

RAZPRAVE

**SPREMINJANJE VIŠINE MORJA V SEVERNEM JADRANU
KOT POKAZATELJ PODNEBNIH SPREMEMB**

AVTORICA

Sandra Fatorić

sandra.fatoric@gmail.com

UDK: 911.2:551.461:551.583(262.3-17)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Spreminjanje višine morja v severnem Jadranu kot pokazatelj podnebnih sprememb

Članek obravnava višino morja kot enega izmed pokazateljev podnebnih sprememb v slovenskem morju. Namen članka je ugotoviti, ali je v slovenskem morju spreminjanje višine morja v sedemindesetletnem obdobju posledica globalnih podnebnih sprememb. Z analizo gibanja srednje letne višine morja in njenih vplivnih dejavnikov smo raziskali in utemeljili vzroke za spremembe v gibanju srednje letne višine morja v severnem Jadranskem morju. Rezultati analize povprečne višine morja in njenih vplivnih dejavnikov smo prikazali grafično.

KLJUČNE BESEDE

srednja višina morja, srednja temperatura zraka, srednja temperatura morja, tektonika, podnebne spremembe, severni Jadran

ABSTRACT

Changing of sea level in North Adriatic as an indicator of climate change

The article deals with the issue of the sea level rise as one of the indicators of climate change in Slovenian sea. The primary purpose of the article is to find out if the changing sea level in Slovenian sea is a consequence of global climate change in a period of forty-seven years. It is focused to investigate the reasons for the changes of mean sea level and its influencing factors in north Adriatic Sea. Results on the analysis of time series of mean sea level and factors are illustrated.

KEY WORDS

mean sea level, mean sea temperature, mean air temperature, tectonics, climate change, North Adriatic

Uredništvo je prispevek prejelo 2. aprila 2009.

1 Uvod

Podnebje se zaradi učinkovanja narave in človeka stalno spreminja. Zelo pomembno je potegniti ločnico med naravnimi in antropogenimi vplivi, kar pa je težko, saj se obe vrsti vplivov tesno prepletata.

Ena od posledic spreminjanja podnebja v zadnjem času je tudi zviševanje gladine morja, kar je pomembno za okolje, gospodarstvo in družbo, saj morja in oceani pokrivajo več kot dve tretjini površja Zemlje.

2 Metodologija

Pri raziskovanju višine morja kot pokazatelja podnebnih sprememb in ugotavljanju možnih vplivnih dejavnikov na njeno spreminjanje v slovenskem morju smo na temelju zbranih in obdelanih številčnih podatkov uporabili interpretativno metodo, s katero smo pojasnili rezultate obdelave. Podatki so bili zbrani ob rednih meritvah med letoma 1960 in 2005 oziroma 2006. V Sloveniji pred letom 1960 nismo merili višine morja, v Italiji in na Hrvaškem pa imajo tudi starejše podatke.

V analizo srednje letne višine morja smo vključili štiri severnojadranske mareografske postaje: Koper, Trst, Benetke in Rovinj. Ugotavljali smo, ali so podatki med postajami primerljivi, kakšne so razlike med posameznimi obdobji in kašen je trend spreminjanja višine morja. Primerjali smo srednje letne višine morja celotnega obdobja, štirih desetletnih obdobj in zadnjega, šestletnega oziroma sedemletnega obdobja. Enaka obdobja smo upoštevali tudi pri ugotavljanju vpliva temperature zraka in morja na višino morja.

Članek temelji predvsem na analizi številčnih podatkov, literaturi in virov, njegova sinteza pa ja primerjanje vseh treh izbranih pokazateljev podnebnih sprememb: višine morja, temperature zraka in temperature morja ter ugotavljanje vzročno-posledičnih povezav med njimi.

Poglavitna vira kvantitativnih podatkov sta bila arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in Morska biološka postaja (MBP) iz Pirana. Uporabne podatke o višini morja smo pridobili tudi s spletne strani Stalne službe za spremljanje povprečne višine morja (PSMSL).

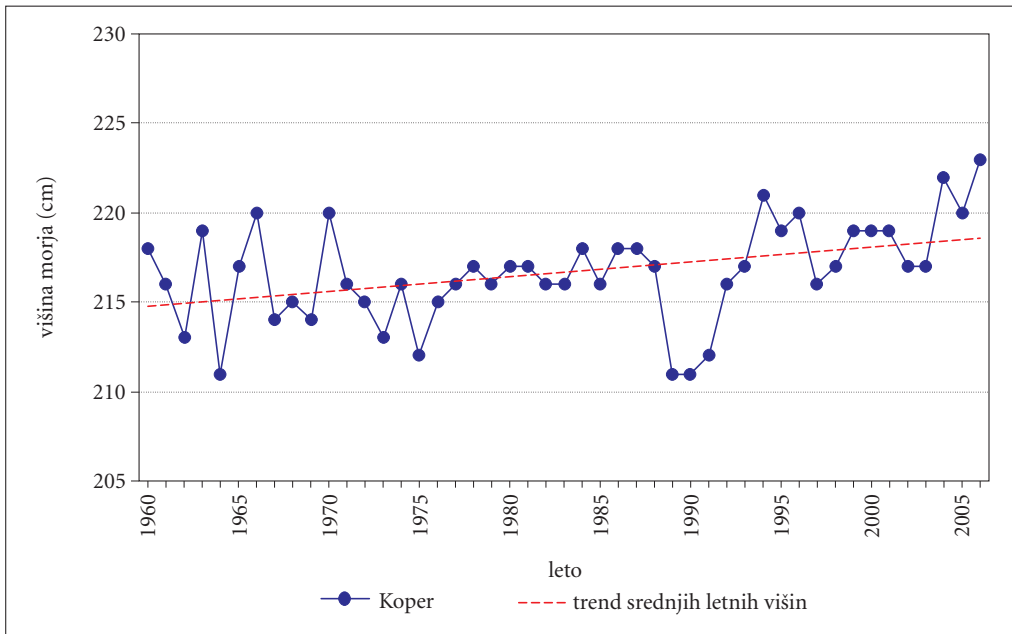
3 Spreminjanje višin morja v severnem Jadranu

Podatki o globalni razporeditvi višine morske gladine prispevajo k spremljanju globalnega segrevanja ozračja in zato zviševanja višine svetovnih morij.

