



**Dr. Valentina Brečko Grubar**

Oddelek za geografijo,  
Fakulteta za humanistične  
študije,  
Univerza na Primorskem  
valentina.brecko.grubar@fhs.  
upr.si



**Dr. Gregor Kovačič**

Oddelek za geografijo,  
Fakulteta za humanistične  
študije,  
Univerza na Primorskem  
gregor.kovacic@fhs.upr.si



**Dr. Nataša Kolega**

Oddelek za geografijo,  
Fakulteta za humanistične  
študije,  
Univerza na Primorskem  
natasa.kolega@fhs.upr.si  
COBISS: 1.04

# Podnebne spremembe vplivajo na pogostejše poplave morja

## Climate change increasing frequency of sea flooding

### Izvleček

Podnebne spremembe z rastjo temperatur povzročajo dviganje gladine morij, ki se v zadnjih desetletjih opazno povečuje. Razlog za to je v večji prostornini toplejše morske vode in v povečanem dotoku sladke vode s celin zaradi krčenja ledenih pokrovov na polih ter gorskih ledenikov. Tudi podatki mareografske postaje v Koprju kažejo trend dviganja morske gladine, ki ob višjih plimah že zdaj pogosto poplavi nižje ležeče dele slovenske obale. Zanimalo nas je, kako se bo povečala poplavljenost ob predvideni srednji višini morja, višji za 50 in za 100 cm. Upoštevali smo različno visoke plime in ugotovili, da bodo pri dvigu morske gladine za 50 cm že nekoliko višje plime povzročale poplave, ob plimah, ki zdaj povzročajo poplave, bo na najnižje ležečih delih obale 80 cm vode in poplavljenih bo okoli 700 ha zemljišč. Pogoste vsakoletne poplave bodo primerljive s sedanjimi izjemnimi. Pri dvigu morske gladine za 100 cm pa bi bili nižji deli obale poplavljeni že ob srednji plimi in suhi le ob oseki. Ob višji plimi bi se poplavne površine razširile na več kot 1200 ha in bi močno ogrozile urbanizirana območja, med drugimi tudi staro mestno jedro Pirana.

**Ključne besede:** podnebne spremembe, planetarno segrevanje, slovensko morje, morska gladina, plimovanje, mereografska postaja, višine morja, poplave morja, slovenska Istra

### Abstract

Climate change with temperature growth causes increasing of the sea level which has been noticeably increasing in recent decades. The reason is the higher volume of the warmer seawater and the increased inflow of freshwater from the continents due to the shrinkage of the polar ice caps and mountain glaciers. Data from the sea level gauging station in Koper also show increasing trend of the sea level which often floods the lower lying parts of the Slovenian coast at high tides. We were interested in how the flooding will increase at the predicted rising of the mean sea height of 50 or 100 cm. We took into account high tides of different heights and found out that at the sea level rise of 50 cm slightly higher high tides will already cause sea flooding. At high tides similar to those already causing sea flooding today, approximately 80 cm of water will cover lower laying parts of coastal region and around 700 ha of land will be flooded. Frequent annual floods will be comparable to the current exceptional ones. At the sea level rise by 100 cm, the lower laying parts of the coast would be flooded already at mean high tides and stay dry only at low tides. At higher high tides flooding area would spread over 1200 ha and would greatly undermine urban areas, including the old city centre of Piran.

**Keywords:** climate change, global warming, Slovenian sea, sea level, tide, sea level gauging station, sea height, sea flood, Slovene Istria

## Uvod

Spreminjanje podnebja, ki se kaže kot porast temperatur ozračja ali planetarno segrevanje, povzroča tudi dvigovanje gladine svetovnih oceanov in morij. Dvigovanje morske gladine je v prvi vrsti povezano s taljenjem ledu, ki pokriva kopno v polarnih območjih (npr. Antarktika, Grenlandija) in območjih višjih nadmorskih višin (npr. Himalaja, Andi, Alpe). Do taljenja ledu prihaja zaradi planetarnega segrevanja, s tem pa v morja odteka dodatne količine vode, ki so bile v daljšem časovnem obdobju shranjene v trdnem agregatnem stanju. Dodatno na proces dvigovanja gladine oceanov vpliva povečevanje prostornine oziroma širjenje mase morske vode zaradi zviševanja temperature morske vode.

