



With the support by the EACEA, The EU Commission, Grant Decision 2013 - 2877 / 001 - 001

## The University of Maribor Jean Monnet Centre of Excellence

Working Paper No. 15/2015

### Klimatske spremembe: ogrožena obmorska mokrišča bo »povozil čas«

Danijel Ivajnšič (dok. kandidat na Univerzi v Mariboru - Fakulteti za naravoslovje in matematiko) in  
Dr. Mitja Kaligarič (redni profesor na Univerzi v Mariboru - Fakulteti za naravoslovje in matematiko)

June 2015

# Klimatske spremembe: ogrožena obmorska mokrišča bo »povozil čas«

Danijel Ivajnšič in Mitja Kaligarič

## Vsebina

I.	Obmorska mokrišča in njihov pomen.....	2
II.	Antropogeni vplivi na obmorska mokrišča.....	4
III.	Klimatske spremembe in obmorska mokrišča .....	5
IV.	Slovenska obmorska mokrišča .....	6
V.	Digitalni model reliefsa in dviganje morske gladine .....	9
VI.	Prihodnost slovenskih obmorskih mokrišč - model dviganja gladine in premene habitatov v Škocjanskem zatoku....	11
VII.	Zaključek.....	14
	Literatura .....	15

## I. Obmorska mokrišča in njihov pomen

Obmorske rastlinske združbe, pomembni habitati tudi za številne živali, so edini življenski prostori na Zemlji, podvrženi periodičnemu in napovedljivemu poplavljjanju – plimovanju. To je hkrati najbolj pomembna fizična lastnost teh sistemov kar vpliva na sukcesijski razvoj, vrstno sestavo, stabilnost in produktivnost teh obmorskih in brakičnih ekosistemov. Kjer koli naravni pogoji ob morski obali omogočajo razvoj semenk, uspevajo bodisi združbe mangrov ali slanoljubne vrste rastlin – halofiti, ki gradijo obmorska slana mokrišča. (Wiegert in Freeman, 1990).

Boorman (1995) definira obmorska mokrišča kot območja finih sedimentov v bibavičnem pasu, ki jih prenaša voda in stabilizira vegetacija (Boorman, 1995). Hkrati vegetacija zmanjšuje ponovno suspenzijo odloženega materiala, pri čemer se na površju mokrišča odlaga organska snov (Allen in Pye, 1992). Sočasno tako potekata akumulacija in rast korenin pod površjem. Seveda se pojavlja tudi usedanje odloženega materiala, pri čemer vsi ti procesi praviloma vodijo k počasnemu postopnemu kopljenju in stabilnosti sedimenta - to imenujemo prirast mokrišča; angl. *accretion*.

Za razvoj in rast obmorskih mokrišč so potrebni štirje elementi: relativno stabilno območje sedimentov, ki je krajši čas izpostavljen plimi; razpoložljiva zaloga ustreznih sedimentov v času plime; dovolj nizka hitrost vode za usedanje sedimentov; ter zaloga semen in drugih razmnoževalnih enot za vzpostavitev vegetacijskega pokrova. Kolonizacija obalnih muljastih polojev, značilnih za sedimentarne obale, kot je slovenska morska obala na izlivih Rižane (Koper) in Dragonje (Sečoveljske soline), je v veliki meri odvisna od naleta zadostne količine semen, ključnih za kolonizacijo s pionirskimi halofitnimi rastlinskimi vrstami (*Salicornia*, *Suaeda* ali trajnice iz rodu *Spartina*). Te rastline dobro prenašajo daljša obdobja pod morsko gladino. Z razvojem obmorskega mokrišča proces akumulacije novega materiala postopoma dviguje gladino mokrišča, relativno na srednji nivo morja, posledično pa se zmanjša pogostost in trajanje poplavljanja ob času plime. Tako je sčasoma omogočena kolonizacija rastlinam, ki so manj tolerantne do poplavljanja. Postopoma se razvijejo bolj kompleksne združbe rastlin »zrelega« obalnega mokrišča. Razvoj slednjega je odvisen od zaloge sedimentov in stopnje sedimentacije kar praviloma traja od 40 do 80 let (Boorman, 2003).

Razvoj obmorskih mokrišč poteka vzporedno z razvojem strukture prsti in mikroorganizmov. Slednja vključuje vzpostavitev populacij bakterij in gliv, ki so aktivne v biogeokemičnih procesih in nadzirajo razkroj organskih snovi ter krogotok rastlinskih hranil. Istočasno poteka funkcionalni razvoj obmorskega mokrišča; npr. izmenjava organske snovi in mineralnih hranil s sosednjimi rastlinskimi združbami (terestričnimi in morskimi).

Obmorska mokrišča v Sredozemlju v glavnem povezujemo z deltami rek (npr. Rodan, Ebro, Nil in Pad) kjer je znižanje morske gladine pred 7000 do 6000 leti dovoljevalo hitro progradacijo delt, odvisno od aluvialnih sedimentnih zalog zaledja (Vella in sod., 2005). Podobno kot pri delti Mississipija se tudi mediteranski sistemi posedajo, zato se mnogo obalnih mokrišč v tej regiji sooča s povečano stopnjo relativnega dviga morske gladine (Day in sod., 1995). Delta reke Rhône (La Camargue) je eno najpomembnejših še preostalih naravnih območij v tej regiji. Naravno halofitno vegetacijo tukaj, namesto zelnatih rastlin iz rodu *Spartina*, sestavljajo nizke grmičaste trajnice. Značilne združbe obmorskih mokrišč tukaj tvorijo vrste kot so *Sarcocornia fruticosa* in *Arthrocnemum macrostachyum* v spodnjem pasu mokrišča; *Limonium virgatum*, *Limonium girardianum*, *Frankenia pulverulenta* in *Artemisia galla* v vmesnem pasu; in *Juncus* spp. v zgornjem pasu mokrišča (Chapman, 1960).

