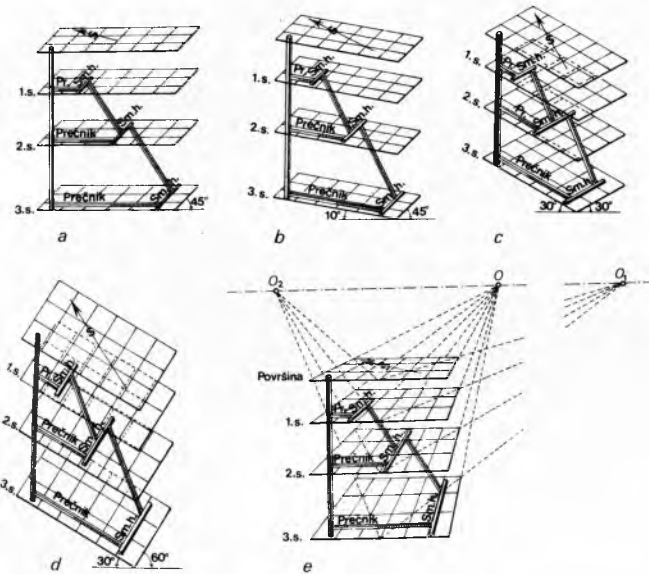


slike i dr. (sl. 33 i 34). Prostorne slike rudnika mogu biti nacrtane u centralnoj, vojnoj i paralelnoj perspektivi, i to dime-tričkim, trimetričkim ili izometričkim predočivanjem jamskih ra-dova, kao i stereoskopskim i anaglifskim slikama (sl. 35). Stan-dardizirani i dogovoreni znakovi koji označuju neki rudarski detalj nazivaju se konvencionalnim rudarskim znakovima.



Sl. 35. Perspektivno prikazivanje jame: a dimetrički način predočivanja jame, b trimetrički način predočivanja jame, c izometrički način predočivanja jame, d jama u vojnoj perspektivi, e dio jame u centralnoj perspektivi

Rudarske štete. Bez obzira na poduzimanje svih propisanih mjera, u podzemnoj i površinskoj eksploataciji ruda dolazi ne-minovno do poremećaja prirodne ravnoteže na Zemljinoj površini, a time i do oštećenja na objektima, naseljima, putnoj mreži, komunalijama itd. Ta se oštećenja nazivaju rudarskim štetama.

Uzroci rudarskih šteta mogu biti različiti: slijeganje površine zbog obrušavanja svoda krovine u otkopanom prostoru; mini-ranje u jami ili na površini s direktnim oštećenjem objekata odbačenim komadima, direktnim zračnim udarom ili seizmičkim djelovanjem; odvodnjavanje vodonosnog pijeska i šljunka (snižavanje razine podzemne vode) radi separacije i u vezi s tim onečišćenje okoliša; stvaranje jalovišta i aktiviranje klizišta na terenu koji je po prirodi sklon klizanju. Zbog svega toga u

preciznom poligonometrijom, mikrotriangulacijom i terestričkom fotogrametrijom, mikrotriangulacijom i terestričkom fotogrametrijom u vremenskim razmacima. Pri određivanju apsolutnih prostornih kretanja tla mora se položajno i visinsko mjerjenje priključiti na stalne i čvrste točke (trigonometrijske i poligonske točke i repere). U vremenskom razmaku, npr. od 1 do 2 mjeseca ponavlja se opažanje da se utvrde pomaci i slijeganje tla. Iz razlike pomaka računa se tlak i vlak, a te se vrijednosti ucrtaavaju u plan slijeganja. Da ipak ne bi došlo do slijeganja površine s važnim objektima, potrebno je ispod njih ostaviti dio ležišta netaknut. Taj se dio ležišta zove *zaštitni stup*, koji se u dubinu širi do onih dimenzija gdje se više ne osjeća utjecaj otkopavanja na površinu. Rudarske štete se mogu umanjiti ako se odabere prikladna metoda otkopavanja i ležište rudarski pravilno otkopava.

LIT.: J. Sedlar, Rudarska mjerenja. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb 1949. — H. Wittke, Vermessungstechnik. Vlastita naklada, Goslar 1951. — K. Lehmann, R. Wuster, W. Hagen, Vermessungs- und Risswesen. Bergschaden (Markscheidewesen II). Verlag Glückauf. Essen 1956. — J. Baurić, Rudarska mjerenja I, II. Tehnička knjiga, Zagreb 1957. i 1959.

B. Kanajet

GEODEZIJA, znanost o metodama mjerenja na površini Zemlje i izradbe planova i karata s pomoću rezultata mjerenja, a u vezi s tim, i o metodama određivanja oblika i veličine Zemlje.

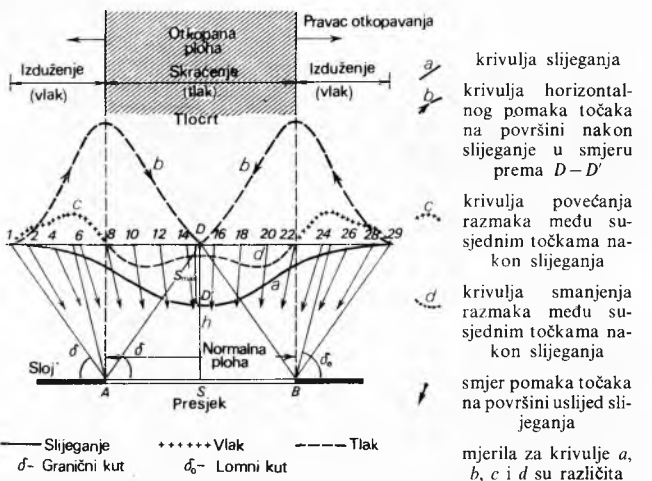
Prema obimu pojedinih operacija, u geodeziji nastale su samostalne discipline ili grane znanosti; npr. izradba karata za veća područja dala je temelj za *kartografiju*, a metoda snimanja terena upotrebom fotoaparature razvila se u *fotogrametriju*, odnosno *aerofotogrametriju*.