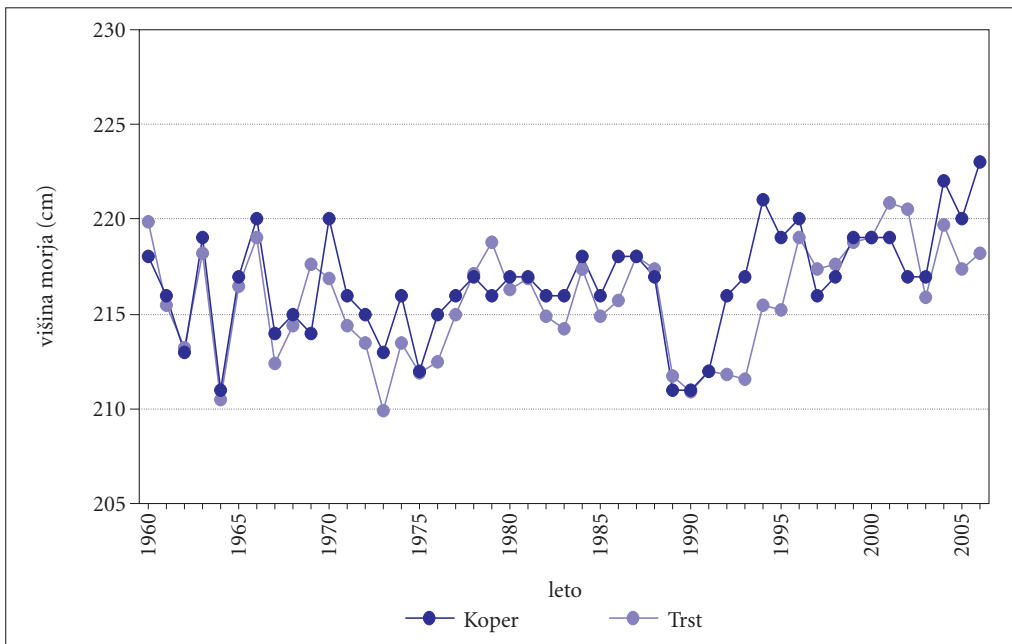
V nadaljevanju analiziramo slike, s katerimi primerjamo srednje letne višine morja na mareografski postaji Koper ter srednje letne višine morja na izbranih mareografskih postajah v severnem Jadranskem morju: Trst, Benetke in Rovinj. Analizirali smo sedeminštiridesetletno obdobje med letoma 1960 in 2006, razen pri mareografski postaji Benetke, kjer so na razpolago podatki do leta 2005. Dodali smo tudi sliko s povprečnimi letnimi višinami morja in pripadajočim linearnim trendom na merilni postaji Koper (slika 1) ter sliki, ki prikazujeta potek srednjih letnih višin morja na vseh štirih opazovanih merilnih postajah (slika 5) in njihove linearne trende (slika 6).

3.1 Višina morja na mareografskih postajah Koper in Trst

Srednja letna višina morja na mareografski postaji Koper se je v opazovanem obdobju gibala med 211 in 223 cm, na mareografski postaji Trst (Molo Sartorio) pa med 210 in 221 cm (sliki 1 in 2). Povprečna letna višina morja je bila v opazovanem obdobje na koprski merilni postaji 217 cm, na tržaški pa en cm nižja. V slovenskem delu Tržaškega zaliva je bila najvišja srednja letna višina izmerjena leta 2006, in sicer 223 cm, v italijanskem delu leta 2001 in 2002, in sicer 221 cm.



Slika 1: Povprečna letna višina morja v cm na mareografski postaji Koper med letoma 1960 in 2006 s pripadajočim linearnim trendom (ARSO 2007).



Slika 2: Povprečna letna višina morja v cm na mareografskih postajah Koper in Trst med letoma 1960 in 2006 (ARSO 2007; PSMSL 2007).

Pregled po desetletjih kaže, da je bila povprečna višina morja med letoma 1960 in 1969 ter 1980 in 1989 na obeh mareografskih postajah enaka, 216 cm, torej na koprski postaji pod dolgoletnim povprečjem, na tržaški pa enaka dolgoletnemu povprečju. V sedemdesetih letih je bila srednja višina morja nižja od povprečne višine celotnega obdobja, in sicer v slovenskem delu Tržaškega zaliva z 216 cm in v italijanskem delu z 214 cm. V devetdesetih letih je bila višina morja na koprski postaji enaka dolgoletnemu povprečju, na tržaški pa z 215 cm pod njim.

Primerjava poteka povprečnih letnih višin morja med merilnima postajama Koper in Trst razkriva, da je usklajenost nihanja precejšnja, vendar so viški med letoma 1994 in 2006 na koprski postaji bolj izraziti kakor na tržaški. Na obeh mareografskih postajah ni bila povprečna letna višina morja v zadnjem obdobju nikoli pod dolgoletnim povprečjem. Po navedbah Agencije za varstvo okolja in tehnične storitve (APAT) se je višina morja na mareografski postaji Trst med letoma 1994 in 2005 zviševala za 2,2 mm na leto (Ferla in sodelavci 2007). Med letoma 1890 in 2000 se je višina morja zvišala za 13,9 cm, med letoma 1890 in 2005 pa za 14,6 cm (Ferla in sodelavci 2006). Sklepamo, da podobno velja tudi za sosednjo merilno postajo Koper.

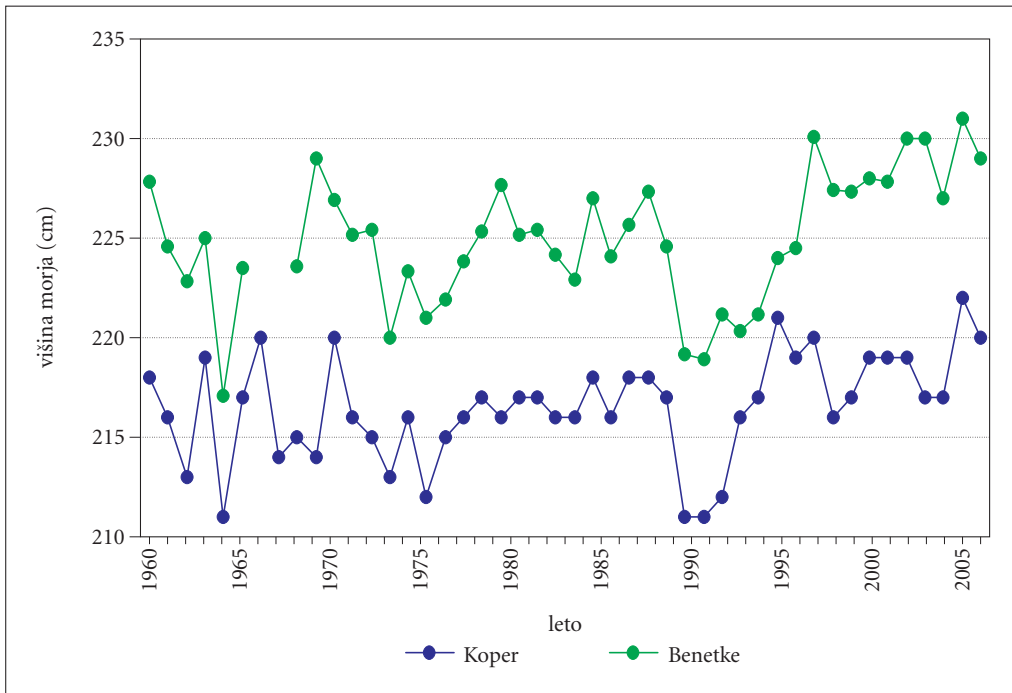
Slika 1 kaže jasen pozitiven linearni trend srednjih letnih višin morja na merilni postaji Koper, zato lahko slepamo, da se v opazovanem obdobju višina morja v Tržaškem zalivu giba v smeri zviševanja.