V obmorskih mokriščih obstajajo štirje glavni pasovi in zgornja prehodna cona, pri čemer se lahko eden ali celo več izmed njih, ne pojavlja v nobenem območju. Ti pasovi temeljijo na režimu

plimovanja in lahko sovpadajo z razporeditivjo rastlinskih vrst. Redko razlikujemo tudi redko porasle ali neporasle muljaste poloje in pionirska mokrišča.

Pomembnost obmorskih mokrišč za živali in rastline je poznana že mnogo let. Pestrost flore in favne je rezultat interakcije dveh habitatov, tj. morskega in kopenskega (Daiber, 1986). Številni zalivi v obmorskih mokriščih zagotavljajo ustrezeno mesto za drstenje ali gojenje različnih ribjih vrst (Costa et al. 1995). Hkrati so obmorska mokrišča mesto prehranjevanja, počivanja in gnezdenja številnim vrstam ptic (Cadwalladr et al., 1972, Greenhalgh, 1975, Burger, 1977). Vloga obmorskih mokrišč kot ustrezen habitat za ptice, je še posebej pomembna na območjih, kjer so ekstenzivne travnike skoraj v celoti zamenjale intenzivno obdelane kmetijske površine.

Rezultat interakcij med hidrodinamiko, nadmorsko višino in vegetacijo v obmorskih mokriščih je z obalo vzporedna zonacija rastlin, ki je pod drobnogledom mnogo bolj kompleksna in prostorsko dinamična zaradi mikromorfologije površja.

## II. Antropogeni vplivi na obmorska mokrišča

Obalni habitati, še posebej na gosto poseljenih evropskih obalah, so že sedaj močno ogroženi s strani hitrih krajinskih sprememb v zadnjih desetletjih, kot posledica človekove aktivnosti. Dandanes urbanizacija, kmetijstvo in turizem (skupaj z relativnim dvigom morske gladine) predstavljam veliko grožnjo za obalna mokrišča, ponekod pa so le-ti že povzročili uničenje večine ogroženih habitatov kakršni so obalne sipine (Van der Meulen in Salman, 1996).

Obmorska mokrišča nemalokrat delujejo kot filter za najrazličnejša polutante. Te lahko razdelimo v tri skupine: kmetijske kemikalije, industrijske kemikalije ter tiste substance, ki prispevajo k obogativi estuarjev in obalnih voda z nutrienti. Vpliv kmetijskih kemikalij na organizme je težko oceniti, saj se ti pojavljajo v premajhnih koncentracijah, da bi lahko dokazali njihov učinek na rastlinske in živalske vrste. Visoke koncentracije nutrientov kot sta dušik in fosfor lahko povzročita evtrofikacijo obalnih voda. Slednje lahko povzroči rast nekaterih hitro rastočih alg (Pederson in Borum, 1996) v obalnih mokriščih. Opazovanja so pokazala, da prevlake alg lahko dušijo kalitev in rast osočnika (*Salicornia*) in drugih pionirskih vrst v obmorskih mokriščih (Boorman, 2003). Prav to se dogaja v Škocjanskem zatoku v poletnih mesecih, ko temperature dosežejo ekstremne vrednosti in se laguna tudi ponoči ne ohlaja.

### III. Klimatske spremembe in obmorska mokrišča

Številne študije so potrdile, da ima dviganje morske gladine kot posledica podnebnih sprememb velik vpliv na našo moderno družbo (Church in sod., 2011; Nicholls, 2011). Pričakujemo, da se bo v 21. stoletju povprečna gladina morja dvigovala mnogo hitreje kot v 20. stoletju, ne glede na to, da številni globalni podnebni modeli napovedujejo regionalno neenotne spremembe morske gladine (Gregory in sod., 2001; IPCC, 2007; Carbognin in sod., 2010; Church in sod., 2011). Relativni dvig morske gladine je že prepoznan kot resna grožnja za obalna mokrišča po svetu, zlasti ob nižje ležečih sedimentnih morskih obalah, kjer je predvideno pogostejše poplavljajanje ali pa vertikalni umik habitatov.

Približno 50% obmorskih mokrišč po svetu je že izgubljenih ali degradiranih (Adam, 2002). Nicholls in sodelavci (1999) napovedujejo, da bo vpliv relativnega dviga morske gladine še posebej izrazit v regijah kot sta Sredozemlje in Baltik, kjer bi lahko obalna mokrišča v celoti izginila do leta 2080. Ta pojav predstavlja velik izviv za razvoj stroškovno učinkovitih načrtov za ohranitev biodiverzitete obmorskih mokrišč (Runting in sod., 2013), še posebej kadar imamo v mislih ponovno vzpostavitev ali rekonstrukcijo vseh habitatov, ki bodo izgubljeni (Mossman in sod., 2012).