Prema veličini površine na kojoj se rade geodetska mjerenja geodezija može biti niža geodezija i viša geodezija. U nižoj se geodeziji operacije izvode na ravnini, dok se u višoj geodeziji operacije obavljaju na oplošju geoida ili elipsoida. Operacije u nižoj geodeziji zovu se i topografski radovi ili kraće topografija.

Osnovna je svrha geodezije da izradi i pruži točne karte i planove. Karte služe za orijentaciju, kretanje, navigaciju te proučavanje zemalja i krajeva. Planovi treba da prikazu zemljište što vjernije i sa svim pojedinostima, detaljima i objektima, da bi mogli poslužiti u razne privredne i tehničke svrhe. I planovi i karte služe kao osnov za različita geološka i geofizička istraživanja, osnov za projektiranje i izvedbu različitih objekata vezanih za zemljište.

Geodezija se nadalje bavi kontrolom pravilnosti izvedbe pojedinih objekata, što dolazi sve više do izražaja u novije vrijeme intenzivne izgradnje, te kontrolom stabilnosti izgrađenih objekata. Uže djelatnosti geodezije jesu: 1) Određivanje oblika i dimenzija Zemlje, geodetsko-astronomska mjerenja, gravimetrijska mjerenja, određivanje osnovnih točaka za izmjeru putem triangulacije, trilateracije, satelita i preciznog nivelmana; 2) Detaljna izmjera u horizontalnom i visinskom smislu uz potrebno proglašivanje spomenutih osnovnih točaka, te izradba planova u svrsishodnom mjerilu, za opće državne i privredne potrebe (v. *Geodetska izmjera zemljišta*); 3) Fotogrametrija je jedna od metoda za detaljnu izmjeru, za izradbu karata i planova fotogrametrijskim snimanjem terena (v. *Fotogrametrija*, TE5, str. 583); 4) Mjerenja u inženjerstvu za izradbu podloga i projektiranje građevnih objekata, prenošenje projekata na teren. kontrolu točnosti izvođenja projekta i povremenu kontrolu ponašanja i sigurnosti izgrađenog građevnog objekta. Tu spadaju i radovi na uređenju zemljišta za njegovu bolju i racionalniju upotrebu: komasacije, melioracije itd. Ta mjerenja mogu biti oslonjena na opću državnu izmjeru, no s obzirom na karakter pojedinog zadatka mogu biti i samostalna mjerenja i planovi, samo za te specijalne svrhe; 5) Kao posebna geodetska djelatnost izdvaja se kartografija (v. *Kartografija*).

Kao i mnoge djelatnosti čovjeka, geodezija ima svoj izvor u počecima civilizacije te se ubraja među najstarije znanosti. Problemi koji su se na tom području rješavali bili su takve naravi, da im se nije moglo pristupiti samo zanatski. Sigurno je, da su prvi počeci povezani s gradnjom prvih pravilnijih nastambi, postavljanjem gređa ili zidova okomito jedan na drugi. Prema iskopinama najstarijih gradova vidljiva je pravilnost gradnje. Gradili su se prokopi



Sl. 36. Hipoteza slijeganja

gornjim slojevima i na površini pojavljuje se horizontalno i vertikalno pomicanje tla (sabijanje i razvlačenje površinskih slojeva, sl. 36). Iznos pomaka može se utvrditi preciznim niveliranjem,

i kanali. Herodot u svojoj povijesti spominje plovne kanale u Mezopotamiji, o tome govori i Ksenofont (434—359) u Anabazi. Takvih prokopa bilo je i u starom Egiptu. Kao najstariji spominje se prokop za obilazjenje prvog katarakta Nila. Iz pronađenih se natpisa vidi, da je tu izgrađen novi prokop u ~XX st. Veliki kanal Nil — Crveno more otvoren je ~250. nakon 600 godina gradnje. Dalji korak bili su kanali za umjetno natapanje i vodovode. Iskopine na Kreti otkrivaju postojanje kanalizacije i vodovoda, te kupaonice ~XVI st. Potrebe prometa zahtijevale su gradnju cesta i izradbu karata za orijentaciju.

Rješavanjem ovih i sličnih zadataka vezanih za Zemljinu površinu (izmjeru zemljišta) razvila se vrlo rano geometrija kao znanost i vještina. Trebalo je rješavati velike zadatke vrlo primitivnim tehničkim sredstvima.

Sigurno je da je pravi kut prvo što se na terenu konstruiralo. Pojam o pravom kutu čovjek je mogao steći vrlo rano. Taj se kut najprije konstruirao na principu simetrije pomoću konopca i pomoću škvadre. Najstariji crteži škvadre nađeni su u nekom grobu u Tebi iz doba 18. dinastije (~1400). Mnogo ranije od Pitagore konstruirali su geometrijski pravi kut dužinama 3, 4 i 5.

O djelatnosti geodezije ili geometrije u doba najstarijih kultura ostalo je malo zapisano, ali se o tome zaključuje po izvedenim radovima i izgrađenim objektima toga doba. Najstariji se dokumenti nalaze u Mezopotamiji. Iz ranijega sumerskog razdoblja sačuvano je više nacrti polja, koja prikazuju osnovne čestice nepravilnog četverokutnog oblika ~3000. i iz doba kralja Gudce (~2500). Među višim državnim činovnicima i svećenicima nalaze se često geometrijski. Na jednoj slici, koja prikazuje kralja Gudcu, nalazi se tlocrt zgrade u odgovarajućem mjerilu. Druga slika prikazuje istog kralja sa štapom, koji predstavlja normalnu mjeru.

