni hod (slika 1). Običajno je jutro za nekaj stopinj Celzija hladnejše od popoldneva. Razlika je večja v jasnem in mirnem vremenu, medtem ko se lahko v oblačnem ali vetrovnem vremenu temperatura skozi dan spremeni le za kakšno stopinjo Celzija. V splošnem je dnevni hod večji poleti in v nižinah.

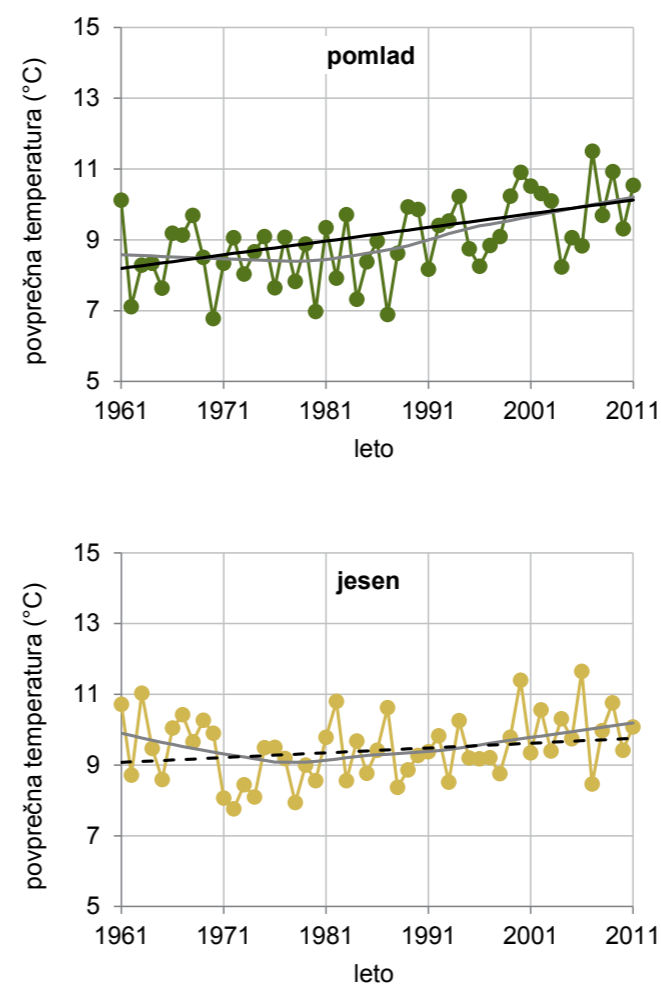
V Sloveniji se povprečna temperatura zraka iz leta v leto spreminja za nekaj desetink stopinje Celzija. Podobno velike so tudi razlike med posameznimi geografskimi območji, precej večja nihanja pa so opazna znotraj leta, predvsem na mesečni ravni. Najbolj spremenljivi so meseci od januarja do marca, s temperaturnim nihanjem med 2 in 2,5 °C glede na podnebni signal. Od aprila do oktobra je nihanje za polovico manjše. Na sezonski ravni so tako s temperaturnega vidika poletja najbolj stabilna, zime najbolj spremenljive (slika 2).

V obdobju 1961–2011 je najbolj značilna podnebna sprememba v Sloveniji dvig povprečne temperature zraka, za okoli 0,36 °C na desetletje. Najbolj očitno je segrevanje spomladi in poleti, v večjem delu Slovenije za okoli 0,4 ali 0,5 °C na desetletje. Nasprotno jesenska sprememba temperature ni statistično značilna. Ogrevanje je bilo večinoma močnejše v vzhodnem kakor v zahodnem delu države. Dvig dnevne najvišje



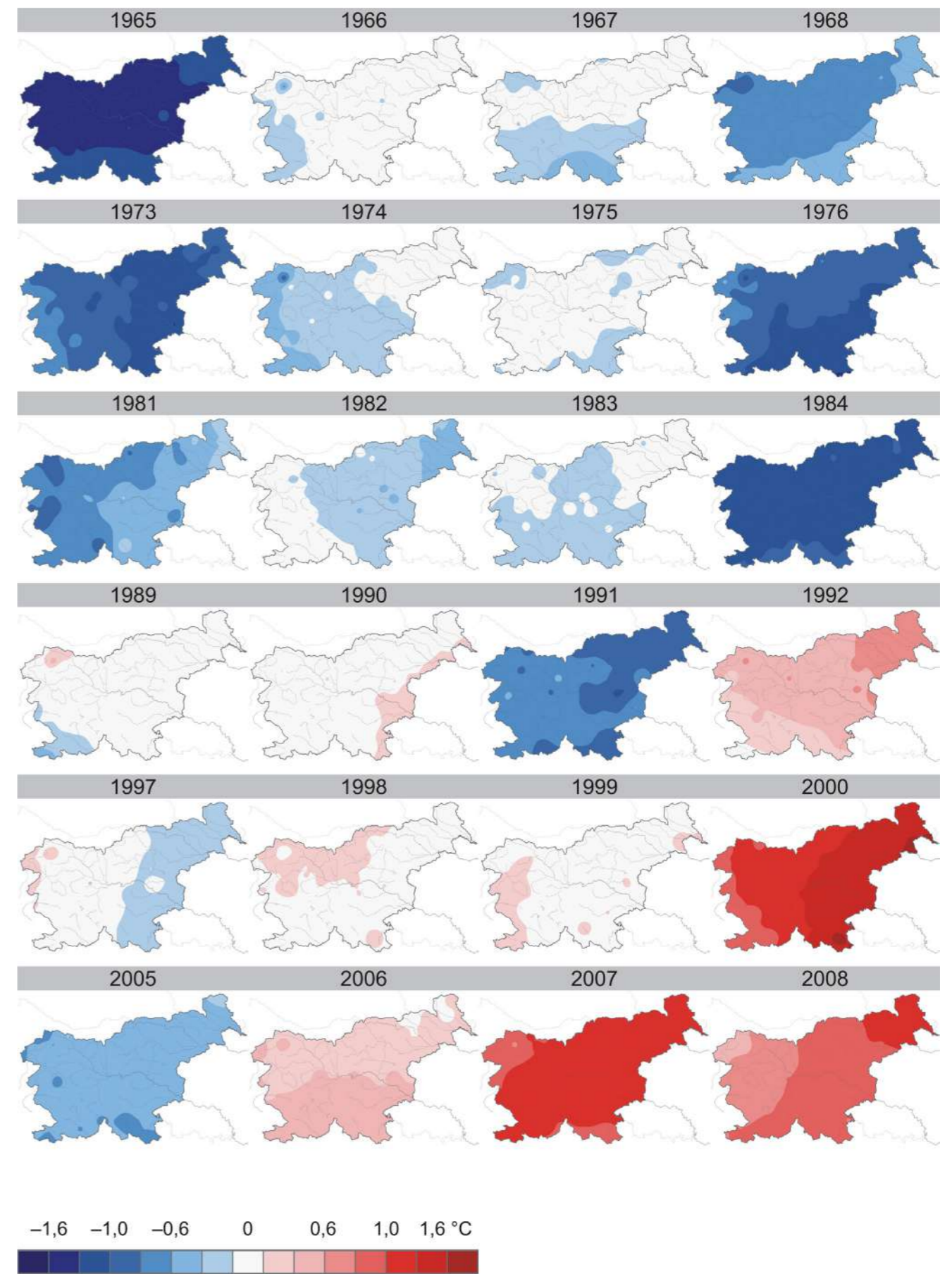
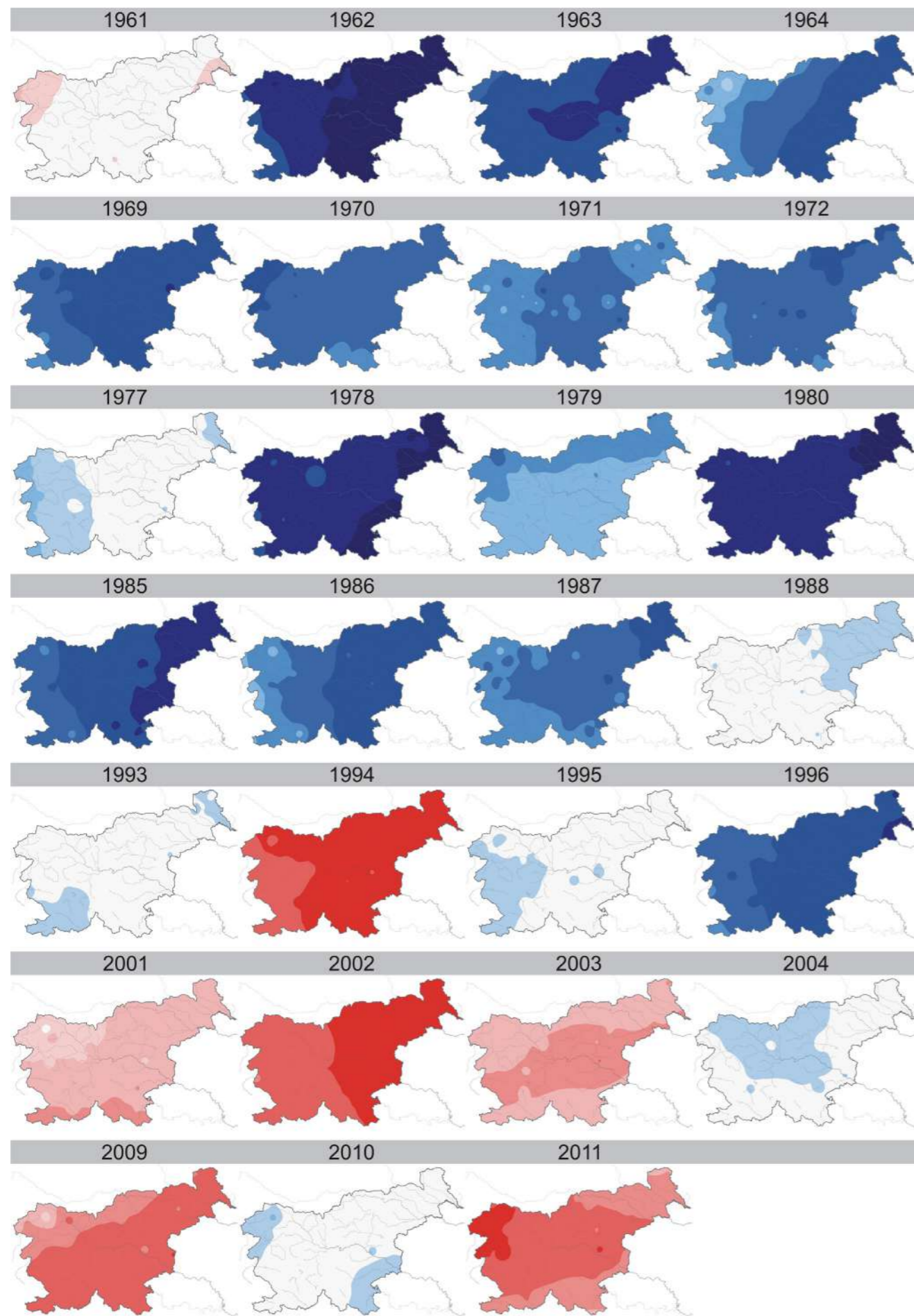
Slika 1: Povprečni dnevni potek temperature zraka na Kredarici, v Murski Soboti in na Letališču Portorož v desetletnem obdobju 2001–2010. Os za januarske vrednosti je na levi in za julijske na desni strani grafikona.

in najnižje temperature po letnih časih je podobno velik kot pri povprečni temperaturi. Zaradi splošnega dviga temperature zraka se je spremenila pogostost števila značilnih dni: povečalo se je število vročih in toplih dni, nekoliko manj izrazito pa je upadlo število hladnih, mrzlih in ledenih dni.