Relativni dvig morske gladine ne bo vplival le na ciljne habitate in njihovo halofitno floro, temveč lahko skupaj z intenzivnejšim poplavljjanjem obale, erozijo in vdorom slane vode v estuarje, delte in vodonosnike prav tako vodi do izgub tako gnezdišč različnih ptic kot tudi drugih morskih živalskih vrst (McLean in sod., 2001; Lombard in sod., 2003; Fuentes in sod., 2010). Obalna mokrišča so v preteklosti prilagajala svojo obliko in velikost glede na spreminjačo se morsko gladino (Rutting in sod., 2013). Tako lahko počasno absolutno zvišanje nivoja mokrišča, glede na dviganje morske gladine, povzroči migracijo habitatov proti kopnemu. Posledično se lahko spremeni skupna površina in vrstna sestava mokrišča, ki je odvisna od lokalne geomorfologije in antropogenih ovir (Morris in sod., 2002; French in Birmingham, 2003). V nižje ležečih sedimentnih obalnih mokriščih ali tistih, ki so podvrženi intenzivnejši subsidenci (posedanju) površja, je prag toleriranja relativnega dviga morske gladine toliko nižji (Britsch in Dunbar, 1993; Morris in sod., 2002). Prav zaradi omenjenih groženj in pritiskov so trenutna območja dragocenih sedimentnih obal, ki so zatočišče prednostnim habitatom in s tem ogroženim rastlinskim in živalskim vrstam, omejena na sedanja zavarovana območja. Le-ta pa običajno mejijo na številne ceste, nasipe, kanale, intenzivno kmetijstvo (značilnost nižin) in urbana območja. Na ta način nadomestitev

kopenske migracije ciljnih halofitnih habitatov evropskih obal z območji, ki so brez fizičnih barier in omogočajo premik teh ekosistemov, ni preprosta (Chu-Agor in sod., 2011). Nekateri avtorji so ta pojav poimenovali „*coastal squeeze*“ (Bayliss in sod., 1997).

Relativni dvig morske gladine je kompleksen proces, ki vključuje veliko dejavnikov, ki lahko povzročijo spremembe v morfologiji obalne: zaloga sedimentov, energija plimovanja, valovanje, ekstremni vremenski dogodki (Cooper in sod., 2011), ter ponekod tudi, ugrezanje (subsidenca) površja (Lambeck in sod., 2004; Church in sod., 2008). Pospešeno dvigovanje morske gladine je tako že postal globalen problem. Projekcije relativnega dviga morske gladine se po svetu močno razlikujejo (Church in sod., 2008); še posebaj za Sredozemsko morje (Cazenave in sod., 2002; Fenoglio-Marc, 2002). Zato so edina ustrezna podlaga za zanesljive napovedi relativnega dviga morske gladine lokalne meritve na dejanskem obravnavanem območju.

Meritve o povprečni višini morja v severnem Jadranu beležita mareografski postaji Koper in Trst. Čeprav velja prepričanje, da je trenuten ter predviden dvig morske gladine v glavnem posledica toplotne ekspanzije oceanov, taljenja kopenskih ledenih mas in ledenih gor (Akumu in sod., 2011), moramo pri tem upoštevati še druge dejavnike, zlasti na lokalnem nivoju. Lambeck in sodelavci (2004) poudarjajo, da več morfo- in litostratigrafskih kazalcev kaže na dinamične tektonske premike v Italiji in drugod po Sredozemlju, kar zagotovo vpliva na napovedi relativnega dviga morske gladine. Obalno območje severnega Jadranskega morja se ugreza s povprečno hitrostjo 0.15 mm na leto (Lambeck in sod., 2004). Ta proces po eni strani pospešuje transgresijo morja vendar se po drugi strani kompenzira z dotokom in sedimentacijo rečnih naplavin v morje. Stopnja sedimentacije v Tržaškem zalivu (Koprski in Piranski zaliv) je dokaj visoka, sodeč po meritvah aktivnosti izotopa  $^{210}\text{pb}$  v površinskih sedimentih, ki so razkrili trend 5.3 mm na leto (Ogorelec in sod., 1991). Podoben trend so že izračunali Ogorelec in sodelavci (1984) z uporabo pelodnih analiz, tj. približno 5 mm na leto.

## IV. Slovenska obmorska mokrišča

Sedimentna slovenska obala je nastala kot posledica erozije fliša kot matične podlage na tem območju in nanosa rečnih naplavin v morje. V preteklosti so tukaj ponekod nastale soline ali pa so te površine kasneje izsušili (koprsko »Bonifika«). Nekateri deli te obale so danes opuščeni ali pa so celo umetno povečani (Kaligarič in Škornik, 2006). Tako so na majhni slovenski obali nastala tri zavarovana obmorska mokrišča: Krajinski park Sečoveljske soline, Naravni rezervat Škocjanski

zatok ter Naravni rezervat Stjuža in Strunjanske soline. Prav Sečoveljske soline in Škocjanski zatok sta bili glavni območji obravnave v naši raziskavi.



Slika 1: Geografski položaj območij proučevanja (A); Krajinski park Sečoveljske soline (KPSS) (B) in Naravni rezervat Škocjanski zatok (ŠZ) (C).

Krajinski park Sečoveljske soline je bil ustanovljen leta 1992 in pokriva 650 ha površine. Razdeljen je na severni (Lera) in južni del (Fontanigge) z vodotokom Drnica (Slika 1B). Aktivna pridelava soli poteka danes le še v predelu Lere. Kljub temu, da so soline produkt človekovega gospodarjenja z naravo od zgodnjega Srednjega veka naprej, danes predstavljajo mozaik naravnih življenjskih okolij, zavarovanih pod okriljem sistema Natura 2000. Tako v Sečoveljskih solinah najdemo 5 različnih terestričnih Natura 2000 habitatov (habitatov, ki so po Habitatni Direktivi kvalifikacijski za razglasitev območja Natura 2000): 1. Muljasti in peščeni poloji brez vegetacije višjih rastlin (koda 1140); 2. Sredozemska obmorska mokrišča z ločjem (koda 1410) - red *Juncetalia maritima* (zveza *Juncetum maritimi-acuti*); 3. Muljaste morske obale s prevladujočim metličjem (koda 1320) - zveza *Spartinion maritimae* (asociacija *Limonio-Spartinetum maritimae*); 4. Poplavljani muljasti poloji s sredozemskimi sestoji slanuš enoletnic v katerih prevladuje osočnik (koda 1310) - razred *Thero-Salicornietea*: asociacije *Suaedo maritime-Salicornietum patulae* in *Salicornietum emericii*); 5. Sredozemski sestoji slanuš trajnic na muljastih polsuhih tleh (koda 1420) – razred *Sarcocornetea fruticosi* (asociacije *Puccinellio- Sarcocornetum*, *Puccinellio-Halimionetum fruticosae* in *Limonio angustifoliae-Artemisietum caerulescentis*).