Među najstarija pisana djela ubrajaju se pisma kineskog geometra Čiu-Lia, navodno iz ~1100, ali čini se da su pisana mnogo kasnije, negdje između ~VI i ~I st. Iz tih se pisama saznaje da među državnim činovnicima postoje i geometri (liang-jin). Dužnosti geometra bile su osnivanje gradova, zgrada, logora, nasipa, izmjera zemljišta, izradba karata i opisa zemalja radi prometa, gradnja putova, kanala itd. Tu je i važan podatak da su se sve mjere uspoređivale svakih 11 godina s promjerom. Spominje se nadalje da je vlast okruga Kang-Vang propisala (navodno ~1078—1053) izmjeru čitave zemlje i da se glavne ceste mjere lancima. Tu se nalaze i pravila o računanju pravokutnog trokuta.

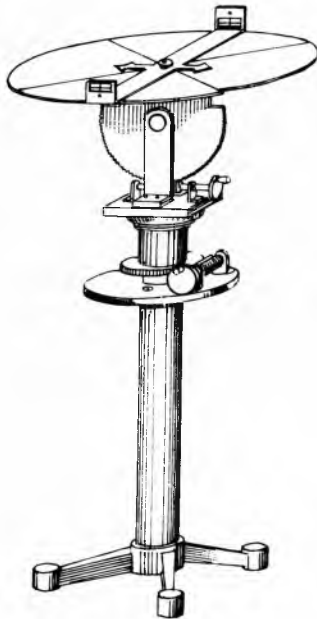
Iz starog Egipta sačuvalo se nešto više tragova nego iz Mezopotamije. U tim se izvorima zapaža izvjesna znanstvena povezanost na polju geodezije i astronomije. Iz sačuvanih papirusa (Rind i Moskovski papirus, ~2000) vidi se snažan razvitak matematike i geometrije u Egiptu.

L. Borchardt je ispitivao pravilnost piramide kod Gizeha. Pronašao je najveća razlika u duljini temeljnih bridova od svega 15mm (duljina temeljnih bridova iznosi ~900m).

Za mjerenje dužina najstarijim je narodima vjerojatno služio korak, ruka, lakat, prst, stopa. Kako te veličine nisu bile kod svih ljudi jednake, radi točnijeg mjerenja određuju se pramjere.

U Mezopotamiji i Egiptu lakat je osnovna mjera za dužinu. Za tu mjeru rađeni su štapani. Takav je štap bio i oznaka egipatskih geometara. Ta osnovna mjerna jedinica, za koju se mora uzeti da je već na višem stupnju razvoja, dijelila se na manje jedinice: šaku, palac.

Za mjerenje većih dužina upotrebljavao se konopac. Grci nazivaju egipatske geometre harpedonaptes (onaj koji konstruirao s konopcem).



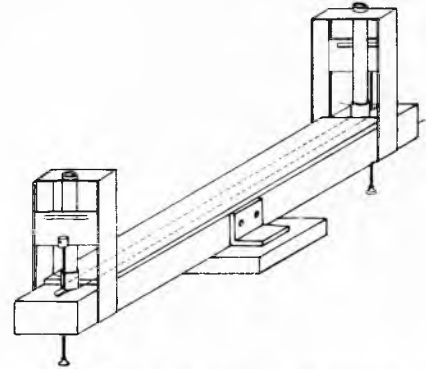
Sl. 1. Dioptra (po Heronu)

Dolaskom na Balkanski poluotok stari Grci preuzimaju razvijenu kulturu (Mikena, Kreta), pod utjecajem Egipta i Mezopotamije i razvijaju svoju znanost i kulturu. U Grčkoj poslije ~600. razvija se znanost, osobito matematika, geometrija i dr. Spominje se da je Tales (~600) mjerio udaljenost broda, koji se približuje luci, na temelju sličnosti trokuta.

Platonova filozofija postavlja spoznaju kao cilj nauke, pa po tome značenje geometrije ne treba tražiti u praktičnoj primjeni već u istraživanju vječnih

i nepromjenljivih stvari. Tako je npr. cilindar idealno tijelo, kojim se bavi geometrija; bunar ima oblik cilindra pa je njegovo mjerenje i proučavanje stvar primjene, tj. praktične geometrije. Ostru granicu u tom smislu postavlja Aristotel, koji za praktičnu geometriju uvodi riječ *γεωδαισία* geodezija podjela zemlje.

Djela Herona iz Aleksandrije *Premjeravanje i O dioptri* najstarija su pisana djela koja su skoro u potpunosti sačuvana. U prvom od njih, *Premjeravanje*, opisuju se načini izmjere površina, mjerenje dimenzija tijela i diobu površina i tijela. U drugom, *O dioptri*, iznosi se detaljan opis instrumenta dioptra, uz mnoge zadatke koji se mogu rješavati diopтром. Dioptra je zapravo preteča današnjeg teodolita i ujedno i nivelira. Imala je lineal za viziranje (sl. 1) i spravu za niveliranje (sl. 2); nije bilo optike, čitanje letve vršio je onaj koji ju je držao.

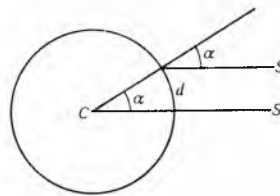


Sl. 2. Aparat za niveliranje (po Heronu)

U aparatu za niveliranje je brončana cijev na koju su s krajeva okomito nastavljene staklene cijevi; u cijevima je voda. Preko nivoa vode u staklenim cijevima vizira se na posebno izrađene letve s podjelom.