Slika 2: Povprečna temperatura zraka v obdobju 1961–2011 po letnih časih (barvni krogci) za celotno Slovenijo. Krogec prikazuje sezonsko povprečje 49 slovenskih postaj. Siva krivulja prikazuje podnebni signal in črna daljica linearni trend. Statistično neznačilen trend je označen s prekinjeno črto.

Prikaz spremenljivosti podnebja v obliki niza zemljevidov (slika 3) nam poleg časovne spremenljivosti prikazuje tudi prostorsko spremenljivost podnebnih razmer.



Slika 3: Odklon letne povprečne temperature zraka od povprečja v obdobju 1981–2010.

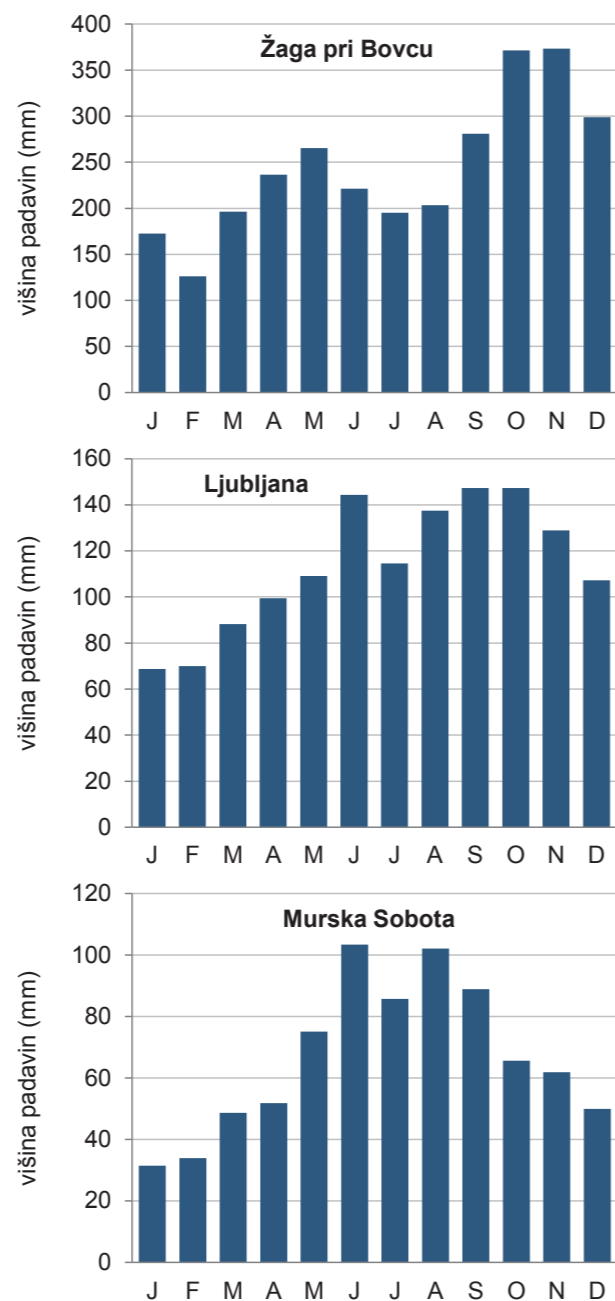
# VIŠINA PADAVIN

Slovenija je zaradi lege v zmernih geografskih širinah in bližine morja sorazmerno dobro namočeno območje. Razlike med posameznimi območji Slovenije pa so zaradi razgibanega reliefa in različne oddaljenosti od morja zelo velike. V splošnem višina padavin narašča od morja proti alpsko-dinarski pregradi in od tod proti vzhodu postopno upada. Izrazita viška sta v Kamniško-Savinjskih Alpah in na Pohorju. Takšna razporeditev padavin je posledica pogostega dotoka vlažne in sorazmerno tople zračne mase od jugozahoda. V povprečno namočenem letu v Sloveniji pade od 700 mm padavin v delu Prekmurja do več kot 3000 mm padavin v Julijskih Alpah in še ponekod na alpsko-dinarski pregradi.

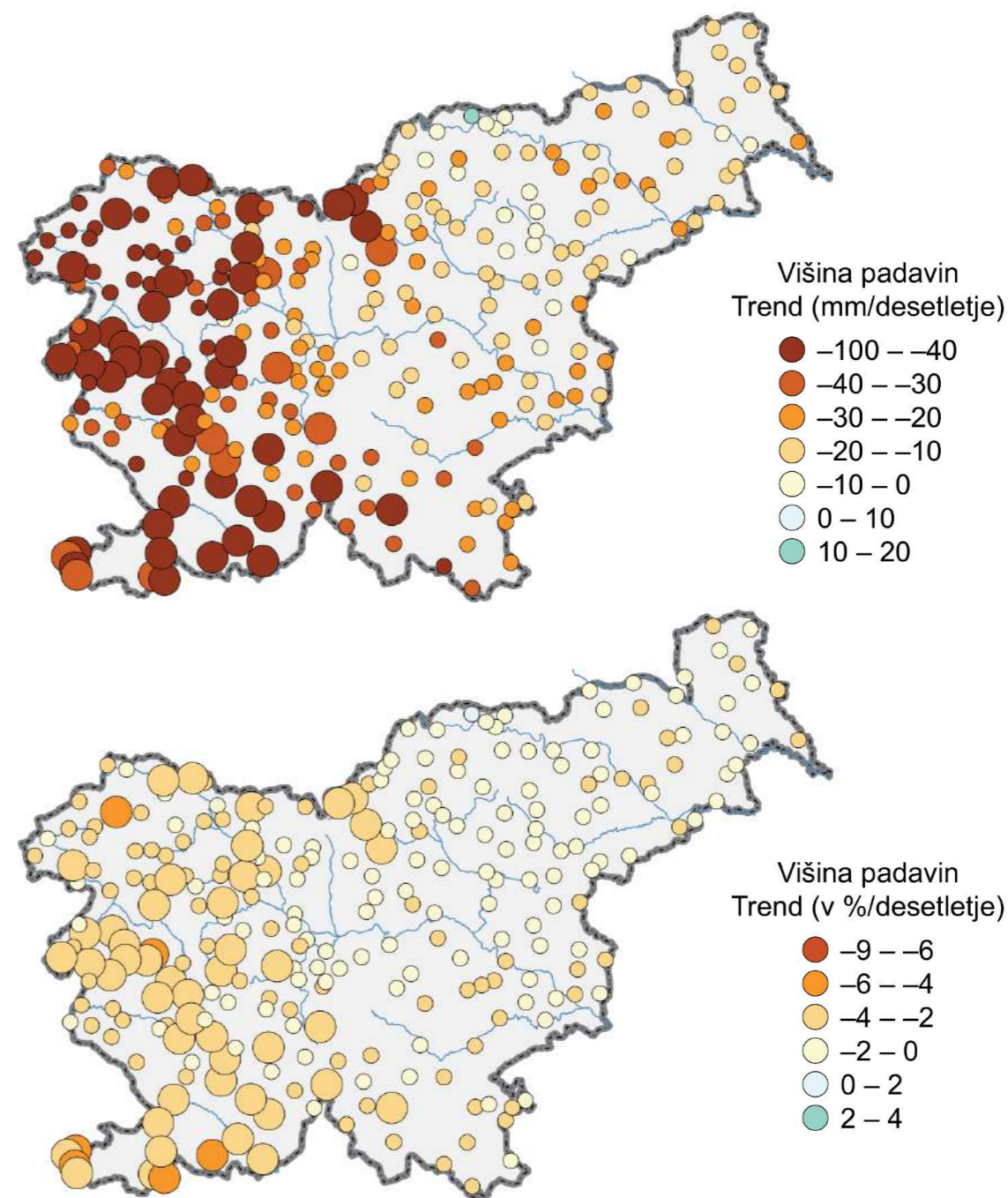
V Sloveniji razlikujemo več padavinskih režimov. Viški se tako v različnih delih države pojavljajo ob različnih letnih časih. Za namočene dele zahodne Slovenije je značilen jesenski višek, proti vzhodu pa vse bolj narašča poletni višek padavin, jesenski višek pa se spremeni v postopno upadanje padavin proti zimi (slika 4). Zima je povsod najmanj namočen letni čas. Poletne padavine so pogosto v obliki nalivov, v hladnem delu leta pa prevladujejo orografske in ciklonalne padavine.

Prostorsko in časovno je višina padavin zelo spremenljiva. V obdobju 1981–2011 je glede na dolgoletno povprečje najbolj spremenljiva zima, kjer kazalnik padavin niha med 29 in 214 %, spomladi in jeseni je spremenljivost manjša, najmanjša pa je poleti, ko odstopanje od povprečja ne preseže 42 %. Pri časovnem poteku letne višine padavin so opazne regionalne razlike; med posameznimi kraji so najbolj sušna in najbolj namočena leta lahko povsem različna (slika 6).

