

MILJENKO LAPAINE
NEDELJKO FRANČULA
Zagreb

GLAVAČEV RAD NA KARTOGRAFIRANJU HRVATSKE

GLAVAČ'S WORK ON MAPPING OF THE WESTERN CROATIA

While analysing the Glavač's map, one has tried to answer the question about previous field works, adopted dimensions of the Earth's globe, map scale and map projection. The way of estimating the accuracy of the map presentations has been especially explained.

1. Uvod

Nova otkrića i osvajanja krajem 15. st. uzrokovana potrebom za sirovinama za prerađu i trgovinu te velike dobiti koje su se crpile iz prekomorskih posjeda, a čije je iskorištavanje s vremenom postalo velik izvor prihoda tadašnjih vladara, otvorila su redovite trgovačke veze s Levantom, a kasnije i s Indijom i Amerikom. Ptolemejeva karta postepeno se ispravlja i nadopunjuje novim podacima. Iz tog doba poznate su karte trgovačkih gradova Sredozemlja, Venecije i Genove, a kasnije i karte iz Španjolske i Holandije. Iz potrebe za točnim preslikavanjem velikih dijelova Zemlje na pomorske karte i u svezi s deformacijama koje se pri tome javljaju, razvijaju se u 16. st. kartografske projekcije i praktična kartografija (Gerhard Kremer - MERCATOR, 1512.-1594; Peter APIAN 1495.-1552.). U svezi s astronomijom, čije je poznavanje za prekomorsku plovidbu bilo neophodno, pojavilo se i pitanje pravog oblika Zemlje, njenog mjesta kao planeta u svemiru i njenog kretanja (Nikola KOPERNIK, 1473.-1543; Johannes KEPLER, 1571.-1630.).

Uz zadovoljenu potrebu za kartama i rješavanjem tih pitanja počinje se u 17. st. uz astronomiju, nebesku mehaniku i ostale prirodne znanosti razvijati i suvremena geodezija, geodezija kao znanost.

Od svojih početaka viša geodezija razvijala se u dva glavna pravca. Kao matematička ili geometrijska geodezija nastoji naći pravi oblik i veličinu Zemlje te geometrijsko tijelo koje će biti najbližije Zemljinom. Pritom se sve neravnosti Zemljine kore zamišljaju projicirane na plohu mora, produženu ispod kopna. No smjer vertikale, viska, uzrokovan je privlačnošću Zemlje i pojedinih gorskih masiva, a to ispituje fizikalna geodezija. Obje grane, makar različite po metodama rada, međusobno su povezane, jer je za određivanje privlačnosti Zemlje na pojedinim njenim točkama potrebno poznavati spljoštenost Zemljina elipsoida, dakle dimenzije Zemlje. Međutim, u vrijeme nastanka GLAVAČEVE karte smatralo se još uvijek da je Zemlja kugla.

2. Izmjera i sferna geodezija u ranom novom vijeku

Početak novoga vijeka manifestira se u znanosti jačom racionalnošću kao izrazom duboke promjene epohe u gospodarskom smislu i u odnosu na pogled na svijet. U malim i nacionalnim europski državama probudio se i jačao interes za pouzdanim kartama, čije temelje čini izmjera većeg područja, državna izmjera. Ta djelatnost još nije bila institucionalizirana, niti je ostala prepuštena inicijativi nekolicine matematičara i geografa, nego bi je državni suveren povjerio pojedinim geometrima.

Zemljin oblik kugle bio je sada neosporavan, iako on pri izmjeri geometrijskim ili trigonometrijskim metodama i u kartografskim prikazima najprije nije imao nikakvu ulogu. Određivanje veličine Zemljine kugle postalo je nakon 1500. godine interesantan geografsko-geometrijski problem za koji je predložen veći broj rješenja.

U principu mogu se razlikovati tri metode:

- terestrička metoda koja proizlazi iz geometrijskih odnosa presjeka ravninom kroz središte Zemlje i za koju nisu potrebna astronomska opažanja (metode AL BIRUNIJA, MAUROLYCUSA i GETALDIĆA);
- linearno-astronomska metoda, kod koje se jedan luk na Zemlji izravno izmjeri, dok se pomak zenitnih smjerova u odnosu na zvjezdano nebo u krajevima luka izmjeri astronomski (ERATOSTENOVA metoda);
- trigonometrijsko-astronomska metoda koja se u to doba tek počinje razvijati, kod koje se lukovi na Zemlji ne mjere izravno, nego primjenom triangulacije (SNELIUSOVA metoda).

2.1. Terestrička metoda sferne geodezije

Taj postupak, pri kojem se ne izvode astronomska opažanja, poznat je već i u AL-BIRUNIJEVOJ varijanti (oko 1000.). Arapski je astronom istraživao određivanje polumjera Zemlje mjerenjem disperzije horizonta s jednog brda. Sicilijanski matematičar F. MAUROLYCUS izmislio je sličan postupak (1543.).

Među ostalim postupcima iz oko 1600. koji slijede isti geometrijski princip, a o kojima izvještava opširno RICCIOLI, spomenimo još postupak isusovca Christofora CLAVIUSA (u *Geometrica Practica*) i P. CASATUSA (u *Commentationes de Telluris magnitudine*) te postupak isusovca Christofora GRIENBERGERA koji je originalna, ali ipak neostvariva varijanta.

I Johannes KEPLER bavio se više puta problemom veličine Zemlje. Svoj postupak izmjere Zemlje određivanjem horizonta iz dvaju mjesta "bez i jednog opažanja neba", više je puta razjašnjavao u pismima suvremenicima i konačno u svojem udžbeniku o kopernikanskoj astronomiji.

KEPLER svoj postupak nije nikad ostvario. Metodu su ipak primijenili isusovci G. B. RICCIOLI i F. M. GRIMALDUS 1645. godine. Oni su mjerili obostrane smjerove u odnosu na vertikale između isusovačkog kolegija u Bologni i jednog tornja u Modeni te odredili udaljenost između mjesta pomoću triangulacije uz povećanje baze.

Svi ti postupci, koji variraju terestričke metode izmjere Zemlje, moraju se konačno poljuljati na problemu refrakcije horizontalnih vizura, nesigurnosti takvih opažanja i maloj točnosti instrumenata za opažanje.

Prema BONIFAČIĆU (1979.), dubrovački matematičar Marin GETALDIĆ (1568.-1626.) ističe se više kao teoretičar nego kao praktičar koji pristupa matematičim problemima radi praktične primjene. Njegovu pozornost posebno je zaokupljao metodološki pristup geometrijskim problemima koje obrađuje sintetičkom metodom starih, za koje matematika i nije bila drugo nego geometrija, gdje su bili brojevi dužine i njihovi umnošci površine. Taj je klasični pristup geometrijskim problemima u njegovo vrijeme obogaćen odličnim pomagalom algebarskom analizom francuskog matematičara Fraçoisa VIËTEA s kojim je GETALDIĆ prijateljevao i surađivao. GETALDIĆ se proslavio upravo time što je VIËTEOVU algebarsku analizu prihvatio i primijenio je pri rješavanju geometrijskih problema te je tako utemeljio put DESCARTESOVJ analitičkoj geometriji.

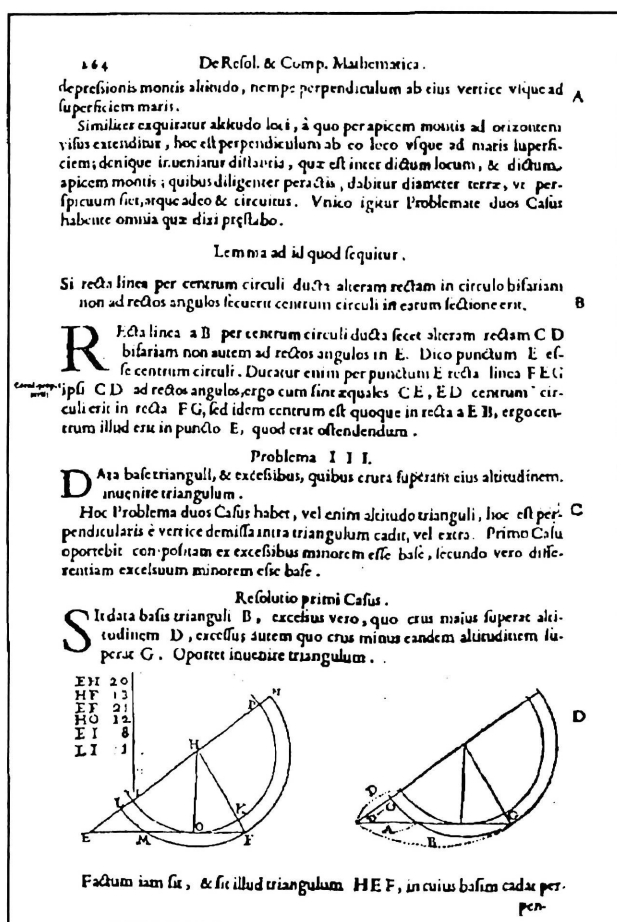
Za nas je značajno da se GETALDIĆ teorijski bavio određivanjem veličine Zemlje, da je predložio vlastitu metodu i objavio je (GHETALDI 1630.). Potrebna mjerenja nije izveo, ali postoji svjedočanstvo da je namjeravao mjeriti zajedno sa svojim prijateljima iz Dubrovnika. Sačuvalo se naime pismo s datumom 15. studenoga 1625. godine, naslovljeno profesoru matematike, isusovcu Kristoforu GRIENBERGERU (VANINO, 1941). Između ostalog tu piše: "... Vidjevši da postoji velika raznolikost u procjeni veličine Zemlje, među svim piscima, naumio sam i ja potražiti način na koji bi se mogla izmjeriti veličina Zemlje. Našao sam dosta pogodan problem čijom se primjenom može na dva načina naći promjer Zemlje, a zatim pomoću Arhimedova računa i njezin opseg. Ako mi Bog da života, možda ću ovoga

proljeća, zajedno s Marinom Gundulićem i Ignacijem Tudišićem koji su me mnogo podsticali, ostvariti tu zamisao..."

Međutim, GETALDIĆ je umro 7. travnja 1626, dakle ni pet mjeseci nakon toga pisma. Smrt ga je spriječila u obavljanju mjerenja, a prijedlog mjerenja i računanja tiskan je posmrtno 1630. godine.

Prema BONIFAČIĆEVU prijevodu (1979) prvi način određivanja veličine Zemlje je sljedeći.

"Neka se odaberu na površini jezera, kad nema nikakvog vjetra, dva mjesta međusobno udaljena najmanje tri milje. Na jednom od njih neka se po-



Slika 1. Jedna stranica iz Getaldićeva
De resolutione et compositione mathematica

digne okomito na površinu vode limena pločica s uskim otvorom pruženim u širinu. Iza pločice, kod samog otvora neka se postavi svjetlo, a razmak od površine vode do vrha otvora neka bude oko jedne stope. Na drugom kraju neka se postavi promatrač koji će se podizati ili snizivati dok mu doglednica ne dopre do svjetla pravcem koji dira površinu vode, tako da kad bi se i najmanje snizio, ne bi vidio svjetla zbog zaobljenosti vode koja bi, sada, došla između oka i svjetla. Površina je, naime, vode, koja mirno leži, zaobljena, a središte te zaobljenosti jest središte Zemlje, kako je dokazao Arhimed. Neka se sada pomnjivo izmjeri razmak između promatračeva oka i površine vode, kao i razmak između površine vode i vrha otvora na pločici. Kad su, naime, zadana ta dva razmaka i udaljenost tih dvaju mjesta na površini vode, može se izračunati promjer Zemlje, kako će se kasnije pokazati, a zatim Arhimedovim računom njezin opseg.