Polaganje linije pri gradnji velikih građevina i hramova, a kasnije za izmjeru i diobu zemljišta na području starog Rima obavljaju *mensores* (mjernici) koji su poznatiji kao *agrimensores*. Primijenjene su sprave i metode mjerenja starih Egipćana i Grka. Za vrijeme cara Augusta (~37—20) provedena je opća državna izmjera koju su vjerojatno izveli aleksandrijski mjernici. Na osnovi te izmjere izrađena je karta putova i većih naselja (karta Agripa, izložena u posebnoj dvorani, dužine su mjerene koracima).

Oblik i veličina Zemlje već je vrlo rano zanimao čovjeka. Da je Zemlja okruglog oblika moglo se zaključiti prema pomrčini Mjeseca — kružna sjena Zemlje. Pitagora (rođen ~582) i Aristotel (~384—322) smatraju da je Zemlja okrugla. Prve stvarne podatke o veličini i obliku Zemlje dao je Eratosten (~276—195), koji je odredio duljinu meridijana mjereći luk od Asuana do Aleksandrije. Pri tome je zapazio da je za vrijeme ljetnog solsticija u Asuanu Sunce u podne u zenitu (u jednom dubokom bunaru nestaje sjena, Sunčeve zrake padaju okomito u bunar). U isto je vrijeme u Aleksandriji Sunce s obzirom na zenit pod nekim kutom. Taj kut mjerio je pomoću gnomona (duljina sjene vertikalno postavljenog štapa) i dobio za njega vrijednost 1/50 punog kruga (zbog razlike geografskih širina Aleksandrije i Asuana) (sl. 3). Ne zna se kako je izmjerio udaljenost Asuana od Aleksandrije, ali se zna da je za tu udaljenost uzeo 5000 stadija.



Sl. 3. Razlika kutova prema zenitu zbog razlike geografskih širina

Eratosten je računao da je opseg Zemlje

$$O = \frac{360^\circ}{\alpha^\circ} d, \quad (1)$$

gdje je α° razlika kutova s obzirom na zenit, a d udaljenost među promatranim točkama na Zemljinoj površini. Ako se za α° postavi $\frac{360^\circ}{50}$ a za $d = 5000$ stadija, dobiva se opseg Zemlje

250000 stadija. Iz nepoznatih razloga Eratosten ispravlja rezultat i navodi da je opseg Zemlje 252000 stadija. Računa se, da stadija

ima 157,5 m, pa je prema Eratostenu duljina kvadranta meridijana (četvrtina opsega) $9,9225 \cdot 10^6$ m (danas se približno računa sa $10 \cdot 10^6$ m).

Posidonije (–135—51) na sličan način određuje dimenzije Zemlje i mjeri luk Aleksandrija — Rod, razlikom duljine sjena gnomona, a dužinu procjenjuje. Za opseg Zemlje dobio je 240000 stadija.

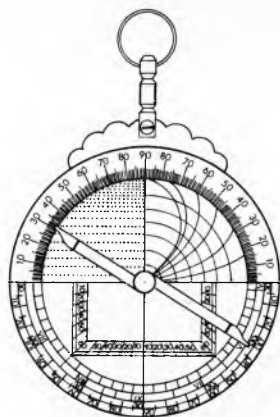
Stari Grci izrađuju i karte. To su zapravo skice, koje su služile pomorcima. Ptolomej (~150) izdaje *Geografiju*, kojoj je osnovna pretpostavka da je Zemlja kugla. Položaji se određuju geografskim širinama i duljinama.

Spoznaja o Zemlji ostaje nepoznata u Evropi u srednjem vijeku. Arapi smatraju Zemlju kuglom, pa za vrijeme Kalifa al-Mamuna 827. godine mjere luk meridijana da odrede veličinu Zemlje. Radili su pod vodstvom Muhamed Ibn Musa, Ibn Šakira u dolini Sinjara, sjeverozapadno od Bagdada. To su prva mjerenja za koja se zna da je stvarno mjerena dužina. Luk meridijana se iskolčio, a dužina se mjerila motkama u oba smjera. Za 1 stupanj meridijana dobilo je okruglo $56 \frac{2}{3}$ milje (1 milja = 4000 lakata), pa je kvadrant meridijana iznosio 20400000 lakata. Ne zna se točno kolika je duljina takvog lakta. Iz tog doba sačuvala se u Egiptu na jednom stupu za mjerenje Nila duljina arapskog lakta koja je podijeljena na 24 cola, kao pramjera. Duljina tog lakta iznosi 0,52 m, pa bi kvadrant meridijana iznosio 10608000 m.

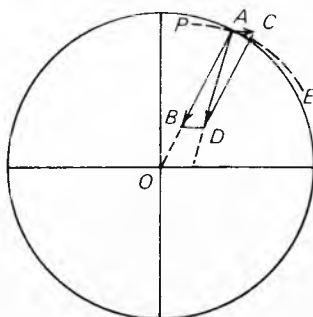
Prva se kružna podjela nalazi na astrolabu. Arapi kasnije usavršavaju astrolab, uvode stupanjsku podjelu, pa se taj instrument najviše primjenjuje u srednjem vijeku (sl. 4). To je astrolab Muhamed Ibn Muse, poznat više po nadimku al-Harizmi.

Veliku je poteškoću stvaralo mjerenje velikih dužina. Ono se nije izvodilo, osim spomenutih mjerenja za određivanja luka meridijana i mjerenja što ih je izveo J. Fernel (1528) za određivanje duljine luka meridijana, brojeći broj okretaja svojih kola na cesti od Pariza do Amiens (na način kako to opisuje Heron).

