



MULTIDISCIPLINARNI PRISTUP REVITALIZACIJI PLAŽA NA ISTOČNOJ JADRANSKOJ OBALI, PRIMJER SUTOMORE, CRNA GORA

Doc.dr.sc. Davor Bojanić, dipl.ing.građ. ♦ Ana Jeličić, mag.ing.aedif. ♦
Prof.dr.sc. Predrag Mišćević ♦ Doc.dr.sc. Nataša Štambuk Cvitanović ♦
Doc.dr.sc. Goran Vlastelica ♦ Doc.dr.sc. Ivo Andrić ♦ Doc.dr.sc. Veljko Srzić
♦ Ivan Lovrinović, mag.ing.aedif. ♦ Petra Krnić, mag.ing.aedif. ♦ Ivan
Racetin, mag.ing.geod. et geoinf.

Doc. dr. sc. Ivo Andrić, dipl.ing.građ., Fakultet građevinarstva, arhitekture i
geodezije

Jadranski sliv

Jadranski sliv karakterizira visok ekološki pritisak zbog neodrživog urbanog razvoja u obalnim područjima. Gotovo sva obalna područja zemalja koja okružuju jadranski sliv su podložna visokom pritisku urbanog razvoja zbog povećanja obalnog stanovništva i razvoja turizma.

Na talijansku obalu utječe visok stupanj linearne urbanizacije (ribbon development) s najvećom gustoćom oko industrijskih središta i područja intenzivnog turističkog razvoja.

Obalno područje Slovenije, iako bez značajnih promjena u korištenju zemljišta prije 2000. godine, također je podložno litoralizaciji, visokom pritisku na urbani razvoj i urbanom širenju. Uobičajeni utjecaji odnose se na gubitak biološke raznolikosti, fragmentaciju ekosustava i eutrofikaciju.

U slučaju Hrvatske, iako samo skroman dio (14,3%) obale je urbanizirano, trendovi porasta obalnih migracija, povećanje turizma i nedostatak adekvatnih postrojenja za pročišćavanje vode su značajna prijetnja onečišćenju obalnih voda.

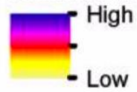
U Crnoj Gori obalno područje uvijek je bilo vrlo naseljeno zbog svoje ograničene veličine, što je rezultiralo nedostatkom prostora za novi razvoj. Obalni razvoj karakterizira i izgradnja sekundarnih kućanstava, gdje sve veći broj stranih ulagača postaje sve aktivniji (PAP / RAC, 2007).

U Albaniji oko 97% ukupnog stanovništva živi u krugu od 100 km od obale.



Degree of Soil Sealing

Pressure Index



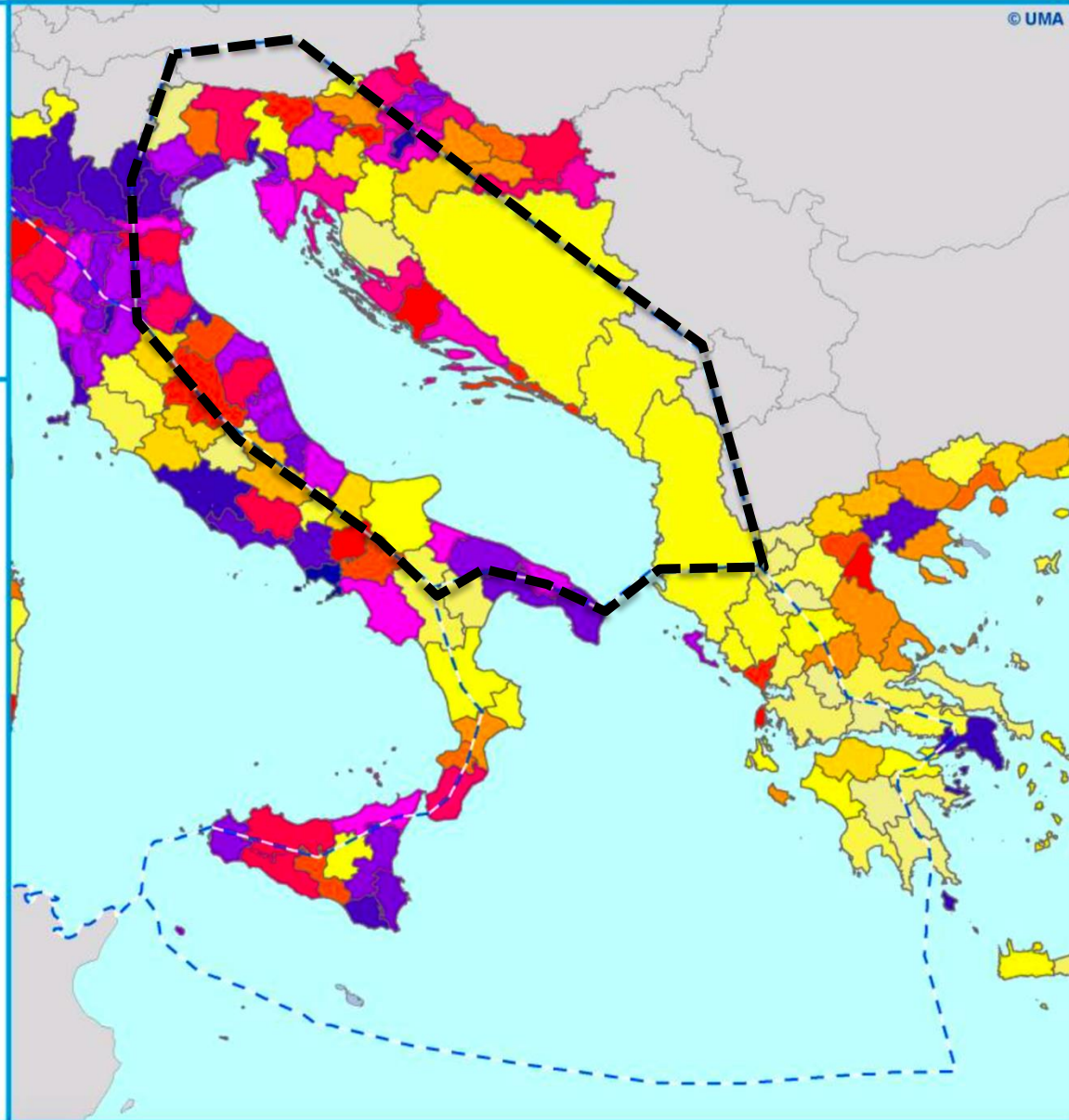
MED cooperation area Study regions

ETRS 1989 LAEA
52N-10E 0 500 Km

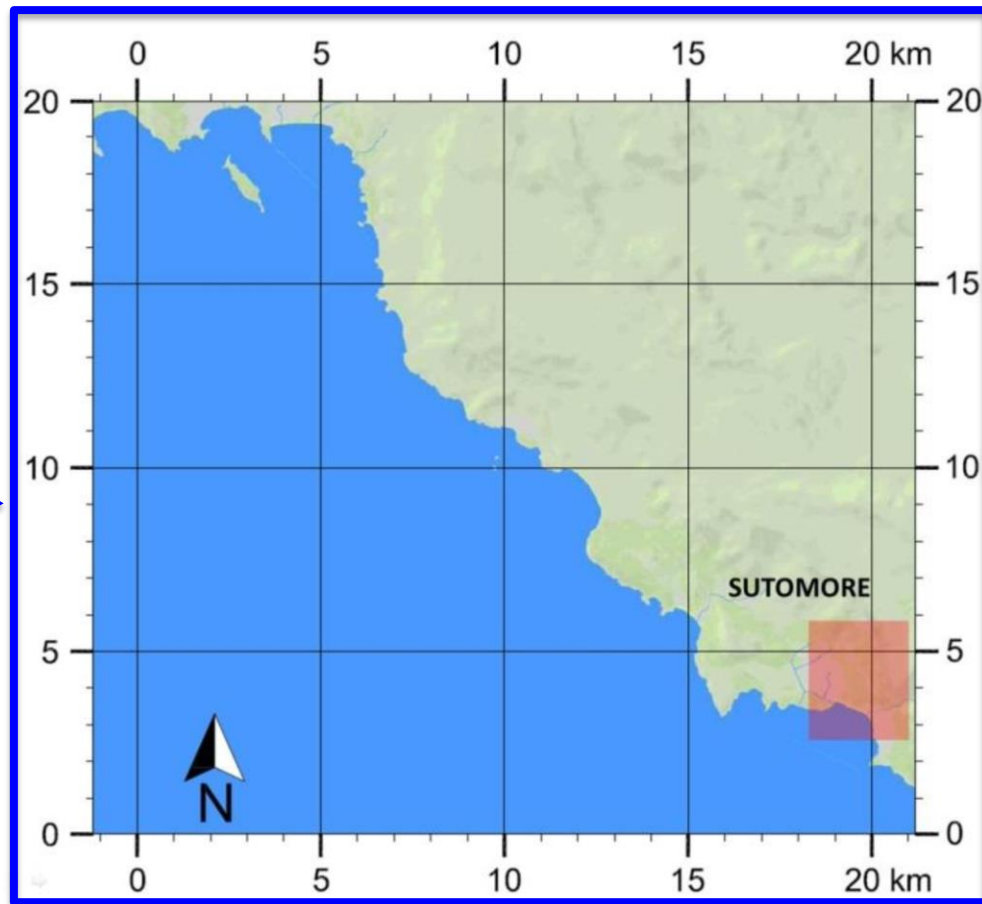
Map representing the mean degree of soil sealing per NUTS 3 regions as an indicator of the pressure of urbanization on coastal areas.

The pressure index is based on the EEA dataset of built-up and non built-up areas including continuous degree of soil sealing ranging from 0 - 100% in spatial resolution (100 x 100 m), aggregated at NUTS 3 level (+ AL, BH, ME).

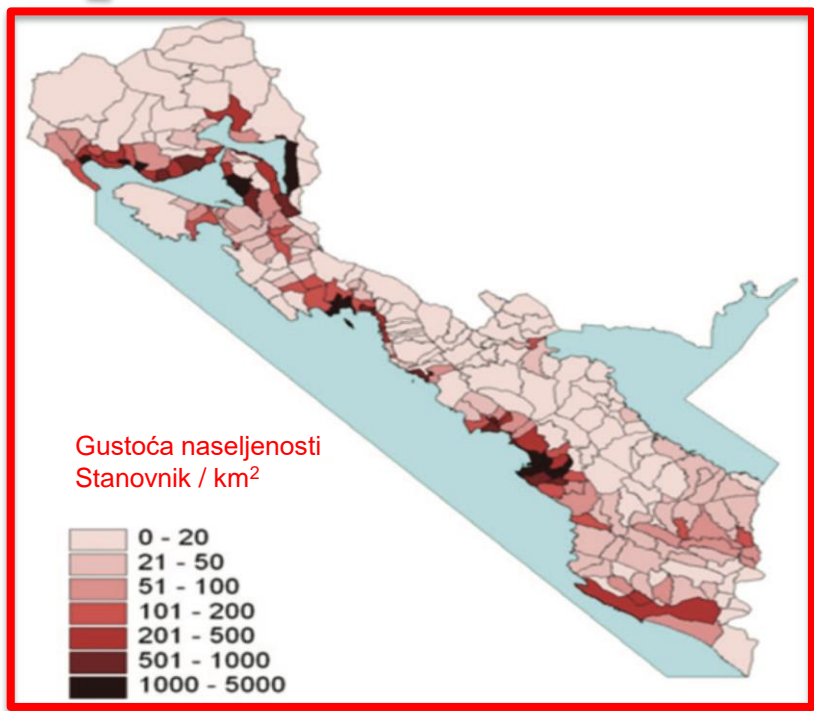
Source: EEA, 2013



CrnaGora



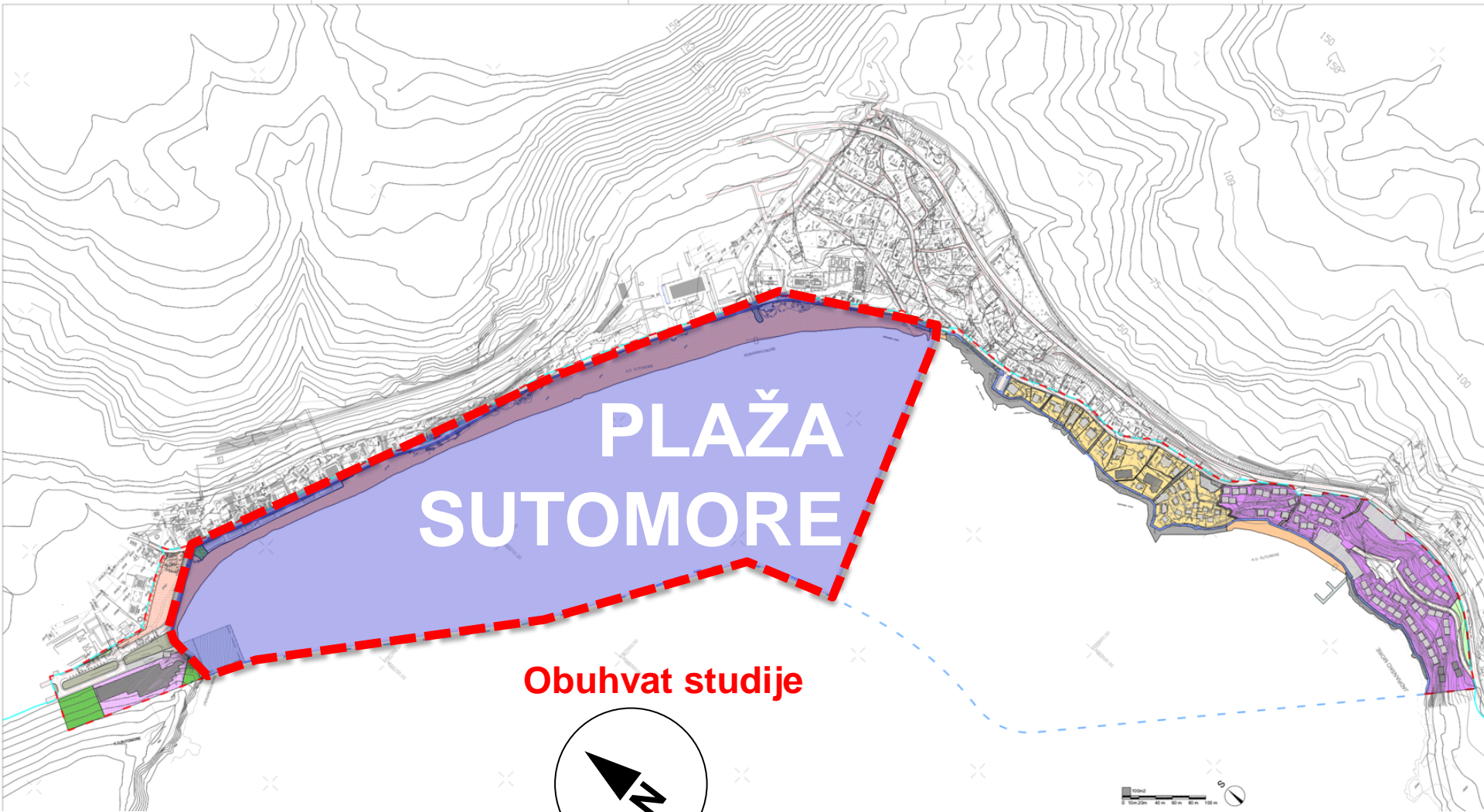
Pregledna karta s naznačenom lokacijom predmetne plaže i pripadajućeg sliva koji prihranjuje plažu.



