

## PALEOGEOGRAFSKE PROMJENE U JADRANSKOM MORU OD VIRMSKOG MAKSIMUMA DO DANAS

TOMISLAV ŠEGOTA

UDK 551.46.551.79.(497.13)

### Uvod

U istraživanju prirode doista nema granica odnosno definitivnih rješenja, jer sve što se istražuje zapravo je tek »načeto«. U paleogeografiji još je teže jer obično postoje samo fragmentarni podaci. Osim toga, otkrivaju se novi faktori i parametri koji u početku nisu bili poznati, ili su se tek nazirali. Tako je i s istraživanjem paleogeografskih promjena u Jadranskom moru u geološki najmlađem razdoblju, u ovom slučaju od maksimuma virmskog glacijala (prije 25 000 godina) do danas.

U početku (T. Šegota 1968, sl. 4), u skladu s ondašnjim znanjem, paleogeografske promjene shvaćene su nešto simplificirano; one su prikazane isključivo kao posljedica glacioeustatičkih gibanja razine svjetskog mora. Zavala Jadranskog mora shvaćena je kao »pasivno« tjelelo koje se samo ispunjavalo ili ispražnjivalo vodom svjetskog mora u interglacijalima, odnosno glacijalima. Gibanje razine svjetskog mora može se prikazati jednadžbom

$$Y_{RSM} = 0.015\,208\,x^3 - 0.085\,x^2 + 0.722\,x. \quad (1)$$

Uvrštenjem  $x = 25\,000$ , dobiva se 96.4 m niža razina svjetskog mora prije 25 000 godina nego što je danas. Isto tako, uvrštenjem u jednadžbu  $x = 10\,000$ , dobiva se 30.99 m niža razina prije 10 000 godina (kraj virma ili početak holocena) od današnje.

Dakle, najniži položaj morske razine u maksimumu virma bio je 96 m niži od današnje. Tako se raspodjela kopna i mora u Jadranskom moru mogla lako odrediti. Trebalo je samo ucrtati izobatu od 96 m i tako se došlo do obale Paleo-Jadranskog mora prije 25 000 godina, ili pak »izvući« izobatu od 31 m da se dobije obala Jadrana na samom početku holocena.

Budući su u tom geološki kratkom razdoblju dominantno značenje imali relativno brzi glacioeustatički pokreti morske razine, rezultati su onda sasvim zadovoljavali, jer je djelovanje drugih faktora u tom razdoblju bilo znatno slabije. To bi značilo da daljnja istraživanja vjerojatno neće bitno izmijeniti paleogeografsku sliku Jadrana u spomenutom razdoblju; bit će to samo korak dalje od već poznate slike ovog procesa (L. De Marchi 1922, J. Roglić 1962, T. Šegota 1968, T. Šegota 1982).

Spuštanje zavale Jadranskog mora odavno je poznata geološka činjenica, pa se pokušalo i kvantitativno odrediti veličinu i intenzitet tog procesa ekstrapolacijom mareografskih podataka iz Bakra (T. Šegota 1976). U tom je radu utvrđeno da se spuštanje zavale Jadranskog mora (ili barem jednog njena dijela) može prikazati jednadžbom

