

POVRŠINA HRVATSKOGA MORA

Nedjeljko Frančula, Miljenko Lapaine

Hrvatski morski i podmorski prostor

Podatak o površini neke zemlje, koliko god se činio trivijalnim, nije uvijek i do kraja jednoznačan. Neposredno nakon državnog osamostaljenja u Hrvatskoj se najčešće pojavljivao podatak o površini od 56.538 km². Taj se podatak odnosio samo na kopnenu površinu, uključujući i površinu otoka. No ubrzo se pokazalo da je taj prvotni podatak bio neprecizan. Primjerice, u izdanjima Statističkog ljetopisa iz druge polovice 1990-ih godina navode se različiti podaci o površini hrvatskoga kopna od 56.610 km² (1995), odnosno 56.642 km² (1997). Vodeći, pak, hrvatski geodetski stručnjaci, Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine sa Zagrebačkog sveučilišta, zajedno sa suradnicima, u više su članaka u strukovnim glasilima i na znanstvenim skupovima iznosili rezultate vlastitih mjeranja prema kojima površina hrvatskoga kopna iznosi 56.488 km². Za Hrvatsku reviju Frančula i Lapaine priredili su prilog o površini hrvatskog mora, druge sastavnice državnog teritorija. Donose precizne podatke o površini morskog prostranstva pod hrvatskim suverenitetom, odnosno pod nekim oblikom hrvatske jurisdikcije. Osim točnih podataka o površinama autori iznose i metodu kojom su površinu odredili te napisljetu daju i prijedloge budućih postupaka s ciljem točne definicije granične crte i državne površine na kopnu i moru.

Ustav Republike Hrvatske u 2. članku propisuje da se suverenitet Republike Hrvatske prostire nad njezinim kopnenim područjem, rijekama, jezerima, prokopima, unutrašnjim morskim vodama, teritorijalnim morem te zračnim prostorom iznad tog područja. Republika Hrvatska ostvaruje, u skladu s međunarodnim pravom, suverena prava i jurisdikciju u morskim područjima i u podmorju Jadranskoga mora izvan državnog područja do granice sa susjedima.

Bivša Jugoslavija potpisala je i ratificirala 1966. godine sve četiri konvencije donijete na Prvoj konferenciji UN-a o pravu mora. Republiku Hrvatsku od 8. listopada 1991. obvezuju prve tri konvencije (Narodne novine — Međunarodni ugovori br. 1/92).

Na kraju zasjedanja Treće konferencije UN-a o pravu mora 1982. donijeta je konvencija koja je stupila na snagu 16. studenoga 1994., a Hrvatska joj je pristupila 5. travnja 1995.

Pomorski zakonik donijet 1994. godine detaljno određuje hrvatski morski i podmorski prostor te uređuje sigurnost plovidbe, materijalnopravne odnose, režim pomorskog dobra i drugo.

Unutrašnje morske vode. U čl. 7. Pomorskog zakonika (1994) navedeno je da hrvatske unutrašnje morske vode obuhvaćaju luke i zaljeve na obali kopna i otoka te dijelove mora između crte niske vode na obali kopna i ravne polazne crte za mjerjenje širine teritorijalnog mora. Budući da se uz našu obalu Jadranskog mora proteže lanac otoka koji doslovno prati crtu obale i s obalom zatvara povezan prostor, mogla se vanjska granica unutrašnjih

morskih voda, odnosno polazna crta od koje se mjeri širina teritorijalnog mora, premjestiti na vanjske obale tih otoka.

Polazna crta. Polazne crte bivše Jugoslavije prvi put se pojavljuju u Zakonu o obalnom moru 1948., proširene su 1965. u Zakonu o obalnom moru i epikontinentalnom pojusu te dopunjene Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o obalnom moru, vanjskom morskom pojusu i epikontinentalnom pojusu iz 1979. godine. Jugoslavenske polazne crte nisu nikada osporavale druge države te ih je Hrvatska nastavila primjenjivati.

