

The Effect of Map Scale on the Determination of the Coastline Length and the Area of Islands in the Adriatic Sea - the Example of the Island of Rab

Nada VUČETIĆ, Nedjeljko FRANČULA, Ivana ŠIMAT

University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Kačićeva 26, 10000 Zagreb,
 nvucetic@geof.hr, nfrancul@geof.hr, ivanasimat@yahoo.co.uk

68

Abstract: The procedure to determine the coastline length and the area of the island of Rab from the maps at the scales 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:300 000, 1:500 000, 1:1 000 000 and 1:2 000 000 is described. The map sheets at the scales 1:25 000, 1:100 000 and 1:200 000 were obtained already in a georeferenced raster format, and the others were scanned and georeferenced. This was followed by a manual vectorization of the coastline and a transformation of all coordinates into the 5th zone of the Gauss-Krüger projection. The length of the coastline and the area of the island were calculated in the Gauss-Krüger projection taking into account the deformations of the projection. The results are given in tables and represented graphically.

Key words: coastline length, island area, Gauss-Krüger projection

1 Introduction

By measuring on the maps, it is possible to determine lengths and areas of large objects, e.g. areas of countries and their parts, areas of islands or lengths of rivers or coastlines. As early as in 1894 the geographer Albrecht Penck demonstrated by measuring the coastline length of Istria on maps of six different scales that the length of a line strongly depends on the scale of the map. The smaller the scale, the line is due to generalization shorter (Volkov 1950, page 59). Russian cartogra-

pher N. M. Volkov represented graphically the results of Penck's measurements and drew an approximation curve through six points. He extended the curve and obtained the length value for a hypothetical map at the scale of 1:1. He called this length the reduced length and pointed out that it is not the real length, but a better or more acceptable one than the length obtained from a map of any other scale. Besides graphically, the problem can also be solved numerically, which Volkov did on the basis of measurement data for one part of the English coast obtained from maps of five different scales (Volkov 1950, pages 61-66). D. H. Maling also provided measured length data for one part of the English coast from maps of nine different scales and calculated the reduced length (Maling 1989, pages 68 and 299-301). Baugh and Boreham (1976) described a procedure for determining the coastline length of Scotland and estimated the accuracy.

We didn't find much data about the effect of map scale on the area determination in the literature. Larin (1958) provides data for the scales 1:100 000, 1:300 000 and 1:1 000 000. Salmanova (1958) considers the choice of map scales for determination of areas of countries, continents, seas and oceans. Due to the nature of generalization, it is possible to suppose that the effect of map scale on area determination is significantly smaller than the effect on length determination.

The effect of map scale on coastline length determination depends, in our opinion, on the shape of the coastline, i.e. its indenture. This means that the results of investigations performed on coasts of different shapes cannot be applied to the measurement data of Croatian

Utjecaj mjerila karte na određivanje duljine obalne crte i površine otoka u Jadranskom moru - primjer otoka Raba

Nada VUČETIĆ, Nedjeljko FRANČULA, Ivana ŠIMAT

Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb,
nvucetic@geof.hr, nfrancul@geof.hr, ivanasimat@yahoo.co.uk

69

Sažetak: *Opisan je postupak određivanja duljine obalne crte i površine otoka Raba s karata mjerila 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:300 000, 1:500 000, 1:1 000 000 i 1:2 000 000. Listovi karata u mjerilu 1:25 000, 1:100 000 i 1:200 000 dobiveni su u georeferenciranom rasterskom formatu, a ostali su skenirani i georeferencirani. Izvršena je potom ručna vektorizacija obalne crte i transformacija svih koordinata u 5. zonu Gauss-Krügerove projekcije. Duljina obalne crte i površina otoka izračunana je u Gauss-Krügerovoj projekciji pri čem su uzete u obzir deformacije projekcije. Rezultati su dani u tablicama i prikazani grafički.*

Ključne riječi: *duljina obalne crte, površina otoka, Gauss-Krügerova projekcija*