3.2 Višina morja na mareografskih postajah Koper in Benetke

Povprečna letna višina morja na mareografski postaji Benetke (Punta della Salute) se je med letoma 1960 in 2005 gibala med 217 in 231 cm, na mareografski postaji Koper pa med 211 in 222 cm. Srednja letna višina morja je bila v istem obdobju na beneški merilni postaji večja od koprške (217 cm) za 8 cm. V 21. stoletju sta obe mareografski postaji zabeležili najvišje srednje letne višine morja v opazovanem obdobju: koprška 222 cm leta 2005 in beneška kar 231 cm leta 2004.

Slike kažejo, da sta poteka srednje letne višine morja na obeh mareografskih postajah podobna, le da so vse srednje letne višine morja na beneški postaji višje od tistih na koprski. Največji razmik med dvema srednjima letnima višinama morja je bil izmerjen leta 1969, ko je bila srednja letna višina morja na beneški postaji za 15 cm višja od višine na koprski postaji, nekaj manjši razmik pa leta 2002, ko je srednja letna višina morja pred Benetkami za 13 cm višja kot pred Koprom.

Pri primerjanju desetletnih srednjih višin morja koprške in beneške postaje opazimo, da je bila srednja višina morja v šestdesetih in sedemdesetih letih na obeh postajah nižja od dolgoletnega povprečja, in sicer na koprski 216 cm in na beneški 224 cm. Visoke povprečne letne višine morja pred Benetkami na koncu šestdesetih let (leti 1968 in 1969) so posledica močnega antropogenega ugrezjanja površja, kar 17 mm na leto (Brambati in sodelavci 2003). Območje beneške industrijske cone Marghera se je med letoma 1952 in 1969 ugreznilo v povprečju okrog 11 cm na leto, v samem mestu pa 9 cm (Carbognin in sodelavci 2004). Na začetku sedemdesetih let je raven morske gladine v Beneški laguni vse do konca desetletja rahlo upadala, v osemdesetih letih pa je bila enaka dolgoletnemu povprečju; v slovenskem delu Tržaškega zaliva je bila z 216 cm pod dolgoletnim povprečjem. V devetdesetih letih je bila srednja višina morja na koprski postaji enaka povprečju obravnavanega obdobja, na beneški postaji pa z 224 cm nižja od povprečja obravnavanega obdobja. Po nekaterih virih med letoma 1971 in 1993 višina morja ni naraščala, ampak celo rahlo upadala, podobno kot po letu 1960 v zahodnem Sredozemskem morju (Carbognin in sodelavci 2004). Izrazito zviševanje srednje letne višine morja v Beneški laguni se začne z letom 1996. Po navedbah italijanskih znanstvenikov je bila med letoma 1994 in 2005 stopnja rasti višine morja 4,2 mm na leto, kar je skoraj dvakrat večja od stopnje rasti višine morja na mareografski postaji Trst okrog 200 km vzhodnje (Ferla in sodelavci 2007). Višina morja se je v Beneški laguni med letoma 1890 in 2000 zviševala v povprečju za 2,4 mm na leto, kar pomeni, da se je v omenjenem obdobju višina morja zvišala za 27 cm. Nato se je do leta 2005 višina morja povečala še za dodaten cm (Ferla in sodelavci 2006). Med letoma 2000 in 2005 je srednja letna višina morja na obeh postajah vsakič nad dolgoletnim povprečjem.



Slika 3: Povprečna letna višina morja v cm na mareografskih postajah Koper in Benetke med letoma 1960 in 2005 (APAT 2006; ARSO 2007; PSMSL 2001).

3.3 Višina morja na mareografskima postajama Koper in Rovinj

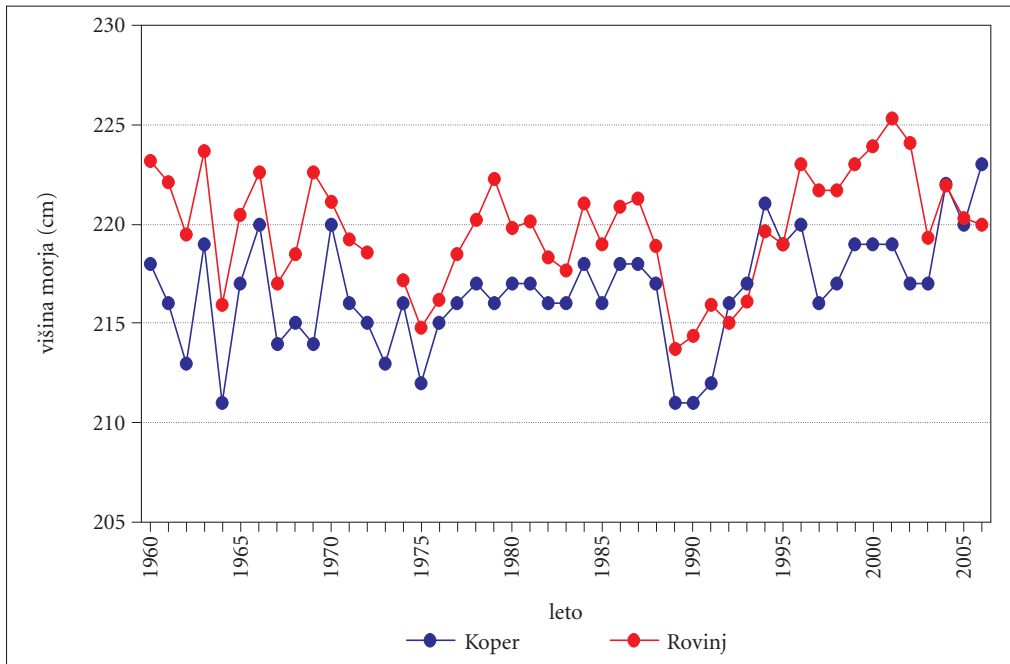
Srednja letna višina morja se je v opazovanem sedeminštiridesetletnem obdobju na mareografski postaji v Rovinju gibala med 214 in 225 cm, v Kopru pa med 211 in 223 cm. Največje odstopanje od dolgoletnega povprečja 220 cm je bilo 5 cm leta 2001. Na koprski merilni postaji je bil največji pozitiven odklon od dolgoletnega povprečja, kot že rečeno, 6 cm leta 2006.