Po ocenah znanstvenikov Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) naj bi se morska gladina svetovnih oceanov in morij do leta 2100 dvignila tudi do 100 cm, po vsej verjetnosti pa ne manj kot 50 cm (Church s sod., 2013).

## Dejavniki dolgotrajnega spreminjanja višine morske gladine

Višina morske gladine se lahko spreminja kratkotrajno ali dolgotrajno. Kratkotrajne spremembe morske gladine so povezane z valovanjem, plimovanjem, spremembami zračnega tlaka (s padanjem zračnega tlaka se morska gladina dviguje), spremembami tokovanja ob obalah zaradi učinka vetrov (na primer jugo, burja), dotoka večjih količin sladke vode s kopnega, nihanj planetarnih morskih tokov ali součinkovanja vseh prej naštetih dejavnikov. Na splošno veter s kopnega in visok zračni tlak znižujeta morsko gladino, veter z morja in nizek zračni tlak pa jo zvišujeta. Dolgotrajne spremembe morske gladine so lahko posledica premikanja večjih delov zemeljske skorje, pogrezanja obal zaradi zmanjšanja debeline sedimentov v morju ter spreminjanja podnebja, ki vpliva na spremembo prostornine oceanov s segrevanjem ali ohlajanjem oceanov ter taljenjem ali akumulacijo ledu na kopnem (Thomson in Emery, 2001).

## Višina morja na mareografski postaji v Kopru

Višino morske gladine spremljajo merilne postaje, imenovane mareografi. V Sloveniji je mareografska postaja v Kopru (Slika 1), ki deluje od leta 1961. Višino morja opisujemo z

vodostajem, to je v centimetrih izražena višina vode nad določeno izhodiščno nadmorsko višino, ki jo imenujemo mareografska ničla. Ta se v Kopru nahaja na višini (minus) –200 cm ali bolj natančno –197,8 cm. Na temelju neprekinjenih meritev so izračunane srednje vrednosti višine morja (dnevne, mesečne, letne), visoka in nizka stanja. Kratkoročno spreminjanje višine morja je predvsem rezultat nihanj zaradi plimovanja (bibavice) in vremenskih razmer (zračni tlak, veter). Na izmenično dvigovanje in najvišji vodostaj (plima) ter upadanje in najnižji vodostaj (oseka) morske gladine vplivata privlačni sili Lune in Sonca. Odvisno do položaja Zemlje glede na Luno in Sonce je njuna privlačna sila različna, zato govorimo o različno visokih in nizkih plimah in osekah. Plimovanje slovenskega morja je večinoma poldnevno, kar pomeni, da se večino meseca plima in oseka izmenjujeta na približno 6 ur, občasno pa sta izraziti tudi samo ena plima in oseka dnevno. Razliki v višini morja med plimo in oseko pravimo amplituda. Plimovanje je najvišje ob mlaju in ščipu, ko sta Sonce in Luna v konjunkciji oziroma opoziciji (Sonce, Luna in Zemlja so na isti premici) in se plimotvorni vplivi privlačnih sil obeh nebesnih teles seštevajo. Ob prvem in zadnjem kraju, ko je Luna pravokotno na smer Zemlja–Sonce, je plimovanje najšibkejše, saj se privlačni sili prej omenjenih nebesnih teles »odštevata« oziroma zmanjšujeta ena drugo. Agencija RS za okolje vsako leto izda napoved plimovanja (Prognoziranje ..., 2019), dejanske višine morja pa so potem zelo odvisne

**Dodatno na proces dvigovanja gladine oceanov vpliva povečevanje prostornine oziroma širjenje mase morske vode zaradi zviševanja temperature morske vode.**