Rekoh da se to ima izvesti na kojem jezeru, a ne na moru, jer bi zbog plime i oseke izvedba bila poremećena, pa se za taj postupak traži mirna stajaća voda; i stoga rekoh da to mora biti kad nema nikakvog vjetra, da se površina vode ne bi uzburkala. Mjesto jezera bi, pače, bio još zgodniji potok ili kanal na kakvoj ravnicu ravno pružen kakve sam vidio u nižoj Germaniji, a osobito u Bataviji, jer je u njima voda posve mirna i nepomična.

Drugi način da se izračuna opseg Zemlje, i to lakši i točniji od prvog, izgleda ovako. Neka se odaberu dva brda s otvorenim vidikom na more, tako da se s nekog mjesta višeg brda pruža doglednica preko vrha nižeg brda do kružnice gdje se horizont spaja s morem. Neka se, zatim, istraži visina nižeg brda, to jest okomica od njegovog vrha do morske razine. Isto tako neka se istraži visina onog mjesta iz kojeg se preko vrha brda pruža doglednica do horizonta, to jest okomica od tog mjesta do morske razine. Zatim neka se pronade razdaljina između tog mjesta i rečenog vrha brda. Pa kad se sve to obavi, izračunat će se promjer Zemlje, kako će se objasniti, a iz promjera opseg.

Sve ću to pokazati kod jednog problema koji ima dva slučaja."

Spomenuti problem GETALDIĆ je detaljno riješio i objavio 1630. u djelu *De resolutione et compositione mathematica*. To nam je djelo i danas potpuno dostupno jer je objavljeno kao pretisak u GETALDIĆEVIM sabranim djelima (1968.). Iako je većina GETALDIĆEVIH djela objavljena i u prijevodu na hrvatski jezik (GETALDIĆ, 1972.), spomenuto djelo, koliko je nama poznato, u cjelini nije prevedeno. Međutim, problem kojim se ovdje bavimo, jedan je od problema iz GETALDIĆEVA *De resolutione...* koji je u potpunosti preveden i obrađen (BONIFAČIĆ, 1979.). Osim toga, djelomično je obrađen već i prije (ČUBRANIĆ, 1969., 1974.).

Na kraju razmatranja o GETALDIĆEVOJ metodi spomenimo da je prije navedeno pismo K. GRIENBERGERU iz 1625. pisano na talijanskom jeziku. U tom je pismu samo izreka geometrijskog problema na koji se svodi

GETALDIĆEVA metoda određivanja veličine Zemlje napisana na latin-skom: Data base trianguli et excessibus, quibus crura superant altitudinem trianguli, invenire triangulum. Hoc Problema duos casus habet: vel enim altitudo trianguli hoc est perpendicularis e vertice demissa cadit in basim vel basi productae extra triangulum occurrit (i nastavlja na talijanskom) et perci' in dui modi come dissipotremo trovar il diametro della terra. Sam problem na hrvatskom jeziku glasi: *Odrediti trokut kojemu je zadana osnovica i pretičci kojima krakovi trokuta premašuju njegovu visinu.*

Marin GETALDIĆ i njegovo djelo nedavno su prikazani na izložbi Znanost u Hrvata, a veći broj članaka u istoimenom katalogu napisao je I. MARTINOVIĆ (1996.).

2.2. Linearno-astronomska metoda sferne geodezije

Ta je metoda poznata iz antike i povezana s ERATOSTENOVIM imenom. Navodimo nekoliko primjera te metode u ranom novom vijeku.

Dva matematičara 16. st. P. NONIUS (u *De Observatione*, lib. 2, cap. 18) i J. MAZZONIUS (u *Defensio Dantis Italicae*, lib. 1, cap. 77) nadovezuju se izravno na ERATOSTENOVA mjerenja.

Jedno izravno mjerenje izveo je francuski liječnik J. FERNEL. On je, kao što priopćuje u svojoj *Cosmotheoriji* (lib. 1, cap. 1) iz 1528., u kolovozu 1525. odredio visinu pola od Pariza 48°38' i četiri dana kasnije došao je do mjesta za koje je mogao iz podnevne visine Sunca i njegove deklinacije izračunati razliku širina $\Delta\varphi = 1^\circ$. Opažanje je bilo pomoću jednog pravokutnog trokutnog instrumenta s jednom katetom od približno 2 m. Udaljenost između dvaju mjesta određena je na temelju broja okretaja kotača poznatog opsega. Nakon oduzimanja nekog, ne pobliže objašnjenog, iznosa zbog nagibanja i krivudavosti puta, dobio je za duljinu stupnja

$$1^\circ = 68,096 \text{ milja } (= 101,1 \text{ km})$$

Po istom je principu početkom 17. st. Wilhelm Jansson BLAEU, sin BRAHEOVA učenika Johanna BLAEUA, tiskara, izrađivača globusa i karata u Amsterdamu, pomoću štapa od 12 stopa izmjerio stupanj meridijana na obali Sjevernog mora od ušća rijeke Maas do Texela. Visine pola nad krajnjim točkama luka izmjerio je pomoću zenit-sektora koji je imao luk od 12°, ali nije bio snabdjeven durbinom. Rezultat se razlikovao samo za 60 t (toise) od točnijeg mjerenja PICARDA nakon više od 50 godina.

Posljednji, koji je vidio dokumentaciju tih stupanjskih mjerenja, bio je vjerojatno PICARD 1671. na putu prema ostacima zvjezdarnice Tycha BRAHEA. God. 1672. izgorila je BLAEUOVA tiskara koju je do tog vremena vodio Johann BLAEU (II), sin Wilhelma Janssona, tako da su najvjerojatnije izgorjeli i rukopisi o stupanjskim mjerenjima.



Jedno od najbrižljivijih mjerenja po linearno-astronomskoj metodi izveo je engleski matematičar i geometar R. NORWOOD, koji je između ostalog sastavio jednu kartu Bermuda na traženje kolonijalnog društva *Bermuda Company*. On je mjerio između lipnja 1633. i lipnja 1635. udaljenost između Londona i Yorka pomoću mjernog lanca dugačkog 99 stopa i odredio pomoću sekstanta promjera 5 stopa na oba mjesta visinu Sunca u meridijanu u vrijeme ljetnog solsticija. Pri određivanju udaljenosti uzeo je u obzir sve zakrivljenosti i visinske razlike.

Posljednji od postupaka koji spominjemo je RICCIOLIJEV *nostra alia methodus* koji je usko povezan s određivanjem geografske duljine (Bialas, 1982.).

2.3. Trigonometrijsko-astronomska metoda

Pod tom se metodom podrazumijeva postupak triangulacije koji je značajan za geodeziju od toga vremena pa sve do danas. Razvitak i primjena postupka nisu povezani samo s apstraktnim, matematičkim zadatkom određivanja dimenzije Zemljine kugle. Naime, s vremenom su narasle potrebe postavljanja državne izmjere na solidne matematičke i jednostavne praktične temelje.

Jedna od prvih točnih državnih izmjera ranog novog vijeka bila je izmjera Bavarske koju je vodio Philipp APIAN, profesor matematike na Sveučilištu Ingolstadt. Radovi, koji su se izvodili na zahtjev bavarskog vojvode ALBRECHTA V., trajali su više od 10 godina i doveli do izrade 24 *Bairischen Landtafeln* 1568. godine. U samoj izmjeri APIAN je na temelju radova Chr. PçHLERA spojio trokute pomoću bazisnih i kutnih mjerenja, i vjerojatno također na temelju prakse S. MçNSTERE, primijenio je postupak presjeka naprijed. Položio je u izabrano područje jedan okvir osnovnih točaka čije je geografske koordinate odredio iz astronomskih opažanja i terestričkih mjerenja. Razliku geografskih duljina između točaka odredio je Peter APIAN vjerojatno jednom varijantom postupka svoga oca, iz razlike geografskih širina i međusobne udaljenosti točaka. On je jednostavno formulama ravne trigonometrije izračunao udaljenost meridijana između dviju točaka na paraleli kroz jednu točku i odredio prema unaprijed izračunatoj tablici, kojoj razlici duljina taj luk odgovara za geografske širine mjesta. Područje unutar okvira bit će onda izmjereno postupkom državne izmjere, kojem odgovaraju linije uzduž putova (Routenzüge) i ulančani trokutovi. Bez sumnje da je APIAN upotrijebio pojedine elemente postupka triangulacije, iako nije poznavao cijeli postupak.

Willebrord Snel van Boyen, poznat kao SNELLIUS, profesor astronomije i matematike u Leidenu, bio je taj, koji je u biti samostalno razvio suvremeni

princip triangulacije i 1617. te ga kao prvi objavio. U osnovi njegova prikaza i njegovih računanja leže stvarna mjerenja i mjerenja koja se mogu provjeriti.

SNELLIUS je izmjerio pomoću drvenih letava dvije osnovice u sredini jedne mreže od 33 trokuta između mjesta Bergen op Zoom na jugu i Alkmaar na sjeveru Nizozemske, a pomoću mreže za povećavanje bazisa izračunao duljinu jedne stranice trokuta kao mjerilo mreže. Izmjerio je azimut jedne stranice, kut u trokutu te širine krajnjih točaka i nekoliko međutočaka pomoću bakrenog kvadranta što ga je napravio W. J. BLAEU. Nakon računanja pomoću formula ravne trigonometrije stranice između Alkmaara i Bergena te između Alkmaara i Leidena projicirane su na meridijan kroz Alkmaar, odnosno Leiden. Kao srednju vrijednost za duljinu luka meridijana za razliku širina od 1° uzeo je

$$1^\circ = 28\,500 \text{ rajnskih ruta } (= 107,3 \text{ km}).$$

Prvu primjenu kod državne izmjere našao je postupak triangulacije kod tübingenškog matematičara i orijentalista W. SCHICKARDA, prijatelja KEPLERA i pronalazača prvog računskog stroja. Ta würtemberška državna izmjera (1624.-35.), koja je vođena na osobnu inicijativu SCHICKARDA, bila je upućena na potporu pomoćnika iz mjesnog stanovništva. On je tražio od umjetnika, učitelja i studenata da izmjere okolicu svojeg mjesta boravka i stave mu na raspolaganje svoje crteže.

Trigonometrijska mreža bila je napravljena po uzoru na SNELLIUSA. Na Neckaru je bila položena baza duljine 3900 stopa, izravno izmjerena i 11 puta povećana kao *fundamentum dimensionis*. Kutovi su u trokutima mjereni trokutastim instrumentom koji je bio preklopiv, vlastite konstrukcije. Smjerovi na točke dogledanja, vizirane bez durbina, mogli su se pročitati na jednoj stranici trokuta s točnošću od $1'$. Točke, koje su ležale u ponikvama i nisu se odozgo mogle vidjeti, određivane su pomoću presjeka natrag, za što je SCHICKARD dao vlastito grafičko rješenje. On je i inače davao prednost pri kartiranju konstrukciji točaka grafičkim presijecanjem. Zbog njegove rane smrti karte su ostale nedovršene. Vjerojatno je još trebalo sve karte dogotoviti za bakrorez.