Povprečne letne višine morja na obeh merilnih postajah potekajo enako, razlika je le v nekoliko višjih vrednostih višin morja na merilni postaji Rovinj. Povprečne letne višine morja so na obeh mareografskih postajah med leti in obdobji močno nihale. Vse srednje letne višine morja bile na hrvaški postaji višje od tistih na slovenski. Izjema je bilo obdobje med letoma 1992 in 1994 ter leto 2006, ko so bile srednje letne višine morja pred Koperom višje kot pred Rovinjem.

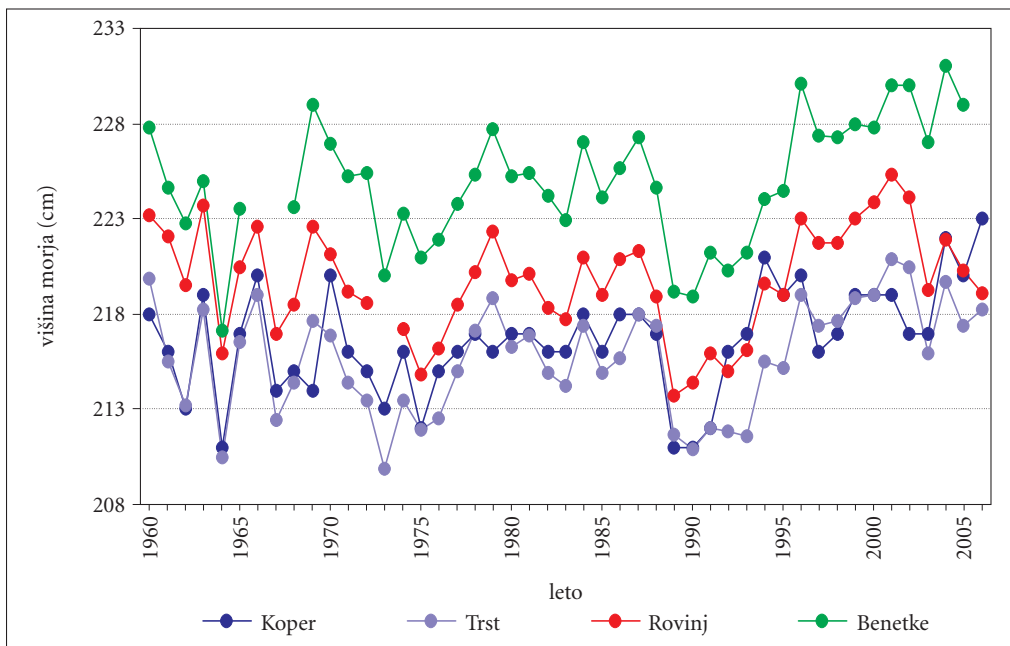
Primerjava desetletnih povprečnih višin morja na obe postajah kaže zanimiv trend. Le v šestdesetih letih je bila na rovinjski postaji višina morja višja od dolgoletnega povprečja, in sicer 221 cm, v naslednjih treh desetletjih pa pod dolgoletnim povprečjem, in sicer 219 cm. Na koprski postaji je bila višina morja v prvih treh desetletjih nižja od povprečja, ki je 216 cm, v devetdesetih letih pa enaka povprečju. Medtem ko na vseh že omenjenih postajah v zadnjih šestih oziroma sedmih letih opazovanega obdobja srednja letna višina morja niti eno leto ni bila nižja od dolgoletnega povprečja, so na rovinjski postaji zabeležili dve podpovprečni srednji letni višini, in sicer leta 2003 in 2006.

Tudi za rovinjsko postajo pa je v opazovanem obdobju značilen trend višanja gladine morja.

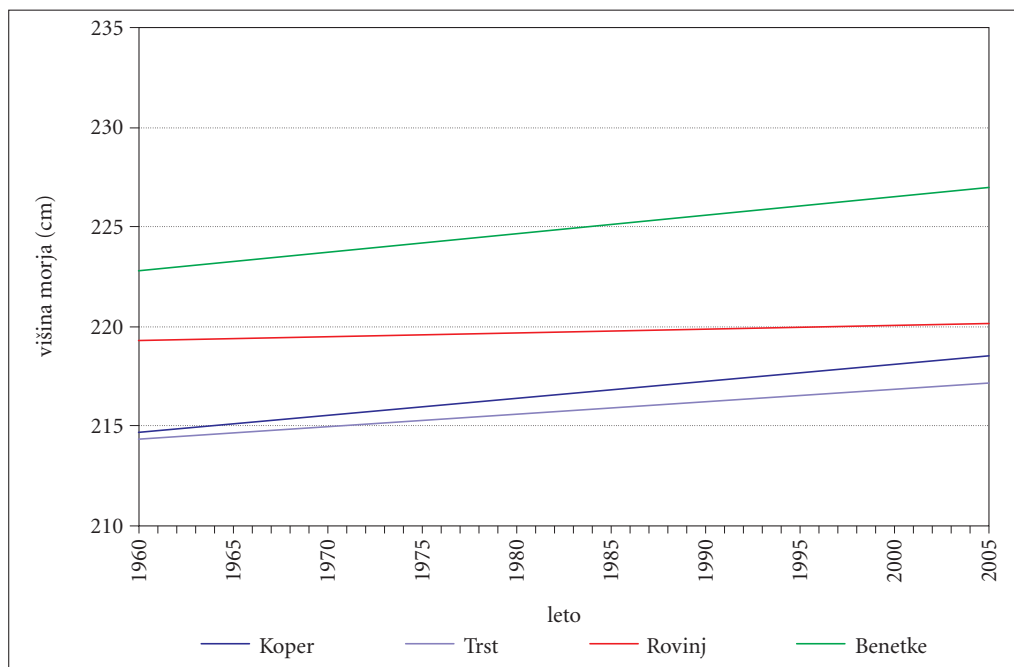
V preglednici 1 so prikazani nekateri podatki o višini morja na obravnavanih mareografskih postajah Koper, Trst, Benetke in Rovinj, na sliki 5 potek srednjih letnih višin morja in na sliki 6 njihovi linearni trendi.