Drugo zavarovano območje je Naravni rezervat Škocjanski zatok, 122 ha veliko sredozemsko mokrišče in hkrati največje polslano (brakično) močvirje v Sloveniji, ki je izjemnega pomena zaradi bogate favne in flore. Naravni rezervat je postal leta 1998, danes pa ga poznamo pod imenom »Zeleno srce Kopra«, saje si je narava, po obnovi v letu 2007, opomogla. Na območje Škocjanskega zaliva in kasneje zatoka s širšo okolico je že od antike naprej posegal človek in ga sooblikoval skupaj

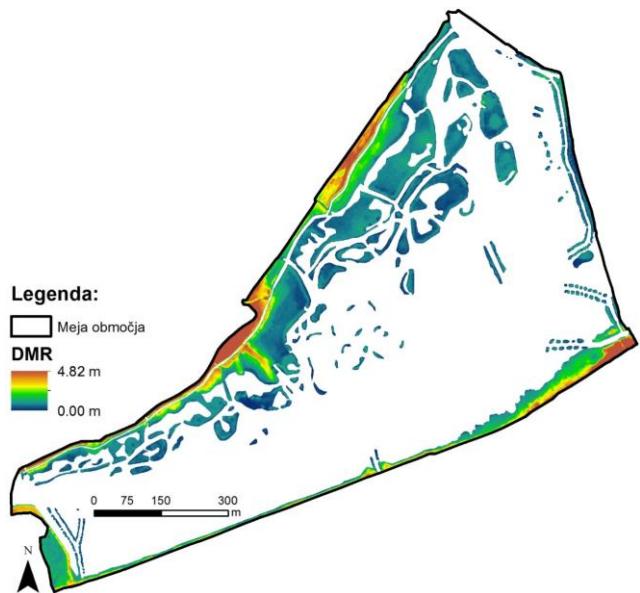
z naravnimi dejavniki (Šalaja in sod. 2007). Človekov poseg v Škocjanski zatok je bil zelo intenziven po letu 1980, ko je lokalna oblast pričela z uresničitvijo prostorskega načrta, ki je predvideval popolno zasutje Škocjanskega zatoka na račun gradnje koprskega pristanišča. Namesto rek, ki so ga nekdaj bogatile s svežo vodo, so vanj speljali komunalne in druge odplake, ga z vseh strani zasuli z odpadki in na koncu v laguno prečrpali skoraj tristo tisoč kubičnih metrov usedlin iz sosednjega pristanišča (Šalaja in sod. 2007). Leta 2007/2008 se je zaključila obsežna obnova rezervata, ki je obsegala predvsem ureditev in povečanje sladkovodnih, morskih in brakičnih oziroma polslanih življenskih okolij. V tem okviru so nastali umetni muljasti otoki in polotoki na različno niveliranih nadmorskih višinah z ciljnimi terestričnimi Natura 2000 habitatati (našteti zgoraj).



Slika 2: Razvoj Škocjanskega zatoka med leti 1821 in 2012 (Vir: GURS, 2010; Šalaja in sod. 2007; <http://mapire.eu/en/>)

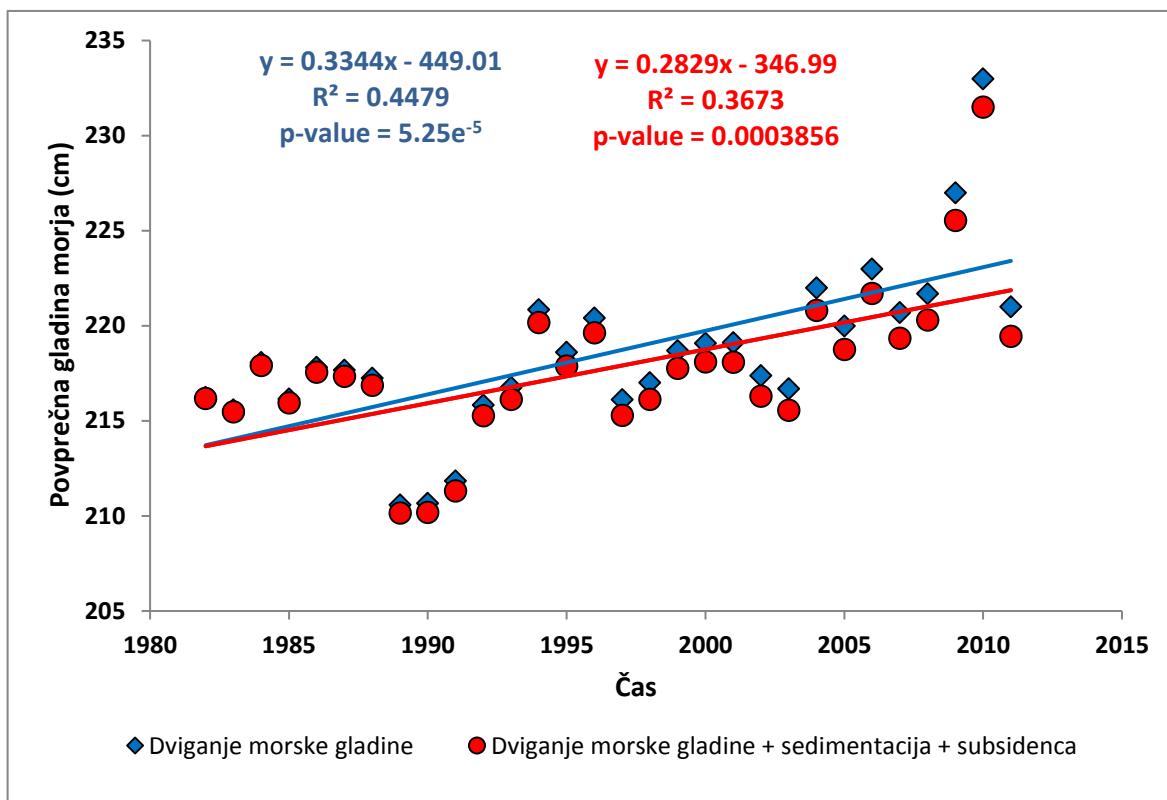
## V. Digitalni model reliefa in dvigovanje morske gladine

