

GEODETSKA INTEGRACIJA EVROPE*

Prof. Dr. Ing. Dr. h. c. MAX KNEISSL — München

PREDGOVOR

Ukoliko smijem na ovom mjestu izvjestiti, u svojstvu predsjednika Stalne komisije Internacionalne Asocijacije za geodeziju (IAG), o novom izjednačenju evropske trigonometrijske mreže — geodetskoj integraciji Evrope — želim u svojim izlaganjima staviti dvije osnovne primjedbe:

1. Radovi za geodetsku integraciju Evrope obuhvaćaju:

a) Osnovne trigonometrijske mreže uključivo bazisna mjerenja i geodetsko-astronomska opažanja na Laplace-ovim točkama i točkama otklona težišnice.

b) Mreže preciznih nivelmana uključujući pripadne vrijednosti ubrzanja sile teže.

c) Projekat osnovnih mreža ubrzanja sile teže.

2. Ovi radovi služe isključivo u naučne svrhe. Prema tome oni nemaju, za praktičnu izmjeru naročito za topografska ili čak katastarska snimanja nikakvog značenja. Ti radovi se dobro slažu s postojećim nacionalnim trigonometrijskim mrežama I. reda i ishodišnim sistemima. Za kartografske radove ili čak za velike vojne geodetske sisteme ne daju popravke položaja osnovnih točaka mreže, uslijed novog izjednačenja ili spajanja postojećih nacionalnih visinskih mreža u jednu zajedničku evropsku mrežu, nasuprot već izračunatih prethodnih rješenja nikakovo osjetno povećanje tačnosti, jer se ova u uobičajenim mjerilima karata ne zamjećuje, a u vojnim sistemima je ona nadmašena (drugim) uzrocima koji leže izvan geodezije, kao na pr. atmosferskim utjecajima.

I STANJE I RAZVOJ JEDINSTVENE EVROPSKE TRIGONOMETRIJSKE MREŽE

Nastojanja za stvaranjem jedinstvene evropske trigonometrijske mreže proističu još iz radova Carl Fridrich Gauss-a i njegovog učenika Christian Ludwig Gerling-a, koji su po prilici do 1820 pokušali, izduženim lancima trokuteva u sjevečnoj i južnoj Njemačkoj, stvo-

* Predavanje održano dne 24. V 1961. na AGG fakultetu u Zagrebu. Dozvolom autora preveo Dr Ing. Stjepan Klak.

riti polazne vrijednosti za priključak ostalih europskih triangulacija. Nastojanja Bessel-a, oko 1840 i nastojanja Johann Jakob Baeyer-a vodila su preko srednjeevropskog gradusnog mjerenja k Internacionalnoj izmjeri Zemlje, sa zadatkom, uvođenja — po mogućnosti — široke međunarodne suradnje na geodetskom polju. Nastojanjima i prijedlozima Friedrich Robert Helmert-a za jedinstveno izjednačenje Europe postignut je izvjestan napredak.

Osnivanjem Internacionalne Unije za geodeziju i geofiziku 1919 godine, našlo je objedinjavanje europskih triangulacionih mreža ljubomornog i razumnog pobornika u Georges Perrier-u i nakon njegove smrti naprednog i uspješnog organizatora u Pierre Tardi-u. Internacionalna Unija za geodeziju i geofiziku se je već 1936 posebno pozabavila studijem zajedničkog izjednačenja europskih trigonometrijskih mreža I. reda i jednom okružnicom, od 1. V. 1936 koja je bila poslana u svih 26 europskih država, u obliku upitnika tražila sve teoretske podloge. Te podloge su složene i publicirane u Bulletin géodésique (svezak 53, siječanj — veljača, ožujak 1937), u organu Asocijacije za geodeziju Internacionalne Unije za geodeziju i geofiziku. Nadalje je bio prof. Dr. Eggert u svoje vrijeme zadužen da izradi prijedlog za izvođenje tog velikog izjednačenja.

