



UNIVERZITET CRNE GORE
FILOZOFSKI FAKULTET NIKŠIĆ

Demir Mujević

**TOPOGRAFIJA I VISINSKA PREDSTAVA TERENA BOKE
KOTORSKE**

MASTER RAD

Nikšić, septembar 2023.



UNIVERZITET CRNE GORE
FILOZOFSKI FAKULTET NIKŠIĆ

**TOPOGRAFIJA I VISINSKA PREDSTAVA TERENA BOKE
KOTORSKE**

MASTER RAD

Predmet: Topografija

Mentor: prof. dr Goran Barović

Student: Demir Mujević

Studijski program: Geografija

Br. indeksa: 1/21

Nikšić, septembar 2023.

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime: Demir Mujević

Datum i mjesto rođenja: 19.10.1998. godine, Rožaje

Naziv završenog osnovnog studijskog programa i godina diplomiranja: Univerzitet Donja Gorica, Fakultet primijenjene nauke: Geodezija, Podgorica, 2020.

INFORMACIJE O MAGISTARSKOM RADU

Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet Nikšić

Postdiplomske master akademske studije Geografije

Smjer: Geografija

Naslov rada: TOPOGRAFIJA I VISINSKA PREDSTAVA TERENA BOKE KOTORSKE

OCJENA I ODBRANA MAGISTARSKOG RADA

Datum prijave magistarskog rada:

Datum sjednice Vijeća univerzitetske jedinice na kojoj je prihvaćena tema:

Komisija za ocjenu teme:

Mentor: prof. dr Goran Barović

Komisija za ocjenu rada:

Prof. dr Goran Barović

Prof. dr Gojko Nikolić

Doc. dr Duško Vujačić

Komisija za odbranu rada:

Prof. dr Goran Barović

Prof. dr Gojko Nikolić

Doc. dr Duško Vujačić

Datum odbrane:

IZJAVA O POTVRĐIVANJU ORIGINALNOSTI MASTER RADA
(u skladu sa čl. 22. Zakona o akademskom integritetu)

Potpisana/i: _____

(ime i prezime)

Broj indeksa: _____

Izjavljujem

pod krivičnom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod naslovom:

moje originalno djelo.

U Nikšiću, _____

Svojeručni potpis,

PREDGOVOR

Svrha i cilj istraživanja rada je proučavanje i analiza topografskih karakteristika i visinske prezentacije terena područja Boke Kotorske. Cilj je opisati morfologiju terena, visinske razlike i promjene, te izraditi kartografske priloge koji će pružiti precizan uvid u topografsku strukturu ovog područja. Svrha istraživanja konfiguracije terena Boke Kotorske je pružiti korisne informacije o ovom području, koje se mogu primijeniti u različite svrhe, od upravljanja prostorom do razvoja turizma. Cilj istraživanja je usmjeren na sljedeće aspekte, koji teže boljem razumijevanju ove oblasti Crne Gore. Ciljevi u radu su:

- opisati, uporediti i analizirati morfologiju, visinske razlike i promjene terena
- pomoću dostupnog programskog okruženja i 3D štampača izraditi detaljne topografske karte, modele i visinske predstave terena područja Bokokotorskog zaliva, što će omogućiti bolje razumijevanje geografskih karakteristika ovog podneblja, jer predstava o prostoru i njegovim odlikama je od suštinske važnosti za geografiju, i ne samo za nju, već i za čovjeka još od njegovog razvića - „upoznavanje” Zemlje je ključ naučnog znanja
- elaboriranje dodatnih i postojećih informacija i znanja o prezentaciji terena Boke Kotorske i izrada digitalnih prikaza u skladu sa tim, što može doprinijeti različitim naučnim područjima, poput geografije, geodezije, hidrologije

Suština je da se na malom prostoru detektuju i analiziraju visinske razlike. Obala Crne Gore je poznata po varijacijama nadmorskih visina na malom prostoru, kao i liticama koje se strmo spuštaju u more, stvarajući fascinantne pejzaže. Za postizanje ciljeva rada korišćena je i analiza sadržaja sekundarnih izvora, koji su dostupni u knjigama, publikacijama i *online* izdanjima.

Razlog istraživanja je davanje doprinosa razumijevanju geografskih karakteristika, terena i promjena u krajoliku Bokokotorskog zaliva. Istraživanje topografije i visinske predstave terena pomaže u razumijevanju reljefa, nagiba, visinskih razlika i drugih karakteristika, što može biti korisno za geografske i geološke studije, kao i za planiranje urbanističkih i infrastrukturnih projekata. Jedan od motiva je i ekonomske prirode, istraživanje topografije ovog dijela Crne Gore može pomoći u razvoju turističkih ruta i aktivnosti koje se temelje na prirodnim i kulturnim obilježjima terena.

Motivi za začetak istraživanja su raznovrsni i višestruki. Generalno, za kartografiju postoji sve veći trend interesovanja, budući da su digitalna kartografija i *GIS* (geografski informacioni

sistem) modelovanje potencijalno lukrativna zanimanja budućnosti. Motiv istraživanja takođe potiče iz prakse, gdje se pokazalo da 3D modeli terena pružaju više informacija o prostornom rasporedu reljefnih oblika, a teren Boke Kotorske je pogodan za 3D reprezentaciju na inovativne načine.

U Crnoj Gori su najintenzivnija topografska istraživanja primorja i Bokokotorske regije rađena tokom perioda Jugoslavije, 1950-ih i 1980-ih godina. Moderna istraživanja pomoću *LiDAR* tehnologije (lasersko skeniranje), *GNSS*-a (Globalni satelitski navigacijski sistem) i *GIS*-a započela su prije oko deceniju i rezultirala izradom digitalnih karata. Nova istraživanja koja se bave topografijom terena Boke mogu pružiti dodatne informacije o reljefu, geomorfologiji i drugim aspektima bitnim za razumijevanje ovog područja, te se prepoznaje prostor za autorski doprinos. Boka Kotorska je razgranat i prostran zaliv nastao na južnom dijelu istočne obale Jadranskog mora. Karakteriše je specifičan geografski položaj i reljef. Važno je napomenuti da Boka nije samo geografski fenomen, već i kulturno-istorijsko područje od velike važnosti. Grad Kotor je na *UNESCO*-voj listi svjetske baštine. Boka je izabrana kao predmet istraživanja zbog specifičnih geografskih karakteristika i zato što spada u najljepše prirodne destinacije na Jadranu, te predstavlja izazovan predmet za proučavanje.

Polazeći od predmeta i cilja istraživanja, hipoteze/istraživačka pitanja u ovom radu definisani su na sljedeći način:

H1: Postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja Bokokotorskog zaliva.

Odgovor na hipotezu je analiziran u drugom i trećem dijelu rada.

Hipoteza pretpostavlja da postoji drastična razlika u visini između područja koja se nalaze u unutrašnjosti Boke Kotorske i područja uz neposrednu obalu zaliva. Cilj hipoteze je utvrditi postoji li značajna vertikalna razlika u visini između ovih područja. Istraživanje u ovom pravcu treba da pruži informacije o visinskim oscilacijama i geografskim uslovima koji su oblikovali regiju. Rezultati istraživanja su pružili informacije o vertikalnoj disekciji terena Bokokotorskog zaliva.

H2: Topografska analiza može otkriti određene zone u Boki Kotorskoj koje mogu biti pogođene prirodnim katastrofama, kao što su poplave i klizišta.

Odgovor na ovu hipotezu je istražen u četvrtom, i mahom u drugom dijelu rada.

Hipoteza teži da istraži vezu između topografije terena i potencijalnih prirodnih katastrofa koje se mogu dogoditi na području Bokokotorskog zaliva. Ranijih godina, od 1979. naovamo, istraživana su klizišta od Ulcinja do Boke. Područje Boke je poznato po specifičnoj geomorfološkoj i hidrološkoj odlici, koja može povećati rizik od klizanja tla i poplava. Hipoteza pretpostavlja da analiza topografskih podataka i hidrografije može pružiti informacije o područjima koja su osjetljiva na poplave i/ili klizišta.

IP1: Kako se krupni i sitni razmjeri topografskih karata Boke Kotorske odražavaju na prikaz specifičnih aspekata terena?

Istraživačko pitanje IP1 je ispitano u drugom dijelu rada.

Cilj je istražiti kako različiti razmjeri topografskih karata pružaju informacije o terenu Boke. Različiti razmjeri topografskih karata se koriste u različite svrhe. Ovo specifično pitanje upućuje na analizu karata Boke različitih razmjera i upoređivanje rezultata, kako bi se utvrdilo kako se prikaz aspekata terena mijenja u zavisnosti od razmjere.

U radu su korišćeni različiti instrumenti i metode, uključujući terenska ispitivanja, digitalnu obradu podataka, upotrebu *GIS*-a i kartiranje. Svaka nauka ima specifične metode koje koristi, tako je u kartografiji najpoznatiji kartografski metod. Kartografski metod se koristi za prikazivanje prostornih podataka putem kartografskih prikaza, karata, atlasa. To je proces prikupljanja, pripreme, prikaza prostornih informacija na kartografskom mediju - papiru ili digitalno. Ova metoda je primijenjena na sve hipoteze/istraživačka pitanja.

Istraživačke metode koje su korišćene u radu su dominantno kvalitativne. Kvantitativne metode su manje zastupljene, i podrazumijevaju uglavnom kartometriju i analizu numeričkih podataka. Kvalitativne metode koje su primijenjene su metoda teorijske analize, deskriptivna metoda, komparativna analiza, analiza sadržaja i dijelom istorijska metoda. U mnogim istraživanjima za izradu teorijske podloge se koristi metoda teorijske analize. Ovdje se koristi u teorijskom dijelu, korišćenjem već dobijenih, sekundarnih izvora: relevantne literature, naučnih radova i postojećih teorijskih propozicija. Ova metoda se prožima kroz obje hipoteze i istraživačko pitanje.

Deskriptivna metoda pruža detaljan pregled (opis) topografskih karakteristika, a u radu se koristi pri opisivanju fizičkih karakteristika terena, karakterizaciji visinskih zona, obalnih i zaleđnih područja itd. Deskriptivna metoda je primijenjena kod prikupljanja podataka, obrade i interpretacije. Deskriptivna metoda je imanentna cijelom radu, naročito hipotezi H1 i H2.

Komparativna analiza se koristi prilikom upoređivanja i opisivanja sličnosti i razlika. Ova metoda je našla primjenu u H1 (upoređivanje visinskih podataka iz različitih dijelova Boke Kotorske) i IP1 (komparacija topografskih karata različitih razmjera).

Metoda analize sadržaja („analiza iznutra“) je primijenjena za interpretaciju i tumačenje sadržaja karata, analizu simbologije, analizu prostornih obrazaca, kako bi se identifikovali određeni trendovi. Težište ove metode je na IP1, ali i na H2, gdje treba analizirati i primijetiti eventualni rast rizika od poplava i klizišta u Boki. U određenom obimu je korišćena i istorijska metoda, da bi se bolje shvatio sadašnji kontekst. To uključuje pregled starih karata i materijala koji se odnose na regiju Boke, geološku i geomorfološku pozadinu regije, informacije o poplavama, klizištima i slično, koji su se dogodili u prošlosti. Jasno je da se u radu mora sagledati istorijska pozadina, naročito u hipotezi 1 i 2. Metoda sinteze je korišćena u zaključku, kada se sublimiraju rezultati i konačni zaključci.

REZIME

U radu se razmatra topografija i visinska predstava terena oblasti Boke Kotorske. Rad se fokusira na interpretaciju prostornih podataka o reljefu i visini terena kako bi se stekao uvid u fizičko-geografske karakteristike ovog područja. Strukturno, u radu je prvo data teorijska osnova, a onda problematika metodologije predstavljanja topografije Boke Kotorske. Reljef Boke je predstavljen klasičnim metodama, a potom i sofisticiranim metodama: 3D modelovanje, digitalni model terena (*DTM*) i digitalni elevacioni model (*DEM*) za potrebe dobijanja visinske predstave. U radu se govori o 3D modelovanju koje postaje sve više aktuelno, budući da pruža širu paletu mogućnosti od klasične vizualizacije na horizontalnoj podlozi. Njihova primjena je u radu data kroz generisanje 3D modela, ali i kroz prostorne analize u svrhu detektovanja oblasti ranjivih na prirodne nepogode. U praktičnom dijelu je prikazana i izrada modela terena Boke pomoću 3D štampača. Rezultati istraživanja ukazuju na značaj topografske i visinske analize terena u razumijevanju prirodnih karakteristika Boke.

Ključne riječi: topografija, Bokokotorski zaliv, *GIS*, *DTM*, 3D modelovanje

ABSTRACT

The paper discusses the topography and height representation of the terrain of the Boka Kotorska area. The paper focuses on the interpretation of spatial data on relief and terrain height, in order to gain insight into the physical-geographical characteristics of this area. Structurally, the paper first presents the theoretical basis, and then the problematic of the methodology of presenting the topography of Boka Kotorska. The relief of Boka is represented by classical methods, and then by sophisticated methods: 3D modeling, digital terrain model (*DTM*) and digital elevation model (*DEM*) for the purposes of obtaining a height representation. The paper talks about 3D modeling, which is becoming more and more relevant, since they provide a wider range of possibilities than classical visualization on a horizontal surface. Their application is given in the paper through the generation of 3D models, but also through spatial analysis for the purpose of detecting areas vulnerable to natural disasters. In the practical part, the creation of a Boka terrain model using a 3D printer is demonstrated. The results of the research indicate the importance of topographic and height analysis of the terrain in understanding the natural characteristics of Boka.

Keywords: topography, Boka Kotorska Bay, *GIS*, *DTM*, 3D modeling

*„I čudim se Suncu kako može zaći
kad ljepote ove nigdje neće naći“
Ljuba Nenadović o Boki...*

SADRŽAJ

UVOD	12
1. FIZIČKO-GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE CRNE GORE	14
1.1. Geografski položaj i topografske karakteristike Crne Gore	15
1.2. Primorska (južna) oblast Crne Gore.....	16
1.3. Geološke i geomorfološke karakteristike Boke Kotorske	18
1.4. Klimatske karakteristike, biljni i životinjski svijet Boke Kotorske	21
2. TOPOGRAFSKA PREDSTAVA TERENA BOKE KOTORSKE	23
2.1. Geografske karakteristike Boke Kotorske.....	23
2.2. Reljefni oblici Boke	28
2.3. Metode prikazivanje reljefa (Boke Kotorske)	32
2.3.1. Perspektivni (kosi) metodi	33
2.3.2. Prostorni ili plastični metodi.....	33
2.3.3. Geometrijske metode.....	35
2.3.4. Kombinovane metode.....	36
2.4. Batimetrijska karta Bokokotorskog zaliva	37
2.5. Precizno mapiranje regije: satelitski snimci, <i>GNSS</i> , <i>GIS</i>	39
2.6. Programsko okruženje za izradu	41
2.6.1. <i>GIS</i> kao alat za izradu digitalnih modela Bokokotorske regije	42
2.6.2. Formiranje digitalnog modela terena (DMT)	48
2.7. Fizički 3D model Boke	51
3. VISINSKA PREDSTAVA TERENA BOKE KOTORSKE	53
3.1. Visinske karakteristike terena Boke Kotorske.....	54
3.2. Formiranje digitalnog modela visina (DMV)	60
3.3. Vizualizacija apsolutnih visina iz digitalno generisane karte.....	63
4. PRIMJENE TOPOGRAFSKE I VISINSKE PREDSTAVE TERENA BOKE	67
4.1. Planiranje gradnje i analiza potencijalnih prirodnih nepogoda	67
4.2. Zaštita prirode, turizam i rekreacija	72
4.3. Navigacija i kartografija.....	73
5. INTERPRETACIJA I DISKUSIJA ISTRAŽIVANJA	74
5.1. Presentacija rezultata i prednosti digitalnih metoda u odnosu na klasične	74
ZAKLJUČAK	76
LITERATURA	79

UVOD

Boka Kotorska je jedna od najpopularnijih prirodnih i turističkih destinacija u Crnoj Gori. Nalazi se na obali Jadranskog mora, na jugozapadnom dijelu Crnogorskog primorja. To je uska, ali dugačka morska uvala koju čine četiri glavna zaliva: Hercegnovski, Tivatski, Kotorški i Risanski. Reljef Boke Kotorške karakteriše kombinacija planina, dolina, kanjona, uvala i poluostrva, uz spektakularan pejzaž. Naziv rada "Topografija i visinska predstava terena Boke Kotorške" odražava temu istraživanja, koja se fokusira na proučavanje ova dva elementa na području Bokokotorške regije. Generalno, topografija je nauka o analizi i prikazu informacija o obliku, dimenzijama i položaju površine Zemlje. Ona se bavi izradom detaljnih i preciznih mapa i modela terena, koji se koriste u raznim naukama (geografiji, kartografiji, geologiji). Topografija se dakle bavi prikazom Zemljine površine i njenih obilježja, uključujući visinske odlike. Visinska predstava terena je jedan od osnovnih elemenata topografije, a podrazumijeva vizualizaciju terena u prostoru i prikazivanje varijacija u nadmorskoj visini i nagibu terena.

Predmet istraživanja obuhvata analizu topografskih podataka i visinske predstave terena Boke, akcenat je na izradi topografskih prikaza i geoprostornih modela. Boka je opasana planinama i brdima, sa uglavnom strmom obalom, ali se duž obale nalazi i obilje naselja. Ovakav reljef je doprinio formiranju specifičnih topografskih karakteristika.

Jedna od posebnosti Boke Kotorške je i njeno podmorje, maksimalne dubine od oko 68m. Među najznačajnijim planinama u ovom području su Lovćen i Orjen, koji se uzdižu preko 1.700 metara nadmorske visine (mnv). Oblast karakterišu brojna uzvišenja čije se strane spuštaju do same obale, pa su visinski kontrast i razlike u visini između dvije tačke (denivelacija) takođe predmet istraživanja.

Aktuelnost teme je u tome što je proučavanje od važnosti za različite srodne nauke. Dalje, u svijetu rapidnog tehnološkog razvoja, afirmacija modernih tehnologija za percepciju prostora kakve su *GIS*, 3D kartografsko modelovanje, *Google Maps* koji koristi vještačku inteligenciju, je aktuelno, a koriste se u modernoj kartografiji.

Primjerenost teme je u tome što će istraživanje obuhvatiti korišćenje savremenih tehnologija za prikupljanje i vizualizaciju geoprostornih podataka. Primjerenost i kontekstualna relevantnost tematike je uočljiva jer je Boka geografski i kulturno značajno područje koje privlači veliku pažnju putopisaca, naučnika i turista.

Rad se sastoji od pet cjelina, koje predstavljaju hronološki slijed predmeta istraživanja.

U prvom dijelu rada se pruža opis opštih fizičko-geografskih karakteristika Crne Gore, s naglaskom na primorsko područje i Bokokotorski zaliv. Cilj je postaviti kontekst za dalje razmatranje topografije Boke.

Drugi, najobimniji dio rada se fokusira na topografsku predstavu terena Boke Kotorske. Prvo se istražuju geografske karakteristike same Boke, zatim se predstavljaju različite metode prikazivanja reljefa, uključujući perspektivne, plastične, geometrijske i kombinovane metode. Takođe se razmatra batimetrijska karta Zaliva i mapiranje regije uz pomoć savremenih tehnologija. Istraženo je i korišćenje *GIS*-a kao alata za izradu digitalnih modela terena Bokokotorske regije. Drugi dio je ključan za ocjenu ispunjenosti postavljenih hipoteza, pa se koristiti kartografski, deskriptivni, istorijski metod, „analiza iznutra“ i komparativna analiza.

Treći dio rada elaborira visinsku predstavu terena. Prvo se analiziraju visinske karakteristike terena, kao i formiranje digitalnog modela visina. Zatim se pomoću raspoloživog programskog okruženja vizualizuje visinska predstava regije. Cilj je pružiti uvid u visinske aspekte Boke Kotorske i predstaviti ih na vizuelno privlačan način. Treći dio rada većim dijelom obrazlaže hipotezu 1.

Četvrti dio istražuje praktične primjene topografije i visinske predstave terena Boke Kotorske. Fokus će biti na njihovoj ulozi u planiranju gradnje, navigaciji, zaštiti prirode, ali i na detekciji mogućih prirodnih katastrofa, čime se bavi hipoteza 2. Kroz primjere, razmatra se kako poznavanje topografije doprinosi boljem upravljanju terenom Boke Kotorske.

Završni, peti dio rada ima za cilj da prezentuje rezultate dobijene istraživanjem i diskutuje o njihovom značaju i implikacijama. U ovom dijelu rada su rezimirani prikupljeni podaci i navedene prednosti digitalnih kartografskih metoda u odnosu na klasične.

Na kraju, u vidu zaključka, iznijete su implikacije, završne misli i činjenice do kojih se došlo prilikom pisanja rada. Izvršen je i popis mobilisane literature.

1. FIZIČKO-GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE CRNE GORE

Republika Crna Gora se nalazi u jugoistočnoj Evropi, na Balkanskom poluostrvu. Teritorija Crne Gore zahvata površinu od 13.812 km². Morska obala je duga 293km, dok su kopnene granice države 614 km. Crna Gora ima suverenitet i nad dijelom Jadranskog mora sa odgovarajućim akvatorijem - to je morski prostor koji se proteže od obale države do određene udaljenosti u moru. Njene fizičko-geografske karakteristike uključuju raznolikost reljefa, obale Jadranskog mora, planine, rijeke, jezera itd. Osim obale, ključne fizičko-geografske determinante Crne Gore su i planine. Ima izuzetno raznolik reljef i bogatu hidrografiju. Najpoznatije jezero je Skadarsko, koje je i najveće slatkovodno jezero na Balkanu.

Geološki sastav Crne Gore je raznolik i obuhvata različite geološke formacije koje su se formirale milionima godina, uključuje različite stijene i sedimente, od krečnjaka do metamorfnih stijena. Prisutne su stijene paleozojske (škriljci, krečnjaci), mezozojske (krečnjaci, dolomiti) i kenozojske (fliš, fluvioglacialni nanosi) starosti. Ova geološka raznolikost doprinosi formiranju različitih reljefnih oblika i vrsta zemljišta (Šehić, D. & Šehić, D., 2005). Crna Gora ima raznoliku klimu i vegetaciju. Na primorju Crne Gore preovladava mediteranska klima. Planinski dijelovi imaju umjerenokontinentalnu klimu. U Crnoj Gori je zastupljena i bogata fauna - medvjed, vuk, ris, jeleni, divlje svinje, kozoroci i druge. U vodenim ekosistemima dominiraju ribe (skuša, orada, tuna, pastrmka, krap), morski sisari (delfini, naročito u Boki), vodozemci itd.

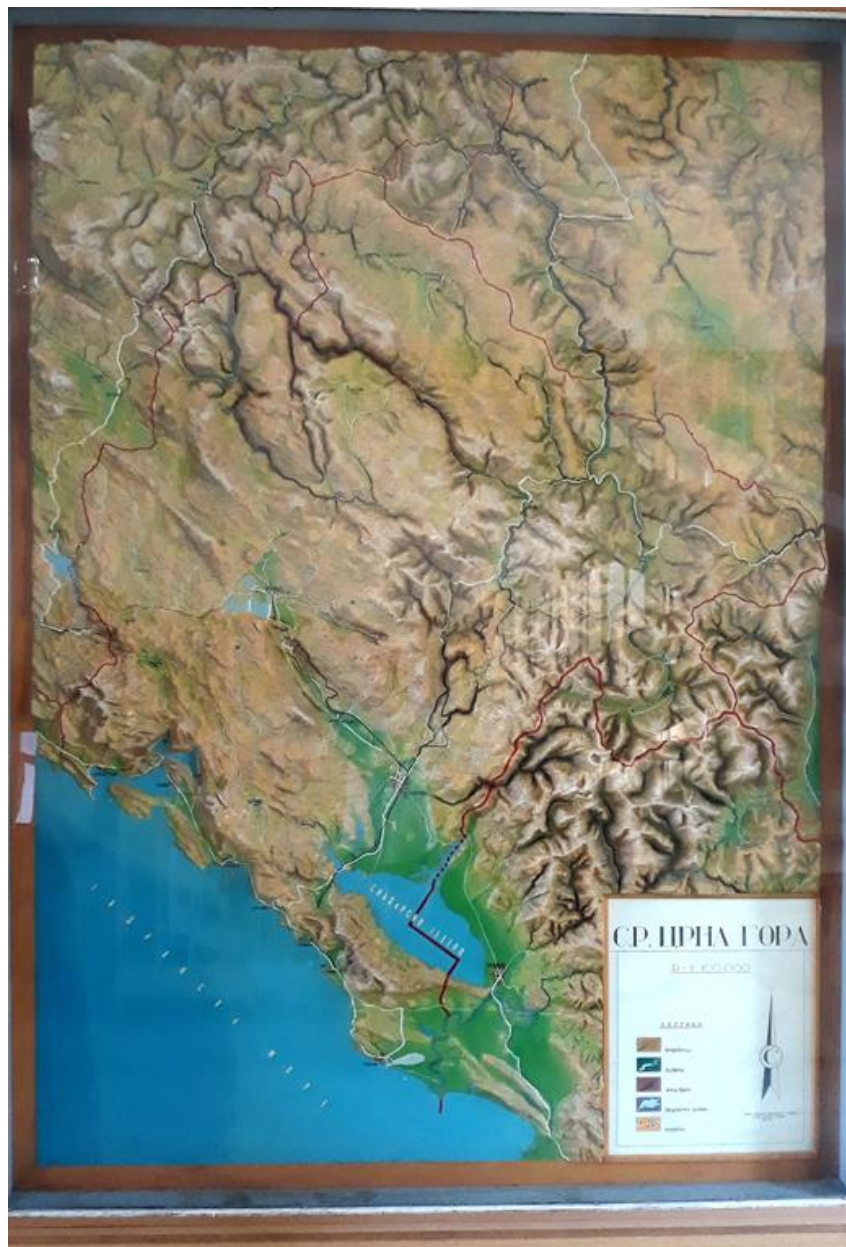
Iako relativno mala po veličini teritorije, fizičko-geografske karakteristike čine Crnu Goru atraktivnom destinacijom za turizam i aktivnosti na širokoj i prostranoj obali Jadranskog mora.

1.1. Geografski položaj i topografske karakteristike Crne Gore

Crna Gora se graniči sa Bosnom i Hercegovinom na sjeverozapadu, Hrvatskom na zapadu, Srbijom na istoku i sjeveroistoku i Albanijom na jugu i jugoistoku. Geografski se može reći da je to zemlja najjužnijeg dijela Dinarskog planinskog sistema, čija teritorija ima oblik udesno zakrivljenog kvadrata. Geografski centar nalazi se u području izvorišta rijeke Morače, od kojeg niti jedan dio Crne Gore, osim najjužnijeg dijela Ulcinjskog primorja, nije udaljen više od 90 km (Šehić, D. & Šehić, D., 2005). Na razdaljini od samo 100 kilometara nalaze se tri različita prirodna okruženja: obala, kraški predio i regija visokih planina. Geografski položaj Crne Gore je povoljan uglavnom zbog izlaska na more i blizine Dinarida. Rasprostranjen je iskaz da je Crna Gora zemlja gdje se za dva sata vožnje automobilom dolazi iz planinskih predjela i oštrem klime do ravničarskih predjela i prijatne mediteranske klime. Crna Gora se nalazi unutar mediteranskog pojasa intenzivne seizmičke aktivnosti.

Reljef zemlje se odnosi na sve oblike i promjene na površini. To podrazumijeva sva udubljenja, uzvišenja, ravnice, brda, kotline, visoravni, obale, rijeke, jezera, pećine, a sve te diverzifikacije reljefa posjeduje i naša država. Današnji izgled reljefa uslovile su najviše egzogene sile (spoljne). U morfološkom pogledu se može izdvojiti pet oblasti: primorje (ističe se zaliv Boka Kotorska, najpoznatiji crnogorski zaliv), oblast starocrnogorske kraške zaravni, udolina submediteranske Crne Gore, oblast visokih krečnjačkih planina i zaravni, i oblast sjeverne i sjeveroistočne Crne Gore (Šehić, D. & Šehić, D., 2005).

Topografiju Crne Gore karakterišu planine i plodne doline i kotline. Najviši planinski vrhovi su Zla Kolata na Prokletijama (2534 mnv) i Bobotov Kuk na Durmitoru (2523 mnv). Doline i kotline, poput Zete i Bjelopavličke ravnice, pružaju plodno zemljište za poljoprivredu. Hidrografska mreža je najrazvijenija na sjeveru i u centralnom dijelu zemlje. Može se zaključiti da Crnu Goru karakteriše složen i raznolik reljef na relativno malom prostoru.



Slika 1. Fizička 3D karta Crne Gore, rađena 1972. godine (R=100.000), Filozofski fakultet Nikšić (Foto: Demir Mujević)

1.2. Primorska (južna) oblast Crne Gore

U Crnoj Gori se mogu izdvojiti tri geografske regije ili oblasti:

1. Planinsko-kotlinska Crna Gora
2. Submediteranska Crna Gora
3. Mediteranska ili primorska Crna Gora

Podjela tradicionalno odgovara podjeli na primorsku, centralnu i sjevernu oblast, svaka sa svojim opštinskim centrima. Planinsko-kotlinska oblast obuhvata opštine na sjeveru i sjeveroistoku zemlje, dok submediteranska Crna Gora obuhvata Podgoricu, Cetinje, Danilovgrad i Nikšić.

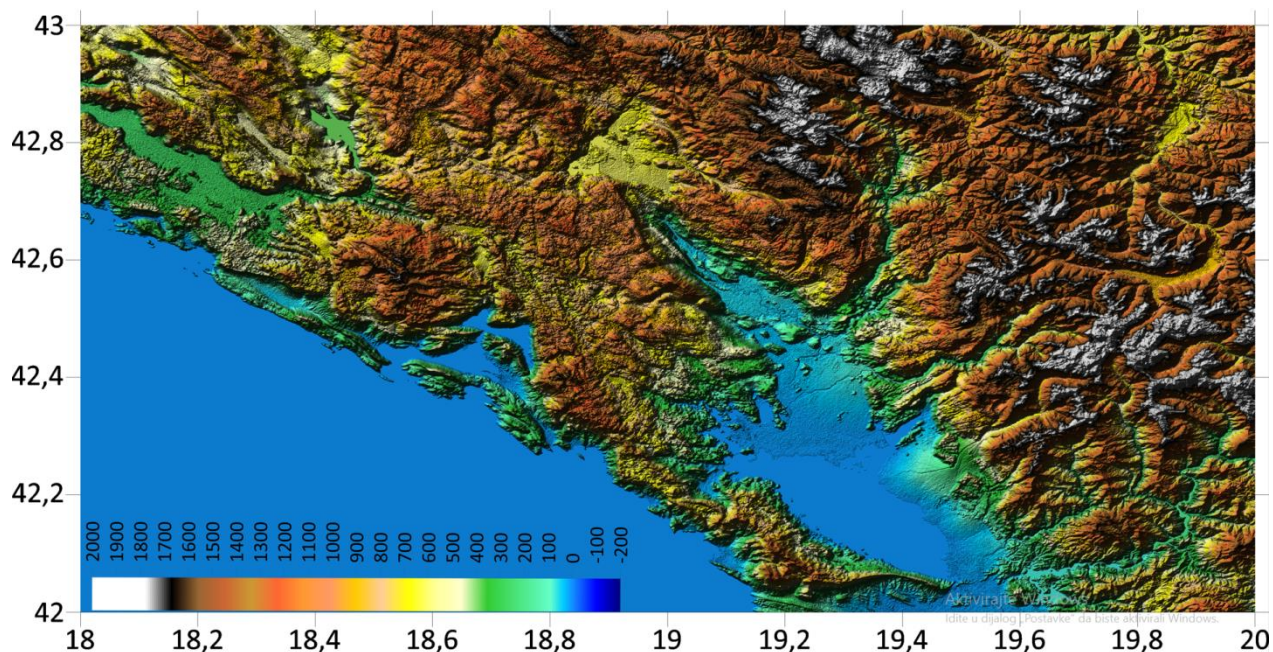
Mediteranska oblast obuhvata primorske opštine od Herceg Novog na zapadu, do Ulcinja na istoku. Svaka od tih opština ima važne funkcije: Ulcinj (važan centar turizma), Bar (najveća crnogorska luka, „prozor u svijet“), Budva (metropola crnogorskog turizma), Tivat (vazдушna luka), Kotor - dva i po milenijuma star grad, Herceg Novi - kapija Boke Kotorske (Bakić i dr., 2009). To je uzak pojas između obale i planinskog niza barijera Orjen-Lovćen-Sutorman-Rumija. Najmanja je crnogorska makroregija, ali najgušće naseljena. Razuđenost obale je među slabije razuđenim u jugoistočnom dijelu Sredozemlja, osim u vrlo razgranatom Bokokotorskom zalivu - koeficijent razuđenosti sa Bokom je 3:1, a bez nje samo 2:1 (Šehić, D. & Šehić, D., 2005). Skoro tri stotine kilometara obale je, pored planinskog reljefa, najuočljiviji segment topografije Crne Gore. Obalni pojas karakterišu brojne plaže različite veličine, stjenovite uvale, (polu)ostrva.

U primorskoj regiji Crne Gore postoje različiti tipovi vegetacije. Ovu oblast karakteriše mediteranska klima, kao i reljef koji utiče na vegetaciju koja je tu zastupljena: obalsko rastinje, smokve, šume zimzelenog hrasta crnike, medunac, lužnjak.

Ostrva Crnogorskog primorja doprinose većem koeficijentu razuđenosti obale. Neka od ostrva na crnogorskoj obali su: ostrva Boke Kotorske, zatim Sveti Nikola - Školj (Budva), riječno ostrvo Ada Bojana (Ulcinj).

Reljef primorske oblasti je izuzetno raznolik. Na zapadu se nalazi planinski masiv Orjen s visokim vrhovima kao što su Subra i Crkvice. Južno od Orjena nalazi se Boka. Boka Kotorska i Budva su popularne obalne destinacije.¹

¹ Džordž Gordon Bajron je jednom napisao: „U trenutku postanka Planete, najljepše spajanje zemlje i mora dogodilo se na Crnogorskoj obali“. O Boki kaže: „Kada su sijani biseri prirode, na ovom mjestu zahvaćeno je punom šakom.“



Slika 2. Surfer 13: DEM Crnogorskog primorja i predjela basena Skadarskog jezera

(Izvor: Demir Mujević)

1.3. Geološke i geomorfološke karakteristike Boke Kotorske

Boka Kotorska je geografska regija s bogatom geološkom i geomorfološkom historijom. Nalazi se u području Dinarida, koji su geološki kompleksni, sastavljeni od različitih stijenskih formacija. Glavne stijene koje se nalaze u regiji su vapnenci, dolomiti i krečnjaci. Boka Kotorska pripada većem geotektonskom okruženju Mediteransko-Dinarskog pojasa. Ovo područje je oblikovano geološkim procesima, uključujući glacijaciju, potrese i podizanje terena.

Boka Kotorska je dugačka i uska riasna² dolina, koja se proteže na oko 29 km.³ U litostratigrafskom pogledu geoprostor Boke je izgrađen od mezozojskog karbonatnog kompleksa, paleogenih flišnih sedimenata i kvartarnih tvorevina. Kod karbonatnog kompleksa, podlogu čine krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti, sa izraženim sistemom endo i/ili egzo kinetičkih pukotina i prslina i intenzivnom karstifikacijom (Nikolić, 2017). Karstifikacija je geološki proces u kojem dolazi do razgradnje stijena, uglavnom vapnenaca, dolomita ili drugih „topivih” stijena, pod uticajem vode. Karstifikacija je rezultat otapanja karbonatnih stijena vodom i stvaranja šupljina u podzemlju. Područje Boke Kotorske karakteriše prisutnost karstnih formacija, poput pećina, jama, ponora i izvora. Područje Boke pripada rijetkim oblastima

² Riasna dolina je geološki termin koji se odnosi na tip obalne doline ili zaliva koji nastaje potapanjem obale usljed podizanja nivoa mora ili potonućem zemlje.

³ <https://www.expoaus.org/me/podrucje-kotora-uso10> (19.05.2023.)

holokarsta u svijetu (odlikuje se svim površinskim i podzemnim kraškim oblicima), sa izraženom kraškom morfologijom i hidrologijom.⁴ Na krečnjačkom prostoru Luštica i Grbaljske zaravni ima malo vodenih tokova (takva je inače Boka – siromašna nadzemnim tokovima), ali postoje jaruge koje su formirale tekuće vode, kao svoje doline, a te vode su karstifikacijom spuštene u podzemlje (Bešić & Pavić, 1979). Kompleks karbonatnih stijena, koji se proteže u dinarskom smjeru s nagibom prema sjeveroistoku, karakterišu padni uglovi od 20⁰ do 50⁰. Ovaj kompleks je u tektonskom odnosu s flišnim sedimentima. Različiti oblici razlomne tektonike ukazuju na to da je ovaj kompleks doživio intenzivno kidanje i pucanje, te da je podložan fizičko-hemijskom raspadanju u području hipergeneze (modifikacija stijena i minerala koji se javlja na površini Zemlje pod uticajem atmosferskih elemenata i procesa). Brojni primarni elementi su izmijenjeni zbog intenzivne karstifikacije koja se odvija na ovom georeljefu. Flišni sedimenti u ovom području uglavnom potiču iz paleogenog perioda. Uopšte, flišni sedimenti su raznoliko kidani, a padni uglovi su uglavnom usmjereni prema sjeveroistoku. Ovi sedimenti su slojeviti ili tankopločasti, slabe čvrstoće, te se raspadaju u oštro uglaste komade prilikom sušenja, dok se u dodiru s vodom pretvaraju u plavo-sivu glinu. Grbaljska župa je područje koje se nalazi u ravnici koja je formirana u takvoj flišnoj depresiji. Ovo područje je otvoreno prema Tivatskom zalivu i Jazu i ima izdužen oblik između Budve i Luštica. Grbaljska župa je okružena padinama Vrmca na sjeveru, poluostrvom Luštica na zapadu i padinama Lovćena na istoku (Nikolić, 2017). Grbalj (Donja Župa) je jugoistočni nastavak Gornje Župe (ili samo Župa), sa otvorenim Jadranom na jugozapadu, i masivom Lovćena na istoku (Magaš, 2002). To je zaravnjeni prostor u flišnoj depresiji. Dalje, sa jugozapadne strane Sutorine širi se prostor naselja Vitaljina (hrvatska opština Konavle). Sastoji se od krečnjaka i dolomita gornje krede, istih slojeva koji se prostiru i na području Luštica. Ovi slojevi započinju na obali Boke Kotorske, gdje se formiraju u obliku rtova poznatih kao Kobilica (454m) i Oštra (64m) (Bešić & Pavić, 1979).

Boka Kotorska je geomorfološka formacija koja se u današnjem obliku konstituisala prije oko 10.000 godina, kao rezultat kombinacije geoloških, tektonskih i morskih procesa. Postoji nekoliko hipoteza o njenom nastanku, ali nijedna potpuno ne objašnjava morfohidrogenezu zaliva, sve oblike i pojave u njemu. U vrijeme ledenog doba znatan dio Orjena bio je zahvaćen glacijacijom. Hidrogeograf Josip Riđanović se, osim hidromorfološkim specifičnostima Boke, bavio i njenom genezom u radu „Izgled i postanak zaljeva Boke kotorske” (Riđanović, 1970). Hipoteze o postanku Boke dali su i: Lešek Savicki (1912), Jovan Cvijić (1924), Borivoje Milojević (1953), Branko Radojčić (1980), Glavatović i drugi. Boka Kotorska predstavlja sintezu svih složenih tektonskih kretanja koja su prisutna u Jadranskoj oblasti. Orjen i Lovćen su

⁴ <https://www.scribd.com/doc/88547051/Palate-Boke-Kotorske> (21.05.2023.)

svakako brže izdignuti u odnosu na spuštanje Boke Kotorske. Poseban značaj za nastanak Zaliva imali su i pleistocenska kolebanja nivoa mora koja su se simultano odvijala uz diferencijalna tektonska kretanja (Uprava za zaštitu kulturnih dobara – PJ Kotor, 2015). Bešić i Pavić navode da je Zaliv podijeljen na dva prostrana izdužena „jezera” povezanih moreuzom Verige. Prvo „jezero” obuhvata dva zaliva od Igala do Tivta: Hercegnovski i Tivatski; drugo „jezero” obuhvata Kotorski i Risanski zaliv. Jedno od objašnjenja nastanka Boke je da je to velika razgranata **potopljena riječna dolina**, a drugo kaže da su to potopljene sinklinalne depresije – polja (Bešić & Pavić, 1979). Istraživanja Branka Radojičića takođe ukazuju da Boka predstavlja **potopljeno kraško polje** nastalo usljed erozije krečnjaka i denudacije fliša. Naime, današnji izgled i obalna linija oblikovani su nakon posljednjeg pleistocenog glacijalnog perioda, kada se nivo mora popeo za oko 100 m i kada je došlo do više suženja i proširenja unutar zone Zaliva. Tada su vladali znatno hladniji klimatski uslovi - oko 10°C niži prosjeci sa tadašnjim glečerima na Orjenu (Magaš, 2002).

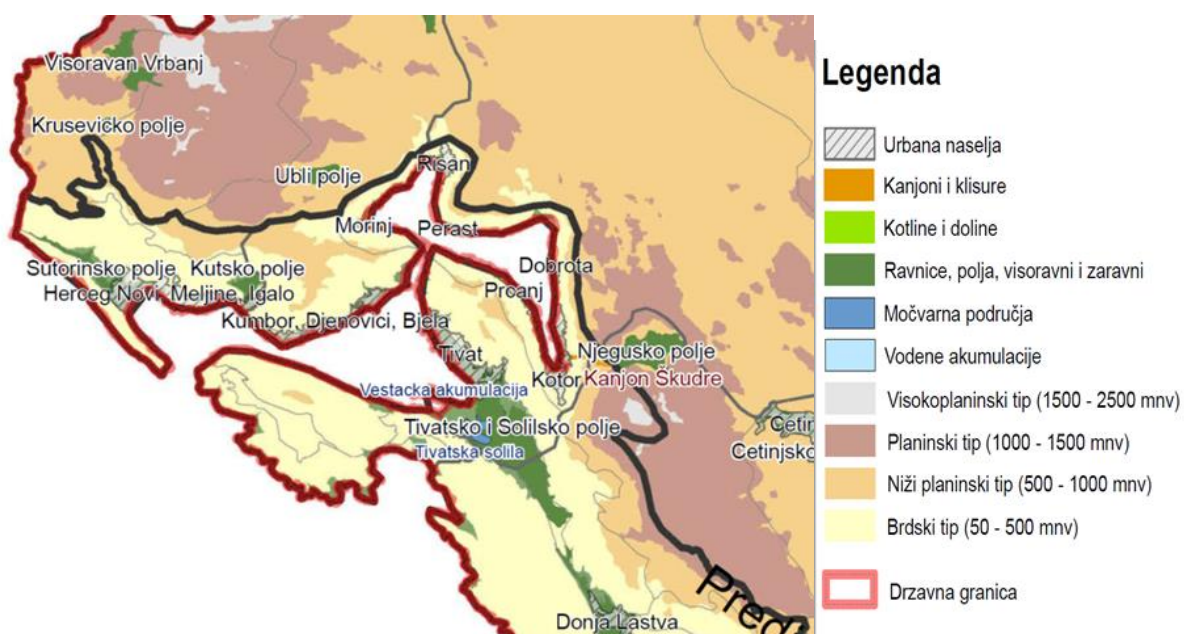
Boka Kotorska se sastoji od morfoloških formi povezanih tjesnacima. Od ulaznih Bokokotorskih vrata širine 1,5-2,95 km, pa do Kotora, ređaju se: Hercegnovski i Tivatski zaliv, koji su kao spoljašnji zalivi povezani Kumborskim tjesnacem. Sjeverozapadno od Bokokotorskih vrata nalazi se linearno izdužena dolina Sutorine dužine oko 7 km i širine 3,5-4 km sa Sutorinskim poljem (120ha). Dublje u kopno je tjesnac Verige, koji čini vezu spoljašnjih i unutrašnjih zaliva (Nikolić, 2017).

Geomorfologija proučava oblike i strukture reljefa Zemljine površine. O geoprostoru Boke, Bešić i Pavić (1979, str. 9) navode: „Prostor Boke Kotorske je geomorfološki složen, a među tim oblicima najstroženiji je Bokokotorski zaliv. Ceo reljef je veoma zavisao od geološkog sastava terena”. Geomorfologija proučava oblike na Zemljinoj površini, uključujući planine, doline, padine, riječna korita i dine, kao i podvodne oblike na morskom dnu poput obalskih nanosa blata, podvodnih grebena i podvodnih kanjona. Reljef se sastoji od horizontalnih i nagibnih površina koje utiču na tok geomorfoloških procesa, dok sam reljef takođe utiče na intenzitet tih procesa. Opšti oblik reljefa i karakter geomorfoloških procesa zavise od učestalosti i smjene pozitivnih i negativnih oblika reljefa (konkavnih i konveksnih)⁵, njihovoj kontrastnosti i geografskom položaju određenog reljefnog elementa (Lješević, 2012). U ovom smislu, geomorfološke karakteristike Boke se manifestuju kroz različite geografske elemente i geološke, hidrološke i geomorfološke procese koji odražavaju složenu geostoriju. Visoke planine, poput

⁵ Pozitivni oblici reljefa su uzvišenja na površini Zemlje, kao što su planine, brežuljci ili grebeni. S druge strane, negativni oblici reljefa su depresije ili udubljenja, poput dolina, kotlina, riječnih korita ili jezera. Oni predstavljaju spuštene ili udubljene dijelove terena u odnosu na okolni prostor.

Lovćena i Orjena, pružaju pozadinu i „bedem” Zalivu, strme stijene i litice stvaraju obalne linije. Planinski masivi Orjena i Lovćena i njihova podgorina, usloveli su širinu Primorske zone, čiji prodori u ovom području dostižu vrijednosti oko 10 km, mada je zaliv Boke generalno, upravan na obalu (Nikolić, 2017). Strme padine spuštaju se do obala zaliva. Ovakva konstelacija geomorfoloških karakteristika izaziva i seizmičnost, odnosno oličava znatnu opasnost od mogućih zemljotresa (Magaš, 2002).

Ukratko, ove geomorfološke karakteristike zajedno čine topografiju Boke i oblike: planine, rijeke, ostrva, poluostrva, uvale, moreuze, rijeke, ponore, doline, klisure, ali i kanjone (kanjon Škudre, koji se nalazi u blizini Starog grada u Kotoru), speleološke (podvodne i nadvodne pećine), geološke i hidrološke fenomene (npr. vodopadi Škudre, plima, osjeka).



Slika 3. Iz područja karaktera predjela, može se zaključiti kakva je geomorfologija i topografija regije (Izvor: Ministarstvo održivog razvoja i turizma Crne Gore, 2015).

1.4. Klimatske karakteristike, biljni i životinjski svijet Boke Kotorske

Geomorfološke karakteristike, poput planinskih lanaca koji okružuju Zaliv, i brdskih padina, utiču na mikroklimatske uslove. Planine djeluju kao prepreke za dolazak hladnih vjetrova, što rezultira blagom klimom.

Klimatsko-vegetacijske karakteristike: uski primorski pojas Boke Kotorske pripada mediteranskom klimatskom području, posebno u zoni blage i prijatne tzv. pravomediteranske

(klasične mediteranske) klime ili eumediteranske. Na padinama preko 400 mnv postepeno preovlađuju submediteranski uticaji, a u najvišim zonama brdskog i planinskog zaleđa preovlađuje planinska klima (Magaš, 2002). Ljetnje temperature dostižu najviše vrijednosti u julu i avgustu (oko 35°C), dok zimske rijetko padaju ispod nule. Prosječna godišnja temperatura u Boki je oko 17,1°C. Ova regija obično ima oko 2600-2700 sunčanih sati godišnje (Uprava za zaštitu kulturnih dobara - PJ Kotor, 2015). Zbog dominantne blage mediteranske klime, Boka je obilježena bogatstvom vegetacije. U širem priobalnom pojasu zastupljene su mediteranske zimzelene šume, makija, hrast crnika, termofilni borovi i čempresi. U brdovitom zaleđu, obično iznad 200 mnv su submediteranske šume raznih hrastova, dok su na Orjenu i Lovćenu iznad 1000 mnv prisutne šume primorske bukve i planinskih borova (podaci dobijeni analizom sadržaja tematske vegetacijske karte „Nacionalnog atlasa Crne Gore”, 2005)

Obale, močvare, šume, pašnjaci i planinski vrhovi pružaju raznolika staništa za floru i faunu. Vodeni ekosistemi podrazumijevaju razne vrste riba; planinski biom je dom životinja poput divokoza, lisica i ptica grabljivica.

2. TOPOGRAFSKA PREDSTAVA TERENA BOKE KOTORSKE

Topografska predstava terena odnosi se na način prikaza reljefa, oblika i karakteristika površine Zemlje na karti ili drugom geografskom prikazu. Ova predstava koristi različite simbole, linije i boje kako bi se prikazao reljef, nagibi, visine i ostali geografski detalji terena. Problem predstavljanja reljefa na karti je to što prostorni oblik treba precizno preslikati i matematički konstruisati na ravan papira, a da se pri tom može ocijeniti njegova kvantitativna karakteristika. Proces kvantitativne analize reljefa se naziva **geomorfometrija**, digitalna analiza reljefa-*DTA* ili digitalno modeliranje reljefa (Šiljeg, 2013, str. 117). Danas, reljef i visinsku predstavu terena najbolje je prikazati pomoću digitalnih modela terena. Topografska predstava terena Boke obuhvata prikaz reljefa, oblika i karakteristika terena u tom području. Ova oblast je poznata po svom specifičnom geografskom obliku koji je rezultat dubokog uvlačenja mora u kopno. Topografske karte Boke Kotorske su korisne za turizam, nautiku, planinarenje i u mnogim područjima koja zahtijevaju prostornu analizu.

2.1. Geografske karakteristike Boke Kotorske

Boka Kotorska, najpoznatiji prirodni fenomen Crne Gore, smještena je na jugozapadu Crne Gore, između planinskog masiva Lovćena, Orjena i Jadranskog mora. More je ključni element Boke Kotorske. Vizuelni karakter Zaliva dodatno obogaćuju dva poluostrva - Vrmačko na jugoistoku i Devesilje na jugozapadu - koji su odvojeni tjesnacem Verige koji prati njihov pravac pružanja (Nikolić, 2017). Njen reljef je dodatno modifikovan djelovanjem kraških procesa. Boka Kotorska i Bokokotorski zaliv označavaju isto geografsko područje, ali ih u geoprostornim analizama treba razlikovati: Boka Kotorska je cjelokupno područje zaliva, uključujući unutrašnje dijelove, kopno, obale i okolna naselja, dok je Bokokotorski zaliv isključivo vodena površina povezana s Jadranskim morem.

Na obali Bokokotorskog zaliva nalazi se niz većih gradova: Herceg Novi, Tivat, Kotor. Od ove tri opštine Boke, Kotor ima 46 katastarskih opština (KO), Herceg Novi 26, Tivat 13. Spisak njihovih parcela sadrži sve parcele u jednoj KO, složene po aritmetičkom redu (Miladinović, 2004, str. 268).

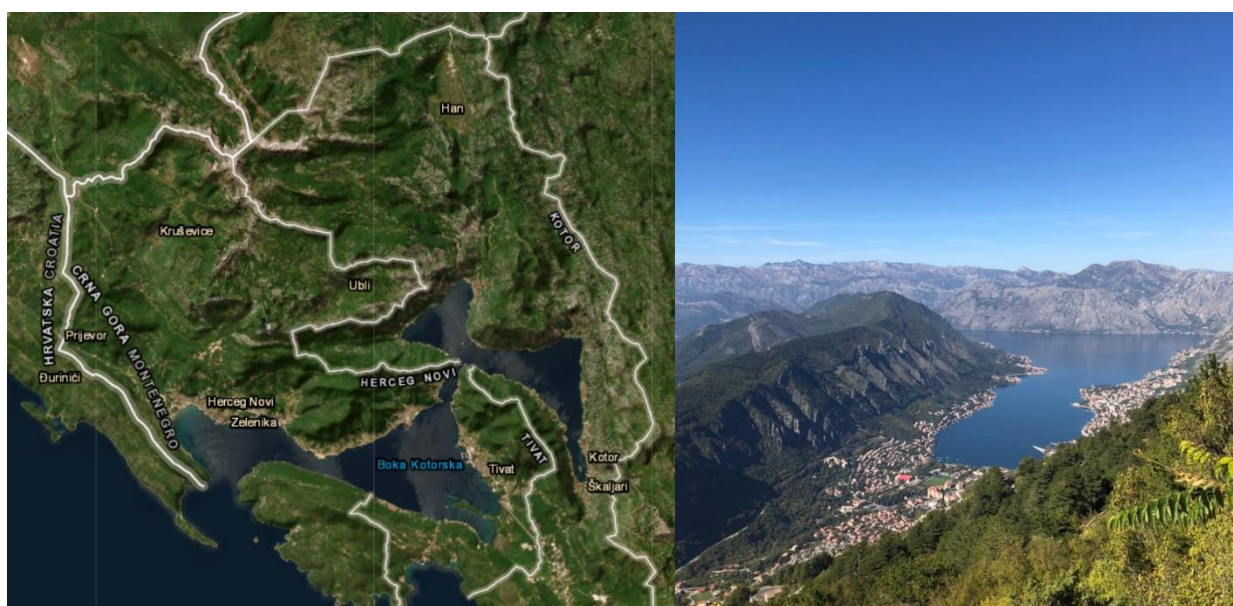
Herceg Novi ($P=235\text{km}^2$, prosječna nadmorska visina 10m) se nalazi na obali Jadranskog mora i poznat je po bogatom kulturnom naslijeđu, plažama i arhitekturi, šetalištima. Nalazi se na ulazu u sam Zaliv, okružen terasama koje se spuštaju od Orjena. Sam grad se proteže prema

unutrašnjosti, prema brdovitom terenu i planinskim padinama, pa ima raznoliku topografiju. Najveći dio Opštine Herceg Novi ima južnu ekspoziciju koju čine padine Orjena. Sve ovo stvara „izazovnu” topografiju s mnogo uspona, padova i visinskih varijacija, uz ulice s velikim nagibom i naglim padom, i stepenice koje odlikuju krajolik. Rivijera dužine 15 km obuhvata naselja Zelenika, Meljine, Kumbor, Bijela itd. U nekim dijelovima grada, nadmorska visina se može znatno povećati zbog uspona terena.

Kotor (P=335 km², prosječna nadmorska visina 10m) je poznat po svom srednjovjekovnom starom gradu. Kotor ima zanimljivu topografiju zbog svoje lokacije u Zalivu. Grad je smješten na uskom dijelu obale, između planinskih vrhova koji se spuštaju prema moru. Litice Orjena i Lovćena su iznad grada. Stari grad sadrži mrežu uskih ulica i stepenica.

Tivat (P=46 km², nadmorska visina 6m) se razvio u istočnom dijelu Bokokotorskog zaliva i izrastao u značajan centar primorskog turizma, jedina je vazдушna luka u Crnogorskom primorju (Bakić i dr., 2009, str. 456) i najmlađi i najmoderniji grad Boke, poznat po marini *Porto Montenegro*. Ima zanimljivu geografiju i topografiju koja uključuje obalu, planine i pejzaže. Kao i ostale dvije opštine Boke, prostire se na području koje kombinuje priobalje i brdovito zaleđe, pa se nadmorska visina u nekim dijelovima može znatno povećati.

Manja naselja su: Perast, Risan, Dobrota, Prčanj, Muo i brojna sela: Radovići, Klinci, Lepetani, Opatovo, Kamenari, Gornji i Donji Stoliv itd.



Slika 4. Tri opštine koje u administrativnoj podjeli zahvataju Boku Kotorsku (Izvor: SRTM misija, USGS globalni DEM, dostupno na [<http://earthexplorer.usgs.gov>])



Slika 5. Kotor i brdo Vrmac: iznad gusto raspoređenih naselja uzdižu se strmi obronci obrasli drvećem (Foto: Demir Mujević)



Slika 6. Obala tivatskog naselja Lepetani. Topografija regije odaje utisak da se brda strmo spuštaju i međusobno sustižu, a plavetnilo se „otkriva” između brda dok se prolazi kroz uska grla zaliva (Foto: Demir Mujević)

Slika 7. Kamenari (HN) – naselje i mala plaža (beton i pjeskoviti dijelovi). Iza uskog pojasa naselja je brdovito zaleđe (Foto: Demir Mujević)

Zaliv čine tri velika basena, povezana sa dva uska moreuza, sa dubinom do 67 m (Bortoluzzi et al., 2017). Na samom ulasku u Bokokotorski zaliv se nalazi Hercegnovski zaliv, zatim slijedi Kumborski tjesnac, pa Tivatski zaliv i tjesnac Verige. Kod moreuza Verige su naselja Stoliv, Prčanj i Kotor, a sa druge strane Risan, Perast i ostrvce Gospa od Škrpjela. Preko Veriga se stiže do Risanskog i Kotorskog zaliva. Kotorski zaliv smješten je južno od planinskog masiva Lovćen i obuhvata oblast oko grada Kotora. Risanski zaliv se nalazi sjeverno od Kotorskog zaliva. Zaklonjenost i njegova duboka razvedenost omogućili su milenijumsku orijentaciju ka moru i pomorstvu, što je podstaklo razvoj urbanih aglomeracija duž obale od antičkih vremena do danas (Magaš, 2002). Dužina obalne linije čitavog Zaliva iznosi 105,7 km, a pojedinačno, Kotorskog zaliva 25 km, Risanskog 12,6 km, Tivatskog 36,1 km i Hercegnovskog 32 km. **Koeficijent**

razuđenosti obale za pojedinačne zalive je: Kotorski zaliv 2,61; Risanski 2,76; Tivatski 3,55 i Hercegnovski 3,63 (Uprava za zaštitu kulturnih dobara - PJ Kotor, 2015).

Geografski, Boka Kotorska se sastoji od tri cjeline: spoljašnje, centralne i unutrašnje. Spoljašnji dio čini Hercegnovsko-Toplanski zaliv sa vrhom Oštra,⁶ tj. Bokokotorska vrata. Sam ulaz u Bokokotorski zaliv se nalazi između rtova Oštra i Mirište i širine je oko 2968m (mjereno na digitalnoj karti). Centralni dio je vezan za Tivatski zaliv, a unutrašnji dio za Risansko-Morinjnsko-Kotorski zaliv. Hercegnovski i Tivatski zaliv povezuje Kumborski moreuz (prosječna širina 730m), a Kotorski i Tivatski zaliv povezuje moreuz Verige (širina 340 m, dužina 2,3 km). U užem primorskom pojasu svi urbani centri su smješteni koristeći lokalne geografske prilike i centre pomorske aktivnosti: Kotor, Herceg Novi, Perast, Risan, Bijela (Magaš, 2002).

Područje Boke Kotorske predstavlja geoprostornu cjelinu koja zauzima oko 617 km², što je oko 4,5% ukupne površine Crne Gore. U administrativnom smislu obuhvata tri pomenute opštine. Prema do sada posljednjem popisu stanovništva iz 2011. godine, u Boki Kotorskoj je živjelo oko 67.902 stanovnika, što čini gotovo 11% ukupnog stanovništva Crne Gore. Boka ima geografsku vezu s prostranim kontinentalnim karstnim zaleđem s jedne strane, dok s druge strane gravitira prema prometnim sredozemno-jadranskim pomorskim rutama (Nikolić, 2017). Boka Kotorska je reljefno najsloženiji dio primorja, sa živopisnim i duboko uvučenim zalivom između krečnjačkih planina i nižih - flišnih zona. Jugoistočno od Boke, na otvorenoj obali izloženoj dejstvu abrazije, na mnogim su mjestima formirani strmi klifovi u otpornijim krečnjacima ili mali zatoni u mekšim stijenama ili užim pojasevima krečnjaka (Šehić, D. & Šehić, D., 2005, str. 6). Ova geografska regija ima niz karakteristika koje je čine izuzetno prepoznatljivom. Najuočljivija karakteristika je fjordski reljef, iako Boka nije potopljena lednička dolina – fjord. Ovaj reljef nastao je kao rezultat geoloških procesa, uključujući tektonsku aktivnost i podizanje terena. Stepenaste obale su takođe odlika Boke Kotorske, sa stepenastim i strmim profilima. Iz sljedećeg kartografskog prikaza Boke, može se spoznati promjenljiva nadmorska visina Boke, tj. vidljiva visinska varijacija (skala u legendi), čime se detaljnije bavi hipoteza H1.

⁶ Oštra je brdo, stijena, šiljasto uzvišenje na vrhu planine. Oštra ima prirodni oblik koji se uzdiže iz mora i ima karakterističan oštri oblik.



Slika 8. Fizičko-geografska karta Crne Gore ($R=1:400.000$). Beograd: Intersistem kartografija.

(Foto: Demir Mujević)

2.2. Reljefni oblici Boke

U dijelu o geologiji i geomorfologiji Boke rečeno je da georeljef Boke uključuje razne reljefne elemente. Morfogenetski faktori formiraju više **genetskih tipova georeljefa** na području Boke, koji se iskazuju kroz: tektonske, marinske, fluvijalne, glacijalne, padinske i karstne genetske oblike. **Tektonski georeljef Boke** - tektonika je imala odlučujuću ulogu na morfologiju georeljefa Boke. **Marinski georeljef** je geološki mlađi, nastao je dejstvom erozionih i akumulacionih procesa duž obalnog pojasa. **Abrazioni oblici** su karakteristični za kamenite obale na otvorenom moru. Tipični klifovi izdvojeni su na obali Luštice. Veće pjeskovite i šljunkovite plaže nalaze se u zalivu Trašte. **Fluvijalni georeljef** formiran je na vodonepropusnim stijenama. Značajne su i **padine i padinski procesi**, jer padine prstenasto okružuju akavatorij zaliva, tj. subpodinske zone iznad: Igala, Devesilja, Risna, Perasta, Kotor, u području Luštice i Vrmca. **Karstni georeljef** je vezan za zaleđe flišnih padina, podrazumijeva vrtače, uvale, dolove i škrape Bokokotorske regije (Nikolić, 2017). Kraški reljef u Boki je zastupljen posebno duž obalnih područja od karbonatnih stijena, poput vapnenaca. Neki od primjera kraškog reljefa u Boki Kotorskoj uključuju: planine Orjen i Lovćen, Vrmac, zatim pećine i ponore. Vrijedi pomenuti i **antropogeni reljef** u Boki, koji podrazumijeva površinske kopove, poljoprivredne terase, vodne kanale, nasipe koji su izgrađeni radi zaštite od prirodnih nepogoda poput klizišta i poplava. Na topografskim kartama razmjere 1:50.000, detaljno su prikazane obalne konture i vertikalna disekcija reljefa u Boki, tako da se Boka može analizirati sa aspekta razuđenosti obalske linije i vertikalne disekcije reljefa (Stanković i dr., 1979)

U nastavku su navedeni neki od mnogobrojnih reljefnih oblika koji se mogu identifikovati u Bokokotorskoj regiji:

Uvale kod Herceg Novog, Tivta i Kotor predstavlja prirodne luke. **Uvala Krtole** je smještena kod Tivta, poznata je po zaobljenim obalama i kristalno čistoj vodi. **Uvala Polje** je prostrana i nalazi se na obali Tivta. Između uvala Krtole i Polje je Krtoljski arhipelag. **Vučja uvala** je smještena na jugoistočnom dijelu Bokokotorskog zaliva, u blizini opštine Kotor. Značajnije uvale su i **Uvala Velika Rijeka, Uvala Mala Rijeka** (Kotorski zaliv); **Uvala Podrijeku, Uvala Račica, Gabrio** (Tivatski z.); **Uvala Ribarica, Uvala Meljine** (Hercegnovski z.) itd.

U Boki Kotorskoj postoji 8 ostrva (7 prirodnih + 1 vještačko):⁷ **Ostrvo Cvijeća** (Miholjska Prevlaka, poznato i kao Sveti Arhangel Mihailo), **Mamula** (naziva se još i Lastavica) i ostrvo **Vavedenje** (još i Mali Žanjic/Žanjica/Mala Gospa/Gospa od Mirišta) na samom ulazu u Bokokotorski zaliv, **Gospa od Milosti**, **Sveti Marko** (još i Stradioti, Sveti Gavriilo, Gabrio), **Zanovetni Školjic** u Tivatskom zalivu, a **Gospa od Škrpjela** i **Sveti Đorđe** u Risanskom zalivu.

Ostrvo Cvijeća se nalazi u Tivatskom zalivu, blizu Tivatskog aerodroma. Iako se zvanično naziva ostrvom, tačnije je poluostrvo jer je povezano sa kopnom mostom.

Mamula je krečnjačko ostrvo na samom ulazu u Bokokotorski zaliv. Ovalno je, prečnika oko 200m.

Vavedenje je ostrvo kod uvale Mirište, nedaleko od rta Arza, blizu poluostrva Luštica, na istočnoj strani ulaza u Boku. Ostrvo je površine oko 700 m², jedno od najmanjih ostrva Boke.

Gospa od Milosti, jedno je od tri ostrva u nizu ostrva u Tivatskom zalivu, poznato kao Krtoljski arhipelag. Ostrvo Gospa od Milosti je udaljeno oko 800m od obale, ima dužinu od oko 160 metara i širinu oko 60 metara.

Stradioti je drugo po redu ostrvo u tivatskom arhipelagu i najveće po površini ostrvo Boke. Površina mu je oko 340.000 m², dugo oko 1.500m, široko prosječno 400m.⁸ Reljef mu je brežuljkast, danas su na njemu uglavnom drveće i rastinje.

Zanovetni Školjic – ovo malo ostrvo nalazi se u Tivatskom zalivu, u blizini naselja Bjelila i Kakrc, udaljeno oko 50 m od obale (mjereno na karti).

Gospa od Škrpjela je vještačko ostrvo u blizini Perasta, osnovom je izduženo, podsjeća na brod. Mjerenjem na digitalnoj karti je utvrđeno da je dugo oko 128m, široko oko 40m.

Sveti Đorđe – nalazi se oko 100m od Gospe od Škrpjela, ovalnog je oblika. Kartometrijom je utvrđeno da je prosječne dužine 50m, širine oko 37m.

Poluostrvo Prevlaka (rt Oštro) je geografski oblik koji se nalazi između mjesta Vitaljina i Oštri rt na ulazu u Boku. Ovo poluostrvo se prostire sa lijeve strane ulaska u Bokokotorski zaliv. Dužina poluostrva pravcem sjeveroistok-jugozapad je 2,6km, širine od 150-500m, površine oko

⁷ Neki izvori navode 9 ostrva u Boki, drugi 7. Razlika u broju proizilazi jer se Miholjska prevlaka ponekad smatra poluostrvom, i zato što većina njih ima više naziva. Zanimljiva je i mala stijena **Karatoč**, udaljena oko 180m od hercegnovske šljunkovite plaže Žalo. Ne smatra se ostrvom jer je to neravna hrid male površine, dostupno na: <https://mediasfera.rs/2022/04/08/ksenija-matovic-karatoč-stijena-do-koje-nikada-nisam-doplivala43678/> (10.06.2023.)

⁸ <https://sharemontenegro.me/staze-boke-sva-imena-najveceg-ostrva-epizoda-44/> (28.05.2023.)

1km², tačnije 93,33 hektara (Stanković & Milosavljević, 2014). Uglavnom je prekrivena makijom, duž Prevlake se proteže put sve do rta Oštra.

Poluostrvo Luštica se prostire na dužini od 13 km, obuhvata površinu od 47 km². Njegova obala je izuzetno razvedena, s obiljem malih uvala i rtova. Najviši vrh na Luštici je Obosnik (586 m). Administrativno, poluostrvo je podijeljeno između opština Herceg Novi i Tivat.

Kumborski tjesnac je uski prolaz između poluostrva Luštica i naselja Kumbor i povezuje Hercegnovski i Tivatski zaliv. Tjesnac je važan geografski element u regiji jer predstavlja glavni ulaz u Boku Kotorsku za brodove i pomorski saobraćaj, trgovinu i ribarstvo. Kumbor je poznato turističko odredište na Hercegnovskoj rivijeri. To naselje je smješteno u Opštini Herceg Novi, na obalama tjesnaca i uvale Brodine.

Tjesnac Verige su najuži dio Bokokotorskog zaliva (340m). Nalaze se na spoju Tivatskog sa Risanskim i Kotorskim zalivom, između rtova Đinović i Đurić. Na tom potezu već decenijama saobraća trajekt Kamenari-Lepetane. **Moreuz Boka** povezuje Boku s otvorenim morem.

Hercegnovski zaliv (P=28,628 km²) je smješten na sjeverozapadnom dijelu Boke Kotorske. Karakterišu ga strme planinske padine koje se spuštaju prema obali, stvarajući slikovitu topografiju. Iz Hercegnovskog zaliva se pruža pogled na visine Orjena. Obala Hercegnovskog zaliva ima plaže i stijenu-ostrvce Karatoč koji upotpunjuju sliku terena. „Podzaliv” (veći od uvale a manji od zaliva) Hercegnovskog zaliva je **Toplanski zaliv** kod obale naselja Topla.

Tivatski zaliv (P=34,439 km²) se nalazi na istočnom dijelu Boke Kotorske, i njen je najprostraniji zaliv. Ka njemu se spuštaju blage padine nekoliko manjih brda koja okružuju obalu. Obala nije strma kao u drugim dijelovima Boke Kotorske (ima niže obale i od Hercegnovskog zaliva), što pruža više prostora za naselja i marinu. U močvarnom dijelu priobalnog pojasa Tivatskog zaliva, između aerodroma i Luštice, nalazi se florističko-faunistički rezervat prirode „Tivatska solila” površine 150km².⁹

Risanski zaliv (P=8,005 km²) se često naziva i Risanko-Morinjsko-Kotorski zaliv zbog svoje geografske pozicije. Topografija obale Risanskog zaliva obilježena je brdima koja se spuštaju prema obali, ima više uvala, tzv. skrivenih plaža i naselja duž obale.

Kotorski zaliv (P=16,262 km²) smješten je na sjeveroistočnom dijelu Boke. Obale zaliva odlikuje veliki nagib, s masivima koji se uzdižu iznad obale. Planina Lovćen masivnošću

⁹ <https://parksdinarides.org/specijalni-rezervat-prirode-tivatska-solila/> (10.06.2023.)

dominira pejzažem i stvara prepoznatljivu geoscenu. **Zaliv Trašte** je istočno od Bokokotorskog zaliva, administrativno pripada Kotoru.

Planine koje okružuju Boku Kotorsku su Lovćen i Orjen. Ova uzvišenja u najvećoj mjeri oblikuju topografiju i visinsku predstavu terena. **Lovćen** (1.749 mnv) je poznat po pogledu na Boku Kotorsku s vrha (u geodiverzitetu se to naziva panoramski pogled i vizuelne linije). Planina **Orjen** (1894 mnv) je površine preko 400 km², od kojih najveći dio iznad Boke Kotorske pripada Crnoj Gori. Poznata je po svom divljem i nepristupačnom reljefu, strmim grebenima, dubokim klisurama. **Visoravan Krivošije** je dio masiva Orjena, između 600 i 1150 mnv, čini risansko zaleđe, na istočnom dijelu visoravni se nalazi kraška dolina Dragalj. Obiluje oblicima dubokog krša.¹⁰

Vrmac (768m) je brdo i istoimeno poluostrvo koje je prema jugoistoku vezano za lovcensku padinu i Grbaljsku župu. Brdo se sastoji iz dva izdužena vijenca: Vrmac i Popova glava (584m) u Bogdašićima (Bešić & Pavić, 1979). Najveći vrh je Sveti Ilija (766 mnm).

Hidrografske karakteristike kopnenog dijela

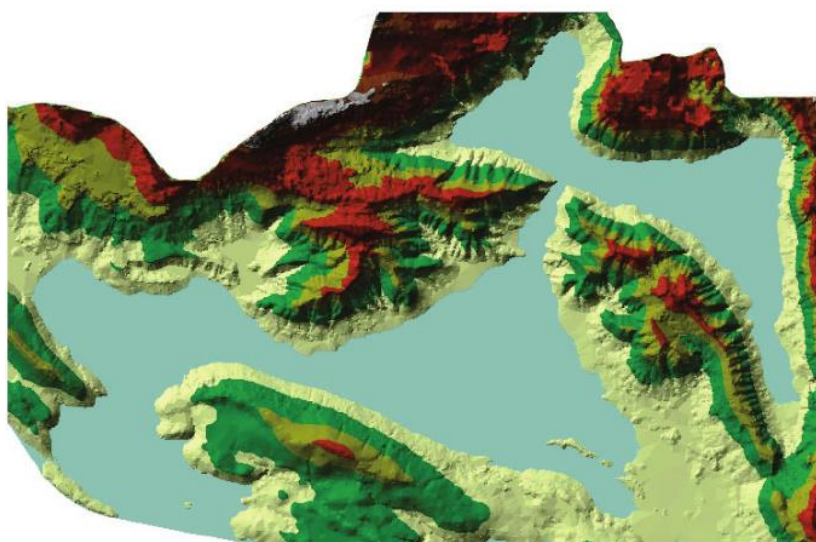
Rijeka Sutorina teče kroz hercegnovsko naselje Sutorina, i sabira vode šireg prostora, sve do hrvatske granice. Prema jugoistoku od niskog razvođa Nagumac, teče Sutorina, a prema sjeverozapadu kroz Konavle, rječica Ljuta. Dužina, od izvora do ušća iznosi oko 9 km, a površina sliva je 36,6 km². Usljed kraškog terena, Boka ne obiluje površinskim vodama, pa je značajna ova rijeka, čija je delta kod HercegNovskog zaliva široka oko 2,5 km (Bešić & Pavić, 1979). Protiče kroz Herceg Novi sve do svog ušća u Zaliv.

Rijeka Škurda, u sjevernom dijelu Kotora, formira vodotok koji se uliva u Kotorški zaliv. Izdašnost izvora je od 0,1-30 m³/s (Uprava za zaštitu kulturnih dobara - PJ Kotor, 2015). Škurda je ponornica koja ima svoje izvorište na planini Lovćen i uliva se u Kotorški zaliv. Njeno planinsko korito ima brojne slapove i vodopade, dok je donji tok ka moru znatno mirniji. Postoji veći broj izvora koji se dreniraju duž Zaliva. Među njima najizdašniji su oni sa bočatom vodom:¹¹ Morinjski izvori, Ljuta, Škudra, Gurdić, Muo, Plavda (Nikolić, 2017). Rezultat podzemnog oticanja voda je relativno siromaštvo Boke površinskim vodama. **Izdan Ljuta**, u zaleđu Kotorškog zaliva – slivno područje površine od oko 70 km², prostire se sve do naselja Njeguši. **Izdan Tabačina** je takođe u Kotoru. **Izvorište Sopot** se nalazi u Risnu, izvire iz istoimene pećine Sopot. Takođe, iz pećine ispod brda Gradina u Risnu se nalazi **izvorište Spila**. **Estavela Gurdić** je izvor sifonskog tipa, grotlo tog izvora doseže dubinu od 35 metara, dok se

¹⁰ <https://www.dinarskogorje.com/krivoscaronije.html> (17.05.2023.)

¹¹ Bočata voda je slana, ali ne koliko i morska, jer je nastala miješanjem sa slatkom vodom.

podvodna kanalska mreža proteže sve do dubine od 51 metar (Uprava za zaštitu kulturnih dobara - PJ Kotor, 2015). Takođe, Velja Rijeka je **izvor** u Prčnju, u blizini pješačke staze Glavati-Stoliv. U cijeloj Boki, Župa je najbogatija vodom. Značajniji **potoci** su Seljanovo, Koložun, Jerma, Močali, Leskovački potok, Gradiošnica u blizini Aerodroma Tivat, s pritokama Mrčevac i Vodolježnica, i potok Zverinjak u Kotoru.



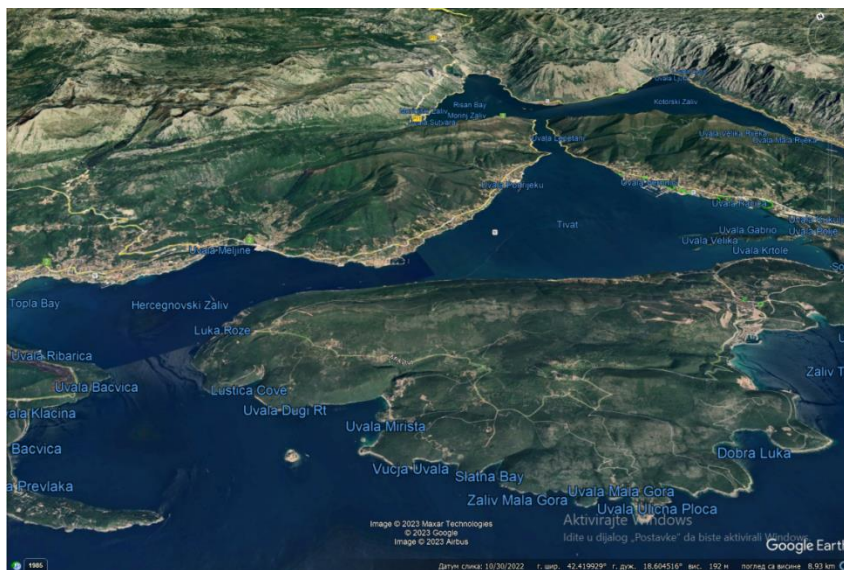
Slika 9. Obalni reljef Zaliva – 3D model izrađen na bazi konturnih linija, ekvidistanca $e=20$ m (Stamenković et al., 2017)

2.3. Metode prikazivanja reljefa (Boke Kotorске)

U posljednje vrijeme ostvaren je značajan napredak u razvoju savremenih tehnologija za prikupljanje, obradu i vizualizaciju prostornih podataka (Stanković i dr., 2001). U kasnom 18. i posebno u 19. vijeku, s razvojem i primjenom novih metoda mjerenja zemljišta poput triangulacije i nivelmana, kao i razvojem odgovarajućih instrumenata, pronađene su prikladne metode za precizno prikazivanje reljefa (Pavišić, 1976). Te metode podrazumijevaju predstavljanje reljefa, vodenih površina, vegetacije itd. Na topografskim kartama i planovima predstavlja se samo obalska linija, ali ne i sama obala. Obalska linija je granica između vode i kopna pri srednjem vodostaju (Lješević & Bakrač, 2013). Klasifikacija za prikazivanje reljefa je nadmorska visina, i tu se razlikuje reljef do 500m (nizije, ravnice, brežuljkasti i brdoviti reljef) i preko 500m – planinski reljef i visoravni.

2.3.1. Perspektivni (kosi) metodi

Metoda perspektive za prikazivanje reljefa koristi likovni prikaz oblika terena kako bi se prikazalo kako on izgleda s određene tačke ispred kartirane teritorije. Na kartama koje koriste kosi metod, moguće je uočiti opšte protezanje planinskih grebena i dolina, kao i položaj pojedinačnih vrhova, oblik i strminu nagiba terena (Borisov, 2020). Ovakav prikaz na dvodimenzionalnim kartama daje jasnu naznaku treće dimenzije, kako joj sam naziv kaže, iz perspektive.

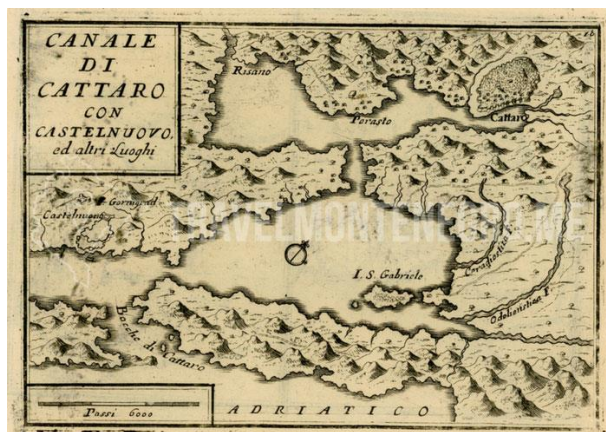


Slika 10. Kosi prikaz Boke (Izvor: Google Earth Pro)

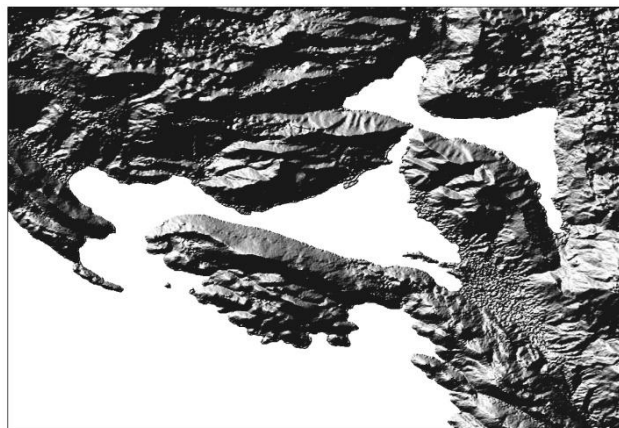
2.3.2. Prostorni ili plastični metodi

Plastični metodi kartografskog prikazivanja reljefa pružaju dobru vizualizaciju terena kroz postizanje plastičnosti. Ova plastičnost zavisi od primjene svjetla, odnosno boja kao i tehnike kartografskog predstavljanja (Lješević & Bakrač, 2013). Ovaj metod ima zadatak da predstavi konveksnost i konkavnost (ispupčenost i izdubljenost) reljefnih oblika. Prostorni metod se dijeli na 3 „podmetode”: metoda šrafa, metoda sjenki i metoda boja (hipsometrijska skala). Kod **metode šrafa** (crtica, senčanica) koriste se deblje ili tanje crte kojima se označavaju neravnine na zemljištu, ucrtavaju se u pravcu najvećeg pada zemljišta, tj. upravno na izohipse (Borisov, 2020), zastarjela je i danas se rjeđe primjenjuje, kao i metod sjenčenja. **Metod sjenčenja** se zasniva na principu raspodjele svjetlosti koja iz određenog pravca pada na površinu zemljišta, slično kao kod metode šrafa (Pavišić, 1976, str. 136), uglavnom je pomoćni (dopunski) metod. Prikaz reljefa sjenčenjem nije egzaktno poput prikaza izohipsama, ali olakšava

vizualizaciju trodimenzionalnog oblika i prikazuje plastičnost reljefa (Poslončec-Petrić i dr., 2002).



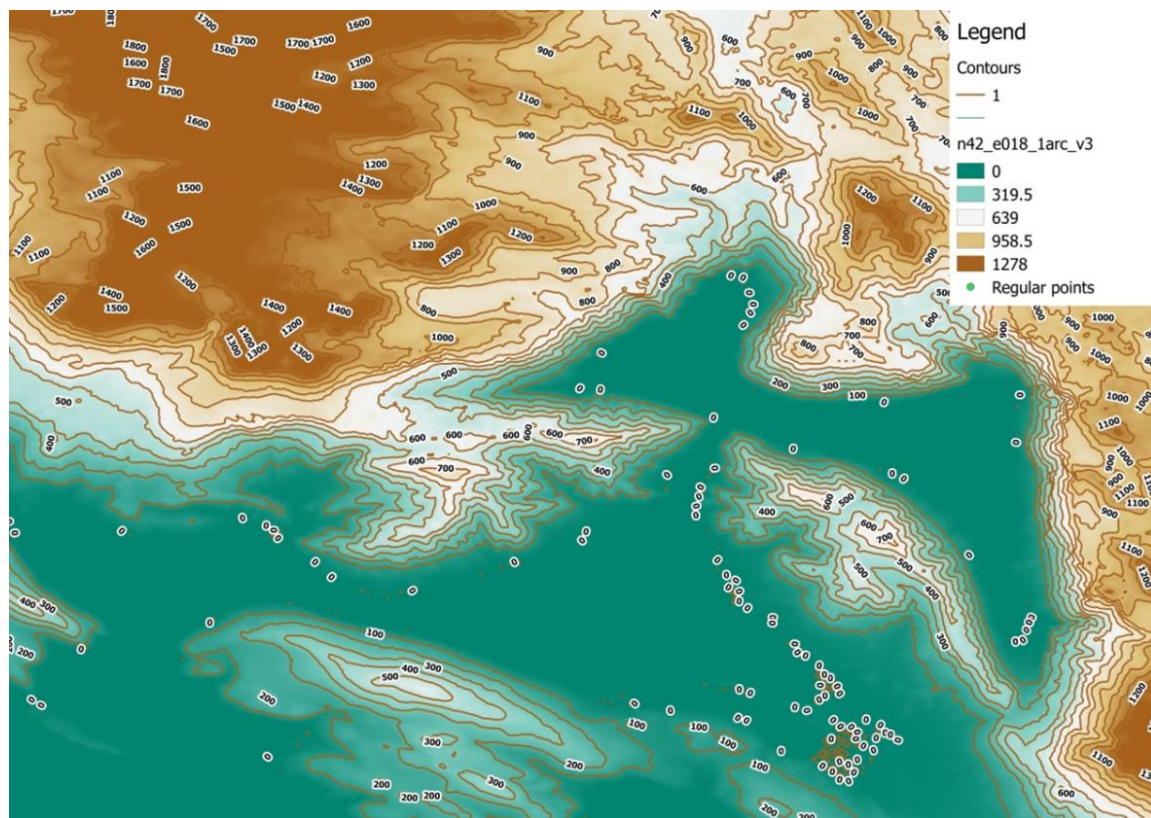
Slika 11. Ova stara mapa Bokotorskog zaliva ima elemente metode sjenčenja
(Izvor: Vincenzo Coronelli, 1688)



Slika 12. ArcMap: simuliranje topografskog izgleda Boke metodom sjenčenja (hillshade)
(Izvor: Demir Mujević)

Hipsometrijski metod (metod boja ili metod slojeva)¹² se sastoji u primjeni boja i nijansi za prikazivanje reljefa na kartama, da bi se istakli visinski odnosi reljefnih oblika i njegova preglednost (Lješević & Bakrač, 2013, str. 177). Ova metoda prikaza reljefa bazira se na kombinaciji boja koje su poređane po visinskim stupnjevima (Burić & Barović, 2005, str. 47). To je način prikazivanja reljefa izohipsama određenih boja i nadmorskih visina i univerzalna je metoda prikazivanja na kartama. Ovakav prikaz daje visinsku predstavu, te se može izraziti kao svojevrsni digitalni model visina (*DEM*). U narednom prilogu je dat hipsometrijski metod prikaza Boke:

¹² Karakteriše je primjena različitih boja jer se tako najbolje ističu topografija i visinski odnosi između oblika reljefa.



Slika 13. QGIS: Hipsometrijska karta georeljeфа Boke. U gornjem desnom uglu, vidljiva je (polihromatska) hipso-skala (Izvor: Demir Mujević)

2.3.3. Geometrijske metode

Ove metode koriste geometrijske principe za vizualno prikazivanje oblika terena na karti. U ove metode ubrajaju se kote (metod kotiranja) i izohipse (metod izohipsi). Kote su apsolutne (nadmorske) visine, upisane kao brojevi nadmorskih visina pojedinih tačaka reljeфа. Izohipse su linije koje spajaju tačke istih nadmorskih visina na karti. Daju geometrijski i geomorfološki izraženiju sliku reljeфа, pokazuju pravce nagiba i omogućavaju određivanje ugla nagiba, grafički ne opterećuju kartu i u kombinaciji sa kotama kvalitetno prikazuju reljef (Borisov, 2020). Raspored ekvidistanci (rastojanja između susjednih izohipsi) zavisi od cilja i namjene karte, raščlanjenosti reljeфа i specifičnosti terena koji se kartira.



Slika 14. Izohipsama prikazan Risanski zaliv, Perast i zaleđe, vidljive izohipse, nadmorske visine i plastičnost reljefa (Izvor: AllTrails- platforma za planinarenje)

2.3.4. Kombinovane metode

Predstavljanje reljefa, u određenim slučajevima, zahtijeva primjenu više metoda, jer se nedostaci prikazanih metoda prevazilaze njihovim kombinovanjem. Plastični i kombinovani metodi se dopunjuju (Lješević & Bakrač, 2013, str. 182). Na taj način se koriste dobra svojstva više metoda, istovremeno nadopunjujući njihove nedostatke. Tako se stvara prirodni prostorni utisak i mogućnost kvantitativne evaluacije reljefa. Poznat je švajcarski metod, koji se zasniva na kombinaciji hladnih i toplih boja, metode sjenčenja i hipsometrijskog metoda. Na primjeru Bokokotorskog zaliva, kombinovana metoda daje efekat plastičnosti:



Slika 15. Prikaz Morinjско-Risansko-Kotorskog zaliva i zaleđa kombinacijom geometrijskih - izohipse, i plastičnih metoda – sjenke (Izvor: Borisov, 2020)

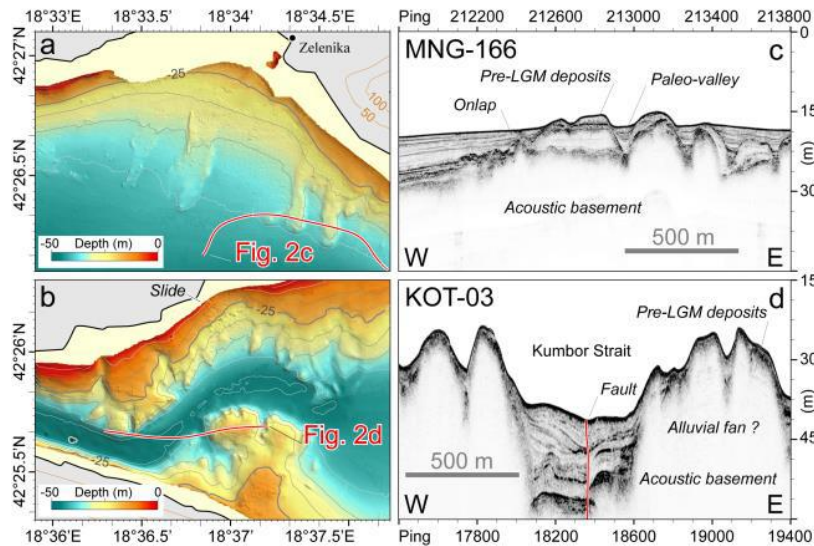
2.4. Batimetrijska karta Bokokotorskog zaliva

Bokokotorski zaliv je jedan od najdubljih zaliva na Mediteranu. Podmorje zaliva uključuje različite dubine i reljef morskog dna, uz dubinske varijacije: od plitkih područja do dubokih ponora, uz podvodne stijene i pećine koje predstavljaju speleološki diverzitet. Srednja dubina čitavog Bokokotorskog zaliva iznosi 27,6 m (u nekim izvorima 27,3 m)¹³. Srednje dubine pojedinačnih zaliva su: Kotorski (27m), Risanski (25,7m), Tivatski (25,5m), Novljanski/Hercegnovski (31m). Maksimalne dubine pojedinačnih zaliva su: Kotorski (52m), Risanski (36m), Tivatski (47m), Hercegnovski (60m). Bitna karakteristika svih zaliva je približavanje izobate (linija na batimetrijskoj karti koja povezuje tačke istih dubina) većih dubina na male udaljenosti od obale (Uprava za zaštitu kulturnih dobara – PJ Kotor, 2015), što se i vidi na slici 17. Geograf Pasinović je 1967. godine, pak, dao sljedeće podatke o dubinama: Kotorski zaliv (dubine 40 m), Morinjski ili Risanski (dubine 37 m), Tivatski (dostiže dubinu od 48 m, ali je u istočnom dijelu znatno plitak), Hercegnovski (47m), Kumborski moreuz (dubina 43m) (Pasinović, 1967). Nikolić navodi maksimalnu dubinu u Kotorskom zalivu 64m - između Perasta i Dražinog rta, vrtača sa dubinom od 64m (Nikolić, 2017). Izvori koji datiraju uglavnom iz prošlog vijeka navode da je maksimalna dubina u čitavom Zalivu 60m (Stjepčević i dr., 1984). Ova dubina se obično nalazi u centralnim dijelovima uvala. Najmanja dubina Boke Kotorke se obično kreće od nekoliko metara do nekoliko desetaka centimetara u blizini plaža i plićaka. Dubina varira, npr. na sjevernoj i zapadnoj strani ostrva Gospa od Milosti je manja od jednog metra, dok na južnoj strani mogu pristati i brodovi. Dubina mora unutar pećine Plave Špilje (Herceg Novi) na obali Luštice je oko 4 m.

Novija istraživanja italijanskih i crnogorskih naučnika (Bortoluzzi et al., 2017) govore o maksimalnoj dubini od 67m i to jugoistočno od Perasta. Ti novi podaci potiču od tehnike višesnopnih akustičkih sonara visoke rezolucije i seizmičke refleksije. Pretvaranjem tih podataka u digitalni zapis, može se „isušiti” Bokokotorski zaliv i kartirati dno. Podaci o dubini su prikupljeni krstarenjem zalivom istraživačkim brodom *Urania*, koristeći sonarski *RESON SeaBat* 8160 multibimski sistem i *EM710 Kongsberg-Simrad* multibimski sistem. U njihovom istraživanju, maksimalne dubine zaliva su: Hercegnovski (48m u kanalu blizu Bokokotorskih vrata), Tivatski (45m blizu Kumborskog moreuza), Morinjsko-Risansko-Kotorski zaliv (45m kod moreuza Verige). Otkriveno je i 8 podzemnih vrulja. Imajući u vidu da su istraživanja nedavno realizovana, uz pomoć savremenih dubinomjera koji imaju zadovoljavajuće tehničke specifikacije u pogledu tačnosti i preciznosti, mjerenja se mogu smatrati pouzdanim, tako da je

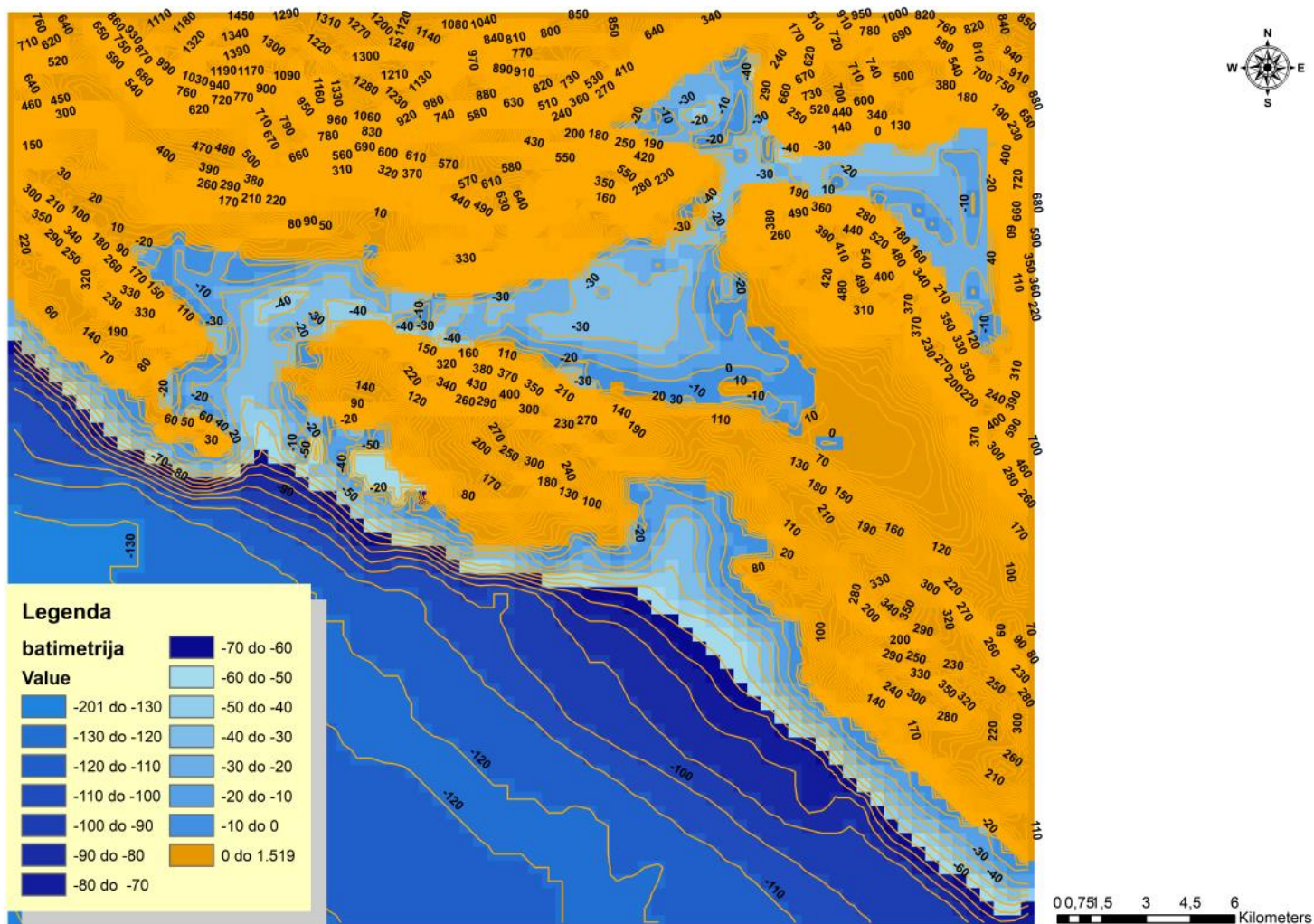
¹³ <https://www.montenegrosbmarine.me/me/destinacije/o-boki-kotorskoj/> (28.05.2023.)

maksimalna dubina Zaliva dakle veća od 52m i 60m, kako je ranije slovalo. Pasinović navodi da najveća izmjerena dubina do sada iznosi 67,96m, jugozapadno od Dražinog vrta, u dnu potopljene kraške vrtače (Pasinović, 2013). Ta najdublja lokacija se poklapa sa istraživanjima italijanskih naučnika od 2008-2013. S obzirom na instrumentarij, tehnologiju i metodologiju, indikativno je uporediti istraživanja iz 70-ih i 80-ih godina prošlog vijeka i ona današnja.



Slika 16. Batimetrijski detalji: a) Sjeverna padina HercegNovskog zaliva. b) Istočni sektor Kumborskog moreuza. Crvene linije označavaju lokaciju seizmičkih profila visoke rezolucije. c) HercegNovski zaliv: profil koji ide paralelno sa obalom preko sjeverne padine sliva. d) poprečni presjek Kumborskog moreuza (Bortoluzzi et al., 2017)

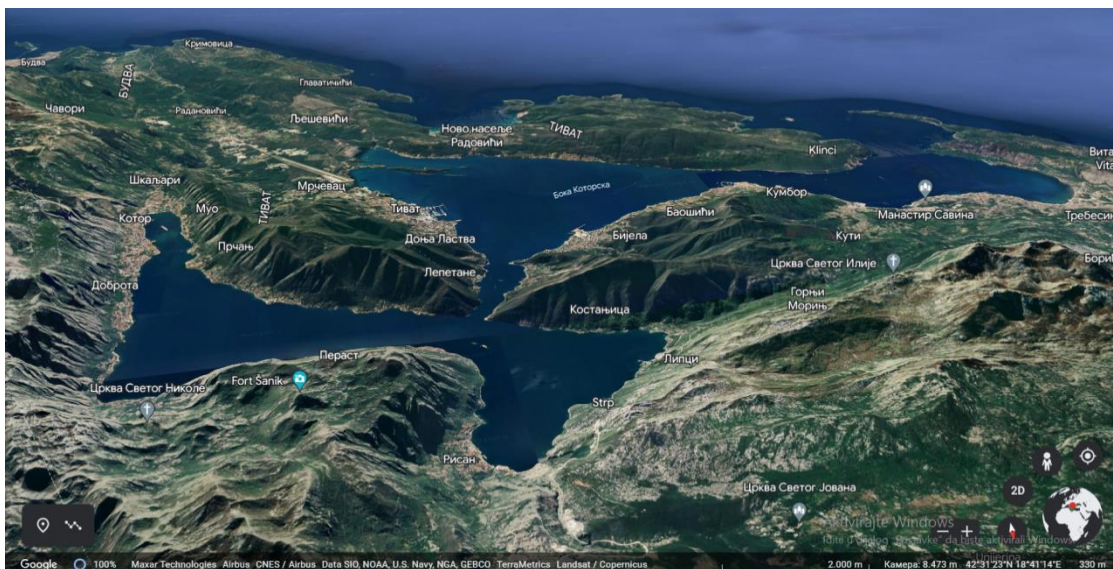
Reljef morskog dna Bokokotorskog zaliva karakterišu dvije stepenice: žal (niska morska obala) i kontinentska površina - šelf (produženi dio kopna koji se nalazi ispod površine plitkog mora). Za Kotorski i Risanski zaliv je dominantna strma kontinentska površina. Dno zaliva uglavnom je prekriveno debelim slojevima mulja (Stjepčević i dr., 1984). U reljefu morskog dna primjetan je i kameniti greben koji se prostire od rta Kobila prema rtu Kabala na Luštici. Greben se uzdiže iz dubina od 40 metara sa svoje sjeverne i južne strane do dubine od 24 metra na vrhu grebena (Nikolić, 2017). Među brojnim morfološkim obilježjima koja oblikuju morsko dno Boke, ističu se: duboko urezane doline i taloženje sedimenata povezanih s padovima nivoa mora u prošlosti, masovno klizanje izazvano snažnim potresima; kanali koji ograničavaju strme padine uskog prolaza Kumbor i Verige (slika 16. pod d) i polja sedimentnih taloga u tjesnacu Verige, formirana snažnim morskim strujama (Bortoluzzi et al., 2017).



Slika 17. ArcGIS baza: Batimetrijska karta Boke Kotorske, R=1:150.000 (Izvor: Demir Mujević)

2.5. Precizno mapiranje regije: satelitski snimci, GNSS, GIS

Klasično topografsko snimanje zahtijeva vrijeme i resurse. Danas se snimanje Zemlje može obaviti putem satelitskih metoda i putem fotografisanja sa zemlje pomoću fotoaparata i foto-teodolita. Snimanjem iz aviona se brzo dobija slika Zemljine površine, po kojoj se radi topografska karta (Burić & Barović, 2005). Danas je popularna fotogrametrija i snimanje prostora dronom, opremljenim kamerom. **Satelitski snimci** se koriste za prikupljanje informacija o obliku terena, vegetaciji, vodenim površinama, infrastrukturi. **GNSS** (Globalni navigacioni satelitski sistem) se koristi za precizno pozicioniranje tačaka na terenu, koristeći signale sa satelita poput *GLONASS*, *GPS*, *BeiDou*. *GNSS* pruža ključnu podršku za precizno mapiranje regije poput Boke.



Slika 18. Satelitski snimak Boke (Izvor: Explorer Google Earth)

Geografski informacioni sistem (GIS) je softverska platforma koja se koristi za prikupljanje, organizaciju, analizu i vizualizaciju prostornih podataka. Standarde u oblasti geografskih informacija na globalnom nivou razvijali su Međunarodna organizacija za standardizaciju *ISO* i *Open GIS Consortium* (Radojčić, 2008). Zamjena klasičnih analognih izvora podataka digitalnim, s primjenom algoritma za izračunavanje pojedinih morfometrijskih parametara oblika reljefa, omogućila je precizno određivanje pojedinih kvantitativnih parametara reljefa (Manić, 2014), što je, uz stvaranje prirodnog prostornog utiska, ključno za prezentaciju reljefa. Satelitski snimci, *GNSS* i *GIS* su povezani i međusobno se dopunjuju.

DMT (engl. *Digital Terrain Model*; **D**igitalni **M**odel **T**erena) i **DEM** (*Digital Elevation Model*) su najpoznatije vrste digitalnih modela terena. Digitalni model terena najčešće se odnosi na fizičku površinu Zemlje (visinu stvarne površine), dok digitalni model površine *DSM - Digital Surface Model* opisuje gornju površinu koja uključuje i visine vegetacije, objekte itd. a visine fizičke površine opisuje jedino u područjima gdje nema navedenih objekata (Maune, 2007).

Grid (pravilna mreža tačaka, piksela ili ćelija koje pokrivaju prostornu oblast) i mreža nepravilnih trouglova *TIN (Triangulated Irregular Network)* su dva uobičajena formata za reprezentaciju DMT-a u geoprostornim podacima. Mreža se obično sastoji od kvadrata čija tjemena predstavljaju tačke sa poznatim visinama. Drugi način je zasnovan na triangulacijskoj nepravilnoj mreži, odnosno *TIN*, gdje tačke sa tri prostorne koordinate čine mrežu nepreklapajućih trouglova. I jedna i druga struktura (forma organizacije) je izvedeni prikaz DMT (Borisov i dr., 2014). Izbor između ove dvije metode zavisi od specifičnih potreba, pa imaju prednosti i nedostatke. U digitalnoj kartografiji postoje **rasterske** i **vektorske karte**. Kod

rasterskih karata osnovni element slike je kvadratna struktura piksel, koji ima boju i dimenzije (Frančula, 2004), dok se kod vektorskih uz pomoć tačaka matematički crtaju oblici.

Zahvaljujući različitim metodama interpolacije podataka (postupak određivanja nove, tj. nepoznate vrijednosti između dvije ili više poznatih vrijednosti neke funkcije) i njihovog prikaza na kartama, moguće je dobiti vjerodostojan model koji najbolje može predstaviti određeni skup prostornih podataka (Medved i dr., 2010).

2.6. Programsko okruženje za izradu

U toku izrade rada korišćeni su softveri koji su omogućili geoprostornu analizu, od digitalizacije do izrade realističnih 3D modela. Danas postoji široka paleta za analizu i vizualizaciju prostornih podataka: *Esri ArcGIS (Pro)*, *Autodesk AutoCAD*, *Blender*, *Golden Surfer*, *Earth Explorer* itd. Najviše su korišćeni programi *ArcGis* i *QGIS*, koji su ujedno i najpopularniji softveri za prikaz i obradu geopodataka.

Quantum GIS je geografski informacijski sistem otvorenog koda koji se često naziva *QGIS*. *QGIS 2.18* je korišćen za izradu digitalnih modela terena i visina Boke. *ArcGIS* je komercijalni softver sa širokom paletom funkcionalnosti za analizu, prikaz i obradu prostornih podataka. U eksperimentalnom dijelu rada, potpuno je opravdao svoju popularnost u geoprostornim analizama. Pomoću njega, i dodataka *ArcMap 10.6.1* i *ArcScene 10.6.1*, dobijen je niz reljefnih i visinskih analiza, uključujući: nagib terena, visine, ekspoziciju, DMT, *TIN* i grid model reljefa, *DEM* (konturne linije, hipsometrijska skala boja, 3D model visina itd.), simulaciju i animaciju poplava i ranjivost na klizišta. Pri realizaciji, korišćeno je više alata ovog softvera: *Data Management*, *3D Analyst Tools*, *Conversion* itd. *ArcScene* je aplikacija u okviru softverskog paketa *ArcGIS*, koja se koristi za prikazivanje i interakciju s 3D prostornim podacima. Nakon što su u *ArcMap*-u kreirani modeli, *ArcScene* je omogućio detaljniji prikaz i manipulaciju tim modelom. *ArcScene* je korišćen za vizualizaciju *TIN* modela Boke, 3D modelovanje građevina (*3D modeling*) i za izradu simulacije poplave u određenim dijelovima Boke (*flood risk simulation*). *Surfer 13* se takođe koristi za izradu kontura, batimetrijsku analizu, generisanje kvalitetnih 3D modela itd., a u ovom radu je našao primjenu u izradi DEM-a i karte vertikalne raščlanjenosti reljefa Boke. *Grid* model terena je raden pomoću softvera *QuikGrid*. Glavna namjena *QuikGrid*-a je izrada *DTM*-a i *DEM*-a na osnovu skupa podataka o nadmorskoj visini ili drugim geopodacima. Za vjerniju vizualizaciju terena Boke i okoline, konsultovan je i program *Cortona 3D Viewer*. Konsultovan je i *3D-Mapper*, koji omogućava stvaranje 3D prikaza terena

Bokokotorskog zaliva i koristan je alat za vizualizaciju, ali samostalno nije dovoljan za istraživanje kompleksne topografije Boke. Alat je koristan na sljedeće načine: vizualizacija terena, analiza nagiba, identifikacija promjena visine (hipoteza 1), simulacija hazarda u vidu poplava (hipoteza 2). Dalje, za input *DEM*-a korišćen je *SRTM* (*Shuttle Radar Topographic Mission*) digitalni model terena, sa prostornom rezolucijom od 30m. Opcija *GeoTIFF 1 Arc-second* omogućava preuzimanje odgovarajućeg *DEM*-a tačnosti 30x30m. Za izradu fizičke reljefne karte Boke korišćen je komercijalni softver *Rhino 3D*.

Naravno, angažovani su i pomoćni programi, tj. razni konvertori podataka: *GPS Visualizer*, *My Geodata Converter*, *ToolOnline*, koji su omogućili konverziju fajlova sa odgovarajućim ekstenzijama. Značajne podatke pružile su i postojeće geodetske podloge, Geoportal Uprave za katastar i državnu imovinu Crne Gore, *Geofabrik* koji je pružio visokokvalitetne *OSM* (*OpenStreetMap*) slojeve, zatim *Google Earth Pro* (naročito za visinske profile), *Google Maps* (naročito *Street View*), *Earth Explorer*, *ArcGlobe*, *Ecological Marine Unit Explorer*, *European Marine Observation and Data Network (EMODnet)* i globalni digitalni model terena podvodnog reljefa - *General Bathymetric Chart of the Oceans - GEBCO* (za batimetriju Boke). Precizne podatke o visinama i vrhovima pomoću izohipsi je pružila platforma *AllTrails* i *Mapcarta - The Open Map*.

2.6.1. GIS kao alat za izradu digitalnih modela Bokokotorske regije

GIS je povoljna platforma za izradu digitalnih modela Bokokotorske regije. Alat koji dopunjava *GIS* prostornu analizu akvatorije Boke je *3D-Mapper*.

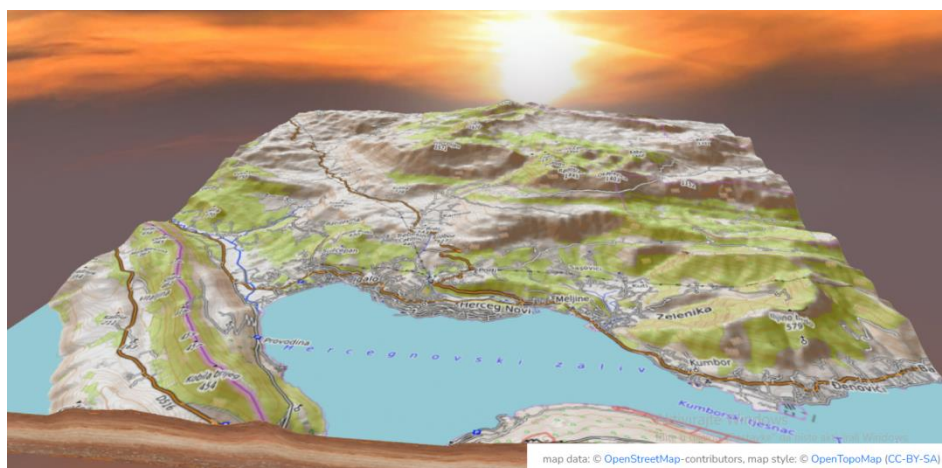


Slika 19. 3D-Mapper generator: 3D topografski prikaz Bokakotorske regije (Izvor: Demir M.)

Prikaz daje uvid u dugački i izduženi naseljeni priobalni nivo, gdje se prostire i Jadranska magistrala, i brdovito, rijetko naseljeno zaleđe. Međutim, zaleđe nije dosljedno strmo iznad svih dijelova 105,7 km duge obalske linije Zaliva. Izuzetak je ravnica Tivatskog polja, Solila i Hercegnovski zaliv i zaleđe, koje je „blago uzvišeno” u odnosu na zaleđe drugih naselja, na primjer Perasta, Prčnja, Dobrote, Mua (Kotor), Baošića (Herceg Novi), čije je zaleđe strmo, sa nagibima od 45% do čak 88%. U nekim situacijama nagib terena veći i od 30% može se smatrati strmim (ili $16,69^\circ$, tj. nagib ($^\circ$) = $\arctan(0,3) \approx 16,7$ stepeni). U planinskim područjima Boke, nagibi padina su strmiji. Ti dijelovi se uzdižu iznad obala i obično imaju izraženu vertikalnu promjenu visine u odnosu na horizontalnu udaljenost. Ovdje se nalaze padine s izraženim nagibima, posebno na vrhovima i klisurama. **Nagib** (*slope*) se odnosi na promjenu visine terena u odnosu na horizontalnu udaljenost. Određivanje ugla nagiba zemljišta određuje se na osnovu izmjerenog rastojanja (intervala) između dvije susjedne izohipse i poznate ekvidistancije tih izohipsi, pomoću konstrukcije pravouglog trougla ili pomoću nagibnog mjerila. Kad je reljef prikazan metodom izohipsi (prvenstveno krupnorazmjerne karte), ugao nagiba se može odrediti mjerenjem na karti. Slično se računa i pad/uspon zemljišta (Pavišić, 1976). Kada se nagib izražava u postocima, koristi se sljedeća formula za izračunavanje nagiba:

$$\text{Nagib (u postocima)} = (\Delta h / \Delta d) * 100$$

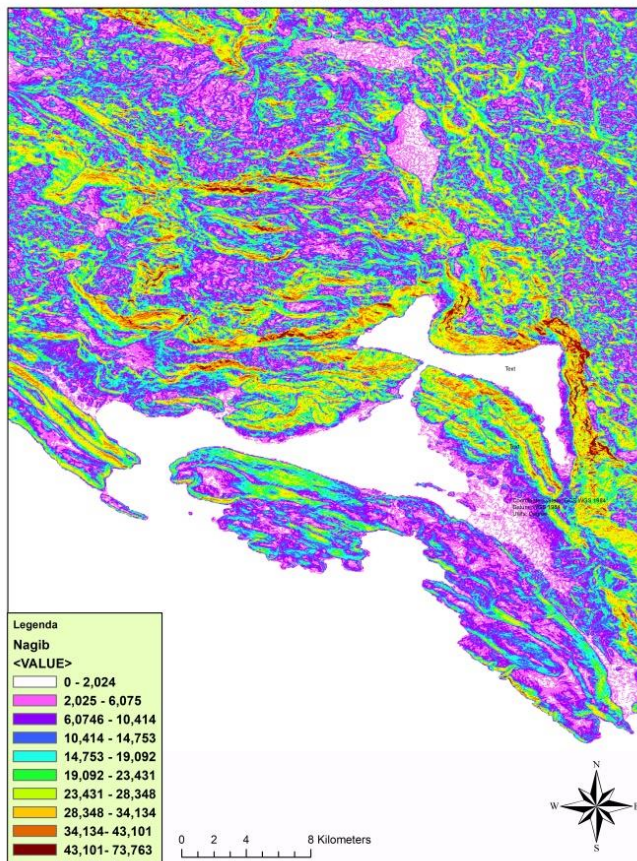
Δh - promjena visine između dvije tačke Δd - horizontalna udaljenost između tih tačaka



Slika 20. 3D-Mapper generator: 3D topografski prikaz Herceg Novog (Izvor: Demir Mujević)

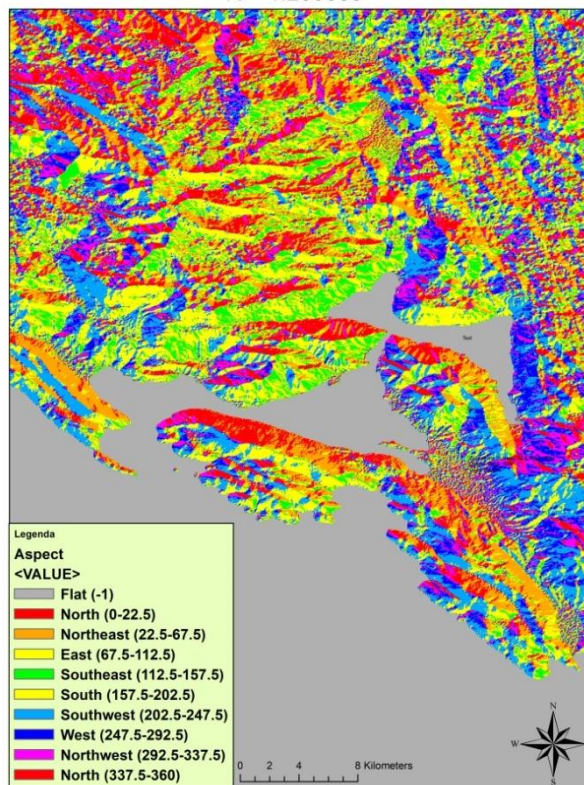
Prethodne slike ukazuju na saglasnost za hipotezom H1, koja tvrdi da postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja Bokokotorskog zaliva. Međutim, primjer Herceg Novoskog zaleđa djelimično odstupa od toga, imajući u vidu da je prosječan nagib njegovog zaleđa 20,4%, što je znatno manje od nagiba zaleđa Perasta, gdje isti dostiže i do 65,8%. Ipak, na herceg novskom profilu nagib na pojedinim mjestima dostiže 60,6%, što se poklapa sa hipotezom H1 o vertikalnoj promjeni. Ipak, činjenica je da nagibi padina u Boki Kotorskoj variraju u zavisnosti od konkretnih lokacija i reljefa terena, što se može konstatovati u daljim GIS analizama. U nastavku je data karta ekspozicije reljefa (orientacija terena u odnosu na strane svijeta, sunčevu svjetlost ili prevladavajuće vjetrove) i nagib cjelokupne Bokokotorske regije, gdje se vidi da je najveći nagib u zaleđu Risanskog i Kotorskog, a najmanji kod Herceg Novoskog i Tivatskog zaliva. Opcija za računanje nagiba u ArcGIS-u nalazi se u ArcToolbox-u: *Spatial Analyst Tools*→*Surface*→*Slope*. Za ekspoziciju: *Spatial Analyst Tools*→*Surface*→*Aspect*. Sa karte ekspozicije terena se vidi da najveći dio teritorije Opštine Herceg Novi ima jugoistočnu i južnu ekspoziciju koju čine padine Orjena, dok Kotor ima zapadnu, sjeverozapadnu i južno orjentisanu ekspoziciju. Budući da je nivo mora ravan i da nema ekspoziciju, dodjeljuje mu se vrijednost -1 (siva boja na karti).

Karta nagiba Boke Kotorske
R = 1:200000



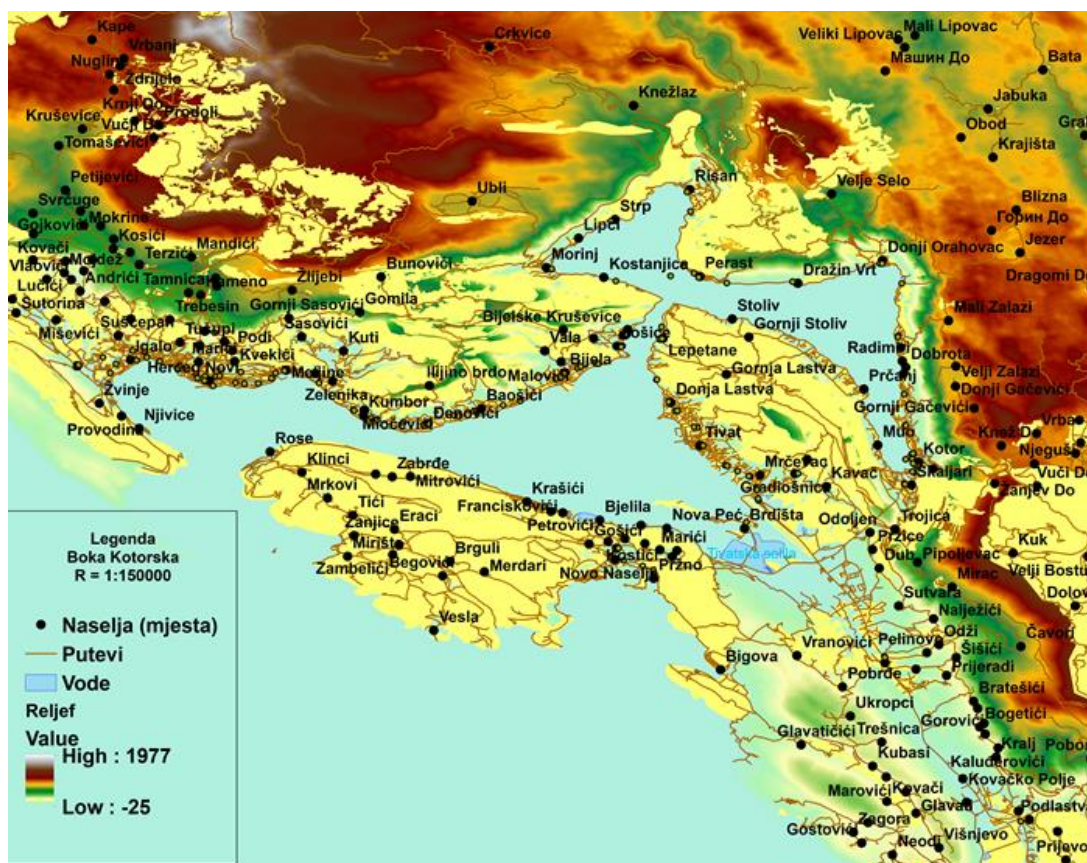
Slika 21. GIS baza: Nagib georeljeфа Boke Kotorske u stepenima (Izvor: Demir Mujević)

Aspect Map - Boka Kotorska Bay
R = 1:200000



Slika 22. GIS baza:Ekspozicija georeljeфа Boke Kotorske (Izvor: Demir Mujević)

Nezaobilazni faktori u geoprstornim analizama su forme reljefa, nagib i ekspozicija reljefa. Kada se predstavljaju na karti, važna je i razmjera. Razmjerna veličina na karti pruža informacije o obliku terena. Odgovarajuća razmjera pomaže u kvantifikovanju nagiba terena i boljem razumijevanju terenskih karakteristika. Planovi i karte se izrađuju u raznim razmjerama: **planovi** (od razmjere 1:500 do 1:5000) i **karte** (od razmjere 1:5000 i sitnije). Planovi i karte „pokrivaju” određeni dio terena što zavisi od razmjere i korisnog prostora. Ukoliko je razmjera sitnija, može se prikazati veći dio terena. Teritorija administrativnih i političkih jedinica prikazuje se na više planova, ali između njih nema preklapanja niti praznina (Mihailović & Vračarić, 1989, str. 597). Ovaj aspekt se razmatra u istraživačkom pitanju IP1, koje istražuje kako se krupni i sitni razmjeri topografskih karata Boke Kotorske odražavaju na prikaz specifičnih aspekata terena. Tu konstrukciju treba praktično preispitati, tj. provjeriti na konkretnim primjerima digitalnih karata Boke:



Slika 23. GIS baza: karta šireg područja Boka Kotorske, $R = 1:150.000$ (Izvor: Demir Mujević)

Na karti razmjere 1:150.000 su vidljivi reljef i slojevi: hidrografija, mjesta, saobraćaj. Na sljedećem primjeru je znatno krupnija razmjera $R = 1:10.000$, slični slojevi ali manji zahvat:



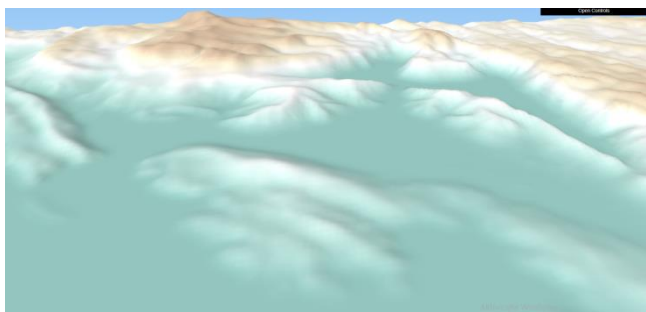
Slika 24. GIS baza: karta dijela Herceg Novog, $R = 1:10.000$ (Izvor: Demir Mujević)

Razmjera 1:150.000 je sitnija od razmjere 1:10.000. To znači da je svaki centimetar na karti razmjere 1:150.000 jednak 150.000 jedinica stvarnog svijeta, tj. centimetara (ili 1,5 km) na terenu. S druge strane, kod razmjere 1:10.000, svaki centimetar na karti predstavlja samo 10.000 centimetara (ili 100 m) na terenu (elipsoid je isti u oba slučaja, *WGS84*). To ukazuje da što je krupnija razmjera (ona s manjim imeniocem u razlomku), to je i detaljniji prikaz terena i veća je potreba za detaljima, poput planiranja gradova ili izgradnje. Tako su na krupnijoj razmjeri vidljive i osnove kuća, zgrada i drugih građevina, uključujući i nazive nekih od njih. Ova razmjera pruža vrlo detaljan prikaz terena i objekata. To se obično koristi za urbana područja ili manje regije u kojima je potrebno prikazati detalje poput zgrada, puteva i drugih elemenata infrastrukture, kao što je ovdje slučaj sa Herceg Novim. S druge strane, sitnije razmjere koriste se za šira geografska područja, poput cijelih država ili regija kao što je Bokokotorska, gdje je cilj

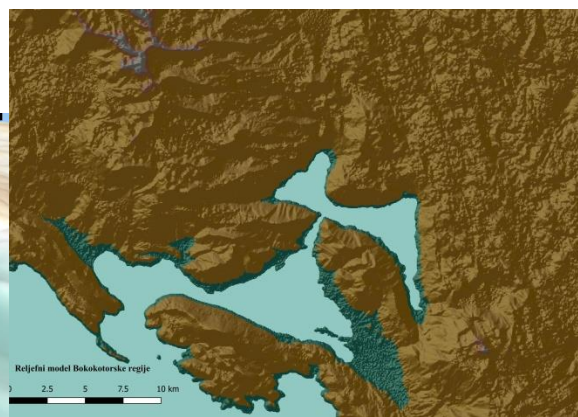
dobiti pregled i orijentaciju. Budući da je razmjera sitnija, karta će prikazivati veću površinu, ali s manje detalja, jer će morati da se pribjegne kartografskoj generalizaciji (proces smanjivanja broja detalja i kompleksnosti karte). Detalji poput zgrada ili manjih geografskih karakteristika su manje vidljivi ili potpuno izostavljeni na ovakvoj karti. Ukratko, kartografskim metodom, komparativnom analizom razmjera, kao i analizom sadržaja karte, utvrđeno je sljedeće: karta razmjera 1:150.000 omogućava širi pregled većih područja, ali s manje detalja, dok razmjera 1:10.000 pruža vrlo detaljan prikaz manjeg područja ili urbanog okruženja. Izbor razmjere zavisi od specifičnih potreba i svrhe karte, a u ovom slučaju karte su poslužile kao empirijski dokazi za istraživačko pitanje IP1, kroz koje je pokazano da krupniji razmjeri karata Boke imaju manji zahvat i detaljnije se bave specifičnim aspektima terena, dok sitniji razmjeri pružaju generalnu sliku i obuhvataju mnogo veća područja. Važno je napomenuti da se kategorizacija razmjera može razlikovati zavisno od konteksta i vrste karte. Na primjer, za preglednu kartu cijelog svijeta, razmjera 1:1.000.000 može se smatrati krupnom, dok za detaljnu urbanu kartu, razmjera 1:10.000 može biti sitnija.

2.6.2. Formiranje digitalnog modela terena (DMT)

DMT je digitalno prikazana trodimenzionalna prezentacija površine Zemlje. U *QGIS*-u, postoji *Qgis2threejs* plugin (dodatak, proširenje) koji omogućava kreiranje interaktivnih 3D vizualizacija i web-aplikacija iz geoprostornih podataka.



Slika 25. *QGIS*: Jednostavni 3D model akvatorija Boke (Izvor: Demir Mujević)

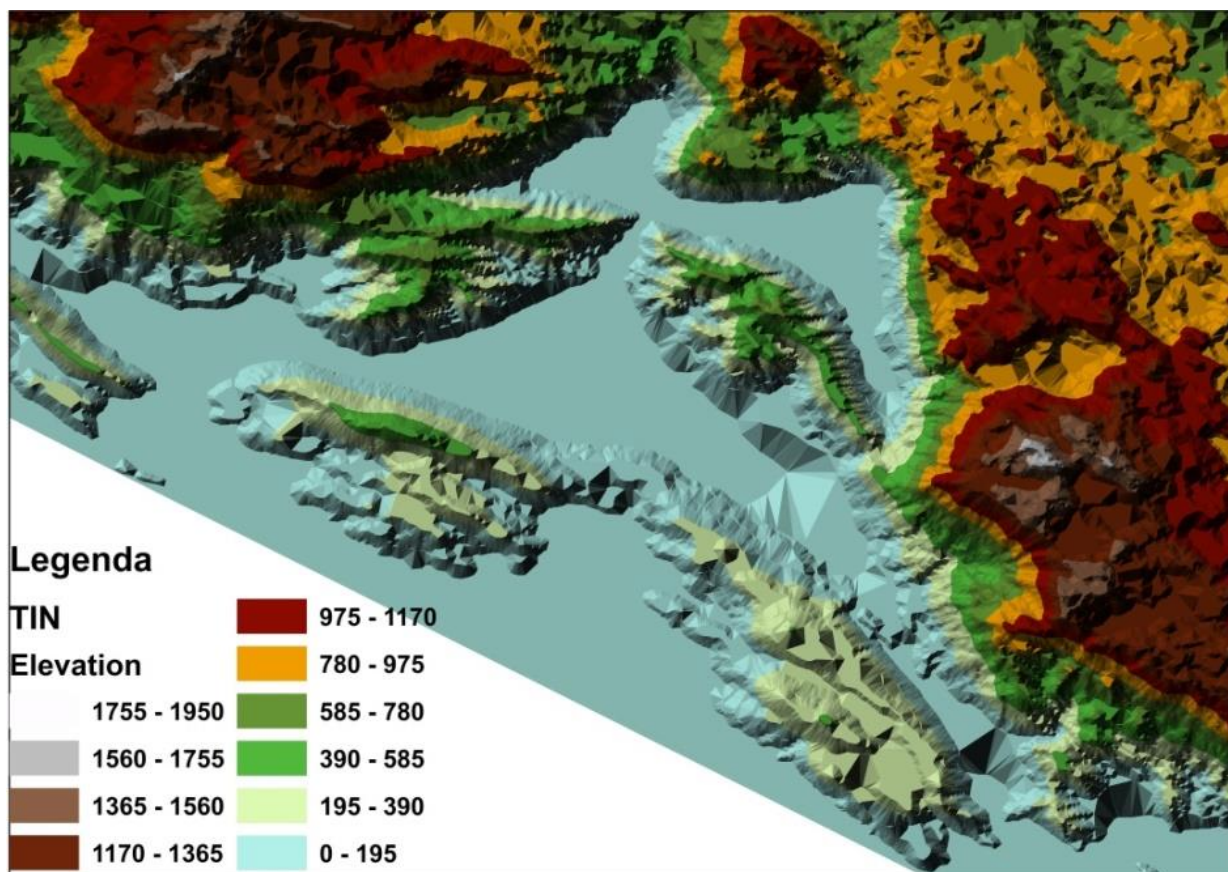


Slika 26. *QGIS*: Reljefna karta Boke. Niže visine označene plavo, više braon (Izvor: Demir M.)

DMT Boke je rađen na osnovu pribavljenih podataka o visini za područje Boke Kotorske, dobijen pomoću *SRTM*-a. Podaci *SRTM*-a su dostupni na internetu i jednostavno se mogu preuzeti. Podaci DMT-a sa rezolucijom od 3 lučne sekunde (oko 90 m) su dostupni za sve

zemlje, dok su podaci DMT-a sa rezolucijom od 1 lučne sekunde dostupni samo nekim zemljama. Procjena kvaliteta DMT-a najčešće se vrši izračunavanjem vrijednosti parametara terenske površine (visine, nagiba terena, smjera najvećeg pada terena) u odabranim tačkama DMT-a i upoređivanjem tih dobijenih vrijednosti s poznatim vrijednostima. Podrazumijeva se da je za ocjenu kvaliteta DMT-a neophodno da su visine kontrolnih tačaka određene sa tačnošću koja je viša od očekivane tačnosti DMT-a (Samardžić & Milenković, 2010). Za procjenu kvaliteta DMT-a i detekciju grešaka u podacima primjenjuje se upoređivanje visina interpolovanih iz tog DMT-a sa visinama koje su date za određeni broj kontrolnih tačaka (Cvijetinović, 2005). Za model Boke, može se reći da je tačnost *DEM*-a koji je bio podloga zadovoljavajuća, jer je oblast kartiranja cijela Boka Kotorska - 616 km² (od toga vodena površina 87,334 km²), ali je činjenica da se za potrebe izrade karata vrši originalni premjer koji je precizniji od *USGS DEM*-a, ali je on svakako prihvatljiva alternativa za kartiranje velike topografske površine.

TIN je vrsta DMT-a i predstavlja teren Boke kao mrežu trouglova, gdje svaki trougao ima definisane visinske vrijednosti u svojim tačkama. *TIN* model reljefa je dobijen pomoću *ArcToolbox* opcija: *3D Analyst Tools*→*Data Management*→*TIN*→*Create TIN*. Ovi trouglovi su formirani na osnovu skupa tačaka sa poznatim visinama, koji se nazivaju kontrolne ili visinske tačke. Budući da je područje istraživanja (*study area*) prostrano i neravno, vizuelno trouglovi nijesu najjasnije vidljivi u zaleđu, čak podsjećaju na raster, jer su trouglovi sitniji i treba ih više da bi prikazali brdoviti teren, dok su uz obale i ravničarske terene Igala, Zelenike i Tivatskog polja jasno vidljivi kao veći trouglovi dužih stranica. Tu je nagib manji, dok je kod Kostanjice i padina Vrmca iznad Mua, Prčnja, Donjeg Stoliva veći nagib i kao harmonika naborani grebeni na padinama, što je *TIN* model dobro prikazao. Zaključak: brdoviti teren se mora predstaviti s više trouglova, dok ih je u ravničarskom terenu manje, uvećani su i izduženi. Naravno, izabrana je skala boja (*Layer Properties*→*Symbology*) koja asocira na stvarni reljef Boke. Reverzno, iz *TIN*-a se može ponovo dobiti *DEM* (*3D Analyst Tools*→*Conversion*→*From TIN*→*TIN to Raster*), nagib, ekspozicija i ostali atributi reljefa.



Slika 27. ArcGIS: TIN model Boke, R=1:150.000 (Izvor: Demir Mujević)

U DMT-u, ekspozicija se izračunava za svaki trougao u *TIN*-u ili za svaku ćeliju u rasteru grida. Ekspozicija terena može da ima opseg vrijednosti od 0° do 360° , što je pravac sjevera. Isto tako, vrijednost svake ćelije grida ekspozicije ukazuje na orijentaciju površi terena u zavisnosti od ugla nagiba. Ako je teren ravan, znači da nije „izložen”, pa se njemu dodjeljuje vrijednost (-1) (Gigović, 2010). Kao i *TIN* i grid, digitalni model površina DMP je jedna od podvrsta digitalnog modela terena. Dok DMT Boke predstavlja digitalnu reprezentaciju bez obzira na prisutne objekte, DMP uključuje i sve objekte koji se nalaze na površini terena, poput zgrada, drveća, mostova itd. 3D DMP dijela Boke, tj. brodogradilišta u Bijeloj, od 2021. novog naziva *Adriatic 42*, rađen je pomoću *ArcMap/ArcScene*. Nakon dodavanja 2D podloge, dodaju se slojevi osnova pojedinačnih zgrada: *New*→*Shapefile*→*Feature type*→*Polygon* opcija za zgrade→Koordinatni sistem *WGS 1984*, potom se vrši vektorizacija osnove skladišta u brodogradilištu. *Shapefile* je format podataka koji se koristi za pohranu vektorskih podataka u *GIS*-u. Zatim je pristupljeno *ArcScene* 3D vizualizaciji građevina na betonskom dijelu. Budući da osnove građevina u brodogradilištu imaju veću osnovu od svoje visine, vizualizovane su kao široki kvadar, a da su u pitanju visoke zgrade, bile bi naravno vizualizovane sa dominantnom visinskom dimenzijom.



Slika 28. ArcScene: 3D modelovanje brodogradilišta u Bijeloj, Herceg Novi (Izvor: Demir M.)

2.7. Fizički 3D model Boke

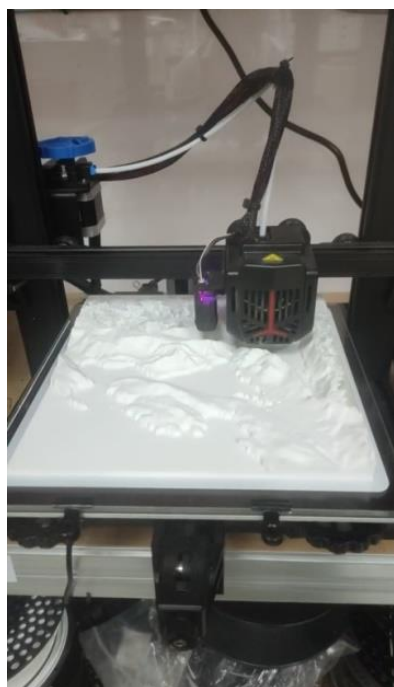
Reljefni modeli su modeli zemljine površine na kojima je reljef prikazan 3D (visine i oblici). Koriste se kao nastavna sredstva, za vojnu obuku, u industriji za proizvodnju i kao foto-modeli za sjenčenje reljefa (Burić & Barović, 2005). U Crnoj Gori postoji nekoliko fizičkih reljefnih karata Crne Gore: na Filozofskom fakultetu u Nikšiću i u dvorištu Biljarde na Cetinju ($R=1:10.000$) površine 256 m^2 .¹⁴ 3D predstavlja prikaz entiteta pomoću tri prostorne dimenzije. Najčešće su te tri dimenzije prikazane koordinatama x , y i z (Frančula & Lapaine, 2008). 3D štampanje predstavlja stvaranje fizičkog 3D objekta od slojeva materijala, koristeći digitalni 3D model kao osnovu za stvaranje modela uživo.¹⁵ Sljedeći fizički 3D model Boke je dimenzija $200 \times 200 \times 20 \text{ mm}$, štampan na bazi bijele biorazgradive plastike. Program u kojem je model pripremljen za štampanje je *Rhinoceros 3D (Rhino)*, a model 3D printera je *Ender-3 V2 NEO*.

Kratak opis izrade: na osnovu ukupnog lidarskog snimka terena Balkana je ekstrahovan (isječen) segment 3D modela Boke Kotorske i dodane su mu ivice sa strane. *LiDAR* tehnologija koristi svjetlosni senzor za mjerenje udaljenosti do objekata i stvaranje detaljnih trodimenzionalnih modela. Lidarski snimci pružaju visoko precizne i detaljne informacije o topografiji, budući da laserski snop putuje od letjelice do tla brzinom svjetlosti. Ovaj fizički model Boke je značajan jer je rađen po mjerenju savremene lidarske tehnologije, pa je njegovo visinsko odstupanje ili preciznost $+1/-1 \text{ m}$, što je velika preciznost za brdoviti teren Boke. Razmjera lidarskog snimka odgovara stvarnom stanju na terenu, visine i dužine odgovaraju stvarnosti, ali su za potrebe modela uživo proporcionalno skalirane (smanjene) tako da zauzmu osnovu od $20 \times 20 \text{ cm}$. Zatim, pomoću *Slicing* softvera za printer je izvršen slajsing, što je proces podjele tog digitalnog 3D

¹⁴ <https://3dvirtualheritage.me/me/blog/reljef-crne-gore-na-cetinju-majstorstvo-austrougarskih-kartografa> (29.06.2023.)

¹⁵ Izrada stvarnog objekta od informatičkog modela je svakako mala revolucija u aditivnoj proizvodnji - sloj po sloj.

modela na slojeve koji će se zatim printati jedan po jedan. Nakon što je model podijeljen na slojeve, prosljeđen je na štampanje. Glava štampača crta prvo osnovu modela Boke od rastopljene plastike i gradi ga sloj po sloj, sve do vrha. Budući da se radi o kompleksnom modelu reljefa sa puno slojeva koji asociraju na izohipse, štampanje je trajalo 23h, 27min, 51s. Model reljefa je izrađen u bijeloj boji, nakon čega je manuelno kolorizovan bojama, rapidografom itd. Jasno je da se budućnost novih rješenja reprezentacije terena zasniva na 3D printerima, GIS-u, virtuelnom 3D inženjeringu i virtuelnim hologramskim 3D projekcijama u prostoru.



Slika 29. 3D soba, Podgorica: Fizički 3D model Boke u toku štampanja (Foto:Demir Mujević)



Slika 30. Kolorizovani 3D model područja Boke (Foto: Demir M.)



Slika 31. Fizički 3D model topografije Boke Kotorske (Foto: Demir Mujević)

3. VISINSKA PREDSTAVA TERENA BOKE KOTORSKE

Visinska predstava terena Boke Kotorske obuhvata prikaz nadmorskih visina i reljefa tog područja. U hipotezi H1 reljef Boke je formulisan kao reljef s drastičnim promjenama visine, gdje postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja Bokokotorskog zaliva. U ovom dijelu će biti ispitan taj iskaz, a to se može utvrditi ako se sagleda denivelacija na primjeru pojedinačnih tačaka (veći broj istraživačkog uzorka) i nadmorskih visina različitih dijelova Boke, a onda i u cjelini (induktivno).

Najizraženiji prodor mora u kopno je sam Zaliv, gdje je nulta nadmorska visina (0 mnv), što olakšava računanje ostalih nadmorskih visina ovog područja. Srednji nivo mora pri osjeki se uzima kao referentna tačka na kojoj se baziraju svi drugi nadmorski visinski podaci. To je srednji vodostaj mirnog mora od kojeg se računaju ostale nadmorske visine u Boki. U mekšim glinovitim sedimentima oblikovani su zalivi, uvale i zatoni gdje je nadmorska visina 0m, dok se u tvrdim krečnjačkim stijenama nalaze brojni klifovi (pozitivni oblici reljefa), ali i jame i pećine (negativni), gdje varira visina/dubina. Kada se razmatra visina predjela Boke, Orjen/Krivošije i Lovćen predstavljaju dominantne odlike. Na jednoj strani Boke nalazi se planinski masiv Orjena, a s druge strane (istočno) Lovćen. Veliki (Zubački) kabao je najviši vrh Orjena (1894 mnv),¹⁶ a istovremeno najviši vrh Dinarida¹⁷ i Boke, nalazi se na teritoriji Opštine Herceg Novi. Na 1,82 km od Velikog kabaoa je prevoj Orjensko sedlo (1697 mnv). Oko grada se nalaze brda i vrhovi Dobroštica (1.570 m), Radošćak (1.441 m) i Obosnik (586 m) na Luštici.¹⁸ Obosnik je istoimena gora koja se proteže na Luštici i generalno je viša od 500 metara. Budući da je najniža nadmorska visina Luštice njena obalna linija (0m), i to je značajna visinska razlika. Veliki kabao je najviši, a ističu se Velji vrh na Krivošijama (1.277 m), Mali Kabao (1675 m), Subra (1679m), Reovačka Greda (1769m), Vučji zub (1805m), Bujanja greda (1849 mnv), Velika Jastrebica (1865 mnv). Najviši vrhovi Lovćena su Štirovnik - 1749 mnv i Jezerski vrh - 1657 mnv. Dakle, maksimalna visinska razlika u Boki je 1894m, a ako se posmatra i najveća do sada izmjerena dubina u Zalivu, onda ta visinska razlika iznosi $67,96m + 1894m = 1961,96m$. To je relativna visina - visina nekog objekta ili terena u odnosu na referentnu tačku koja je izabrana (ne nulta), a to je u ovom slučaju najdublja tačka Zaliva.

¹⁶ Na kartama i u literaturi se može naći i podatak za visinu ovog vrha 1896 mnv, 1895 mnv; 1893 mnv, što ne umanjuje činjenicu da je to najviši vrh Boke.

¹⁷<https://medium.com/vrhovi-crne-gore/orjen-zuba%C4%8Dki-veliki-kabao-1-894-mnm-b57ce807a678> (11.06.2023.)

¹⁸ Luštica je administrativno podijeljena između opština Herceg Novi (oko 70% poluostrva) i Tivat (oko 30%). Njena topografija „nudi“ brda, šumske predjele, obale, šljunkovite i pješčane plaže. Takođe, teritorija Vrmca je podijeljena između Opštine Kotor i Tivat skoro paralelno liniji vršnog grebena.

Na relativno malom prostoru, može se primijetiti da je planina Orjen izdignutija od planine Lovćen, dok su bokeljske sinklinale brže spuštane od krečnjačkih antiklinala. Raznosmjerna tektonska kretanja s nagibima prema moru su bila vrlo intenzivna, što se može vidjeti po visini Orjena (1894 m) i dubini mora ispred Boke Kotorske (do (-)1330 m u južnojadranskoj podmorskoj kotlini), s maksimalnom visinskom razlikom od oko 3224 m. Ova velika visinska razlika dodatno naglašava dinamičnost bokokotorskog georeljefa. Intenzivno pliocensko zaleđe dovelo je i do prenošenja nekadašnje rijeke u podzemlje (sada na dnu 350 m duboke jame Duboki do na Njegušima), čiji je završetak u snažnim vrelima i vruljama Kotorskog i Risanskog zaliva: Ljuta, Škurda, Gurdić, Sopot, Spila. Očuvani tragovi te stare rijeke u Boki predstavljaju terase na Verigama i dva sljedeća nizvodna tjesnaca - Kumborski i Oštro (Uprava za zaštitu kulturnih dobara – PJ Kotor, 2015). Dalje, hipsometrija georeljefa u zoni 4 bloka – lovcenski, budvanski, petrovački i rumijski pokazuje različite vrijednosti apsolutnih kota: u sjeveroistočnom dijelu do blizu 1900 m (Orjen 1896 mnv i nešto niži Lovćen 1749 mnv), a kote u okviru petrovačkog i budvanskog bloka su niže - visine ne prelaze 1100 mnv, a u zoni rumijskog bloka, visine su oko 1600 mnv (Rumija 1593 mnv). Ovi odnosi na terenu, po nalazima geologa Ivanovića (1979), govore da geoprostor jugoistočno od Boke ima manju veličinu izdizanja od susjednih blokova, tj. lovcenskog i orjenskog (Nikolić, 2017). Ovakav osvrt na paleogeološke prilike, tj. **istorijski metod** je važan da bi se rekonstruisala geneza visinskih fluktuacija na prostoru Boke.

Skupovi visinskih podataka, iz kojih se izrađuju digitalni modeli reljefa, mogu se dobiti velikim brojem mjernih tehnika: terestrička mjerenja (poput *GPS*-a, totalne stanice i laserskih skenera), radarsko mjerenje visina, sintetički interferometrijski radar (*InSAR*) itd. (Varga & Bašić, 2013). U ovom radu, visine su dobijene iz *DEM*-a, pomoću satelitskih podataka, iz oblaka tačaka, a kada nije bilo moguće dobiti precizan podatak o visini, pribjegavalo se interpolaciji visina.

3.1. Visinske karakteristike terena Boke Kotorske

Rečeno je da ovo područje karakterišu visoke planine, ali i niz manjih brda, brežuljaka, oštih grebena. Iako se stiče utisak da u zaleđu dominira samo planinski reljef, postoje i depresije, kao što je Dragaljsko polje, malo kraško polje na 600-700 mnv, dužine oko 5,5 kilometara i širine 2,2 kilometara.¹⁹ Iako prilično aridno zbog kraškog terena, značajno je za stočarstvo i ratarstvo. Dakle, posredi je mnoštvo pozitivnih i negativnih oblika reljefa. To uslovljava značajnu **vertikalnu raščlanjenost reljefa** - razdvajanja terena na različite visinske zone ili slojeve.

¹⁹ <https://www.montenegro.org.au/krivosije.html> (11.06.2023.)

Vertikalna raščlanjenost se odnosi na potencijalnu energiju određenog dijela topografske površine definisanu visinskom razlikom najviše i najniže tačke (Dragičević & Filipović, 2016, str. 99). Vertikalna disekcija reljefa se odnosi na proces razdvajanja terena na vertikalne segmente ili slojeve prema njihovoj nadmorskoj visini.

Vertikalna raščlanjenost reljefa je kvantitativni indikator koji opisuje morfostrukturne i morfogenetske osobine reljefa dinamičkog karaktera, i kvantitativni je indikator geomorfoloških osobina i procesa koji se odvijaju u reljefu (Lozić, 1995). Vertikalna disekcija reljefa se odnosi na numerički izraženu varijabilnost nadmorskih visina.

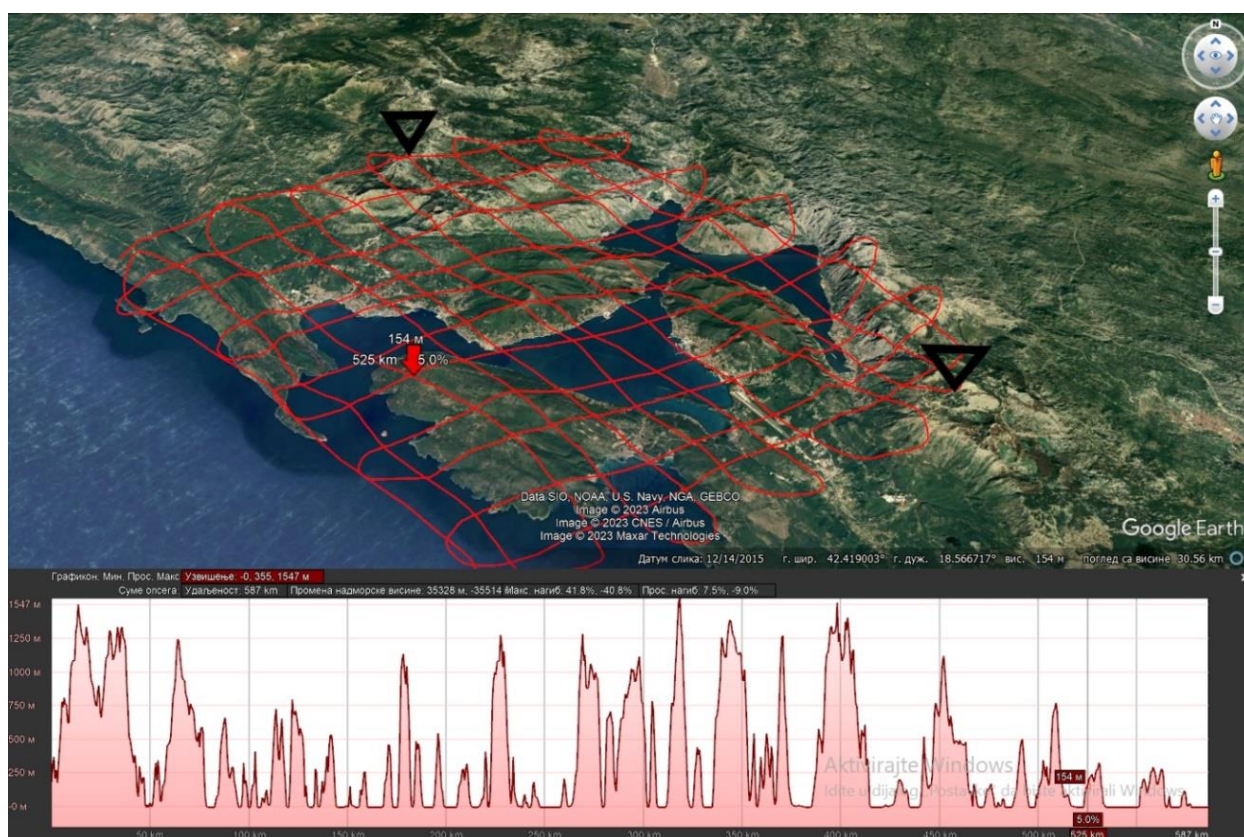


Slika 32. Surfer 13: Karta vertikalne raščlanjenosti kopnenog dijela Boke (Izvor: Demir M.)

Na osnovu slike može se uočiti da prema strukturi Boke najveći dio njene površine se nalazi u brdovitom visinskom pojasu iznad 100m, zatim slijede pojasevi pobrđa i planina. Vertikalna razlika između najviše tačke na razvođu Kotorsko – risanskog zaliva (Štirovnik - 1749 m) i najveće dubine u Zalivu iznosi 1816,96m. Posljedica vertikalne razuđenosti na pojedinim profilima dovodi do naglog povećanja nadmorske visine, posebno u Kotorsko–risanskom zalivu, gdje na 1m horizontalnog rastojanja nadmorska visina poraste i za 0,728 m. To Boki daje obilježje fjorda, posebno njenom unutrašnjem, Kotorsko-risanskom zalivu. Posljedica vertikalne razuđenosti odražava se i u vegetaciji. Na nadmorskim visinama od 1100 do 1350 metara, udaljenim 5-6 km od mora, rastu palme i masline, dok se bor munika javlja kao indikator

subalpske klime. Bor munika se na ovom području spušta najbliže moru u odnosu na ostale vrste drveća (Pasinović, 2013).

Visinske karakteristike terena se, osim pomoću *DEM*-a mogu prikazati i pomoću visinskog profila terena. **Topografski (visinski) profil** predstavlja grafički prikaz presjeka jednog dijela površi terena (zemljišta) vertikalnom ravni, projektovan na vertikalnu ravan pri čemu je izvršeno njegovo proporcionalno umanjenje (Marinković i dr., 2019). Visinski profil je generisan pomoću *Google Earth Pro*,²⁰ a može se izraditi i u *QGIS*-u (*Profile tool*→*Terrain profile*), *Surfer*-u, *GPS Visualiser*-u. Visinski profil Boke dat je na slici 33, pomoću njega se najbolje detektuju visinske modulacije.



Slika 33. Profil visine Boke (Izvor: Google Earth Pro)

Izvršena je analiza visina duž proizvoljne linije koja čini tvorevinu nalik na rešetkasti grid koji naliže na topografiju Boke, pretvorena u vertikalni prikaz na grafiku. Linija je ukupne dužine 587 km i u svakoj tački sadrži podatak o visini i nagibu. U tom grafičkom prikazu vidi se da je raspon elevacije od 0 – 1547 mnv (profil ne analizira dubine), što je značajna visinska distinkcija

²⁰ U opštem slučaju, *Google Earth Pro* pruža visoku rezoluciju satelitskih snimaka, zadovoljavajuću za geografsku djelatnost, ali preciznost može varirati u zavisnosti od lokacije i dostupnosti detaljnih podataka. U nekim urbanim područjima, preciznost može biti veoma visoka, dok u ruralnim ili manje posjećenim područjima preciznost može biti ograničena.

na relativno malom zahvatu, pa je sama linija profila na grafiku nazubljena i krivudava. Ukupna promjena nadmorske visine duž ovog profila je 35328 m, a maksimalni nagib 41,8 % ($\approx 22,69^0$). Zanimljivo je da je prosječni nagib samo 7,5%, iako se naizgled očekivalo više. Ta mala vrijednost proističe iz toga što profil prelazi preko vode zaliva, gdje je nagib 0^0 i visina 0 m. Ravna linija pri dnu grafika označava površinu vode, a neravni dijelovi kopno. Najviše tačke na ovom profilu su označene crnim trouglovima i obje su iznad 1500 mnv. Primijetno je i da su naselja uz obalu uglavnom do visine od 25m, a onda nastupaju rijetko naseljeni usponi (pedencije). U slučaju Tivta i okolnih naselja, uglavnom se prostiru duž obale do visine od oko 68m, a iznad toga su brežuljci i brda obrasli mediteranskom vegetacijom. Da bi se bolje rezonovala visinska promjena na području Boke, komparativnom analizom se može uporediti sa proizvoljnim topografskim profilom šireg područja Podgorice i Skadarske kotline. Na tom potezu, visine se kreću od 1-850 m, dakle i u tom dijelu postoje visinske razlike, ali su ravnomjerno raspoređene, pa je grafik u tom slučaju na nekim dijelovima kontinuirano ravna linija visine 1m, za razliku od visinskog profila Boke, gdje je grafik nazubljen i neravan na oko 75% dužine. Takođe, prosječan nagib profila Podgorice i Skadarske kotline je tek 1.8% ($\approx 1,03^0$), a maksimalni nagib 23.8% ($\approx 13.39^0$), skoro duplo manje nego na profilu Boke.

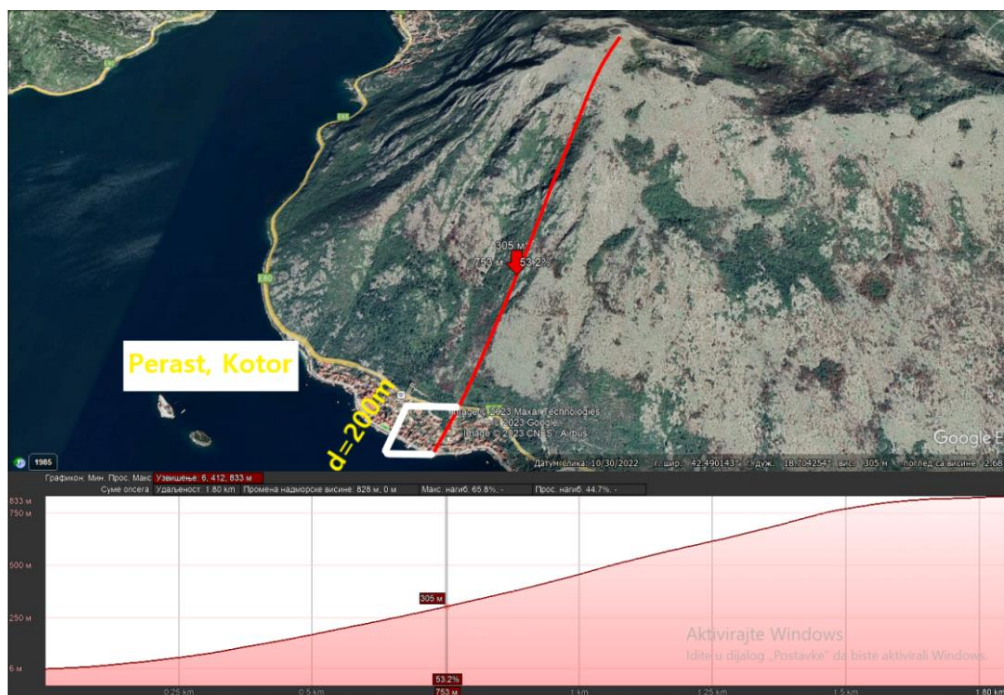
Da postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja Bokokotorskog zaliva, pokazuju i specifični primjeri. Gusto naseljeni dio Tivta (321 st/km^2) se prostire oko 1km horizontalne udaljenosti od obale (Slika 34), gdje je nadmorska visina uglavnom ispod 80m. Nakon toga, zastupljen je znatno neravniji reljef u usponu, do maksimalne visine od 766 mnv.



Slika 34. Zona guste naseljenosti i zona brdovitog zaleđa Tivta (Izvor: Google Earth Pro)

Identifikovano je da je ravničarski teren gdje se mogu uzgajati poljoprivredne kulture ograničen na priobalni pojas gdje je elevacija uglavnom ispod 20m, ali i na Dragaljsko polje. Priobalno područje ima blage nagibe, s visinama koje se smanjuju kako se približavaju obali, gdje se svode na nulu. Obalni dio je evidentno naseljeniji²¹ i ima mješavinu urbanih i ruralnih područja, uključujući gradove i luke. Izuzetak su manja naselja smještena u brdovitom području, na većim nadmorskim visinama, kao npr. Gornji Stoliv (240 mnv) i rijetko naseljeno tivatsko selo Gornja Lastva (ima svega oko 6 stanovnika), koje se nalazi na oko 300 mnv, smješteno znatno iznad obalnih područja, što rezultira preglednim pogledom na Zaliv i okolne planine. Gornja Lastva je i simbolično „gornja”, jer se nalazi na nadmorskoj visini iznad 300m, dok se Donja Lastva nalazi na 0 mnv, a matični grad Tivat na prosječnoj nadmorskoj visini od 6m. Tivatska ravnica je takođe ispod 10 mnv, a zaleđe prema Lovćenu se postepeno izdiže preko 1000 mnv. Neposredno zaleđe Boke Kotorske predstavlja brežuljkasto, potom brdsko i planinsko područje. Ta područja često su prekrivena šumom i sadrže vrhove, planine i grebene, gdje se dostiže maksimum visine. Primjer Perasta je najindikativniji u pogledu značajne razlike u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja. Naseljeni dio je na oko 200m horizontalne udaljenosti od obale, gdje je nadmorska visina od 0-30 mnv, nagib ispod 33% (kod Jadranske magistrale), dok se u nastavku teren uzdiže do 833 mnv i nagiba 65,8%, što se vidi na sljedećoj visinskoj relaciji koja simulira topografiju Perasta:

²¹ Stanovništvo se seli bliže moru, iz ruralnih područja ka većim gradovima i nižim nadmorskim visinama.



Slika 35. Analiza zone obale i zaleđa reljefa Perasta (Izvor: Google Earth Pro)

Slično prethodnim profilima, izrađeni su i dodatni profili. Na ovaj način, mogu se pridružiti geopodaci koji se odnose na amplitudu topografskih tačaka ma kojem profilu u Bokokotorskom zalivu, u zavisnosti za koji dio terena je potrebna analiza.

Tabela 1. Izabrani topografsko-visinski profili Boke (Izvor: Demir Mujević)

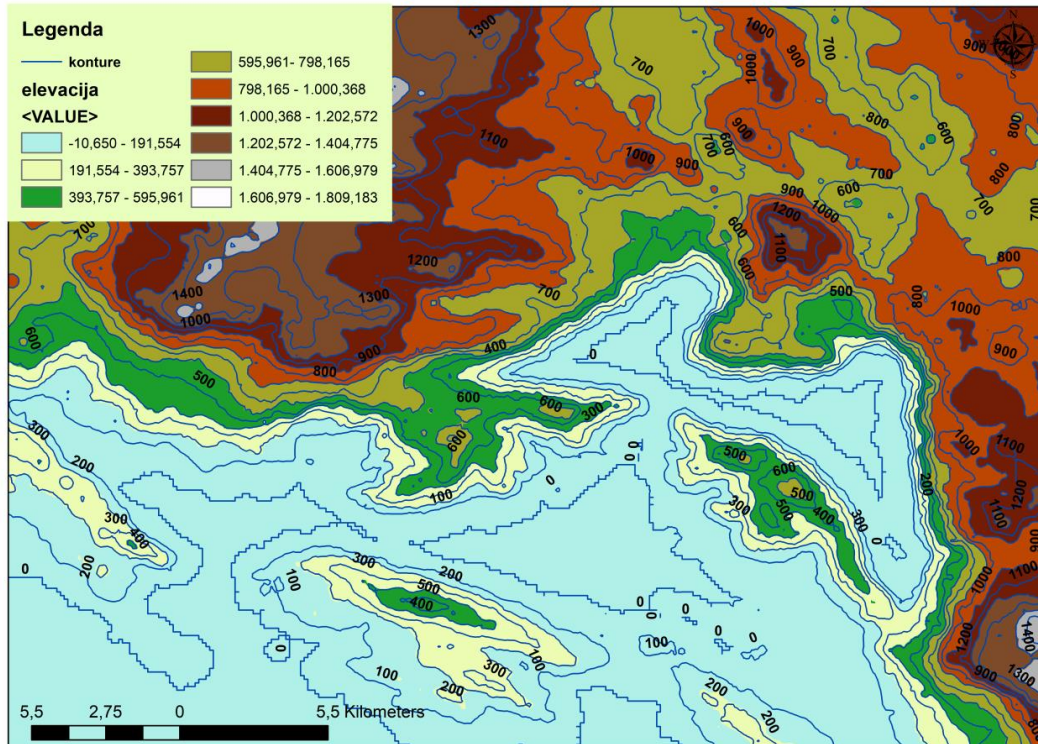
Profil	Dužina profila (km)	Visinska razlika Δh (m)	Prosječni nagib θ (%)	Maksimalni nagib θ (%)	Maksimalni nagib (u stepenima) $\arctan(\theta/100)$
Risanski zaliv-Orjen	15.4	1823	23.6	71.2	35.45
Kotorski zaliv-Lovćen ²²	5.4	1716	33.1	66.5	33.62
Uvala Meljine-brdo Radoštak	5.07	1405	28.4	77.8	37.88
Prčanj-Vrmac	1.91	729	38.4	65.8	33.34

²² Dokaz signifikantnih visinskih razlika između Kotora i zaleđa je i panoramska žičara Kotor-Lovćen, koja pruža sliku ambijenta Boke uz spoj plavog mora, neba i brda (reljefa). Duga je oko 3,9 km a na toj dužini visinska razlika između polazne i krajnje tačke žičare je čak 1.316 m. Osposobljena je jula 2023. godine, njena trasa počinje od terminala u naselju Dub (32 mnv) u blizini tunela Vrmac i Aerodroma Tivat, sve do visoravni Kuk (1348 mnv) na Lovćenu (Izvor: [Vijesti.me](http://vijesti.me)).

Kada se uporede nadmorske visine gradova i naselja sa brdima i vrhovima koji ih okružuju, vidljivo je da postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i najgušće naseljenih područja, što ide u prilog tome da je hipoteza H1 održiva. Analizirajući vertikalnu razuđenost topografskog sliva Boke u km², Stanković i saradnici navode da kopno duž Tivatskog zaliva ima **najveću površinu** do 100 metara nadmorske visine, koja iznosi 40,725 km². To čini 11% ukupne površine sliva Boke Kotorske i predstavlja 55,57% površine Boke Kotorske do visine od 100 mnv. S druge strane, kopno uz Risanski zaliv ima **najmanju površinu** do izohipse 100, koja iznosi 2,725 km², što je samo 3,72% odgovarajuće površine Boke Kotorske. To je oko 15 puta manje od površine uz Tivatski zaliv. U zaleđu Risanskog zaliva se nalazi najveća površina iznad 1000 mnv, koja iznosi 20,5 km². To čini više od trećine svih takvih površina u Boki Kotorskoj, odnosno 34,58%. U zaleđu Kotorskog zaliva se nalazi nešto manja površina iznad 1000 mnv, koja iznosi 20,3 km². Površina iznad 1000 mnv u zaleđu HercegNovskog zaliva je znatno manja i iznosi 10,255 km², dok u Tivatskom zalivu iznosi 10,250 km² (Stanković i dr., 1976).

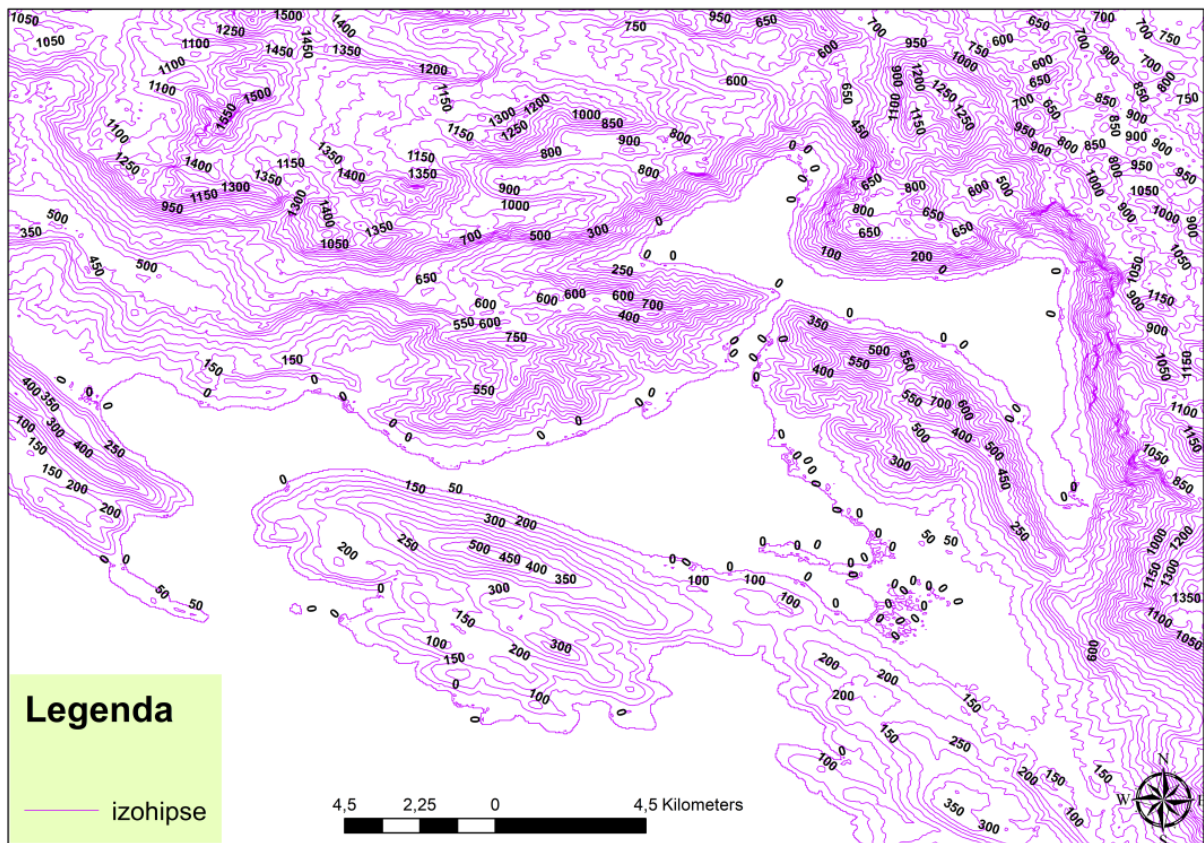
3.2. Formiranje digitalnog modela visina (DMV)

Formiranje DMV-a Boke Kotorske uključuje digitalnu visinsku reprezentaciju. Topografski profil daje grafik visine za samo jedan pravac, i dva smjera (npr. u slučaju Boke pad i uspon), što je nedovoljno ako se želi prikazati visina u svakoj tački rastera. Stoga se pribjegava izradi DEM-a. Slično profilu visina, ali sa mnogo više pravaca, može se sačiniti oblak tačaka po principu što više tačaka, bolja preciznost. Oblak tačaka je skup prostornih tačaka, odnosno skup koordinata tačaka koje predstavljaju visine terena na određenim lokacijama. U nastavku je izrađen DEM s konturama, na osnovu oblaka od 12771 tačaka, od kojih svaka nosi informaciju o koordinatama x,y i visini z, što se može vidjeti u atributskoj tabeli sloja oblaka tačaka, koji je inputovan pomoću opcije *ArcToolbox*→*Conversion Tools*→*From GPS*→*GPX to Features*. Budući da je riječ o oblaku tačaka, pristupljeno je interpolaciji pomoću opcija *Spatial Analyst Tools*→*Interpolation*→*IDW*. Kreiranje izohipsi je sprovedeno pomoću alata *Spatial Analyst Tools*→*Surface*→*Contour*. Konačno, dodijeljene su im brojčane vrijednosti (*Properties*→*Labels*).



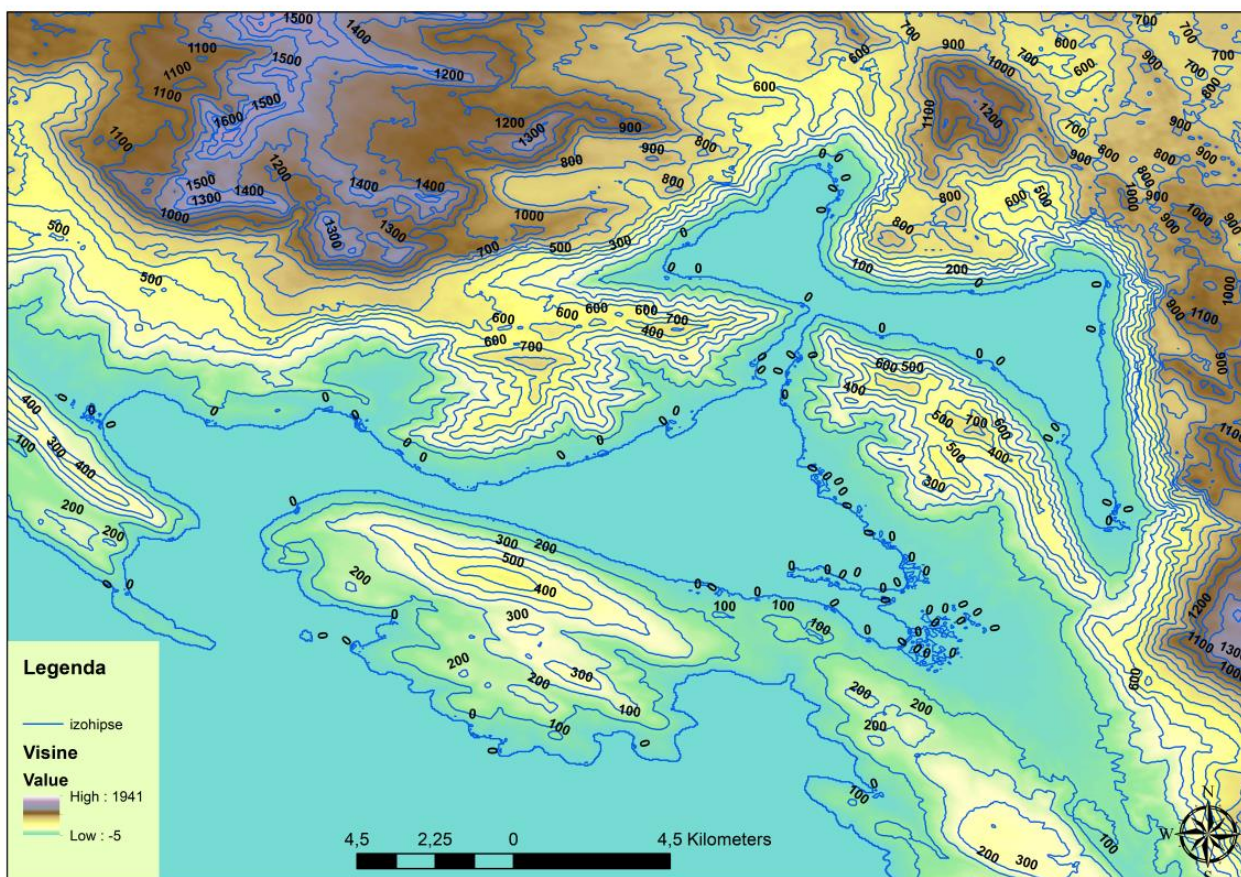
Slika 36. ArcMap: Konturne linije i DEM Boke, R=1:150.000 (Izvor: Demir Mujević)

Ekvidistancija na ovom modelu iznosi $e=100\text{m}$. Kvalitet *DEM*-a odražava tačnost nadmorske visine po pikselu (apsolutna tačnost) i prikazuje koliko precizno je prikazana morfologija terena (relativna tačnost). Nekoliko faktora, kao što su hrapavost terena, gustina uzorkovanja, veličina piksela, vertikalna rezolucija, algoritam analize terena i algoritam interpolacije, imaju značajnu ulogu u određivanju kvaliteta *DEM* proizvoda (Burrough & McDonnell, 1998). Može se reći da preciznost digitalnog prikaza nadmorske visine zavisi od izvora podataka koji se koriste za mjerenje koordinata terena, gustine tačaka visina (tj. veličine mreže) i njihovih geometrijskih pozicija na padini terena. Konkretno, kvalitet podataka na topografskim kartama uglavnom zavisi od opsega i metoda prikupljanja podataka (direktna topografska ili fotogrametrijska mjerenja ili upotreba generalizacije sadržaja) (Govedarica & Borisov, 2011). Postoji više metoda interpolacije i koriste se za predviđanje vrijednosti nepoznatih visina na osnovu poznatih vrijednosti u okolnim tačkama, što znači da *DEM* Boke dobijen pomoću oblaka tačaka može imati grešku koja predstavlja razliku između interpolacijom dobijene visine i njene tačne vrijednosti. Na sličan način se ovakav *DEM* koristeći podlogu *SRTM*-a može dobiti u *QGIS*-u. Sljedeći primjer daje preciznije podatke o visinama, što se može vidjeti npr. na teritoriji Vrmca, gdje je vidljiva i izohipsa 700, a poznato je da je najveći vrh Vrmca na 766 mnv, a kod oblaka tačaka izohipsa s maksimalnom visinom je 600, što znači da je sljedeći *DEM* boljeg kvaliteta:



Slika 37. ArcGIS: Konturne linije terena Boke, $R=1:125.000$ (Izvor: Demir Mujević)

Izohipse priobalnog dijela pokazuju uglavnom vrijednosti od 0-50 mnv. Međutim, u zaleđu su izohipse vrijednosti 800 m (brdo iznad Perasta), 1200m iznad Risna, sve do Golog vrha (1311m). Na Lušnici dominiraju izohipse 300-500 m. Izohipse su razućenije u ravničarskim priobalnim predjelima, naročito kod Tivatskog polja, rezervata „Tivatska solila”, aerodroma, hercegnovske i kotorske rivijere, uskog priobalja Risna, a gušće gdje je teren neravan i brdovit. S obzirom na to da je vertikalna raščlanjenost reljefa Boke veoma izražena, u ovom prikazu izohipse su gusto raspoređene jer je ekvidistancija $e=50$. Kada se dodaju i brojne vrijednosti, prikaz može izgledati „prenatrpano” jer je velika visinska oscilacija, pa se pribjegava većoj ekvidistanciji (Slika 38).

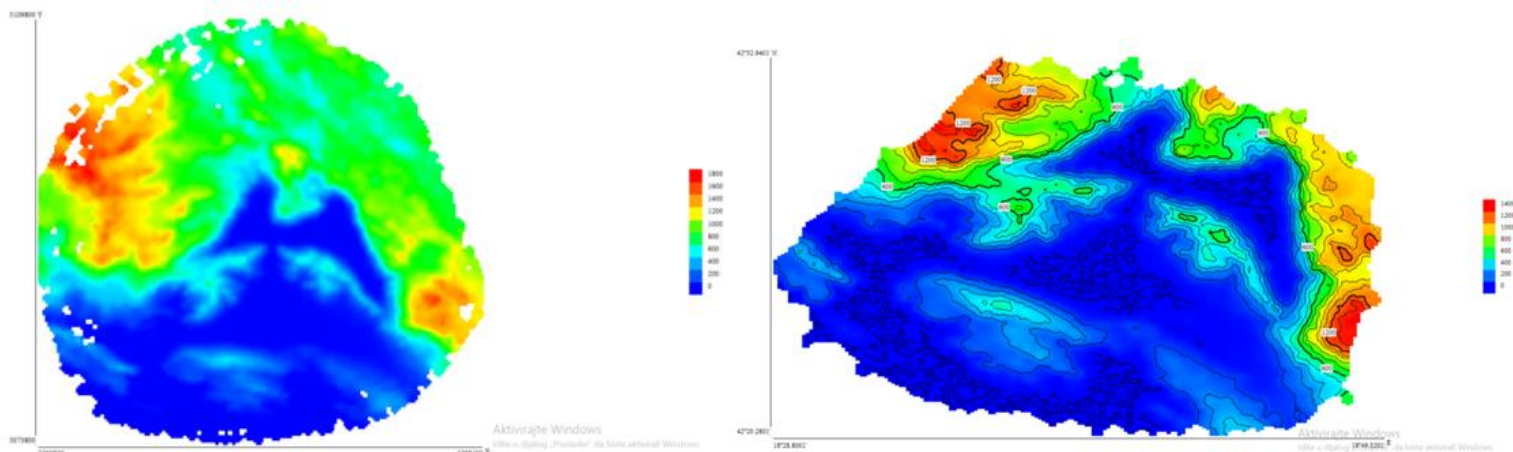


Slika 38. ArcGIS: Konturne linije i DEM Boke, $R=1:125.000$ (Izvor: Demir Mujević)

Izohipsama i bojama dat je plastičniji izgled reljefa. Na ovom modelu ekvidistancija je $e=100\text{m}$. Razmak između izohipsi na hipsometrijskoj karti varira u zavisnosti od veličine područja koje se mapira, promjene nadmorske visine i konfiguracije terena. Ako je teren blago talasast, manji broj izohipsi sa većim razmakom između njih može biti dovoljan. Međutim, kada je teren izrazito brdovit kao u slučaju topografije Boke, efikasnije je koristiti guste izohipse sa manjim razmakom između njih, kako bi se detaljnije prikazale visinske promjene. Stil izohipsi se može podesiti, glavne mogu biti podebljane.

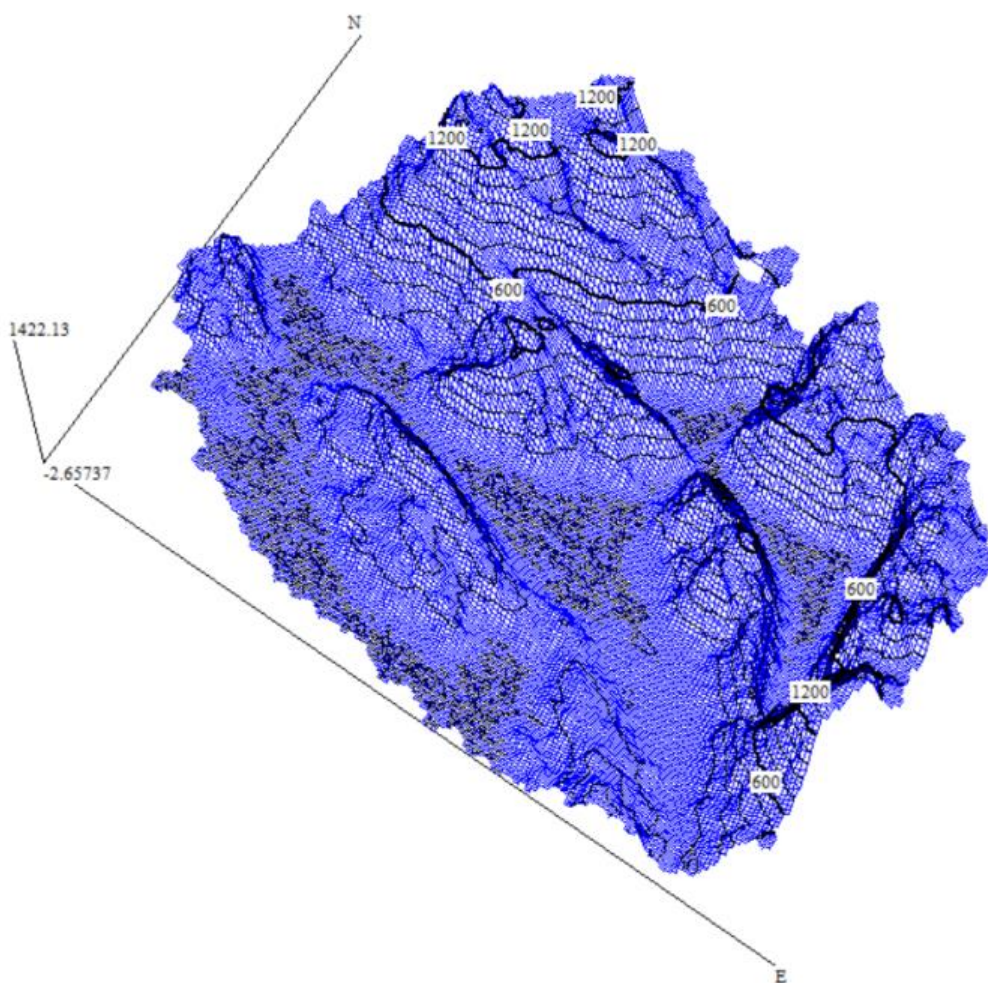
3.3. Vizualizacija apsolutnih visina iz digitalno generisane karte

Kada se razmatra digitalni model terena i sam proces pretvaranja geopodataka u digitalni format, ključna je vizualizacija. Vizualizacija predstavlja proces stvaranja slikovnog prikaza prostora oko nas. Vizualizacija je najmoćniji alat unutar kartografskih procesa (Župan & Frangeš, 2007). Pomoću softverskog alata *QuikGrid*, generisan je kontinuirani raster, odnosno mreža ćelija ili piksela – **grid**.

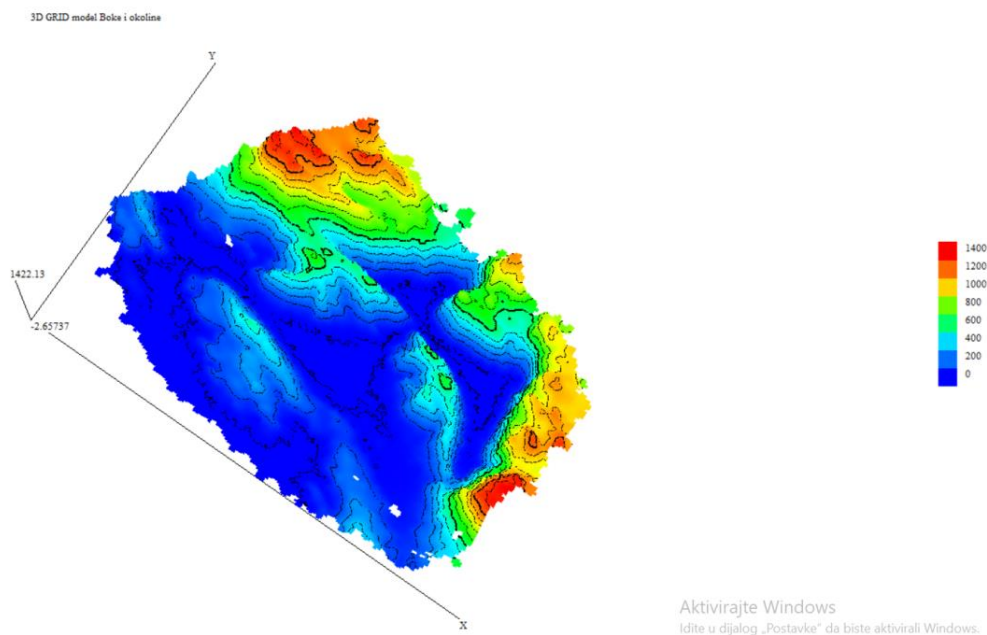


Slika 39. QuikGrid: 2D grid model Boke, iz kojeg će se vizualizovati 3D model (Izvor: Demir M.)

Pomoću rasutih tačaka teritorije Boke, program pravi mrežasti grid model. Ovakav prikaz može biti 2D ili 3D i eksportovati se u različitim formatima. Vizualizacija teži da pruži potencijalnim korisnicima bolje razumijevanje prostornih karakteristika, stoga je poželjan 3D model:

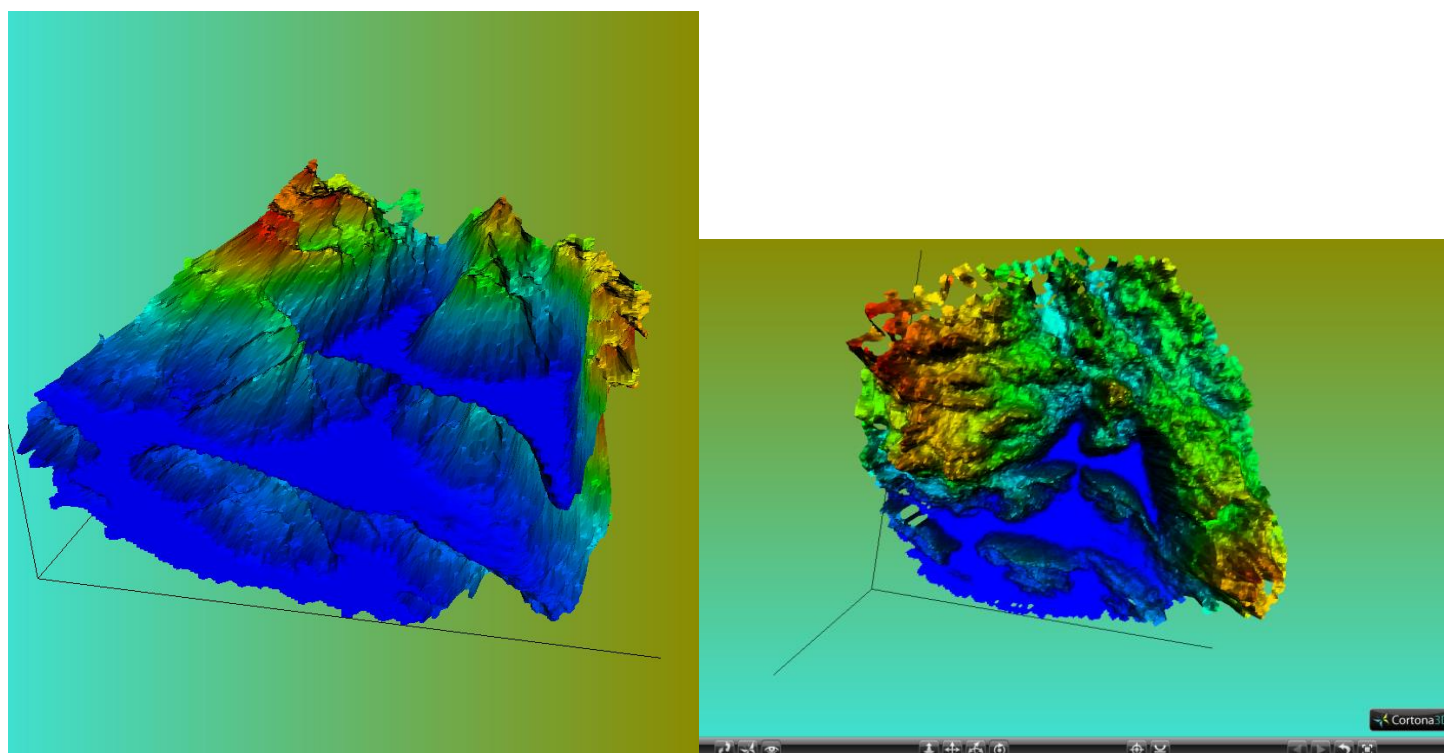


Slika 40. QuikGrid: monohromatski 3D grid Boke sa izohipsama i transparentnom mrežom, glavne izohipse su boldirane (Izvor: Demir Mujević)



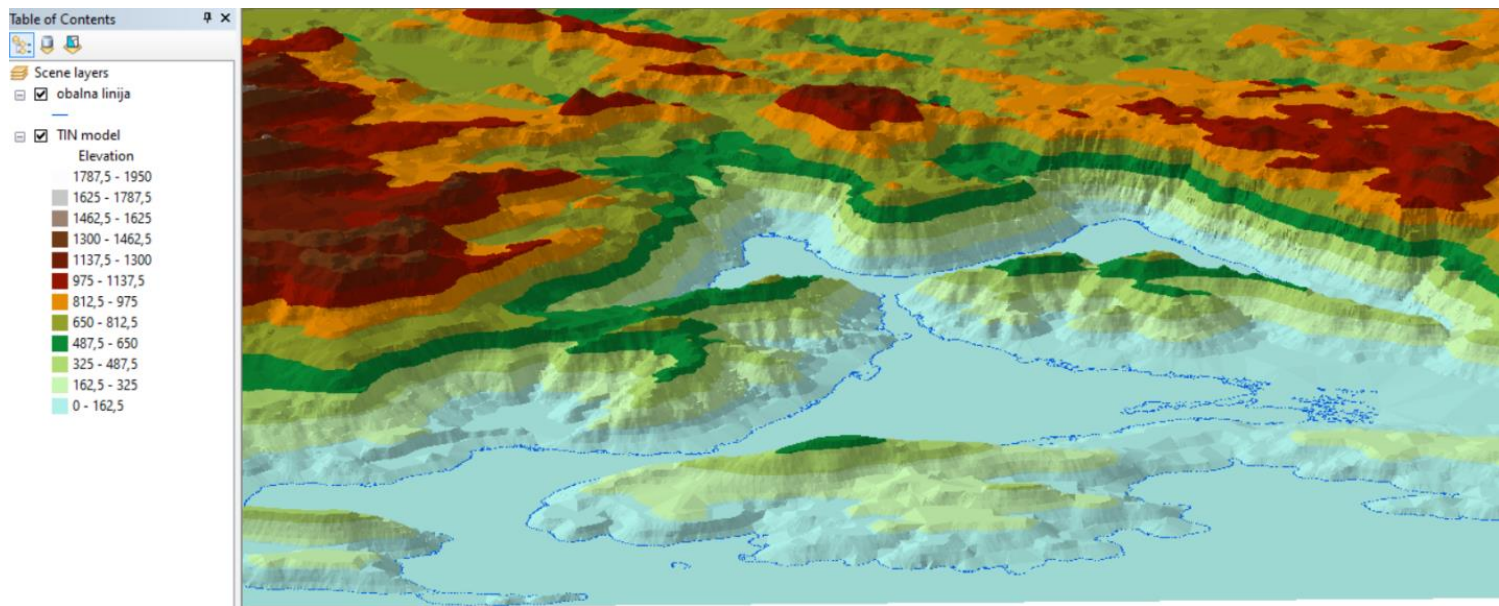
Slika 41. QuikGrid – polihromatski 3D grid Boke sa izohipsama; glavne izohipse su boldirane, desno je hipso-skala (Izvor: Demir Mujević)

Model iz *QuikGrid*-a se može vizualizovati u programu *Cortona 3D Viewer*, koji pruža trodimenzionalni model terena koji se može rotirati 360⁰, tako da se teren interaktivno vidi iz svih uglova. *Cortona 3D*, kao i *ArcScene*, ima simulator za hodanje, letenje i pregled područja.



Slika 42. Cortona 3D: model Boke i okoline (Izvor: Demir Mujević)

Također, *TIN* model reljefa Boke, rađen u poglavlju o DMT, može se vjerno vizualizovati pomoću *ArcScene*. Potrebno je u „*Properties*“ (svojstva) za sloj *TIN*-a odabrati faktor za pretvaranje vrijednosti nadmorske visine sloja u dimenzije prilagođene „sceni“.



Slika 43. 3D *TIN* Boka vizualizovan pomoću *ArcScene*, lijevo je legenda (Izvor: Demir M.)

Iz ovog isječka reljefa, kao i iz prethodnih, može se zaključiti da Boka ima dominantno morfološki različit teren, gdje se smjenjuju uzvišenja i udubljenja na malim rastojanjima, što znači da je hipoteza H1 o visinama potvrđena rezultatima istraživanja. Hipoteza je podržana **kartografskim metodom**, teorijskom i praktičnom **analizom** visinskih diverzifikacija, **deskripcijom**, **komparacijom elevacija** i **istorijskom metodom** (pristup proučavanju geološke prošlosti Boke).

4. PRIMJENE TOPOGRAFSKE I VISINSKE PREDSTAVE TERENA BOKE

Kartografija (samim tim i topografija) je doživjela veliki napredak nakon Drugog svjetskog rata i danas je gotovo nemoguće pronaći područje ljudske djelatnosti u kojoj se ne osjeća potreba za jednim od mnogobrojnih vidova kartografskog izražavanja (Peterca i dr., 1974). Topografija i visinska reprezentacija terena Boke imaju širok spektar primjena, uključujući: urbanističko planiranje, inženjering, zaštita okoline, upravljanje rizicima od poplava, erozije, ali i podizanje geografsko-ekološke svijesti javnosti.

4.1. Planiranje gradnje i analiza potencijalnih prirodnih nepogoda

Što se tiče gradnje na određenim dijelovima prostora Boke, može se naići na prepreke. U urbanom planiranju, nagib terena veći od 10% može biti neadekvatan, jer takvi nagibi mogu predstavljati izazove za izgradnju i sigurnost. U poljoprivredi i vrtlarstvu, nagib terena veći od 15% može se smatrati strmim, jer mogu uticati na eroziju tla, vodnu drenažu i sl.

Mjerenja površina po određenim visinskim zonama omogućila su konstrukciju hipsografske krive Boke, kao grafičke predstave vertikalne disekcije reljefa. Hipsografska kriva sliva Boke Kotorske je od značaja za sagledavanje problema nagiba terena u pojedinim visinskim zonama. Ovo je od značaja za izbor lokacija za različite potrebe savremene građevinske operative, načine borbe protiv erozije, najbolje metode pošumljavanja, iskorišćavanja prostora i drugo (Stanković i dr., 1979). Ubrzana prekomjerna gradnja i urbanizacija motivisani privatnim vlasništvom nad zemljištem, već je znatno umanjila vrijednosti kulturnog pejzaža. Budući da se urbanizacija temelji na postojećim planskim dokumentima, stvara se iluzija kontrolisanog procesa, iako je suštinski suprotan održivom razvoju i urbanizmu. Planira se i gradnja ili se već grade paralelni putevi, a zatim se teritorija između dva puta u potpunosti urbanizuje. To se dogodilo u Dobroti, a predviđa se i iznad naselja Muo, Prčanj i Stoliv (Uprava za zaštitu kulturnih dobara – PJ Kotor, 2015). Planiranje gradnje i zaštita od prirodnih nepogoda su međusobno povezani; gradnja mora biti prilagođena aseizmičkim principima projektovanja, imajući u vidu da je područje trusno. Aprilski zemljotres iz 1979. godine je čak izmijenio obalnu liniju, a i danas se obala modifikuje intenzivnom gradnjom. Boka Kotorska je područje koje može biti izloženo određenim prirodnim nepogodama, stoga je u radu formulisana hipoteza H2, koja nastoji utvrditi da li topografska analiza može otkriti određene zone u Boki koje mogu biti pogođene nepogodama kakve su

poplave i klizišta. U *QGIS*-u, u *Toolbar*-u *Web* može se doći do produžetka *QuickMap Services*→*NASA*→*NASA SEDAC Earthquake Hazard Distribution*. Ovaj servis pruža informacije o distribuciji potencijalnih opasnosti od potresa. Na ovoj distribuciji hazarda, Boka je označena roza bojom, što znači da je rizik od zemljotresa relativno visok (*high risk*). Kombinacija brdovitog terena, kiša i seizmičke aktivnosti čini ovo područje podložnim odronima²³ usljed obilnih kiša, klizištima i poplavama.

Poplava se definiše kao izlivanje velikih voda iz riječnog korita, a velika voda je najviši dostignuti nivo vode u rijeci u toku jednog povodnja (Dragićević & Filipović, 2016, str. 202). U prošlosti, 2015. godine, događalo se izlivanje rijeke Škurde u Kotoru i izvorišta Gurdić, plavljenje kuća, i zbog plimnog talasa, glavna saobraćajnica Kotor je bila pod vodom. Tada je i blizina brda i planina u zaleđu Boke dovelo do brzog oticanja vode prema nižim područjima, katalizujući efekat poplava. Osim riječne poplave, za Boku su karakteristične obalne ili morske poplave, kada se voda izlije iz zaliva i poplavi obližnje kopnene površine. Velike poplave i odroni u Boki desili su se i 2009. Godine 2022., usljed obilnih padavina došlo je do velike poplave u Kotoru. Krajem 2018., nevrijeme je izazvalo poplave u Herceg Novom, koje su izazvale veliku materijalnu štetu.²⁴ U Kotoru tokom obilnih padavina osnovni problem je plavljenje Starog grada i Rive, tako da su Riva, Trg od oružja, Gurdić i druge lokacije redovno poplavljene.²⁵ Slično se desilo 2019. u Meljinama. Usljed plimnog talasa 2008. godine, amplituda između maksimalne osjeke i plime je iznosila 1,25 m, pa su bili poplavljene glavna saobraćajnica u Kotoru - Riva, ulaz u Stari grad i Macea.²⁶ U nastavku je urađena simulacija slične poplave, koja bi se mogla dogoditi ako se u budućnosti ponovo povisi nivo mora.



²³ Poznati su slučajevi obustavljanja saobraćaja na relaciji Herceg Novi-Risan zbog velikih odrona na Verigama.

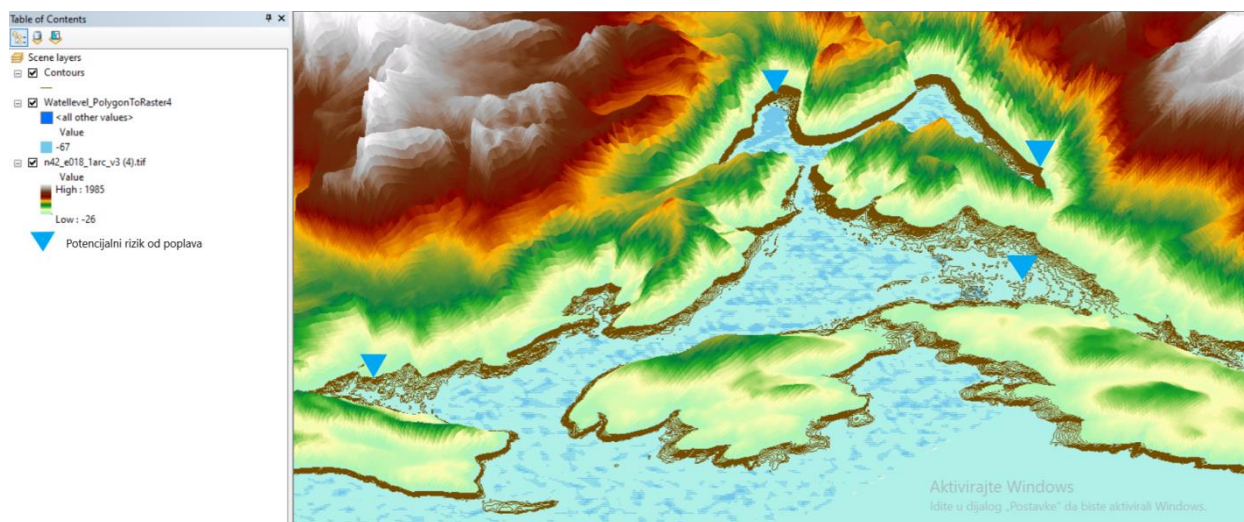
²⁴ <https://www.vijesti.me/eu-vijesti/16489/dan-poslije-nevremena-herceg-novi-ne-pamti-ovakvu-oluju> (15.06.2023)

²⁵ <https://www.kotor.me/uploads/assets/skupstina/usvojene%20odluke/2014/14.08.2014/plan-zastite-i-spasavanja-konacan.pdf> (15.06.2023)

²⁶ Takođe, 2009. vodostaj rijeke Škurde se podigao do mostova, plima je bila visoka i zabilježeno je da je Kotor u određenim dijelovima ličio na Veneciju.

Slika 44. 3D-Mapper: lijevo – 3D topografska karta Kotora; desno – simulacija poplave usljed većeg plimnog talasa nego 2008. Bili bi poplavljeni Riva, trg, dio Starog grada i prostor kod Stadiona pod Vrmcem. Škurda bi se takođe izlila (Izvor: Demir Mujević)

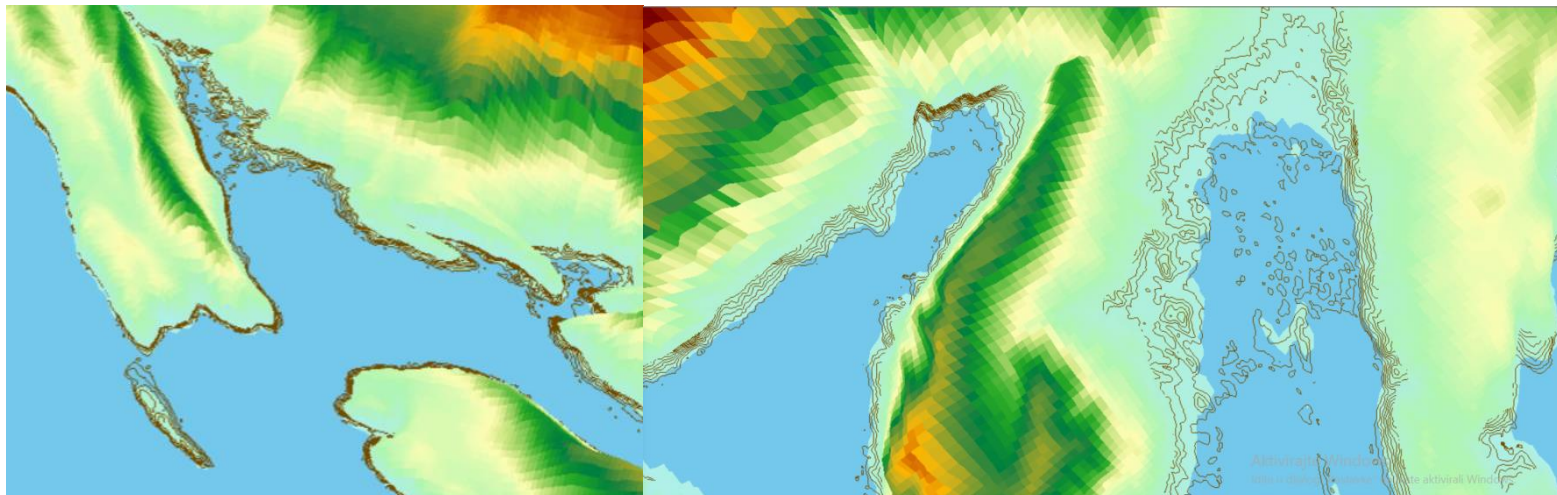
Iako podložna poplavama, Boka je oblikovana kao duboko uvalno područje, okruženo planinama, te ima relativno uzak izlaz prema moru, što znači da je prirodno zaklonjena od otvorenog mora. To smanjuje uticaj jakih plima na nivo vode u Zalivu. S druge strane, kao što je slučaj sa svakim priobalnim područjem, mogu se dogoditi poplave usljed kiša i oluja, bujica ili plime. Pomoću *ArcMap/ArcScene* topografskom analizom su analizirane određene zone u Boki koje mogu biti pogođene poplavama i klizištima, te kreirana animacija koja simulira rast nivoa rijeke/mora/zaliva (*Flood Risk Simulation*). Pomoću sloja *DEM*-a i sloja nivo vode (*Water Level*) u *ArcMap*-u, kao i uz omogućenu (čekiranu) ekstenziju *3D Analitičar (3D Analyst)*, u *ArcScene* se pristupa simulaciji poplave. Prethodno mora biti omogućena i ekstenzija *Animation* u *ArcScene*. Nakon podešavanja parametara u *Animation Manager* i *Animation Controls* (podešavanje dužine trajanja video-simulacije), dobija se konačna animacija scenarija u toku izdizanja nivoa vode Bokokotorskog zaliva. Budući da kreirana animacija traje 20 sekundi, ovdje su prikazani statični isječci - slike.



Slika 45. ArcScene: Normalni nivo vode Zaliva; braon konture su obalna linija, plavi trouglovi su zone koje su bile ili mogu biti pogođene poplavama usljed plimskog talasa (Izvor: Demir M.)

Obalna područja su uvijek najosjetljivija na poplave. Topografska analiza pokazuje da uzduž obale Bokokotorskog zaliva, naročito u naseljenim područjima, postoji rizik od poplava usljed plimskih oscilacija ili jakih kiša, što je bio slučaj u daljoj prošlosti, a i nedavno. Ako bi se usljed plimskog talasa povećao nivo mora iznad 1m, postoji velika vjerovatnoća da bi zone kao što su

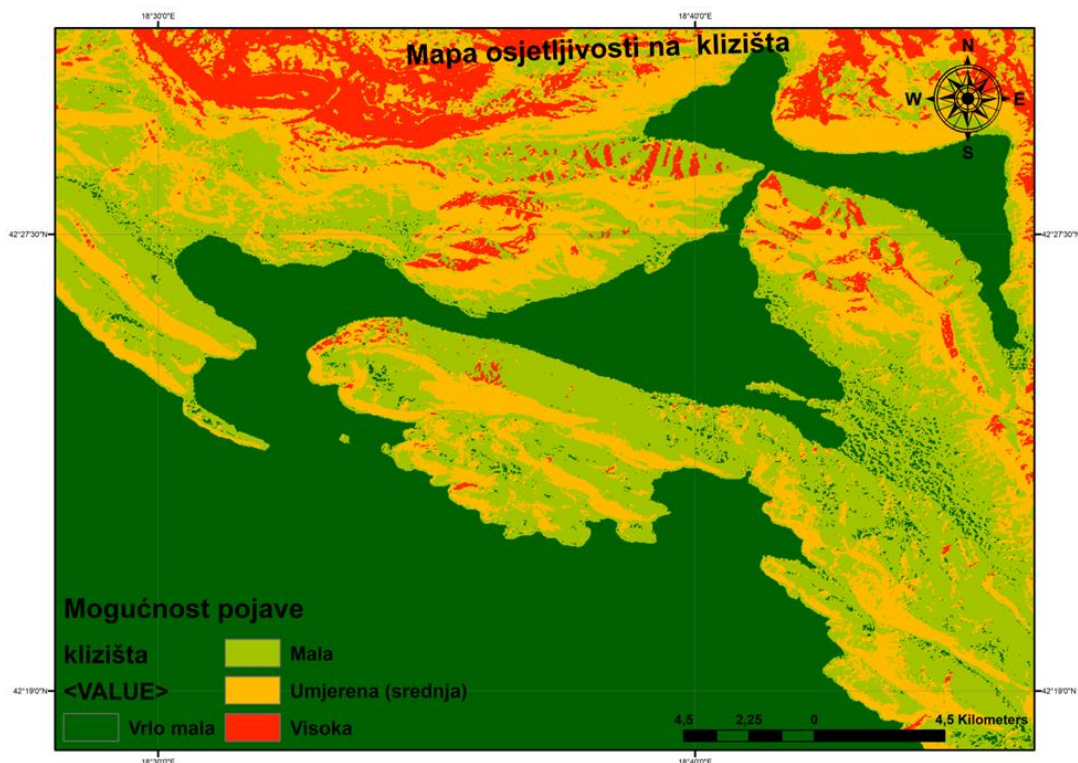
ravnica Tivatskog zaliva, Herceg Novog, Risna i drugih obalnih naselja, bile poplavljene, što pokazuje naredna simulacija.



Slika 46. ArcScene: lijevo, Hercegnovski zaliv, desno –Tivatski i Kotorski. Budući da su obalne konture prekrivene plavom bojom, te oblasti bi bile poplavljene (Izvor: Demir Mujević)

Boka Kotorska je područje poznato po geološkoj složenosti i karakterističnoj geomorfologiji, uključujući i prisustvo klizišta. U Crnoj Gori klizišta su skoncentrisana na primorski pojas Bokokotorskog zaliva, zaleđe Budve, Bečića, Svetog Stefana, Petrovca, Bara itd. Kliženjem su zahvaćeni tereni izgrađeni od vezanih neokamenjenih stijena. Najčešći uzrok nastanka klizišta je visok nivo podzemne vode i nepovoljna inženjersko-geološka građa terena (Ministarstvo unutrašnjih poslova, 2021). Boka nema mnogo površinskih tokova, ali obiluje podzemnim vodama, što pogoduje klizištima. *NASA Landslide Viewer* je alat koji omogućava globalni pristup i pregled podataka o klizištima širom svijeta. Iako na sajtu nema podataka o klizištima Boke (jedino je prikazano klizište u Lapčićima, Budva), u nekim zonama postoji potencijalni hazard od klizišta, zbog velikih nagiba i specifične ekspozicije. Klizišta su evidentirana od 1979. godine do sredine osamdesetih, kada su rađena ispitivanja nakon razornog zemljotresa, a navedena su i u Prostornom planu Crne Gore do 2020. godine. Prostorni plan nudi uvid i u mapu podzemnih voda, koja je takođe izrađena davnih osamdesetih. Ukoliko se dvije mape uporede, dolazi se do zaključka da se smjerovi podzemnih voda poklapaju sa aktiviranim klizištima. U klizišta pojasa Boke ubrajaju se dva registrovana klizišta na potezu od Herceg Novog do Bijele (Radulović, 2015), kao i klizište u Novom naselju u Kotoru. U nastavku je karta ranjivosti na klizišta, rađena pomoću *ArcMap*-a. Za kreiranje karte ranjivosti na klizišta uzima se u obzir geološka građa, nedostatak vegetacije, nagib terena, energija reljefa. Na karti osjetljivosti na

klizišta, na potezu Herceg Novi-Bijela se vidi nekoliko piksela crvene boje, što ukazuje na postojanje uslova za nastanak klizišta.



Slika 47. ArcMap: Karta ranjivosti na klizišta (Izvor: Demir Mujević)

Nagib terena i ekspozicija su veoma važne komponente pri ispitivanju podložnosti terena klizištima, tako da su prvo urađene te dvije karte, na način kako je ranije rečeno u radu. Potom, koristi se opcija za reklasifikaciju sloja nagiba, ekspozicije i samog *DEM*-a: *Spatial Analyst Tools*→*Reclass*. Tri puta se koristi opcija za reklasifikovanje. Kada se radi osjetljivost na klizišta, set alata za preklasiranje se koristi kako bi se klasifikovali pikseli u vrijednost u rasteru prema određenim kategorijama ili rasponima. Ovo je složena analiza koja uključuje izvođenje matematičkih operacija na raster slojevima: *Spatial Analyst Tools*→*Map Algebra*→*Raster Calculator*. Raster kalkulator omogućava množenje 3 reklasifikovana sloja kako bi se dobio novi sloj koji kombinuje te faktore osjetljivosti na klizišta. Očekivano, distribucija ranjivosti na klizišta se uglavnom poklapa sa velikim nagibom terena: pojas iznad Risanko-kotorskog zaliva, uzvišenje iznad Perasta, Vrmac, obronci Kostanjice, Radošćak, Crveno brdo, obronci podnožja Orjena itd. Zaključak je da se topografskom analizom zaista mogu otkriti određene zone u Boki koje mogu biti pogođene prirodnim katastrofama, što znači da je hipoteza H2 potvrđena. Samim tim, može se preduzeti niz mjera u svrhu **zaštite od poplava i klizišta**. Ova teza je podržana korišćenjem kartografskog i istorijskog metoda, deskriptivne topografske analize i analize sadržaja digitalnih karata.

4.2. Zaštita prirode, turizam i rekreacija

Topografija ima primjenu u zaštiti prirode, turizmu i rekreaciji na teritoriji Boke Kotorske. Najveću prijetnju prirodnom i kulturno-istorijskom nasljeđu predstavljaju planovi koji su izrađeni bez učešća odgovarajućih stručnjaka i bez razumijevanja i uvažavanja geokonzervatorskih smjernica u okviru izrađenih studija zaštite graditeljskog nasljeđa priobalnih naselja. Turistički objekti, koji su preveliki, neprilagođeni i ugrožavaju integritet i autentičnost prostora, takođe predstavljaju značajnu prijetnju očuvanju vrijednosti područja Kotora. Jasno je da se na priobalnom području kontinuirano vrši urbanizacija, što obuhvata neprekidnu gradnju duž obale Kotorskog i Risanskog zaliva, čak i unutar zaštićenih područja. Ovim procesom će biti narušena i horizontalna i vertikalna struktura pejzaža, s obzirom na izgradnju objekata i puteva na zelenim padinama brda. Očigledan je nedostatak sveobuhvatne strategije za održivi razvoj turizma u Boki Kotorskoj, koja bi poštovala karakteristike prirodnog i kulturnog pejzaža (Uprava za zaštitu kulturnih dobara - PJ Kotor, 2015). Topografija može pomoći identifikacijom i kartiranjem prirodnih staništa (što je i rađeno) i racionalnim planiranjem prostornog razvoja. Topografija pomaže u određivanju ekološki osjetljivih područja kao što su vodeni ekosistemi i staništa divljih životinja i biljaka. Zbog toga se mogu planirati turističke i rekreacione aktivnosti tako da se njihov negativan uticaj na ove osjetljive ekosisteme svede na minimum. Dalje, topografski podaci pomažu u detektovanju područja s većim rizikom od erozije.

Topografske mape i visinske predstave terena koriste se u turističke svrhe kako bi se posjetiocima pružile informacije o prirodnim ljepotama i planinskim stazama Boke Kotorske. Turističke agencije koriste ove podatke kako bi planirale avanturističke aktivnosti poput planinarenja, biciklizma, tzv. *off-road* vožnje i vožnje čamcem. Jasno je da topografske karte pružaju informacije o nadmorskoj visini i reljefu, što je neophodno za planiranje sigurnih staza za pješaćenje, biciklizam, planinarenje. Visinska predstava terena koristi se u planiranju panoramskih lokacija - vidikovaca, žičara (dobar primjer je žičara (gondola) „Kotor-Lovćen”) i drugih turističkih atrakcija koje pružaju posjetiocima pogled na Zaliv, gradove i okolne planine.

U evaluaciji povoljnosti područja za rekreaciju koristi se termin "energija reljefa", što se odnosi na visinsku razliku između najviše i najniže tačke na određenoj površini. Prema Kiemsedu, pogodnost za rekreaciju najbrže raste do energije reljefa od 50m, dok se rast znatno usporava kod energije reljefa veće od 200m. To ukazuje da visoka energija reljefa ne donosi značajno povećanje vrijednosti područja za rekreaciju, osim u slučaju aktivnosti kao što je skijanje (Ministarstvo održivog razvoja i turizma, 2015).

4.3. Navigacija i kartografija

Primjena kartografije u navigaciji obuhvata upotrebu prostornih informacija kako bi se olakšalo kretanje i orijentacija u prostoru. Ona pruža alate i tehnike za izradu navigacijskih karata koje prikazuju teren, puteve, vode i dr. Topografske mape, naročito digitalne, sadrže konture, koordinate i druge relevantne informacije koje su ključne za navigaciju na kopnu i moru. Primjena topografije u navigaciji omogućava korisnicima da se uspješno snalaze u prostoru, izbjegavaju prepreke i sigurno stižu do odredišta. Topografske mape morskog dna i nautičke karte pružaju informacije o dubinama, podvodnim preprekama, obalnim linijama. Budući da je Boka vitalni dio Crnogorskog primorja što se tiče prometa, poznavanje topografije dna Bokokotorskog zaliva je važno za sigurnu plovidbu. Topografski podaci koriste se za upravljanje pomorskim prometom i pravilnim rasporedom ruta, posebno u područjima s gustim prometom u Bokokotorskom zalivu. Primjena topografije u navigaciji ogleda se i u označavanju opasnih područja na tim nautičkim kartama Boke, kao što su plitke vode, stijene ili potencijalne podvodne prepreke, što je važno za izbjegavanje nesreća i sigurne navigacije za plovila. Dubine, sigurne lokacije za sidrenje, podvodni grebeni, stijene i druge topografske odlike trebaju biti jasno označene na nautičkim kartama, kako bi se brodovi mogli sigurno navigirati i planirati rute plovidbe.

Nautičke karte se koriste za planiranje ruta, identifikaciju sigurnih plovnih puteva, izbjegavanje plicaka i drugih opasnosti. Sektor za hidrografiju i okeanografiju Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore je nedavno izradio novu pomorsku kartu akvatorija Bokokotorskog zaliva (R=1:25.000). Pored najnovijih informacija o promjenama obalne linije i akvatorija novosagrađenih marina u Meljinama i Kumboru, ažurirani su i podaci dobijeni iz hidrografskih mjerenja iz prethodnih godina. Karta je ažurirana i s obzirom na sve podvodne cjevovode, elektro i komunikacijske kablove koji su postavljeni na dno Zaliva. Prednost ove karte je što omogućava korisnicima da sve lokacije koje su dobili pomoću satelitskih navigacionih sistema poput GPS-a mogu prenijeti na ovu kartu, što nije bilo moguće do tada.²⁷

²⁷ <https://bokanews.me/izradena-nova-pomorska-karta-boke-kotorske/> (16.06.2023)

5. INTERPRETACIJA I DISKUSIJA ISTRAŽIVANJA

5.1. Presentacija rezultata i prednosti digitalnih metoda u odnosu na klasične

Ovaj dio rada prezentuje rezultate dobijene istraživanjem i diskutuje o njihovom značaju i implikacijama. Istraživanje o topografiji i visinskoj predstavi Boke Kotorske je bilo fokusirano na nekoliko ključnih aspekata, a to su:

- geografske karakteristike Boke Kotorske: topografski podaci su pružili uvid u fizičko-geografska svojstva regije
- topografska prezentacija, hipsografska kriva i nagib terena: istraživanje je pružilo hipsografsku krivu (grafički prikaz vertikalne disekcije reljefa ili terena) i prikaz reljefa raznim metodama. Opisane su i promjene koje su se dogodile u topografiji Bokokotorskog zaliva tokom geološke istorije. Prikupljeni su i podaci o visinama. Visinski profili terena Boke su pokazali da je veći dio teritorije u brdsko-planinskom području, dok su niži dijelovi terena ograničeni na priobalne ravnice. Visinska predstava pokazuje značajne promjene na malim rastojanjima. Kopno duž Tivatskog zaliva ima najveću površinu do 100 metara nadmorske visine; kopno uz Risanski zaliv ima najmanju površinu do te izohipse; u zaleđu Risanskog zaliva je najveća površina iznad 1000 mnv, a u zaleđu Kotorskog zaliva je nešto manja površina iznad 1000 mnv, ali koja ipak iznosi 20,3 km². Zaleđe HercegNovskog i Tivatskog zaliva imaju površinu preko 10 km² iznad 1000 mnv. Utvrđeno je da je reljef Boke izrazito raščlanjen
- uticaj topografije na prirodne procese kao što su erozija, klizišta, poplave, obalni procesi, vodni tokovi. Topografija direktno utiče na kretanje vodenih tokova tokom velikih oluja, te je zbog velikog priliva vode zabilježena pojava vodopada na brdu iznad Kotora, blizu Autobuske stanice Kotor. Kada su obilne padavine, saobraćaj se odvija usporeno na svim putevima u Boki upravo zbog topografije koja sve izlučene vode kanališe i akumulira neravnomjerno, ka obalnom pojasu i ulicama
- primjena rezultata istraživanja uobuhvata različita područja i primjere konkretnih mjera - izbor lokacija za urbanizaciju, planiranje infrastrukture, zaštita od prirodnih nepogoda

Osim potvrđenih radnih hipoteza i istraživačkog pitanja, na osnovu dobijenih rezultata, mogu se konstatovati kao potvrđene i teze:

- pomoću digitalnih alata i 3D štampanjem na bazi nanosnog rastopljenog materijala – plastike, može se formirati model Boke Kotorske sa zadovoljavajućom tačnošću i vjerodostojnošću. Fizički 3D model Boke je značajan jer ima visinsku preciznost +1/-1m i

jer se na taj način iz jednog komada može aditivno odštampati model bilo kojeg dijela Crne Gore i regiona. Kako 3D štampa postaje dostupna svima, ne samo industriji, u budućnosti se očekuje i njena veća primjena u kartografiji.

- topografija i reljef terena Boke Kotorske se karakterišu specifičnim oblikom usljed svoje geološke historije

- topografska konfiguracija terena Boke predstavlja značajne izazove za prostorno planiranje i izgradnju u regionu.

U diskusiji istraživanja vrijedi napomenuti da idealna replika prostorne stvarnosti ne postoji - ne postoji razmjera 1:1. Komparativne prednosti 3D digitalnih prikaza su neosporne. U prezentaciji rezultata o topografiji Boke takođe treba naglasiti prednosti digitalnih metoda u odnosu na klasične. Župan i Frangeš su koristili termin "mobilna kartografija" kao odgovor na inovativne pristupe u kartografiji, poput web-karti, i rastuću potrebu za georeferenciranim informacijama.. Krajnji korisnici mnogo bolje doživljavaju 3D karte nego analogne, zidne ili one rađene metodom šrafa i sjenčenjem i to je između ostalog, dodatni cilj rada: da pokaže komparativnu prednost digitalizacije u kartografiji u odnosu na klasične metode. Sa razvojem interaktivnih softvera za vizualizaciju, kao što je popularni *Google Street View* i *Earth Explorer*, došlo je do promjene u prvobitnom načinu vizualizacije putem 2D karata. Sada je moguće virtuelno kretanje kroz 3D prostor, što pruža korisnicima sagledavanje 360⁰ prostora, što je u prirodi često neizvodljivo. Primjer Boke je jedan od boljih primjera strmog, nepristupačnog reljefa. U radu su prikazane samo neke od mogućnosti virtuelnog kretanja kroz 3D prostor Boke: *ArcScene*, *Google Earth* itd.

Prednosti digitalnih metoda u odnosu na klasične su: bolja preciznost i detaljnost, efikasnije i brže prikupljanje i obrada podataka, interaktivna vizualizacija podataka i njihova integracija s drugim prostornim slojevima ili informacijama, kao i razne analitičke mogućnosti kojih je 2D prikaz uglavnom lišen. Uglavnom, proces prikupljanja geopodataka, njihova obrada, modelovanje i interpretacija je kompleksna djelatnost.

ZAKLJUČAK

U radu je istražena topografija i visinske karakteristike Boke Kotorske. Kartografija je doživjela veliki napredak i danas se u mnogim sferama ljudske djelatnosti javlja potreba za nekom vrstom analognog ili digitalnog kartografskog prikaza. Predstavljanje terena i prostornih podataka odvijalo se praktično milenijumima; još od antičkog doba, Boka je kao geografski lokalitet budila interesovanja. U prošlosti, geopodaci su se interpretirali na analognim mapama koje su služile za percepciju i orijentaciju u prostoru. Danas, tendencija je ista, ali se modeliranje podataka o prostoru obavlja savremenim metodama i tehnologijama. Tako je kartografija pronašla način da pređe iz analogne u digitalnu formu, prilagođavajući se trodimenzionalnom svijetu. Kvantitativna i kvalitativna analiza reljefa Boke je osnova za sagledavanja topografske površine, što je rad i pokazao. U radu su dati tek neki od mnogobrojnih postupaka dobijanja DMT-a i DMV-a, jer GIS softveri nude mnogo opcija.

Očekivani rezultati istraživanja uključivali su razumijevanje i analizu prirodnih karakteristika i generisanje detaljnih karata topografije i kontura Boke na atraktivan način, što je u sklopu eksperimentalnog dijela rada i realizovano, što znači da su očekivani rezultati istraživanja ostvareni. Najvažniji očekivani rezultati istraživanja dobili su se odgovorima na istraživačke hipoteze. Rezultati istraživanja takođe mogu biti korisni u prevenciji i suzbijanju prirodnih katastrofa, kao što su poplave i klizišta, koje se mogu dogoditi u ovom dinamičnom i seizmički aktivnom području.

Naučni doprinos istraživanja se manifestuje u stvaranju detaljne karte topografije Boke Kotorske, što bi moglo doprinijeti Upravi za katastar i državnu imovinu Crne Gore. Vrijedi pomenuti i umjetnički doprinos, koji se reflektuje u stvaranju vizuelno atraktivne i informacijski bogate karte terena Boke, koja bi, u najboljem slučaju, bila korisna za turizam i promociju ovog geomorfološki zanimljivog i kompleksnog područja. Rad je dizajniran tako da bude razumljiv stručnoj i laičkoj javnosti.

Kod zaključnih razmatranja, metodološki je važno vratiti se na postavljene istraživačke hipoteze/pitanja i ocijeniti stepen dokazanosti istih.

Prva istraživačka hipoteza glasi: **Postoji značajna razlika u visini između neposrednog zaleđa i obalnih područja Bokokotorskog zaliva.**

Hipoteza je konstituisana na osnovu vizuelnog opserviranja topografske konfiguracije predjela. Komparativna metoda je ovdje bila od značaja, jer govoriti o vertikalnoj dimenziji istovremeno

znači uporediti je sa usvojenim jedinicama mjere ili sa nekim drugim referentnim ili izabranim visinama. Komparativnom analizom je pokazano da postoji statistički značajna razlika u visini, što implicira da hipoteza ima podršku. Međutim, da istraživanje nije pružilo dovoljno dokaza o značajnoj razlici u visini, zaključak bi bio da ne postoji statistički relevantna razlika između neposrednog zaleđa i obalnih područja u pogledu visine. Ovi zaključci imaju implikacije na prostorno planiranje, zaštitu obalnih područja i održivo upravljanje Bokokotorskim zalivom. U samom nacrtu istraživanja, suština je bila da se na malom prostoru detektuju velike visinske razlike, a dobijena maksimalna razlika je imponantna: 1894m, a uključujući morsko dno 1961,96m.

Preporuka za batimetrijsko mjerenje Zaliva:

Tokom istraživanja je utvrđeno da rezultati batimetrijskih mjerenja variraju; tako se može naići na različite srednje i maksimalne dubine pojedinačnih zaliva i Bokokotorskog zaliva u cjelini. Srednja dubina cijelog zaliva je u većini izvora slična i iznosi oko 27,6m. Međutim, maksimalne dubine variraju od izvora do izvora. Za Kotorski se navodi u starijim mjerenjima maksimalna dubina 40m (1967), a u novijim 45m i 52m. Slično i za Hercegovski, informacije o maksimalnoj dubini variraju: 47m, 60m, 48m; za Tivatski 48m, 47m, 45m; Risanski 37m i 36m. Usljed nekonzistentnosti podataka, preporuka je da se izvrše dodatna batimetrijska mjerenja preciznim dubinomjerima, što bi bilo korisno za Sektor za hidrografiju i okeanografiju Crne Gore.

Druga istraživačka hipoteza glasi: **Topografska analiza može otkriti određene zone u Boki koje mogu biti pogođene prirodnim katastrofama, kao što su poplave i klizišta.**

U ovoj tezi je kombinovana topografska analiza i prostorni podaci. Prvo, prikupljeni su podaci o topografiji i visinama Bokokotorskog zaliva i okolnih područja, informacije o nagibu, ekspoziciji, hidrografiji. Nakon prikupljanja podataka, uslijedila je GIS analiza kako bi se identifikovale zone koje su podložne poplavama i klizištima. Na nekim mjestima te zone se i poklapaju: na desnoj obali tjesnaca Verige i kod sela Klinci na Luštici.

Preporuke za mjere zaštite od poplava i klizišta:

Poznato je da se u toku kiša odvodni kanali i šahtovi prepune, tako da se voda mora izlivati na ulicama. Predlog preporuka uključuje izgradnju dodatnih nasipa, kanala, odvodnih sistema i njihovo održavanje (da se u njima ne bi akumulirao otpad i sl.). Potrebno je uspostaviti i planske dokumente koji će regulisati izgradnju u područjima osjetljivim na poplave i klizišta, što trenutno nije slučaj, pa klizišta prijete i naseljenim područjima (Novo naselje). Zaštitne mjere su

i pošumljavanje, monitoring i rano upozoravanje. Budući da svježija ispitivanja o klizištima nijesu dostupna, moguće je da danas ima više klizišta nego kada su bila istraživana 80-ih.

Istraživačko pitanje glasi: **Kako se krupni i sitni razmjeri topografskih karata Boke Kotorske odražavaju na prikaz specifičnih aspekata terena?**

Korišten je *GIS* kako bi se istražilo ovo pitanje, pri čemu su upoređene proizvoljne razmjere 1:150.000 i 1:10.000, kako bi se utvrdilo kako svaki razmjer prikazuje prostornu stvarnost. Utvrđeno je da su sitni razmjeri veoma korisni za dobijanje pregleda cijelog područja i identifikaciju osnovnih karakteristika terena Boke, a krupnija razmjera daje bolju sliku obalne linije, građevina, urbanih cjelina. Svakako, ovaj nalaz naglašava važnost kombinacije i komplementarnosti različitih razmjera karata.

Istražujući ovu naučnu tematiku, neizbježno se otvaraju nova pitanja i pravci istraživanja.

Prijedlog daljih istraživanja može ići u više pravaca:

- kontinuitet primjene novih tehnologija u izučavanju topografije Boke i cijelog primorja (dronovi, lasersko skeniranje, *GPS* metoda)
- analiza promjena u topografiji s obzirom na klimatske promjene i antropogeni faktor, tj, tehnogeni reljef i vještačko modifikovanje obale Boke
- dodatna batimetrijska istraživanja da bi se usaglasili podaci o dubinama

Konačno, može se zaključiti da je važnost obrađene teme i u vrednovanju kartografske struke i *GIS*-a, koji pretenduje da bude zanimanje budućnosti. U cjelini, kontinuirana primjena naprednih kartografskih metoda je važna prilikom donošenja odluka za samu budućnost Boke Kotorske i njene okoline.

LITERATURA

1. Bakić, R., Doderović, M., & Mijanović, D. (2009). *Naselja u prostoru*. Geografski institut Filozofskog fakulteta, Nikšić.
2. Bešić, Z., & Pavić, A. (1979). Geološki sastav Boke Kotorske i njena geomorfologija. *Zbornik radova iz nauke, kulture i umjetnosti*, 10(II), 9-20. Preuzeto 15. maja, 2023., sa: <http://www.bibliotekahercegnovi.co.me/images/milos/BOKA/Boka10-II/Zarija%20Besic.pdf>
3. Borisov, M. (2020). *Kartografija*. Podgorica: Fakultet primijenjene nauke, UDG
4. Borisov, M., Petrović, V., & Vulić, M. (2014). Vizuelizacija 3D modela geopodataka i njihova primjena. *Geodetski glasnik*, (45), 57-70. Preuzeto 29. maja, 2023., sa: <http://www.suggsbih.ba/GEODETSKI%20GLASNIK/GEODETSKI%20GLASNIK%2045/Borisov Petrovic Vulic GG%2045.pdf>
5. Bortoluzzi, G., Giglio, F., Ligi, M., & Del Bianco, F. (2017). The seafloor geomorphology of Boka Kotorska Bay. Paper presented at the *IMEKO International Conference on Metrology for The Sea*, Naples, Italy. Preuzeto 12. maja, 2023., sa: <imeko.org/publications/tc19-Metrosea-2017/IMEKO-TC19-METROSEA-2017-48.pdf>
6. Burić, M., & Barović, G. (2005). *Osnove kartografije* (program za geografe). Nikšić: Filozofski fakultet.
7. Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. Preuzeto 28. maja, 2023., sa: <https://archive.org/details/principles-of-geographical-information-systems/page/n3/mode/2up>
8. Cvijetinović, Ž. (2005). *Razvoj metodologije i tehnoloških postupaka za formiranje digitalnog modela terena za teritoriju države*. Doktorska disertacija. Beograd: Građevinski fakultet.
9. Dragičević, S., & Filipović, D. (2016). *Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora* (Drugo izdanje). Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu.
10. Frančula, N. (2004). *Digitalna kartografija*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet. Preuzeto 22. maja, 2023., sa: https://www.researchgate.net/publication/279885724_Digitalna_kartografija
11. Frančula, N., & Lapaine, M. (2008). *Geodetsko-geoinformatički rječnik*. Zagreb, Republika Hrvatska: Državna geodetska uprava.
12. Gigović, Lj. (2010). Digitalni modeli visina i njihova primena u vojnoj analizi terena. *Vojnotehnički glasnik*, 58(2), 165-178. Preuzeto 30. maja, 2023., sa: <https://www.redalyc.org/pdf/6617/661772495012.pdf>
13. Govedarica, M., & Borisov, M. (2011). The analysis of data quality on topographic maps. *Geodetski vestnik*, 55(4), Novi Sad. Preuzeto 15. juna, 2023., sa: https://www.geodetski-vestnik.com/arhiv/55/4/gv55-4_713-725.pdf
14. Jovanović, G. (urednik i autor). (2010). *Fizičko-geografska karta "Crna Gora"* (R=1:400.000). Beograd: Intersistem kartografija.
15. Lozić, S. (1995). Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske. *Acta Geogr. Croatica*, 30, 17-28. Preuzeto 17. juna, 2023., sa: <https://hrcak.srce.hr/>

16. Lješević, M. (2012). *Strukturalna geomorfologija*. Nikšić: Geografsko društvo Crne Gore i Geografski institut Filozofskog fakulteta, Univerzitet Crne Gore.
17. Lješević, M., & Bakrač, S. (2013). *Kartografija za geografe*. Nikšić: Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet.
18. Magaš, D. (2002). Natural-geographic characteristics of the Boka Kotorska area as the basis of development. *Geoadria*, 7(1), pp.51-81. doi:10.15291/geoadria.127. Preuzeto 12. maja, 2023., sa: https://www.researchgate.net/publication/27194752_Natural-Geographic_Characteristics_of_the_Boka_Kotorska_Area_as_the_Basis_of_Development
19. Manić, M. (2014). *Metodologija izrade digitalnog modela terena opštine Babušnica*. Master rad. Niš: Univerzitet u Nišu, PMF. Preuzeto 13. juna, 2023., sa: https://www.pmf.ni.ac.rs/download/master/master_radovi_geografija/geografija_master_radovi/2014/2014-10-06-mm.pdf
20. Marinković, G., Ilić, Z., Lazić, J., & Grgić, I. (2019). Komparacija digitalnih modela terena: studija slučaja opština Bela Crkva i Brus. U: *11th International Scientific Conference "Science and Higher Education in Function of Sustainable Development"*, Mećavnik - Drvengrad, Užice, Serbia.
21. Maune, D. F. (2007). *Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual*. Bethesda, MD, USA: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
22. Medved, I., Pribičević, B., Medak, D., & Kuzmanić, I. (2010). Usporedba metoda interpolacije batimetrijskih mjerenja za praćenje promjena volumena jezera. *Geodetski list*, 2, 71-86. Preuzeto 15. juna, 2023., sa: <https://hrcak.srce.hr/>
23. Mihailović, K., & Vračarić, K. (1989). *Geodezija I*. Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
24. Miladinović, M. (2004). *Katastar nepokretnosti*. Beograd: Geokarta.
25. Ministarstvo održivog razvoja i turizma. (2015). *Mapiranje i tipologija predjela Crne Gore*. Podgorica: Ministarstvo održivog razvoja i turizma. Preuzeto 14. maja, 2023., sa: <https://www.gov.me/dokumenta/bc1290b5-2461-479e-9206-c4a505ef28f3>
26. Nikolić, G. (2017). *Prirodno-geografska i geoekološka obilježja geoprostora Boke Kotorske*. Nikšić: Institut za geografiju.
27. Pasinović, M. (1967). Položaj i tip naselja na obali Kotorskog zaliva. *Geografski horizont*, 3-4, 58-61.
28. Pasinović, M. (2013). Tekst: Priroda Boke kotorske u brojkama. *Dux Croatorum*, Tivat. Preuzeto 11. juna, 2023., sa: www.radiodux.me
29. Pavišić, N. (1976). *Osnovi kartografije*. Cetinje: Obod.
30. Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., & Racetin, F. (1974). *Kartografija*. Beograd: Vojnogeografski institut. Preuzeto 5. juna, 2023., sa: <https://www.scribd.com/document/526039346/Kartografija-Peterca-Miroslav>
31. Poslončec-Petrić, V., Frangeš, S., & Župan, R. (2002). *Prikaz reljefa na kartama sjenčanjem*. U Zbornik Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (61-70). Zagreb: Geodetski fakultet. Preuzeto 24. maja, 2023., sa: <https://www.researchgate.net/>
32. Radojčić, S. (2008). *Analiza horizontalne položajne tačnosti Digitalne topografske karte 1: 50.000 izdanja VGI*. Doktorska disertacija. Beograd: Vojna akademija.

33. Radulović, V. (2015, mart 12). Gdje su klizišta na primorju: Od Ulcinja do Boke [Intervju]. *Vijesti*. Preuzeto 28. maja, 2023., sa: <https://www.vijesti.me/vijesti/drustvo/191353/gdje-su-klizista-na-primorju-od-ulcinja-do-boke>
34. Riđanović, J. (1970). *Izgled i postanak zaljeva Boke kotorske*. Kotor - monografija, 15-16. Zagreb.
35. Samardžić, M., & Milenković, M. (2010). Shuttle radar topography mission – dostupnost podataka i ostvarena tačnost. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, HS(1), 51-72. Preuzeto 6. juna, 2023., sa: <https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-3593/2010/0350-35931001051S.pdf>
36. Stamenković, N., Šoškić, S., Kontić, M., Gigović, Lj., Regodić, M., & Bakrač, S. (2017). Modelling of thematic digital atlas of the Boka Kotorska Gulf within geographic information system. *Technical Gazette*, 24(5), 1627-1634. Preuzeto 31. maja, 2023., sa: <https://www.researchgate.net/>
37. Stanković, S. (2001). *Modern tendencies in cartography*. Beograd: Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu
38. Stanković, S., Maćejka, M., & Mladenović, T. (1979). Prilog proučavanju horizontalne i vertikalne razuđenosti Boke Kotorske. *Zbornik radova iz nauke, kulture i umjetnosti*, 10(II), 21-28. Preuzeto 30. maja, 2023., sa: <http://www.bibliotekahercegnovi.co.me/images/milos/BOKA/Boka10-II/Stevan%20M.%20Stankovic.pdf>
39. Stanković, V., & Milosavljević, Z. (2014). Političko rešenje slučaja Prevlaka. *Nacionalni interes*, 21(3), 267-283.
40. Stjepčević, J., Parenzan, P., Mandić, S., & Stjepčević, B. (1984). Kvalitativno-kvantitativna istraživanja Polychaeta unutrašnjeg dijela Bokokotorskog zaliva. *Studia Marina*, 15-16(1). Preuzeto 1. juna, 2023., sa: <http://www.studiamarina.ac.me/pdf/15-16/KVALITATIVNO%20KVANTITATIVNO%20ISTRAZIVANJE%20POLYCHAETA%20UNUTRASNJEG%20DIJELA%20BOKOKOTORSKOG%20ZALIVA.pdf>
41. Šehić, D., & Šehić, D. (2005). *Nacionalni atlas Crne Gore*. Podgorica: Monde neuf.
42. Šiljeg, A. (2013). *Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara - primjer PP Vransko jezero*. Doktorska disertacija. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet.
43. Uprava za zaštitu kulturnih dobara - područna jedinica Kotor. (2015). *Studija zaštite kulturnih dobara na području Opštine Kotor*. Kotor: Uprava za zaštitu kulturnih dobara.
44. Varga, M., & Bašić, T. (2013). Procjena kvalitete i usporedba globalnih digitalnih modela reljefa na ozemlju Republike Hrvatske. *Kartografija i geoinformacije*, 12(20). Preuzeto 6. juna, 2023., sa: <https://hrcak.srce.hr/file/177657>
45. Vlada Crne Gore. (2021). *Nacionalni plan zaštite i spašavanja od klizišta i odrona*. Podgorica: Ministarstvo unutrašnjih poslova Crne Gore. Preuzeto 14. juna, 2023., sa: <https://www.gov.me/dokumenta/c8ffc25c-7611-4874-adab-dff7c7046277>
46. Župan, R., & Frangeš, S. (2007). Mobilna kartografija. *Ekscentar*, 10, 102-107. Preuzeto 15. juna, 2023., sa: <https://hrcak.srce.hr/file/32573>

Web izvori:

- 3D-Mapper, dostupno na: <https://3d-mapper.com/>
- AllTrails, dostupno na: <https://www.alltrails.com>
- Earth Explorer, dostupno na: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Explore Google Earth, dostupno na: <https://earth.google.com/web/>
- General Bathymetric Chart of the Oceans, dostupno na: <https://www.gebco.net/>
- Geoportal Uprave za nekretnine Crne Gore, dostupno na: <https://geoportal.co.me/Geoportal01/>
- Google Maps, dostupno na: <https://www.google.com/maps>
- <https://3dvirtualheritage.me/me/blog/reljef-crne-gore-na-cetinju-majstorstvo-austrougarskih-kartografa> (29.06.2023.)
- <https://bokanews.me/izradena-nova-pomorska-karta-boke-kotorske/> (16.06.2023)
- <https://mediasfera.rs/2022/04/08/ksenija-matovic-karatoc-stijena-do-koje-nikada-nisam-doplivala43678/> (10.06.2023.)
- <https://medium.com/vrhovi-crne-gore/orjen-zuba%C4%8Dki-veliki-kabao-1-894-mnm-b57ce807a678> (11.06.2023.)
- <https://parksdinarides.org/specijalni-rezervat-prirode-tivatska-solila/> (10.06.2023.)
- <https://sharemontenegro.me/staze-boke-sva-imena-najveceg-ostrva-epizoda-44/> (28.05.2023.)
- <https://www.dinarskogorje.com/krivoscaronije.html> (17.05.2023.)
- <https://www.expoaus.org/me/podrucje-kotora-uso10> (19.05.2023.)
- <https://www.kotor.me/uploads/assets/skupstina/usvojene%20odluke/2014/14.08.2014/plan-zastite-i-spasavanja-konacan.pdf> (15.06.2023)
- <https://www.montenegro.org.au/krivosije.html> (11.06.2023.)
- <https://www.montenegrosbmarine.me/me/destinacije/o-boki-kotorskoj/> (28.05.2023.)
- <https://www.scribd.com/doc/88547051/Palate-Boke-Kotorske> (21.05.2023.)
- <https://www.vijesti.me/> (13.07.2023.)
- <https://www.vijesti.me/eu-vijesti/16489/dan-poslije-nevremena-herceg-novine-pamti-ovakvu-oluju> (15.06.2023)
- Mapcarta – The Open Map, dostupno na: <https://mapcarta.com/>
- Stare mape Crnogorskog primorja (Vincenzo Coronelli, 1688), dostupno na: <https://www.scribd.com/doc/88547051/Palate-Boke-Kotorske>