Slika 4: Povprečna letna višina morja v cm na mareografskih postajah Koper in Rovinj med letoma 1960 in 2006 (ARSO 2007; PSMSL 2007).



Slika 5: Povprečna letna višina morja v cm na mareografskih postajah Koper, Trst, Rovinj in Benetke med letoma 1960 in 2006 (APAT 2006; ARSO 2007; PSMSL 2001, 2007).



Slika 6: Linearni trendi višine morja na mareografskih postajah Koper, Trst, Rovinj in Benetke med letoma 1960 in 2006 (APAT 2006; ARSO 2007; PSMSL 2001, 2007).

Preglednica 1: Primerjava različnih podatkov o višini morja na mareografskih postajah Koper, Trst, Benetke in Rovinj (APAT 2006; ARSO 2007; PSMSL 2001, 2007).

podatek (cm)	mareografske postaje			
	Koper	Trst	Benetke	Rovinj
srednja letna višina morja (1960–2006)	217	216	225	220
najvišja srednja letna višina morja	223	221	231	225
amplituda med najvišjo in najnižjo srednjo letno višino morja	12	11	14	11
srednja višina morja (1960–1969)	216	216	224	221
srednja višina morja obdobja (1970–1979)	216	214	224	219
srednja višina morja obdobja (1980–1989)	216	216	225	219
srednja višina morja obdobja (1990–1999)	217	215	224	219

4 Vplivni dejavniki višine morja v slovenskem morju

Ena izmed poglobitvenih težav pri preučevanju spreminjanja povprečne višine morja v daljših časovnih obdobjih je določitev, katere spremembe so posledica oceanografskih dejavnikov in katere posledica navpičnih premikov tal.

4.1 Tektonika Tržaškega zaliva

K navpičnim premikom tal prištevamo premike zaradi potresov, usedanje sedimentov (pri deltah), črpanja podtalnice in mineralnih virov ter izostazije. Izostazija je reakcija Zemlje na taljenje ledenikov po zadnji ledeni dobi (pred 5000 do 15.000 leti). Do izostazije pride, ko se ledenik zaradi segrevanja ozračja tali in postaja vse lažji, površje pa se zato dviguje (Pugh 2004, 169). V severnem Sredozemlju naj bi se površje zaradi izostazije dviguje med 0,1 in 0,2 mm na leto. Tu naj bi prihajalo tudi do vertikalnih premikov površja zaradi tektonike, manj zaradi antropogenega ugrezjanja površja, ki ga pospešuje naseljevanje ljudi in izrabljanje podtalnice (García in sodelavci 2007).

Ker Slovenija leži na območju aktivnih celinskih deformacij, ki so posledica kolizije jadranske mikroplošče z evrazijsko, je razumevanje današnjih tektonskih dogajanj zapleteno (Pavlovčič Prešeren in sodelavci 2005, 408).

Zgradbo zaledja Tržaškega zaliva in Istre geologi razlagajo kot enotni narivni model Zunanjih Dinardov oziroma gre za spodrivanje Istre (Jadransko-Apulijskega predgorja) pod Dinarsko gorovje (Zunanje Dinaride). Spodrivanje Istre pod Dinarsko gorovje je zgornjemiocenske in postmiocenske starosti in je domnevno aktivno še danes (Placer 2007, 31).

Strokovnjaki namreč omenjajo, da naj bi severovzhodni del Jadrana bil izpostavljen ugrezjanju, čeprav je evolucija Istrske obale še vedno neznana in vertikalni tektonski premiki skozi geološka obdobja niso dovolj raziskani. Po nekaterih podatkih pa se je v zadnjih 1900 ± 100 letih višina morja v severovzhodnem Jadranu zvišala za $2,08 \pm 0,6$ m. Prav tako naj bi se na območju severovzhodnega dela Jadrana zaradi vertikalnih tektonskih premikov v zadnjih dveh tisočletjih površje ugreznilo za približno 1,5–1,6 m (Antonoli in sodelavci 2007).

Znanstveniki so ugrezjanje Beneške lagune razdelili v antropogeno in naravno (geološko). Antropogeno ugrezjanje nastane zaradi človekovega vpliva. V preteklosti je bil eden poglavitnih dejavnikov antropogenega ugrezjanja izkoriščanje podzemnih voda zaradi industrijskega, kmetijskega in turističnega razvoja Benetk po koncu druge svetovne vojne. Naravno ugrezjanje pa je posledica tektonike (Carbognin in Tosi 2002). Površje Beneške lagune se vzdolž obale ugreza od 1 do 3 mm na leto, na severnem in južnem obrobju lagune pa od 2 do 4 mm na leto (Brambati in sodelavci 2003). Benetke so se v več kot stotih letih zaradi ugrezjanja znižale za 23 cm. Največji vpliv na znižanje površja je imelo zviševanje srednje višine morja (11 cm), antropogeno ugrezjanje površja (9 cm) in 3 cm je prispevalo naravno ugrezjanje površja (geološki dejavnik) (Carbognin in sodelavci 2004). Znanstveniki so na podlagi analize umetniških slik slikarja Canaletta iz 18. stoletja ugotovili, da so se Benetke zaradi ugrezjanja v obdobju 1727–2000 znižale za 60 cm (Ferla in sodelavci 2007). Predvidevanja kažejo, da naj bi se v obdobju 1990–2100 višina morja na mareografski postaji Benetke zvišala med 25,3 in 31,3 cm (Ferla in sodelavci 2006).

Študije o srednji letni višini morja na merilni postaji Trst potrjujejo, da spreminjanje višine morja v Tržaškem zalivu ni pod vplivom ugrezjanja površja, katero je značilno za zahodni del severnega Jadrana (Ferla in sodelavci 2007). Prav tako je izvzetost tržaške merilne postaje pred ugrezjanjem omenjena v »Città di Venezia 2008«, »Carbognin in sodelavci 2004« ter v »Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree 2007, 12«. Kljub tem navedbam pa se v nekaterih virih omenja, da merilna postaja Trst stoji na stabilnem območju, ki je zelo malo podvrženo ugrezjanju (Battistin in Canestrelli 2006, 31). Po napovedih APAT-a se bo višina morja v obdobju 1990–2100 na mareografski postaji Trst zvišala za 13,9 cm (0,126 mm/leto), kar je skoraj dvakrat manjše od porasta morske gladine v Beneški laguni (Ferla in sodelavci 2006). Iz navedenega je mogoče sklepati, da bo v slovenskem delu Tržaškega zaliva prav tako prišlo do podobnega, torej manjšega porasta srednjih letnih višin morja.