1. Uvod

Mjerenjem na kartama moguće je odrediti duljine i površine velikih objekata, npr. površine država i njihovih dijelova, površine otoka ili duljine rijeka i obalnih crta. Već je 1894. geograf Albrecht Penck mjereći duljinu obalne crte Istre na kartama u šest različitih mjerila pokazao kako duljina crte bitno ovisi o mjerilu karte. Što je mjerilo sitnije, crta je, zbog generalizacije, sve kraća (Volkov 1950, str. 59). Ruski kartograf N. M. Volkov grafički je prikazao rezultate Penckovih mjerenja i nacrtao kroz šest točaka aproksimirajuću krivulju. Produžio je krivulju i dobio vrijednost duljine na hipotetskoj karti mjerila 1:1. Tu duljinu naziva reducirana duljina. Ističe

da to nije prava duljina, već je bolja ili prihvatljivija od duljine dobivene s karte bilo kojeg mjerila. Zadatak se osim grafički može riješiti i numerički, što je Volkov i učinio na osnovi podataka mjerenja duljina jednog dijela obale Engleske na kartama u pet različitih mjerila (Volkov 1950, str. 61-66). I D. H. Maling dao je podatke mjerenja duljine jednog dijela obale Engleske s karata u devet različitih mjerila te je izračunao reduciranu duljinu (Maling 1989, str. 68 i 299-301). Baugh i Boreham (1976) opisali su postupak određivanja duljine obalne crte Škotske i dali ocjenu točnosti.

U literaturi smo našli malo podataka o utjecaju mjerila karte na određivanje površine. Larin (1958) daje podatke mjerenja za mjerila 1:100 000, 1:300 000 i 1:1 000 000. Salmanova (1958) razmatra izbor mjerila karte za određivanje površine država, kontinenata, mora i oceana. Zbog naravi generalizacije moguće je pretpostaviti da je utjecaj mjerila na određivanje površina bitno manji od utjecaja na određivanje duljina.

Utjecaj mjerila karte na određivanje duljina obalne crte ovisi, po našoj ocjeni, o obliku obalne crte, tj. o njezinoj razvedenosti. To znači da se rezultati istraživanja na drugačijim oblicima obale ne mogu primijeniti na podatke mjerenja hrvatske obale. Odlučili smo stoga provesti istraživanje o utjecaju mjerila karte na određivanje duljine obalne crte i površine otoka Raba na kartama mjerila 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:300 000, 1:500 000, 1:1 000 000 i 1:2 000 000. Sva mjerenja i računanja obavljena su u diplomskom radu Ivane Šimat (Šimat 2004), mentorica je bila doc. dr. sc. Nada Vučetić.



Figure 1. Part of the 1:500 000 map
Slika 1. Isječak karte u mjerilu 1:500 000



Figure 2. Part of the original for blue colour of PGK 2000 enlarged to 1:500 000

Slika 2. Isječak originala za plavu boju PGK 2000 uvećan u mjerilo 1:500 000

coast. Therefore, we decided to investigate the effect of map scale on coastline length and area determination of the island of Rab from the maps at the scales 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:300 000, 1:500 000, 1:1 000 000 and 1:2 000 000. All measurements and calculations were performed in the frame of Ivana Šimat's diploma thesis (Šimat 2004), supervised by Assist. Prof. Nada Vučetić.

2 Sheets of topographic maps used for coastline length and island area determination

For the investigations described in this paper, we used sheets of topographic maps at scales 1:25 000 (TK 25), 1:50 000 (TK 50), 1:100 000 (TK 100) and 1:200 000 (TK 200) produced during the second topographic survey of the former Yugoslavia, sheets of general topographic maps at scales 1:300 000 (PTK 300) and 1:500 000 (PTK 500) produced on the basis of TK 200 and a sheet of the general geographic map 1:1 000 000 (PGK 1000) (Petrica et al. 1974).

The following sheets were used:

TK 25, sheets: Supetarska Draga 418-1-4, Rab 418-2-3 and Barbat 418-4-1, acquired from the State Geodetic Administration of the Republic of Croatia in a georeferenced raster format.