U čl. 19. hrvatskoga Pomorskog zakonika određeno je da polaznu crtu čine:

- 1) crte srednje niske vode uzduž obala kopna i obala otoka
- 2) ravne crte koje zatvaraju ulaze u luke ili zaljeve,
- 3) ravne crte koje spajaju sljedeće točke na obali kopna i na obali otoka:
 - a) rt Zarubača — jugoistočni rt otoka Mrkan — južni rt otoka Sv. Andrija — rt Gruj (otok Mljet)
 - b) rt Korizmeni (otok Mljet) — otok Glavat — rt Struga (otok Lastovo) — rt Veljeg mora (otok Lastovo) — jugozapadni rt otoka Kopiste — rt Velo danče (otok Korčula) — rt Proizd — jugozapadni rt otoka Vodnjak — rt Rat (otok Drvenik mali) — hrid Mulo — hrid Blitvenica — otok Purara — otok Balun — otok Mrtovac — otok Garmenjak veli — točka na Dugom otoku s koordinatama $43^{\circ}53'12''$ sjeverne geografske širine i $15^{\circ}10'00''$ istočne geografske duljine
 - c) rt Veli rat (Dugi otok) — hrid Masarine — rt Margarina (otok Susak) — pličina Albanež — otok Grunj — hrid Sv. Ivan na pučini — pličina Mramori — otok Altiež — rt Kastanija. Polazne crte ucrtane su na pomorskoj karti *Jadransko more* koju izdaje Državni hidrografski institut (sada Hrvatski hidrografski institut), prvo izdanje 1. ožujka 1971., novo izdanje 15. studenoga 1980.

Teritorijalno more. Hrvatsko je teritorijalno more morski pojas širok 12 morskih milja, računajući od polazne crte u smjeru gospodarskog pojasa (čl. 19. Pomorskog zakonika, 1994). Vanjska je granica teritorijalnog mora crta kojoj je svaka točka udaljena 12 morskih milja od najbliže točke polazne crte (čl. 20. Pomorskog zakonika, 1994).

Prema mišljenju V. Prescott (1997) vanjsku granicu teritorijalnog mora nije mudro zvati državnom granicom na moru. Naime, hrvatskoj državi pripada i morsko dno i podzemlje do razgraničenja epikontinentalnog pojasa s Italijom, a budući da Hrvatska namjerava uspostaviti i isključivi gospodarski pojus, ona bi trebala pozvati Italiju kako bi zajedno na temelju međusobne granice na morskom dnu uspostavile i granicu koja također dijeli odgovarajući stupac vode. Naravno, Hrvatska bi mogla inzistirati da granica koja dijeli vode mora biti crta sredine.

Postoje slučajevi u kojima se granice koje dijeli morsko dno i stupac vode ne podudaraju.

Epikontinentalni pojus. Bivša Jugoslavija je s Italijom 8. siječnja 1968. potpisala sporazum o razgraničenju epikontinentalnog pojasa koji je stupio na snagu 21. siječnja 1970. godine. To je bio prvi sporazum o epikontinentalnom pojusu na cijelome Mediteranu. Prilikom sporazumijevanja u prvom je redu primjenjeno načelo crte sredine i pravilo po kojem svaki otok ima svoj epikontinentalni pojus. Dogovorena granična crta dugačka je 353 morske milje i sastoji se od 42 segmenta koji povezuju 43 točke — 40 segmenata je ravnih i dva zakrivljena (Blake, Topalović 1996). Crta počinje od točke br. 1 koja se nalazi na izlazu iz Tršćanskog zaljeva 12 milja udaljena od rta Savudrija i 12 milja od rta Tagliamento. Granična crta ne ulazi u Tršćanski zaljev jer je zbog njegove male širine u njemu trebalo razgraničiti teritorijalno more između tadašnje Jugoslavije i Italije, a ne epikontinentalni pojus. Granica od točke br. 1 ide dalje prema jugoistoku prateći uglavnom crtu sredine te uz povremena sporazumom utvrđena odstupanja i uz obostrane kompenzacije, završava na posljednjoj točki br. 43 koja je jednakom udaljena od najbliže točke na obali bivše Jugoslavije, Italije i Albanije. Tako utvrđena crta ostaje na snazi kao crta razgraničenja epikontinentalnog pojusa Hrvatske i Italije (vidi čl. 43. Pomorskog zakonika, 1994).

Određivanje površine hrvatskoga mora

U literaturi (Leksikon JLZ, 1974; Veliki geografski atlas Jugoslavije, SNL, 1987) nije teško naći podatak da površina Jadranskoga mora iznosi 138.590 km^2 . Postavlja se pitanje kolika je površina Jadranskoga mora koja pripada Republici Hrvatskoj. Prema saznanju autora ovoga rada jedini do 1990. godine objavljeni podatak o površini hrvatskog mora (bez otoka) jest $28.870,95 \text{ km}^2$ (Racetin 1978).