$$Y_{SKB} = 0.606\,9\,x. \quad (2)$$

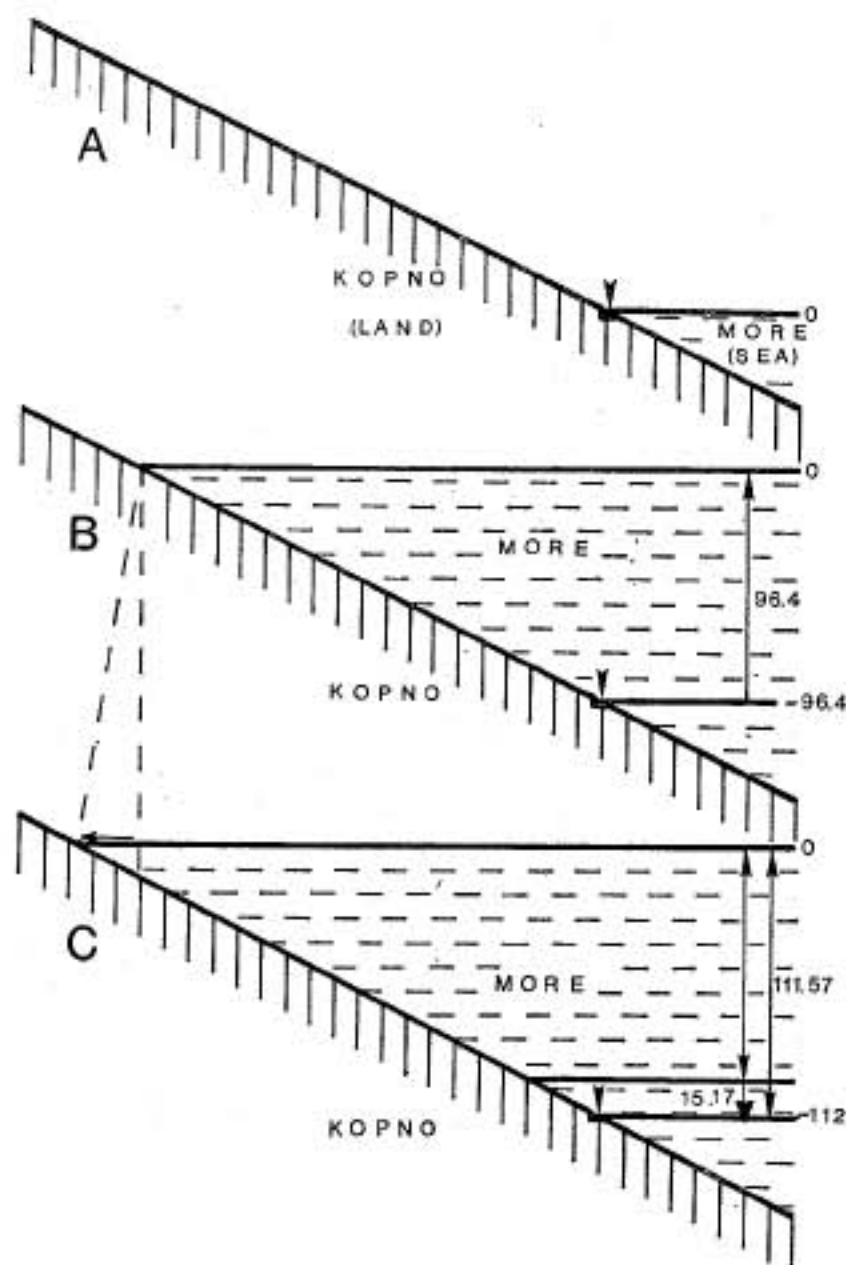
Koeficijent  $a = 0.606\,9$  pokazuje da se podmorje Jadranskog mora spuštalo 0.606 9 mm godišnje. Time se u istraživanje paleogeografskih promjena u Jadranskom moru mogao uvesti još jedan parametar: kontinuirano spuštanje jadranskog podmorja (u odnosu na Zemljin radius). U ovom se radu istražuju paleogeografske posljedice spuštanja jadranskog podmorja. Ekstrapolacijom, odnosno uvrštavanjem brojeva 25 000 (godine maksimuma virma) i 10 000 (godina početka holocena) u jednadžbu (2), dolazi se do rezultata 15.17 m (ili okruglo 15 m) spuštanja Jadrana od maksimuma virma (prije 25 000 godina) do danas, te za 6.06 (okruglo 6 m) od početka holocena (prije 10 000 godina) do danas. Jedan dio korekture dosadašnje paleogeografske slike treba pripisati i novijim rezultatima batimetrijskih istraživanja (F. Racetin 1979).