Gustoća naseljenosti
Stanovnik / km²

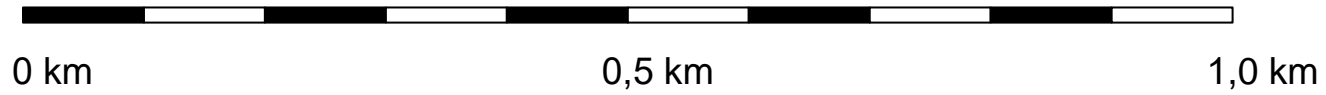
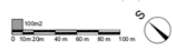
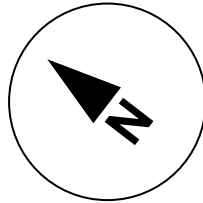


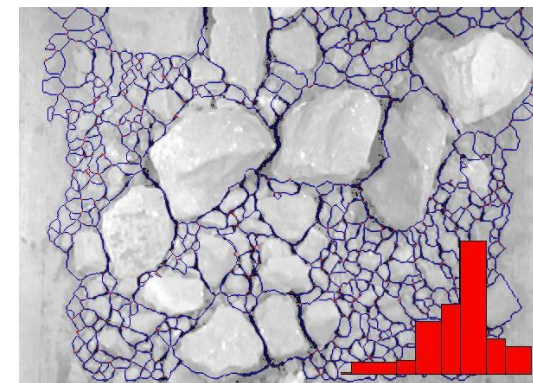
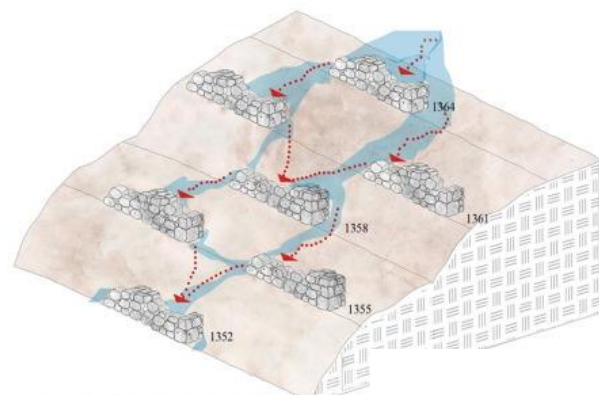




PLAŽA SUTOMORE

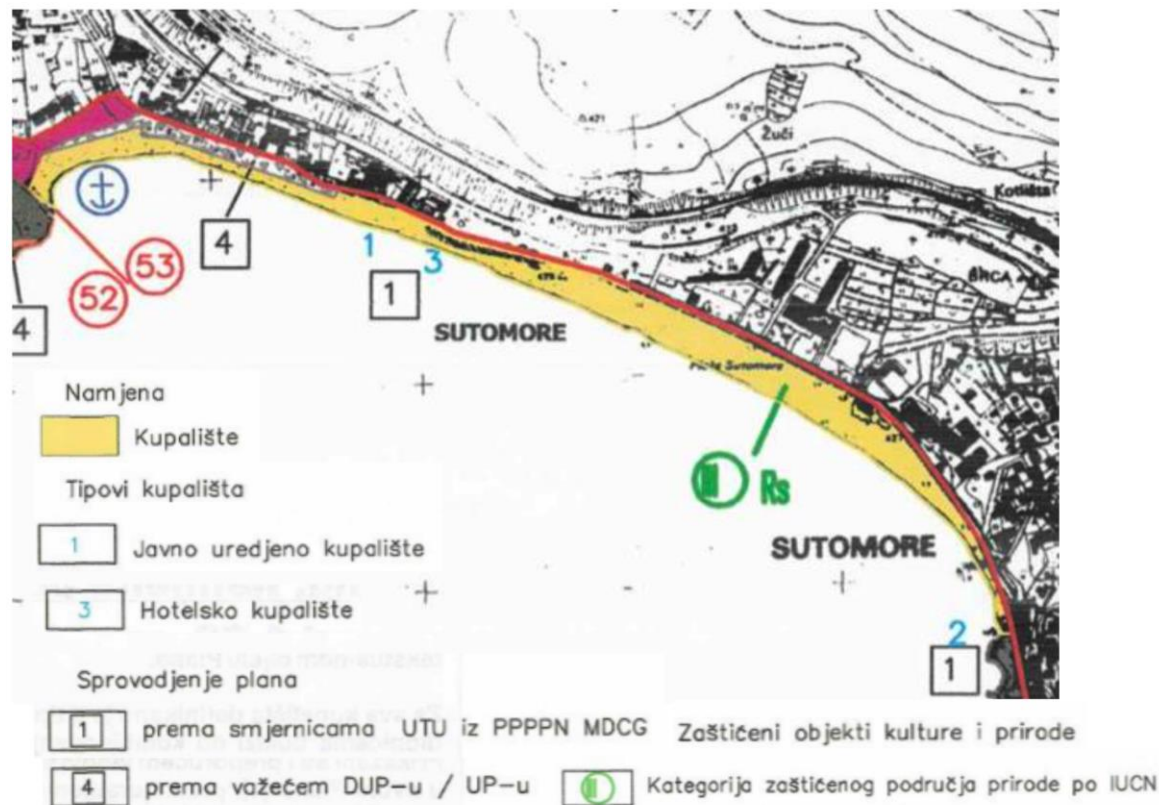
Obuhvat studije





- Multidisciplinarnom sinergijom različitih struka, iz perspektive tehničkih i prirodnih znanosti, pristupilo se izradi studije o revitalizaciji plaže.
- Kako bi rješenje u budućnosti ostalo održivo sa što manjim invazivnim djelovanjem u prirodu i prostor, potrebno je bilo uzroke ugroženosti plaža dobro sagledati, definirati mjere revitalizacije kao i tehničke mjere za očuvanje odabranog rješenja.



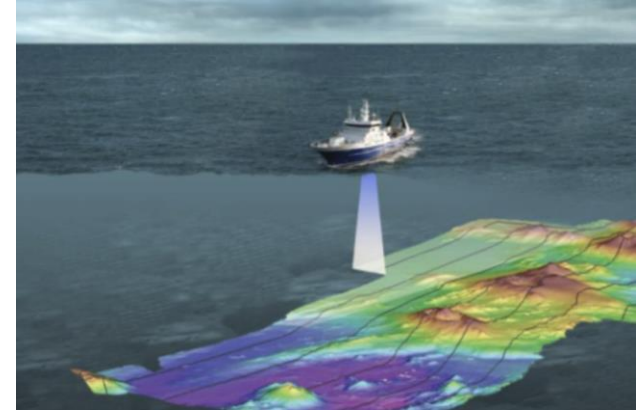


MULTIDISCIPLINARNI PRISTUP IZRADI STUDIJE:

- Vrednovanje geodetskih i batimetrijskih podloga
- Geološke i geomehaničke karakteristike
- Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike
- Analiza obalnih procesa
- Prijedlog idejnog rješenja

Vrednovanje geodetskih i batimetrijskih podloga

Geodetsko snimanje obuhvata



- Provjera postojećih podloga
- Geodetsko snimanje površinskog dijela plaže
- Sonarno i fotogrametrijsko snimanje podmorskog dijela obuhvata

Sonarno i fotogrametrijsko snimanje podmorskog dijela obuhvata



Batimetrijski sistem Sonic 2022 (čamac NM450 dužine 4,5 m (KP-4149) s opremom: **multiskenirajući dubinomjer (MBES)**, GNSS prijemnik, GPS kompas, inercijalna mjerna jedinica (IMU) i senzor brzine zvuka. Čamac je bio dodatno opremljen sa **sub-bottom profajlerom (SBP)**. Svi senzori su integrirani sa laptop računalom sa radnim i navigacijskim softverom.

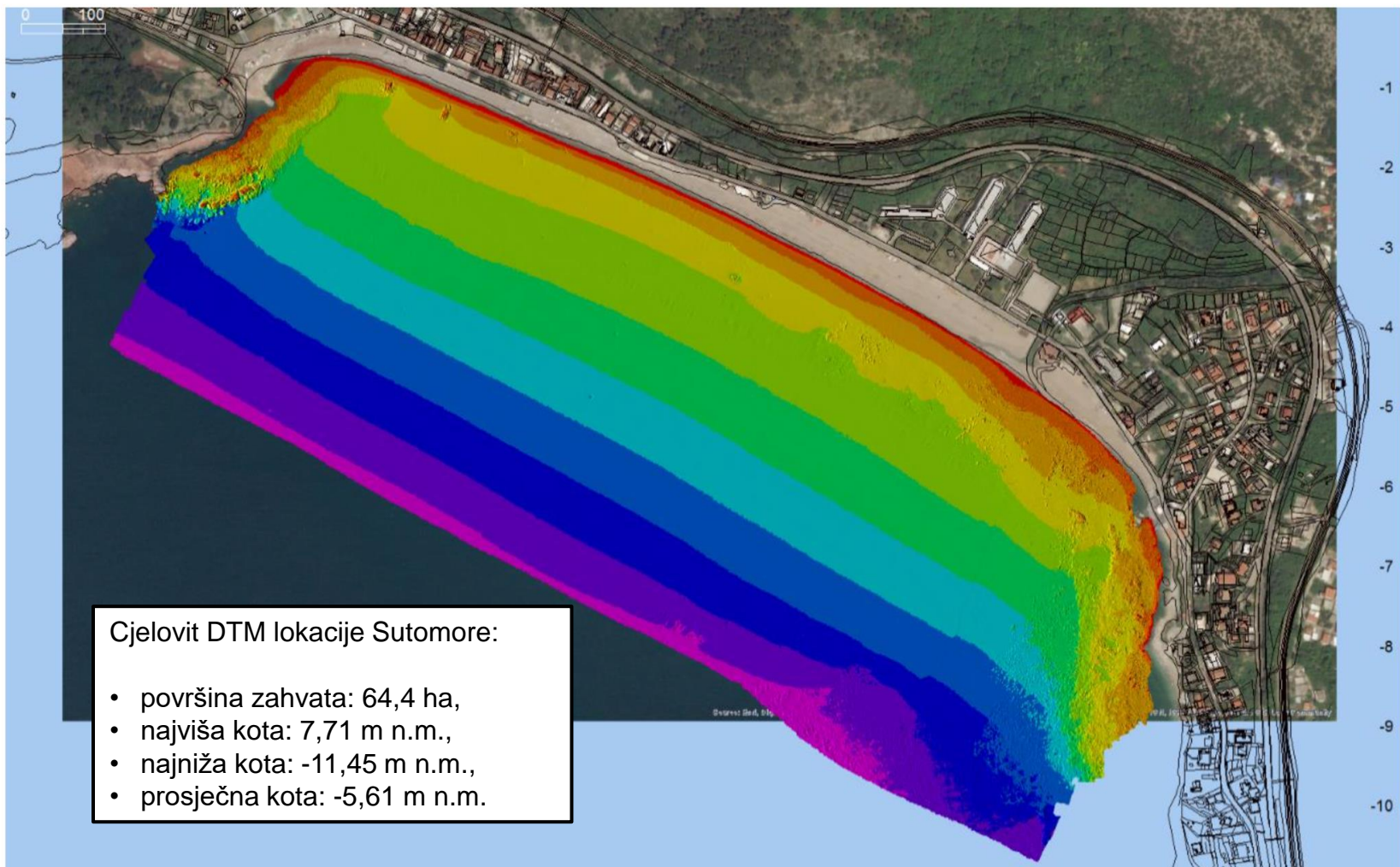
Sonarno i fotogrametrijsko snimanje podmorskog dijela obuhvata



Planiranje mreže - navigacijske putanje kod snimanja plaže Sutomore

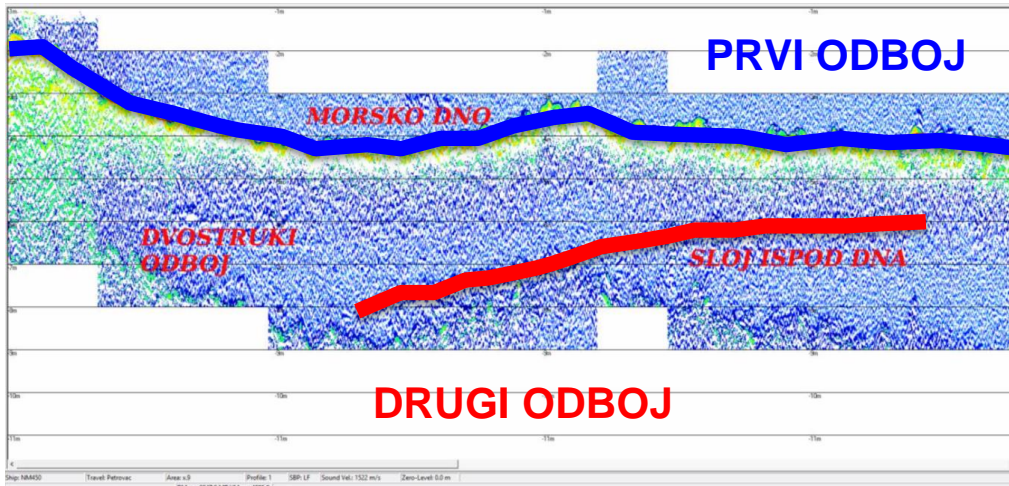


Sonarno i fotogrametrijsko snimanje podmorskog dijela obuhvata



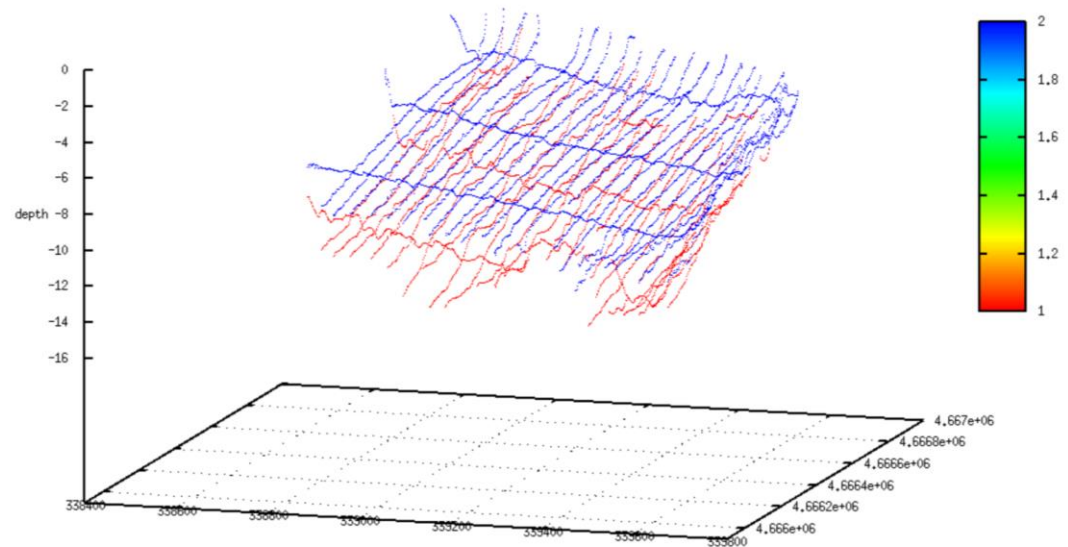
Digitalni model terena batimetrije lokacije Sutomore. Površina zahvata: 59,9 ha, najmanja dubina: 0,06 m, najveća dubina: 11,47 m, prosječna dubina: 2,32 m.

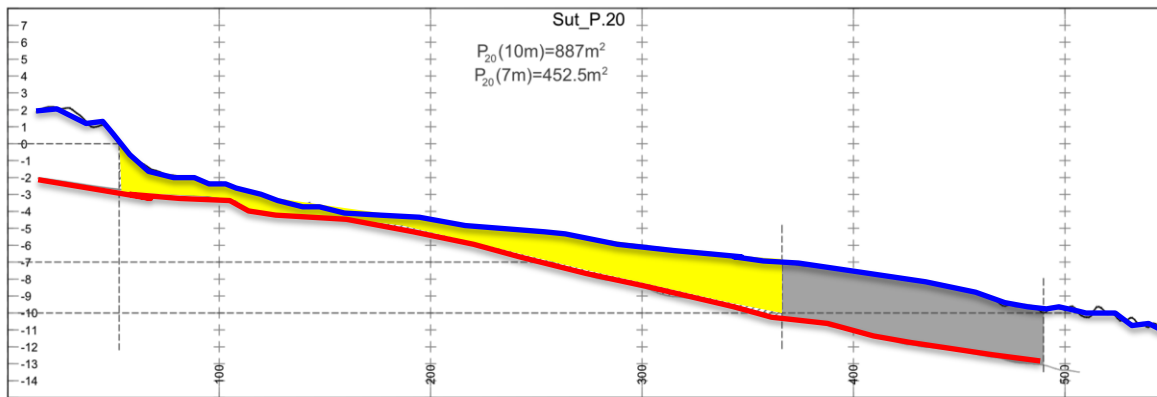
Sonarno i fotogrametrijsko snimanje podmorskog dijela obuhvata



Za sub-bottom profiliranje korišten je parametarski SBP Innomar SES-2000. Aparat omogućuje unos sub-bottom akustičkog profila na trasi kretanja broda, prikazujući slojeve sedimenata ili zakopane objekte.