Površinu obalnog mora SFRJ i njegove dijelove koji su pripadali pojedinim republikama odredio je Racetin u siječnju 1972. godine na traženje Sekretarijata za poljoprivredu, prehrambenu industriju i šumarstvo SR Hrvatske. Obalno more sastoji se od unutrašnjih morskih voda (od obale do osnovne linije) i teritorijalnog mora (12 nautičkih milja od osnovne linije u smjeru otvorenog mora) (Zakon o obalnom moru 1987). Budući da je u vrijeme Racetinova određivanja površine mora državna granica bila na udaljenosti 10 nautičkih milja od osnovne linije, a danas je 12 milja, njegov je iznos valjalo zamijeniti novim. Zbog toga su autori ovoga rada odlučili 1991. godine odrediti površinu hrvatskoga mora primjenjujući pri tom vlastiti postupak.

Digitalizacija. Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu digitalizirane su državna granica, obalna linija,

otoci i granice općina Hrvatske (Čipčić 1991). To je učinjeno pomoću digitalizatora CALCOMP 9100 i vlastitog programa DIGIT, a ukupno je digitalizirano oko 19.000 točaka.

Digitalizirano je s karte teritorijalne podjele Hrvatske u mjerilu 1:1.000.000 izrađenoj u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1979. godine u Gauß-Krügerovoj projekciji sa srednjim meridijanom $16^{\circ}30'$. Kako se topografske karte danas u gotovo svim zemljama svijeta izraduju u konformnim projekcijama, to je svršishodno i geografske karte malih područja izradivati u konformnim projekcijama. Među tim projekcijama najviše se primjenjuje Gauß-Krügerova konformna poprečna cilindrična projekcija, a jednu takvu projekciju sa srednjim meridijanom $16^{\circ}30'$ za područje Hrvatske predložio je Frančula (1973, 1981). Da bi se smanjile maksimalne deformacije duljina, na srednjem je meridijanu uvedeno linearno mjerilo 0.9997. Na taj način maksimalne deformacije duljina na krajnjim meridijanima iznose približno 40 cm na kilometar, što na duljinu od 500 km iznosi 150 — 200 m ili 0.15 — 0.20 mm u mjerilu karte 1:1.000.000. Deformacije površina u tome slučaju kreću se od -0.06% na srednjem meridijanu do približno 0,08% na krajnjim meridijanima. Očito da su u tome slučaju deformacije duljina i površina praktički nezamjetljive na cijelom području preslikavanja, tj. kreću se u granicama geometrijske točnosti sastavljanja karata.

Helmertova transformacija. U geodeziji se koordinate računaju u različitim koordinatnim sustavima, pa je transformacija koordinata vrlo čest zadatak. Tako su npr. koordinate točaka dobivene digitalizacijom u lokalnom sustavu digitalizatora te ih treba transformirati u koordinatni sustav Gauß-Krügerove projekcije. Općenito, načini transformacije mogu biti vrlo različiti. U našem slučaju odabrana je Helmertova transformacija kao specijalni slučaj afine transformacije uz očuvanje uvjeta konformnosti (Moharić 1990).

Pri svakoj transformaciji koordinata razlikujemo određivanje parametara transformacije i samu transformaciju pojedinih točaka. Parametri transformacije mogu se odrediti na različite načine. Ako raspolažemo s više od dvije točke s poznatim koordinatama u oba sustava, najčešće se primjenjuje metoda najmanjih kvadrata. Ta je metoda primjenjena i za određivanje parametara Helmertove transformacije iz lokalnog sustava digitalizatora u koordinatni sustav Gauß-Krügerove projekcije na temelju većeg broja oslonih točaka (presjeka meridijana i paralela) (Radetić 1992, Poslončec 1992).

Pri primjeni metode najmanjih kvadrata, osim vrijednosti parametara transformacije i transformiranih koordinata, možemo izračunati i različite pokazatelje koji služe za procjenu točnosti transformacije. Jedan od njih je srednja pogreška jedinične težine koja je iznosila oko 100 m, odnosno u mjerilu karte 0.1 mm, što je potpuno u skladu s geometrijskom točnosti karte. Odатle se može zaključiti da koordinate točaka dobivene digitalizacijom

po svojoj točnosti odgovaraju točnosti karte s koje je digitalizirano.