Kratko nakon SCHICKARDA počeo je W. BACHMAYER s izmjerom područja slobodnog carskog grada Ulma, pri čemu je također upotrijebio postupak triangulacije.

2.4. Instrumentalne novosti. Picardova mjerenja

Académie Royale Française osnovana je 1666. godine. Kao jedan od prvih zadataka postavila je je francuska Akademija novo određivanje veličine Zemljine kugle i prenijela ga svojem članu J. PICARDU, koji je već stekao ugled kao astronom praktičar. Pri svojim astronomsko-geodetskim mjerenjima on se mogao osloniti na niz novih instrumentalnih poboljšanja.

Pronalaskom durbina početkom stoljeća PICARD je dobio novo sredstvo za opažanje s kojim se moglo definirati točan smjer cilja pomoću znački, mrežice ili niti te učiniti mjerljivima odgovarajuće fine pomake s obzirom na grubu podjelu kruga pomoću odgovarajućeg uređaja. Već 1640. je W. GASCOIGNE pomoću mikrometarskog vijka za durbin uveo jedan novi pribor za mjerenje duljina. Tu je ostvaren pomak jedne kazaljke u odnosu na drugu, u kućištu durbina učvršćenu kazaljku u zajedničkoj žarišnoj ravnini objektivne i okularne leće, pomoću okretanja određenog vijka.

Neovisno o GASCOIGNEU primijenili su mikrometarski vijak pri opažanju durbinom 1666. godine A. AUZOUT i J. PICARD. AUZOTOV mikrometar sastoji se iz jednog okvira s čvrstim nitima smještenog u durbin u položaju okomitom na njegovu os, i jednog drugog pratećeg okvira s nitima i finom podjelom koji se snabdjeven vijkom mogao izvana pomicati. Kao niti primjenjivane su vlasi ili tanke metalne žice.

PICARD je bio taj koji je u durbin uveo nitni križ. Za triangulaciju iz 1669. upotrijebio je za svoja astronomska opažanja osim 18°-sektora s polumjerom od 10 stopa (oko 3 m), jedan kvadrant s polumjerom od 36 palaca (oko 1 m). Kvadrant je bio - kao također jedan sektor - snabdjeven s dva teleskopa, od kojih jedan fiksiran, a drugi pokretan na alhidadi, na kojoj su se na poprečnoj podjeli mogle čitati minute. U težištu kvadranta nalazio se klin oko kojeg se na metalnoj nozi s 4 vijka za podešavanje mogao vrtiti horizontalno ili vertikalno ili biti učvršćen. Durbin je imao u središtu slobodno mjesto, s čime se pri okomitoj postavi instrumenta mogao upotrijebiti obješeni visak.

Na uobičajeni način odredio je PICARD duljinu luka meridijana pomoću lanca trokutova. Kao krajnje točke položio je Malvoisine oko 36 km južno od Pariza i Amiens na sjeveru, krećući se dakle pariškim meridijanom, što je već prije za svoja mjerenja primijenio FERNEL. Pomoću sektor-instrumenta odredio je geografske širine krajnjih točaka luka, između ostalog iz gornjih i donjih kulminacija polarne zvijezde; pomoću kvadranta izmjerio je stranice i kutove trokutova. Zbroj kutova u trokutu podešen je na 180°, a sferni eksces, iako je na početku stoljeća bio poznat, nije uziman u obzir.

Posebna pozornost primijenjena je na mjerenje osnovica. PICARD je htio povezati jedinicu za mjerenje duljina s nekom nepromjenljivom prirodnom veličinom. Stoga je pomoću dvije ure s njihovom kojima se kontrolirao prolaz Sunca preko meridijana odredio duljinu jednostavnog sekundnog njihala, koje se sastojalo iz bakrene kugle obješene na svileni nit. Dvostruku takvu duljinu ($=1,9875$ m) uzeo je za novi *toise* i nazvao ga *Rayon astronomique*).

Bazisna mjerenja PICARD je izveo pomoću drvenih štapova duljine 2 toisea, s time da su svake dvije letve bile međusobno stegnute zavrtnjem. Odgovarajuća jedinica u vezi s bazisnim mjerenjem i primjenom triangulacije

poznata je kao *Toise du Châtelet de Paris*. Bila je mjerena jedna osnovna crta duljine 5663 toisea (t) južno od Pariza - do tada najdulja baza - i jedna kontrolna crta u sjevernom dijelu mreže duljine oko 7,5 km uzduž nategnutog konopca tamo i natrag.

Račun je napravljen počevši od glavne osnovice po formulama ravne trigonometrije, a osim toga bile su kontrolirane stranice trokuta pomoću sporedne osnovice. Dobiveni su rezultati iz kojih se može izvesti:

Zemljin opseg = 20 541 600 t (= 40 037 km)

Zemljin polumjer R = 3 269 300 t (= 6372 km)

Značaj PICARDOVE triangulacije leži u tome da je on prvi u Francuskoj uopće prikazao izvedenu triangulaciju. Dao je do tada najtočniju vrijednost dimenzija Zemljine kugle. Povijesno gledano, PICARDOVA mjerenja su posljednji geodetski poduhvati kod kojih je kugla uzeta za oblik Zemlje.

3. Topografska izmjera

Topografska izmjera je prikupljanje sadržaja originala topografskih karata. Tu spadaju sljedeći postupci: opisivanje (identificiranje, generaliziranje, klasificiranje), utvrđivanje, odnosno mjerenje prostornih odnosa (topometrija), i konačno konceptualan prikaz svih predmeta i obilježja što ulaze u sadržaj karte.

Osnove opisanog prikupljanja ostaju iste godinama i određene su subjektivnim činiteljima. Sadržaji kojima se daje prednost su prije svega naselja, imena naselja, vode, oblik obale, ali i prometnice i granice; postepeno se pojavljuju reljef i pokrov tla, prije svega šume i močvare. Tek uvođenjem sustavne izmjere zemljišta u 18. st. bili su kriteriji za izbor i prikaz potčinjeni čvrstim pravilima (kartografski ključ).

Topometrijske komponente izmjere pokazuju još mnogo ranije izrazitu razvojnu povijest koja u čvrstoj svezi s napretkom opće tehnike izmjere odražava mogućnosti određivanja geometrije karte. Pritom se mogu razlikovati sljedeće metode izmjere:

1) Izmjera od oka, gledanjem (bez mjerenja), pričem se topografski podaci dalje daju u obliku skica, odnosno opisa riječima. U tom najširem smislu je topografija stara koliko i čovječanstvo (npr. opisivanje područja za lov).

2) Izmjera jednostavnim metodama mjerenja: određivanje smjera kompasom, s grubom podjelom kutova i postupkom viziranja; određivanje udaljenosti pomoću brojenja koraka, jahanjem, mjerenjem vremena putovanja, ali također pomoću mjernih lanaca i mjernih kotača. Zreli oblik takve izmjere čine izmjere putova (Routenaufnahme) za vrijeme istraživačkih putovanja.

3) Posebne metode izmjere uvode se upotrebom mjerničkog stola što ga je izumio J. PR^aTORIUS krajem 16. st. i dosežu nakon pojedinih poboljšanja svoj procvat u velikim zemaljskim i katastarskim izmjerama 19. st.

4) Numeričke metode koje su nastale u svezi s razvitkom mjernih instrumenata za duljine i kutove u 16. st. bile su praktične i uz konstrukciju posebnih tahimetara u 19. st., ali su ipak ostale ograničene na lokalne izmjere u većim mjerilima.

5) Fotogrametrijske metode razvijale su se od jednog pomoćnog postupka (fotogrametrija mjerničkog stola u drugoj polovici 19. st.), preko terestričke stereofotogrametrije od početka 20. st., do izmjere zračnih snimaka krajem Prvog svjetskog rata. Nakon Drugog svjetskog rata to postaje jedna od najrasprostranjenijih metoda izmjere.

6) U današnje vrijeme razvijaju se suvremene metode daljinskih istraživanja i globalnih položajnih sustava (GPS) sa sve većom primjenom u geodeziji i kartografiji.

Neovisno o toj podjeli topografskih metoda još je bitno razlikovati izmjero bez osnovnih položajnih mjerenja, kao što je to djelomično bilo još i u 19. st., od izmjere povezane na prethodno izvedenu triangulaciju koja se počinje pojavljivati u pojedinačnim slučajevima u drugoj polovici 16. st.

Ograničimo li se pri povijesnim razmatranjima na one izmjere koje uključuju vremenu primjerene postupke izmjere, možemo postaviti početak razvitka najranije u 16. st. Antička izmjera zemljišta (Feldmeßkunst) bila je prema predajom sačuvanim izvorima usmjerena na izmjeru radi izrde katastra tla, odnosno radi graditeljstva, dok se u srednjem vijeku gotovo i nije radilo na kartografskom opisivanju zemljišta.

Oko 1500. bile su ispunjene bitne pretpostavke za započinjanje topografskih izmjera: svjetski duh renesanse bio je široko prihvaćen, formiranjem teritorijalnih država u Europi povećao se interes za sastavljanje karata vlastelinstava, regija i zemalja, i konačno, temeljne znanosti kao matematika, geometrija i astronomija dostigle su odgovarajuću razinu razvitka. Umijeće izmjere zemljišta bilo je poučavano u mnogobrojnim tadašnjim udžbenicima (GREWE, 1984).

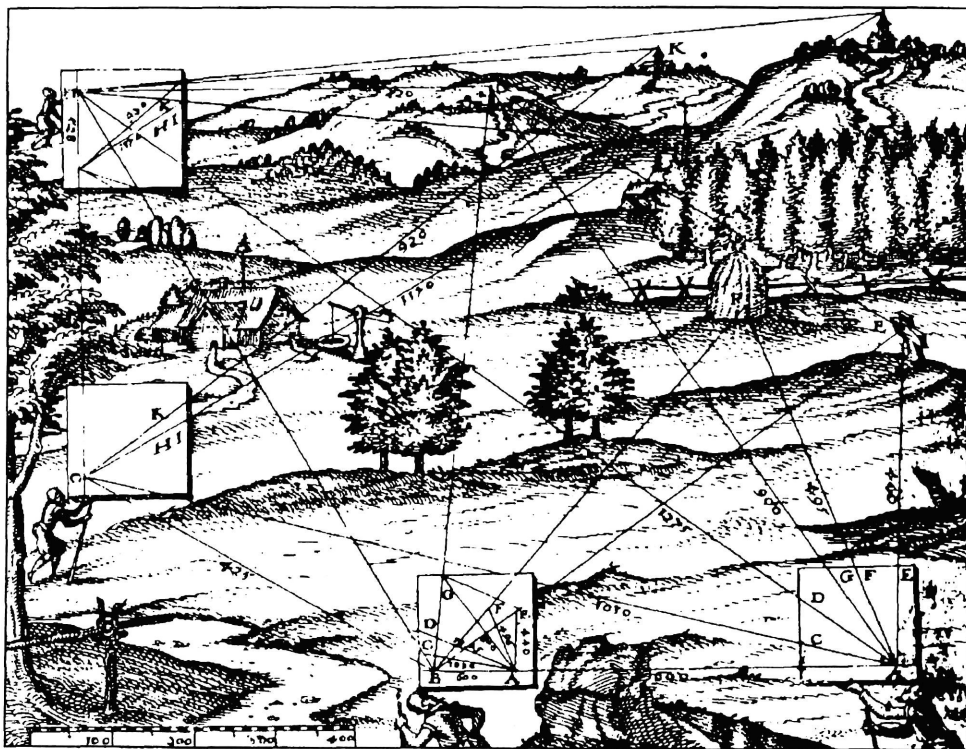
Naputak k topografskoj izmjeri dao je npr. MÜNSTER 1528. u svojem *Erklerung des neuen Instruments der Sonnen nach allen seinen Scheyben und Circkeln*, gdje on objašnjava osnovne postavke polarne metode i demonstrira ih pomoću jedne karte okolice Heidelberga (Meckel, 1986.). Kao instrumentarij on predlaže drvene kružne ploče s kutnom podjelom i kompasom. Može se primijeniti i metoda presjeka naprijed. Udaljenosti se mjere koracima ili se određuju iz vremena hodanja. Pojedinačno se početkom 16. st. pojavljuje mjerni kotač, češće mjerna vrpca i mjerni lanac.