**Slika 1:** Mareografska postaja v Kopru z označeno najvišjo izmerjeno gladino morja

**Spremljanje gladine morja v Sloveniji kaže dvig za 10 cm v zadnjih 50 letih oziroma 1,7 mm na leto.**

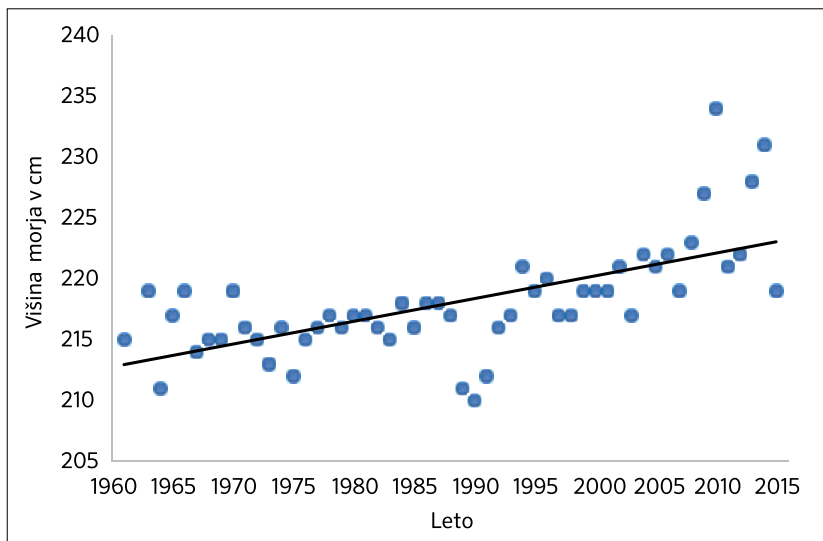
od zračnega tlaka, vetra in dolgoperiodičnega valovanja morja.

V obdobju 1961–2015 je bila srednja višina morja na mareografski postaji v Kopru (srednji obdobjni vodostaj) 218 cm. Srednje višine morja za posamezna leta so se gibale med 210 in 234 cm, največji odmik od obdobjne srednje vrednosti pa je bil leta 2010, ko je bil srednji letni vodostaj 234 cm ali 16 cm nad obdobjno srednjo vrednostjo (Slika 2). Srednja dnevna amplituda v Kopru je okrog 60 cm, ob vplivu ne astronomskih dejavnikov pa se lahko zelo poveča. Najvišja izmerjena višina gladine morja je bila 25. 11. 1969, ko je za 176 cm preseгла srednjo vrednost in je vodostaj znašal 394 cm (Podatki o dnevnih ..., 2015). Označena je s tablico najvišje gladine tudi na mareografski postaji Koper (Slika 1). Najnižja višina gladine morja je bila izmerjena februarja 1989 (102 cm), ko je bila 116 cm pod srednjo vrednostjo obdobja.

Spremljanje gladine morja v Sloveniji kaže dvig za 10 cm v zadnjih 50 letih oziroma 1,7 mm na leto, kar lepo prikazuje premica trenda (dolgoročna sprememba) na Sliki 2. V zadnjih 20 letih pa je dviganje celo večje od evropskega in svetovnega povprečja (Gladina morja ..., 2019).

## Predviden dvig morske gladine in poplave morja

Ob izrazito visokih plimah, ki se po navadi pojavijo v jesensko-zimskem obdobju ob ščipu ali mlaju ter ob prevladujočem vetru z jugovzhoda (jugo), ki potiska vodne mase proti Tržaškemu zalivu, se morska gladina močno dvigne in morje poplavi niže ležeče dele kopnega.



**Slika 2:** Srednje letne višine morja v Kopru v obdobju 1961–2015 in prikaz trenda (vir podatkov Podatki o dnevnih ..., 2015)

Tako imenovane poplave morja se pojavijo ob vodostaju 300 cm (Robič in Vrhovec 2002; Robič 2003) ali pri dvigu gladine za 82 cm nad srednjo vrednost. Pogosto, večkrat letno se pojavljajo poplave najnižjih delov kopnega, ob visokih in izjemnih plimah pa se njihov obseg in višina poplavne vode močno povečata. V opazovanem obdobju 1961–2015 je bilo od osem do največ 31 poplav letno, v vsem obdobju pa je višina morja kar 482 preseгла višino poplavljanja (Prognozirano ..., 2019). Manjše ali večje poplave morja so se pojavljale tudi pred opazovanim obdobjem in najbolj so jim izpostavljena območja nizke obale v Sečovljah, Piranu in Strunjanu (Kolega, 2005).