Računanje površine. Pod teritorijalnom jedinicom podrazumijevamo dio kopna ili mora omeđen graničnom linijom koja je zatvorena, tj. koja počinje i završava u jednoj istoj točki. Površina teritorijalne jedinice jest površina njezine projekcije na referentni (Besselov) elipsoid (Lapaine i dr. 1992). Prepostavimo li da je Gauß-Krügerova projekcija projekcije teritorijalne jedinice s elipsoida u ravni zatvoreni poligon, možemo izračunati njezinu površinu po formuli (Štemberger 1992):

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_i)(x_{i+1} + x_i) / p_i,$$

gdje su x^i , y^i pravokutne koordinate vrhova zatvorenog poligona ($x^i = x^n$, $y^i = y^n$), a p^i faktor korekcije pojedinog pribrojnika zbog projekcije.

Za Gauß-Krügerovu projekciju (Borčić 1976) s linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0.9997 lokalno linerano mjerilo m u proizvoljnoj točki jednako je:

$$m = 0.9997 \left(1 + \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^4} \right),$$

gdje je R srednji polumjer zakrivljenosti elipsoida u promatranoj točki. Kako je za područje Hrvatske uvejk y mnogo manje od R , to se može uzeti da je R konstantnog iznosa 6.377.000 m. Za konformne projekcije je lokalno mjerilo površina $p = m^2$, dakle

$$p = 0.9997^2 \left(1 + \frac{y^2}{R^2} + \frac{y^4}{3R^4} \right).$$

S obzirom na to da pojedini pribrojnik u formuli (1) predstavlja površinu jednoga vrlo uskog trapeza, to se u izrazu (1) može uzeti da je $p^i = p$, gdje je p određen izrazom (3), uz $y = (y^{i+1} + y^i)/2$.

Rezultate naših istraživanja objavili smo u nekoliko radova (Frančula i dr. 1993, Lapaine i dr. 1993, Frančula i dr. 1994, Lapaine i dr. 1994). Dobiveni rezultati dani su u tablici.

Površina hrvatskoga kopna i mora

Republika Hrvatska	Površina (km ²)	Srednja pogr. (km ²)
Kopno	56488	20
Obalno more (bez otoka)	31479	38
Unutrašnje more (bez otoka)	12498	25
More između državne granice i granice epikontinentalnog pojasa	23870	40

Za površinu kopnenoga dijela Hrvatske dobili smo 56.488 km^2 , što se od službenoga podatka 56.538 km^2 razlikuje za 50 km^2 , tj. 0.1% . Krivičić (1993) iznosi podatke određivanja površina otoka Cresa i Krka s karata krupnih mjerila 1:5000 do 1:200.000. Razlike površina koje smo mi odredili s karte mjerila 1:1.000.000 prema Krivičićevim rezultatima kreću se u granicama $0.1\% - 0.25\%$, što naša mjerena svrstava u grupu vrlo točnih mjerena (Frančula 1999).

Poslije nas i drugi su se bavili određivanjem površine hrvatskoga mora. Tako su Ridanović i Bičanić (1993) digitalizacijom s karte mjerila 1:500.000 izračunali uz površine općina na kopnenom dijelu Hrvatske koje izlaze na obalu Jadranskoga mora i površine općina na moru do vanjske granice teritorijalnoga mora hrvatskoga Jadrana. Za površinu obalnog mora dobili su 31.067 km^2 , što se od našeg podatka razlikuje u granicama srednje točnih mjerena.

Budući da granica Hrvatske na moru sa Slovenijom, Bosnom i Hercegovinom i SR Jugoslavijom nije do danas utvrđena međudržavnim ugovorima, svi dobiveni rezultati određivanja površina hrvatskoga mora samo su približni i nemaju službeno obilježje.

1994. definirana samo jedna točka na Dugom otoku. Tada je odgovarajućim matematičkim postupcima moguće odrediti i geografske koordinate vanjske granice teritorijalnog mora (vidi također Lapaine, Tutić 1999. i Tuđić, Lapaine 1998).

Kada bi vanjska granica hrvatskoga teritorijalnog mora bila određena geografskim koordinatama, dakle digitalno, to bi u velikoj mjeri olakšalo i poboljšalo njezin prikaz na različitim kartama.