Principijelne poteškoće kod točnijih mjerenja duljih udaljenosti, koje su bile svladane tek početkom 20. st. primjenom elektromagnetskih valova, vodile su ubrzo na mogućnost rješavanja pomoću trokutova. Temeljne postupke triangulacije dali su Peter APIAN (1524) i R. GEMMA FRISIUS (1533). Postupak triangulacije u današnjem smislu riječi prvi je proveo W. SNELLIUS (1615.).

Pri metodičkoj besprijeornoj primjeni tada poznatog postupka mogli su se postići začuđujući učinci. Tako plan Beča iz 1547. A. HIRSCHVOGELA počiva na izmjeri trokutova i poligonskih vlakova pomoću vlastito izrađenih instrumenata, pokazuje više od oko 2 km² velike srednjovjekovne gradske jezgre u jedinstvenom mjerilu od oko 1:1100 i donosi cijelu mrežu ulica u tlocrtno vjernom prikazu na katastarski način.

Pri izmjeri čitave zemlje primijenio je Philipp APIAN, u najmanju ruku u svojim postavkama kao jedan od prvih, geodetski princip *raditi od velikog prema manjem*. Da bi napravio svoje *Bairische Landtafeln* (1568.), progustio je postepeno okvir točaka određenih djelomično astronomski, djelomično terestričko-trigonometrijski, postavljajući međutočke i ispunivši ih konačno topografskim detaljima. Njegov rad sadrži relativno malu ukupnu deformaciju.

Jednako visokovrijednima bile su topografske izmjere C. SAXTONA (*Atlas Engleske i Walesa*, 1579) i drugih britanskih topografa čiji su radovi mogli biti zamijenjeni tek osnutkom *Ordnance Surveya* (1791.).



Slika 2. Iz Zubler, L.: *Novum instrumentum geometricum*. Basel, 1625. Repr.: 1978.

Prvorazredna dijela 16. st. u koja se osim spomenutih srednjoeuropskih i zapadnoeuropskih radova ubrajaju također radovi u Italiji, Španjolskoj i Skandinaviji, ne treba ipak pogrešno protumačiti, jer najveći dio topografskih informacija, koji je bio prerađen u ranijim atlasnim kartama ili kartama zemalja, bio je konglomerat procjena, izvještaja, neodređenih zamagljivanja i nekritičnih preuzimanja postojećih kartografskih podloga te uglavnom pati od nedostatka astronomske osnove. Nedostajala su šira mjerenja, i na karte se stoga nisu mogli postaviti visoki zahtjevi na točnost.

Od topografskih podataka bile su raspoložive pretežno približne udaljenosti izračunate iz vremena putovanja između većih naselja i od slučaja do slučaja smjerovi izmjereni busolom. Odgovarajuće tomu, pri kartiranju je prevladavala *metoda presjeka lukova*, koja se temeljila na konstrukciji iz tri stranice. Kad se dakle dobio međusobni položaj triju mjesta pomoću šestara na papiru, onda se moglo polazeći odatle konstruirati sve dalje trokuteve, pri čemu je trebalo poznavati geografske koordinate bar jednog mjesta i smjer bar jedne stranice.

Početkom 17. st. stajala je srednja Europa u obilježju tzv. *Züriske škole* s njenim zastupnicima P. EBERHARDOM i L. ZUBLEROM. Kod njih je bilo novo poboljšavanje instrumentarija, dalje poboljšavanje metoda rada i njihova konzekventnija primjena. Kružne ploče su djelomično izrađivane od mesinga i snabdijevane bitno točnijom podjelom. Za usmjeravanje k cilju služio je diopter. Za bazisna mjerenja upotrebljavane su mjerne letve. Međutim, jedno značajno ubrzanje izrade kartografskih originala moglo se postići uvođenjem mjerničkog stola, čime je izmjera ujedinjena s postupkom kartiranja.

Jedna od prvih regionalnih karata koja je sastavljena pomoću takvog pribora i metode je "...Mömpelgard", 1:56 000. Heinricha SCHICKARDA iz 1616. Njegov nećak Wilhelm SCHICKARD išao je korak dalje, pri čemu je izradio trigonometrijsku mrežu po uzoru na SNELLIUSA i na tim temeljima napravio kartu Würtemberga (1:140 000, 1619-35).

Svoj najsavršeniji izraz našla su učenja Züriske geodetske škole u radovima H. C. GYGERA (1599.-1674.). Za svoju kartu züriskog kantona u mjerilu 1:32000 iz 1667. on je triangulirao kao jedan među prvima s mrežama trokutova viših i nižih redova te potčinio topografsku i detaljnu izmjeru sustavnoj izmjeri, tako da točnost njegovih rezultata ostaje nedostižna do početka 19. st.

Dok su GYGEROVA topografsko kartografska djela znatno ispred njegovih vremena, tipičnom za to doba može se uzeti tehniku izmjere i izrade karata G. M. VISCHERA. Njegove izmjere Gornje Austrije (1668.) i Donje Austrije (1670.) osnivaju se na jednostavnim triangulacijama i samostalnim izmjerima, pri čemu su ipak mjernički stol i dioptersko ravnalo pretežno našli

primjenu pri važnijim radovima. Izmjera detalja obavljena je za vrijeme putovanja zemljom uz opažanja kompasa te izradom skica i bilješki. Usprkos tome VISCHER je na temelju bolje metodike postigao značajno povećanje točnosti u odnosu na svoje prethodnike. Dojmljiv je njegov radni tempo: obje karte zgotovio je, uključivši izmjeru i crtanje, za jednu godinu.

4. Početni meridijan

Početni meridijan ili nul-meridijan je polazni meridijan za mjerenje geografske duljine koja se u geografiji, kartografiji i geodeziji računa u stupnjima od 0° - 180° istočno i zapadno. Na nebeskoj sferi još se u antičko doba računala duljina na kružnici od proljetne točke na ekliptici. Na Zemlji ne postoji na stupanjskoj mreži neki na taj način istaknuti meridijan. Stupanjsku mrežu je kao terestrički sustav za orijentaciju uveo HIPARH iz Nikeje (2. st. prije Krista) i upotrijebio astronomsko određivanje mjesta kao temelj za određivanje položaja na Zemljinoj plohi, pri čemu je uzeo da početni meridijan prolazi kroz njegovo mjesto opažanja, otok Rhodos.

MARIN iz Tira (početak 2. st.) prepoznao je kod geografske duljine podudaranje mjere za stupnjeve i za vrijeme. Odredio je koordinate mnogih mjesta astronomskih mjerenjem širine i određivanjem duljine iz veličine puta; polaznu točku za određivanje duljine postavio je na *insulae fortunatae*. Ti otoci blaženstva, pod kojima ne treba razumijeti Azore, nego vrlo vjerojatno Kanarske otoke, vrijedili su starima kao najzapadniji dio poznatoga svijeta, pri određivanju duljina to je bio početak Ekumene (Stams, 1986.). C. PTOLEMEJ odredio je geografske koordinate za više od 7000 točaka, u rasponu od 83° geografske duljine. Njemu je bila poznata mogućnost određivanja razlika geografskih duljina pomoću pomrčine Mjeseca.

Arapci su preuzeli PTOLEMEJEVO učenje, metode i činjenice i dalje se razvijali na temelju vlastitih astronomskih opažanja. Nakon PTOLEMEJEVE oznake geografske duljine 79° za Babilon oni su fiksirali 80° za Bagdad. Arapi su smatrali da je srednji meridijan 90° i da prolazi mjestom Arin (Azin). Na sačuvanim arapskim zemljovidima nema nikakve stupanjske mreže.

Veliko značenje postiglo je određivanje geografskih duljina az-ZARQALIJA (Arzachel) oko 1080. u Toledu. On je odredio razliku duljina između Toleda i Bagdada od $51^{\circ}30'$. Budući da Toledo prema PTOLEMEJU leži na 10° , to udaljenost Arin-Otoci blaženstva iznosi $71^{\circ}30'$. Na taj način leži 90° zapadne duljine od Arina u nepoznatom oceanu *meridijan apsolutnog zapada* kako su ga označili Arapi.

U bilješkama i na slikama svijeta srednjovjekovnog kršćanskog zapada ne nalazi se početni meridijan. U renesansi će humanisti preuzeti znanje Antike i Arapa. Za astronomiju je dobio značenje početni meridijan Toleda. Na *tabulae Toledanae* az-ZARQALIJA pozivaju se *Alfonsin. Tafeln* (1250.) koje su bile



značajne za geografsko određivanje mjesta početkom geografskih otkrića. Njih je poboljšao J. REGIOMONTANUS u svojim efemeridama. Nakon ponovnog otkrića Kanarskog otočja u 13. st. ono je zadržano kao *insulae fortunatae*. Na kartama svijeta 15. st. upotrebljavan je meridijan Kanarskog otočja kao početni meridijan slijedeći time PTOLEMEJEVO poučavanje.

Otkriće Amerike i Papino odobrenje prava posjeda španjolskoj Kruni učinili su nužnom crtu podjele starijih portugalskih posjeda u Africi i na Atlantiku. Papinom bulom od 4. 5. 1493. postavljen je španjolsko-portugalski meridijan podjele svijeta vrlo nejasno *100 španjolskih legua zapadno od svakog azorskog i kapverdskog otoka od sjevernog do južnog pola*. Dana 15. 9. 1493. ta je crta razgraničenja produljena na čitavu kružnicu. Prijepor što se razvio zbog razlike geografskih duljina između Azora i Kanarskih otoka bio je razriješen 7. 6. 1494. u Tordesillasu ugovorom da *granična crta* (linea demarcaci) ide 370 legua zapadno od Kapverda (na oko 46° zapadno od Greenwicha); time istočna Južna Amerika ostade portugalska. Ubuduće će se ta crta različito upotrebljavati na kartama kao početni meridijan: najprije na karti svijeta J. de la COSE (1500), onda na portugalskim i španjolskim kartama prve polovice 16. st. Philipp APIAN je prvi put identificirao crtu razgraničenja na svojem globusu kao nul-izogonu. Kao posljedica zadržalo se računanje geografske duljine Stargo svijeta na istok, a Novog na zapad. Za druge pomorske zemlje takav početni meridijan nije mogao biti prihvatljivo rješenje.

U Njemačkoj se prvo prekoatlantsko ordrđivanje geografskih duljina odnosilo na meridijane kroz Nürnberg i Ulm. M. WALDSEEMÜLLER (1507) i J. SCHÖNER (1525) upotrebljavaju početni meridijan Porto Santo (kod Madeire); G. MERCATOR je primjenjivao jedno razdoblje azorski otok Corvo.