Na območju severovzhodnega Jadrana je moč najti kar nekaj arheoloških najdišč, katera lahko pripomorejo k potrditvi sprememb višine morja. V bližini ustja Osapske reke se nahaja terasa s številnimi sledovi prazgodovinskih in predvsem rimskih bivališč in ta se nahaja $-1,6 \pm 0,6$ m pod današnjo gladino morja. V Miljah pri Trstu je moč najti pomol, katerega datirajo v prvo stoletje našega štetja in nahaja se $-1,6 \pm 0,6$ m pod današnjo morsko gladino. Na območju slovenskega morja imamo arheo-

loške ostanke v Ankaranu (Jernejeva Draga), kateri izhajajo iz rimske dobe in nahajajo se $-1,4 \pm 0,6$ m pod današnjo gladino morja. Danes zelo znano rimsko pristanišče iz prvega in drugega stoletja našega štetja najdemo v Simonovem zalivu v Izoli, katero se danes nahaja $-1,5 \pm 0,6$ m pod morsk gladino. V severovzhodnem delu Jadrana najdemo arheološke ostanke iz prve polovice prvega stoletja tudi v Savudriji na Hrvaškem, kateri se danes nahajajo $-1,6 \pm 0,6$ m pod gladino morja (Antonioli in sodelavci 2007).

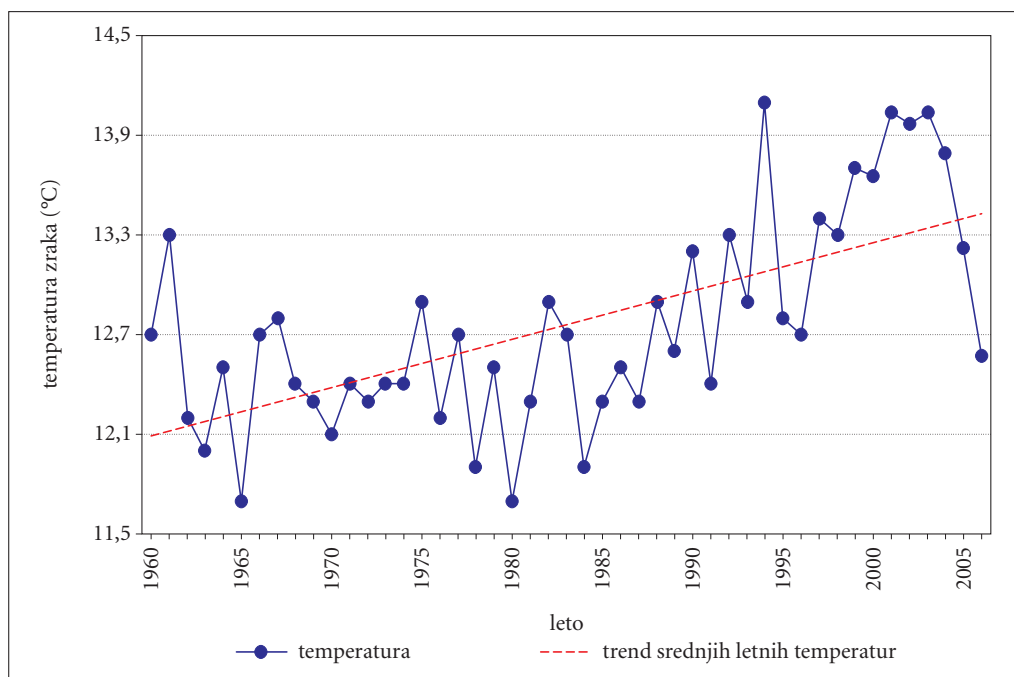
Zaradi premalo podatkov in preverjenih ugotovitev ter razhajajočih mnenj je težko ovrednotiti vpliv tektonike na porast gladine slovenskega morja, zato je v tem poglavju tektonika omenjena kot možni vplivni dejavnik, kateremu bi morali v prihodnosti nameniti več pozornosti in ga natančneje raziskati.

4.2 Temperatura zraka

S spremljanjem temperatur zraka ugotavljamo dolgoročne spremembe v okolju, kar omogoča pripravljanje na nove razmere in zmanjševanje morebitnih negativnih posledic (ARSO 2006, 115).

Glavna avtomatska meteorološka postaja na slovenski obali je postaja Portorož – letališče, kjer pa redne meritve potekajo šele od leta 1987, zato so podatki o temperaturi zraka za obdobje med letoma 1960 in 1986 interpolirani s pomočjo podatkov nekdanjih merilnih postaj Koper in Portorož – Beli Križ (slika 7).

Povprečna letna temperatura zraka v opazovanem obdobju je bila $12,8^{\circ}\text{C}$. Najtoplejše je bilo leto 1994 s povprečno letno temperaturo zraka $14,1^{\circ}\text{C}$, najhladnejši leti pa sta bili 1965 in 1980 s povprečno letno temperaturo $11,7^{\circ}\text{C}$. Amplituda med najnižjo in najvišjo srednjo letno temperaturo je $2,4^{\circ}\text{C}$. Dolgoletna povprečna temperatura zraka za referenčno obdobje med letoma 1961 in 1990 je $12,4^{\circ}\text{C}$, za obdobje med letoma 1991 in 2006 pa za 1°C višja.



Slika 7: Povprečna letna temperatura zraka na merilni postaji Portorož – letališče med letoma 1960 in 2006 s pripadajočim linearnim trendom (ARSO 2008).

Ob pregledu poteka povprečne temperature zraka po desetletjih je mogoče opaziti, da je bila srednja temperatura zraka v šestdesetih letih z $12,5^{\circ}\text{C}$, sedemdesetih letih z $12,4^{\circ}\text{C}$ in osemdesetih letih z $12,4^{\circ}\text{C}$ pod dolgoletnim povprečjem, v devetdesetih letih pa za $0,4^{\circ}\text{C}$ višja od dolgoletnega povprečja. Med letoma 2000 in 2006 so bile vse srednje letne temperature zraka, razen leta 2006, nad dolgoletnim povprečjem.