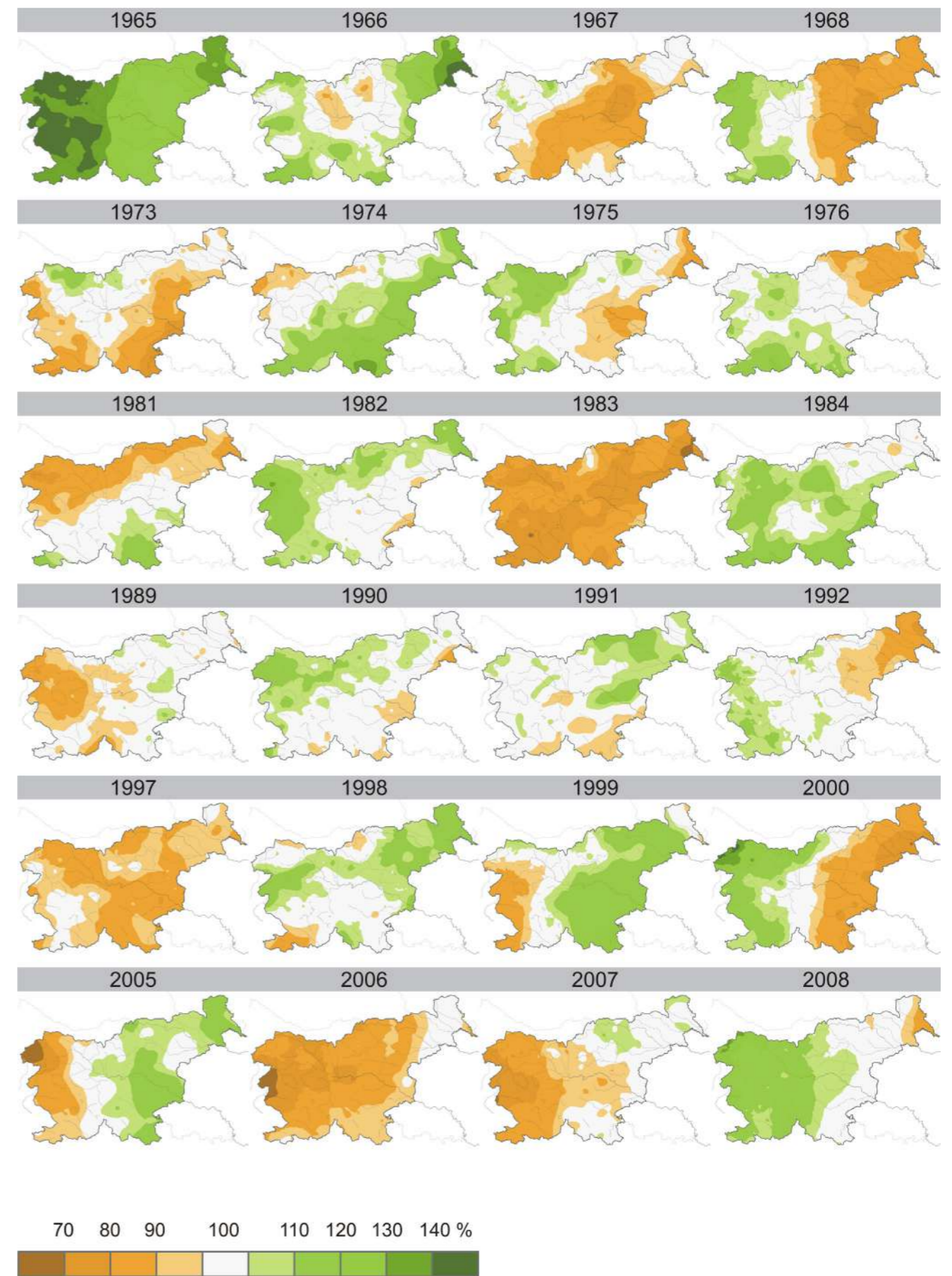
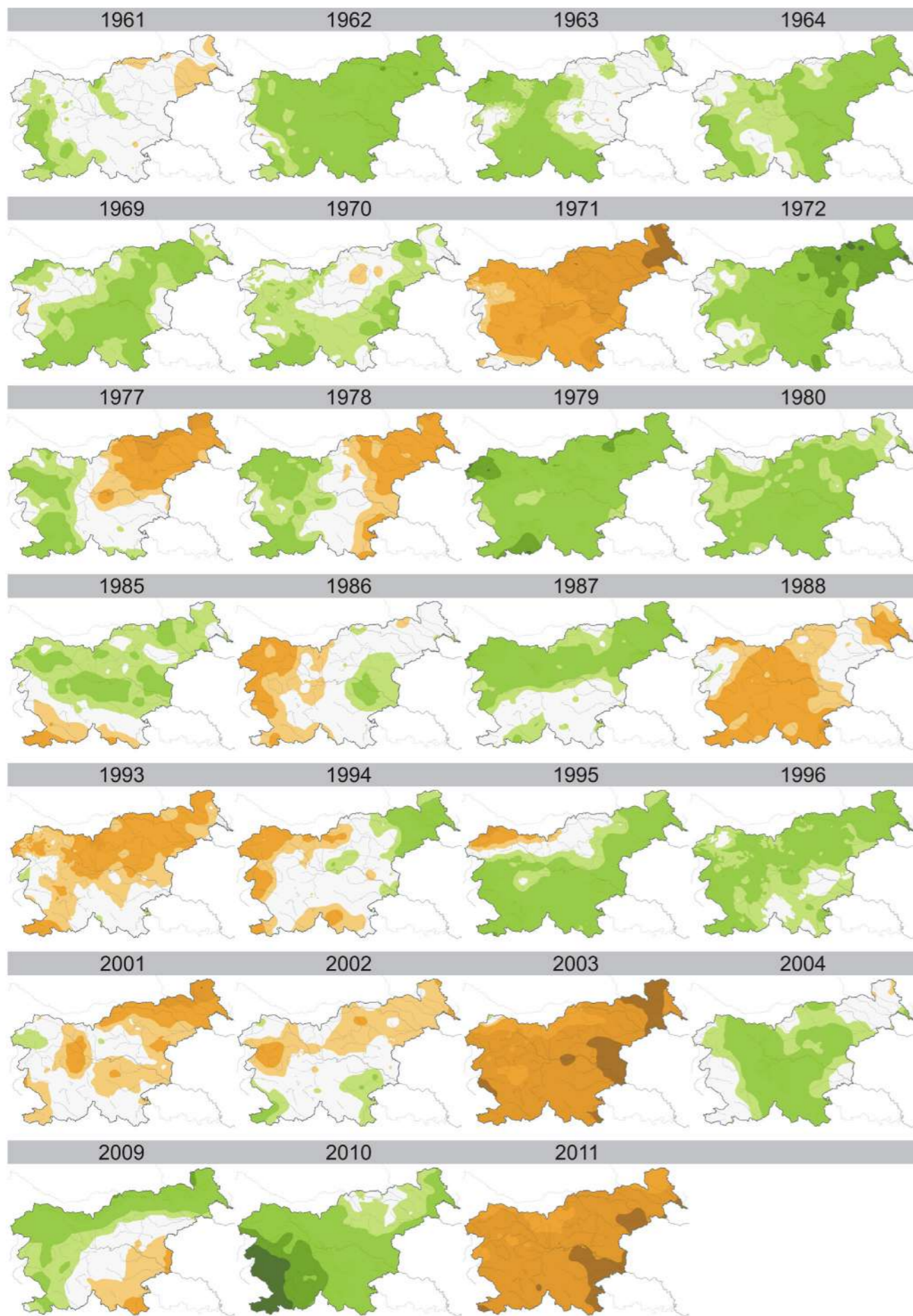
Trend letne višine padavin je v 51-letnem obdobju skoraj povsod po Sloveniji negativen in znaša do nekaj odstotkov na desetletje, a je le na zahodu statistično značilen (slika 5). K negativnemu trendu najbolj prineseta zmanjševanja padavin spomladi in poleti (na državni ravni okoli -3 % na desetletje), medtem ko je jeseni in pozimi trend v večjem delu Slovenije neznaten ali močno negotov. Manj značilne od trenda skupne višine padavin so spremembe v številu dni z obilnimi padavinami in največjo dnevno ali dvodnevno višino padavin, kjer prevladujejo spremembe, ki kažejo na zmanjšanje takšnih dni.



Slika 4: Mesečna povprečna višina padavin v obdobju 1981–2010 v zahodnem (Žaga pri Bovcu), osrednjem (Ljubljana) in vzhodnem (Murska Sobota) delu Slovenije.



Slika 5: Linearni trend višine padavin (zgoraj) in kazalnika višine padavin (spodaj) za celo leto v obdobju 1961–2011. Večji krogi prikazujejo statistično značilen trend.



Slika 6: Odklon letne višine padavin od povprečja v obdobju 1981–2010.

## VIŠINA NOVEGA SNEGA IN VIŠINA SNEŽNE ODEJE

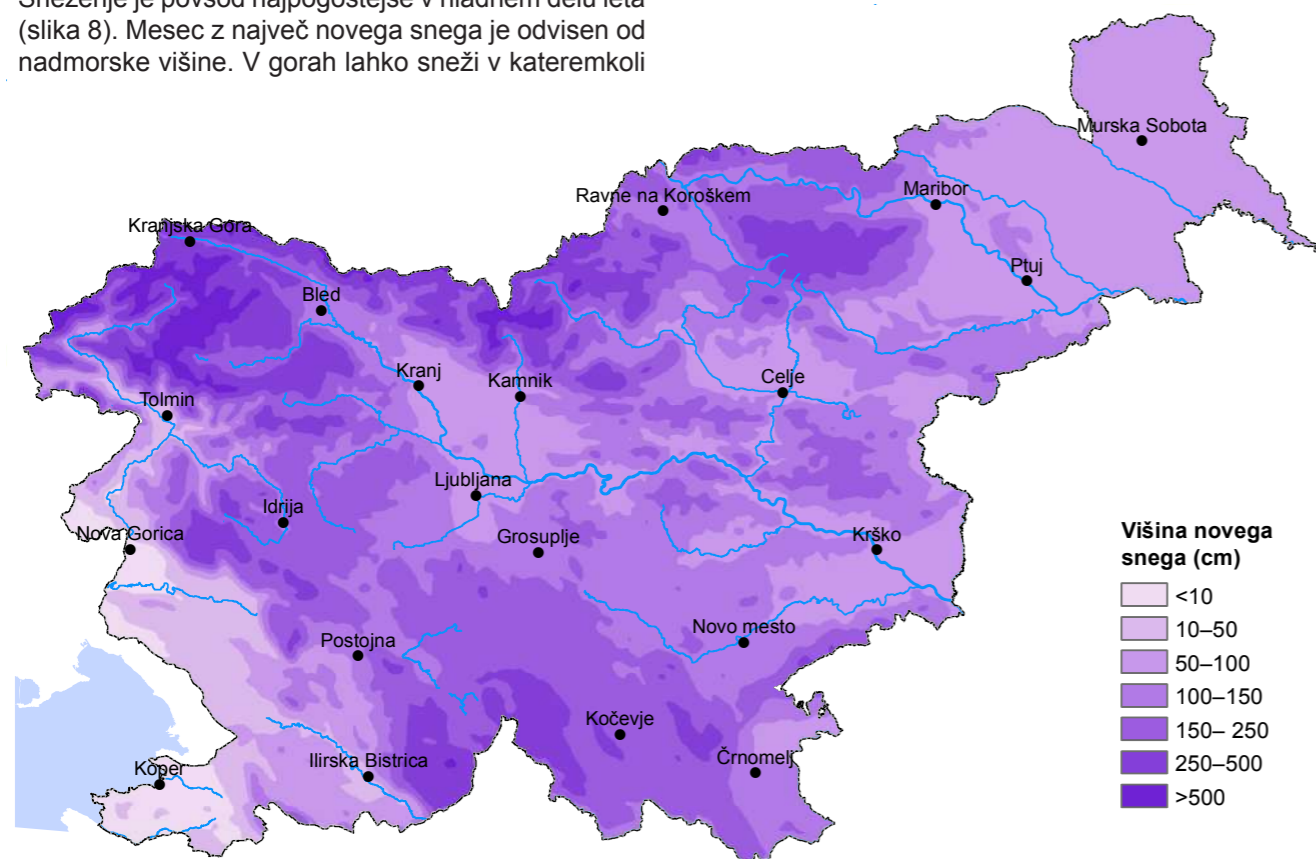
Višina novega snega in višina snežne odeje sta močno spremenljivi v prostoru in času, saj sta odvisni od temperature zraka in količine padavin. Na splošno velja, da količina snega narašča z naraščajočo nadmorsko višino zaradi vse nižje temperature zraka. Zaradi vpliva morja in alpsko-dinarske pregrade je običajno snega na enaki nadmorski višini več v notranjosti Slovenije kakor na Primorskem.