S predvidenim dvigom morske gladine od 50 do 100 cm v prihodnosti pa bodo izrazito višje gladine morja ob plimah, kar bo povzročilo pogostejše in obsežnejše poplave morja. Poplave bodo pogostejše zato, ker bo že ob srednjih plimah dosežen vodostaj poplavljanja, obseg pa se bo povečal zlasti ob izjemnih plimah, ko bodo poplavljeni tudi višji in od morja bolj oddaljeni predeli kopnega. Slovenska obala je večinoma visoka, zato bo poplavam izpostavljen le manjši del obalnega pasu, ampak prav ta, ki je v največji meri namenjen kulturni rabi (poselitev, turizem, promet, kmetijstvo). Obsežnejša poplavna območja bodo ob višjih plimah nastala na izlivih rek, kjer je nizka, akumulacijska obala. Če bodo izdatne padavine sovpadle z visokimi plimami, kar se pogosto zgodi v jeseni, bodo obale in spodnje dele dolin v slovenski Istri prizadele tudi obsežne poplave (Kovačič, Kolega in Brečko Grubar, 2016).

Za lažjo predstavo, kaj bi različne vrednosti dviga srednje višine morja pomenile ob različnih plimah, v Preglednici 1 prikazujemo višine morja ob srednji plimi, višji plimi, visoki plimi ali vsakoletnih poplavah ter izjemni plimi ali izjemnih poplavah. Pri sedanji višini morja niže predele slovenske Istre ogrožajo predvsem izjemne poplave. V primeru dviga morske gladine za 50 cm bosta srednja višina morja in višina ob srednji plimi še pod točko poplavljanja, ob višji plimi pa ne več, saj gladina seže 28 cm nad točko poplavljanja (vodostaj 328 cm). V tem primeru bi obseg poplav lahko primerjali z območji današnjih vsakoletnih poplav. Ob visoki plimi, ki je vzrok sedanjih vsakoletnih poplav (115 cm nad srednjo vrednostjo), bi bil vodostaj primerljiv z današnjim ob izjemnih poplavah (394 cm) in na niže ležečih delih obale bi bilo približno 80 cm vode. Torej bi imeli več izjemnih poplav letno, ob izjemni plimi, ki je vzrok za sedanje izjemne poplave (179 cm nad srednjo vrednostjo), pa bi bila gladina kar 144 cm nad točko poplavljanja (Kolega, 2009).

Če bi se morska gladina dvignila za 100 cm, bi bili najnižji deli kopnega ob plimi vedno poplavljeni in »suhi« le ob oseki. Ob srednji plimi bi višina morja dosegla vrednost 348 cm, kar pomeni skoraj 50 cm vode na najnižje ležečih delih obale, ob višji plimi pa kar 78 cm. Vsakoletne poplave bi presegle razsežnost današnjih izjemnih poplav in višina poplavne vode 130 cm. Ob izjemnih poplavah pa bi bilo na najnižje ležečih delih obale skoraj 200 cm vode.

