

PROJEKT HRVATSKE ZAKLADE ZA ZNANOST I EUROPSKOG SOCIJALNOG FONDA

# Održiva gradnja nasutih plaža Beachex 2019-2023

PRIPREMIO:

Izv.prof.dr.sc. Dalibor Carević

Hrvatska je svjetsko turističko odredište s baznim utjecajem ponude sunca i mora, glavni je oslonac turizma ponuda koja se razvija na plažama koje su ciljno mjesto boravka turista bilo da dolaze s mora (nautičari) ili s kopna

## Uvod

U Hrvatskoj je u posljednjih nekoliko godina provedena kampanja donošenja strateških dokumenata na nacionalnoj razini kroz Nacionalni program upravljanja i uređenja morskih plaža (NPU) te na lokalnoj razini kroz donošenje regionalnih programa uređenja i upravljanja plažama (RPU), posebno za svaku od sedam obalnih županija. U RPU-ovima definirani su mehanizmi za učinkovito upravljanje nad sustavom plaža u županijama, što uključuje podjelu odgovornosti nad upravljanjem i održavanjem, klasifikaciju i tematizaciju plaža te prihvatni kapacitet. Kada se govori o vrstama plaža, prema načinu postanka moguće ih je podijeliti na:

- prirodne plaže koje su nastale prirodnim putem, odnosno na čiji nastanak i uređenje nije utjecao čovjek svojim djelovanjem
- umjetne plaže koje su nastale ili su uređene djelovanjem čovjeka.

RPU-ovima su obuhvaćene 1904 plaže u Hrvatskoj ukupne površine 6.850.000 m<sup>2</sup>, što je približno ukupan broj svih plaža u Hrvatskoj (prema Favro, 2013. procjena 2000 plaža). Ukupna duljina plaža u Hrvatskoj utvrđena RPU-ovima je 619 km, dok je prosječna duljina obale hrvatskih plaža 370 m, iako postoje i vrlo dugačke plaže dužine i nekoliko kilometara, na primjer, plaža Ždrijac i Kraljičina plaža u gradu Ninu. Prema prosječnoj duljini plaža, hrvatske su plaže među najkraćima na svjetskoj razini.



Broj plaža u pojedinim županijama (autor: Tonko Bogovac)



Plaže Ždrijac i Kraljičina plaža (Grad Nin) među najdužim su plažama u Republici Hrvatskoj

Hrvatsku obalu karakteriziraju strme stjenovite obale, koje se uglavnom sastoje od karstificiranoga vapnenca (90 %), flišnih naslaga (6 %) te manjim dijelom od eruptivnih stijena i piroklastita (K. Pikelj 2013.). Jadransko more je, u oceanografskome smislu, malih dimenzija te u kombinaciji s razvedenom obalom i velikim brojem otoka ima relativno blagu valnu klimu (G. Lončar 2010.). U tako definiranoj okolišu razvila se specifična hrvatska stjenovita obalna linija, gdje udio šljunčanih i pjeskovitih plaža nije veći od pet posto (Pikelj 2013.). S tako malim udjelom "prikladnoga" plažnog prostora te pod pritiskom rastućega broja turista, priobalne općine i gradovi počinju graditi sve veći broj novih plaža te proširuju kapacitete postojećih.