Nova era razvoja geodezije počinje uvođenjem triangulacije (v. *Triangulacija*), koju uvodi Holandanin W. Snellius (1615).



Sl. 4. Astrolab



Sl. 5. Određivanje smjera sile teže

Prvi koji je ~1600. dokazivao teoretski da Zemlja ima oblik točne kugle, bio je M. A. De Dominis. Do tada se smatralo da je Zemlja oblog oblika. Dominis prvi za oblik Zemlje uzima površinu mirnog mora produženu kroz kontinente. I. Newton, kojemu su bili poznati De Dominisovi radovi, te nova saznanja (Huygens) o centrifugalnoj sili, dokazuje 1682. da Zemlja mora imati oblik elipsoida. Privlačna sila Zemljine mase u točki A (sl. 5) smjera u središte Zemlje (komponenta AB). Komponenta je centrifugalne sile AC, pa je rezultanta tih dviju sila AD sile teže. Nivo-ploha mora se okomito postaviti na smjer sile teže i zauzeti položaj PAE što ukazuje na elipsoidni oblik. Za dalju teoretsku razradu elipsoidnog oblika Zemlje zaslužan je A. C. Clairaut (1743). Da bi se dokazala spljoštenost Zemlje (njen elipsoidni oblik), Pariška akademija obavlja krajem XVII st. pa do 1718. mjerenja na različitim geografskim širinama pariškog meridijana, južno i sjeverno od Pariza, i dobiva kao rezultat

neočekivan podatak da je Zemlja izdužena na polovima. Taj je nesklad između teorije i stvarnosti rezultat nedovoljno točnih mjerenja, jer se na tako maloj razlici geografskih širina ne može utvrditi spljoštenost Zemlje. Pariška akademija organizira zatim nova mjerenja i formira dvije ekspedicije (1735), jednu u Laplandiji (blizu pola) a drugu u Peru (u blizini ekvatora) za mjerenje luka po meridijanu. Rezultati mjerenja dokazuju da je oblik Zemlje elipsoid.

R. Bošković (1750) tvrdi da Zemlja nije točan elipsoid, jer zbog različitog smještaja masa i zbog različitih gustoća mora imati nepravilan oblik. Odstupa od elipsoida, tvrdi da meridijani nisu svi jednaki, a ni paralele točne kružnice. Tu svoju tvrdnju dokazuje 1755. mjerenjem dužine od dva stupnja po meridijanu od Rima do Riminija. Takvih stupanjskih (gradusnih) mjerenja bilo je više u XVIII st., osobito na poticaj Boškovića. Ta mjerenja i tako određene točke služile se kao okosnica za izradbu točnijih karata.

Topografske karte u XVI, XVII i XVIII st. izrađivane su najčešće za vojne potrebe i zbog razgraničenja među državama mjerenjem udaljenosti među važnijim naseljima. To su više-manje perspektivne skice i slike. Takva je karta Turopolja iz 1572. godine (sl. 6).



Sl. 6. Karta Turopolja (Sambuk, 1572)

Razvoj optike omogućuje sve točnije i točnije mjerenje kutova, tj. točnije određivanje međusobnog položaja pojedinih točaka. Vojne potrebe, pa financijski problemi (oporezivanje), zahtijevaju što točnije karte i planove, pa se početkom XIX stoljeća u Evropi općenito uvode triangulacijski radovi, osnova za izradbu karata i planova pa i izradba karata i planova.

Na području današnje Jugoslavije najprije započinju triangulacijski radovi u Sloveniji, Istri i Dalmaciji 1810—1817, i odmah se nastavlja s izmjerom, izradbom planova u mjerilu 1 palac = 40 hvati (1 : 2880). U Hrvatskoj i Sloveniji 1850—1860. izveden je trokutni lanac od Učke do Čvorkovog brda, s ciljem da se postavi osnovna mreža u Vojnoj krajini. God. 1854. započinju triangulacijski radovi u Hrvatskom provincijalu te topografski premjer za katastar.

Topografske karte u Austro-Ugarskoj izrađivao je bečki Vojno-geografski institut u mjerilu 1 : 75000.

U Srbiji su geodetski radovi počeli 1879. formiranjem posebnog odjela u Glavnom generalštabu za izradbu karata u mjerilu 1 : 75000 i 1 : 200000. Topografski se snimalo između 1880—1891, a kao podloga je služila grafička triangulacija. Signalizacije i stabilizacije točaka nije bilo.

Na temelju stečenih iskustava u određivanju oblika i dimenzija Zemlje gradusnim mjerenjima u mnogim državama Evrope do sredine XIX stoljeća, te nakon što su usavršeni mjerni instrumenti, pruski general J. J. Baeyer predlaže 1861. gradusna mjerenja jednake točnosti u čitavoj Evropi. U travnju 1862. održana je prva konferencija, a do kraja 1862. taj je prijedlog prihvatilo 16 evropskih zemalja, pa se ta godina smatra godinom početka internacionalne izmjere Zemlje. Toj su akciji do kraja XIX stoljeća pristupile gotovo sve države Amerike i Azije. Kako su mnogi geodetski problemi bili vezani uz geofizičke probleme, uključeni su u zajednicu geofizičari, pa je stvorena Međunarodna geodetsko-geofizička unija.