Največ snega ima v povprečju visokogorje Julijskih Alp (slika 7); na Kredarici v dolgoletnem povprečju na leto zapade slabih 11 m snega. V Ljubljanski, Novomeški in Celjski kotlini letno povprečje znaša približno en meter, v nižjih predelih Goriške in na Obali pa je sneg redek pojav, saj marsikatera zima mine brez sneženja in snežne odeje.

Sneženje je povsod najpogostejše v hladnem delu leta (slika 8). Mesec z največ novega snega je odvisen od nadmorske višine. V gorah lahko sneži v kateremkoli

delu leta, največ snežnih padavin pa beležimo marca in aprila. V alpskih dolinah je snega nekoliko manj, še manj pa po nižinah v notranjosti države. Po nižinah se lahko sneženje pojavlja od oktobra do maja, najpogostejše pa je od decembra do februarja. Nad 1000 m je sneg običajen, skoraj vsakoletni pojav od novembra do aprila.

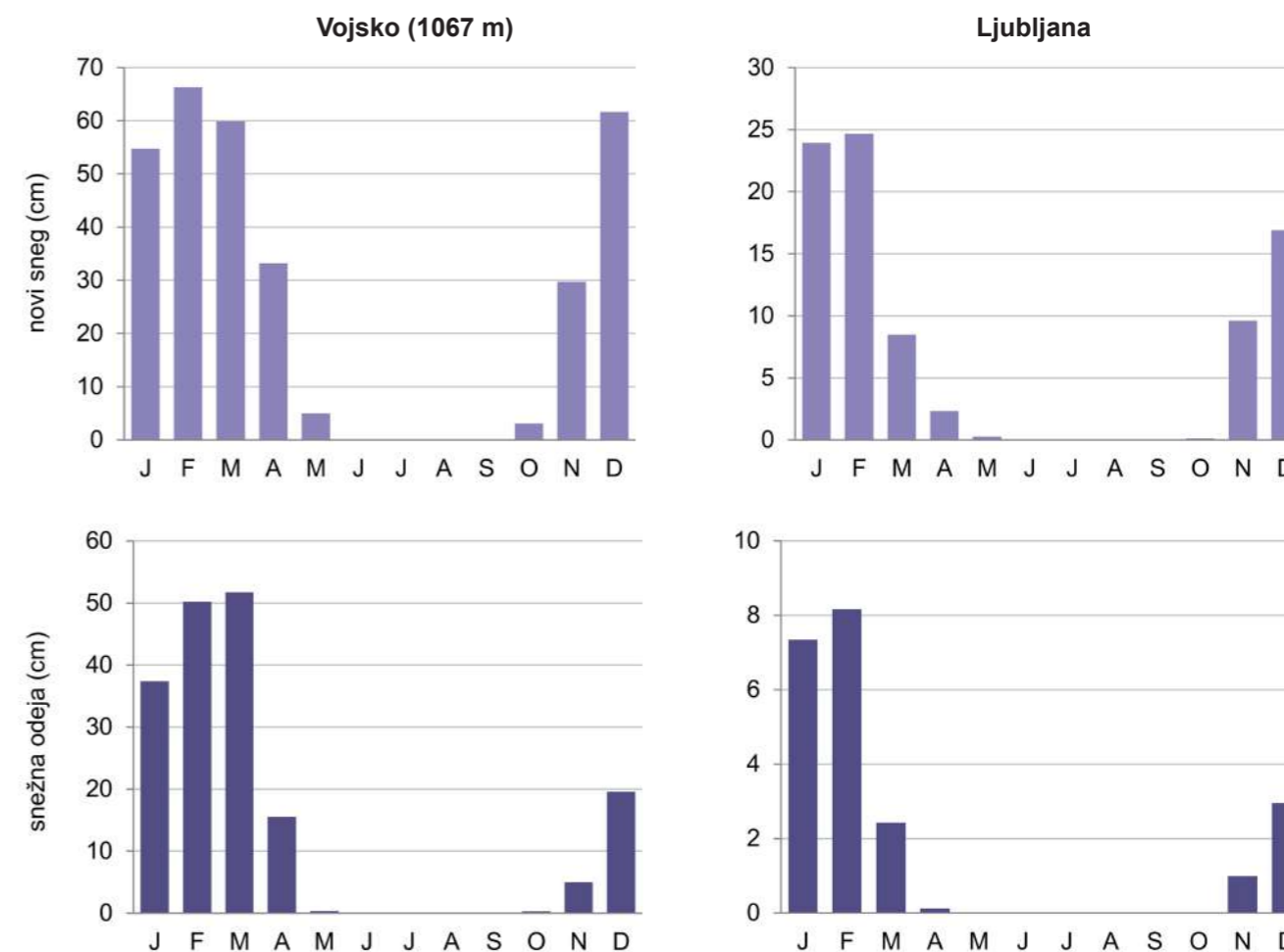
Letni potek povprečne višine snežne odeje je skladen z višino novega snega. Obe snežni spremenljivki sta bolj spremenljivi kjer je sneg redek pojav, zlasti v nižinskih krajih in na Primorskem. V višjih legah je opazen časovni zamik med višino novega snega in višino snežne odeje, saj se sneg kopiči nekaj mesecev. V visokogorju je višek snežne odeje praviloma aprila, v alpskih dolinah pa februarja.



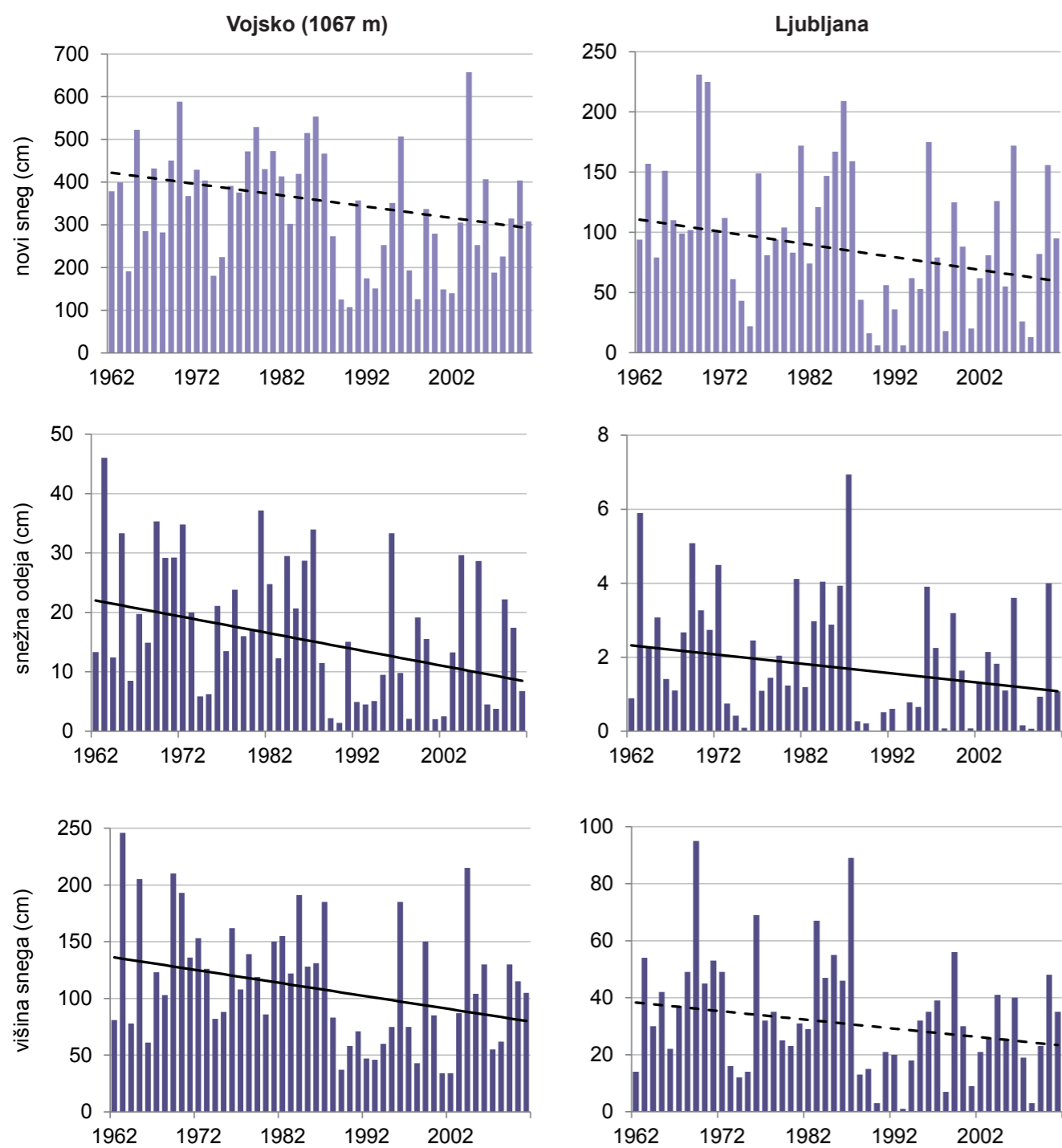
Slika 7: Letna povprečna višina novega snega v obdobju 1981–2010.

Pri višini snežne odeje in količini novega snega v obdobju 1961–2011 je v precejšnjem delu Slovenije opazen trend upadanja (sliki 9 in 10). Najbolj opazne so spremembe v nižežečih delih alpskega sveta, kjer srednja ocena trenda višine snežne odeje dosega tudi –20 % na desetletje, kar pomeni, da se je od začetka do konca obdobja višina snega več kot prepolovila. Pri tem je potrebno poudariti, da je velikost trenda precej negotova, saj je medletno nihanje pri snegu zelo izrazito (slika 9). Na državnih ravni je srednja ocena za velikost trenda zimske povprečne višine snežne odeje okoli –16 % na desetletje.