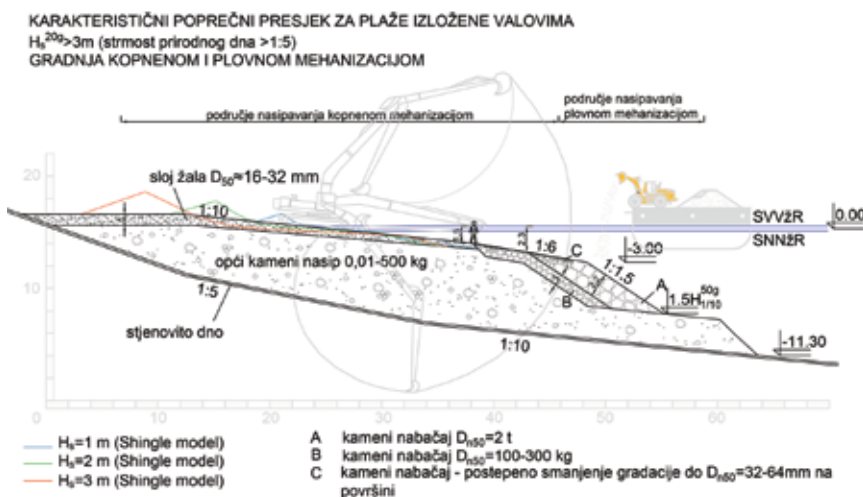
## Projekt Beachex 2019. – 2023.

Projekt Beachex 2019. – 2023. provodi se u suradnji sa Sveučilištem u Lancasteru (UK) i prof. Suzanom Ilić kao suvoditeljicom projekta. Njegov je cilj definirati tehničku podršku za potrebe dugoročnoga dohranjivanja (i nasipavanja) plaža u Hrvatskoj s minimalnim utjecajem na okoliš. Dohranjivanje plaža spada u kategoriju tehničkoga održavanja plaža tako da se ne mijenja (bitno) pozicija postojeće obalne linije, dok nasipavanje spada u kategoriju građenja (novih površina plaže) te iziskuje provođenje postupaka zaštite okoliša te izdavanje dozvola za građenje. Dohranjivanje se obično provodi u proljeće, u sklopu pripreme plaža za turističku sezonu, a nakon djelovanja zimskih valova koji materijal žala pomiču uzduž plaže te ga odvlače u dubinu.

Projekt je interdisciplinarnoga karaktera te obuhvaća građevinarstvo (Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Građevin-



Plaža Ploče nakon eksperimentalnoga dohranjivanja (desno) i nakon višemesečnoga erozivnog djelovanja valova i oborinskih dotoka (lijevo) (autor: Nino Krvavica)



Karakteristični poprečni presjek nove plaže izložene većim valovima, prirodne strmosti dna veće od 1 : 5, sagrađene kopnenom i plovnom mehanizacijom (autor: Dalibor Carević)

ski fakultet Sveučilišta u Rijeci), geologiju i biologiju (Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu) i zaštitu okoliša (Lancaster University, Environment Center).

Projekt Beachex provodi se u periodu od 2019. do 2023. i u tome se razdoblju planira prikupiti podatke o trenutnom stanju dohranjivanja u Republici Hrvatskoj, obaviti opsežna terenska istraživanja na plaži Ploče u Rijeci i numeričke analize morfolodinamičkoga ponašanja plaža te istražiti utjecaj klimatskih promjena na prirodne i umjetne plaže. U sklopu projekta planiraju se izraditi tri disertacije novih doktora znanosti iz područja građevinarstva i geofizike. Također se planira objavljivanje niza znanstvenih i stručnih publikacija u međunarodnim i domaćim časopisima.

Projekt Beachex ima šest osnovnih ciljeva:

1. Razviti bazu podataka dohranjivanih plaža

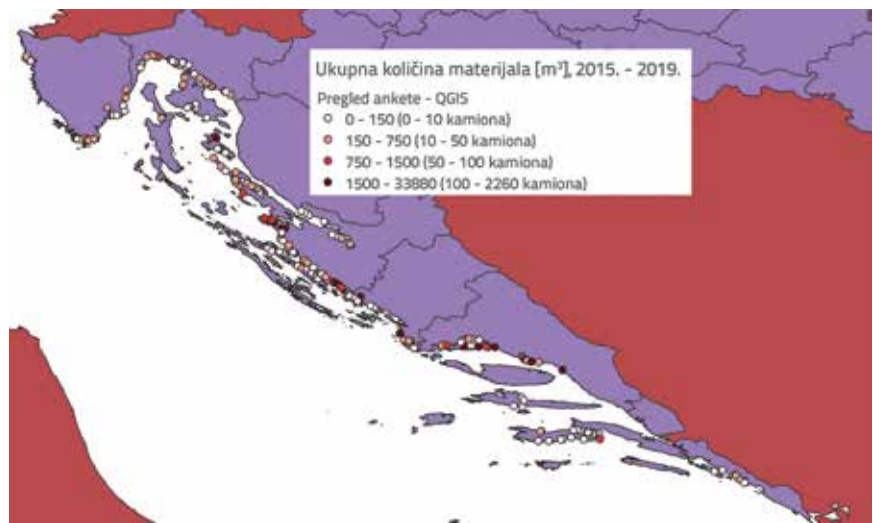
U 2020. provedena je anketa koja je obuhvatila 130 priobalnih općina i gradova i u sklopu koje su prikupljeni podaci o količinama i granulaciji korištenoga materijala i troškovima dohranjivanja u periodu 2015. – 2019. Anketom je utvrđeno to da se u Republici Hrvatskoj provodi dohranjivanje na 354 plaže te da prosječni godišnji troškovi dohranjivanja iznose 9,3 milijuna kuna na godinu, dok se u prosjeku potroši 56.000 m<sup>3</sup> odnosno 3700 kamiona nasipnoga materijala.

2. Informirati javnost i jedinice lokalne samouprave o eroziji plaža

U sklopu projekta održan je javno dostupan webinar (<http://grad.hr/beachex/>), čija je svrha širenje spoznaja o održivoj gradnji i održavanju plaža. S istim je ciljem postavljena mrežna stranica projekta te se planira održavanje još jednog webinaru na kraju projekta.

3. Odrediti morfolodinamičke karakteristike nasutih plaža

Tijekom 2020. i 2021. provodi se opsežno terensko mjerenje na plaži Ploče koje uključuje videomonitoring plaže, geodetsko praćenje plaže, postavljanje pametnih oblutaka i mjerenje valova valografskom plutačom. Na taj će se način rasvijetliti specifičnosti morfolodinamičkoga ponašanja hrvatskih umjetnih plaža te će se kalibrirati inženjerski alat, koji



Pozicije plaža na kojima je provedeno dohranjivanje u periodu 2015. – 2019. (autor: Tonko Bogovac)





## ODRŽIVA GRADNJA PLAŽA - GRADNJA NOVIH I POVEĆANJE KAPACITETA POSTOJEĆIH PLAŽA

U tijeku je znanstveni projekt monitoringa plaže Ploče. Cilj projekta je otkriti mehanizme kretanja plažnog materijala na nasutim plažama.

U sklopu projekta postavljeni su oblutci označeni bojama pomoću kojih znanstvenici evidentiraju pomicanje pojedinih oblutaka.

Molimo sve sugrađane da ne diraju označene oblutke kako bi projekt rezultirao što boljim rezultatima.

[www.grad.hr/beachex](http://www.grad.hr/beachex)



Grad Rijeka



Reklamni plakat projekta Beachex (autori: Kristina Pikelj, Filip Kalinić)

je baziran na modelu Shingle i koji će se koristiti u projektiranju novih plaža te u definiranju količine dohranjivanja postojećih plaža.

Tijekom geodetskog praćenja na plaži Ploče uočene su zone erozije odnosno nasipanja materijala, što razotkriva glavne smjerove prijenosa materijala pod utjecaj-