TK 50/II, sheets: Rab 1, 2, 3 and 4, acquired from the State Geodetic Administration in printed form.

TK 100, sheet: Rab 418, acquired in georeferenced raster format from the State Geodetic Administration.

TK 200, sheet: Gospić, acquired in georeferenced raster format from the State Geodetic Administration.

PTK 300, sheet: Rijeka, from the collection of the Institute for Cartography of the Faculty of Geodesy, in printed form.

PTK 500/I supplemented, sheet: 44, Zagreb, in printed form, from the collection of the Institute for Cartography. The map was produced in the Lambert conformal

conic projection with two standard parallels (38°30' and 49°00') (Fig. 1).

PGK 1000, sheet: Zagreb (L33), from the collection of the Institute for Cartography, in printed form. The map was produced in modified polyconic projection.

Besides these maps, a general geographic map at the scale 1: 2 000 000 (PGK 2000) from the geographic atlas for educational programs (Bertić 1988) was also used, in fact the reproduction original for blue colour from the collection of the Institute for Cartography (Fig. 2). This map was produced in the Lambert conformal conic projection, like PTK500. All maps are based on Bessel's ellipsoid, except PGK 1000, which is based on the ellipsoid for the International Map of the World 1:1 000 000 (it differs insignificantly from the Clarke 1880 ellipsoid). There is no information on the ellipsoid used for the general geographic map 1:2 000 000.

3 Scanning, georeferencing and vectorization

Sheets of maps other than TK 25, TK 100 and TK 200, which were obtained in georeferenced raster format from the State Geodetic Administration, first had to be scanned for further processing.

The maps were scanned with a flat scanner produced by Sinclair Knight Merz (Australia) with a resolution of 300 dpi and 24-bit colour using the DeSkan Express 5.0 software application. This scanner has a guide with a scanning head about 30 cm wide on an A0 plexiglas panel. The template is scanned along strips, which are later joined by software into a single image. It is best to orient a map sheet in such a way that the grid on the map becomes parallel to the scanner movement axes. This will keep raster image rotation to a minimum in consecutive georeferencing procedures, which will retain the original scanning quality. If raster sampling during georeferencing is conducted with the nearest neighbour method, the rotation causes the "stairway" effect, and reduces the sharpness if sampling is performed by an interpolation method (Tutić 2005).

2. Listovi topografskih karata upotrijebljeni za određivanje duljine obale i površine otoka

Pri izradi ovog rada korišteni su listovi topografskih karata mjerila 1:25 000 (TK 25), 1:50 000 (TK 50), 1:100 000 (TK 100), 1:200 000 (TK 200) izrađeni u drugoj topografskoj izmjeri bivše Jugoslavije, listovi preglednih topografskih karata mjerila 1:300 000 (PTK 300), 1:500 000 (PTK 500) izrađeni na osnovi TK 200 i list pregledne geografske karte 1:1 000 000 (PGK 1000) (Peterca i dr. 1974). Upotrijebljeni su ovi listovi:

TK 25, listovi: Supetarska Draga 418-1-4, Rab 418-2-3 i Barbat 418-4-1, dobiveni od Državne geodetske uprave Republike Hrvatske (DGU) u georeferenciranom rasterskom obliku.

TK 50/II, listovi: Rab 1, 2, 3 i 4, preuzeti od Državne geodetske uprave u papirnatom obliku.

TK 100, list: Rab 418, u georeferenciranom rasterskom obliku, preuzet od Državne geodetske uprave.

TK 200, list: Gospić, preuzet u georeferenciranom rasterskom obliku od Državne geodetske uprave.

PTK 300, list: Rijeka, iz zbirke Zavoda za kartografiju Geodetskoga fakulteta u papirnatom obliku.

PTK 500/I dopunjeno, list: 44, Zagreb, na papiru iz zbirke Zavoda za kartografiju. Karta je izrađena u Lambertovoj konformnoj konusnoj projekciji s dvije standardne paralele (38°30' i 49°00') (sl. 1).