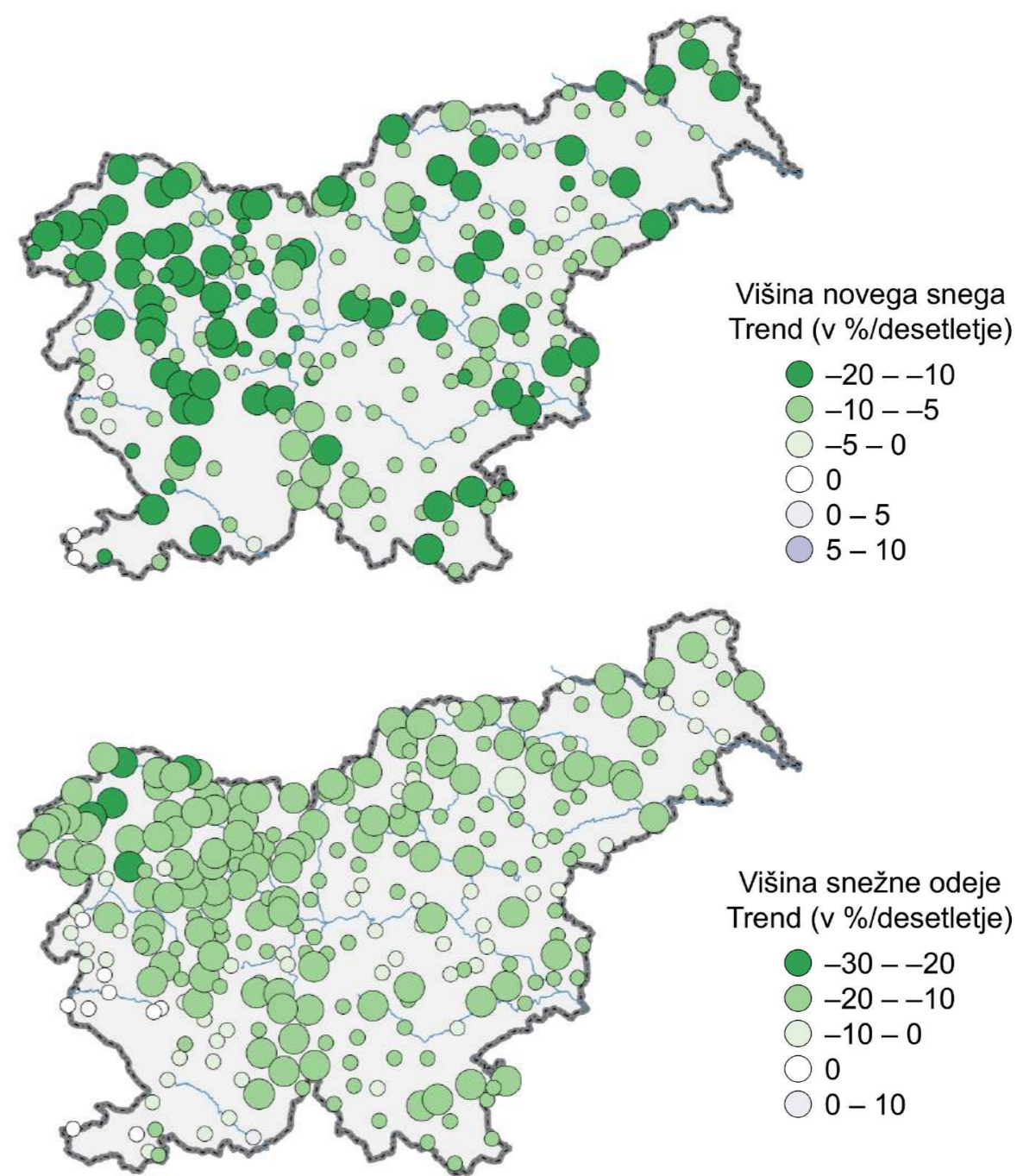
Podobno kot povprečna višina snežne odeje tudi največja višina snežne odeje kaže veliko časovno in prostorsko spremenljivost. Pri največji višini snežne odeje v snežni sezoni je trend povečini negativen, a je le redkokje – ponekod v severnem delu Slovenije – statistično značilen.



Slika 8: Mesečna povprečna višina novega snega (zgoraj) in višina snežne odeje (spodaj) v obdobju 1981–2010 na postaji v goratem delu zahodne Slovenije (Vojsko) in nižinskem svetu (Ljubljana).



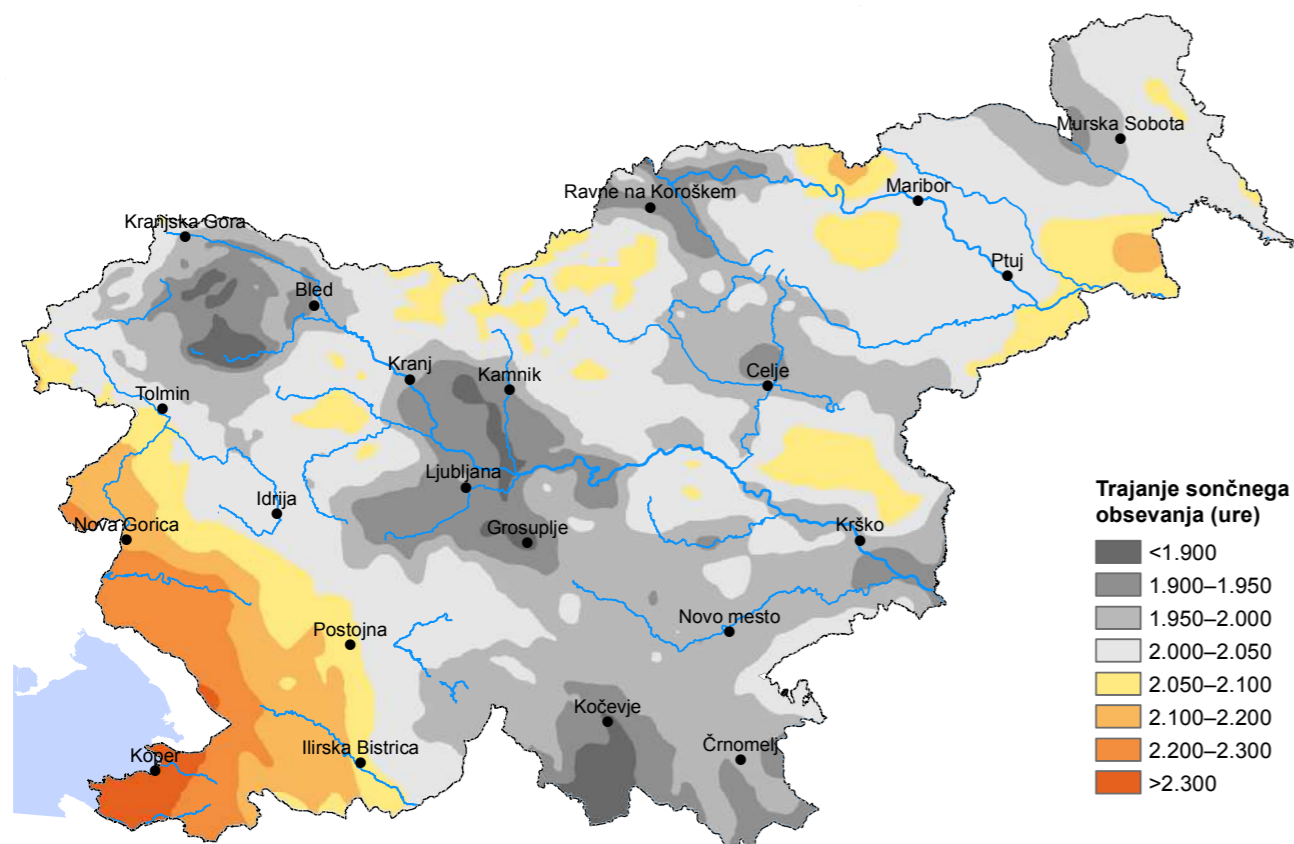
Slika 9: Časovni potek skupne višine novega snega (zgoraj), povprečne višine snežne odeje (sredina) in največje višine snežne odeje (spodaj) po snežnih sezonah v obdobju 1961/1962–2010/2011 za postajo v gorskem (Vojsko) in nižinskem (Ljubljana) svetu. S črno črto je prikazan linearni trend (neznačilen trend je označen s prekinjeno črto), ki je v vseh primerih bodisi statistično značilen bodisi na meji statistične značilnosti.



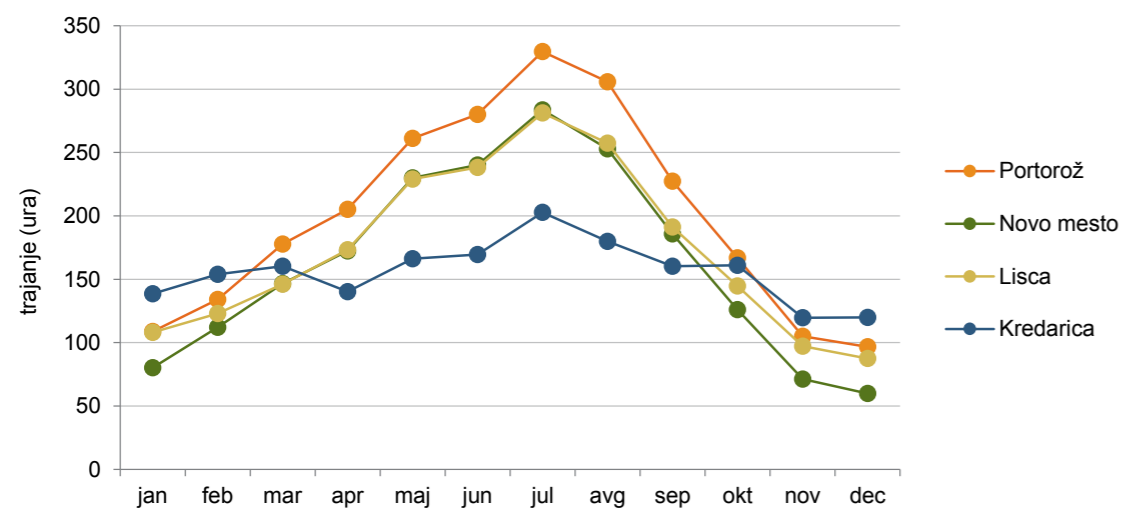
Slika 10: Linearni trend kazalnika skupne višine novega snega (zgoraj) in kazalnika višine snežne odeje (spodaj) v obdobju 1961–2010. Večji krogci prikazujejo statistično značilen trend.