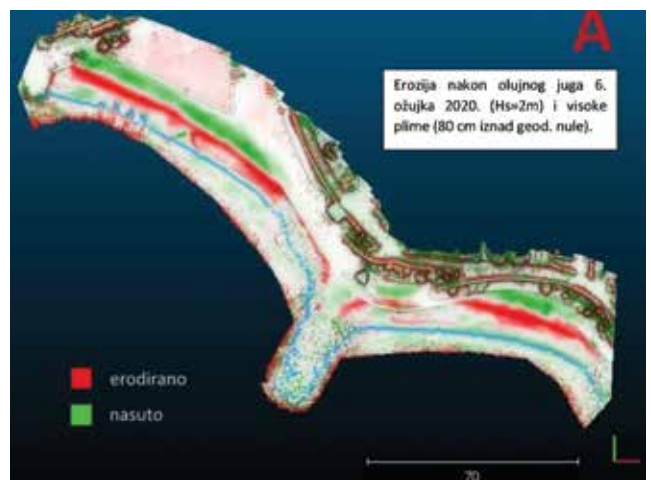
jem valova s mora te oborinskih dotoka s kopna. Kod prirodnih su plaža ukupna djelovanja od vjetrovnih valova, oborinskih dotoka i drugih djelovanja na žalo obično u ravnoteži te se takve plaže oporavljaju same, odnosno žalo se vraća u prvotni položaj. Zbog složene međuovisnosti raznih generatora kretanja žala, kod umjetnih je plaža takvu ravnotežu teško postići. Zbog toga pomaknuto žalo treba dohranjivati i popravljati i tada čovjek djeluje kao ravnotežni faktor (naravno uz određene troškove). Kvalitetnim je spoznajama o morfodinamičkim procesima moguće te troškove svesti na na najmanju moguću mjeru.

4. Ocijeniti utjecaj dohranjivanja plaža na biljne i životinjske zajednice (ronilački pregledi podmorja plaža)

Cilj je utvrditi doseg materijala žala ispod mora te utjecaj nasipavanja (i dohranjivanja) na životinjski i biljni svijet podmorja nizom ronilačkih i geodetskih snimanja na umjetnim plažama Srima (Vodice), Raduča (Primošten), Žnjan (Split), Solaris (Šibenik) i Ploče (Rijeka) s višegodišnjom praksom



Videomonitoring plaže Ploče (Kantrida) Autor: Damjan Bujak



Prikaz erozije plaže nakon olujnog juga 6. ožujka 2020. (autori: Andrea Tadić, Dalibor Carević)



Umjetna plaža Ploče (Kantrida) – digitalni model terena (autori: Igor Ružić, Andrea Tadić i Duje Kalajžić)



Erozija žala na plaži Ploče uzrokovana oborinskim dotokom 13. veljače 2020. (autor: Igor Ružič)



Prekrivanje prirodnoga dna umjetnim materijalom na plaži Srima (autor: Čedomir Benac)



Smeće uočeno na dnu ispred plaže Žnjan (autor: Petar Kružič)

dohranjivanja. Provedenim istraživanjem utvrđeno je to da je doseg materijala iz tijela plaže ograničenoga karaktera odnosno od 10 do 15 metara od obalne linije prema moru. Problem fizičkoga prekrivanja morskoga dna posebno je izražen kod ugroženih biljnih i životinjskih vrsta

koje se nakon uništavanja (prekrivanjem dna) teško oporavljaju ili se nikako ne oporavljaju, na primjer, livade zaštićene cvjetnice *Posidonia oceanica* te plemenite periske *Pinna nobilis*. Još je veći ekološki problem primjena neodgovarajućega materijala za nasipavanje (i dohranjivanje)



Oblak sitnih čestica i sedimentacija nakon nasipavanja plaže Grabrova (Jadranovo), 2020.



Oblak sitnih čestica i sedimentacija nakon nasipavanja plaže Podgora, 2020.

koji u sebi ima povećani udio čestica gline i praha koje plutaju te organskih primjesa. Prilikom nasipavanja takvim neprikladnim materijalom dolazi do sedimentacije sitnih čestica na širokome području oko plaže, što dovodi do sprječavanja procesa fotosinteze te ugibanja biljaka na dnu i posljedično do ugibanja životinjskih organizama. Još se ne zna koliko je tako uništenome podmorskom krajobrazu potrebno vremena da se oporavi, ali, na primjer, u podmorju plaže Žnjan još uvijek se uočavaju posljedice sedimentacije nakon nasipavanja i dohranjivanja plaže neprikladnim materijalom. Treba istaknuti i to da je vječni problem podmorja smeće koje odbacuju nesavjesni građani i turisti, a koje ne samo da vizualno onečišćuje podmorje, nego ga i kemijski onečišćuje (zbog razgradnje).