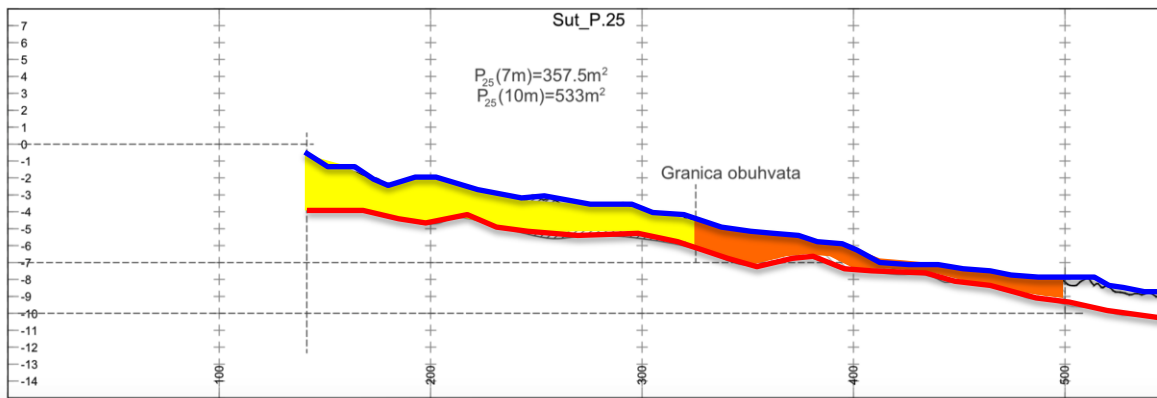
Preko razlike između pozicije prvog i drugog odboja zvuka, može se kvalitetno procijeniti količina sitnozrnatog materijala – pijeska.





Na temelju poprečnih profila s definiranim dubinama morskog dna i pod površinskog sloja (na mjestu gdje je taj sloj bio definiran) izvršen je izračun količina pijeska unutar granica obuhvata.

Izračun je izvršen za lokaciju Sutomore budući da je definirana debljina pod površinskog sloja pijeska.



Proračun je proveden izračunom površina u prethodno definiranim poprečnim profilima, te uzimajući istu reprezentativnom za izračun volumena u sudjelujućoj širini između susjednih profila.

- Profil plaže i podmorja
- Sub-bottom profil
- Zona pijeska (-7 do 0 m n.m.)
- Zona pijeska (-10 do -7 m n.m.)

Ukupne količine pijeska na lokaciji Sutomore

Oznaka profila	Površina pijeska u profilu do dubine 10 m (m ²)	Površina pijeska u profilu u prvotno naznačenoj zoni obuhvata(m ²)	Sudjelujuća širina (m)	Volumen do kote -10 m n.m. (m ³)	Volumen u prvotno naznačenoj zoni obuhvata (m ³)
1	0	0	50	0	0
2	0	0	50	0	0
3	814	430	50	40700	21500
4	814	430	50	40700	21500
5	768	398	50	38400	19900
6	656.5	290.7	50	32825	14535
7	841	499	50	42050	24950
8	639	291	50	31950	14550
9	852.5	420.5	50	42625	21025
10	900	425	50	45000	21250
11	1052	497.5	50	52600	24875
12	1006	423.5	50	50300	21175
13	1185.5	565	50	59275	28250
14	998	464	50	49900	23200
15	1010.5	525	50	50525	26250
16	891	427	50	44550	21350
17	889	436.5	50	44450	21825
18	1032.5	526	50	51625	26300
19	968	438.5	50	48400	21925
20	887	452.5	50	44350	22625
21	1012	474	50	50600	23700
22	890.5	335	50	44525	16750
23	875.5	388	50	43775	19400
24	462.5	250	50	23125	12500
25	533	357.5	50	26650	17875
26	221	56.5	50	11050	2825
1	0	0	50	0	0
Ukupni volumen (m ³):				1009950	490035

Zapremina pijeska do kote –10 m n.m.
1.009.950 m³

Zapremina pijeska u zoni obuhvata:
490.035 m³



Uzorkovanje zrnatog materijala s plaže Sutomore i geotehnička ispitivanja.

Uzorkovanje je provedeno sukladno zahtjevima važećih normi za ispitivanje granulometrijskog sastava u smislu reprezentativnosti uzorka.

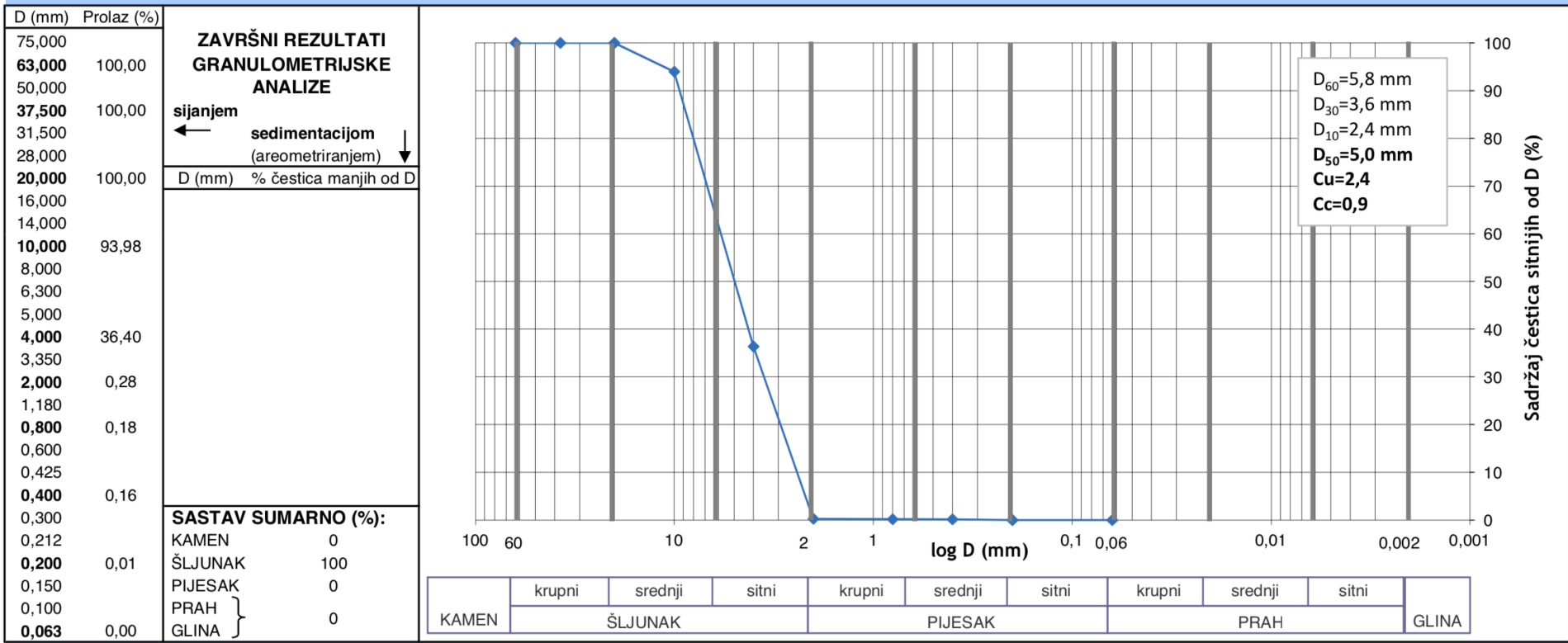
Uzorkovan je materijal na planumu plaže (cca 3 m od ruba mora tj. obalne linije) i u podmorskom dijelu do dubine djelovanja valova (na 1 m dubine mora).



Uzorci su uzimani počevši od sjeverozapada (SZ) i dalje prema jugoistoku (JI), pri čemu je profil br. 1 odmaknut 50 m od SZ ruba plaže. Sljedeći profili uzimani su s razmakom 100 m.

GRANULOMETRIJSKI SASTAV - DIJAGRAM (METODA MOKROG SIJANJA / METODA SUHOG SIJANJA / SEDIMENTACIJA METODOM POMOĆU AREOMETRA)

UZORAK: 21/17	RN: 1-134320	OPIS UZORKA I PRIPREME UZORKA -šljunak, sitni i srednje krupnoće -jednoliko građuran (GU)
POLOŽAJ: S-2-1 (profil 2-kopno)	DATUM: travanj 2017.	
DUBINA: -	LOKACIJA/GRAĐEVINA: Crna Gora, plaža SUTOMORE	
Max. zrno: D_{max} (mm) = 15-20		Ispitano prema HRN EN ISO 17892-4 / BS 1377-2 (9.2/9.3/9.5)



PRIMJEDBE, ODSTUPANJA I DRUGI PODACI	Odobrio:
--------------------------------------	----------

Tablični pregled rezultata laboratorijskih ispitivanja



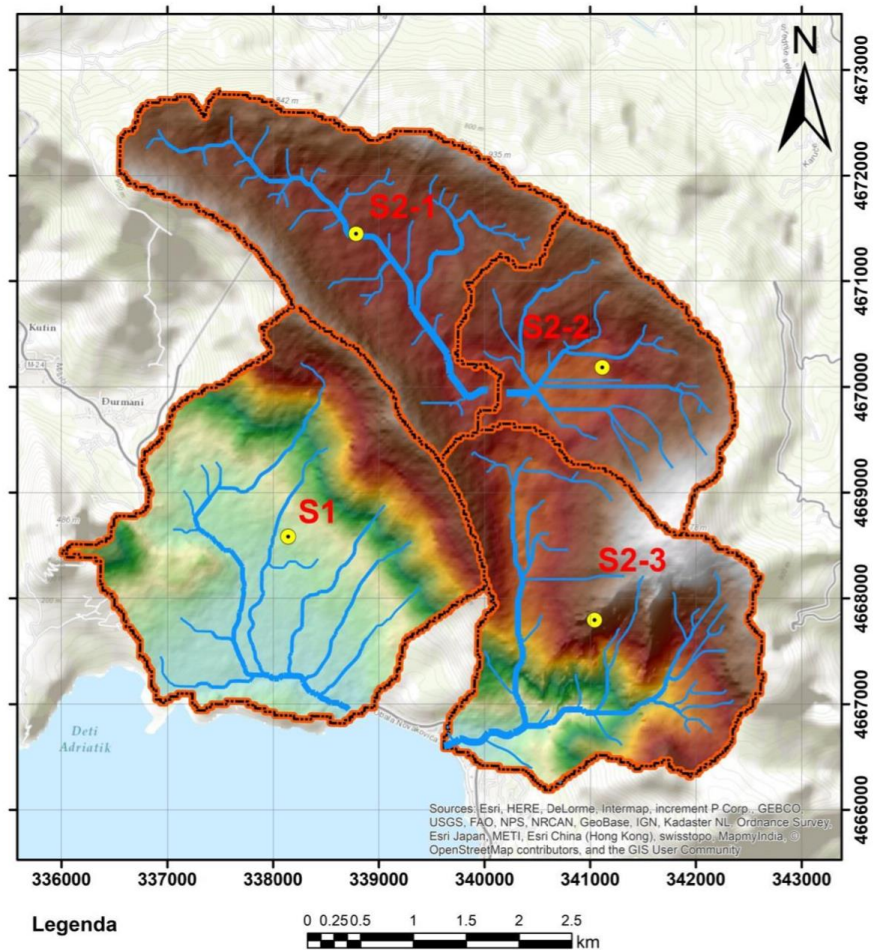
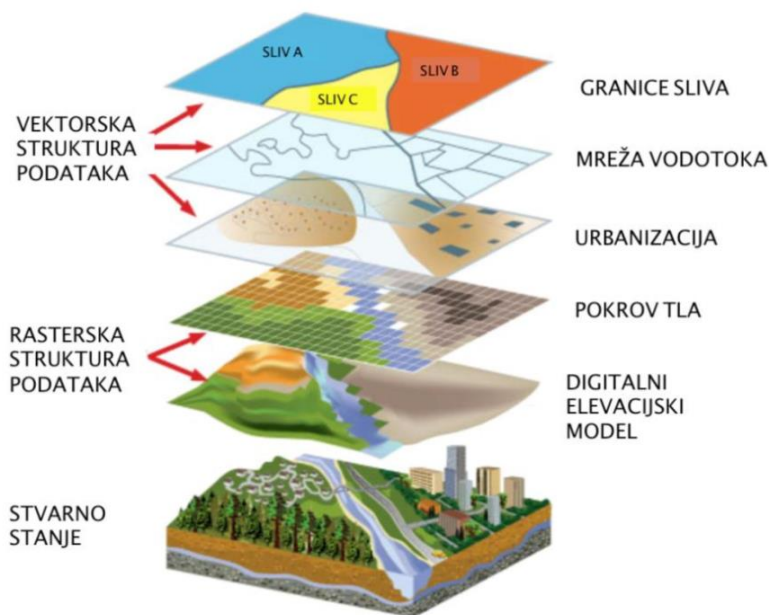
Oznaka uzorka	Oznaka pozicije uzorkovanja	D ₆₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₁₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	Cu	Cc	AC klas.
19/17	S-1-1	3,2	2,4	1,5	2,9	2,1	1,1	GU
78/17*	S-1-2	13,0	8,5	4,7	11,7	2,7	1,2	GU
21/17	S-2-1	5,8	3,6	2,4	5,0	2,4	0,9	GU
22/17	S-2-2	14,5	11,2	6,9	13,3	2,1	1,3	GU
23/17	S-3-1	3,4	2,6	2,2	3,1	1,6	0,9	GU
24/17	S-3-2	14,4	10,9	6,2	13,1	2,3	1,3	GU
25/17	S-4-1	4,9	2,8	2,3	4,0	2,1	0,7	GU
79/17*	S-4-2	15,1	11,8	10,0	13,9	1,5	0,9	GU
27/17	S-5-1	6,9	5,1	4,2	6,2	1,7	0,9	GU
28/17	S-5-2	8,1	4,8	2,2	6,8	3,6	1,3	GU/GP
29/17	S-6-1	1,33	0,87	0,43	1,15	3,1	1,3	SU
80/17*	S-6-2	14,5	7,9	2,8	12,6	5,2	1,5	GW
31/17	S-7-1	0,69	0,45	0,27	0,6	2,5	1,1	SU
70/17*	S-7-2	38,0	23,2	10,2	32,4	3,7	1,4	GU
33/17	S-8-1	0,58	0,4	0,24	0,51	2,4	1,1	SU
71/17*	S-8-2	15,2	10,4	4,8	13,4	3,2	1,5	GU
35/17	S-9-1	0,45	0,3	0,23	0,39	2,0	0,9	SU
36/17	S-9-2	14,4	11,0	6,0	13,1	2,4	1,4	GU
37/17	S-10-1	0,4	0,28	0,22	0,35	1,8	0,9	SU
81/17*	S-10-2	11,0	5,5	3,0	8,9	3,6	0,9	GU
39/17	S-11-1	0,68	0,45	0,26	0,59	2,6	1,1	SU
72/17*	S-11-2	19,4	10,1	3,28	15,6	5,9	1,6	GW
41/17	S-12-1	0,65	0,49	0,41	0,59	1,6	0,9	SU
42/17	S-12-2	3,8	2,5	1,6	3,3	2,4	1,1	GU
43/17	S-13-1	1,31	0,94	0,62	1,17	2,1	1,1	SU
73/17*	S-13-2	4,1	1,61	0,85	3,0	4,8	0,7	GU
45/17	S-14-1	0,88	0,54	0,38	0,74	2,3	0,9	SU
74/17*	S-14-2	15,0	10,4	5,4	13,3	2,8	1,3	GU

Granulometrijski sastav uzoraka pijeska i šljunka s plaže Sutomore

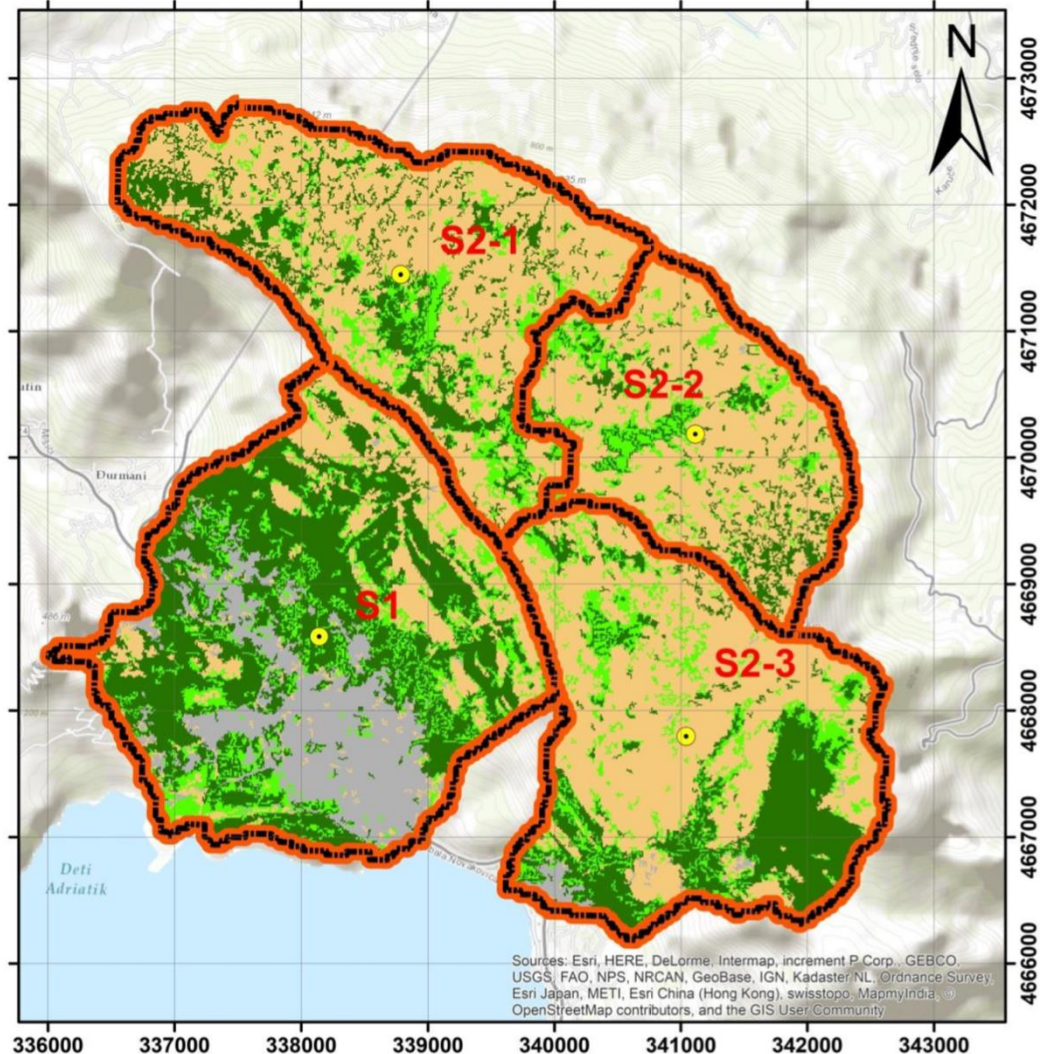
Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike

U svrhu hidrološke analize sliva koji prihranjuje plažu sedimentom, korišteni su dostupni podaci daljinskih istraživanja (satelitski snimci).