**Preglednica 1:** Višine gladine morja danes in ob predvidenem dvigu (Kovačič, Kolega in Brečko Grubar, 2016)

Višine gladine morja	Zdaj	Dvig za 50 cm	Dvig za 100 cm
srednja višina gladine morja (cm)	218	268	318
višina gladine nad točko poplavljanja (300 cm) (cm)	0	0	18
srednja plima (+30 cm) (cm)	248	298	348
višina gladine nad točko poplavljanja (300 cm) (cm)	0	0	48
višja plima (+60 cm) (cm)	278	328	378
višina gladine nad točko poplavljanja (300 cm) (cm)	0	28	78
visoka plima, sedanje vsakoletne poplave (+115 cm) (cm)	333	383	433
višina gladine nad točko poplavljanja (300 cm) (cm)	33	83	133
izjemna plima, sedanje izjemne poplave (+179 cm) (cm)	397	447	497
višina gladine nad točko poplavljanja (300 cm) (cm)	97	147	197

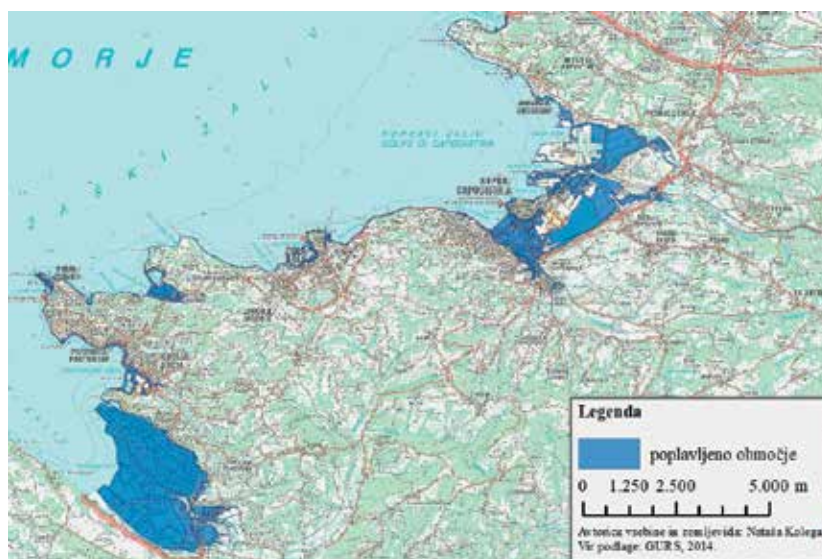
Pri prikazu posledic dviga gladine morja smo izbrali vrednosti višine gladine morja ob dvigu za 50 cm ob višji plimi ali vodostaju 328 cm in ob dvigu za 100 cm ob višji plimi ali vodostaju 378 cm na mareografski postaji Koper. Slika 3 prikazuje poplavljenе površine obalnega pasu ob dvigu srednje višine za 50 cm in ob višji plimi. Poplavljenno območje bi obsegalo 700 ha, toliko kot ob sedanjih vsakoletnih poplavah, s približno 25 cm vode na najnižje ležečih delih obale. Poplavljenna bi bila zemljišča ob nizki obali, v večjem obsegu v Strunjanskih in Sečoveljskih solinah. Pri tej višini vode bi bili ogroženi le redki stanovanjski objekti v Piranu.

Slika 4 prikazuje poplavljenе površine ob dvigu srednje višine morja za 100 cm in ob višji plimi, ki bi obsegale 1246 ha. Poplavljenno je



**Slika 3:** Poplavljenno območje v primeru dviga srednje višine morja za 50 cm in ob močnejši plimi

primerljivo z današnjim območjem izjemnih poplav, ogrožena bi bila pozidana območja nizke obale, prevladujoče visoke (klifne) obale pa bi bile veliko bolj izpostavljene erozijskemu delovanju morja. Razmeroma obsežno poplavljenno območje bi nastalo na območju Luke Koper, Bonifike v Koprju, kjer bi ob reki Badaševici segalo vse do naselij Olmo in Šalara, obalnega dela Izole, v Strunjanu pa bi obsegalo območji naravnega rezervata Stjuža in nižji del naselja. Tako kot današnje poplave morja bi tudi dvig gladine največ težav povzročal v Piranu, kjer je strnjeno pozidana nizka obala neposredno ob morju. Poplavljen bi bil velik del starega mestnega jedra. Na območju Bernardina in Portoroža bi bile poplavljenе predvsem plaže, v Luciji tudi



**Slika 4:** Poplavljenno območje v primeru dviga srednje višine morja za 100 cm in ob močnejši plimi

nekatera stanovanjska območja. Sečoveljske soline in njihova bližja okolica pa bi bile poplavljeni v celoti. Število poplavljenih stavb (hišnih naslovov) na območju slovenske Istre bi bilo 848, skupno število ogroženega prebivalstva pa približno 3800, od katerih jih največ živi v Kopru (Kovačič, Kolega in Brečko Grubar, 2016).