5. Opisati mehanizam oporavka nasutih plaža (numeričko modeliranje)

Numeričkim modeliranjem pokušat će se odgovoriti na pitanje odnosa jačine najjačih zimskih (erozivnih) oluja i sekvence od 10-ak oluja umjerene jačine radi utvrđivanja mehanizama erozije i oporavka šljunčanih plaža. Navedene spoznaje koristit će se za potrebe formiranja tehničkih mjera i smjernica za smanjenje gubitaka žala iz tijela plaže.

6. Predvidjeti utjecaj klimatskih promjena na održivost plaža (numeričko modeliranje)

Za sjeverni Jadran karakterističan je utjecaj klimatskih promjena na povećanje učestalosti dizanja razine mora (do 70 cm) uzrokovano sinoptičkim meteoro-



loškim utjecajem (Pasarić i Orlić 2001.). Taj će se utjecaj dizanja razine mora na eroziju i oporavak plaža u sklopu ovog projekta razmatrati za potencijalne razine dizanja od 40 i 70 cm (superponirano na astralni plimni signal), i to primjenom numeričkoga modela.

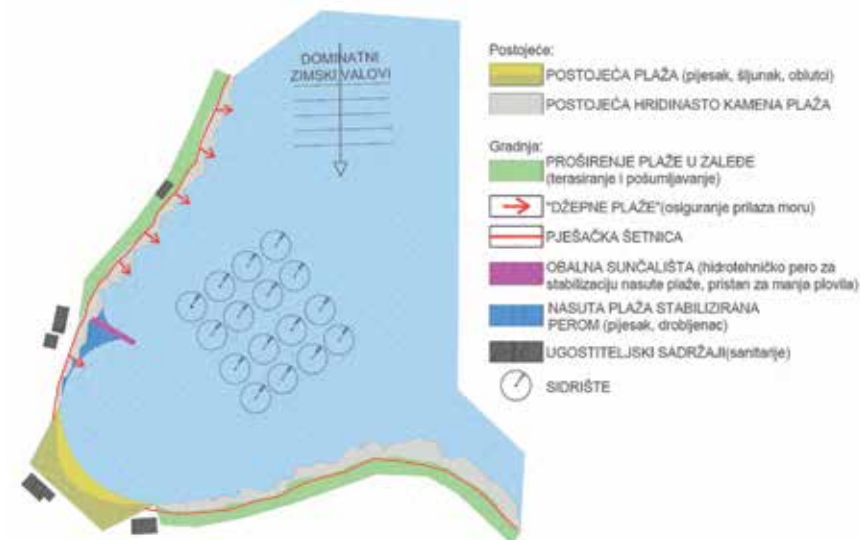
### Održivi koncept povećanja kapaciteta plaža

Prema metodologiji BARE (Marković 2011.), svaka se plaža svrstava u jedan od pet mogućih tipova plaža: *remote* (tzv. divlje, teže dostupne plaže), *rural* (plaže izvan naselja), *village* (u manjim naseljima), *urban* (u gradskim naseljima) i *resort* (plaže u sklopu turističkih kompleksa).