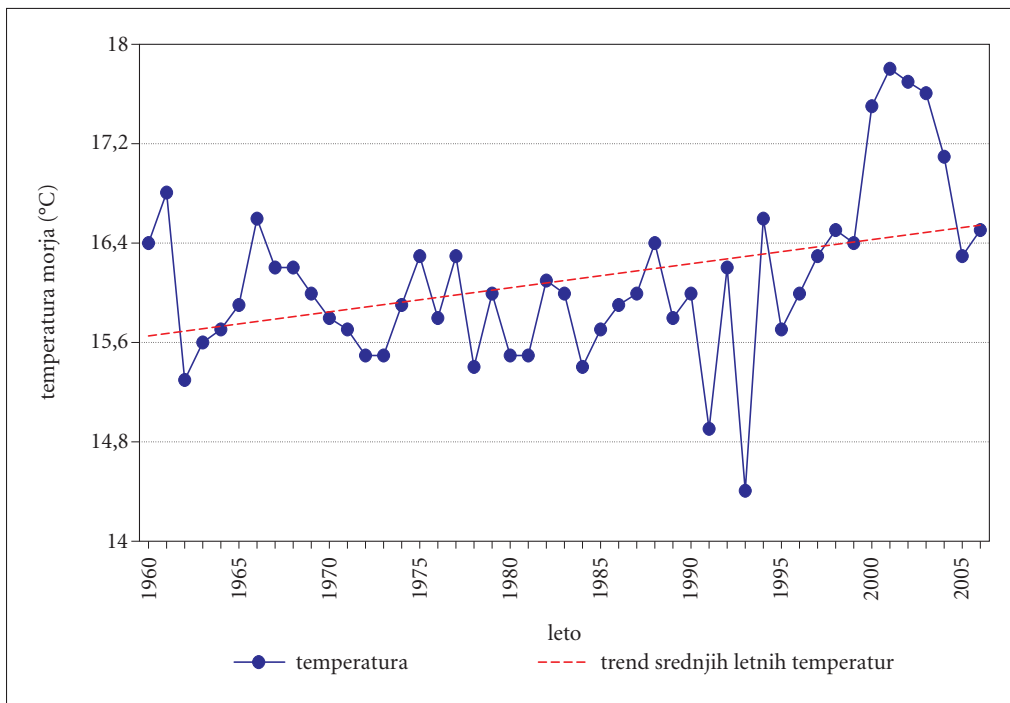
Povprečne letne temperature zraka so v obravnavanem obdobju dokaj močno variirale in to v dokaj kratkih obdobjih, jasen pozitiven linearni trend srednje letne temperature zraka pa kaže na zviševanje povprečna letna temperatura zraka na slovenski obali.

4.3 Temperatura morja

Za predstavitev letnih temperaturnih razmer v slovenskem morju smo uporabili podatke z mareografske postaje Koper, in sicer za obdobji med letoma 1960 in 1979 ter 1991 in 2006, z postaje Piran pa za obdobje med letoma 1980 in 1991 (slika 8).

Povprečna letna temperatura morja je bila v opazovanem obdobju $16,1^{\circ}\text{C}$. Najnižja srednja letna temperatura morja je bila $14,4^{\circ}\text{C}$ leta 1993 in najvišja $17,8^{\circ}\text{C}$ leta 2001. Razlika med najnižjo in najvišjo povprečno letno temperaturo v slovenskem morju je bila $3,4^{\circ}\text{C}$. Dolgoletna povprečna temperatura morja referenčnega obdobja je bila $15,9^{\circ}\text{C}$, med letoma 1991 in 2006 pa je temperatura morja za $0,6^{\circ}\text{C}$ nad povprečjem referenčnega obdobja.

Do konca osemdesetih let ni bilo izrazitega naraščanja ali upadanja povprečne letne temperature morja. Posebno nizke vrednosti so z začetka devetdesetih let, predvsem v letih 1991 in 1993, precejšnje povišanje srednje letne temperature morja pa je nastopilo po letu 1999.



Slika 8: Povprečna letna temperatura morja na merilnih postajah Koper in Piran med letoma 1960 in 2006 s pripadajočim linearnim trendom (ARSO 2008).

Pregled povprečnih temperatur morja po desetletjih kaže, da je bila temperatura morja v sedemdesetih letih s 15,8 °C, osemdesetih letih s 15,8 °C in v devetdesetih letih s 15,9 °C podpovprečna, v šestdesetih letih s 16,1 °C povprečna, v zadnjem sedemletju pa nadpovprečna.

Linearni trend povprečne letne temperature morja med letoma 1960 in 2006 kaže označuje naraščanje.

Preglednica 2 predstavlja nekatere izračunane podatke o temperaturi zraka in morja na slovenski obali.

Preglednica 2: Primerjava različnih podatkov o temperaturi zraka in morja na slovenski obali (ARSO 2008).

podatek (°C)	zrak	morje
srednja letna temperatura obdobja 1960–2006	12,8	16,1
najvišja srednja letna temperatura	14,1	17,8
amplituda med najvišjo in najnižjo srednjo letno temperaturo	2,4	3,4
srednja temperatura obdobja 1960–1969	12,5	16,1
srednja temperatura obdobja 1970–1979	12,4	15,8
srednja temperatura obdobja 1980–1989	12,4	15,8
srednja temperatura obdobja 1990–1999	13,2	15,9

5 Sklep

Podnebje se stalno spreminja, njegovo pospešeno spreminjanje, za katerega naj bi bil odgovoren tudi človek, zlasti iz izpusti toplogrednih plinov v ozračje, pa pogosto vzbuja strah.

Pomemben okoljski kazalnik in obenem pokazatelj podnebnih sprememb je tudi višina morja in njeno spreminjanje. Analiza in sinteza podatkov o srednji letni temperaturi morja in srednji letni temperaturi zraka na slovenski obali med letoma 1960 in 2006 sta pokazali, da sta oba temperaturna kazalnika povezana s spreminjanjem višine morja. Za oba je značilen naraščajoč linearni trend, kar priča o postopnem segrevanju zraka in morja, verjetno povezanim z globalnim segrevanjem Zemlje. Kakšen je vpliv tektonike, je zaradi slabe geološke raziskanosti Tržaškega zaliva, težko natančneje opredeliti.

Analiza srednjih letnih višin morja na vseh štirih upoštevanih mareografskih postajah severnega Jadranskega morja kaže na zviševanje višine morja. Zviševanje višine morja pred Trstom, Kopro in Rovinjem naj bi bilo v večji meri posledica podnebnih sprememb, saj večina geoloških študij ne potrjuje večjega ugrezanja severnega Jadrana, zviševanje višine morja na mareografski postaji Benetke pa naj bi bila na eni strani posledica tektonike oziroma ugrezanja površja, na drugi strani pa posledica podnebnih sprememb.

Kljub trendom zviševanja višin morja v severnem Jadranu, ne smemo izključiti dejstva, da je obravnavano obdobje 1960–2006 dokaj kratko in za bolj zanesljivo oceno vpliva antropogenih podnebnih sprememb na višino morja potrebujemo daljše časovno obdobje. Ker v Sloveniji razpolagamo s podatki o srednji letni višini morja šele po letu 1960, daljšega časovnega obdobja ni bilo mogoče analizirati.