Multispektralni snimci posredstvom satelita Sentinel-2 i radarski snimci (SRTM model).



Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike



Legenda

- Težište sliva
- ▬ Vododjelnica
- Pokrov tla
 - Crnogorična šuma
 - Niska vegetacija
 - Stijene s oskudnom vegetacijom
 - Izgrađeno

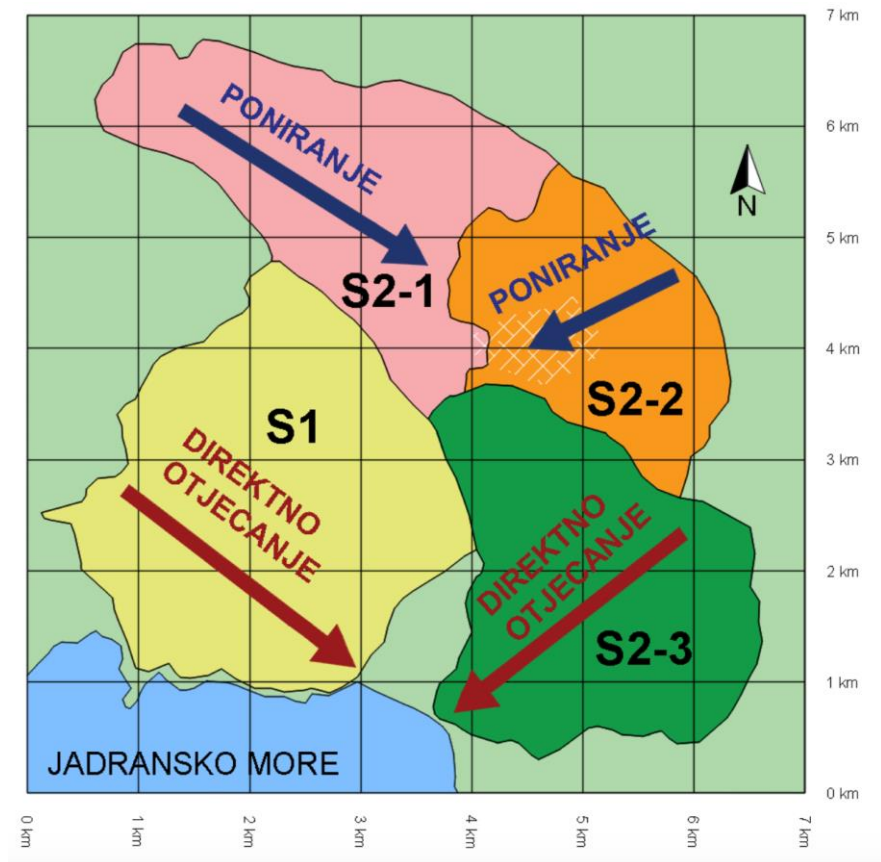
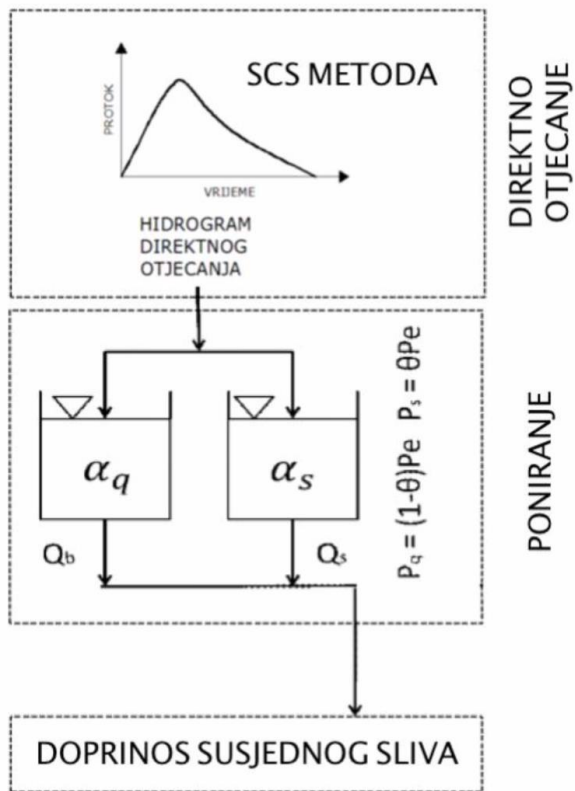


Kartografske informacije

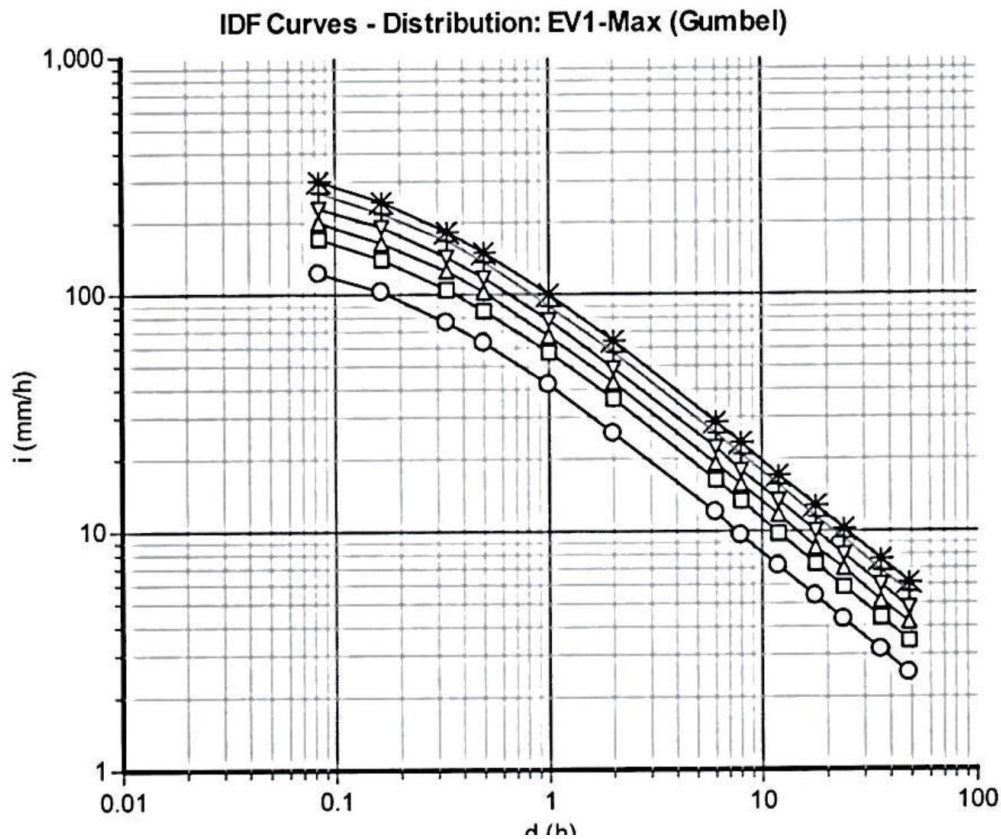
Univerzalna Poprečna Mercatorova projekcija
Zona: 34N
Geodetski datum: WGS84
EPSG: 32364

Karta sliva i podslivova koji prihranjuju plažu Sutomore sitnozrnatim materijalom s definiranim iskorištenjem površine.





Kako jedan dio sliva ima direktno otjecanje, a drugi dio poniranje, postavljen je konceptualni model koji transformira površinsko otjecanje u podzemni tok. Na taj način se točnost procjene ukupnog protoka povećava.

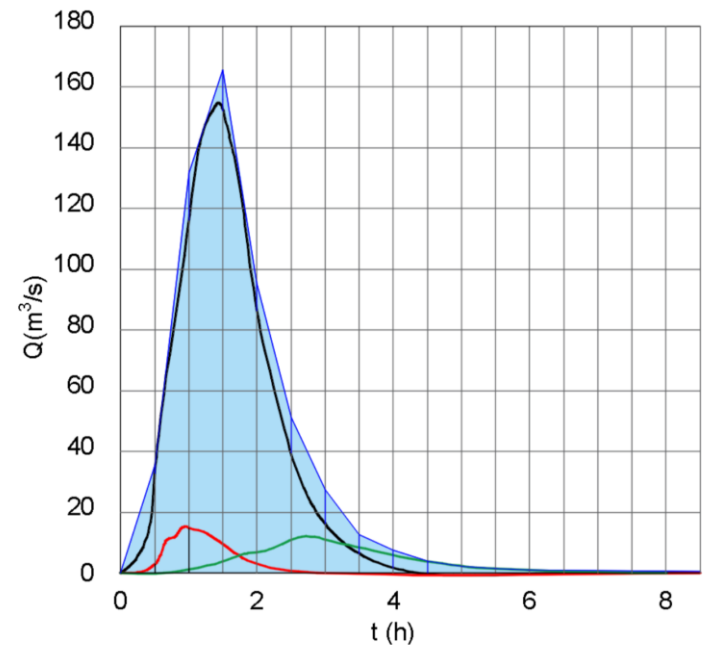
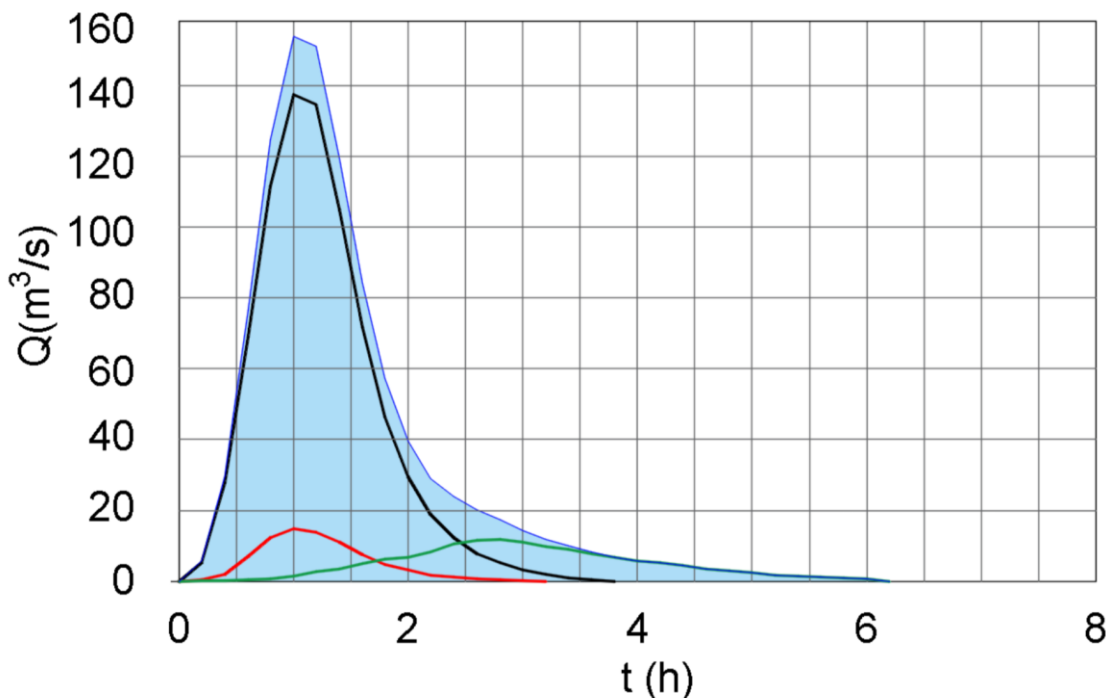


Za predmetnu hidrološku anlaizu sliva, oborine su mjerene na meteorološkoj postaji Bar (ZHMS - Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore) te je pripadajuća ITP krivulja konstruirana od strane iste institucije.



Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike

Hidrološki modeli su procjenili hidrograme direktnog otjecanja za povratne periode od 5 i 100 godina s različitim procjenama vlažnosti tla. Ekstremni usvojen scenario je 100 godišnja kiša i maksimalno zasićenje površinskog tla (CN = 90).

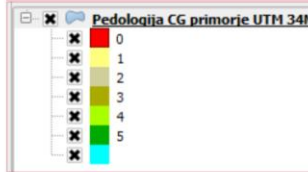
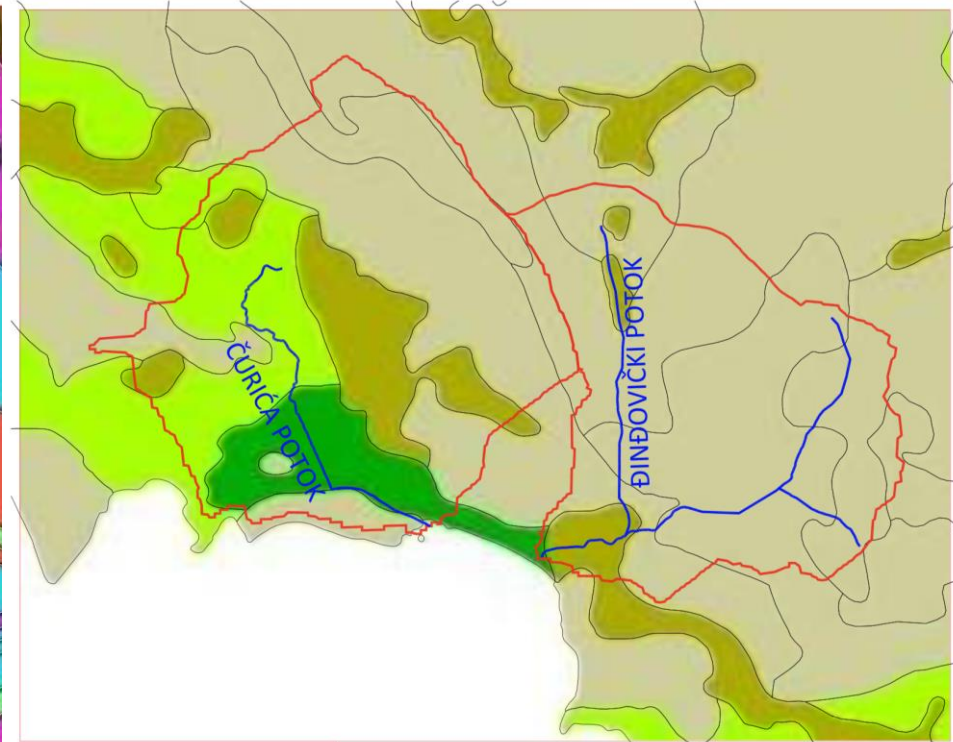
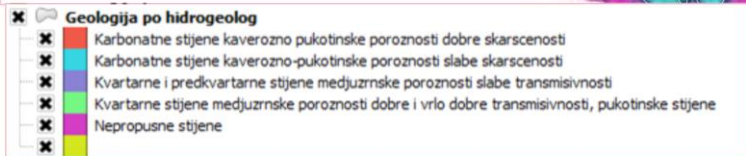
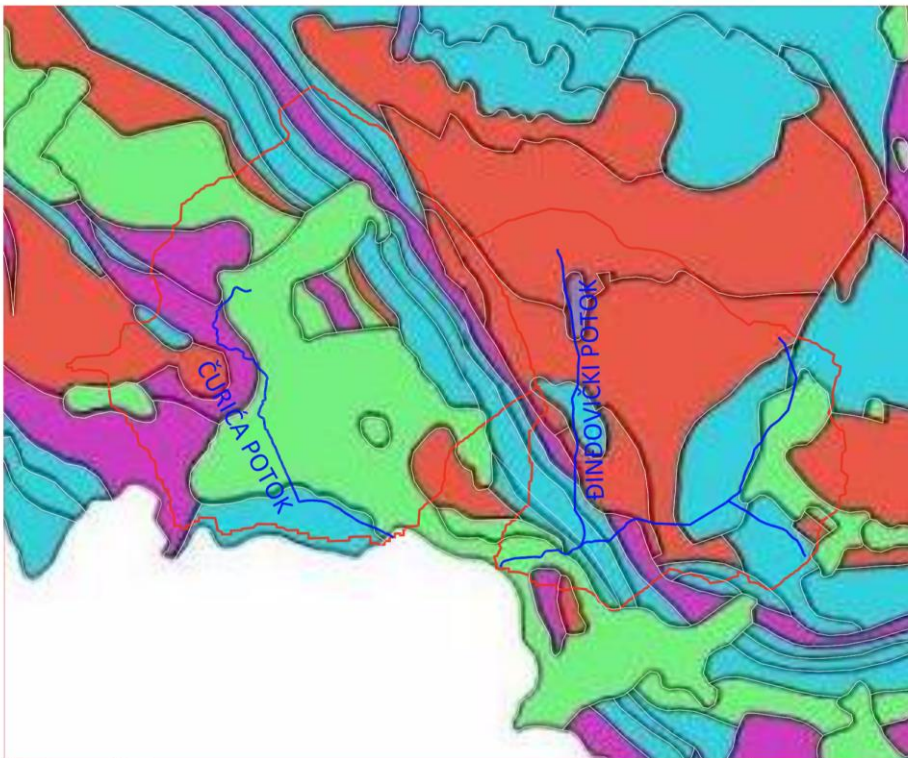


Ukupni hidrogrami direktnog otjecanja za sliv Sutomore (sliv bujice Čurića potok i sliv bujice Đinđovički potok), za povratni period 100 god, CN = 90 (visoka vlažnost tla)



Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike

Procjena nanosa kao i zone njegovog deponiranja zahtjevaju hidraulički proračun. Sastav nanosa se procjenjuje na osnovu uzoraka te geoloških i pedoloških karti sliva.