PGK 1000, list: Zagreb (L33), iz zbirke Zavoda za kartografiju, na papiru. Karta je izrađena u modificiranoj polikonusnoj projekciji.

Osim tih karata korištena je i pregledna geografska karta mjerila 1:2 000 000 (PGK 2000) iz geografskog atlasa za nastavno-obrazovne programe (Bertić 1988), odnosno reprodukcijски original za plavu boju iz zbirke Zavoda za kartografiju (sl. 2). Karta je izrađena u Lambertovoj konformnoj konusnoj projekciji kao i PTK500. Za sve karte upotrijebljen je Besselov elipsoid, osim za PGK 1000, gdje je upotrijebljen elipsoid za Međunarodnu kartu svijeta 1:1 000 000 (neznatno se razlikuje od elipsoida Clarke 1880). Za preglednu geografsku kartu mjerila 1:2 000 000 nema podataka o korištenom elipsoidu.

3. Skeniranje, georeferenciranje i vektorizacija

Osim listova karata TK 25, TK 100 i TK 200, koje smo od Državne geodetske uprave preuzeli u georeferenciranom rasterskom obliku, ostale listove karata trebalo je za dalju obradu prvo skenirati.

Karte su skenirane plošnim skenerom tvrtke Sinclair Knight Merz (Australija) rezolucijom 300 dpi i 24 bitnom bojom s pomoću softverske aplikacije DeScan Express 5.0. Konstrukcija skenera je takva da je na ploči od pleksiglasa formata A0 postavljena vodilica sa skenerom

širine oko 30 cm. Predložak se skenira po uzdužnim trakama koje se poslije softverski spajaju u jednu rastersku sliku. List karte najpovoljnije je orijentirati tako da pravokutna mreža na karti bude paralelna s osima kretanja skenera. Time će se u sljedećim postupcima georeferenciranja rotacija rastera svesti na najmanju mjeru, čime će se zadržati izvorna kvaliteta skeniranja. Naime, ako se uzorkovanje rastera prilikom georeferenciranja obavlja metodom najbližeg susjeda, kod rotacije se pojavljuje efekt "zubaca", a kod uzorkovanja nekom interpolacijskom metodom dolazi do smanjenja oštine (Tutić 2005).

Listovi preuzeti od Državne geodetske uprave u digitalnom obliku već su bili georeferencirani, dakle trebalo je georeferencirati samo listove TK 50, list PTK 300, PTK 500, PGK 1000 i PGK 2000. To je obavljeno programima Autodesk Map 5 i Raster Design 3.

Budući da je rezultat automatske digitalizacije, odnosno skeniranja, raster, sve listove trebalo je vektorizirati. Vektorizirana je samo obalna crta. Ručna vektorizacija provedena je s pomoću programa Autodesk Map 5 upotrebom naredbe *Polyline*. Pritom se koristilo odgovarajuće zumiranje kako bi se što kvalitetnije pratila rasterska podloga.

4. Računanje duljine obalne crte i površine otoka Raba u različitim mjerilima

Da bi se računanja s karata različitih mjerila provela na jednak način, transformirane su pravokutne koordinate u Lambertovoj konformnoj konusnoj i modificiranoj polikonusnoj projekciji s pomoću Autodesk Mapa 5 u pravokutne koordinate u Gauss-Krügerovoj projekciji.

Obalna crta na elipsoidu složena je crta koja se po dijelovima (segmentima) sastoji od geodetskih linija s , dok se u ravnini projekcije sastoji od projekcija s' tih geodetskih linija na ravninu. Za praktična računanja može se uzeti da je duljina projekcije geodetske linije s' približno jednaka najkraćoj udaljenosti između dviju točaka ravnine d .