Posnetki s tehnologijo LIDAR, kalibrirani s klasičnimi geodetskimi meritvami, so omogočili izdelavo digitalnega modela reliefa (DMR) v horizontalni resoluciji 0.5 m tako v Škocjanskem zatoku kot v Sečoveljskih solinah. Višinski razpon v območju raziskave Škocjanskega zatoka je znašal 4.82 m, v Sečoveljskih solinah pa med -0.12 in 2.24 m.



Slika 3: Primer digitalnega modela reliefsa v ŠZ

Podatki za dviganje morske gladine izvirajo iz mareografske postaje Koper za zadnje 30-letno obdobje, ki smo jih umerili z povprečnim trendom sedimentacije in subsidence površja. Podatki nakazujejo hitrost dviganja morske gladine za 0.28 cm na leto (Slika 4). Tako lahko napovemo, da se bo morska gladina v Tržaškem zalivu v primerjavi z zadnjim pridobljenim podatkom o povprečni gladini morja (2011), dvignila za 5 cm do leta 2020, za 11 cm do 2040, za 16 cm do 2060, za 22 cm do 2080 in za 28 cm do leta 2100. Posodobljene globalne napovedi (IPCC AR4) predvidevajo v najhujšem primeru (scenarij A1FI; 95-percentil) relativni dvig morske gladine celo za 75 cm do leta 2100 v primerjavi z letom 2010.



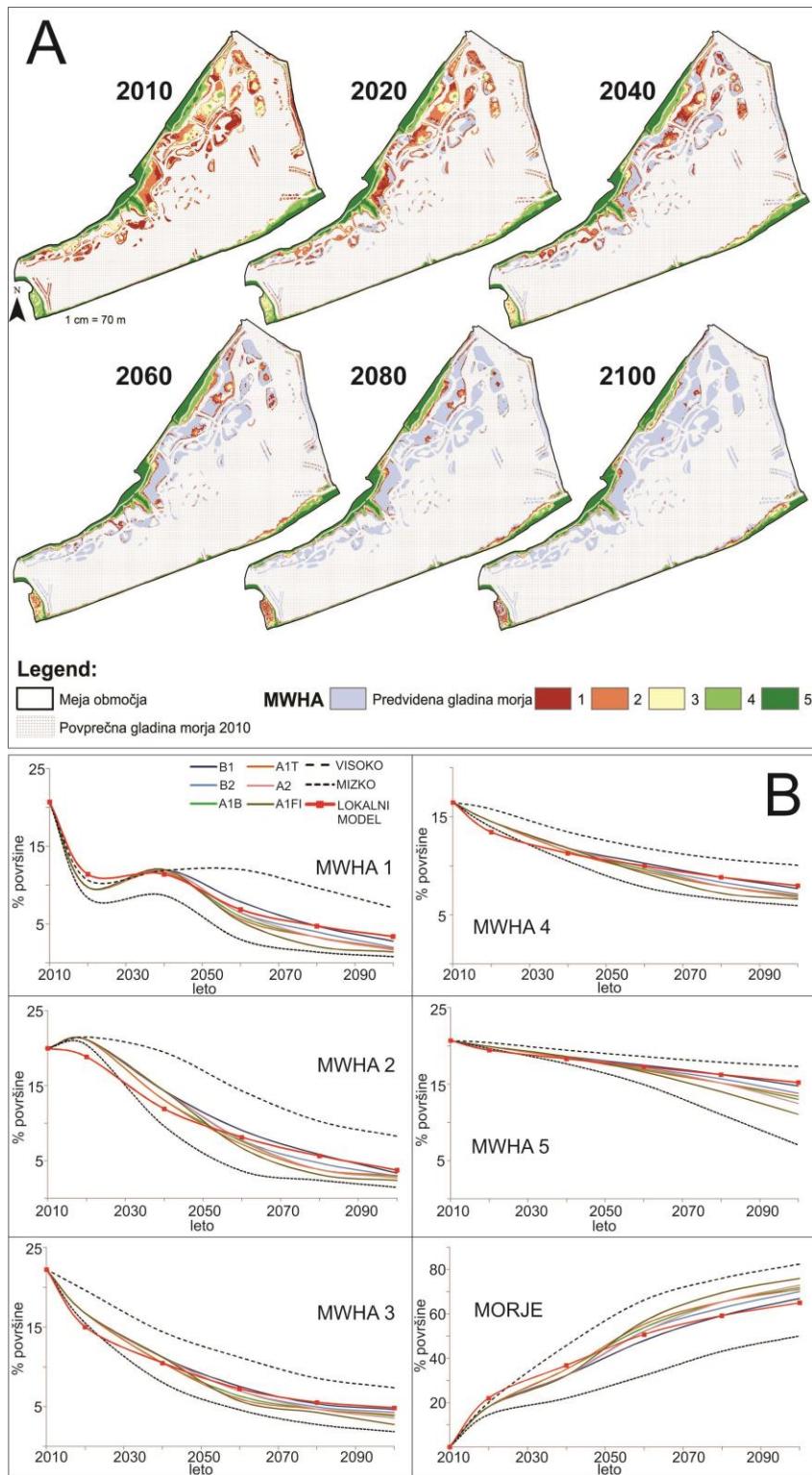
Slika 1: Dviganje morske gladine od 1982 do 2011 (0.33 cm/leto; modra premica) v Kopru (ARSO 2011) ter s sedimentacijo (0.053 cm/leto) in subsidenco (0.0015 cm/leto) prilagojeni trend.