### Mehanizam paleogeografskih promjena

Da bi se što lakše shvatili rezultati (odnosno pretpostavke), najprije je potrebno objasniti shemu ovih promjena, odnosno procesa. 1. Kolebanje morske razine Jadrana određeno je, odnosno isto je kao i kolebanje razine svjetskog mora (u odnosu na Zemljin radius). 2. Uzima se da se podmorje Jadrana konstantno translacijski spuštalo, tj. u svim dijelovima spuštalo se za isti iznos, bez obzira da li se morska razina istovremeno spuštala ili izdizala. Radi se, dakle, o interferenciji dvaju procesa različite veličine, intenziteta i smjera. 3. Spuštanje podmorja (odnosno zavale) Jadranskog mora shvaćeno je samo kao isključivo vertikalno gibanje, odnosno spuštanje (u odnosu na Zemljin radius); nikakvi horizontalni pokreti u posljednjih 25 000, odnosno 10 000, godina nisu uzeti u obzir.

Jednostavnosti i zornosti radi, cijeli proces ćemo svesti samo na početnu i dvije završne fa-

ze, koje su — opet radi iste namjere — prikazani odvojeno. Na kraju faze A (sl. 1) prikazan je



Sl. 1. Tri faze u postanku fosilne virmske obale ili terase. A, položaj morske razine u maksimumu virma. B, morska razina se za 25 000 godina izdigla za 96.4 m. C, u istom razdoblju dno Jadranskog mora se spustilo za 15.17 m

Fig. 1. Three phases in the development of the fossil Würm submarine terrace or coast. A, the sea level position in the maximum of Würm Glacial. B, Sea level in 25 000 years lowered by 96.4 m. C, at the same period the Adriatic Sea bottom subsided by 15.17 m

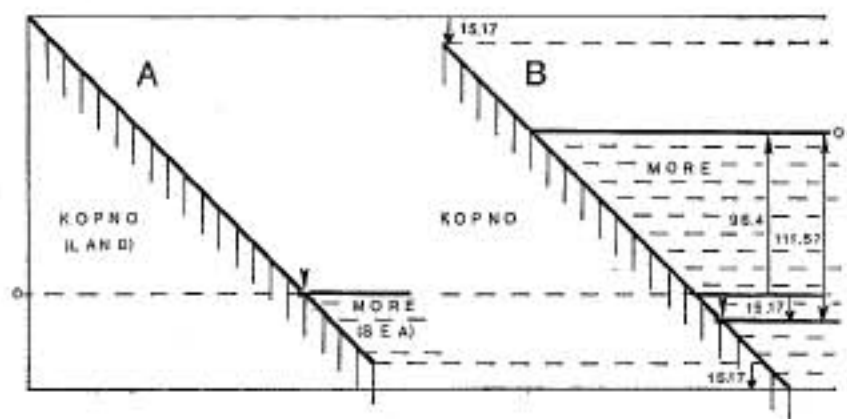
položaj morske razine (shema namjerno podsjeća na jadransko podmorje) u momentu najnižeg položaja razine svjetskog mora u maksimumu virma, tj. prije 25 000 godina. Bila je to »nulta razina« u maksimumu virma. (Pod »maksimumom« misli se na najnižu temperaturu i najveću akumulaciju leda na kopnu u virmskom glacijalu.) Ali, isto je tako važno istaći da je u tom »istom momentu« jadransko podmorje, odnosno dno, bilo 15.17 m više nego danas. Na toj je razini abradirana terasa ili fosilna obala (označeno pre-gibom i malom strelicom).

Do kraja faze B uzeli smo da se u 25 000 godina morsko dno nije spustilo nego da se samo izdigla razina mora u vezi s deglacijacijom na

kopnu. Tako se morska razina (za 25 000 godina) izdigla za 96.4 m, a njen današnji položaj označen je s »O«. Abradirana virmska terasa ili fosilna obala je dakako preplavljena morem (i prekrivena, »zamaskirana« sedimentom).