Kako je Austro-Ugarska još 1862. pristupila Uniji, bečki Vojno-geografski institut počinje razvijati novu triangulacijsku

mrežu u obliku trokutnih lanaca, kojima je obuhvaćena čitava monarhija. Između tih lanaca ostale su praznine, područja koja nisu zahvaćena tom triangulacijom. Glavni gradusni lanac polazio je od Josefstadta u Češkoj preko Beča, Zagreba u Dalmaciju, a preko Visa, Palagruže i Tremitija vezao se za Italiju. Interesantan je za nas trokutni lanac koji prolazi Mađarskom i istočnom Bosnom do Dalmacije. U svemu je izmjereno 16 osnovica od kojih su 4 na području današnje Jugoslavije: kod Maribora, Dubice, Sarajeva i Sinja. Te su osnovice služile samo za kontrolu linearnih odnosa, a sve se računalo polazeći od osnovice kod Josefstadta. Mreža je orijentirana na astronomsku točku Hermanskogel kod Beča. Mjerenja su završena 1898, a rezultate (koordinate točaka φ , λ , α , azimuti ka susjednim točkama) objavio je bečki Vojno-geografski institut u djelu *Ergebnisse der Triangulirungen* u dvije knjige 1901. i 1902.

Već 1870. godine — dok je bila izračunata već spomenuta triangulacija — koristeći se privremenim koordinatama, austrijska vojna služba popunjava Bosnu i Hercegovinu daljom triangulacijom nižih redova. Koordinate točaka navedene su u tzv. Soldnerovim koordinatama (sferoidne koordinate) u granicama jedne specijalke (1 : 75000).

Poslije prvog svjetskog rata započeti su radovi na novom promjeru u Srbiji i Makedoniji u cilju izrade katastra. Čitavo je područje prekriveno mrežom trokuta s oslonom na spomenuti austrijski trokutni lanac koji je prolazio istočnom Bosnom. Izmjereno je invarskim žicama 8 bazisa. Mreža je oslonjena na točke austrijske triangulacije u Bosni: Konjuh, Đep, V. Stolac, Borovac, Maglič, Bjelascica i Tisac.

Godine 1924. prihvaćena je u Jugoslaviji Gauss-Krügerova projekcija sa 3 zone. Elipsoidne koordinate φ i λ točaka osnovne mreže preslikavaju se u ravnine projekcije. Nastavlja se popunjavanje mreža točkama II, III i IV reda (1...2km), kojima se koordinate odmah računaju u ravnini projekcije. Tako se dobila osnova za izradbu nove izmjere u Srbiji i Makedoniji. Osnovno je mjerilo 1 : 2500. Za vojne svrhe izrađene su karte u mjerilima 1 : 50000, 1 : 100000 i 1 : 200000.

Katastarski su planovi u Hrvatskoj, Sloveniji, Bosni i Vojvodini bili zastarjeli pa se 1937. do 1940. popunjavaju triangulacijom I reda praznine između spomenutih lanaca bečkog Vojno-geografskog instituta. Mreža je dalje popunjavana točkama nižih redova, a u nekim općinama (Varaždin, Crikvenica itd.) započinje nova izmjera. Poslije 1945. nastavlja se s popunjavanjem tih teritorija točkama nižih redova kao i obnovom izmjere, a za izmjeru se sve više upotrebljava fotogrametrijsko snimanje.

I danas sva izmjera u Jugoslaviji, svi planovi i karte, polaze od osnovnih podataka iz 1901. i 1902. godine.

Naš Vojno-geografski institut i Savezna geodetska uprava počeli su pedesetih godina obnovu naše mreže I reda te obnovu njezine orijentacije. Za tu svrhu izmjerene su nove osnovice, postavljena obnovljena nova trokutna mreža, izvršena nova mjerenja kutova. Radi bolje i točnije orijentacije izvršena su na mnogim točkama astronomska mjerenja. Obavljeno je astronomsko-geodetsko izjednačenje cjelokupne naše mreže jedinim sustavom. No ti se podaci za izmjeru još ne iskorištavaju.

ODREĐIVANJE OBLIKA I DIMENZIJA ZEMLJE

Fizička površina Zemlje je ona površina koja razdvaja našu planetu od njene atmosfere. Cilj je promjera da odredi i prikaže tu površinu. Ona je vrlo nepravilna. Da se prikaže makar i vrlo mali dio Zemljine površine, potrebna je neka referentna ravnina: ploha na kojoj se prikazuju horizontalni odnosi — položaji pojedinih točaka a visina se upisuje ili za pojedine točke iscrtava.

Kad se posmatra Zemlja u cjelini, poželjno je da ta ploha bude što bliža njezinoj fizičkoj površini. Kako mora i oceani čine ~70% ukupne površine Zemlje, za referentnu ravninu je odabrana idealna površina mirnog mora koja se zamišlja protegnuta kroz kontinente, pa ona definira oblik Zemlje. Tako odabrani oblik Zemlje definitivno je prihvaćen 1873. godine i nazvan *geoid*. Geoid je, dakle, tijelo kojem je nivo-ploha mirnog mora (nivo-ploha je u svakoj svojoj točki okomita na smjer sile teže).

Jasno je da, zbog raznolikog rasporeda masa različitih gustoća, ta ploha neće biti pravilna matematska ploha, tj. oblik Zemlje, geoid je nepravilna ploha te s obzirom na nju nije moguće računati. Rotacijski elipsoid je geometrijsko tijelo koje najbolje aproksimira geoid. Takav elipsoid vrlo je blizak kugli promjera ~6400 km (mala poluos elipsoida ima ~6400 km, a velika je os samo 21 km veća).