Duljina jednog segmenta obalne crte, tj. geodetske linije na elipsoidu računana je po formuli (Frančula 2000):

$$s = \frac{d}{m}, \quad (4.1)$$

gdje su:

$$d = \sqrt{(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)^2 + (\bar{x}_2 - \bar{x}_1)^2}, \quad (4.2)$$

$$m = 1 + \frac{\bar{y}_m^2}{2R_m^2}, \quad (4.3)$$

$$\bar{y}_m = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{2}, \quad \bar{x}_m = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{2}, \quad (4.4)$$

a R_m srednji polumjer zakrivljenosti u točki (φ_m, λ_m) kojoj odgovaraju nereducirane pravokutne koordinate (\bar{y}_m, \bar{x}_m) u ravnini Gauss-Krügerove projekcije. Ukupna duljina obalne crte bit će zbroj duljina svih geodetskih linija od kojih se sastoji.

Sheets obtained from the State Geodetic Administration in digital form were already georeferenced, therefore it was only necessary to georeference sheets from TK 50, a sheet from PTK 300, PTK 500, PGK 1000 and PGK 2000. This was done using Autodesk Map 5 and Raster Design 3 programs.

Since the result of automatic digitalization, that is scanning, is a raster, all sheets had to be vectorized. Only the coastline was vectorised. Manual vectorization was done using the *Polyline* command of the Autodesk Map 5. Corresponding zooming was used to ensure the quality of following of the raster base.

Table 1. Coastline length and area of the island of Rab computed from maps of various scales (data for the scale 1:1 000 000 from the map of territorial division of the Republic of Croatia)

Tablica 1. Izračunane vrijednosti duljina obalne crte i površina otoka Raba s karata različitih mjerila (podaci za mjerilo 1:1 000 000 s karte teritorijalne podjele RH)

Scale denominator Nazivnik mjerila	Coastline length Duljina obalne crte [km]	Coastline length in relation to TK 25 Duljina obalne crte u odnosu na TK 25 [%]	Island area Površina otoka [km ²]	Island area in relation to TK 25 Površina otoka u odnosu na TK 25 [%]
25 000 (TK 25)	127,9	100,0	86,3	100,0
50 000	123,0	96,2	86,4	100,1
100 000	114,0	89,2	86,5	100,2
200 000	103,2	80,7	86,5	100,2
300 000	99,3	77,6	86,1	99,8
500 000	90,5	70,8	87,7	101,6
1 000 000	76,9	60,1	85,4	99,0
2 000 000	64,8	50,7	102,6	118,9

72 **4 Computation of coastline length and area of the island of Rab in various scales**

In order to conduct the computations from maps of different scales in the same way, rectangular coordinates in the Lambert conformal conic and modified polyconic projection were transformed to rectangular coordinates in the Gauss-Krüger projection using the Autodesk Map 5.

The coastline on an ellipsoid is a composite line, which consists of geodetic lines *s* in parts (segments), while in projection plane it consists of projections *s'* of those geodetic lines onto the plane. For practical calculations, one can assume that the length of the projection of the geodetic line *s'* is approximately equal to the shortest distance between two points in the plane *d*.

The length of a single segment of coastline, i.e. the geodetic line on the ellipsoid was calculated according to formula (Frančula 2000):

$$s = \frac{d}{m}, \tag{4.1}$$

where:

$$d = \sqrt{(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)^2 + (\bar{x}_2 - \bar{x}_1)^2}, \tag{4.2}$$

$$m = 1 + \frac{\bar{y}_m^2}{2R_m^2}, \tag{4.3}$$

$$\bar{y}_m = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{2}, \quad \bar{x}_m = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{2}, \tag{4.4}$$

and *R_m* is the average radius of curvature in the point (*φ_m*, *λ_m*) to which rectangular coordinates (*y_m*, *x_m*) in the Gauss-Krüger projection plane correspond. The total length of coastline is the sum of all geodetic lines it consists of.

The areas were calculated according to formula (Lapaine et al. 1993):

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{i+1} - \bar{y}_i)(\bar{x}_{i+1} + \bar{x}_i) / p_i, \tag{4.5}$$

where (*y_i*, *x_i*) are coordinates of vertices of a closed polygon (island), *y₁* = *y_n*, *x₁* = *x_n*, and *p_i* is the area scale.