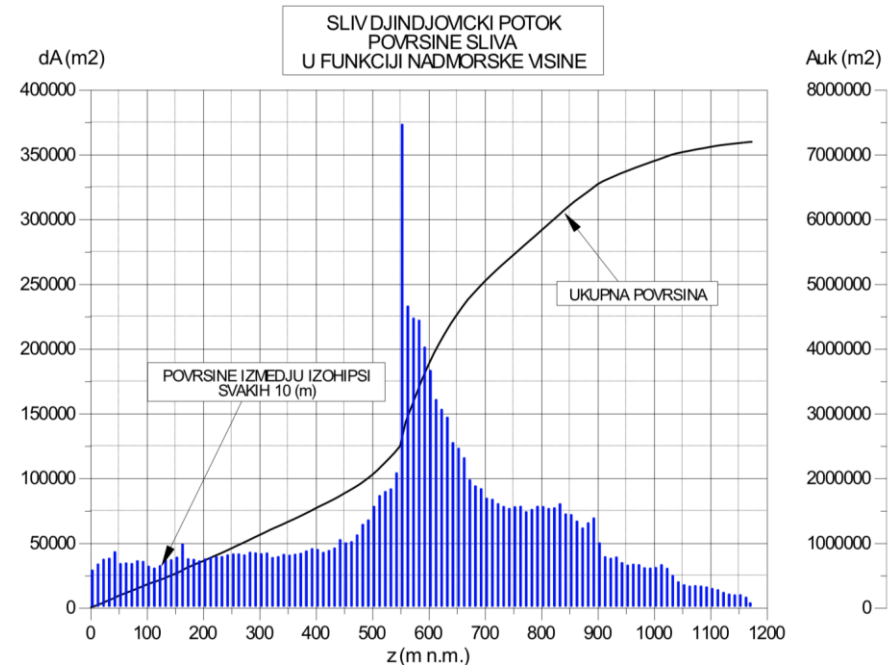
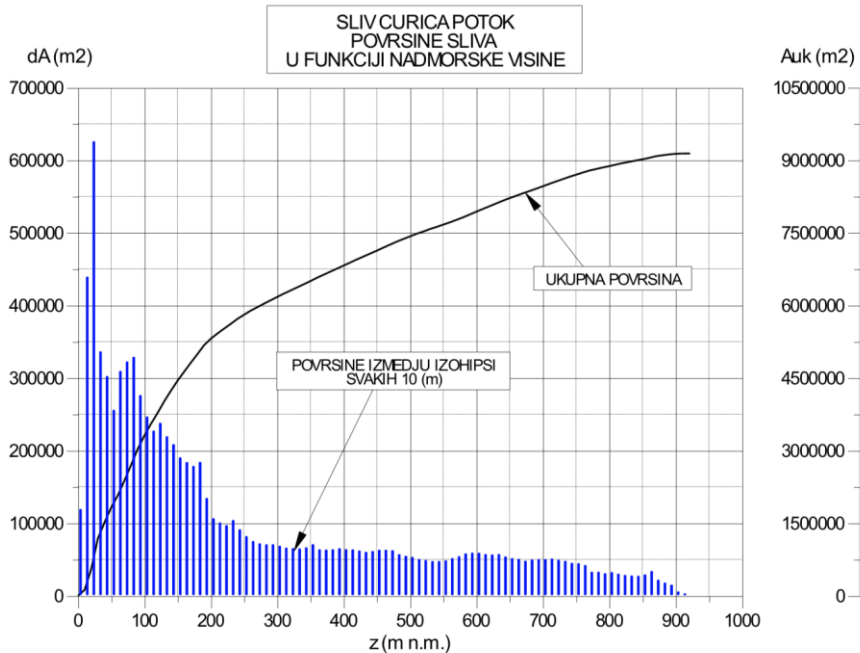


- 2 - Regosol (Sirozem), vrlo slabo razvijeno zemljište na šljunku
- 3 - Arenosol, Marinski (živi) pijesak
- 4 - Aluvijalno-koluvijalno zemljište
- 5 - Kalkomelanosol, vapnenačko-dolomitna crnica



Hidrološke i hidrometeorološke karakteristike

Proračun vučenog i suspendiranog nanosa po metodi Gavrilovića za srednje godišnje oborine



- Površina sliva:

$$F=9.1367 \text{ (km}^2\text{)}.$$

- Srednja nadmorska visina sliva:

$$z_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta F_i \cdot h_i}{F} = 253.4 \text{ (m n.m.)}.$$

- Temperaturni koeficijent područja:

$$T = \sqrt{\frac{t^o}{10} + 0.1} = \sqrt{\frac{15.6}{10} + 0.1} = 1.288.$$

- Koeficijent erozije sliva:

$$Z = Y \cdot X \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{J_a}).$$

- površina sliva:

$$F=7.19106 \text{ (km}^2\text{)}.$$

- opseg sliva:

$$O=12.413 \text{ (km)}.$$

- kota vrha:

$$z_v=1175 \text{ (m n.m.)}.$$

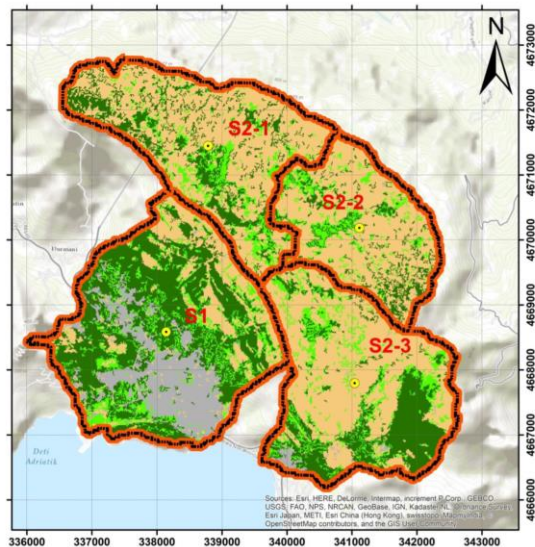
- kota ušća:

$$z_u=0.0 \text{ (m n.m.)}.$$

- dužina sliva mjereno po glavnom toku:

$$L=3379 \text{ (m)}.$$





• **Struktura vegetacije u slivu (prema podacima sa satelita Sentinel-2)**

- niska vegetacija: 1.3844 (km²)=15.15 (%)
- crnogorična šuma: 3.9685 (km²)=43.43 (%)
- izgrađeno područje: 1.9381 (km²)=21.21 (%)
- golet-kamenjar s oskudnom vegetacijom: 1.8458 (km²)=20.20 (%)
- Ukupno: 9.1367 (km²)=100 (%)

- $X \cdot a$: koeficijent uređenja sliva: $X \cdot a = 0.60$ (degradirane šume i šikare s erodiranim zemljištem) - vrijedi za (15.15%+43.43+21.21%)

$X \cdot a = 1.00$ (goleti s oskudnom vegetacijom) - za 20.20% površine.

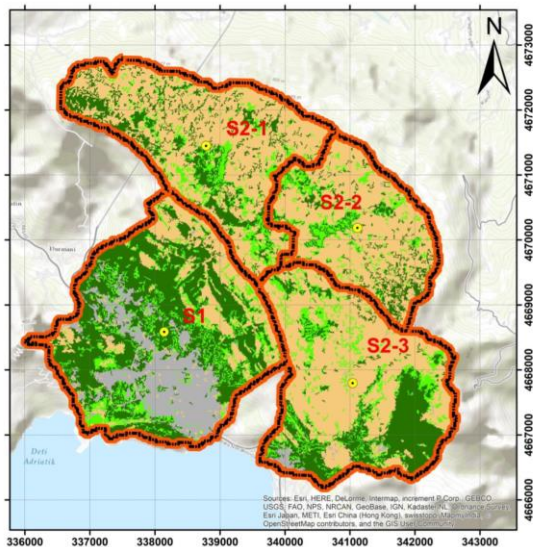
Ukupno: $X \cdot a = 0.6 \cdot (0.1515 + 0.4343 + 0.2121) + 1.00 \cdot 0.2020 = 0.6807$

- Y: recipročna vrijednost koeficijenta otpora na eroziju: Y=1.8 za 15.15% površine,
 1.2 za 43.43% površine,
 1.05 za 20.20% te
 0.25 za 21.21% površine
 terena:

$Y = 1.8 \cdot 0.1515 + 1.2 \cdot 0.4343 + 1.05 \cdot 0.2020 + 0.25 \cdot 0.2121 = 1.059$

- φ : brojni ekvivalent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije u slivu: $\varphi = 1.0$





- J_a : srednji pad sliva: $J_a = 0.3734$

$$Z = 1.059 \cdot 0.6807 \cdot (1.0 + \sqrt{0.3734}) = 1.1614$$

- Opseg sliva: $O = 13.695$ (km).

- Srednja visinska razlika sliva: $D = z_{sr} - z_u = 253.4 - 0.0 = 253.4$ (m) .

- Dužina sliva mjereno po glavnom toku: $L = 4684$ (m) = 4.684 (km).

- Koeficijent retencije nanosa: $R_u = \frac{(O \cdot D)^{1/2}}{0.25 \cdot (L + 10)} = \frac{(13.695 \cdot 0.2534)^{1/2}}{0.25 \cdot (4.684 + 10)} = 0.5075$

- Srednja godišnja količina padavina za Bar: $H_{god} = 1391.9$ (l/m²).

- Ukupna godišnja proizvodnja nanosa u slivu:

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F = 1.288 \cdot 1391.9 \cdot \pi \cdot \sqrt{1.1614^3} \cdot 9.1367 = 64407.4 \text{ (m}^3/\text{god)}.$$

- Ukupna godišnja količina nanosa koji dopijeva u more:

$$G_{god} = W_{god} \cdot R_u = 64407.4 \cdot 0.5075 = 32686.8 \text{ (m}^3/\text{god)}.$$

- Ukupna godišnja količina nanosa koji dopijeva u more s 1 (km²) sliva:

$$G_{spec} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot R_u = 1.288 \cdot 1391.9 \cdot \pi \cdot \sqrt{1.1614^3} \cdot 0.5075 = 3577.5 \left(\frac{\text{m}^3/\text{km}^2}{\text{god}} \right) = 3.58 \left(\frac{\text{mm}}{\text{god}} \right).$$

- Procjena količine vučenog i suspendiranog nanosa:

Postotak vučenog nanosa: $\tau = \frac{Z \cdot (Y_V - 1)}{\pi \cdot Y_S}$,

gdje je:

τ - postotak vučenog nanosa,

Z - koeficijent erozije sliva = 1.1614,

Y_V - zapreminska masa vučenog nanosa (t/m³),

Y_S - zapreminska masa suspendiranog nanosa (t/m³).

$$\tau = \frac{Z \cdot (Y_V - 1)}{\pi \cdot Y_S} = 1.1614 \cdot \frac{(2.3 - 1)}{\pi \cdot 1.1} = 0.4369$$

Prosječna godišnja količina vučenog nanosa koja dospije u more iznosi:

$$G_{god-V} = G_{god} \cdot \tau = 32686.8 \cdot 0.4369 = 14280.9 \text{ (m}^3/\text{god)}$$

Prosječna godišnja količina suspendiranog nanosa koja dospije u more iznosi:

$$G_{god-S} = G_{god} \cdot (1 - \tau) = 32686.8 \cdot (1 - 0.4369) = 18405.9 \text{ (m}^3/\text{god)}$$

ČURICA POTOK 2010. godina	UKUPNI NANOS KOJI DOSPIJE U MORE NA PLAŽI SUTOMORE (m ³)												
	MJESEC												
	Datum	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	932,30
2	156,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	327,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,85	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	225,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	214,87
6	264,19	282,98	0,00	162,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2356,57	0,00	0,00	0,00
7	0,00	213,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	241,88	0,00	0,00	0,00	0,00
10	402,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122,11	0,00	0,00	0,00
11	403,92	0,00	257,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	285,33	0,00	131,51	0,00	0,00
12	263,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	212,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	119,77	0,00
14	0,00	0,00	0,00	213,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	446,19	184,35	0,00	0,00	0,00	0,00	982,79	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	227,79	0,00	0,00	0,00	0,00	581,22	0,00	0,00	0,00
17	0,00	173,78	0,00	0,00	243,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	252,45	0,00	0,00
18	0,00	319,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	272,41	228,96	0,00
19	0,00	0,00	0,00	392,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	243,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	336,99	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	247,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	247,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	339,34	0,00
24	0,00	191,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	294,72	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	365,17	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	355,78	227,79	206,66	0,00	0,00	0,00
27	0,00	118,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,04	392,18	0,00	287,67	0,00	0,00
28	210,18	0,00	163,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	131,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukupno:	2027,81	2003,15	645,80	1214,10	655,19	247,75	0,00	1176,53	4540,55	2300,21	2120,57		
Ukupno godišnje:													16931,64