U fazi C dodano je još i spuštanje jadranske zavale; tako je dobivena konačna slika, ali samo u završnom momentu, onako kako je danas, a ne kako je bilo u toku cijelog procesa. Tako se za 25 000 godina jadransko dno spustilo za 15.17 m, dok se u istom tom razdoblju morska razina (faza B) izdigla za 96.4 m. To znači da se fosilna virmska obala ili terasa koja je abradirana prije oko 25 000 godina zbog spuštanja danas nalazi na dubini 112 m ( $96.4 + 15.17 = 111.57$ ). Važno je istaći: 96.4 m niža morska razina prije 25 000 godina nije mogla abradirati terasu na toj dubini zato jer je u toj godini dno Jadrana bilo 15.17 m više nego danas (odnosno u fazi C). Kod takve raspodjele visine, odnosno veće visine morskog dna nego danas, terasa ili obala mogla je biti abradirana samo nešto dalje prema dubljem dijelu zavale Jadrana. (Jednostavno pravilo iz paleogeografije: Ako se obala i dno izdižu, obalna će crta biti dalje prema pučini.)

Postoji još jedna posljedica spuštanja dna, ali na drugoj strani zavale: na kraju faze C, kao posljedica 15.17 m nižeg morskog dna (nego u fazi A), transgredirajuće more prodrlo je nešto



Sl. 2. Usporedba promjene razine svjetskog mora i dna Jadranskog mora. A, položaj razine svjetskog mora u maksimumu virma. B, današnja situacija nakon izdizanja morske razine za 96 m i tonjenja morskog dna za 15 m

Fig. 2. The comparison of world sea level and the Adriatic Sea bottom. A, the world sea level in the Würm Glacial maximum. B, the present situation after the sea level uprising by 96 m and the sea bottom subsidence by 15 m

dalje na sjeverozapad (nego što bi bilo da se morsko dno nije spuštalo), za onoliko koliko je prikazano horizontalnom strelicom usmjerenoj u lijevo. (Suprotna varijanta spomenutog paleogeografskog pravila: Transgredirajuće će more prodrjeti dalje u kopno ako se obala, odnosno more i kopno uz nju, spušta.) Ukratko, dva protusmjerna procesa — izdizanje morske razine i istovremeno spuštanje morskog dna — uzrok su

da se terasa ili fosilna obala, abradirana prije 25 000 godina (kod razine svjetskog mora 96.4 m nižoj nego danas, i dna mora 15.17 m višeg nego danas), nalazi danas na 112 m dubine! Spuštanje jadranske zavale rezultiralo je činjenicom da je Jadransko more za posljednjih 25 000 godina preplavilo veći dio kopna prema sjeverozapadu (faza C na lijevom kraju označeno strelicom) nego što bi to bilo u slučaju da se dno Jadrana nije spuštalo.

Na sl. 1. nastojalo se istaći ono najvažnije: Usprkos svim gibanjima, horizontalni položaj fosilne virmske obale (terase) nije se mijenjao; mijenjala se samo njena visina u toku cijelog promatranog razdoblja. Svaka njena točka bila je na »istim« geografskim koordinatama na kojima se nalazi danas; ono što se mijenjalo, njena je visina u odnosu na Zemljin radius ili dubina u odnosu na razinu mora.

Budući da najvažniji zaključak proizlazi iz razumijevanja ove sheme, sav opisani proces može se prikazati i nešto drukčije, onako kako se vidi na sl. 2. Težište je postavljeno na objašnjenje postanka fosilne obale u jednoj točki i nje-