For conformal projections such as the Gauss-Krüger projection, the area scale is:

$$p = m^2, \tag{4.6}$$

where *m* is the linear scale (4.3).

An appropriate computer program was developed for all calculations. The program uses textual files of rectangular point coordinates of the coastline in the Gauss-Krüger projection, which were obtained by a program, which reads data from AutoCAD's image and records them into a textual file.

The obtained lengths show that by reducing the scale, the coastline length is also reduced, which is a result of

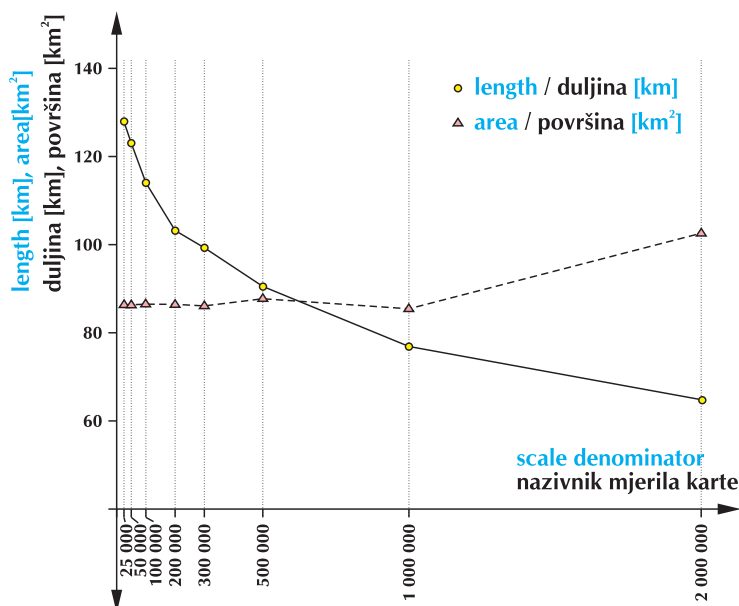


Figure 3. Coastline length and area of the island of Rab from maps of various scales (data for the scale 1:1 000 000 from the map of territorial division of the Republic of Croatia)

Slika 3. Vrijednosti duljina obalne crte i površina otoka Raba s karata različitih mjerila (podaci za mjerilo 1:1 000 000 s karte teritorijalne podjele RH)

Površine su računane s pomoću formule (Lapaine i dr. 1993):

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{i+1} - \bar{y}_i)(\bar{x}_{i+1} + \bar{x}_i) / p_i, \quad (4.5)$$

gdje su (\bar{y}_i, \bar{x}_i) nereducirane koordinate vrhova zatvorenog poligona (otoka), pri čem je $\bar{y}_1 = \bar{y}_n$, $\bar{x}_1 = \bar{x}_n$, a p_i mjerilo površina.

Za konformne projekcije kakva je i Gauss-Krügerova projekcija mjerilo površina je:

$$p = m^2, \quad (4.6)$$

gdje je m linearno mjerilo (4.3).

Za sva računanja sastavljen je odgovarajući računalni program. Program koristi tekstualne datoteke pravokutnih koordinata točaka obalne crte u Gauss-Krügerovoj projekciji, koje su dobivene s pomoću programa koji čita podatke iz AutoCAD-ova crteža i zapisuje u tekstualnu datoteku.