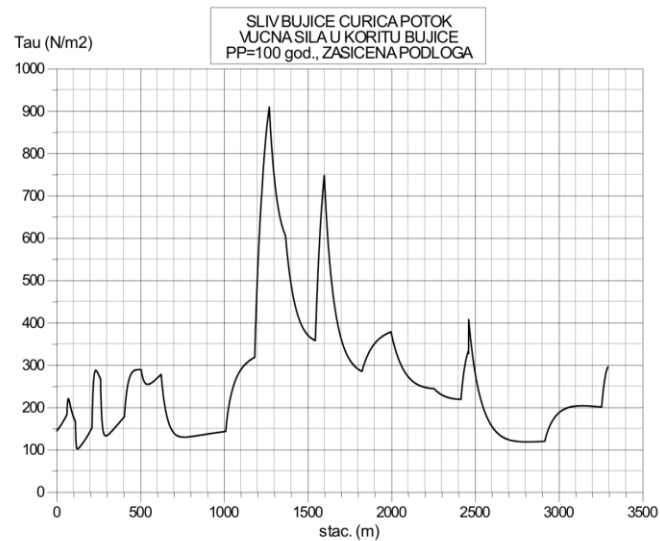
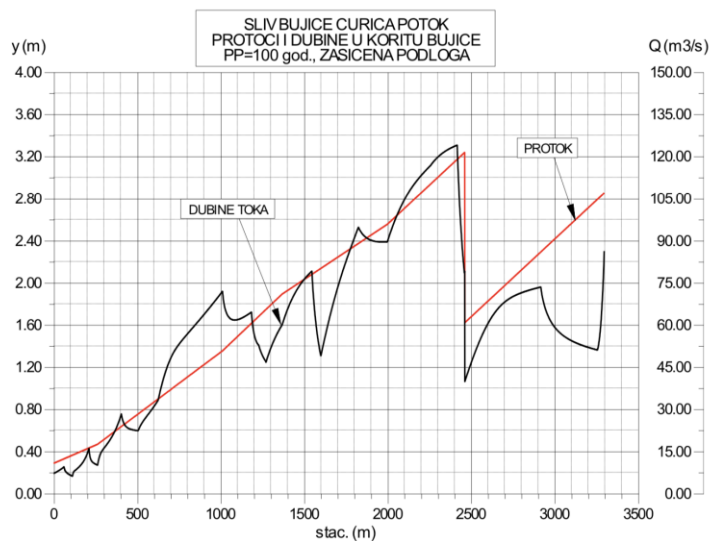
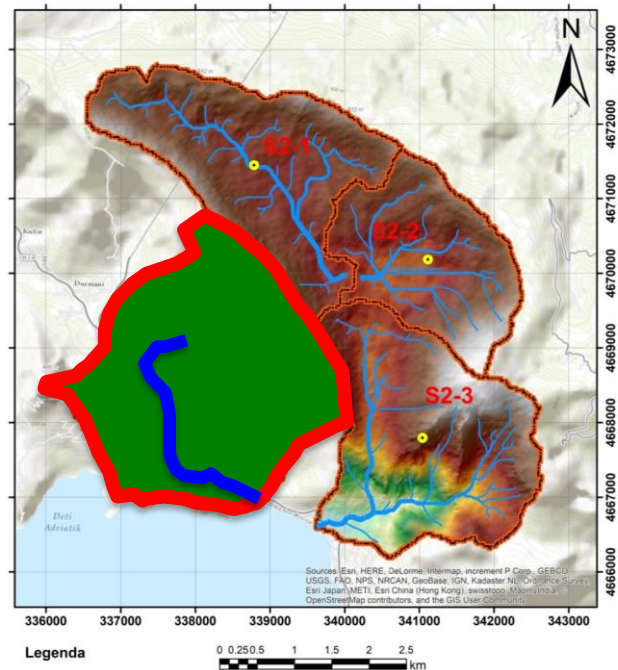
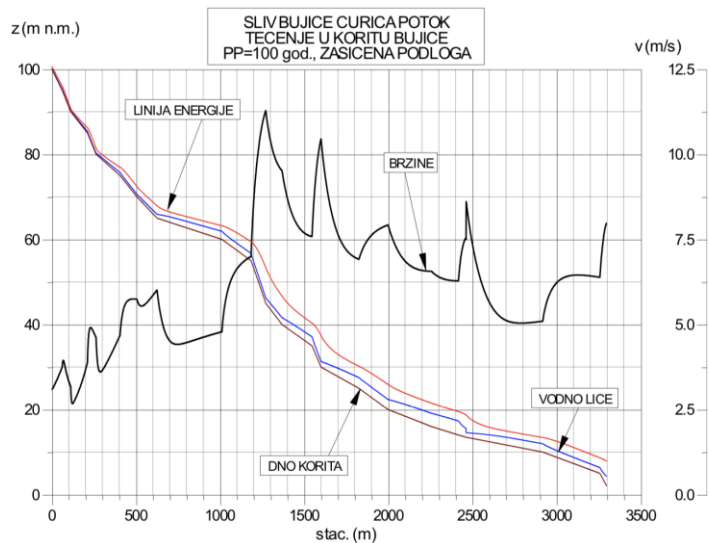
ĐINĐOVIČKI POTOK 2010. godina	UKUPNI NANOS KOJI DOSPIJE U MORE (m ³)												
	MJESEC												
	Datum	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3896,94
2	652,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	1369,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1320,25	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	942,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	898,16
6	1104,30	1182,83	0,00	677,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9850,34	0,00	0,00	0,00
7	0,00	893,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1011,05	0,00	0,00	0,00
10	1683,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	510,43	0,00
11	1688,35	0,00	1074,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1192,64	0,00	549,69	0,00	0,00
12	1099,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	888,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,62
14	0,00	0,00	0,00	893,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	1865,04	770,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4107,99	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	952,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2429,46	0,00	0,00	0,00
17	0,00	726,38	0,00	0,00	1015,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,22	0,00
18	0,00	1334,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1138,65	957,06
19	0,00	0,00	0,00	1639,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	1015,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1408,59
22	0,00	0,00	0,00	0,00	1035,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	1035,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1418,41	0,00
24	0,00	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1231,91	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1526,39	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1487,12	952,15	863,81	0,00	0,00
27	0,00	495,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	677,30	1639,27	0,00	1202,46	0,00
28	878,53	0,00	682,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	549,69	0,00	0,00	0,00	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukupno:	8476	8373	2699	5075	2739	1036	0	0	4918	18979	9615	8864	
Ukupno godišnje:													70773

Računski primjer za 2010 godinu (oborine manje od 10 mm ne uzimaju se u obzir:

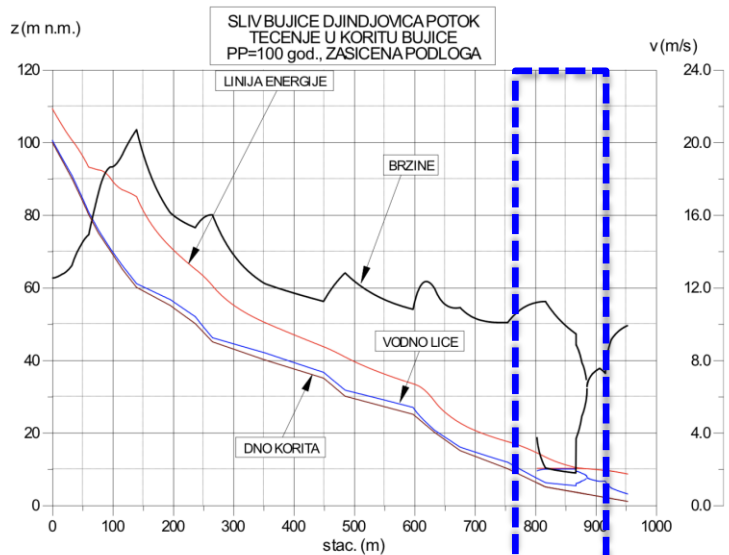
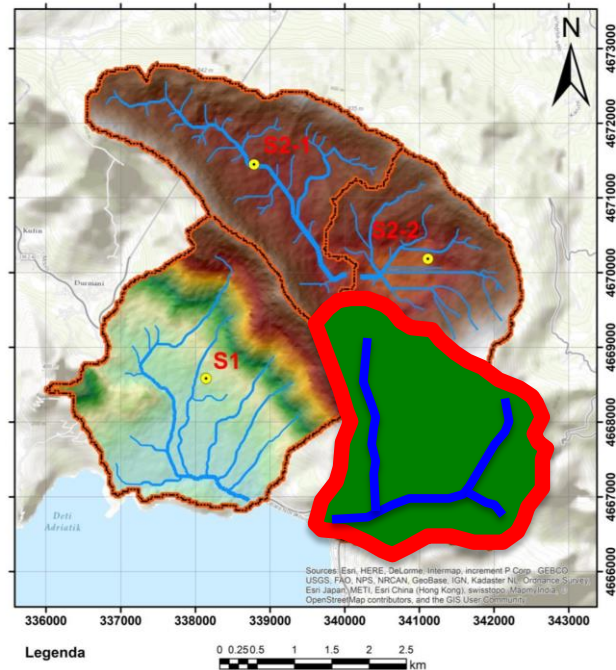
G = 87.704 m³ – Ukupni nanos koji dospijeva u more



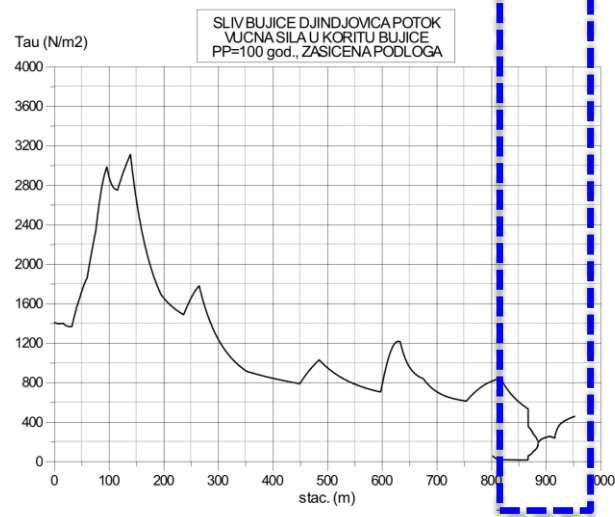
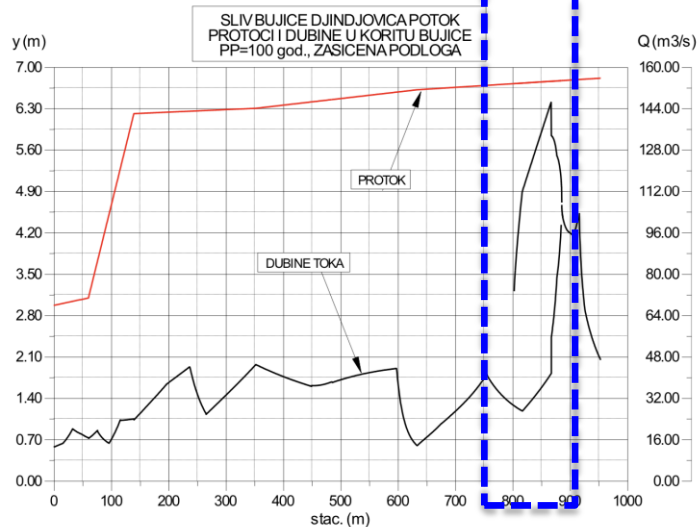
Hidraulički proračun Ćurića potok:



Hidraulički proračun Đinđovički potok:



← VODNI SKOK NA 0+815 →



Analiza obalnih procesa



1999



2007



2011

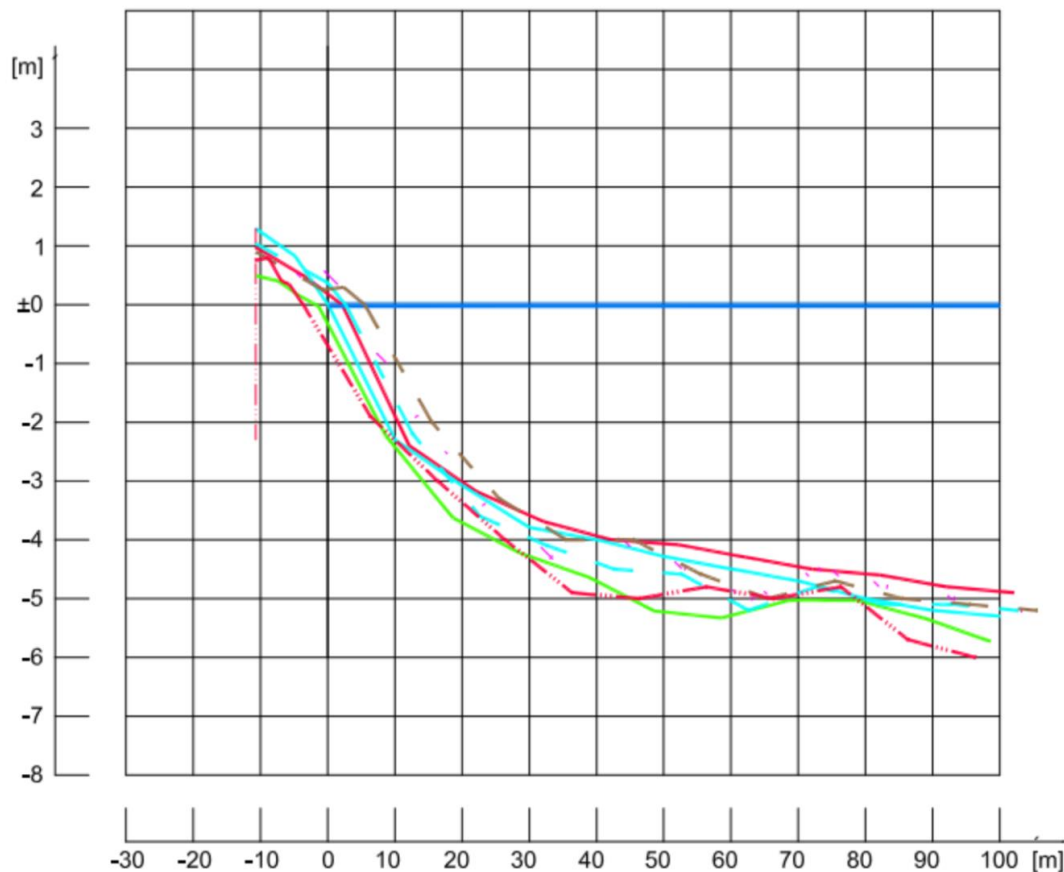


2017

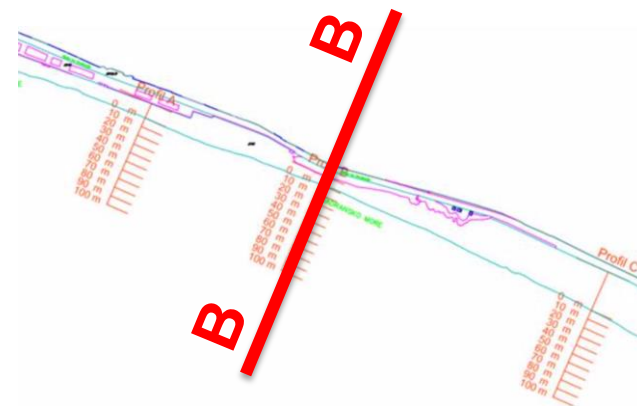
- Pregled dosadašnje studijske i projektne dokumentacije
- Vjetrovalna klima
- Analiza valnog polja i gibanja nanosa na plaži Sutomore

Analiza obalnih procesa

Pregled dosadašnje studijske i projektne dokumentacije



Slika 5.17. Poprečni profil B plaže Sutomore od 2006. - 2010. godine



2006-2007

- 1 snimanje : 03.05.2006, kota + 1,30 m
- 2 snimanje : 20.08.2006, kota + 1,00 m
- 3 snimanje : 05.01.2007, kota + 1,19 m
- 4 snimanje : 25.04.2007, kota + 1,97 m

2007-2008

- 1 snimanje : 28.11.2007, kota + 1,60 m
- 2 snimanje : 15.03.2008, kota + 1,01 m
- 3 snimanje : 11.07.2008, kota + 0,70 m
- 4 snimanje : 05.11.2008, kota + 1,22 m

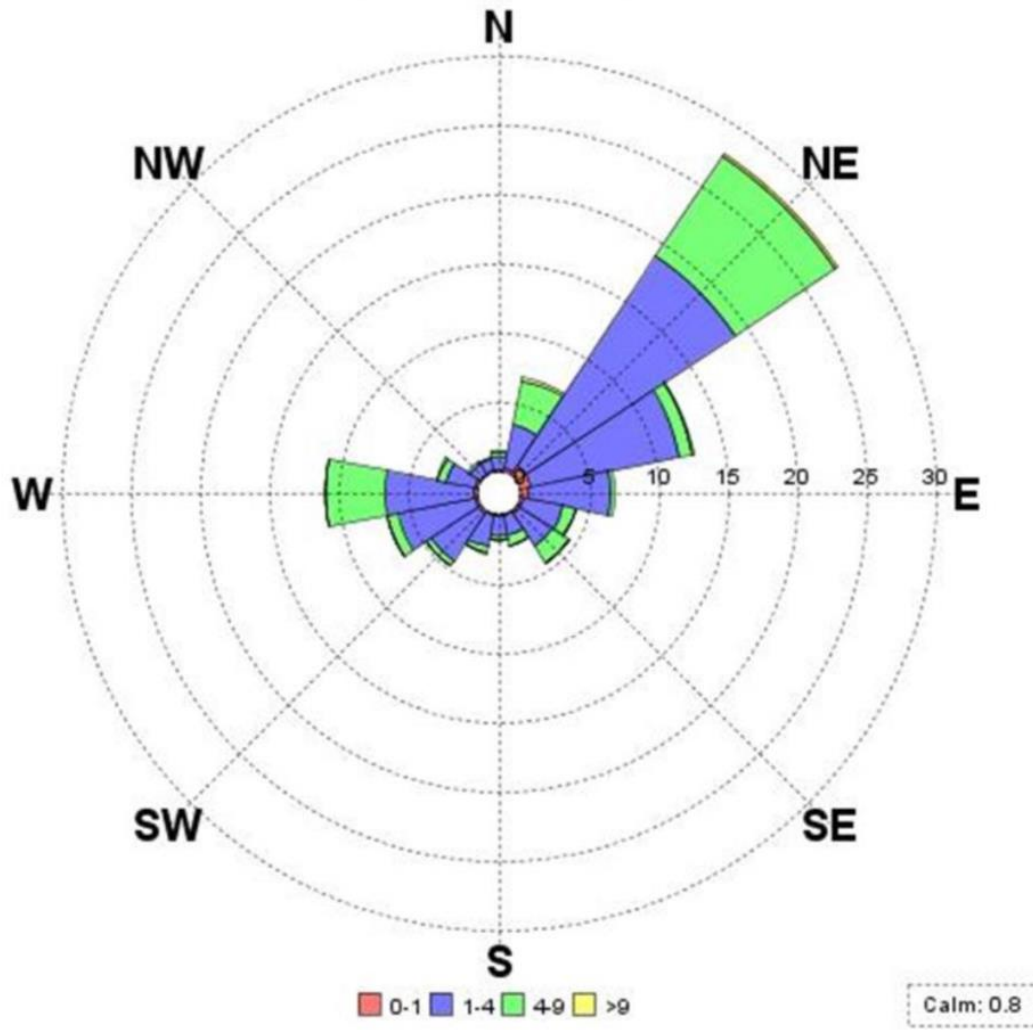
2009-2010

- 1 snimanje : 01.08.2009, kota + 1,04 m
- 2 snimanje : 15.01.2010, kota + 0,70 m
- 3 snimanje : 28.03.2010, kota + 0,52 m
- 4 snimanje : 24.06.2010, kota + 0,75 m