# TRAJANJE SONČNEGA OBSEVANJA



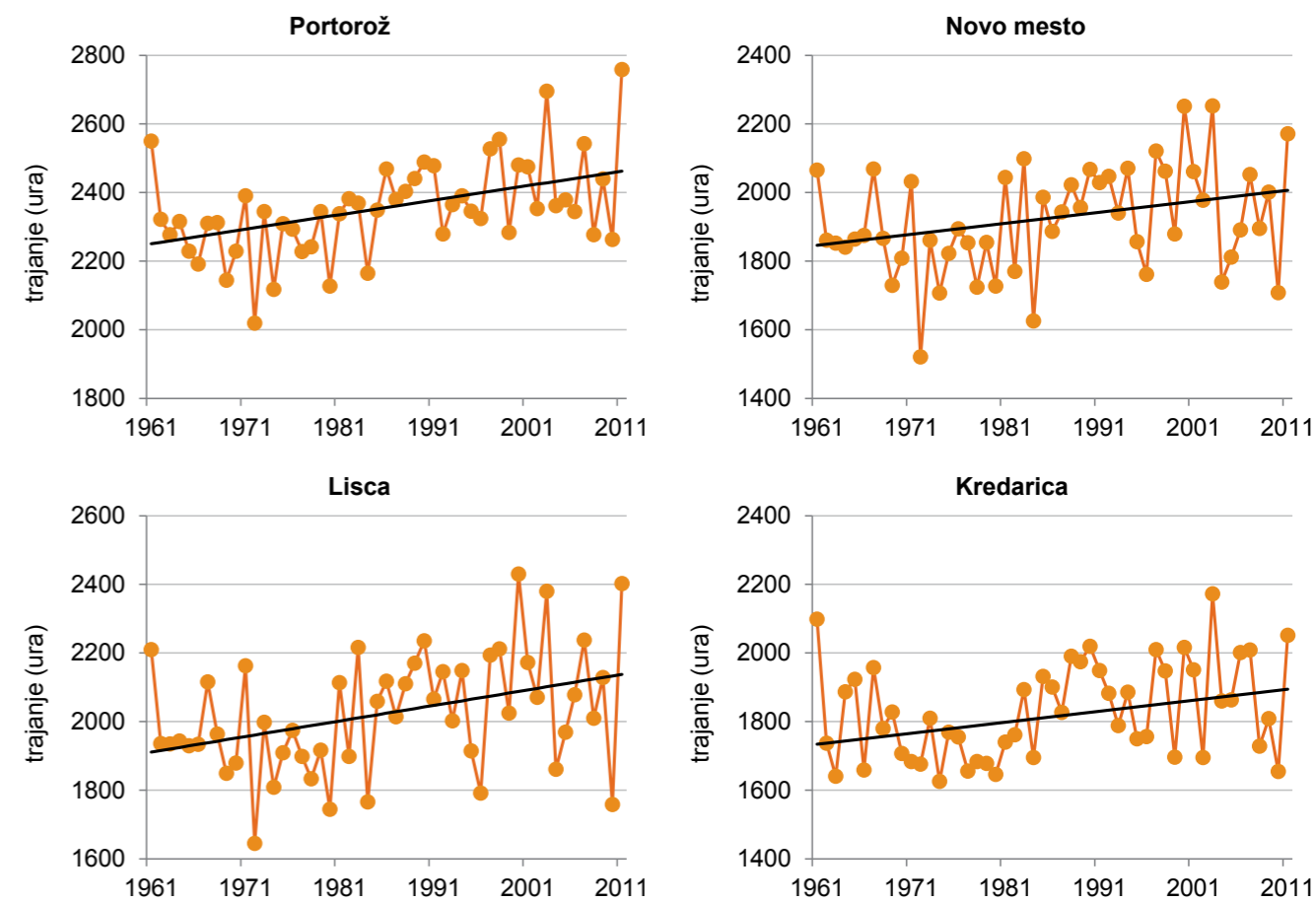
Slika 11: Letno povprečno trajanje sončnega obsevanja v obdobju 1981–2010.



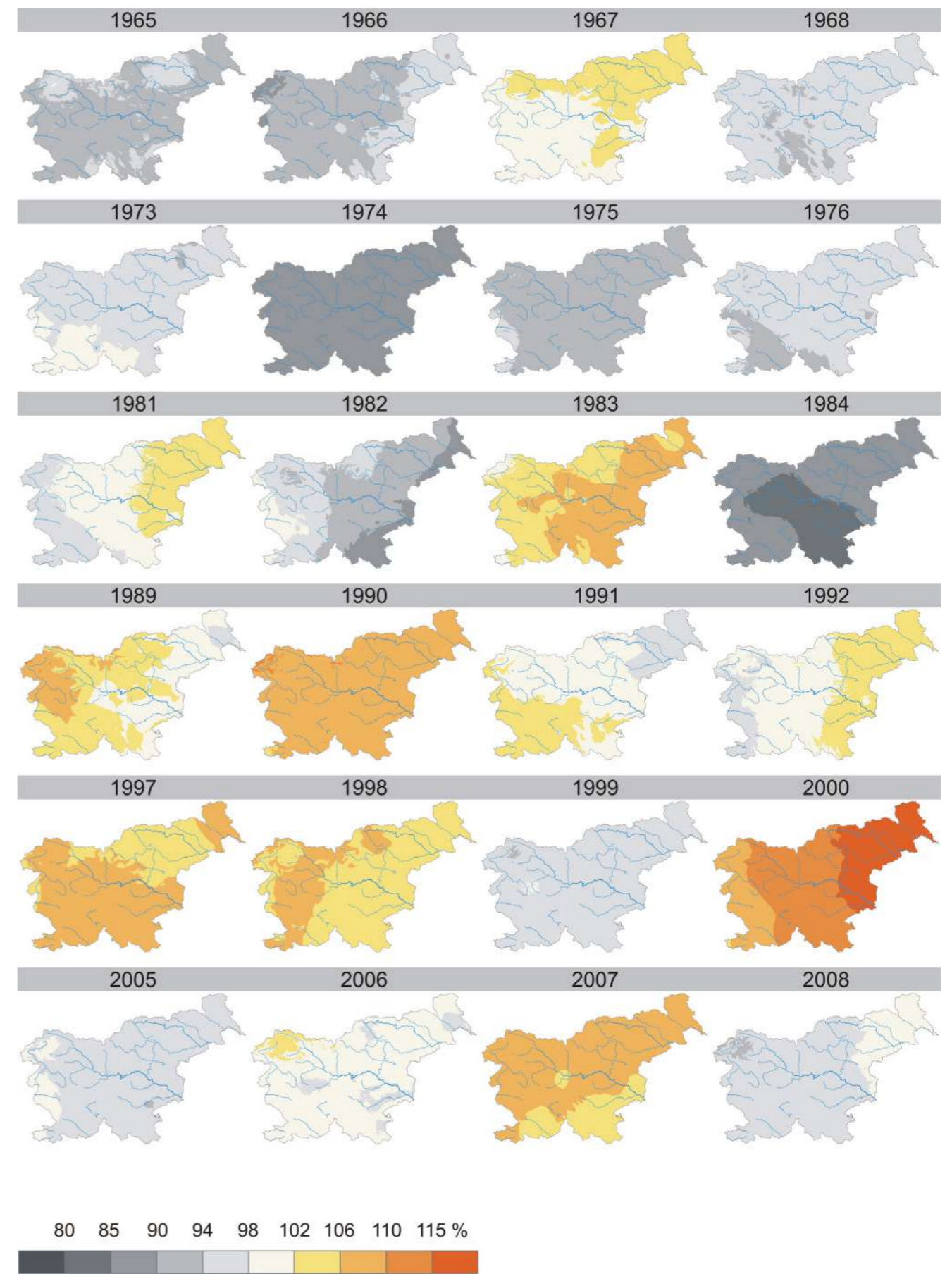
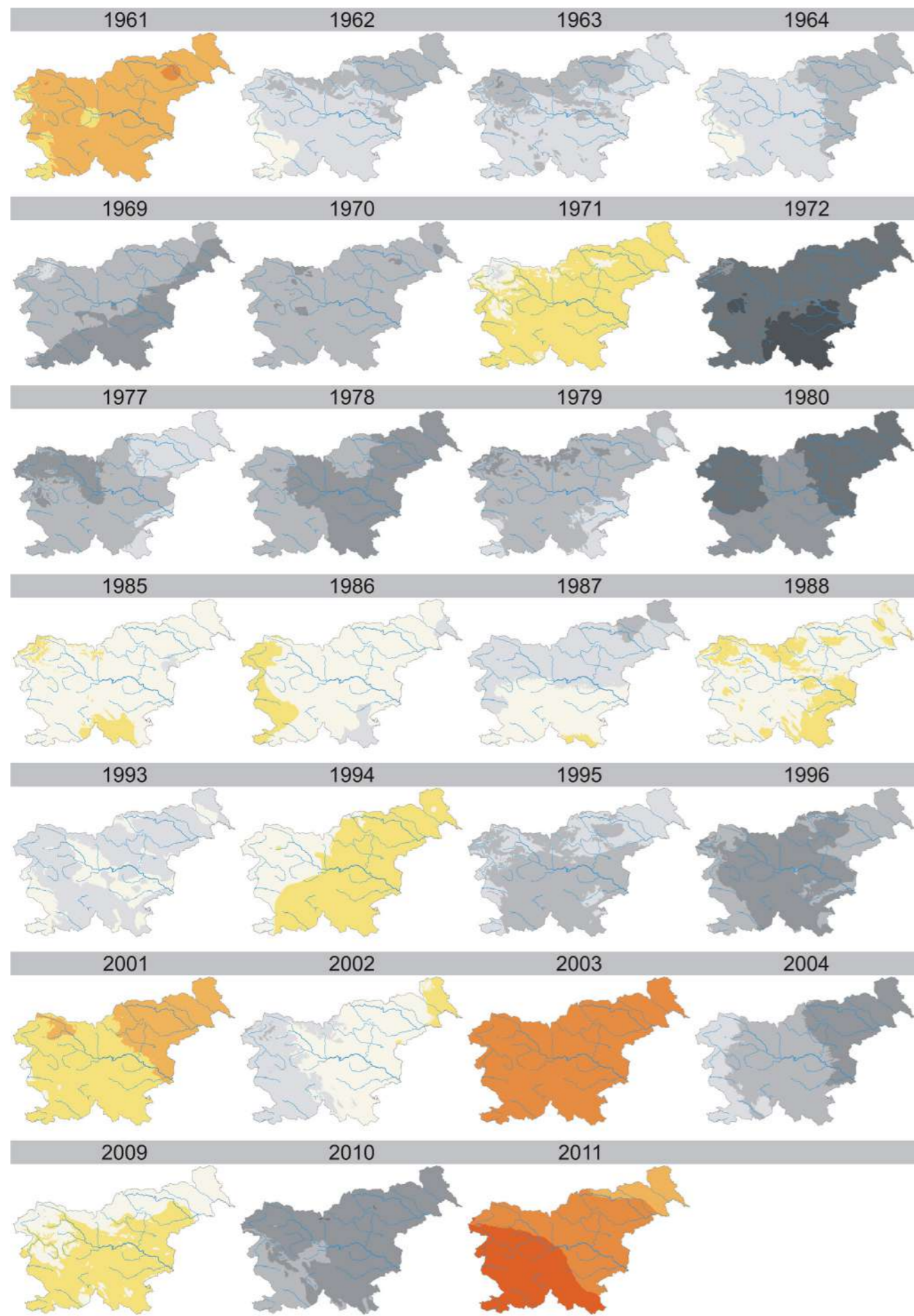
Slika 12: Povprečno trajanje sončnega obsevanja po mesecih na štirih postajah v obdobju 1981–2010.