Tablica 1. Često upotrebljavani početni meridijani u 17. i 18. st.
(preuzeto iz Stams, 1986.)

	Georg. duljina zapadno od Greenwicha
Crta razgraničenja iz 1493.	33°30'
Crta iz Tordesillasa 1494.	46°00'
Kapverdski otoci	23°40'
São Miguel (Azori)	21°30' ($\pm 20'$)
Vjerojatno samovoljno	20°20'
Hierro/Ferro (Kanarski otoci)	17°40' ($\pm 20'$)
Teneriffa (Kanarski otoci)	16°30'

Preko PTOLEMEJEVA utjecaja u 16. st. su se upotrebljavali početni meridijani za kopnene i pomorske karte pretežno Kanarskog otočja, ali uz to

također Azora i Kapverda. Pojedinačno dolaze osim toga još: Toledo, Teneriffi i otok Hierro (Ferro), a da pritom nije postojalo nikakvo egzaktno astronomsko određivanje.

Da bi se u postojećoj zbirci stalo na kraj, sazvaio je kardinal RICHELIEU kao ministar LUJA XIII. u Parizu 25. 4. 1634. konferenciju stručnjaka, čiju su se sudionici (matematičari, kartografi i astronomi) trebali sporazumijeti o otvorenom pitanju računanja geografskih duljina. Odluka je bila zapadni rub otoka Ferro (Hierro), najzapadnijeg od Kanarskih otoka. Taj početni meridijan postao je obvezan za sve francuske karte kraljevskom odlukom od 1. 7. 1634; doduše ostalo je otvoreno egzaktno određivanje razlike geografskih duljina između Pariza i Ferra. Poznavanjem J. D. CASSINIJA 1669. za ravnatelja novosagrađene zvjezdarnice u Parizu počeli su opsežni astronomski radovi radi poboljšanja mjerenja duljina te određivanja veličine i oblika Zemlje. No još 1724. bio je položaj početnog meridijana nesiguran oko 15'.

O daljnjem povijesnom razvitku izbora početnog meridijana vidjeti npr. članak STAMSA (1986.) ili priručnik WALLISOVE i ROBINSONA (1987.).

5. O Glavačevoj karti

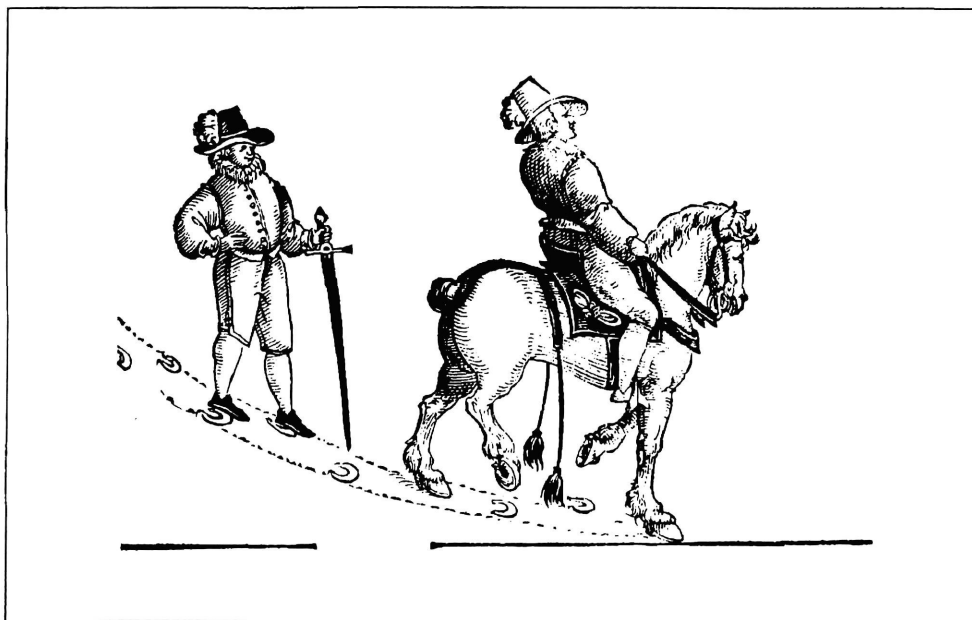
Karta Hrvatske S. GLAVAČA navodi se kao prva karta ovog područja kojoj je autor Hrvat. Prema A. PANDŽIĆ (1988.) uvelike je sporno je li stvarno prava. Naime, objašnjava ona, prema KUKULJEVIĆEVIM bilješkama postojale su dvije karte N. BONIFAČIĆA. Na prvoj od njih prikazane su "sve slavenske zemlje", a na drugoj ilirske pokrajine. Primjerci tih karata nisu sačuvani i teško je za sada reći nešto više o njima.

Na GLAVAČEVOJ karti prikazana je Banska Hrvatska s Banskom krajinom te Varaždinskim i Karlovačkim generalatom, dakle područje današnje Središnje i Gorske Hrvatske. Prema mnogim autorima ta je karta najbolji kartografski prikaz Hrvatske toga vremena. To je dio Hrvatske koji nakon turskih osvajanja u 16. st. ostaje u sastavu Habsburške Monarhije, a u saborskim je zaključcima nazvan *ostaci ostataka nekada slavnoga hrvatskoga kraljevstva*.

Kad analiziramo neku kartu, onda bismo trebali reći nešto o terenskim radovima koji su prethodili njezinoj izradi i o njenim bitnim elementima, a to su usvojene dimenzije Zemljina elipsoida ili kugle, mjerilo karte, kartografska projekcija, veličina listova, namjena i sadržaj karte, način reprodukcije te točnost prikaza.

5.1. Prethodni terenski radovi

MACAN (1995.) navodi da GLAVAČ u posveti otisnutoj u gornjem lijevom uglu karte "opisuje kako je obilazio i mjerio teren,..." te da "Tu nalazimo ne samo podatke o nastanku tog zemljovidu i načinu njegova izrađivanja".



Slika 3. Određivanje udaljenosti jahanjem, prema P. Pfinzing der Ältere: *Methodvs Geometrica*, 1598. Repr.: 1971

Prema MARKOVIĆU (1983.), o tome kako je nastala karta govori njen autor u zanimljivo napisanoj posveti na samoj karti, ističući kako je radeći na njoj često provodio mnoge dane i noći na terenu izlažući se i vremenskim nepogodama samo da mu rad ispadne što bolji. MARKOVIĆ (1993.) kaže: "Očito je karta nastala nakon višegodišnjeg rada na terenu, i to iz terenskih skica koje su konačno uobličene u kartografsku sintezu. Da je uistinu bilo tako, posvjedočuje i sam autor u svojoj zanimljivo napisanoj posveti, otisnutoj na karti na njezinoj gornjoj lijevoj strani."

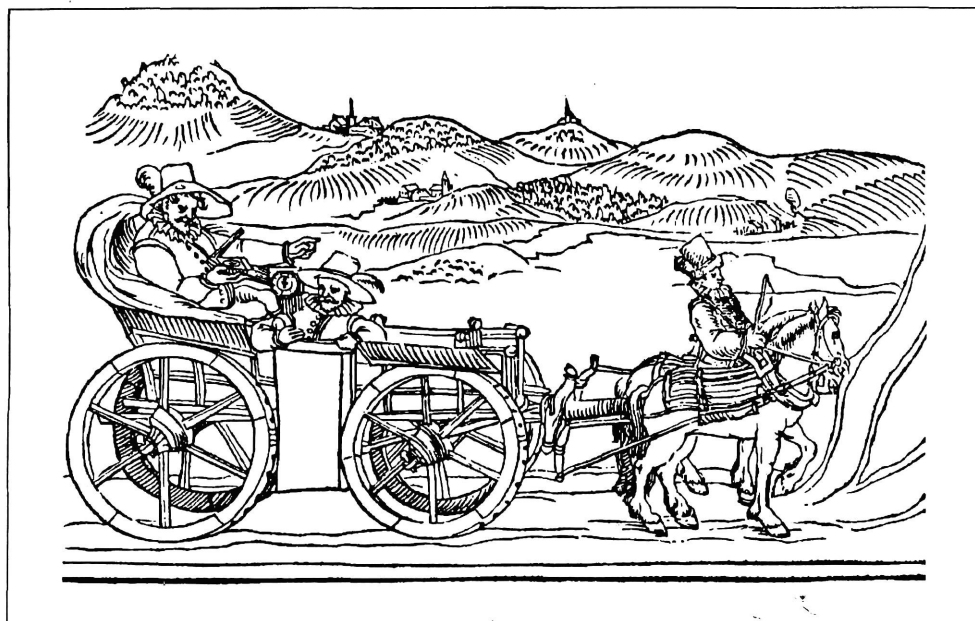
Premda bi se na temelju navedenih citata moglo zaključiti da se dosta zna o GLAVAČEVIM terenskim radovima što su prethodili izradi njegove karte, ipak nije tako. Poslužimo se još jednim citatom MARKOVIĆA (1988., 1993.): "*Kako je radio na terenu, kako je crtao svoje topografske skice, koliko se služio busolom ili ostalim instrumentima onoga doba, o tome Glavač ne govori (istaknuli M. L. i N. F.).*"

O samoj karti GLAVAČ je na kraju posvete iznio oprezni sud. Karta bi, smatrao je, ispala bolje da je imao na raspolaganju više sredstava i da mu kao redovniku nije bilo otežano kretanje. U posebnom upozorenju (*Admonitio*) ispod posvete GLAVAČ moli korisnike karte da ga ne krive za učinjene propuste jer i pored dobre volje nije dospio obići sve naše krajeve. U tome su ga

prvenstveno priječile teške prilike. Udaljenosti između naselja po nizinskom zemljištu ispravnije su od onih na brdskom ili planinskom. Takve greške lako će se ispraviti. To upozorenje govori da je GLAVAČ bio svjestan učinjenih propusta. Doista, jedan čovjek nije mogao proći, izmjeriti i sastaviti točnu kartu jedne zemlje. Pogotovo ne u prilikama kakve su tada vladale u Hrvatskoj.

Na temelju podataka kojima raspolažemo mogli bismo zaključiti da se GLAVAČEVI terenski radovi ne oslanjaju na neka osnovna položajna mjerenja ili triangulaciju. Najvjerojatnije se radilo o izmjeri jednostavnim metodama mjerenja: određivanju smjera kompasom s grubom podjelom kutova i jednostavnim postupkom viziranja, određivanju udaljenosti brojenjem koraka ili mjerenjem vremena putovanja.

U geodeziji je poznata *izmjera uz put* (Routenaufnahme, Itinerar) koja obuhvaća i vidljivo zemljište s obje strane puta. Izvodi se jednostavnim priborom uz vođenje kartografskog prikaza, primjerice skiciranjem ili krokiranjem. Ponekad se takav grafički prikaz naziva *kartom izmjere uz put* (Routenaufnahmekarte) ili kraće *putnom kartom* (Reisewegkarte). Izmjera uz put prije se često primjenjivala pri istraživačkim putovanjima za opisivanje puta i dopunu često nepotpunih karata.



Slika 4. Izmjera zemljišta vožnjom u kolima, prema P. Pfinzing der Ältère: Methodvs Geometrica, 1598. Rep.: 1971.



Jedan od tadašnjih instrumenata je *putni* ili *ručni kompas* (Routenkompaß). To je magnetski kompas za ručnu upotrebu s jednostavnim usmjeravanjem prema cilju za mjerenje magnetskih smjerova pri brzom izmjeri zemljišta.