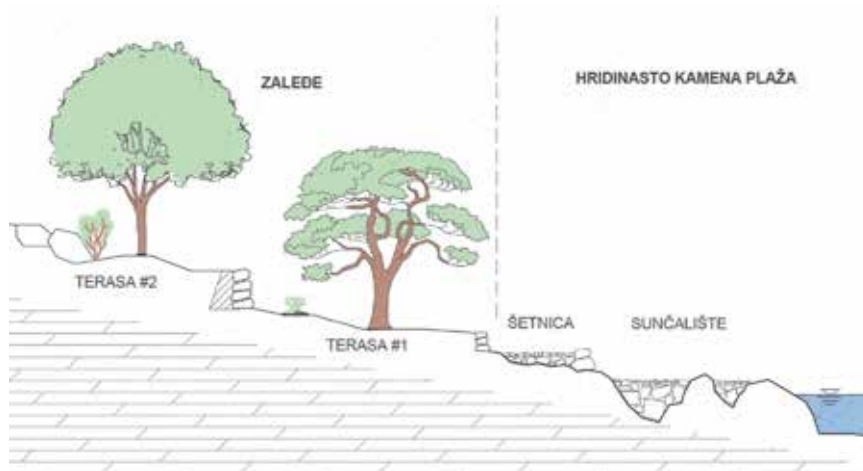
Umjetne se plaže uglavnom izvode kao plaže *village*, *urban* i *resort* jer izgradnja novih hotelskih ili apartmanskih kapaciteta zahtijeva i povećanje kapaciteta prihvaćanja plaže.

Jedan od bitnih elemenata projektiranja plaža jest poznavanje prihvatnoga kapaciteta projektirane plaže. Svjetska turistička organizacija prihvatni kapacitet općenito definira kao "maksimalan broj ljudi koji istodobno može posjetiti neko turističko središte, a da ne uzrokuje uništenje njegova fizičkog, ekonomskog i društveno-kulturnog okoliša i neprihvatljivo smanjenje kvalitete zadovoljstva posjetitelja". Dopušteni fizički prihvatni kapacitet ( $m^2/kupaču$ ) određuje se kao raspon između najniže i najviše prihvatljive razine broja ljudi na nekoj plaži. Prema radu Marković, 2011., prihvatni kapaciteti za različite tipove plaža kreću se u rasponu od  $5 m^2$  do  $30 m^2$  po kupaču. Plaže višega standarda imat će i veći raspoloživi kapacitet nego plaže nižega standarda.

Prilikom povećanja prihvatnoga kapaciteta plaža potrebno je poštovati prirodno stanje ravnoteže odnosa pješčanoga i hridinastoga dijela plaže. Naime, morski su valovi dominantan činitelj obalnih erozijskih procesa, odnosno srednja godišnja valna klima na nekoj poziciji obale. Srednja godišnja valna klima definira širinu kameno-hridinastoga pojasa (do linije stalne vegetacije) te količinu i granulaciju pješčanoga/šljunčanoga dijela. Pri projektiranju novih kapaciteta plaža



Održivi koncept povećanja kapaciteta plaža



Karakteristični presjek terasiranja obalnoga prostora radi povećanja sunčališta

najbolje je ne ugrožavati tu prirodnu ravnotežu. Dodavanjem novoga, sitnozrnoga materijala (pijeska, šljunka, tucanika) narušava se prirodna ravnoteža. Dodani materijal pod djelovanjem olujnih valova biva premještan uzdužobalno ili poprečno na obalu.

U nastavku prikazan je koncept povećanja kapaciteta plaža koji predviđa mjere kojima se minimalno utječe na spomenutu prirodnu ravnotežu te uključuje:

- proširenje plaže u zaleđe (terasiranje, pošumljavanje)
- izgradnju pješačkih šetnica duž plaža
- izgradnju tzv. džepnih plaža koje osiguravaju prilaz moru
- izgradnju manjih obalnih sunčališta (nasipavanjem, betonom).