## Sklep

Čeprav sta si današnje poplavno območje ob izjemnih poplavah in območje, ki bi bilo poplavljeni ob dvigu srednje višine morja za 100 cm, po obsegu podobni, pa se po svojem učinku in posledicah močno razlikujeta. Izjemne poplave, kot so bile leta 1969, lahko opredelimo kot stoletne in jih je zato mogoče pričakovati razmeroma redko, izjemne poplave z nekoliko nižjo gladino, na primer 1. decembra 2008, pa vsakih nekaj desetletij. Dvig gladine morja bi, v nasprotju z omenjenimi poplavami, povzročil, da bi bil del obalnega pasu vzdolž nizke obale neprekinjeno pod morsk gladino, ob plimah, zlasti višjih in visokih, pa bi se poplavno območje zelo razširilo. Četudi bi bila ob nizkih osekah zemljišča suha, bi bila njihova raba zelo omejena in za kmetijstvo zaradi slanosti neprimerna. Dokončno bi »izginila« tudi zavarovana območja narave, mokrišča: Škocjanski zatok, Sečoveljske soline in Stjuža v Strunjanu.

Zaradi planetarnega segrevanja je dvig gladine morij neizbežen, zato bi se morali bolj resno posvetiti pripravi scenarijev, kako omiliti posledice ter kako zavarovati uporabne pozidane površine. Nujno bi bilo izdelati podrobno analizo razlivanja morja v primeru različnih dvigov gladine in predvideti obseg združenih poplavnih območij obalnih rek in morja. Ob dvigu gladine morja se bo namreč spremenilo izlivanje rek v morje, višje morje bo oviralo odtok voda s kopnega, spodnji deli dolin bodo zato bolj mokrotni, ob hkratnih poplavah rek in plimi pa bodo nastale velike sklenjene poplavne površine.

## Viri in literatura

1. Church, J. A., P. U. Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., Unnikrishnan, A. S. (2013). Sea Level Change. The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
2. Gladina morja v Kopru se dviga: do leta 2100 tudi do 95 centimetrov. Splet: <https://www.regionalobala.si/novica/gladina-morja-v-kopru-se-dviga-do-leta-2100-tudi-do-95-centimetrov-video> (dostopno 2. 7. 2019).
3. Kolega, N. (2005). Poplave morja na slovenski obali. Diplomsko delo. Koper: Fakulteta za humanistične študije Univerze na Primorskem.
4. Kolega, N. (2009). Medsebojno vplivanje kopnega in morja (Določanje značilnosti stika med kopnim in morjem s pomočjo lidarskih in sonarskih snemanj). Doktorsko delo. Koper: Fakulteta za humanistične študije Univerze na Primorskem.
5. Kovačič, G., Kolega, N., Brečko Grubar, V. (2016). Vpliv podnebnih sprememb na količine vode in poplave morja v slovenski Istri. Geografski vestnik 88-1.
6. Robič, M. (2003). Visoke plime v letih 2002 in 2003. Ujma 17-18.
7. Robič, M., Vrhovec, T. (2002). Poplavljanje morske obale. Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.
8. Podatki o dnevni višini morja na mareografski postaji Koper 1961–2015. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
9. Podatki o številu prebivalstva na hišne naslove, območje občin Koper, Izola in Piran. 2008. Centralni register prebivalstva. Ljubljana: Ministrstva za notranje zadeve.
10. Prognozirano plimovanje morja 2019. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje. Splet: <https://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2019.pdf> (dostopno 2. 7. 2019).
11. Thomson, Richard E., Emery, William, J. (2001). Data analysis methods in physical oceanography. Amsterdam: Elsevier.