Visine su se pri izmjerama uz put mjerile barometrom, a za orijentaciju u geografsku mrežu u pješinim točkama potrebno je bilo izvesti astronomsko određivanje položaja. O takvim mjerenjima kod GLAVAČA za sada nemamo podataka.

5.2. Usvojene dimenzije Zemljine kugle

Na temelju izloženog u poglavlju o izmjeri i sfernoj geodeziji u ranom novom vijeku možemo sa sigurnošću zaključiti da je GLAVAČ za model Zemlje uzeo kuglu jer je u 16. st. i početkom 17. st. bio izveden niz mjerenja za određivanje veličine Zemlje. Saznanja o spljoštenosti Zemlje pojavljuju se tek kasnije. Međutim, ne raspolažemo egzaktnim podatkom o polumjeru Zemljine kugle što ga je GLAVAČ upotrijebio pri izradi svoje karte. To bi možda mogla utvrditi neka buduća istraživanja.

Tablica 2. Veličine Zemljine kugle kroz povijest
(podaci o duljini kvadranta meridijana preuzeti iz Jordan/Egger/Kneissl, 1958.)

Godina	Osoba	Kvadrant meridijana (km)	Polumjer kugle (km)
oko 200. pr. K.	Eratosten	11 563,5	7362
oko 100. pr. K.	Posidonius	11 100	7066
1525.	Fernel	10 011	6373
1617.	Snellius	9 660	6150
1669.	Picard	10 009	6372

U tablici 2 dajemo pregledno nekoliko podataka o poznavanju veličine Zemljine kugle kroz povijest. Stoga se čini da nećemo pogriješiti ako pretpostavimo da je polumjer GLAVACEVE kugle $R=6370$ km, što je vrijednost koju i dan danas upotrebljavamo.

5.3. Mjerilo karte

Mjerilo karte je odnos duljina na karti prema odgovarajućim duljinama na Zemljinoj elipsoidu ili sferi. Pritom razlikujemo numeričko, grafičko i tekstovno mjerilo na karti (LOVRIĆ, 1988.).

Kao grafičko mjerilo na GLAVACEVOJ je karti, koliko se do sada zna, po prvi put ucrtana hrvatska milja *Milliaria Croatica*. Prema HERKOVU

(1966.) hrvatska milja ima svoje ishodište u dimenzijama Zemlje. Njezina vrijednost od 11 130 m odgovara vrijednosti 1/10 duljine ekvatorskoga stupnja.

Prema VANINU (1936.) HRANILOVIĆ je mislio da se hrvatska milja nalazi samo na GLAVAČEVOJ karti. Međutim, VANINO ju je uočio na VALVASOROVOJ karti Hrvatske, na početku četvrtoga sveska njegova znamenitoga djela *Die Ehre des Herzogthums Crain* (Laibach-Nürnberg 1689; 2. nepromijenjeno izdanje Rudolfswerth 1877-79), zatim na BELAVIČEVU crtežu iz 1739. P. NOVOSEL (1973.) ukazuje na hrvatsku milju na počasnom prvom mjestu kao *Miglia di Croatia* na CANTELLIJEVOJ karti Hrvatske iz 1690. godine.

Da bi se na osnovi grafičkog mjerila odredilo brojčano mjerilo, treba znati duljinu njemačke milje (Miliaria Germanica) ili hrvatske (Miliaria Croatica). Prema podacima iz literature (ALBERTI 1957.) duljina njemačke milje bila je različita u raznim dijelovima Njemačke. Uzme li se približna srednja vrijednost od 7500 m, tada se za mjerilo karte dobije približno 1:295 000.

Prema A. PANDŽIĆ (1988.) GLAVAČEVA karta izrađena je u mjerilu 1:700 000 (!), prema MARKOVIĆU (1988., 1993.) u mjerilu oko 1:300 000, a prema ŠKALAMERI (1996.) u mjerilu oko 1:220 000. P. NOVOSEL (1973.) određivala je mjerilo na više načina i dobila tri različite vrijednosti 1:296 000, 1:272 300, 1:266 666. Ona zaključuje da su sve tri vrijednosti najbliže okrugloj vrijednosti 1:250 000.

Mjerilo karte može se u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji odrediti i iz duljine luka meridijana. Budući da na kugli polumjera $R=6370$ km duljina luka meridijana od 1° iznosi 111 km, a njoj odgovarajuća duljina na Glavačevoj karti 40,8 cm, to se za mjerilo karte dobije 1:272 000. Tu razliku u mjerilu karte određenom iz grafičkog mjerila i duljine luka meridijana utvrdila je već i P. NOVOSEL (1973.).

5.4. Kartografska projekcija

Početak 17. stoljeća bilo je poznato oko 16 kartografskih projekcija izumljenih radi kartografskih prikaza zakrivljene Zemljine površine u ravninu. Bile su to prijelazne jednostavne za konstrukciju, jer su im meridijani i paralele pravci (uspravne cilindrične projekcije) ili lukovi kružnica (Globularna projekcija). Često su primjenjivane i perspektivne projekcije (ortografska i stereografska) koje također omogućuju grafičku konstrukciju mreže meridijana i paralela.

Budući da su na GLAVAČEVOJ karti meridijani paralelni pravci, a paralele također pravci okomiti na meridijane, radi se o uspravnoj cilindričnoj projekciji. To je već utvrdila P. NOVOSEL (1973.). Iz te grupe projekcija u to vrijeme poznate su bile ekvidistantna cilindrična i MERCATOROVA projekcija.

U ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji mjerilo je sačuvano uzduž svih meridijana i uzduž ekvatora ili uzduž dviju paralela simetričnih u odnosu na ekvator. Ako se ekvator preslika u pravoj duljini, tada mreža meridijana i paralela čini mrežu kvadrata, a projekcija se naziva *kvadratičnom* (plate carrée) (BORČIĆ 1955.). Ako se bez deformacija preslikava neka od paralela, tada mreža meridijana i paralela čini mrežu pravokutnika izduženih u smjeru sjever-jug. Da bi mogao konstruirati mrežu u toj projekciji, autor karte mora zadržati širinu paralele koja će se preslikati bez deformacija. Ta se paralela u suvremenoj literaturi naziva *standardnom paralelom*.

Prema nekim tvrdnjama projekciju je izumio ERATOSTEN, a PTOLEMEJ ju pripisuje MARINU iz Tira (oko 100. godine nakon Krista). Na svojoj karti svijeta MARIN je za standardnu paralelu izabrao paralelu koja prolazi Rhodosom ($\varphi_0=36^\circ$) (SNYDER 1993.).

PTOLEMEJ je preporučio da se ta projekcija upotrebljava samo za manja područja. Pritom predlaže da se za standardnu paralelu izabere paralela koja prolazi sredinom područja preslikavanja. Tih preporuka držali su se mnogi kartografi pa su mnogobrojne karte malih regija u atlasima Abrahama ORTELIUSA (1527.-1598.), Gerharda MERCATORA (1512.-1594.) i mnogih drugih kartografa 16. i 17. stoljeća izrađene u toj projekciji (SNYDER 1993.).

Ako je GLAČAČEVA karta izrađena u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji, tada bi bilo logično da je za standardnu paralelu izabrao paralelu širine $\varphi_0=45^\circ40'$, koja prolazi sredinom lista. Na kugli polumjera $R=1$ duljina luka te paralela za 1° iznosi $l=0,012197$, a duljina luka meridijana $l=0,017453$. Budući da su u toj projekciji svi meridijani i standardna paralela preslikavanju u pravoj duljini, to kvocijent duljine luka meridijana i odgovarajuće duljine luka paralele treba biti 1.430926. Na GLAČAČEVOJ karti duljina luka meridijana za 1° iznosi 40,8 cm, a duljina luka paralele 37,2 cm, pa je njihov kvocijent 1,09677.

Na tako malom području što ga obuhvaća GLAČAČEVA karta mreža meridijana i paralela u MERCATOROVOJ projekciji s istom standardnom paralelom ne bi se zamjetno razlikovala od mreže u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji. Prema tome može se na osnovi prethodnih razmatranja zaključiti da GLAČAČEVA karta nije ni u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji ni u MERCATOROVOJ projekciji sa standardnom paralelom $\varphi_0=45^\circ40'$.

Odnosi između duljina meridijana i paralela na GLAČAČEVOJ karti upućuju na zaključak da je matematička osnova karte preuzeta s neke druge karte većeg područja na kojoj je standardna paralela mnogo južnije. Računajući smo utvrdili da mreža meridijana i paralela na GLAČAČEVOJ karti približno odgovara mreži u ekvidistantnoj cilindričnoj projekciji sa standardnom paralelom $\varphi_0=25^\circ$. Da je takva praksa bila uobičajena, lako se uvjeriti analizom oblika mreže meridijana i paralela na mnogim kartama izrađenim i prije i poslije GLAČAČEVE karte.

5.5. Veličina lista

Karta se sastoji od jednog lista. Originalnu kartu nismo još imali prilike vidjeti, no reprodukciju u naravnoj veličini 90x90 cm izdalo je uredništvo zbornika *Vrela i prinosi* u Sarajevu 1937. godine. Prema P. NOVOSEL (1973.), "karta je vrlo uspješno reproducirana fotolitografskim putem, te je čak jasnija i čitljivija od požutjelog originala koji je kaširan na platnu. Formatom od 81,5x83 cm, koji je dobiven ne baš preciznim spajanjem iz nekoliko segmenata koji su odgovarali veličini ploče, Glavačeva se karta ističe veličinom od ostalih u VII. svesku Valvasorove zbirke."

5.6. Namjena i sadržaj karte

Fragmentalni opis GLAVAČEVE karte dao je MARKOVIĆ (1964., 1975.), vrlo detaljan isti autor (1988., 1993.). O namjeni karte dovoljno su rekli drugi autori, a o prihvaćanju stranih utjecaja te o GLAVAČEVU doprinosu na razvitak europske kartografije 17. st. može se naći objašnjenje u magistrarskom radu D. MLINARIĆ (1977.).

5.7. Izrađene kopije

Prema VANINU (1939.), u *Preussische Staatsbibliothek* u Berlinu nalazi se crtež kadeta Antuna BELAVIĆA, izrađen po GLAVAČEVOJ karti 1739. godine, veličine 52x51 cm. Potpisan je na francuskom jeziku: *Designé par d'Antion Bellavich Cadet dans l'Accad, de Gumperda*. BELAVIĆ je zadržao latinski jezik, no karta mu se tehnički dosta razlikuje od originala. Označio je kao i GLAVAČ milje hrvatsku i njemačku. Izostavio je opsežnu posvetu, a umjesto nje stavio je tekst s vrijednim podacima. Prvi kaže da je GLAVAČEVA karta "nanovo nađena" (reinventa), odakle možemo zaključiti da je i tada bila vrlo rijetka. Zatim saznajemo da je taj pronađeni primjerak bio dosta oštećen te da ga je dao nanovo nacrtati dvorsko-ugarski savjetnik grof Aleksandar PATAČIĆ od Zajezde.