Kako bosta slovensko morje in obalno območje izgledala v prihodnjih desetletjih je vsekakor odvisno tudi od dejavnikov, ki so analizirani v članku, se pravi od trenda zviševanja višine morja kot posledice antropogenih podnebnih sprememb in zaenkrat slabo raziskane tektonike slovenskega morja. Glede na pozitivne linearne trende višine morja, temperature zraka in morja lahko pričakujemo v prihodnosti resno grožnjo slovenski obali, zato je skrajni čas, da si prenehamo zatiskati oči pred realnostjo in stopimo korak naprej v smeri reševanja tega globalnega izziva.

6 Viri in literatura

- Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K. 2007: Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data. Medmrežje: <http://www.earth-prints.org/handle/2122/3108> (14. 1. 2008).
- ARSO 2006: Kazalci okolja 2005. Ljubljana.
- Battistin D., Canestrelli P. 2006: 1872–2004 La serie storica delle maree a Venezia. Venezia.
- Brambati, A., Carbognin, L., Quaià, T., Teatini, P., Tosi, L. 2003: The Lagoon of Venice: geological setting, evolution and land subsidence. Medmrežje: <http://www.episodes.org/backissues/263/19Brambati.pdf> (4. 2. 2008).
- Carbognin, L., Tosi, L. 2002: Interaction between Climate Changes, Eustacy and Land Subsidence in the North Adriatic Region, Italy. Medmrežje: www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-0485.2002.tb00006.x?cookieSet=1 (4. 2. 2008).
- Carbognin, L., Teatini, P., Tosi, L. 2004: Eustacy and land subsidence in the Venice Lagoon at the beginning of the new millennium. Medmrežje: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VF5-4D5KS9X-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=422b5fe860eb8a46e64c384666efa9 (31. 1. 2008).
- Città di Venezia 2008: La valutazione di impatto ambientale relativa agli Interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea – Studio di impatto ambientale del progetto di massima. Medmrežje: www2.comune.venezia.it/mose-doc-prg/documenti/finale/3.%20PREMESSA. DOC (4. 2. 2008).
- Ferla, M., Cordella, M., Michielli, L. 2006: Aggiornamenti sulle osservazioni dei livelli di marea a Venezia. Medmrežje: http://www.apat.gov.it/site/_contentfiles/00143900/143918_rapporto_2006_69.pdf (14. 2. 2008).
- Ferla, M., Cordella, M., Michielli, L., Rusconi, A. 2007: Long-term variations on sea level and tidal regime in the lagoon of Venice. Medmrežje: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WDV-4P903GC-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=134695f381635c8c541d3c426982c189 (10. 2. 2008).
- García, D., Vigo, I., Chao, B. F., Martínez, M. C. 2007: Vertical Crustal Motion along the Mediterranean and Black Sea Coast Derived from Ocean Altimetry and Tide Gauge Data. Medmrežje: <http://www.springerlink.com/content/wmw86726510g7855/> (14. 3. 2008).
- Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree 2007: Il calendario delle maree 2008. Venezia.
- Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B., Vrabec, M. 2005: Hitrosti premikov ob prelomih v vzhodni Sloveniji: Opazovanja iz let 1996, 1999 in 2002. Geodetski vestnik 49-3. Ljubljana.
- Placer, L. 2007: Kraški rob: Geološki prerez vzdolž AC Kozina – Koper. Geodetski vestnik 50-1. Ljubljana.
- Pugh, D. 2004: Changing Sea Levels: Effects of Tides, Weather and Climate. Cambridge.

7 Summary: Changing of sea level in North Adriatic as an indicator of climate change

(translated by the author)

The climate has always been changing, but the change of climate in last decades the serious fear represents, where the accumulation of greenhouse gases as a result of human activity is the main reason for it.

In this article the problem of climate change by sea level change in Slovenian sea is introduced.

The principal matter of the article is to analyse long-term measurements of the mean sea level at four tide gauge stations – Koper, Rovinj, Trieste and Venice and to investigate the reasons for the changes

of mean sea level in north Adriatic sea. It is focused to illustrate the situation and trends in sea level for a period of forty-seven years (1960–2006). Furthermore, it shows main influencing factors of the sea level rise: tectonics, mean air temperature and mean sea temperature in regards to the climate change aspect.

Results of the analysis of mean sea level, mean air temperature and mean sea temperature are pointed out confirming a positive linear trend, which shows a meaningful rise of sea level, air and sea temperatures.

The analysis of mean sea level has justified the frequent opinions, that in the last decades significant changes in mean sea level in Slovenia and around the globe have occurred, most probably because of anthropogenic climate change.

It's difficult to attribute the changes in mean sea level from the beginning of the sixties of last century until now to only one factor. The fact is that the mean air temperature is increasing and that's why the mean sea temperature is increasing also. There is increasing evidence how the global warming caused by a human activity affects the air and sea temperature on Slovenian coast. In this article we have excluded the possibility that the rise in temperatures is just a momentary trend – a part of earth's natural cycle. Slovenia owns just a small part of worldwide sea, but it's still under the influence of global oceanographic phenomena. That's why it is possible to suppose that the air temperature rise in last forty-seven years has influenced the sea level rise especially through thermal expansion of sea water.

Furthermore, it's necessary to investigate in the future the third factor that can affect sea level rise – tectonics, which has an important role in the investigations of physical changes in Slovenian sea. The issue of tectonics in this article is incomplete due to the fact that data of tectonic activity in the area of Slovenian sea are not researched enough and are mainly based on hypothesis. Therefore tectonics cannot be considered as a relevant factor of the sea level rise in Slovenian sea.

We can suppose that the rising sea level trends at tide gauge stations Koper and Trieste are mainly a consequence of anthropogenic climate change, because majority of discussing studies confirm that a changing sea level in Gulf of Trieste is not under the influence of subsidence (tectonics) which is present in the western part of north Adriatic sea. Meanwhile a tide gauge station Venice has definitely experienced a serious sea level rise whose main component is subsidence, besides climate change. We can suppose that the sea level rise in Rovinj is mainly a result of human-induced global warming.

Despite of all rising trends of mean sea level in north Adriatic sea there is no doubt that the period of forty-seven years is short and we need a longer period of observation for a more reliable evaluation of the influence of anthropogenic climate change on the sea level. We weren't able to analyse longer period because measurements of sea level in Slovenian sea began in 1960.

The results of the research are pretending to provide useful source data for studying climate change in the territory of Slovenia.