## VI. Prihodnost slovenskih obmorskih mokrišč - model dvigovanja gladine in premene habitatov v Škocjanskem zatoku

Z natančnim digitalnim modelom reliefa (DMR) lahko modeliramo premene habitatnih tipov glede na klimatsko pogojeno dviganje morske gladine. Oblikujemo lahko t.i. Wardove habitatne aggregate (»MWHA«), ki hkratin (obenem) predstavljajo mikro-nadmorsko višino obravnavanega območja (a) in habitatni tip (b). Validacija modela s primerjavo dejanske karte habitatnimi tippv (zajete na terenu) in z višinskimi intervali determinirane karte habitatnih tipov (»MWHA«) je pokazala visoko stopnji statističnega ujemanja. Tako lahko poenostavimo habitatne tipe v skupine »WMHA«, ki jih je 5 in si sledijo v gradientu višanja mikro-nadmorske višine. V Škocjanskem zatoku bo habitat »MWHA1«, ki je mozaik polojev brez vegetacije in halofitnih enoletnic razvitih v bližini morja, hitro izgubljal na površini do leta 2020, nato pa ostal konstanten do leta 2040 ko bo, po lokalni prognozi relativnega dviga morske gladine, pokrival le 12% površine v Škocjanskega zatoka (Slika 5). Do leta 2080 oziroma 2100 lahko habitat »MWHA1« nazaduje do vsega 3% površine v Škocjanskem zatoku. Tudi globalne modelne napovedi dviga morske gladine mu napovedujejo

podobno usodo. Halofitne trajnice v večini združene v habitat »MWHA2«, ki po višinskem gradientu sledi »MWHA1«, bodo izgubile 17% površine v Škocjanskega zatoka; polovico tega do leta 2040 (Slika 5). Tudi v tem primeru lokalna napoved relativne dviga morske gladine napoveduje do leta 2050 bolj drastične spremembe površine kot obravnavani globalni scenariji. Napovedana prostorska razporeditev habitata »MWHA3« (pretežno zaplate trstičevja *Phragmites australis*) se bo postopoma zmanjševala po površini od današnjih 22% do 5% v letu 2100, če upoštevamo lokalni trend dviganja morske gladine. Po globalnih scenarijih bo Škocjanski zatok do leta 2040 izgubil manj površin MWHA3, ki pa se bodo nato intenzivneje umikale v drugi polovici 21. stoletja. Podoben rezultat v tem primeru kaže vseh šest IPCC AR4 SRES scenarijev. Za habitat »MWHA4« je napoved spremenjanja površine v Škocjanskem zatoku bolj ali manj linearnejša saj slednjega sestavlajo habitatni tipi, ki so neodvisni od višinskega gradiента. Površina »MWHA4« je z časom vedno bolj stisnjena med dvigajoče se morje in infrastrukturo v okolici. Posledično so rezultati spremenjanja površine habitata »MWHA4«, ob upoštevanju tako lokalnega kot globalnih scenarijev dviga morske gladine, zelo podobni. Proces »coastal squeeze« je še intenzivnejši v primeru habitata »MWHA5« (v glavnem prehodne oblike vegetacije s submediteranskimi grmišči). Izguba površine v prihodnosti je rezultat nezmožnosti nadaljnje kopenske migracije zaradi omejitve zavarovanega območja z infrastrukture, kmetijstvom ipd.

Če povzamemo; predvidene spremembe površin posameznih habitatov »MWHA 1-5« po lokalnem trendu dviganja morske gladine so v prvi polovici 21. stoletja primerljive z globalnimi scenariji. Na splošno velja, da so prognoze relativnega dviga morske gladine in posledičnega spremenjanja zavarovanih HT še kako pomembne ter veljajo za resno opozorilo posebno za zavarovana obalna območja na splošno, ne le za Škocjanski zatok oziroma za Sečoveljske soline.



Slika 5: Dejanska in predvidena prostorska razporeditev MWHA v Škocjanskem zatoku glede na lokalni trend ali globalne napovedi dviganja morske gladine. Prekinjene črte predstavljajo 5. in 95. percentilni rang (nizko, visoko) dviga morske gladine po globalnih napovedih, polne črte prikazujejo povprečne vrednosti.