Dobivene duljine pokazuju da se smanjenjem mjerila smanjuje duljina obalne crte što je rezultat određenog stupnja generalizacije. Trend ne prati jedino karta mjerila 1:1 000 000, koja ima veću duljinu (92,1 km) od pregledne topografske karte 1:500 000 (90,5 km). Naša je pretpostavka da je dobivena duljina rezultat pogrešne generalizacije, jer je i za površinu otoka s karte mjerila 1:1 000 000 dobivena vrijednost 97,1 km², a s karte mjerila 1:500 000 površina je 87,7 km². Da bismo provjerili tu pretpostavku digitalizirana je obalna crta Raba i na karti mjerila 1:1 000 000 izrađenoj 1979. u Zavodu za kartografiju u Gauss-Krügerovoj projekciji ($\lambda_0 = 16^\circ 30'$,

$m_0 = 0,9997$). Podaci su dobiveni ručnom digitalizacijom u lokalnom sustavu digitalizatora CalComp9100 Zavoda za kartografiju, te su Helmertovom transformacijom koordinata transformirani u Gauss-Krügerovu projekciju. Iz tako dobivenih podataka izračunani su duljina obalne crte i površina otoka. Dobivena duljina iznosi 76,9 km, a površina 85,4 km², što potvrđuje pretpostavku o pogrešnoj generalizaciji karte mjerila 1:1 000 000 (PGK 1000).

Rezultati računanja za sva mjerila nalaze se u tablici 1 i na slici 3, na kojoj je dan grafički prikaz dobivenih rezultata. U tablici je također prikazana i duljina obalne crte i površina na razmatranim kartama u odnosu na TK 25 u postocima.

Iz podataka u tablici 1 i na slici 3 vidljivo je da se duljina obalne crte smanjuje s mjerilom karte, a da se površina od mjerila 1:25 000 do mjerila 1:1 000 000 gotovo uopće ne mijenja. Povećanje površine na karti mjerila 1:2 000 000 očito je posljedica loše generalizacije, što je vidljivo iz usporedbe prikaza istočne obale Raba na slici 1 i na slici 2.

5. Usporedba s dosadašnjim podacima

U statističkom ljetopisu Republike Hrvatske iz 2001. godine (Crkvenčić-Bojić 2001) na str. 41 navodi se duljina obalne crte otoka Raba u iznosu od 103,2 km i površina 90,84 km², a nije navedeno na koji su način te vrijednosti određene. Jedino se u uvodnom dijelu o geografskim podacima na str. 36 spominje da je dio podataka dobiven digitalizacijom s topografskih karata mjerila 1:100 000 (duljina toka i površina porječja pojedinih rijeka) jer nije bilo odgovarajućih izvora podataka. Ostali podaci o fizičko-geografskim obilježjima prikupljeni su iz topografskih karata mjerila 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000.

Prema našim saznanjima najopsežnija mjerenja i određivanja duljina obalne crte i površina svih hrvatskih otoka, otočića i hridi obavljena su u Hrvatskom hidrografskom institutu s karata mjerila 1:25 000 (Duplančić Leder i dr. 2004). Za duljinu obalne crte otoka Raba dobiveno je 121,0 km, a za površinu otoka 86,1 km².

6. Zaključak

Mjerenje duljina obalne crte na karti bitno ovisi o mjerilu karte. Što je mjerilo sitnije, duljina je, zbog generalizacije, sve kraća. Stoga je vrlo važno za svaki podatak o duljini, npr. obalne crte ili državne granice, dobiven mjerenjem s karte navesti mjerilo karte. Na točnost određivanja površina mjerilo karte ne utječe u tolikoj mjeri kao na određivanje duljine crte. Može se, međutim, očekivati da će se s karata krupnijih mjerila dobiti točniji rezultati.

a certain degree of generalisation. Only the 1:1 000 000 map doesn't follow this trend. Its length is greater (92,1 km) than that of the general topographic map 1:500 000 (90,5 km). We assume that the obtained length is a result of an inappropriate generalisation, because the value of 97,1 km² obtained for the island area from a 1:1 000 000 map is also greater than 87,7 km² from 1:500 000. In order to verify this assumption, the coastline of Rab was also digitized from the 1:1 000 000 map produced in the Gauss-Krüger projection at the Institute for Cartography in 1979 ($\lambda_0 = 16^\circ 30'$, $m_0 = 0,9997$). The data were obtained by manual digitization in the local system of digitizer CalComp9100 of the Institute for Cartography, and were transformed to the Gauss-Krüger projection with the Helmert coordinate transformation. The coastline length and the island area were computed from these data as well. The length equals 76,9 km, and the area 85,4 km², which proves the assumption about the poor generalisation of the 1:1 000 000 map (PGK 1000).