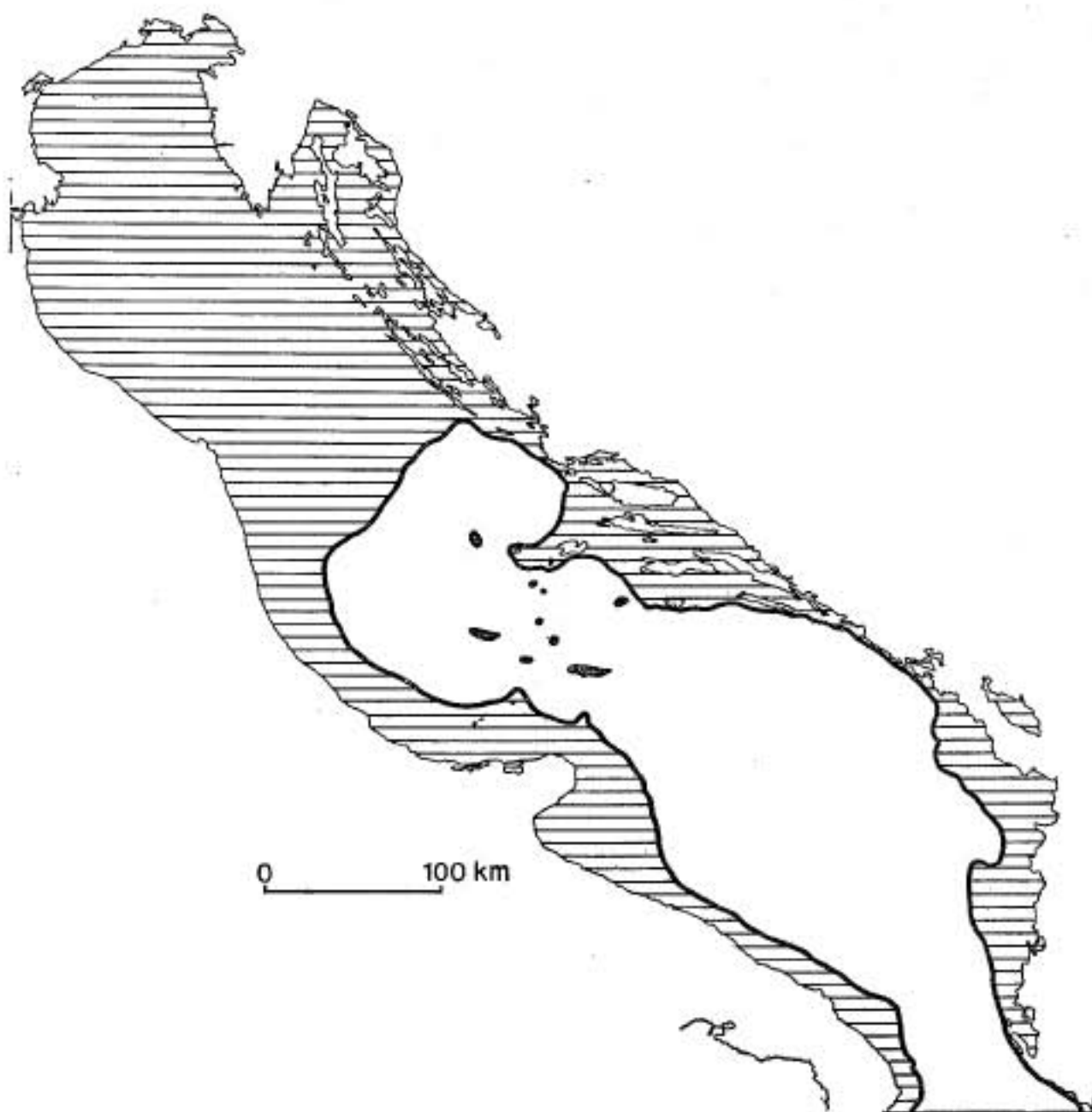
nog početnog i današnjeg položaja kad su svi dosadašnji procesi došli do kraja, s tim da se istakne i lakše shvati posljedica promjene razine svjetskog mora i dna Jadrana (za razliku od isticanja položaja fosilne obale na sl. 1).

U fazi A, prije 25 000 godina, razina svjetskog mora nalazila se na najnižoj razini označenoj nulom. Dno Jadranskog mora bilo je 15 m više nego danas. U takvoj situaciji abradirana je fosilna obala virmskog maksimuma. (Ona je označena pregibom i malom strelicom.)

Profil B prikazuje završno stanje nakon 25 000 godina, odnosno kako izgleda danas. U tom razdoblju morska se razina izdigla za 96.4 m, a dno Jadranskog mora — a s njim i fosilna virmska obala — spustila se 15.17 m, pa se tako ta podmorska terasa danas nalazi na dubini 112 m.

### Rezultati

Sve bi to dovelo do zaključka da bi (današnja) izobata od 112 m (dosta točno) prikazivala obalu Jadranskog mora u maksimumu virmskog glacijala (prije 25 000 godina).