Malo je poznato da postoji i druga kopija koju je izveo Aleksandar PATAČIĆ 1746. godine i koja se čuva u *Nacionalnoj i sveučilišnoj biblioteci* u Zagrebu (PANDZIĆ 1988.). Ta je karta dakle kopija GLAVAČEVE, na koju PATAČIĆ unosi granice županija, Banske krajine te granice Varaždinskog i Karlovačkog generalata. Za razliku od GLAVAČA, koji podatke o važnijim događajima unosi u samu kartu, PATAČIĆ ih navodi u gornjem lijevom uglu kao *Expiatio Literarum*. Dok na GLAVAČEVOJ karti dominira reljef, PATAČIĆ ga je prikazao nenametljivim sjenčanim brežuljcima. Naslov je u donjem desnom kraju u baroknoj kartuši precrtanoj s GLAVAČEVE karte. Crtež djelomično koloriran, vel. 83x80 cm.

Reprodukciju izvorne GLAVAČEVE karte u naravnoj veličini 90x90 cm izdalo je uredništvo zbornika *Vrela i prinosi* u Sarajevu 1937. godine na

spomen 300. obljetnice varaždinske gimnazije. Naslov reprodukcije: *Zemljovid Hrvatske iz godine 1673. Izradio ga Stjepan Glavač D. I.* Karti je priložen posebni otisak članka o GLAVAČU iz kalendara *Napredak* za 1937.

Nešto što se zove "*Karta Stjepana Glavača iz godine 1673.*" pojavljuje se u izdanjima *Povijesnog atlasa za srednje škole* (DUGAČKI, 1972; PAVLIČEVIĆ, PRELČEC 1975). Teško je reći kakve veze taj prikaz ima s izvornom GLAVAČEVOM kartom i koja mu je bila svrha.

Prema MARKOVIĆU (1988., 1997.), drugi put je objavljen faksimil nastojanjem pok. akademika M. MALEZA pod naslovom *Zemljovid Hrvatske iz 1673. godine koji je izradio i izdao varaždinski profesor Stjepan Glavač D. I. (Varaždin, 1627. - Trnava 1680.) doktor slobodnih znanosti i filozofije te profesor matematike*. Taj je faksimil objavljen u nešto većem formatu od veličine izvornika, uz tisak i tehničku obradu 1986. godine u tiskari Mladost, Zagreb, a u povodu 350. godišnjice varaždinske gimnazije. Prema ŠKALAMERI (1996.) taj je pretpisak u nešto smanjenom obliku, 68x88,5 cm.

Treći faksimil objavljen je u nakladi od 500 primjeraka 1995. godine kao prilog članku I. MACANA: *Razmišljanje nad Glavačevim zemljovidom Hrvatske iz godine 1673.* u časopisu za znanost, umjetnost, gospodarstvo i politiku *Gazophylacium* što izlazi u Zagrebu. Format toga faksimila je 70x68 cm, a tisak AKD - Hrvatski tiskarski zavod, Zagreb.

5.8. Točnost prikaza

Prema HRANILOVIĆU (HIRC 1905.) "Glavačeva karta, opremljena točnom izradbom gorskih i riječnih sustava, posvjedočuje znatan napredak našeg zemljopisa tijekom 17. stoljeća."

Prema P. NOVOSELU (1973.), "manja odstupanja i greške koje su zbog objektivnih uzroka (sfernost Zemlje) svojstvene svakoj karti, postoje i ovdje. No, u konkretnom slučaju su ipak rezultat primitivnijeg procesa u izradi i reprodukciji karata, ali jedino mogućeg u ono doba." U nastavku, P. NOVOSEL tvrdi: "Nasuprot planinskom dijelu, koji je zbog lošijih prirodnih uvjeta i inače rijetko nastanjen, veliki broj naselja lociran je, i ponovno s *iznenadujućom tošnošću* (istaknuli M. L. i N. F.) na preostalim prigrorskim i ravnim predjelima". i dalje "Sasvim je moguće da je Glavač kao profesor matematike na univerzitetu sam izvršio potrebne računske operacije i postavio mrežu unutar koje sadržaj *neznatno odstupa* (istaknuli M. L. i N. F.) u odnosu na odgovarajuću u kasnijim kartografskim izdanjima."

Prema P. NOVOSEL (1973.) geografska širina prikazana na GLAVAČEVOJ karti identična je današnjoj, dok geografska duljina odgovara početnom meridijanu demarkacijske linije između španjolskih i portugalskih posjeda iz 1494. godine.

P. NOVOSEL se s pravom čudi što je na GLAVAČEVOJ karti minutna podjela (po 5 minuta) krajnje nehajno označena uz okvir karte, a to protuslovi adekvatnom elementu na kartama toga i prethodnog vremena. Mjestimično se ta podjela sasvim gubi.

Kad govori o mjerilu GLAVAČEVE karte, P. NOVOSEL (1973.) zaključuje: "Uz to treba dodati da se sadržaj Glavačeve karte sasvim zadovoljavajuće dade uspoređivati, kontrolirati i korigirati prema karti mjerila 1:250 000. Neke udaljenosti su potpuno identične. Po svoj prilici one se odnose na naselja uz ondašnje glavne putove. *Nema znatnih odstupanja* (istaknuli M. L. i N. F.) ni od sadržaja karte nešto krupnijeg i nešto sitnijeg zaokruženog mjerila od navedenog."

D. MLINARIĆ (1997.) tvrdi da su reljef i hidrografija prikazani *vrlo točno* (istaknuli M. L. i N. F.).

Navedene procjene o točnosti GLAVAČEVE karte nisu potkrijepljene kvantitativnim pokazateljima, a nije nam poznato da je o takvim ispitivanjima bilo što objavljeno. Stoga smo pokušali sami načiniti procjenu točnosti GLAVAČEVA kartografskog prikaza.

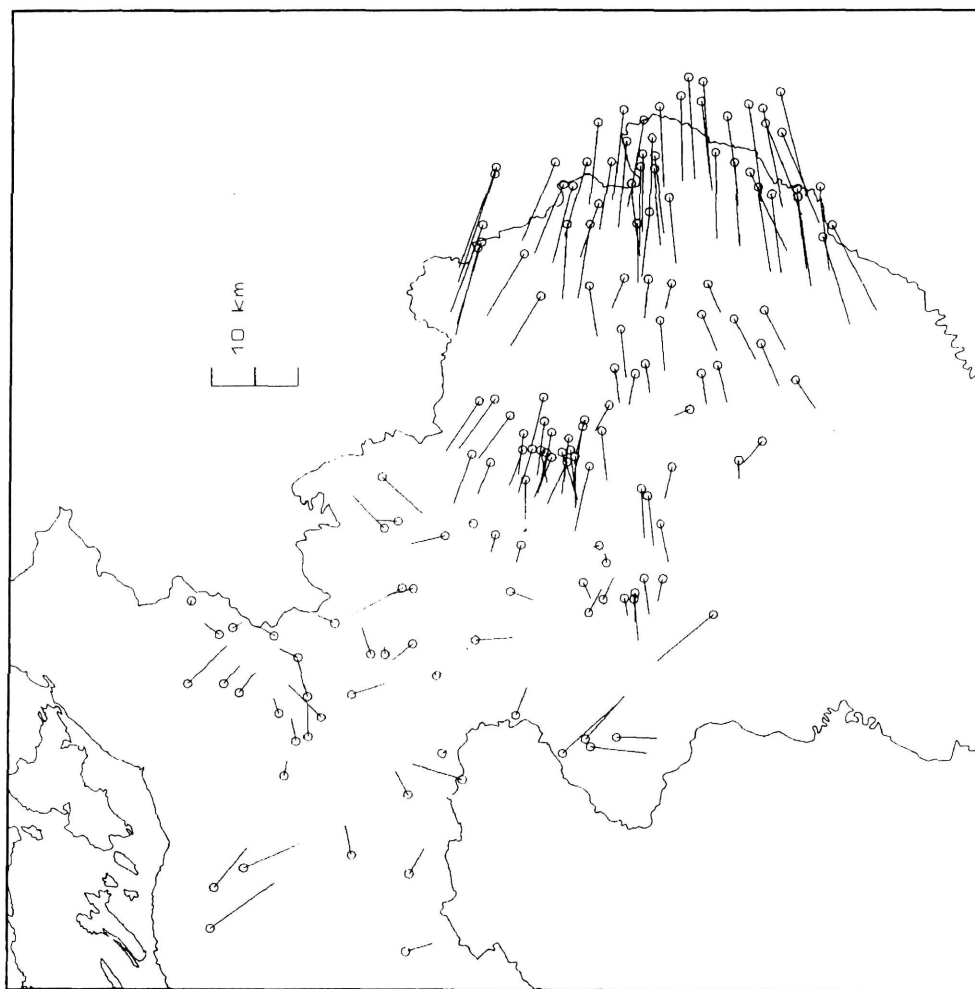
U tu svrhu je s reprodukcije karte (izdanje u Sarajevu 1937., primjerak koji se čuva u Hrvatskom državnom arhivu) očitano 518 geografskih koordinata mjesta s točnošću od 5" (oko 150 m). Svega 7 točaka nije očitano zbog neprikladnog zapisa. Od ukupnog broja mjesta dešifrirano je po njihovim nazivima njih 190. Od toga broja njih 32 nije u Hrvatskoj, nego u Sloveniji ili Bosni i Hercegovini. Prema tome, daljnja razmatranja odnose se na 158 naselja koja i danas postoje u Hrvatskoj i čije koordinate imamo poznate s mnogo većom točnošću od njima pridruženih na GLAVAČEVOJ karti.

Da bismo mogli izvesti dalja računanja, trebalo je dovesti u suglasje različite koordinatne sustave, onaj na GLAVAČEVOJ karti i neki od suvremenih. Naime, kao što je već primijetila P. NOVOSEL (1973.), geografska širina na GLAVAČEVOJ karti istovjetna je današnjoj, ali geografska duljina nije. Stoga smo primjenom metode najmanjih kvadrata utvrdili da će najmanje odstupanje biti onda ako sve očitane vrijednosti geografskih duljina umanjimo za 24°12'13", odnosno 35°12'13", već ovisno o tome kako smo - zbog dvostrukih oznaka - čitali duljine s karte. Tu se dakle radi o izboru početnog meridijana, a poznato je (vidi tablicu 1), da je u 17. i 18. st. još ne postoji jedinstveni početni meridijan.

Sada smo bili u mogućnosti napraviti usporedbu s današnjim stanjem. Na slici 5 prikazan je rezultat usporedbe. Kružićima su označena mjesta s GLAVAČEVE karte ucrtana na današnje stanje. Ravna crtica koja prolazi iz središta svakog kružića pokazuje gdje bi se kružić zapravo morao nalaziti.

Iz slike 5 vidi se izvjesna sustavnost odstupanja, na primjer što se više udaljavamo od sredine, odstupanja su veća. Nadalje, odstupanja nisu razbacana bez ikakvog reda, među susjednim točkama su slična i po smjeru i po iznosu.

Obrazloženje dobivenih rezultata moguće je dati na više načina. Jedno bi bilo da se radi o izmjeri pri kojoj su pretežno približne udaljenosti izračunate iz vremena putovanja između većih naselja i od slučaja do slučaja smjerovi izmjereni busolom. Odgovarajuće tomu, pri kartiranju je prevladavala *metoda presjekom lukova*, koja se temeljila na konstrukciji trokuta iz tri stranice. Kad



Slika 5. Prikaz odstupanja pojedinih mjesta na GLAVAČEVOJ karti

se dakle dobio međusobni položaj triju mjesta pomoću šestara na papiru, onda se moglo polazeći odatle konstruirati sve dalje trokuteve. Pri takvoj metodi pogreške se gomilaju s udaljenošću od polazne točke.