Elipsoid nastaje rotacijom elipse $PAEP_1E_1$ (sl. 7) oko male osi. Za svaku točku A elipse i elipsoida vrijedi jednadžba elipse

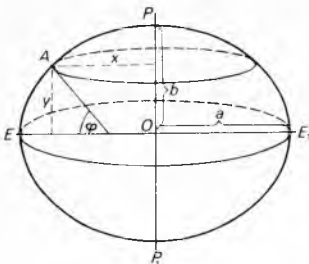
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (2)$$

Velika i mala poluos (a i b) osnovni su parametri elipsoida. Radi lakšeg računanja uvode se i drugi, pomoćni parametri od kojih su najčešći:

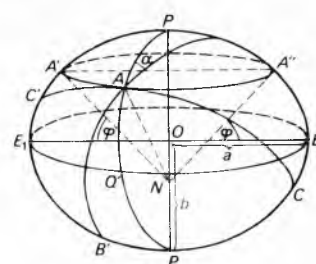
$$\text{spljoštenost } \mu = \frac{a-b}{a}, \quad (3)$$

$$\text{prvi brojni ekscentricitet } e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}, \quad (4)$$

$$\text{drugi brojni ekscentricitet } e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}. \quad (5)$$



Sl. 7. Elipsoid koji je nastao rotacijom oko male osi



Sl. 8. Meridijani i paralele na elipsoidu

U svakoj točki elipsoida može se postaviti samo jedna okomica na plohu (normala), pa je smjerom normale potpuno određen položaj točke na elipsoidu. Ravnina koja prolazi normalom i okretnom osi elipsoida jest ravnina meridijana, a presjek s plohom elipsoida jest meridijan. Kut što ga zatvara ravnina meridijana u nekoj točki s nekom drugom ravninom meridijana, koji se uzima kao početni, zove se geografskom duljinom (λ). Normala zatvara s ravninom ekvatora kut φ , koji se naziva geografskom širinom. Ravnina u nekoj točki postavljena okomito na malu os siječe elipsoid u kružnici koja je nazvana paralelom. Sve točke na istoj paraleli imaju jednaku širinu φ , njihove normale sijeku se u istoj točki N (sl. 8) okretne osi. Što je točka na elipsoidu sjevernije, to njena normala siječe obrtnu os južnije.

Ravnina koja prolazi normalom, a okomita je na ravninu meridijana siječe elipsoid u elipsi (CAC sl. 8) pa je to ravnina prvog vertikala. Polumjer zakrivljenosti po meridijanu M i polumjer zakrivljenosti po prvom vertikalu N u potpunosti karakteriziraju zakrivljenost plohe u toj točki i nazivaju se glavnim polumjerima zakrivljenosti. Normalom se može, pod bilo kojim azimutom α , postaviti normalna ravnina, koja će, kao na sl. 8, sijeći elipsoid u nekom luku $B'AB$, koji se naziva normalnim presjekom.

Ako su u nekoj točki poznate vrijednosti glavnih polumjera zakrivljenosti M i N , polumjer R vertikalnog presjeka pod azimutom α u toj točki jest

$$\frac{\cos^2 \alpha}{M} + \frac{\sin^2 \alpha}{N} = \frac{1}{R}. \quad (6)$$

Iz osnovne jednadžbe elipse (2) i položaja tangenta dobiva se (sl. 7)

$$x = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}, \quad (7)$$

$$y = \frac{a(1-e^2)\sin\varphi}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}} \quad (8)$$

Tu je e prvi brojni ekscentricitet (4). Polumjer zakrivljenosti po meridijanu M izračunava se iz općeg izraza za zakrivljenost, pa je

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{3/2}} \quad (9)$$

Budući da je $r = x$ polumjer paralele (sl. 7), polumjer zakrivljenosti N bit će:

$$N = \frac{r}{\cos\varphi} = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}} \quad (10)$$

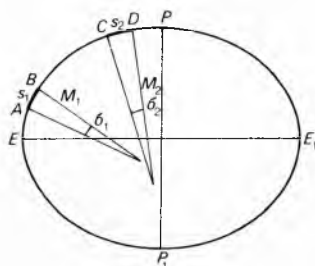
Veličine M i N , dakle, funkcije su geografske širine φ .

Parametre Zemljinog elipsoida može se najjednostavnije izračunati iz rezultata dvaju mjerenja. Uzduž nekog meridijana (sl. 9) odaberu se dva luka, jedan bliže ekvatoru, drugi bliže polu. U krajnjim točkama tih lukova AB i CD astronomskim mjerenjima odrede se geografske širine. Razlike geografskih širina A i B daju središnji kut σ_1 , a C i D središnji kut σ_2 . Svaki od tih malih lukova može se smatrati lukom kruga. Srednja geografska širina između točaka A i B označi se sa φ_1 , a ona između C i D sa φ_2 . Geodetskim mjerenjima odrede se duljine s_1 i s_2 . Vrijednost se polumjera zakrivljenosti M_1 i M_2 koje odgovaraju geografskim širinama φ_1 i φ_2 mogu sad lako izračunati (sl. 9) iz formula

$$M_1 = \frac{s_1}{\sigma_1''} \varphi'', \quad (11)$$

$$M_2 = \frac{s_2}{\sigma_2''} \varphi''. \quad (12)$$

Ako se za M_1 i M_2 uvrste vrijednosti prema relaciji (9), dobivaju se dvije jednačbe iz kojih se izračunavaju nepoznanice a i e^2 . U formulama (11) i (12) $\varphi'' = 206264''{,}8$, to je kut koji odgovara luku kruga dužine 1 polumjera 1, služi za prelaz iz kutne u analitičke — lučne mjere. Budući da su σ i ϱ u sekundama, M se dobiva u metrima kao što je i s . Duljina male osi izračuna se iz formule $b = a\sqrt{1-e^2}$, koja slijedi iz (4).