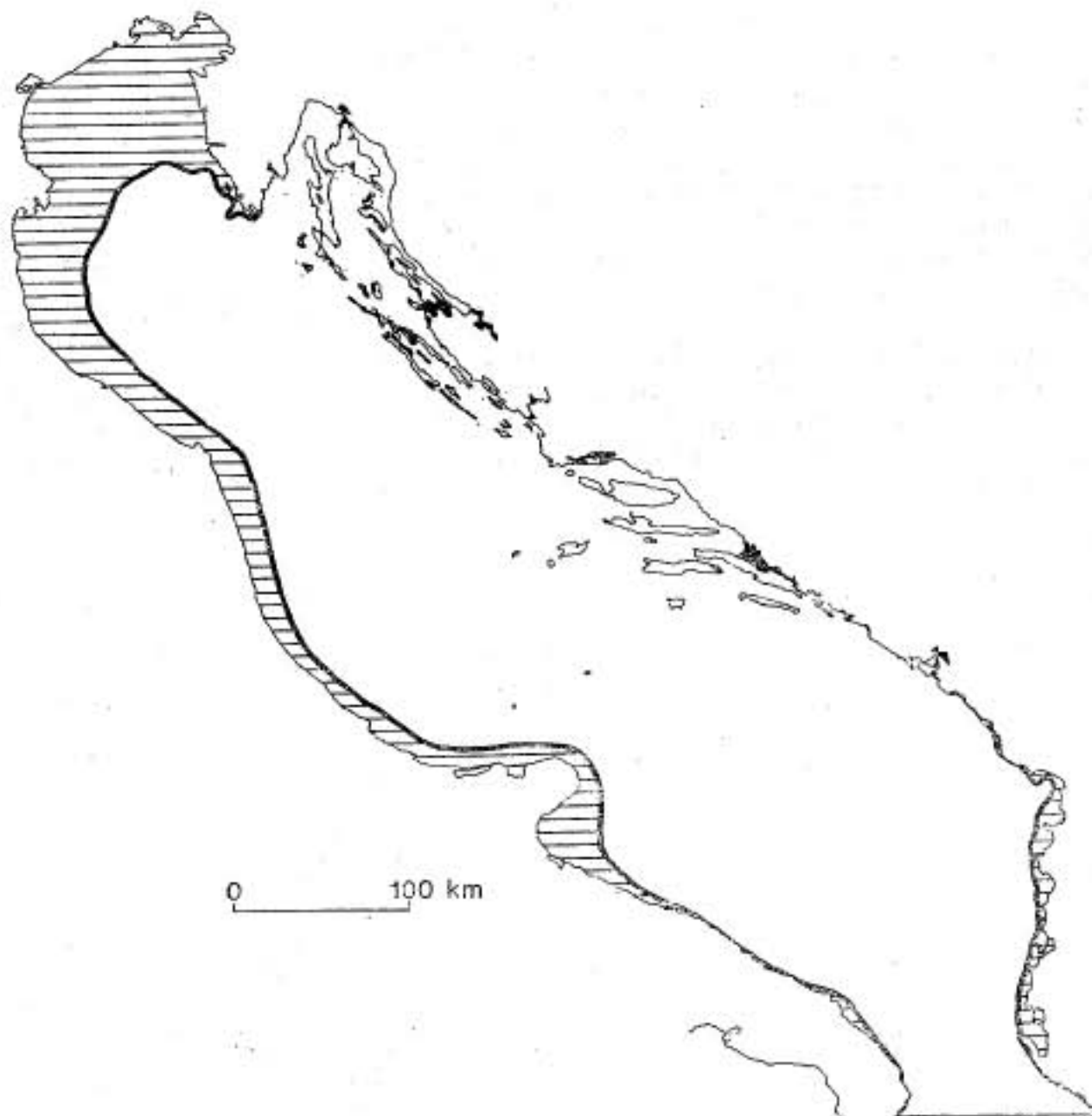
Sl. 3. Raspodjela kopna i mora u maksimumu virma, prije 25 000 godina. Obala Paleo-Jadranskog mora podudara se sa današnjom izobatom od 112 m

Fig. 3. Land and sea distribution in the area of the Adriatic Sea in the Würm Glacial maximum, 25,000 years ago. The Palaeo-Adriatic coast is identical with the 112 m isobath