Analiza obalnih procesa

Vjetrovalna klima



Ruža vjetrova za sinoptičku postaju Bar

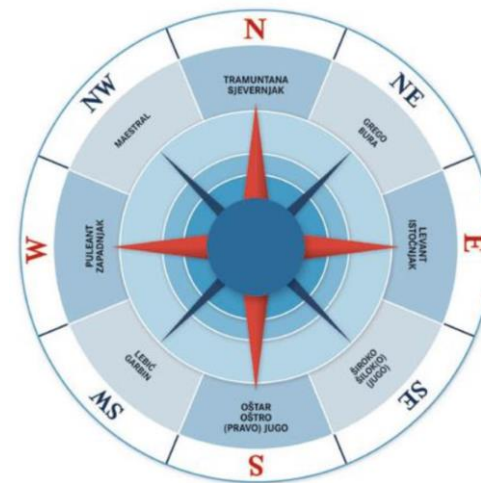
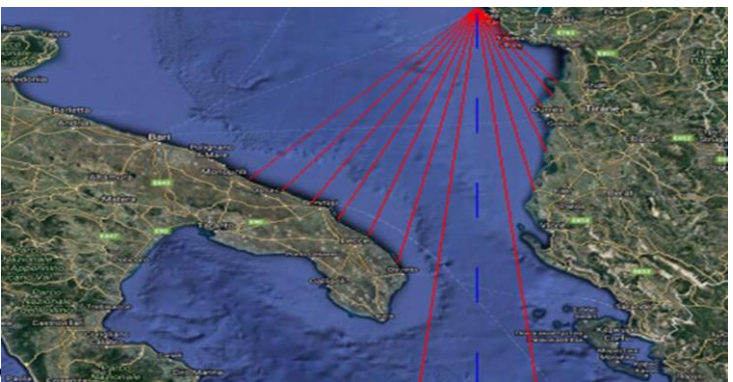
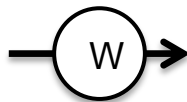
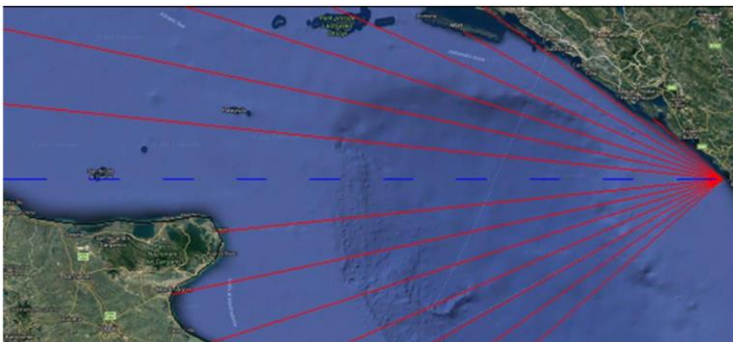
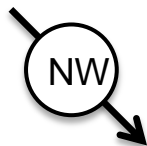
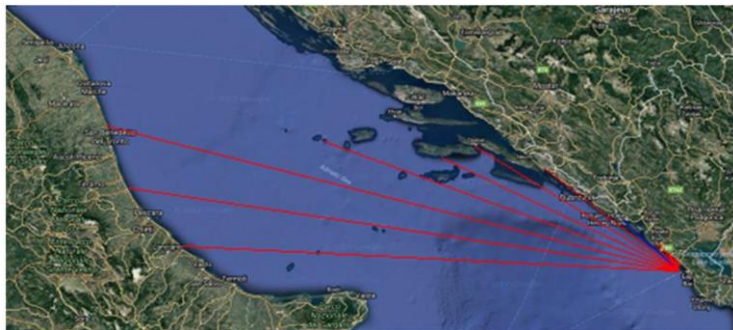
(Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore)

Od 1.1. 2006. do 31.12. 2015.



Analiza obalnih procesa

Definiranje efektivnog privjetrištva



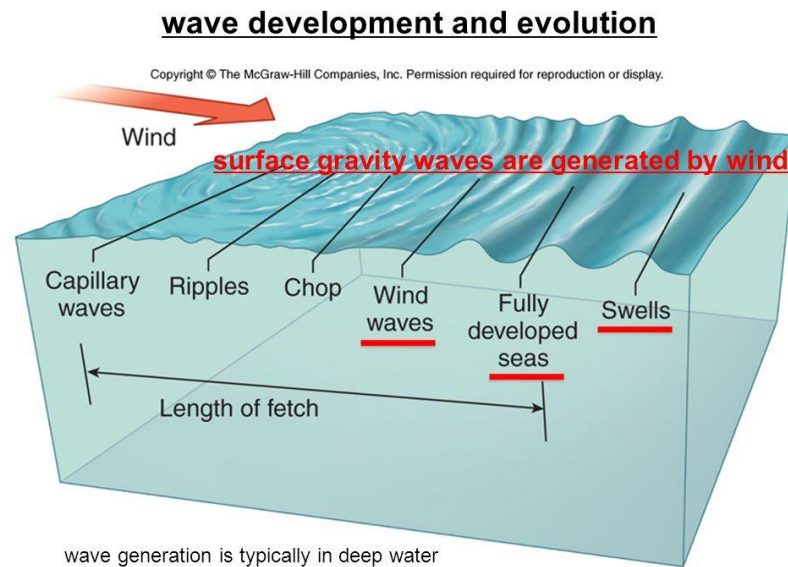
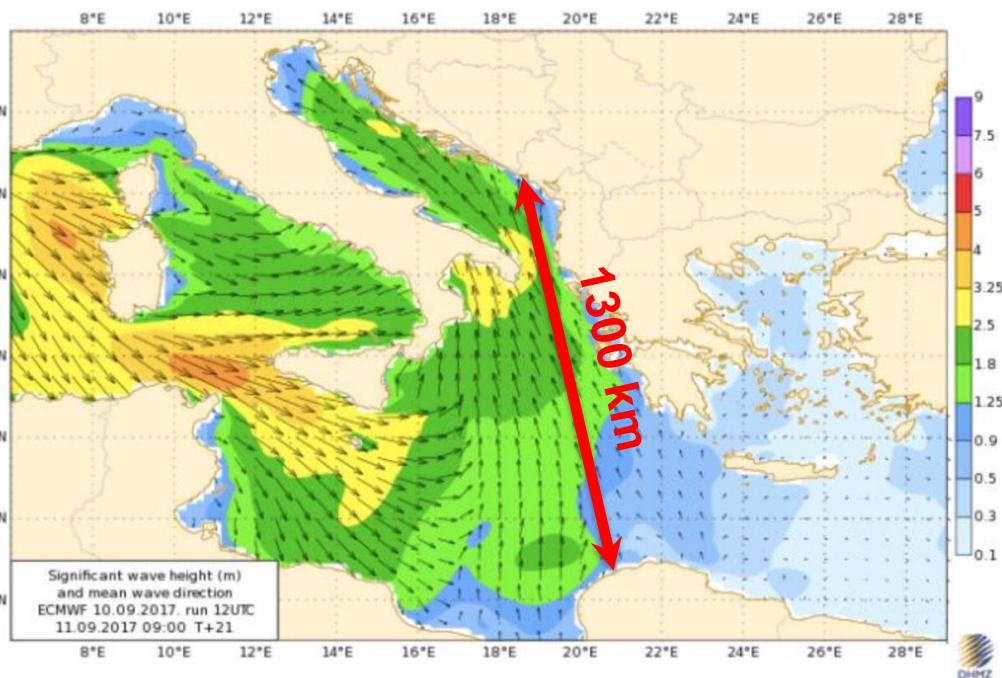
Smjer S

α [°]	f_i [km]	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
42	192,000	0,743	106,035
36	187,476	0,809	122,704
30	186,450	0,866	139,837
24	192,606	0,914	160,743
18	198,646	0,951	179,677
12	214,924	0,978	205,634
6	1233,130	0,995	1219,657
0	1312,910	1,000	1312,910
6	1269,050	0,995	1255,184
12	153,964	0,978	147,308
18	125,233	0,951	113,274
24	89,272	0,914	74,503
30	84,794	0,866	63,596
36	76,632	0,809	50,156
42	18,727	0,743	10,342
F_{EFF} [km]	382,029	13,511	5161,561



Analiza obalnih procesa

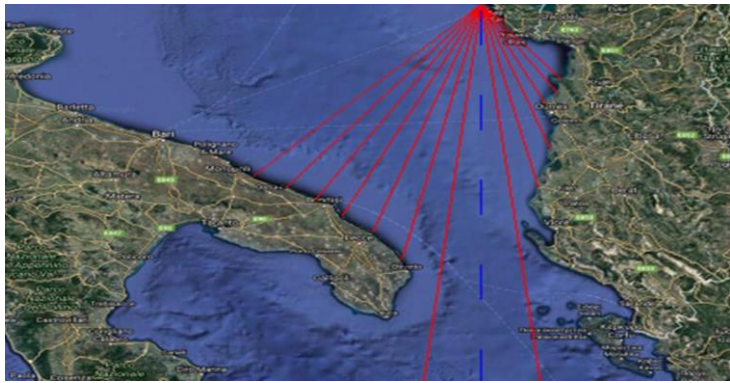
Definiranje efektivnog privjetrištva



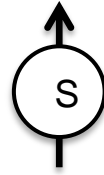
Zrake smjera S se protežu sve do obala Libije u Africi, s ukupnom duljinom od **1250 -1300 km**. Na tako velikim duljinama privjetrišta postizanje stanja potpuno razvijenog mora uvjetovano je trajanjem puhanja vjetra i postojanošću smjera.

Za potrebe usvajanja opravdanosti korištenja privjetrišta duljine **382.029 km** korišteni su podaci prognostičkih modela valovanja Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske.





Parametri dubokovodnog vala za smjer S



$$t_{\min} = 43 \cdot \frac{X^{0,73}}{U^{0,46} \cdot g^{0,27}}$$

t_{\min} = minimalno vrijeme puhanja vjetra [s]

X = duljina privjetrišta [m],

U = brzina vjetra [m/s]

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0,3 \left\{ 1 - \left[1 + 0,004 \left(\frac{gX}{U^2} \right)^{1/2} \right]^{-2} \right\}$$

$$\frac{gT_s}{2\pi U} = 1,37 \left\{ 1 - \left[1 + 0,008 \left(\frac{gX}{U^2} \right)^{1/3} \right]^{-5} \right\}$$

H_s = značajna valna visina [m]

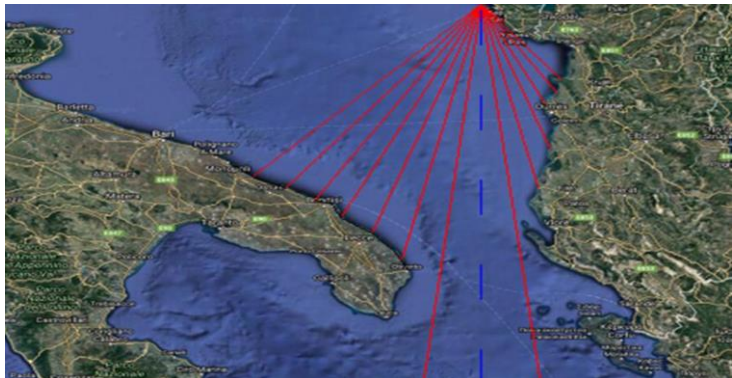
X = duljina privjetrišta [m],

U = brzina vjetra [m/s]

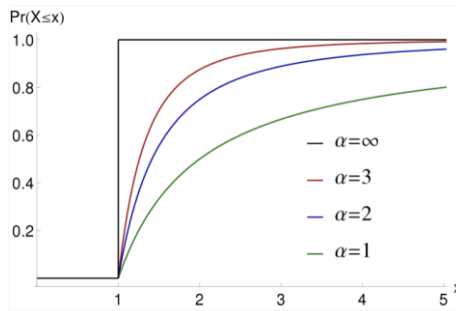
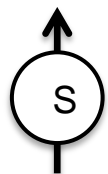
V [m/s]	1,50	3,30	5,50	8,00	10,80	13,90
F_{EFF} [km]	382,03	382,03	382,03	382,03	382,03	382,03
t_{min} [h]	1,12	1,38	1,58	1,75	1,90	2,04
F_{min} [km]	78,23	128,55	177,35	224,57	271,31	318,06
F [km]	382,03	382,03	382,03	382,03	382,03	382,03
H_s [m]			0,81	1,60	2,72	4,20
T_s [s]			3,70	5,00	6,50	7,80
L₀ [m]			21,37	39,03	65,97	94,99

Za smjer S maksimalna valna visina i valni period, temeljem raspoloživog niza brzina vjetra iznose **H_s = 4,2 m**, odnosno **T = 7,8 s**.

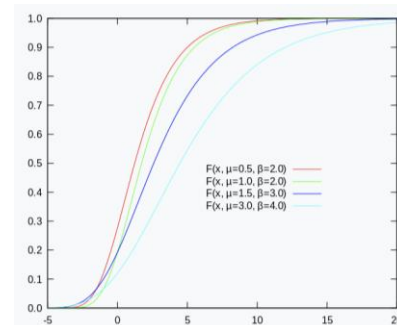




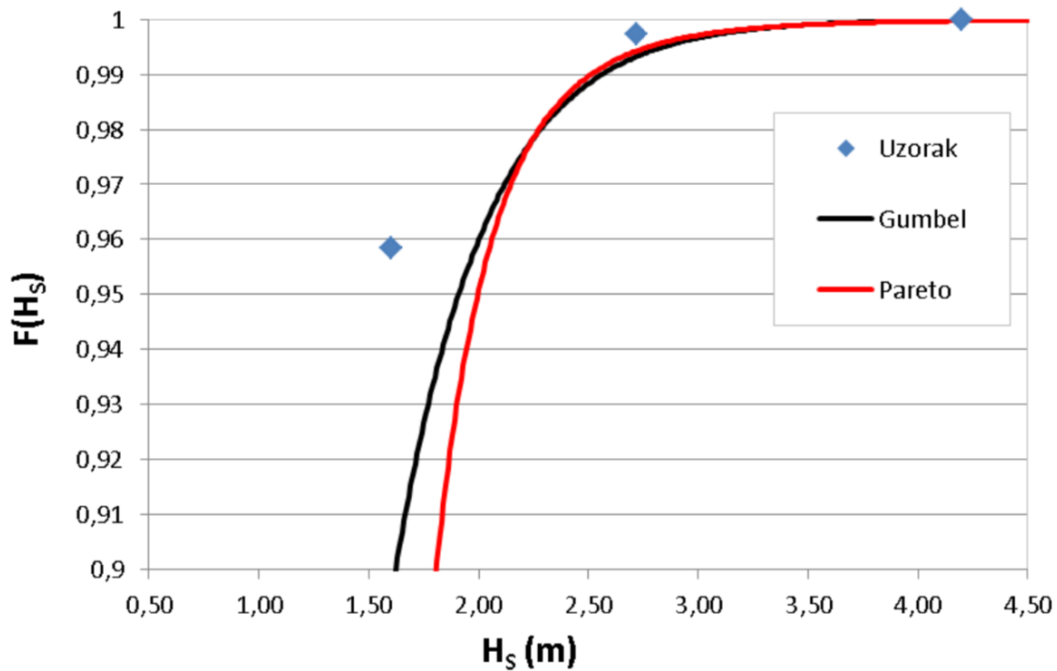
Dugoročna prognoza značajne valne visine za smjer S



Pareto distribucija



Gumbelova distribucija



T	P	1-P	$H_s^{T \text{pareto}}$	$H_s^{T \text{gumbel}}$
5	0,001072	0,998928	3,45	3,450
20	0,000268	0,999732	4,21	4,010
50	0,000107	0,999893	4,79	4,370
100	5,36E-05	0,999946	5,3	4,650



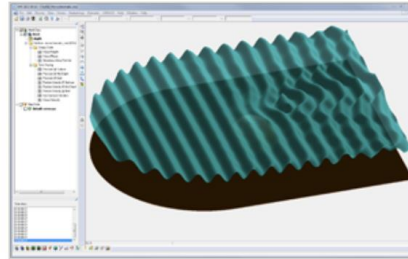
CGWAVE

Wave Transformation Modeling with SMS

Application: Coastal Modeling

Method: 2D Finite Element

Developer: U.S. Army Corp of Engineers



Numerički model za analizu valnog polja

Analiza obalnih procesa

CG WAVE je dvodimenzionalni model koji služi za predviđanje propagacije i transformacije vala i njegovih parametara kao što su valna visina, brzina i tlakovi.