## VII. Zaključek

Skupina znanstvenikov je v poročilu o oceni ekosistemov v novem tisočletju (angl. *The Millennium Ecosystem Assessment*) (MEA, 2005) prepoznala podnebne spremembe kot največjo prihajajočo grožnjo za biotsko raznovrstnost večine biomov na Zemlji. Podnebne spremembe so tako postale nujno vprašanje in eden glavnih bodočih izzivov naravovarstvenikov. Tako postaja identifikacija varnih potencialnih niš, z vidika dolgoročnih podnebnih sprememb, ki spreminja vzorce in procese v naravnih ekosistemih, vse pomembnejša za ohranjanje biodiverzitete vrst in habitatov.

Glede na prognoze modela lahko sklepamo, da relativni dvig morske gladine predstavlja resno grožnjo za obalna mokrišča v Severnem Jadranu. Slednja bodo posledično potrebovala nove protiukrepe oziroma prilagojeno upravljanje, ki bi lahko šlo v tri smeri, odvisno od naravnih značilnosti vsakega območja.

Najprimernejši protiukrep je preprosta uporaba varovalnih pasov (angl. *buffer zone*) v neposredni okolini mokrišč. Le-ti niso na razpolago povsod, čeprav imajo takšne površine nekatera zavarovana območja danes že načrtovana. Varovalne pasove je potrebno pripraviti za kolonizacijo novih habitatov vnaprej, tj., odstranitev lesnih ali ruderálnih vrst in priprava nivoja površja na mikro-višino ciljnega habitata. Gradnja majhnih umetnih otokov ali polojev je najbolj preprost in enostaven ukrep na plitvi sedimentni obali. Otoke je potrebno nivelirati na ustrezno višino ciljnega habitata in ob robih utrditi z lesenimi piloti. Oblikovno jih je smiselno prilagoditi tako, da so videti čim bolj naravno, še posebej kadar jih lociramo v naravne zalive lagun. Regulacija višine morja je manj pogosta možnost, uporabljeni le v primerih, ko so na razpolago ustrezni pogoji, na območji z ciljnimi obmorskimi habitatimi, za izgradnjo umetne bariere (zapornice). Ta pristop, ki je podoben izgradnji polderjev, se je izkazal za zelo uporabnega v Krajinskem parku Sečoveljske soline; nekatere površine pod nivojem morja v zapuščenem predelu solin (Fontanigge) so bile umetno zaprte ter kasneje spontano kolonizirane z vegetacijo halofitnih trajnic. Ideja je, da z uporabo nasipov prekinemo dotok morske vode do ciljnih površin, ki so na ustrezni mikro-nadmorski višini. Pri obeh obravnavanih zavarovanih obmorskih mokriščih so vsi trije opisani protiukrepi možni, vendar le v določenih kombinacijah prilagojenih na naravne pogoje posameznega.

Vendar se čas izteka! V Sečoveljskih solinah so prve ukrepe že izvedli v obliki izsušitve nekaterih nekdanjih solnih polj in okopnitvami v obliki muljastih »otočkov«. Trenutno potekajo raziskave v Beneški laguni, kjer gre za širše dimenzije. Ob pogrezanju površja in dvigovanju gladine, ki potaplja

Benetke, le malokdo pomisli na habitate, ki so bili tam mnogo prej, preden je »La Serenissima« sploh nastala. Nastala je v prav na muljastih polojih in otočkih lagune, zato je pomen obmorskih mokrišč v Beneški laguni še toliko večji, saj predstavlja naravno in kulturno dediščino.

## Literatura

- Adam, P. (2002). Saltmarshes in a time of change. *Environ Conserv* 29: 39–61.
- Akumu, C.E., Pathirana, S., Baban, S., Buche, D. (2011). Examining the potential impacts of sea level rise on coastal wetlands in northeastern NSW, Australia. *J Coast Conserv* 15: 15–22.
- Allen, J.R.L. in Pye, K. (1992). Coastal saltmarshes: their nature and importance. In Saltmarshes: Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance (eds J R L Allen and K Pye), str.1–18. Cambridge University Press.
- Bayliss, B., Brennan, K., Elliot, I., Finlayson, M., Hall, R., House, T., Pidgeon, B., Walden, D. Waterman, P. (1997). Vulnerability assessment of predicted climate change and sea level rise in the Alligator Rivers region, Northern Territory, Australia, *Supervising Scientist Report* 123. Supervising Scientist, Canberra.
- Boorman, L.A. (1995). Sea level rise and the future of the British coast. *Coastal Zone Topics. Process, Ecology and Management* 1: 10-13.
- Boorman, L.A. (2003). Saltmarsh Review. An overview of coastal saltmarshes, their dynamic and sensitivity characteristics for conservation and management. *JNCC Report*, No. 334. Peterborough.
- Britsch, L.D., Dunbar, J.B. (1993). Land loss rates: Louisiana coastal plain. *J Coast Res* 9: 324-338.
- Burger, J., Shisler, J., Lesser, F.H. (1977). Avian utilisation on six saltmarshes in New Jersey. *Biological Conservation* 18: 187–211.
- Cadwalladr, D.A., Owen, M., Morley, J.V. in Cook, R.S. (1972). Widgeon (*Anas penelope* L.) conservation and salting pasture management at Bridgwater Bay National Nature Reserve, Somerset. *Journal of Applied Ecology* 9: 417-425.
- Carbognin, L., Tetini, P., Tomasin, A. in Tosi, L. (2010). Global change and relative sea level rise at Venice: what impact in term of flooding. *Clim Dyn* 35:1039-1047.
- Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K. in Toumazou, V. (2002). Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges. *Glob Planet Chang* 34: 59-86.
- Chapman, V.J. (1960). Saltmarshes and Salt Deserts of the World. Hill, London.
- Church, J.A., White, N.J., Aarup, T. in Wilson, W.S. (2008). Understanding global sea levels: past, present and future. *Sustain Sci* 3: 9-22.