The computation results for all scales can be found in Table 1 and in Figure 3, which features a graphical presentation of the results. The table also contains the coastline length and area on examined maps in relation to TK 25 in percentages.

From the data in Table 1 and from Figure 3, it can be seen that as the map scale is reduced, so is the coastline length, and that the area changes hardly at all from 1:25 000 to 1:1 000 000. Area enlargement on the 1:2 000 000 map is obviously a result of poor generalisation, which is evident from the comparison of presentations of eastern coast of Rab in Figures 1 and 2.

5 Comparison with existing data

The coastline length of the island of Rab listed in the statistical year-book of the Republic of Croatia for 2001 (Crkvenčić-Bojić 2001, page 41) is 103,2 km and the area 90,84 km². However, it is not explained how these values were determined. Only on page 36 of the introductory part about geographic data it is mentioned that a part of the data were obtained through digitization from 1:100 000 topographic maps (flow length and area of individual river basins) because there were no suitable data sources. Other data about physical-geographic characteristics were gathered from topographic maps at the scales of 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000.

According to our knowledge, the most comprehensive surveys and determinations of coastline lengths and areas of all Croatian islands, islets and rocks were carried out at the Croatian Hydrographic Institute from maps at the scale of 1:25 000 (Duplančić Leder et al. 2004). For the coastline length of Rab the result was 121,0 km, and the island area 86,1 km².

6 Conclusion

Coastline length measurement on a map significantly depends on the map scale. The smaller the scale, the shorter the line due to generalisation. Therefore, it is very important to provide the map scale for all length data, like coastlines or state borders, obtained by measuring on a map. The effect of the map scale on the accuracy of area determination is not so critical as in the case of line length determination. However, it can be expected that maps of larger scales will provide more accurate results.

References / Literatura

- Baugh, I. D. H., Boreham, J. R. (1976): Measuring the coastline from maps: A study of the Scottish mainland. *The Cartographic Journal* 2, 167–171.
- Bertić, I. (editor, 1988): *Geografski atlas Jugoslavije: za nastavno-obrazovne programe*, SNL, Zagreb.
- Crkvenčić-Bojić, J. (editor, 2001): *Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2001*, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb.
- Duplančić Leder, T., Ujević, T., Čala, M. (2004): Coastline lengths and areas of islands in the Croatian part of the Adriatic sea determined from the topographic maps at the scale of 1:25 000. *Geoadria* Vol 9, No 1, 5–32.
- Frančula, N. (2000): *Kartografske projekcije*. Skripta, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lapaine, M., Frančula, N., Vučetić, N. (1993): *Površina Hrvatskoga mora i otoka*. CAD FORUM, Zbornik radova, CAD sekcija Saveza društava arhitekata Hrvatske, Zagreb, 47–52.
- Larin, D. A. (1958): O vybore karty dlja izmerenij pri novom isčislenii ploščadej territorij SSSR. *Geodezija i kartografija* 7, 50–56.
- Maling, D. H. (1989): *Measurements from maps – Principles and methods of cartometry*. Pergamon Press, Oxford.
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974): *Kartografija*, Vojnogeografski institut, Beograd.
- Salmanova, T. D. (1958): Ob isčislenii ploščadi zarubežnyh gosudarstv, materikov, morej i okeanov. *Geodezija i kartografija* 10, 69–74.
- Šimat, I. (2004): *Određivanje duljine linije s topografskih karata različitih mjerila*. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb, mentor: Vučetić, Nada.
- Tutić, D. (2005): *Poboljšanje upravljačkog programa za DeSKan Express 5.0*. Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb, mentor: Lapaine, Miljenko.
- Volkov, N. M. (1950): *Principy i metody kartometrii*. Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, Moskva.