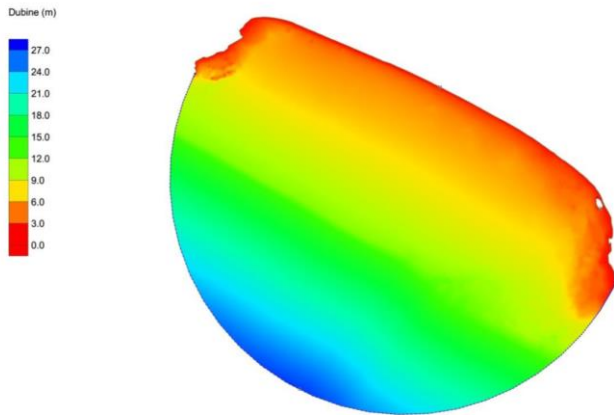
Također, modelom je moguće prikazati pojavu valne refrakcije uslijed dubine, difrakciju vala od objekata i dubine, refleksiju vala od objekata i obalne linije, trenje od dna, lom vala i utjecaj plutajućih objekata. Model je primjenjiv za različite vrste domena i za različite rasporede dubina.

Ulazni parametri za CG WAVE su smjer incidentnog vala, period vala i valna visina ili spektralna kombinacija ovih parametara.

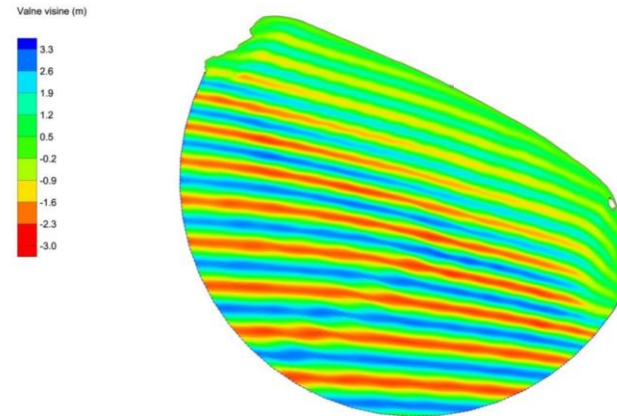


Numerički model za analizu valnog polja

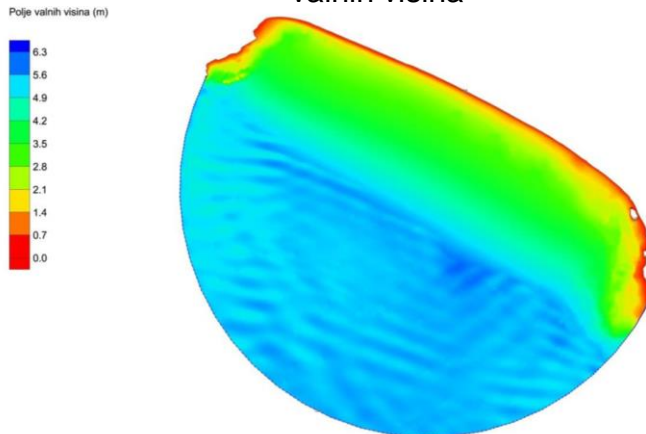
Batimetrija



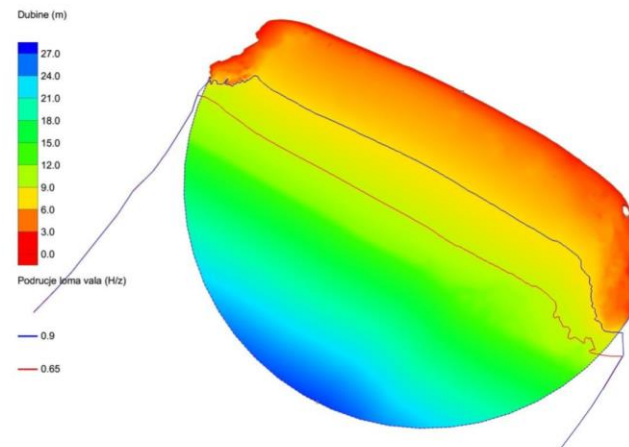
Valno polje



Prikaz polja ostvarenih valnih visina



Područje loma vala



GENCADE

Numerički model za analizu gibanja nanosa

Coastal Sediment Transport & Morphology Modeling with SMS

Application: Coastal Modeling

Method: 1D

Developer: U.S. Army Corp of
Engineers



GENCADE je jednodimenzionalni numerički model za izračun sedimentnog transporta (gibanja nanosa) i promjenu morfologije obalnog područja uslijed djelovanja valova.

Iako je model moguće koristiti za izračun ponašanja obale u relativno kratkom vremenskom periodu, primjerice dana ili mjeseca, tipična simulacija obuhvaća nekoliko godina.

Stoga može služiti kao alat za dugoročnu prognozu utjecaja valova na postojeću obalu i u skladu s tim predviđene zahvate u prostoru.



Numerički model za analizu gibanja nanosa



Prikaz modela plaže

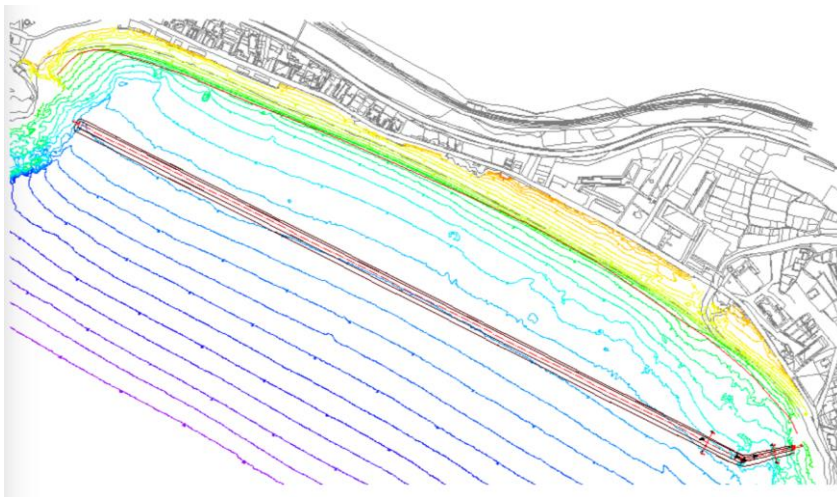


Rješenje stabilizacije plaže podmorskim pragom na istoku domene uz prihranjivanje

Numerički model za analizu gibanja nanosa



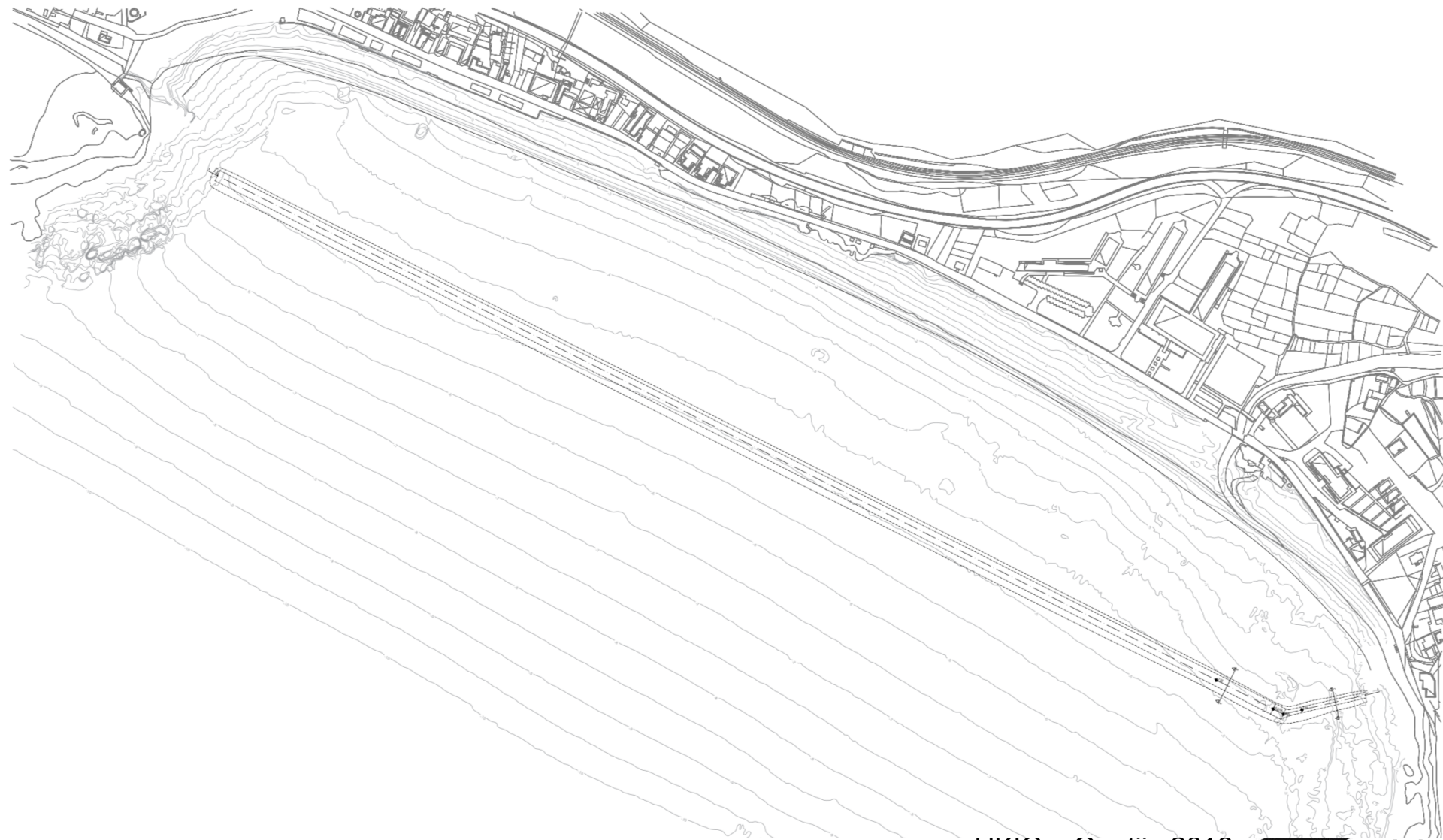
Rješenje stabilizacije plaže podmorskim pragom na centralnom i istočnom dijelu domene uz prihranjivanje

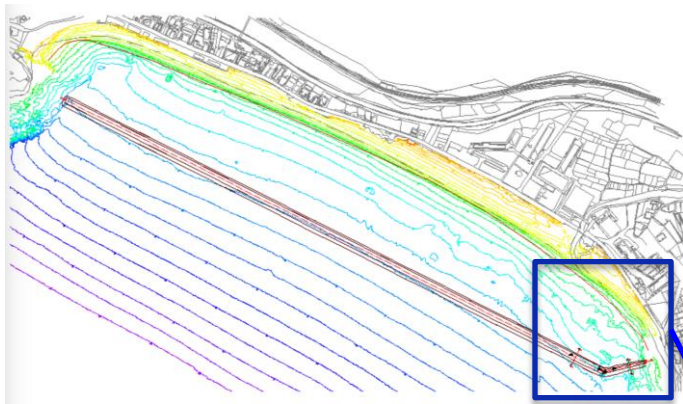


Situacijski nacrt s položajima kamenih pragova za stabilizaciju plaže u Sutomoru

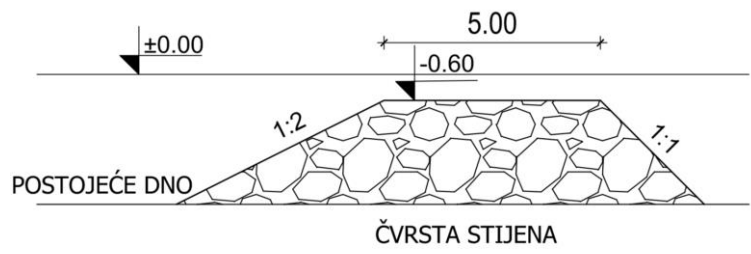
Prijedlog idejnog rješenja

PREGLEDNA SITUACIJA

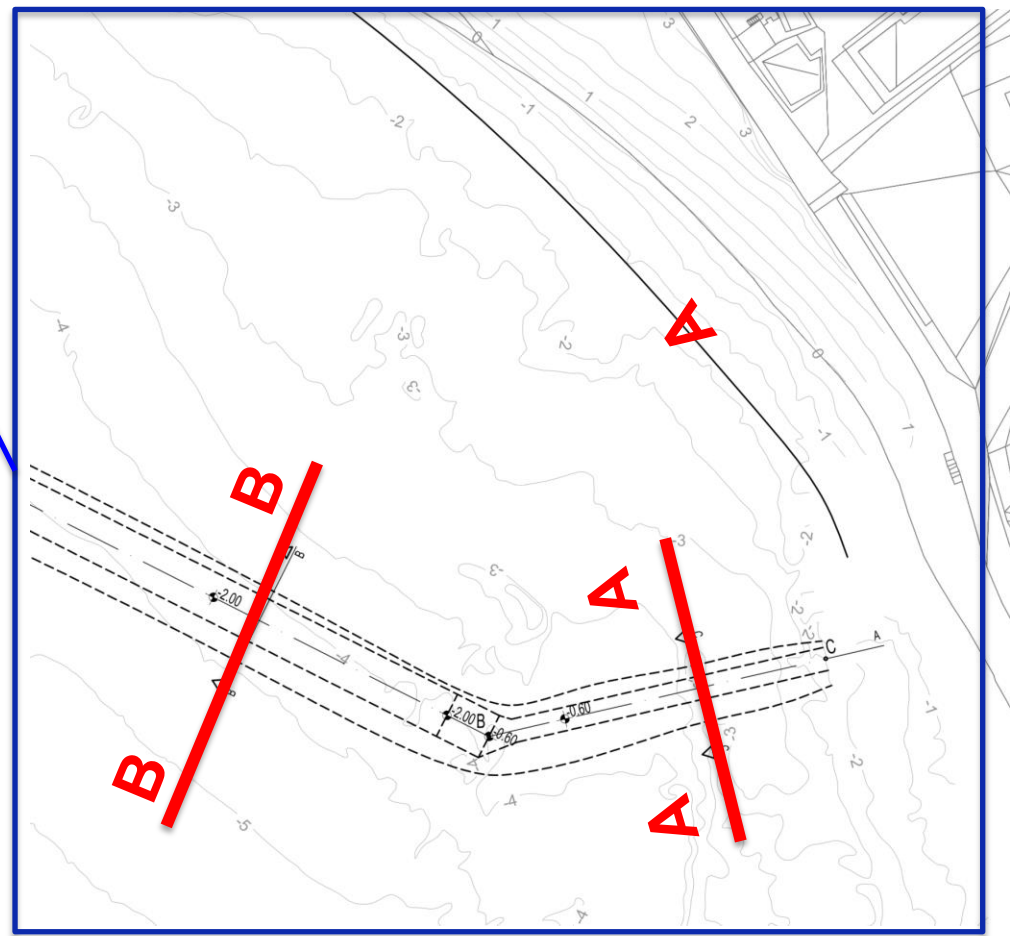
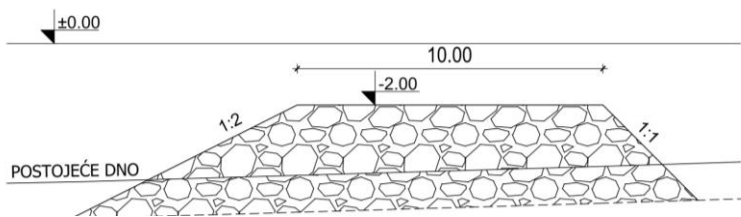




POPREČNI PRESJEK A-A



POPREČNI PRESJEK B-B



HVALA NA PAŽNJI