SAŽETAK

U ovome radu najprije je objašnjena geodetska izmjera u ranom novom vijeku. Pritom je izlaganje podijeljeno na probleme više geodezije i one topografske izmjere.

U to vrijeme Zemlja je smatrana kuglom te su zadaci više geodezije bili pretežno u vezi s određivanjem veličine Zemljine kugle. Opisane su terestričke metode sferne geodezije s naglaskom na metodu Marina Getaldića. Uz te čisto geometrijske metode, javljaju se linearno-astronomske i trigonometrijsko-astronomske metode. Tu je posebno važan postupak triangulacije koj je značajan za geodeziju od toga vremena pa sve do danas. Picardova mjerenja iz druge polovice 17. st. posljednji su geodetski poduhvati kod kojih je kugla uzeta za oblik Zemlje.

Topografska izmjera je prikupljanje sadržaja originala topografskih karta. Od različitih metoda izmjere čini se da se Glavač služio jednostavnim postupcima, kao što su određivanje smjera kompasa s grubom podjelom kutova, određivanjem udaljenosti pomoću mjerenja koraka ili vremena putovanja. U radu su opisane metode topografske izmjere u to doba u nekim europskim zemljama.

Pri analizi Glavačeve karte pokušano je odgovoriti na pitanje o prethodnim terenskim radovima, usvojenim dimenzijama Zemljine kugle, mjerilu karte i kartografskoj projekciji. Posebno je objašnjen način prosudbe o točnosti prikaza na karti.

Na kraju rada se zaključuje da je Glavačeva karta jedno od kapitalnih djela hrvatske kartografije 17. stoljeća te da nakon provedenih istraživanja ostaje otvoren još cijeli niz pitanja koja očekuju odgovor u budućnosti.

SUMMARY

The paper starts with the illustration of geodetic survey in the early new era. The report is classified into the problems of higher geodesy and those of topographic survey.

At that time the Earth has been considered a globe and the tasks of higher geodesy were mostly connected with the determining the size of the Earth's globe. The terrestrial methods of spherical geodesy are described with an accent on the method by Marin Getaldić. Along with these purely geometrical methods, there are also linear and astronomical, and trigonometric and astro-

nomical methods applied. The triangulation procedure is of a special importance here being significant for geodesy from that time up to now. Picard's measurements from the second half of the 17th century are the last geodetic activities in which the globe was taken as the Earth's model.

The topographic survey implies gathering the contents of the topographic map originals. Among various surveying methods Glavač seems to have applied simple procedures as for example the determination of the direction by means of compass with a rough angle classification, the determination of distance by means of pacing or travelling time. The work describes the methods of topographic survey in the those days in some European countries.

While analysing the Glavač's map, one has tried to answer the question about previous field works, adopted dimensions of the Earth's globe, map scale and map projection. The way of estimating the accuracy of the map presentations has been especially explained.

At the end of the work it is concluded that the Glavač's map represents of the crucial works in Croatian cartography of the 17th century, and that after the research has been carried out, there are stil many questions remaining open for the future to find the answers for them.

ZAKLJUČAK

Glavačeva karta Hrvatske jedno je od kapitalnih djela hrvatske kartografije 17. stoljeća. I nakon provedenih istraživanja ostaje otvoren niz pitanja koja očekuju odgovore. Nadamo se da će i ovaj rad biti poticaj u tome smjeru.

ZAHVALA

Autori zahvaljuju Ivki TUNJIĆ na pomoći oko računalne obrade pri ispitivanju točnosti, Jasni MARKOVIĆ i Mirku MARKOVIĆU na ljubaznom ustupanju svojih rukopisa namijenjenih znanstvenom skupu, Snježani HAIMAN i Dubravki MLINARIĆ na pomoći kod pribavljanja podataka i literature.

LITERATURA

1. ALBERTI, H. J. (1957): Mass und Gewicht, Akademie Verlag, Berlin
2. BIALAS, V. (1982): Erdgestalt, Kosmologie und Weltanschauung. Konrad Wittwer, Stuttgart
3. BONIFAČIĆ, A. (1979): Marin Getaldić o određivanju polumjera Zemlje, Anali Zavoda za povijesne znanosti Istraživačkog centra JAZU u Dubrovniku, sv. 17, 99.-116.
4. BORČIĆ, B. (1955): Matematička kartografija (Kartografske projekcije). Tehnička knjiga. Zagreb
5. BORČIĆ, B., KREIZIGER, I., LOVRIĆ, P., FRANČULA, N. (1977.): Višejezični kartografski rječnik, Zbornik radova br. 15, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

6. ČUBRANIĆ, N. (1969): Getaldićev prijedlog za određivanje veličine Zemlje. Radovi međunarodnog simpozija Geometrija i algebra početkom XVII. stoljeća, u povodu 400-godišnjice rođenja Marina Getaldića, Izdavački zavod JAZU, Zagreb 61.-70.
7. ČUBRANIĆ, N. (1974): Viša geodezija, II. dio, Tehnička knjiga, Zagreb
8. DADIĆ, Ž. (1982): Povijest egzaktnih znanosti u Hrvata, I. dio, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb
9. DADIĆ, Ž. (1994): Hrvati i egzaktna znanosti u osvit novovjekovlja, Naprijed
10. DUGAČKI, Z. (1972): Istorijski atlas, 6. izdanje, Učila, Zagreb
11. GETALDIĆ, M. (1968): Sabrana djela, urednik Ž. Dadić
12. GETALDIĆ, M. (1972): Sabrana djela I, uredio Ž. Dadić, Izdavački zavod JAZU, Zagreb
13. GHETALDI, M. (1630): De resolutione et compositione mathematica, liber quartus, problema III, Ex Typographia Revferendae Camerae Apostolicae, Romae, 262.-297.
14. GREWE, K. (1984): Bibliographie zur Geschichte des Vermessungswesens. Konrad Wittwer, Stuttgart.
15. HERKOV, Z. (1966): Zagrebačka mjera XIII. stoljeća - temelj hrvatskog sustava mjera kroz vjekove, Ljetopis JAZU, knj. 71, 187.-227.
16. HIRC, D. (1905): Prirodni zemljopis Hrvatske, I. dio, Zagreb
17. IfAG (1971): Fachwörterbuch, Benennungen und Definitionen im deutschen Vermessungswesen, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M.
18. JORDAN/EGGERT/KNEISSL (1958): Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, Mathematische Geodäsie (Landesvermessung), J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
19. KORADE, M. (1996): Kartografija i putopisi. U: G. Pifat-Mrzljak, urednica: Znanost u Hrvata, katalog istoimene izložbe, lipanj-listopad 1996, Zagreb
20. KRETSCHMIER I, DÖRFLINGER, J., WAWRIK, F. (urednici, 1986): Lexikon zur Geschichte der Kartographie, Band C/1-2, Franz Deuticke, Wien
21. LOVRIĆ, P. (1988): Opća kartografija. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb
22. MACAROL, S. (1977): Praktična geodezija, 3. izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb
23. MACAN, I. (1995): Razmišljanje nad Glavačevim zemljovidom Hrvatske iz godine 1673. *Gazophylacium* 1-2, 147-155.
24. MARKOVIĆ, J. (1997): Što nam otkriva latinski napisana dedikacija na Glavačevoj karti. Znanstveni skup Glavač i njegovo djelo, Varaždin, 28. studeni 1997.
25. MARKOVIĆ, M. (1964): Studij predodžbe fizičko-geografskih elemenata na kartama jugoslavenskih zemalja od najstarijih dokumenata do kraja 17. stoljeća, disertacija, Zagreb
26. MARKOVIĆ, M. (1975): Razvitak kartografskih upoznavanja današnjih jugoslavenskih zemalja, I. dio, od najstarijih vremena do kraja 17. stoljeća. Zavod za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
27. MARKOVIĆ, M. (1983): Varaždin i njegova okolica na geografskim kartama 16. i 17. stoljeća. *Varaždinski zbornik*, Varaždin, 391-393.
28. MARKOVIĆ, M. (1988): Hrvatska na karti Varaždinca Stjepana Glavača iz 1673. godine, *Radovi Zavoda za znanstveni rad JAZU*, 2, Varaždin, 369-382
29. MARKOVIĆ, M. (1993): *Descriptio Croatiae*. Naprijed, Zagreb
30. MARKOVIĆ, M. (1997): Značaj Glavačeve karte Hrvatske kao povijesnog dokumenta u europskom kontekstu. Znanstveni skup Glavač i njegovo djelo, Varaždin, 28. studeni 1997.
31. MARTINOVIĆ, I. (1996): Marin Getaldić - "hrvatski Apolonije" i niz članaka o Getaldiću. U: G. Pifat-Mrzljak, urednica: Znanost u Hrvata, katalog istoimene izložbe, lipanj-listopad 1996, Zagreb
32. MATAKOVIĆ, K. (1997): Kartografija i geodezija na izložbi Znanost u Hrvata, seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet
33. MECKEL, H. (1986): Aufnahme, topographische. U: Kretschmer, I., Dörfinger, J., WAWRIK, F. (urednici): *Lexikon zur Geschichte der Kartographie*, Band C/I, Franz Deuticke, Wien
34. MLINARIĆ, D. (1997): The 17th Century Cartographic Representation of the Territories of the Kingdom(s) of Dalmatia, Croatia and Slavonia in Central European and Mediterranean Context MA Thesis, Central European University, Department of History, Budapest
35. NOVOSEL, P. (1973): O Stjepanu Glavaču i njegovoj karti Hrvatske iz 1673. godine. *Geografski glasnik* 35, 195-203.

36. PANDŽIĆ, A. (1988): Pet stoljeća zemljopisnih karata Hrvatske, katalog istoimene izložbe održane u Zagrebu
37. PAVLIČEVIĆ, D., PRELČEC, Z. (urednici, 1975): Povijesni atlas za srednje škole, 8. izdanje, TLOS (prije Učila) i Školska knjiga, Zagreb
38. SNYDER, J. P. (1993): Flattening the Earth (Two Thousand Years of Map Projections). The University of Chicago Press, Chicago and London
39. STAMS, W. (1986): Nullmeridian. U: Kretschmer, I., Dörflinger, J., Wawrik, F. (urednici): Lexikon zur Geschichte der Kartographie, Band C/2, Franz Deuticke, Wein
40. ŠKALAMERA, Ž. (1996): Marijan Gajšak - portret Stjepana Glavača, Stjepan Glavač (Stephanum Glavach). U: G. Pifat-Mrzljak, urednica: Znanost u Hrvata, katalog istoimene izložbe, lipanj-listopad 1996, Zagreb
41. VANINO, M. (1936): Kartograf Stjepan Glavač D. I. (1627-1680). Biografski podaci, Vrela i prinosi 6, 139-143.
42. VANINO, M. (1936): Stjepan Glavač autor prve domaće geografske karte Hrvatske (1673), Kalendar Napredak za 1937, Sarajevo, 75-78.
43. VANINO, M. (1939): O postanku zemljovida Hrvatske od Stjepana Glavača (1673). Bilješke uz dedikaciju. Hrvatski geografski glasnik br. 8-9-10, 247-252.
44. VANINO, M. (1941): Dubrovčanin Marin Getaldić i Isusovci. Vrela i prinosi 12, 69-86.
45. WALLIS, H. W., ROBINSON, A. H. (urednici, 1987): Cartographical Innovations, An International Handbook of Mapping Terms to 1900, Map Collector Publications in association with the International Cartographic Association

Primljeno: 1997-12-17