Trajanje sončnega obsevanja je odvisno od vremenskih razmer in ovir v okolici merilnega mesta. V Sloveniji je trajanje sončnega obsevanja zaradi reliefa in njegovega vpliva na vreme največje na Goriškem in v južnem delu Primorske (slika 11). Sorazmerno sončni so vsi letni časi, deloma zaradi burje, ki suši ozračje in s tem tudi morebitno oblačnost. V večjem delu Slovenije ima trajanje sončnega obsevanja izrazit letni potek, bolj enakomeren je v visokogorju (slika 12). Zime so v višjih legah praviloma bolj osončene kakor v nižjih, kar je posledica pogoste megle po nižinah ali nizke oblačnosti. Poletja so najbolj sončna na Primorskem, nekoliko manj v notranjosti. Zaradi močnega sončnega obsevanja so poleti gore pogosto ovite v kopasto oblačnost, zato je v gorah poleti sonca komajda kaj več kakor februarja ali oktobra.

Trajanje sončnega obsevanja se je v obravnavanem obdobju 1961–2011 na državni ravni spomlad in poleti povečevalo, s trendom okoli 2–3 % (slika 13). Tudi pozimi je trend pozitiven, vendar po večini Slovenije ni statistično značilen. Jeseni ni bilo opaznih sprememb. Na letni ravni znaša trend okoli 2 % na desetletje, kar pomeni rast števila sončnih ur za okoli 40 na desetletje. Prostorska spremenljivost linearnega trenda trajanja sončnega obsevanja je bistveno manj pestra od spremenljivosti med letnimi časi.



Slika 13: Časovni potek letnega trajanja sončnega obsevanja v obdobju 1961–2011. v različnih predelih Slovenije. S črno črto je prikazan linearni trend, ki je povsod statistično značilen.



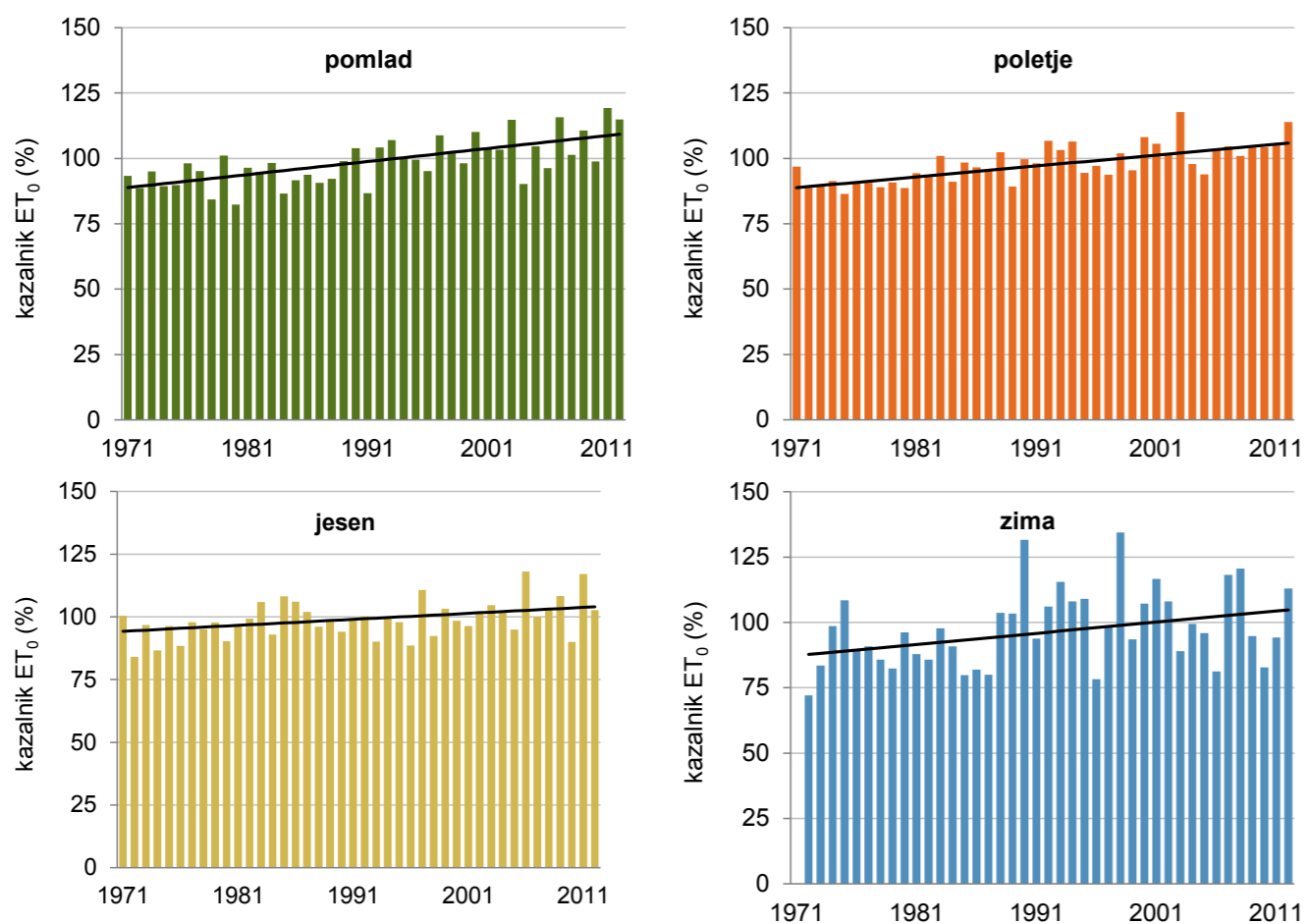
Slika 14: Letni kazalnik trajanja sončnega obsevanja glede na povprečje v obdobju 1981–2010.

## REFERENČNA EVAPOTRANSPIRACIJA

Povprečno je v Sloveniji referenčna evapotranspiracija največja v toplih, prevetrenih in sončnih krajih, kjer doseže okoli 1000 mm na leto. V večjem delu notranjosti je referenčna evapotranspiracija med 600 in 800 mm, v goratem svetu pa so vrednosti še nižje.

Zaradi velike odvisnosti izhlapevanja od temperature zraka in sončnega obsevanja ima referenčna evapotranspiracija izrazit letni hod – decembra in januarja znaša od nekaj milimetrov do okoli 30 mm, julija pa je v večjem delu Slovenije med 100 in 170 mm.

V vseh letnih časih beležimo naraščajoč trend v obdobju 1971–2011 (slika 15). Referenčna evapotranspiracija je najbolj narasla spomladi (5.0 % na desetletje), najmanj jeseni (2.4 % na desetletje). Poleti in pozimi je linearni trend 4.2 % na desetletje, vendar je spremenljivost med leti pozimi precej večja kakor poleti.



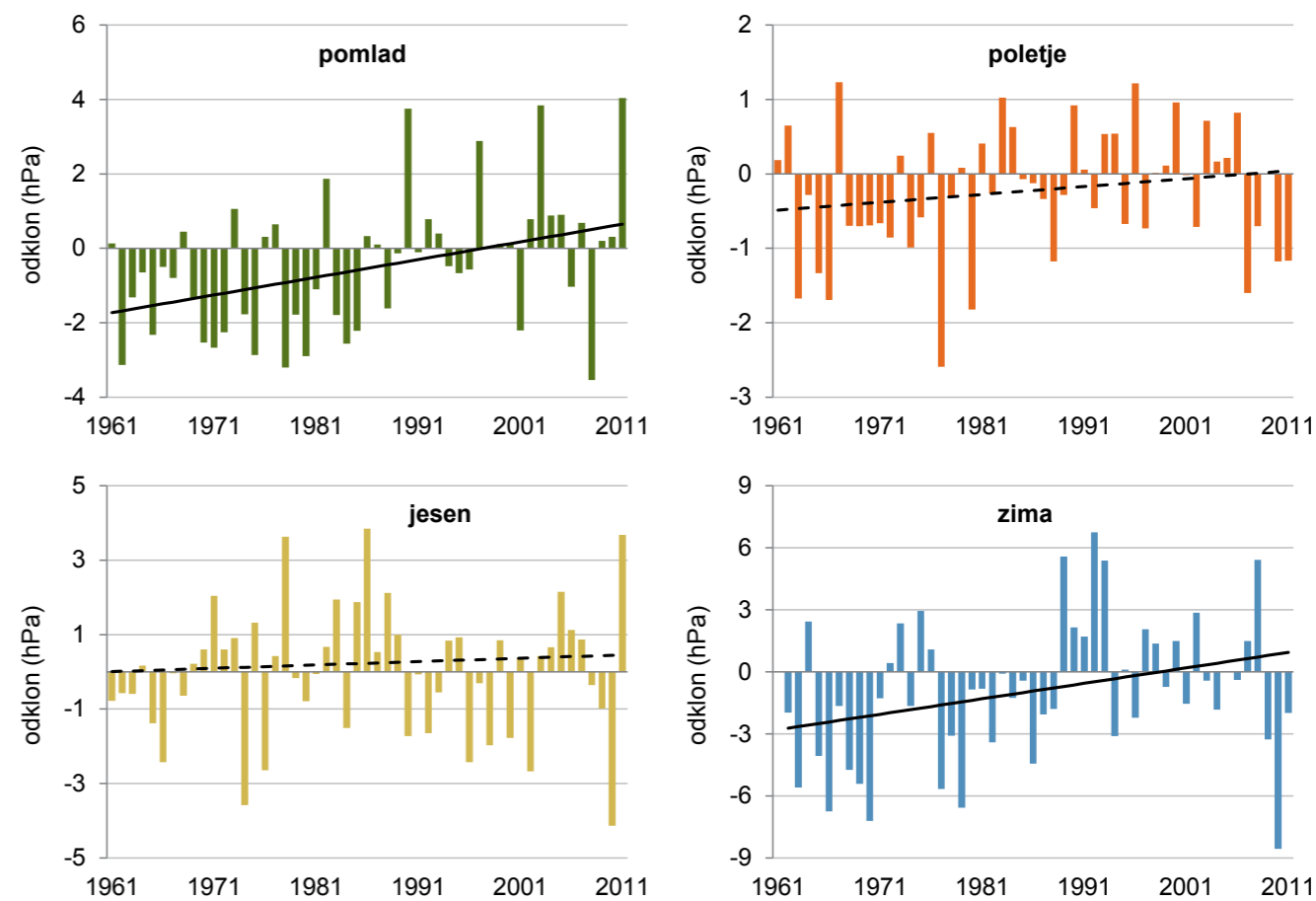
Slika 15: Kazalnik referenčne evapotranspiracije na državni ravni v obdobju 1971–2012, za zimo v obdobju 1971/72–2010/11. Kazalnik je izračunan kot aritmetična sredina kazalnika na zajetih meteoroloških postajah. S črno črto je prikazan linearni trend, ki je v vseh letnih časih statistično značilen.