#### Proširenje plaže u zaleđe

Zaleđe u širini od 30 do 40 m iza kamene obale može biti prostor zanimljiv za povećanje prihvatnoga kapaciteta plaže. To je prostor koji turisti (kupači) ne koriste jer nije uređen i obrastao je raslinjem (nisko raslinje, grmlje). Granica između hridinastoga dijela i zaleđa definirana je pojavom obalnoga raslinja. Čišćenjem prostora od niskoga raslinja i suvišnoga kamena stvara se prostor za sunčanje i boravak kupača u neposrednoj blizini plaže. Suvišan kamen koji je ostao nakon čišćenja moguće je koristiti za izgradnju šetnica, potpornih zidova, stuba, suhoziđa, sunčališta i tzv. džepnih plaža. Na taj se način revitaliziraju tradicijske metode terasiranja zemljišta te izgradnje suhozi-



Primjer džepne plaže te uređenja šetnice



Primjer uređenja sunčališta lokalnim nasipanjem i primjer primjene umjetnih panela (Nomentas)

da i potpornih zidova koji su se povijesno primjenjivali za potrebe poljoprivrede. Privatni vlasnici takvih prostora mogu dobiti pravo na uspostavljanje privatnoga poslovanja (ugostiteljski objekt, najam ležaljki i slično). Prostore bez šume treba pošumljavati vrstama alepskoga bora, hrasta crnike, masline i smokve te grmolikim raslinjem i puzavicama.

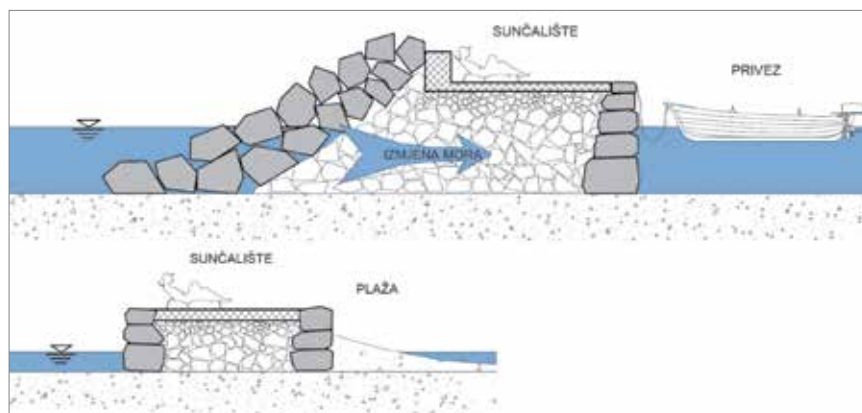
Gradi se pretežno materijalom zatečenim na mjestu uređenja. Opseg gradnje treba prilagoditi dostupnosti gradivnoga materijala na određenoj lokaciji. Detaljnim geodetskim snimanjem terena te projektiranjem "detalja" troškovi se mogu minimizirati pravilnim omjerom ljudskoga i strojnog rada, ovisno o specifičnostima lokacije.

#### Izgradnja pješačkih šetnica

Šetnice omogućuju pristup nepristupačnim dijelovima obale te komunikaciju turista prema ugostiteljskim i ostalim sadržajima.

#### Džepne plaže

Džepne plaže dobivaju se minimalnim nasipavanjem na povoljnim lokacijama između hridinastih dijelova, a njihova je prvenstvena namjena prilaz



Primjer sunčališta kao multifunkcionalnih objekata (sunčališta, hidrotehničkog pera za stabilizaciju nasute plaže, lukobrana, pristana ili privežišta)

moru odnosno ulaz u more. Na taj se način izbjegava masovno nasipavanje.

#### Obalna sunčališta

Odabrane (prikladne) lokacije obalnih sunčališta su u zoni kamenih hridi, gdje se kombinacijom nasipavanja i izgradnje suhozidnih pregrada dobiva dodatni plažni prostor. Prikladno je koristiti kameni materijal dobiven čišćenjem zaleđa. Rupe među hridima nasipavaju se tako da se na dno postavlja veće kamenje, a prema površini sitnije. Takav je način gradnje reverzibilan jer nakon prestanka

uporabe (održavanja) more erodira površinski dio te rupe ostaju ispunjene samo većim kamenjem, što je prihvatljivije za okoliš. Moguća je primjena i sunčališta od umjetnih materijala koja se demontiraju tijekom zime.