Kada Hrvatska u skoroj budućnosti razgraniči međudržavnim ugovorima svoje teritorijalno more sa susjednim državama, morat ćemo, što je moguće točnije, odrediti i njegovu površinu. Digitalni, a ne opisni oblik te granice omogućit će i točnije određivanje površine hrvatskoga teritorijalnog mora i gospodarskog pojasa. ↗

Buduća istraživanja

Kao što je prije navedeno, hrvatski Pomorski zakonik donijet 1994. godine u 19. članku definira i polaznu crtu. Međutim, ta je definicija opisnoga karaktera i u takvom obliku neprikladna za računanja i kartografske prikaze. Nadalje, vanjska granica teritorijalnog mora jest crta kojoj je svaka točka udaljena 12 morskih milja od najbliže točke polazne crte. Uz takve opisne definicije obiju tih crta nužno se pozvati i na pomorske karte na kojima su one ucrtane, što naš Pomorski zakonik i čini. To, nadalje, znači da su obje te crte toliko točne koliko su točne karte na kojima su ucrtane.

Zbog takvih opisnih definicija problem nastaje kada autori karata koje izrađuju u različitim mjerilima i različitim kartografskim projekcijama moraju na te karte ucratiti npr. vanjsku granicu hrvatskoga teritorijalnog mora. U tu svrhu moraju digitalizirati crtu granice s pomorske karte navedene u Pomorskom zakoniku i transformirati je u kartografsku projekciju karte koju izrađuju. Postupak je opterećen pogreškama digitalizacije i transformacije, nije jednostavan i zahtijeva dosta vremena. Stoga pojedini kartografi ručno precrtavaju tu granicu s postojećih karata pa odatle i vidljive razlike u prikazu granice teritorijalnog mora na različitim kartama (vidi Lapaine i dr. 1993).

Da bi se izbjegli svi nedostaci opisne definicije granice, Lapaine (1998) je predložio da se polazna crta u Pomorskom zakoniku definira geografskim koordinatama svih točaka, onako kako je u Pomorskom zakoniku iz

Blake, G. H., Topalović, D. (1996): The Maritime Boundaries of the Adriatic Sea, Maritime Briefing, Vol. 1, No. 8, International Boundaries Research Unit, University of Durham.

Borčić, B. (1976): Gauß-Krügerova projekcija meridijanskih zona, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1976.

Čipčić, T. (1991): Primjena programskog paketa AutoCAD u kartografiji, diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Frančula, N. (1973): Matematička osnova i numerički postupci u izradi karata SR Hrvatske mjerila 1: 1 000 000, Savjetovanje »Kartografija u prostornom planiranju«, Ljubljana, A4/1-9.

Frančula, N. (1981): Primjena kompjutora u izradi karata SR Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova, Niz D, Svezak broj 2.

Frančula, N. (1999): Digitalna kartografija, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

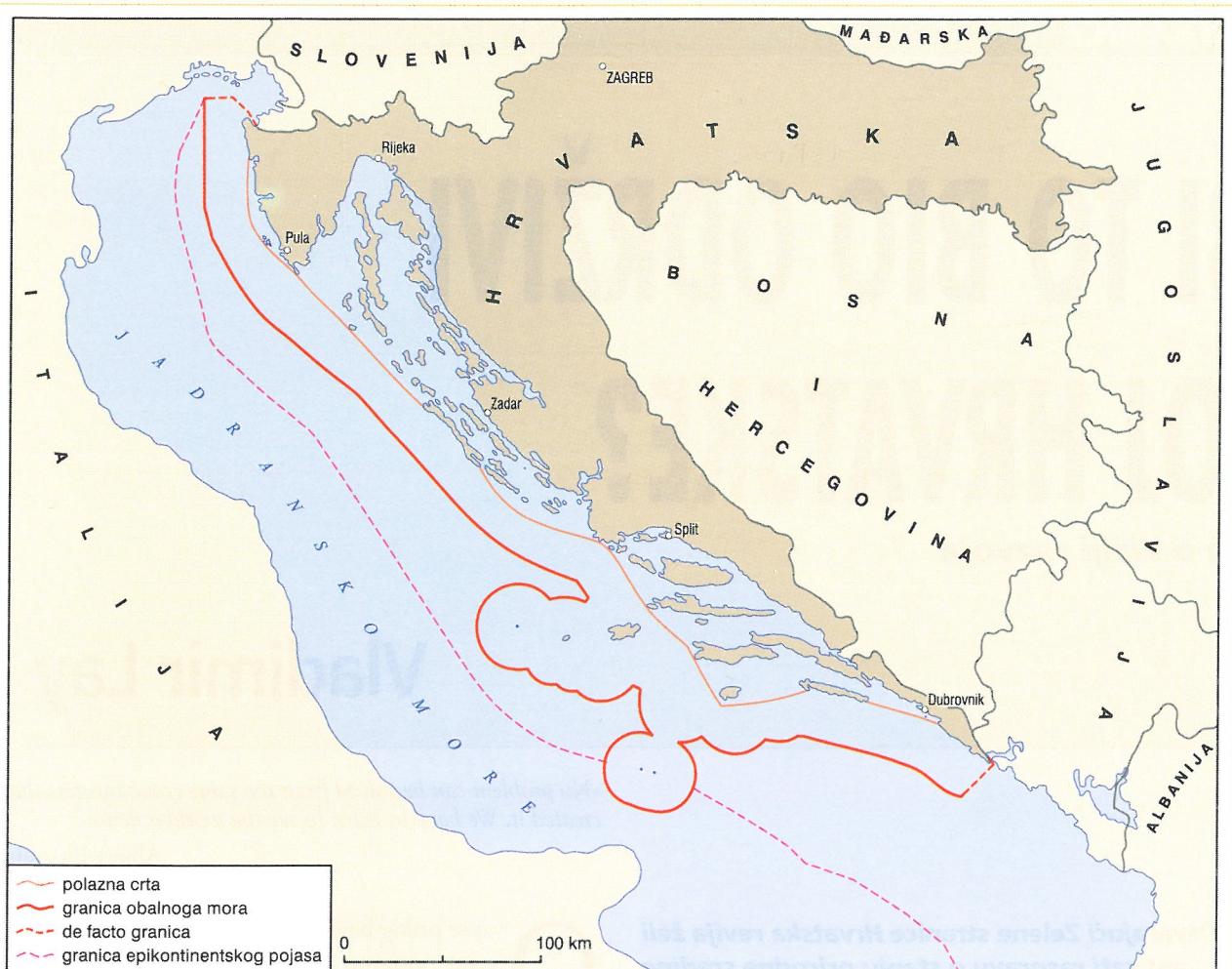
Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1993): Površina Republike Hrvatske na temelju digitaliziranih granica općina. Proceedings of the 38th International Annual Conference KoREMA, Faculty of Electrical Engineering, University of Zagreb, 372-375.

Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N. (1994): Procjena srednjih pogrešaka koordinata digitaliziranih točaka. 39. godišnji skup KoREMA, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova 242-245.

Krivičić, I. (1993): O površinama otoka Cresa i Krka, Geodetski list 4, 370-372.

Lapaine, M. (1998): Državna granica Republike Hrvatske na moru, Državna geodetska uprava RH, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, 84 str.

Lapaine, Milj., Lapaine, Mir., Frančula, N., Vučetić, N. (1992): Numerical Values of Geodetic Constants of the Bessel's Ellipsoid. Proceedings 37th International Annual Gathering KoREMA, 14th Symposium on Measurement, Zagreb, 1992, 273-277.



Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1993): Površina hrvatskoga mora i otoka. CAD FORUM '93, 4. međunarodni skup o razvoju i primjeni kompjutorskih sustava, CAD Sekcija Saveza društava arhitekata Hrvatske, Zagreb, Zbornik radova, 47-52.

Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1994): Procjena točnosti površina određenih na temelju digitaliziranih granica. 39. godišnji skup KoREMA, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova 246-249.

Lapaine, M., Tutić, D. (1999): Određivanje ulaska u teritorijalno more u realnom vremenu. Automatizacija u prometu '99, Pula, Trst, Zbornik radova (ur. Ž. Šakić), 101-104.

Leksikon Jugoslavenskog Leksikografskog zavoda, Zagreb, 1974.

Moharić, J. (1990): Seminarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Pomorski zakonik, Narodne novine br. 17 od 7. 3. 1994, 404-503, 74/1994, 43/1996. Poslončec, V. (1992): Seminarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Prescott, J. R. V. (1997): Osobno priopćenje.

Racelin, F. Kartografska istraživanja namijenjena predstojećem hidrografskom premjeru otvorenog Jadranu Raydistom, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1978.

Radetić, T. (1992): Datoteka koordinata točaka teritorijalnih jedinica Republike Hrvatske, diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Riđanović, J., Bičanić, Z. (1993): Hrvatski Jadran i novi teritorijalni ustroj (prostorni pojam, duljina i razvedenost hrvatske obale), Acta Geogr. Croat. Vol. 28, 85-97.

Štemberger, D. (1992): Računanje površine lika proizvoljnog oblika na elipsoidu. Geodetski list 1992, 3, 301-313.

Tunjić, I., Lapaine, M. (1998): Croatian State Boundary at the Sea, 8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Austin, Texas, Proceedings, Vol. 3, 716-720.

Veliki geografski atlas Jugoslavije, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1987.