Na sl. 3 prikazana je raspodjela kopna i mora u maksimumu virmanskog glacijala. Odmah se opaža da su najveće promjene bile na sjeverozapadu (odnosno u sjevernom Jadranu) koji je sav bio kopno. Svi naši otoci bili su spojeni s kopnom. U ondašnjem Jadranskom moru bilo je nekoliko manjih otoka (Palagruža, Sušac i drugi gdje su danas plićine). Široko kopno bilo je pred

obalom današnje Albanije i Italije, a jako se sužavalo pred našom strmijom obalom od Mljeta do Boke Kotorske i od Drvenika do Žirja.

Po istoj shemi, na sl. 4 prikazana je raspodjela kopna i mora na samom početku holocena, prije 10 000 godina, uz pretpostavku da se podudarala s



Sl. 4. Raspodjela kopna i mora na početku holocena, prije 10 000 godina. Obala Paleojadranskog mora podudara se sa današnjom izobatom od 37 m

Fig. 4. Land and sea distribution at the beginning of the Holocene, 10,000 years ago. The Palaeo-Adriatic Sea coast is identical with the 37 m isobath

današnjom izobatom od 37 m. I u ovom slučaju, najveće su razlike prema današnjem stanju bile u najsjeverozapadnijem dijelu Jadrana. Gotovo sva Istra bila je spojena sa sjevernom Italijom. Najmanje razlike prema sadašnjem stanju postoje na praktički cijeloj obali od Istre do albanske granice. Kopno je bilo nešto prostra-

nije samo na ušću Neretve, u Kaštelanskom zalivu, između Ravnih kotara i otoka Paga, te u Novigradskom moru. U svim ostalim dijelovima naše obale razlike su bile tako malene da se gotovo i ne primjećuju na karti s takvim mjerilom (pa se umjesto iscrtkavanja primijenila crna boja).

## Summary

## PALEOGEOGRAPHIC CHANGES IN THE ADRIATIC SEA FROM WÜRM GLACIAL MAXIMUM TO RECENT

by

Tomislav Šegota

This article is the continuation of the author's previous work. In the article published in 1968 the land and sea distribution was supposed to be a consequence solely of the glacioeustatic movements of the world sea level. Later on, in the 1976, was confirmed a subsidence of the Adriatic Sea bottom. This is the reason that the palaeogeographic changes have been somewhat more complex than previously have been supposed. Fig. 1 and 2 explain the present position of the Würm maximum submarine terrace

or the coast as a result of the universal sea level rise and the subsidence of the Adriatic Sea bottom. The Würm maximum sea coast is now at a depth of 112 m, and the coast at the beginning of the Holocene was 37 m lower than now. Fig. 3 and 4 present the distribution of land and sea in this area 25,000 and 10,000 years ago respectively. A certain part of improvements is the result of much better depth data from the latest bathimetric chart of the Adriatic Sea published by F. Racetin (1979).

## LITERATURA:

Marchi L. De: Variazioni del livello dell'Adriatico in corrispondenza colle espansioni glaciali, Atti della Accademia Scientifica Veneto-Trentino-Is-triana, vol. 12-13, ser. 3, 3-15, Padova, 1922.

Racetin F.: Kartografska istraživanja namijenjena predstojećem hidrografskom premjeru otvorenog Jadrana Raydistom, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova, Niz B — Dizertacije — Svezak broj: 3. Zagreb, 1979.

Roglić J.: Reljef naše obale, Pomorski zbornik 1, 3-18, Zagreb, 1962.

Šegota T.: Morska razina u holocenu i mlađem Würmu, Geografski glasnik 30, 15-39, Zagreb, 1968.

Šegota T.: Promjena razine Jadranskog mora prema podacima mareografa u Bakru i Splitu, Geografski glasnik 38, 301-312, Zagreb, 1976.

Šegota T.: Razina mora i vertikalno gibanje dna Jadranskog mora od ris-virmskog interglacijala do danas, Geološki vjesnik 35, 93-109, Zagreb, 1982.