Sunčališta je moguće graditi i kao multifunkcionalne objekte s funkcijom sunčališta, hidrotehničkoga pera za stabilizaciju nasute plaže, lukobrana, pristana ili privežišta. Kombinacijom više hidrotehničkih pera može se povećati dužina novonasute plaže. Pero se gradi pretežno od kamena s ograničenom upotrebom





Primjer ugostiteljskoga objekta uklopljenog u prirodni ambijent

armiranoga betona za hodne ploče ili konstruktivna ojačanja za privez plovila. Gradnja dionice porozne jezgre od većih kamenih blokova omogućuje cirkulaciju mora kroz strukturu mola te posljedično bolju kvalitetu mora u štitenome akvatoriju.

#### Infrastruktura plaža

Ako ne postoji javni sustav vodoopskrbe, moguće je sagraditi ukopane vodospreme koje se periodički pune s broda ili kopna. Odvodnja ugostiteljskih objekata provodi se u septičke jame koje se periodički prazne cisternama. Potrebno je osigurati poseban tretman zauljenih voda iz restorana (mastolov) te redovito održavanje. Ugostiteljski objekti trebaju biti odraz graditeljske baštine lokacije na kojoj se nalaze. Kombinacijom kamena, drveta te djelomično umjetnih materijala

moguće je postići visok stupanj uređenja vanjskoga i unutarnjega prostora. Građevine treba uklopiti u okoliš sadnjom raslinja i drveća.

#### Sidrišta

Kako bi se spriječila devastacija staništa posidonije zbog sidrenja, preporuča se sagraditi sidrišta s plutačama i sidrenim betonskim blokovima te organizirati naplatu sidrenja (u obliku koncesije za sidrište). Koristi od sidrišta mogu imati ugostiteljski objekti (restorani), ako imaju ponudu prilagođenu specifičnoj potražnji takvih gostiju.

Projekt Beachex financiran je iz programa Znanstvena suradnja Hrvatske zaklade za znanost, koji je financirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda u sklopu Operativnog programa Učinkoviti ljudski potencijali 2014. – 2020.

### Projektni tim Beachex Članovi znanstvenog tima

Izv.prof.dr.sc. Dalibor Carević  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Izv.prof.dr.sc.Suzana Ilić  
Lancaster University, Lancaster Environment Centre

Prof.emer.dr.sc. Čedomir Benac  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

Prof.dr.sc. Goran Lončar  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Izv.prof.dr.sc. Petar Kružić  
Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Izv.prof.dr.sc. Mirjana Kovačić  
Razvojna agencija Primorsko-goranske županije

Doc.dr.sc. Igor Ružić  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

Doc.dr.sc. Kristina Pikelj  
Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Doc.dr.sc. Nino Krvavica  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

dr.sc. Damjan Bujak  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Milvana Arko Pijevac, kustos, muz.savj.  
Prirodoslovni muzej Rijeka

Tonko Bogovac, asist.  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Filip Kalinić, asist.  
Tehničko veleučilište u Zagrebu

Andrea Tadić, asist.  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

Duje Kalajžić, asist.  
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

### Literatura:

- [1] Favro, S., Kovačić, M., Perišić, M.: Social and economic forms of beach managing in Croatia, Conference: COASTAL PROCESSES 2013, Volume: 169
- [2] Pikelj, K., Juračić, M.: Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast, 2013, Journal of Coastal Research, 29(4), pp. 944-957
- [3] Lončar, G., Ocvirk, E., Andročec, V.: Analysis of surface wind waves in a channel area of the eastern Adriatic sea, 2010., Hrvatske vode 18(72), pp. 139-150
- [4] Pasarić, M., Orlić, M.: Long-term meteorological preconditioning of the North Adriatic coastal floods. Continental Shelf Research 21 (2001) 263-278
- [5] Marković, M., Micallef, D., Williams, A.T.: Održivo upravljanje plažama u Hrvatskoj, smjernice i prioritetne akcije, Centar za regionalne aktivnosti Programa prioritetnih akcija (CRA/PPA) UNEP-ova Mediteranskog akcijskog plana, 2011.