- Church, J.A., Gregory, J.M., White, N.J., Platten, S.M., Mitrovica, J.X. (2011). Understanding and projecting sea level change. *Oceanography* 24 (2): 130-143.
- Cooper, J.A.G., McKenna, J., Jackson, D.W.T., O'Connor, M. (2011). Mesoscale coastal behavior related to morphological selfadjustment. *Geology* 35: 187-190.
- Costa, M.J., Lopes, M.T., Domingos, I.M., Almeida, P.R., Costa, J.L. (1995). Portuguese Fauna Working Group – Tagus and Mira sites. In The Effects of Environmental Change on European Saltmarshes: Structure, Functioning and Exchange Potentialities with Marine Coastal Waters. Volume 3 (ed. J C Lefevre), str. 95-174. University of Rennes.
- Chu-Agor, M.L., Munoz-Carpena, R., Kiker, G., Emanuelsson, A. in Linkov, I. (2011). Exploring vulnerability of coastal habitats to sea level through global sensitivity and uncertainty analyses. *Environ Model Softw* 26: 593-604.
- Daiber, F.C. (1986). Conservation of tidal marshes. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York: 341.
- Day Jr., J.W., Pont, D., Hensel, P.F., Ibanes, C., 1995. Impacts of sea-level rise on deltas in the Gulf of Mexico and the Mediterranean: the importance of pulsing events to sustainability. *Estuaries* 18: 636-647.
- Fenoglio-Marc, L. (2002). Long-term sea level change in the Mediterranean Sea from multi-satellite altimetry and tide gauges. *Phys Chem Earth* 27: 1419-1431.
- French, J.R., Burningham, H. (2003). Tidal marsh sedimentation versus sea-level rise: a Southeast England Estuarine Perspective. In: Proceedings Coastal Sediments '03, Sheraton Sand Key, Clearwater, Florida.
- Fuentes, M., Limpus, C.J., Hamman, M., Dawson, J. (2010). Potential impacts of projected sea-level rise on sea turtle rookeries. *Aquat Conserv* 20: 132-139.
- Gregory, J.M., Church, J.A., Boer, G.J., Dixon, K.W., Flato, G.M., Jakett, D.R., Lowe, J.A., O'Ferrell, S.P., Roeckner, E., Russell, G.L., Stouffer, R.J. in Winton, M. (2001). Comparison of results from several AOGCMs for global and regional sea-level change 1900–2000. *Clim Dyn* 26: 379-391.
- Greenhalgh, M.E. (1975). The breeding birds in the Ribble estuary saltmarshes. *Nature in Lancashire* 5:11–19.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Climate change 2007. Synthesis Report. *IPCC*, Geneva.
- Kaligarič, M. in Škornik, S. (2006). Halophile vegetation of the Slovenian seacoast: Thero-Salicornietea and Spartinetalia maritimae. *Hacquetia* 5: 25-36.
- Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A., Silenzi, S. (2004). Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 year. *Quat Sci Rev* 23: 1567-1598.
- Lombard, A.T., Cowling, R.M., Pressey, R.L., Rebero, A.G. (2003). Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic region. *Biol Conserv* 112: 45–62.

- McLean, R.F., Tsyban, A., Burkett, V., Codignotto, J.O., Forbes, D.L., Mimura, N., Beamish, R.J. in Ittekkot, V. (2001). Coastal zones and marine ecosystems. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability Cambridge, UK and NY, USA.
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, DC: Island Press; 2005.
- Morris, J.T., Sundareshwar, P.V., Nielch, C.T., Kjerfve, B., Cahoon, D.R. (2002). Response of coastal wetlands to rising sea level. *Ecology* 83 (10): 2869-2877.
- Mossman, H.L., Davy, A.J., Grand, A. (2012). Does managed coastal realignment create saltmarshes with 'equivalent biological characteristics' to natural reference sites? *J Appl Ecol* 49: 1446–1456.
- Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M.J., Marchand, M. (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Glob Environ Chang* 9: 69–87.
- Nicholls, R.J. (2011). Planning for the impacts of sea level rise. *Oceanography* 24 (2): 144–157.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Faganeli, J., Sercelj, A., Cimerman, F., Dolenc, T. in Pezdič, J. (1984). Quaternary sediment from borehole V-3 in the bay of Koper. *Slov Morje Zaledje* 6–7: 165–186.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Faganeli, J. (1991). Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): sedimentological aspects. *Mar Geol* 99: 79–92.
- Pederson, M.F. in Borum, J. (1996). Nutrient control of algal growth in estuarine waters. Nutrient limitation and the importance of nitrogen requirements and nitrogen storage among phytoplankton and species of macroalgae. *Marine Ecology progress series* 142: 262–272.
- Runting, R.K., Wilson, K.A., Rhode, J.R. (2013). Does more mean less? The value of information for conservation planning under sea level rise. *Glob Chang Biol* 19: 352–363.
- Šalaja, N., Mozetič, B., Kaligarič, M., Marčeta, B., Lipej, L., Lipej, B. (2007). OAZA na pragu Kopra. Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije DOPPS. Ljubljana.
- Van der Meulen, F., Salman, A.H.P.M. (1996). Management of Mediterranean coastal dunes. *Ocean Coast Manag* 30 (2–3): 177–195.
- Vella, C., Fleury, T.J., Raccasi, G., Provansal, M., Sabatier, F. in Bourcier, M. (2005). Evolution of the Rhone delta plain in the Holocene. *Mar. Geol.* 235–265.
- Wiegert, R.G., Freeman B.J. (1990). Tidal Salt Marshes of the Southeast Atlantic Coast: A Community Profile. *Biological Report* 85(7.29). Washington DC.