Sl. 9. Određivanje parametara Zemljinog elipsoida

Danas ima sve više i više takvih mjerenja u različitim krajevima Zemlje, po meridijanima, paralelama i povoljnom azimutu, pa se dobivaju sve točniji i točniji parametri i sve točnije dimenzije Zemljinog elipsoida.

U Jugoslaviji se još uvijek, također u mnogim državama srednje Evrope, upotrebljavaju dimenzije koje je dao F. W. Bessel (1841) na temelju brojnih mjerenja

$$a = 6377397,15500 \text{ m}, \quad b = 6356078,96325 \text{ m}, \\ \mu = 1/29915281285.$$

Geodetsko-geofizička unija razmatra te probleme i preporuča sve novije i točnije dimenzije. Zbog boljeg uvida u točnost tih vrijednosti iznosi se nekoliko novijih parametara elipsoida.

J. F. Hayford (SAD) je postavljanjem mreže osnovnih točaka, upotrijebivši neke već ranije poznate podatke, dobio za $a = 6378388 \text{ m}$, a za spljoštenost $\mu = 1/297$.

Te su vrijednosti 1924. godine u Madridu, na Kongresu Međunarodne geodetsko-geofizičke unije primljene kao internacionalne i preporučene za upotrebu. Mjerenja radi određivanja položaja osnovnih točaka koja su izvršena u SSSR pred drugi svjetski rat u obliku lanaca trokuta postavljenih sjever—jug i istok—zapad, obuhvaćaju cijeli teritorij SSSR. Iz tih mjerenja F. N. Krasovski je odredio 1942. godine parametre Zemljinog elipsoida:

$$a = 6378245 \text{ m}, \quad \mu = 1/298,3.$$

Na takvom elipsoidu izračunate su sve osnovne točke u SSSR. Međunarodna geodetsko-geofizička unija na kongresu u Lozani 1967. godine preporučila je slijedeće parametre:

$$a = 6378198 \text{ m}, \quad \mu = 1/298,3.$$

Da bi se racionalno mogao koristiti bilo koji Zemljin elipsoid za bilo kakvo računanje, potrebno ga je detaljnije razraditi.

Kako su M , N , $W = \sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}$, r , R_s (srednji polumjer zakrivljenosti = \sqrt{MN}) i L (duljina luka meridijana L od ekvatora do bilo koje širine φ) funkcije geografske širine φ , potrebno je prethodno izračunati vrijednosti tih veličina za pojedine širine φ dovoljno gusto (npr. za svaku minutu) i unijeti ih u tablice.

LIT.: Aristotel, Metafizika, knjiga 2. — F. Ritschl, Vermessung des römischen Reiches unter Augustus, Frankfurt a/M 1842. — Ed. Biot, Tcheou-Li on rites de Tcheou, Paris 1851. — H. Schöne, Heronis Aleksandrini opera quae supersunt omnia, Leipzig 1903. — B. Meisner, Babilon und Assirien, Heidelberg 1925. — L. Borchardt, Längen und Richtungen der vier Grundkanten der grossen Pyramide bei Gise, Berlin 1926. — S. Gandz, The origin of angle geometry, 1928. — A. Rey, La science orientale avant les Grecs, Paris 1930. — F. M. Feldhaus, Die Technik d. Antike u. d. Mittelalters, Berlin 1931. — F. Schmidt, Geschichte der Geodät. Instr., 1935.

N. Čubranić

GEOFIZIKA, znanost koja proučava fizikalne pojave Zemlje, u biti kombinacija fizike i geologije. Ona može biti opća i primijenjena. Općom geofizikom naziva se grupa znanosti kao što su meteorologija, oceanografija, vulkanologija i dr. Primijenjena geofizika obuhvaća fizikalna mjerenja kojima se proučavaju geološki objekti pod zemljom, u prvom redu ležišta čvrstih mineralnih sirovina, strukture povoljne za akumulaciju nafte, vodonosni slojevi i sl.

Primijenjena geofizika služi se različitim geofizičkim metodama koje se nazivaju prema fizikalnim pojavama na kojima se te metode temelje. Razlikuju se metode koje se ograničavaju na mjerenja prirodnih fizikalnih pojava u Zemlji i metode koje u Zemlji mjere umjetno izazvane fizikalne promjene.

Geofizičke metode

Gravimetrija je metoda mjerenja promjena Zemljina privlačenja — gravitacije. Izmjerena promjena gravitacije znači promjenu gustoće u podzemlju, a to može pokazivati na postojanje naftonosnih struktura, rudnih tijela, rasjednih zona itd.

Magnetometrija je metoda mjerenja promjena Zemljina magnetskog polja. Te su promjene uzrokovane promjenama magnetičnosti stijena u podzemlju, a to opet može upozoravati na prisutnost rudnih ležišta, naftonosnih struktura, drugih vrsta stijena itd.

Seizmika se bavi proučavanjem širenja seizmičkih valova pobuđenih eksplozijama, udaranjem čekićem, bacanjem utega ili vibratorima. *Reflektivna seizmika* proučava valove reflektirane od nekih slojeva u podzemlju, i to je danas najviše primjenjivana metoda za istraživanje nafte i plina. *Refrakcijska seizmika* proučava valove koji se lome (refraktiraju) u podzemlju, a primjenjuje se najviše za istraživanje na manjim dubinama (nekoliko desetaka metara) za potrebe inženjerske geologije, hidrogeologije, za ispitivanje aluvijalnih naplavina i sl., a rjeđe se primjenjuje za istraživanje nafte i duboke Zemljine kore.

Geoelektrične metode obuhvaćaju brojne postupke, od kojih neki primjenjuju prirodne električne napone i polja, a drugi se služe umjetno prouzrokovanim naponima i poljima. Metoda