## ZRAČNI TLAK

Zračni tlak je pomembna meteorološka spremenljivka za opis vremenskega dogajanja na večjem območju, saj opisuje moč in velikost ciklonov in anticiklonov. V Sloveniji je daleč najbolj odvisen od nadmorske višine. Ob morju znaša povprečni tlak 1016 hPa, na Kredarici (2515 m) pa le še 749 hPa. Medletni cikel temperature zraka pri tleh je glavni dejavnik nihanja zračnega tlaka skozi leto. Po nižinah je ta najnižji aprila in najvišji januarja, vendar razlike niso izrazite. Z naraščanjem nadmorske višine se januarski vrh znižuje, medtem ko velikost medletnega hoda narašča. V visokogorju najvišji tlak v povprečju beležimo julija in avgusta. Medletni hod tu zelo spominja na temperaturni potek, njegova velikost pa je tudi največja, saj lahko preseže 10 hPa.

Časovni potek povprečnega tlaka v obdobju 1961–2011 v Sloveniji je precej različen glede velikosti medletnega nihanja in dolgoletnega trenda. Najbolj spremenljiv je pozimi, ko standardni odklon znaša okoli 4 ali 5 hPa, poleti pa je ta najbolj stabilen z odklonom okoli 2 hPa (slika 16).

V obravnavanem obdobju kaže zračni tlak spomladi in pozimi večinoma statistično značilen trend, okoli 0,5 oziroma 0,75 hPa na desetletje. Poletni in jesenski trend sta sicer rahlo pozitivna, a statistično neznačilna (izjema je le Kredarica poleti). Na letni ravni zračni tlak povsod narašča.



Slika 16: Odklon zračnega tlaka na državni ravni od povprečja v obdobju 1981–2010 po letnih časih. S črno črto je prikazan linearni trend (neznačilen trend je označen s prekinjeno črto), ki je spomladi in pozimi statistično značilen, poleti in jeseni pa statistično neznačilen.

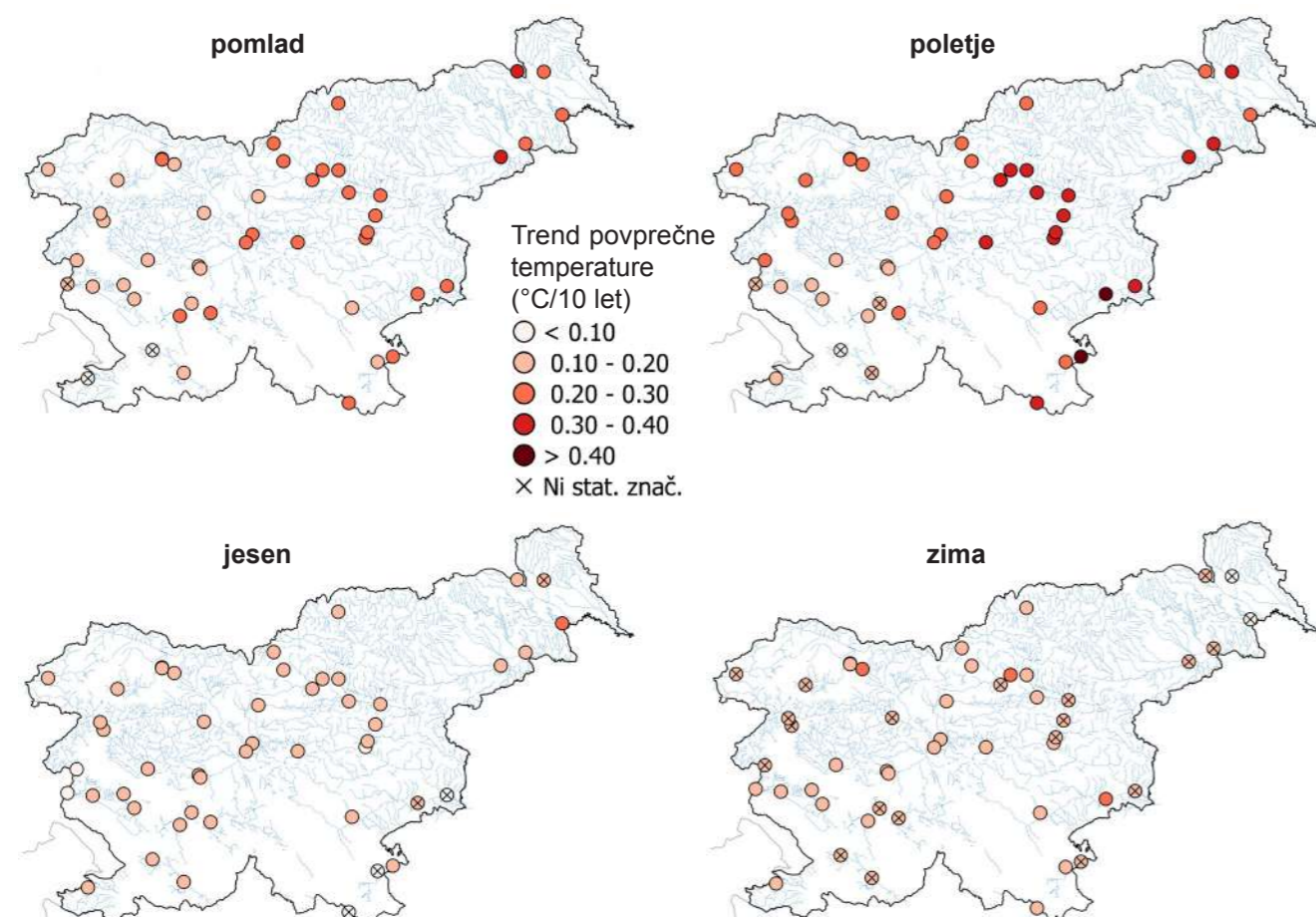
# TEMPERATURA VODE

Temperatura vode je spremenljivka od katere je odvisno stanje vodnih ekosistemov saj vpliva na razpoložljivost hranilnih snovi in na dolžino rastle dobe, določa pa tudi obdobja pokritosti z ledom. Podnebne razmere in spremembe podnebnih spremenljivk se odražajo tudi v temperaturi vode, zato je bilo v 20. in začetku 21. stoletja pričakovati spremembe tudi tam.

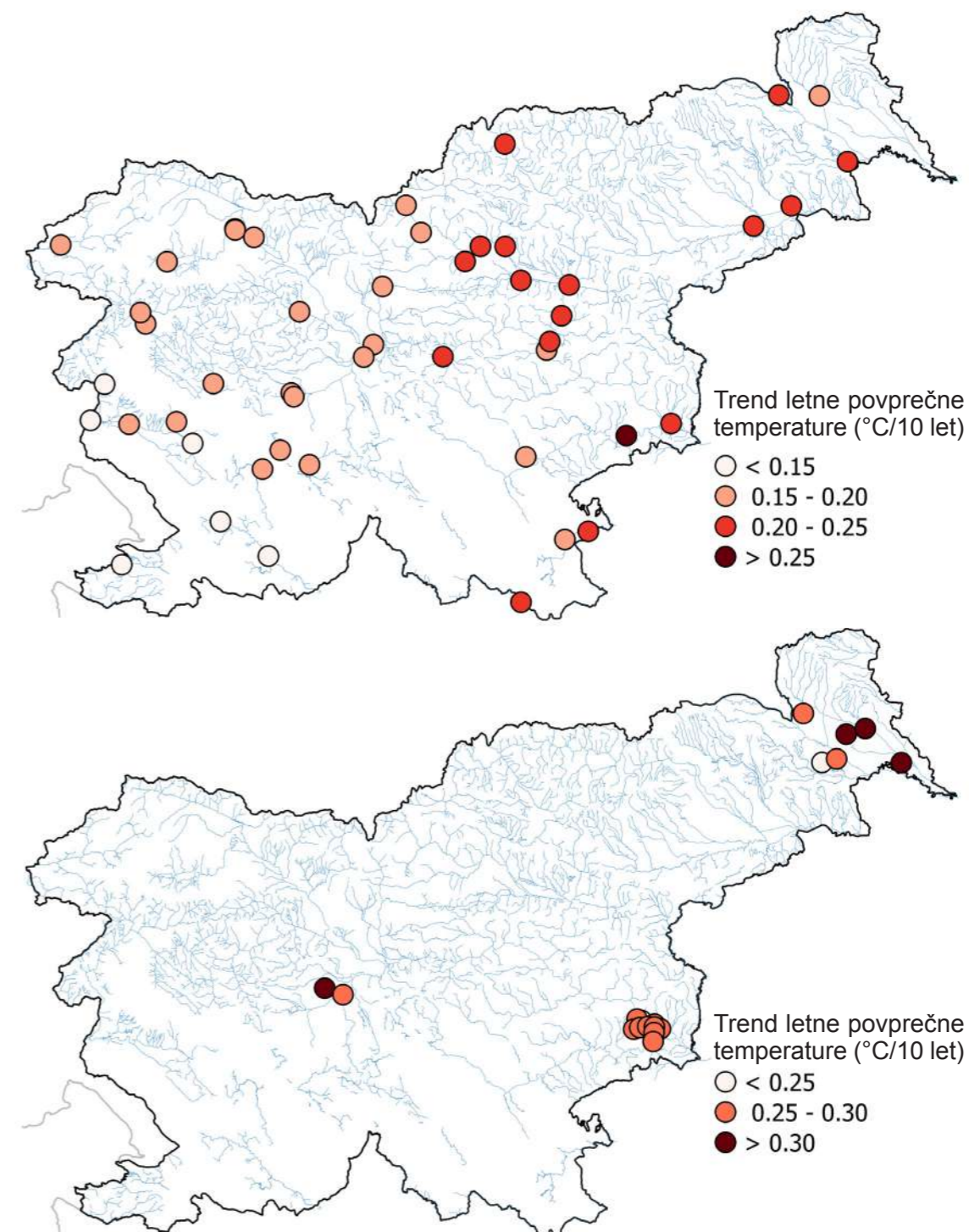
Za trend letne povprečne temperature na površinskih vodah in morju v obdobju 1953–2015 je značilno, da jakost narašča od zahoda proti vzhodu Slovenije (slika 18 zgoraj). Na morju je trend rasti letne povprečne temperature najnižji in znaša 0,11 °C na desetletje. Na površinskih vodah se trend letne povprečne temperature giblje med 0,11 °C na desetletje in 0,26 °C na desetletje, povprečje je 0,19 °C na desetletje.

Sezonski trendi na površinskih vodah kažejo največjo rast temperature v poletnem in pomladnem obdobju (slika 17). Geografska razporeditev poletnih in pomladnih trendov je podobna kot pri letnem trendu in narašča v smeri od zahoda proti vzhodu. Jesen in zima nimata izrazite geografske razporeditve.

Na vodomernih postajah podzemnih voda v obdobju 1969–2015 je povprečni trend letne povprečne temperature podzemne vode 0,28 °C na desetletje (slika 18 spodaj). Trendi vseh postaj kažejo na precej izrazitejšo naraščanje temperature v poletnem in jesenskem obdobju, kot v zimskem in pomladnem obdobju.



Slika 17: Sezonski trendi povprečne temperature na površinskih vodah in na morju v obdobju 1953–2015.



Slika 18: Trendi letne povprečne temperature na površinskih vodah in na morju v obdobju 1953–2015 (zgoraj) in na podzemnih vodah v obdobju 1969–2015 (spodaj).



REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR**  
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE