

UDC  
UDK 551.462 (497.12—14) = 863

## PRISPEVEK K POZNAVANJU IZOBLIKOVANOSTI PODVODNEGA RELIEFA SLOVENSKE OBALE

Milan Orožen Adamič\*

O izoblikovanosti podvodnega reliefa ob slovenski obali oziroma v Tržaškem zalivu je v naši geografski literaturi malo napisanega. Deloma je to razumljivo, ker so se enostavnejše potapljaške tehnike (potapljanje s stisnjenim zrakom) uveljavile in postale široko uporabne šele v zadnjih dvajsetih letih. Prva amaterska potapljaška organizacija v Sloveniji je bila ustanovljena leta 1956, čeprav segajo začetki potapljanja med Slovenci celo v leto 1937. Iz vrst Društva za raziskovanje morja in podvodne športe je nastal Center za podvodna raziskovanja, ki je v letu 1969 prerasel v Morsko biološko postajo Biološkega inštituta Univerze v Ljubljani, s sedežem v Portorožu. Morska biološka postaja je danes nosilec raziskovanj morja ob slovenski obali. Le deloma so bili v delo te ustanove vključeni tudi geografi, kot na primer dr. Bernot, v zvezi s proučevanjem klimatskih značilnosti. Vzporedno s tem so v Sloveniji zrasli številni potapljaški klubi, v katerih se sistematično goji potapljanje. Zahvaliti se moram Društvu za raziskovanje morja in podvodne športe, katerega član sem od leta 1965, da sem se lahko skupaj s tovariši več kot petnajst let potapljal v vodah Tržaškega zaliva in to na obeh straneh meje. Ob najrazličnejših priložnostih se je pokazalo, da so predstave o izoblikovanosti podvodnega reliefa v Tržaškem zalivu ob slovenski obali zelo skromne in pomanjkljive. Prav iz teh pobud je nastal ta prispevek, katerega namen je osvetliti pglavitne poteze podvodnega reliefa ob slovenski obali, opozoriti na nekatere posebnosti in ne nazadnje na nekatere stvari, ki bi jih bilo potrebno v bodoče podrobneje raziskati.

A. Melik (1960) je v opisu slovenskih pokrajin v četrti knjigi »Slovensko Primorje« podal oris Tržaškega zaliva, ki ga je opravil s pomočjo pomorskih kart in navajanjem izsledkov proučevanj nekaterih starejših raziskovalcev. Podvodnega reliefa se je v povezavi s proučevanjem geomorfologije Koprškega Primorja dotaknil tudi M. Šifrer (1965). Ob preučevanju poplavnih področij Rižane in Badaševice ter Dragonje in Drnice sta podvodni relief posredno obravnavala tudi D. Plut (1980) in M. Orožen Adamič (1980). O klifih, ki so v flišu ob naši obali zelo slikoviti, je pisal I. Gams (1970).

\* Mag., raziskovalni sodelavec, Geografski inštitut Antona Melika, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Novi trg 3, 61000 Ljubljana, YU.

Tržaški zaliv je od Jadranskega morja nekako ločen s črto, ki povezuje Savudrijski rt z Gradežem (Grado). Celotna obala Tržaškega zaliva je dolga približno 130 km, od tega je po podatkih Katastrskega urada v Kopru slovenska obala dolga 46,6 km. Dolžina obale kopna Jadranskega morja (jugoslovanski del) znaša 3.737 km (M. Buljan, M. Zore-Armanda, 1971, 138) z obalno črto, ki vključuje otoke pa je obala dolga kar 7.867 km. Slovenska obala je le majhen del (0,59 %) celotne jugoslovanske obale. Površina Tržaškega zaliva z navedeno omejitvijo z morske strani je približno 570 km<sup>2</sup>. Najdaljše diagonale tega mnogokotnika so med seboj oddaljene približno 33 km. Ob lepem vremenu in dobri vidljivosti so to razdalje, ki jih z vzpetin ob obali lahko opazujemo s prostim očesom in brez večjih težav dojamemo velikost in izoblikovanost obale Tržaškega zaliva.

V srednjem delu Jadrana je tako imenovani Palagruški prag z največjo globino okrog 170 m. Južnojadranska kotlina ima največjo globino okrog 1330 m. Severno od Palagruškega praga je Jabučka kotlina z največjo globino 243 m. Ta kotlina je proti severu vse bolj plitva. Srednja globina severne polovice Jadrana (severno od Palagruškega praga) je 81,5 m (M. Buljan, M. Zore-Armanda, 1971, 138). Globina v osrednjem delu Tržaškega zaliva ni nikjer večja od 25 m. Največje globine v Tržaškem zalivu so ob rtu Savudrija in ob Piranski Punt (rt Madona), in sicer 40 oziroma 37 m. Te največje globine so označene na starejših kartah, ko je bil v uporabi še vedno način merjenja z grezilom. Poleg tega so navedbe o največjih globinah na teh dveh mestih na različnih kartah različne. Dolej ti dve sicer nesporno ugotovljeni največji depresiji v Tržaškem zalivu nista podrobno izmerjeni z zadostnim številom točno izmerjenih in lociranih globin. Odstopanja od zgoraj navedenih največjih globin so na novejših pomorskih kartah tudi za 10 in več %. Pri potapljanju ob rtu Savudrija smo namerili največjo globino 36 m in pri Piranu 34 m. To globino pri rtu Savudrija, na samem obrobju Tržaškega zaliva, lahko smatramo za največjo globino. Ob slovenski obali je najgloblja točka nedaleč stran od rta Madona. Na priloženi karti smo na osnovi meritev ob potopih približno vrisali potek 30 metrske izobate. Za točnejšo lego izobate in nesporno ugotovitev ter lokacije največjih globin bi bilo potrebno s pomočjo posebne opreme opraviti vrsto podrobnih meritev. Dolej najpodrobnejša je batimetrična karta Piranskega zaliva v merilu 1 : 50.000, ki jo je sodelavci izdelal U. Ranko (1974) in objavil v študiji o sedimentih Piranskega zaliva. Na tej karti je ob rtu Savudrija vrisana 35 metrska izobata in pri Piranu 32,5 metrska izobata, kar potrjuje že opisane ugotovitve o največjih globinah v Tržaškem zalivu.

Z ozirom na litološko osnovo imamo v slovenskem delu Tržaškega zaliva naslednje tri pglavitne tipe obal in morskega dna ob njih: a) apneniške obale (apnenci paleocenske, turonske in deloma albijske starosti), b) flišne obale (srednji eocen) in c) obale z aluvialnimi holocenskimi in morskimi sedimenti. Ti litološki tipi so v osnovnih črtah značilni tudi za ves ostali del jugoslovanske obale. Razumljivo je, da se litološka osnova ob obali močno kaže tudi v neposrednem obalnem pasu pod vodo. Na priloženi karti smo posebej označili vsakega od navedenih litoloških tipov obale. Pas podvodnega površja od obalne linije navzdol, ko je pod vodo še mogoče zasledovati apnenec in fliš, je razmeroma ozek in omejen največ na nekaj deset do sto metrov. V globini med 10 in 15 metrov ob apneniških in flišnih obalah praviloma povsod naletimo na osrednje akumulacijsko ali se-



dimentno dno kadunje zaliva. U. Ranke (1974) je podrobno proučeval sedimente v Piranskem zalivu. Z ozirom na utežnostne deleže gline, mulja in peska je razdelil Piranski zaliv v 7 različnih sedimentnih območjih. Značilno je, da je v bližini akumulacijsko najintenzivnejšega nanašanja s kopna ob Sečoveljskih solinah (Dragonja in Drnica) prevladujoč delež gline in mulja. Peska v tem območju ni. Proti zunanjim delom Piranskega zaliva postopoma upada delež gline in mulja, hitro pa narašča delež peska. V območju Brajd, to je že povsem izven Piranskega zaliva (2 do 3 milje od obale), ne zasledimo več gline in mulja. Ob apneniški obali je delež peska v sedimentnem dnu večji kot ob flišni obali.

Osrednja uravnava s peščenim dnom v Tržaškem zalivu je bolj ali manj povsem ravna in je do 25 metrov globoka. Na večje razdalje so v osrednjem delu Tržaškega zaliva razlike v globini morja zelo majhne. Mejo osrednje uravnave Tržaškega zaliva približno omejuje 20 metrska izobata. Dvajset metrska izobata je linija, ki povezuje med seboj prečno čez zalive najbolj izpostavljene rte. Ob rtoma Savudrija in Madona je potek te izobate ob severni strani rtov usločen v zaliva. Ob teh dveh, v Tržaški zaliv najgloblje segajočih rtih, je na karti vrisana tudi 30 metrska izobata. Ob rtih so morski tokovi znatno močnejši kot ob ostalih delih obale. V tem delu Jadrana je po pomorski karti prevladujoč morski tok ob Istri navzgor in dalje proti Trstu s hitrostjo 0,8 vozla. V nasprotni smeri pa se občasno uveljavlja nekoliko šibkejši morski tok z 0,5 vozla. Povsem ob rtu je zaradi orografske ovire hitrost toka povečana. Podrobne meritve tokov na rtih Savudrija in Madona v različnih letnih časih, urah, globinah in za daljše opazovalno obdobje niso znane. Pri potapljanju na teh mestih smo mnogokrat ugotovili, da je morski tok tu znatno močnejši kot drugod. Pogosto smo opazili tudi menjavo smeri od SV na JZ ali obratno. Videti je, da je smer toka v povezavi z bibavico, ki je v tem delu Jadrana največja in povprečno 96 cm (M. Buljan, M. Zore-Armanda, 1971, 106). Prav tako smo lahko pogosto opazovali spremembo smeri toka z globino, kjer se je 10 ali 15 metrov globoko uveljavila površinskemu toku nasprotna smer, kot neke vrste povratni ali kompenzacijski tok. Ne nazadnje je prav zaradi plitvosti Tržaškega zaliva smer in jakost tokov v tesni povezavi s trenutno vremensko situacijo. Ob močnem in dolgotrajnejšem jugu prihaja do narivanja morske vode v zaliv in zabeležene so izredno visoke plime, tudi do 2 metra in več nad normalo (Izveštaj... 1977). Za podrobnejše poznavanje morskih tokov bi bilo potrebno natančnejše merjenje ne le površinskih tokov, temveč tudi vertikalnih razlik v smeri in jakosti tokov na večjem številu lokacij ob najrazličnejših vremenskih situacijah. Prav z lokalno močnejšimi morskimi tokovi ob rtih si lahko razlagamo nastanek obeh večjih depresij, katerih kotanja je v sedimentnem dnu. Pri potopih na obeh rtih smo lahko mnogokrat opazovali izredno moč morskih tokov, ki kot reka nosi s seboj posamezne organske in anorganske delce. Na obrobju kotanje nastajajo pravi grebeni-nasipi, ki se občasno premikajo in preoblikujejo. S pretežno severovzhodno usmeritvijo morskih tokov si lahko razlagamo, da je na severnih delih rta Savudrija in Piranskega polotoka 20 metrska izobata usločena v zaliv (glej priloženo karto). Zaradi stalnih in močnih morskih tokov je prišlo na teh mestih do razmeroma manjše sedimentacije morskega dna. Prav s tem si lahko razložimo nastanek obeh depresij. O tem nas prepričuje tudi to, da je naklon sedimentnega dna ob rtih v osredje obeh depresij neobičajno velik. Za vso ostalo površino, prekrito s sedimenti, je značilno, da je uravnana ali pa so od obal osrednjih delov zalivov proti 20 metrski izobati le

minimalni nakloni, ki jih je pod vodo zaradi omejenega zornega polja (do približno 20 m ob izredno dobrih pogojih) nemogoče objektivno zaznati. V Koprski zaliv pritekata Rižana in Badaševica, v Strunjanskega Strunjanski potok ter v Piranski zaliv Fazan, Jernejski potok, Drnica in Dragonja. Vse te vode, ki imajo obsežno in večinoma lahko erodibilno flišno zaledje, plavijo večje količine materiala v morje. Ker pa imajo vse te vode, zaradi izrazito hudourniškega značaja, občasno zelo veliko vode in tudi poplavljaajo, je ob takih prilikah nanašanje drobno suspendiranega materiala v morje zelo veliko (M. Orožen Adamič, 1980, D. Plut, 1980). Morje je daleč od obale ali v celem Piranskem zalivu zelo kalno. Z ozirom na velikost posameznega pritoka se je postopoma oblikovala večja ali manjša aluvialna holocenska ravnica z značilnimi lagunami ob morju. Še danes lahko ob slovenski obali, navkljub intenzivnim posegom človeka v ta prostor, zasledimo lagune ob morju. Večja je pri Kopru in manjša ob solinah v Strunjanu. Ni slučaj, da so prav ob teh plitvih delih obale uredili obsežne soline. Pridobivanje soli je je bilo v preteklosti eden najpomembnejših virov dohodka za Piran pa tudi Koper in Izolo. Najprej so opustili soline pri Kopru in manjše soline pri Izoli, po vojni pa soline v Luciji in del solin v Sečovljah. Regulirali so Rižano, Badaševico, Dragonjo in Drnico. Vendar vsa ta prizadevanja niso dala pričakovanih rezultatov, ker so posvečali premalo pozornosti hidrografskemu zaledju pritokov in niso bistveno vplivali na hudourniški značaj rek, ki dovajajo znatne količine plavja v morje. Z opuščanjem solarstva so se na teh površinah začele uveljavljati druge oblike izrabe (urbanizacija, marina, letališče itd.). Del solin v Sečovljah (Fontaniga) propada, nasipi so deloma porušeni in se postopoma uveljavlja nekdanja slika obale, kakršna je bila pred nastajanjem solin z lagunami in obsežnimi površinami, ki jih občasno zaliva morje.

Ob apneniških in flišnih obalah Tržaškega zaliva spremlja obrežni pas živoskalno dno, ki se v številnih manjših terasah (M. Šifrer, 1965) pod vodo spušča v rahlem naklonu do globine med 8 in 10 metri. V tej globini ( $9 \pm 1$  m) se uveljavi pregib s strmejšim skokom, ki sega vse do sedimentnega dna. Prav ta skok ali rob (to ime se je uveljavilo med potapljači) je najmarkantnejša oblika v tem tipu obalnega podvodnega reliefa. Naklon strmejšega spusta je lahko do  $70^\circ$  in je na najvišjem mestu ob rtu Madona pri Piranu do 10 m visok. Prav ta skok ali značilen prehod v nagibu skalnega dna zasledimo ob celi Jadranski obali. Posebej zanimiva je terasa na zunanjih, tektonsko pogojenih stenah Kornatskega otočja. Na globini  $9 \pm 1$  m je v steni polica, ki je široka en meter ali včasih celo več. Videti je, da je stopnja posledica daljšega zadrževanja površine morja v tej legi. Ob apneniških obalah, še zlasti pa na odsekanih strmih podvodnih stenah, je zaradi večje odpornosti kamnine rob izrazito opazen. V flišnem skalnem dnu, ki prevladuje ob slovenski obali, je rob veliko blažji, vendar še vedno močno izrazit. Podvodna priobalna ravnica ali uravnan zgornji del terase je v flišu zaradi manjše odpornosti kamnine nekaj širši kot v apnencu. Razumljivo je, da je izrazitost roba v odvisnosti od lege in odpornosti skladov litološke osnove. V notranjosti zalivov, kjer je globina morja manjša, potone rob v sedimentnem dnu. V razpravi o dilemah interstadialnih nivojev morja med zadnjo poledenitvijo navaja G.B. Thom (1973) številne citate in ugotovitve različnih avtorjev, ki so si enotni v tem, da je bila v tej dobi gladina morja drugačna in predvsem nižja od današnje. Thom navaja tudi številne nazlične in deloma sorodne hipoteze, ki se skladajo v tem, da je bila pred 37.000 leti gladina morja nižja za 10 do 30 metrov. Ali je to rob

oziroma terasa, o kateri govorimo, je še odprto vprašanje; treba bi ga bilo podrobno proučiti in dokazati. V osrednjem in južnem Jadranu, kjer so večje globine, se na stenah apneniških obal v globini med 30 in 40 m pojavlja večje število jam, polic, teras, ali podobnih oblik, ki pa niso tako lepo in pravilno ohranjene kot terasa v globini  $9 \pm 1$  m. Videti je, da lahko sklepamo na drug, verjetno še starejši nivo morja v tej legi. V Tržaškem zalivu te stopnje ne zasledimo, ker je preplitev. Izjemne globine v zalivu, kjer bi lahko naleteli nanjo pa so zapolnjene s sedimenti, in skalna osnova ni odkrita.

Vrtač ali skalnih plitvin v Tržaškem zalivu ni, če ne štejemo plitvin ob koncu Savudrijskega polotoka, ki že bolj sodijo k apneniški istrski obali. Vse te plitvine Gobo (Grbo),\* Jakomo (Jakovlja),\* Piranor in Buje so v globini okrog 10 metrov. Omeniti velja še Brajde, to je območje, ki je 2—3 milje od obale (od rta Madona) s peščenim dnom, brez ostrih ali jasnih omejitev. To je osrednji del Tržaškega zaliva, kjer prevladuje pesek in se uveljavljajo svojske biološko-ekološke razmere.

Ob apneniški obali Piranskega zaliva (od Kanegre proti rtu Savudrija) smo ob potapljanjih opazili tri izvire sladke vode (vrulje) pod gladino morja, ki niso tako izrazite, močne in stalne, kot jih poznamo na primer v Kvarnerskem zalivu. Ti podvodni izviri občasno in v poletnih mesecih lahko povsem presahnejo. Pod vodo smo večkrat opazili izrazito mešanje sladke in slane vode (značilna motnost). Dalje ob obali pri Sečoveljskih solinah in naprej proti Kaštelu je vrsta izvirov sladke vode, ob katerih so urejena zajetja za napajanje vodovoda. Na priloženi karti so označena mesta, na katerih smo opazili vrulje. Vsi izviri sladke vode ob tej obali imajo zaradi svojega kraškega zaledja značilnosti kraških izvirov. Ob flišnih obalah ne zasledimo podvodnih izvirov, ker so tu v veljavi normalne hidrografske razmere.

V tem prispevku so orisane poglobitvene poteze podvodnega reliefa v Tržaškem zalivu, s posebnim ozirom na slovensko obalo. Na italijanski strani zaliva se uveljavljajo enake lastnosti. Od Gradeža (Grado) do izliva Timava v morje so obsežne akumulacijske plitve obale z lagunami in največjim pritokom v Tržaški zaliv, Sočo. Od izliva Timava v morje pa vse do Trsta je apneniška obala Krasa. Pod vodo je tu več izvirov sladke vode. Pod Nabrežino in pri Miramarskem gradu je lepo viden rob v globini okrog 9 m. Rosandra in Osapska Reka sta v Miljskem zalivu oblikovali akumulacijski tip obale. Dalje proti Debelemu rtiču se, s preledkom v zalivu Svetega Jerneja, nadaljuje flišni tip obale.

Zaradi tradicionalne in razmeroma intenzivne poselitve ob obalah Tržaškega zaliva so obsežni deli obalnega pasu znatno preoblikovani z nasipi, pristanišči itd. Urbanizacija neposrednega obalnega pasu je bila in je še vedno zelo intenzivna. Na večjih krajih so zasuli del morja in utrdili obalo. Koristno bi bilo s stališča varstva narave izdelati čim podrobnejše vrednotenje obale in podvodnega sveta z namenom, da bi ohranili v čim bolj neokrnjeni obliki del obale bodočim rodovom.

\* Imeni Gobo in Jakomo sta udomačeni med potapljači; v oklepaju navedeni imeni sta uporabljeni na pomorski karti.

## Literatura

- Bernot, F., 1970, Vzroki poplav v Slovenskem Primorju. Razprave-Papers 12, Ljubljana.
- Bernot, F., 1971, Spreminjanje temperaturnih in slanostnih razmer severnega Jadrana v korelaciji z dotokom rečne vode (disertacija). Ljubljana.
- Buljan, M., Zore-Armanda, M., 1971, Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije. Inštitut za oceanografiju i ribarstvo, Split.
- Gams, I., 1970, Severna obala Strunjskega polotoka. Proteus I 33, št. 2, 56—62, Ljubljana.
- Izveštaj o mareografskim osmatranjima na Jugoslovenskoj obali Jadrana 1977. Hidrografski inštitut JRM, Split.
- Koršič, M., 1975, 30 let slovenskega pomorstva 1945—1975. Založba Lipa, Koper.
- Melik, A., 1960, Slovenija, Slovensko Primorje. Slovenska matica, Ljubljana.
- Orožen Adamič, M., 1980, Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dražnjah in Drnici. Geografski zbornik XIX/1979, Ljubljana.
- Plut, D., 1980, Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Rižani in Badaševici. Geografski zbornik XIX/1979, Ljubljana.
- Ranke, U., 1974, Die Sedimente des Golfs von Piran (disertacija). Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität, Göttingen.
- Šifrer, M., 1965, Nova geomorfološka dognanja v Koprskem Primorju. Geografski zbornik IX/1965, Ljubljana.
- Štirn, J., 1977, Onesnaževanje našega obalnega morja in osnovne naloge varstva njegovega okolja. Slovensko morje in zaledje I/1, 1977, 167—176, Koper.
- Thom, B.G., 1973, The dilemma of high interstadial sea levels during the last glaciation, Progress in Geography. International Reviews of Current Research, Volume 5, Edward Arnold, 164—246, London.

**A CONTRIBUTION TOWARDS THE STUDY OF THE MORPHOLOGY  
OF THE UNDERWATER RELIEF ALONG THE SLOVENE COAST**

Milan Orožen Adamič

(Summary)

On the morphological characteristics of the underwater relief in the Bay of Trieste little has been so far written in the geographical literature. The present article is intended to point out some specifics and call attention to questions that will require detailed investigation in the prospective future.

The Bay of Trieste is the northernmost part of the Adriatic. The Slovene coast has a length of not more than 46.6 km, hence a very small part of the total Yugoslav (0.59%). Nowhere in the central part of the Bay of Trieste is the depth of the sea bigger than 25 m. The two biggest depths here are near the Savudrija cape and the Madona cape near Piran. These two depressions have not been investigated in any detail (cf. the Map). Divers measuring the depth at Savudrija found the biggest depth to be 36 m, and at Piran 34 m. In this part of the Adriatic the predominant sea-current flows upwards the peninsula of Istria and then towards Trieste, with the speed of 0.8 knot. In the opposite direction there runs from time to time a weaker sea-current, with the speed of 0.5 knot. It is only the locally stronger sea-currents along the capes which can account for the formation of the above-mentioned two stronger depressions, the synclinal formation of which is in the sediment bottom. When diving, it was at both points possible to observe on a number of times an extraordinary force of the sea-currents carrying along like a river individual organic and anorganic particles.

As regards the lithologic basis there are in the Slovene part of the Bay of Trieste three main types of coasts and sea-bottoms along them: a) limestone coast, b) flysch coast, and coasts with alluvial Holocene or sea sediments. It is only natural that the lithological basis of the ground along the coast is matched also by that of the nearby underwater belt. In the depth between 10 and 15 m along the limestone and flysch coast there are regularly central accumulation bottoms of the synclinal formation of the bay. In the depth of  $9 \pm 1$  m there is on the rocky underwater bottom a fold with a steeper leap reaching right down to the sediment bottom.

It is this leap, a term current among the divers, which represents the most outstanding form in this type of the underwater relief. This points to a possibility that another, older level of the sea at this point might be proved. In fact such a level can be traced all along the Adriatic coast.

Along the coast of the Savudria peninsula there are also several weaker, seasonal under springs of fresh water.

In several places urbanization processes involved the filling up and stabilizing of the coast. This immediate coast belt has undergone great changes due to man's activity. The salt-pans here also have a centuries-long tradition.