Eggert je u tu svrhu razvio poseban postupak izjednačenja i objavio ga u publikacijama Baltičke Geodetske Komisije. Do praktične primjene tog izjednačenja na žalost više nije došlo.

Praktički su europske triangulacije, i to u mnogim državama do IV. reda, bile objedinjene za vrijeme posljednjeg rata od njemačke vojne izmjere, preračunavanjem na Besselov elipsoid, novom orijentacijom, usklađivanjem mjerila, zakretanjem i paralelnim pomakom pomoću Helmertove transformacije u europsku jedinstvenu mrežu »sistem Potsdam«. Poslije okupacije Njemačke zadužio je 1945 god. U. S. Army Map Service jednu skupinu njemačkih geodeta, pod vodstvom E. Gigas-a, s ponovnim izjednačenjem osnovne trigonometrijske mreže centralne i jugoistočne Europe na koju su kasnije priključene mreže južne i sjeverne Europe. Tako je bilo završeno 1951 godine prvo izjednačenje jedinstvene osnovne europske trigonometrijske mreže. Mreža obuhvaća područje od okruglo 5 000 000 km² s više od 360 miliona stanovnika. Cijelo izjednačenje je provedeno u 4 velike grupe. Od 1945—1947 uslijedilo je izjednačenje centralno europske mreže (ZEN) s ukupno 714 točaka I. reda, 106 Laplace-ovih točaka i 77 točkaka s otklonom težišnice, koje su raspodjeljene na području od cca 1 000 000 km².

Mreža se sastoji od lanaca trokuteva duž meridijana i paralela, koji čine 13 zatvorenih figura odnosno poligona. ZEN je bila podijeljena po metodi Bowie u 25 čvornih mreža i 35 spojnih lanaca i izjednačena bez prisilnih uvjeta. U izjednačenju je korišteno 3283 pravaca i 50 bazisa. Kod toga su sastavljene 1332 uvjetne jednadžbe.

Od 1948—1949 je uslijedilo izjednačenje jugoistočnog dijela europske mreže (SOEN) s ukupnom površinom od cca 900 000 km². Kod SOEN mreže se radi isto tako o poligonima s 47 veznih lanaca i 31 čvornom

smjeru koji čine 22 poligona. Izjednačenje je uslijedilo isto tako po Bowie-metodi, kod čega se je moralo uzeti u obzir 1358 uvjetnih jednadžbi.

Dok su mreže ZEN i SOEN izjednačene u »Institut für Erdmessung« u Bamberg-u, sada »Instiut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a/M jugozapadnu i sjevernu grupu je izjednačila ustanova »U. S. Coast and Geodetic Survey« iz Washington-a.

Jugozapadna grupa obuhvaća lance trokuteva duž meridijana i paralela slijedećih zemalja:

Sjeverne Afrike	s	293	stajališta
Italije	„	260	„
Švicarske	„	13	„
Austrije	„	15	„
Francuske	„	313	„
Belgije	„	23	„
Španije	„	300	„
Portugala	„	67	„

dakle, ukupno: 1230 stajališta

Ova grupa je izjednačena odjednom po uvjetnim opažanjima s prisilnim uvjetima kod ZEN i SOEN mreže. Izjednačenje je obuhvatilo 2348 uvjetnih jednadžbi.

Sjeverna grupa pokriva u poligonskim lancima slijedeće zemlje:

Estoniju—Letoniju	s	73	stajališta
Finsku	„	244	„
Dansku	„	55	„
Švedsku	„	319	„
Norvešku	„	131	„
Lebdeće ciljeve	„	3	„

dakle, ukupno 825 stajališta

Da bi se izjednačenje moglo provesti što više mehanički, računato je sa strojevima koji rade na principu bušenih kartica i izjednačenje je provedeno po posrednim mjerenjima, kod čega je trebalo odrediti ukupno 2564 nepoznanice. Izjednačenje je opet uslijedilo vezom na ZEN. Ono je dovršeno 1951 godine. Time je dovršena jedinstvena mreža za cijelu Europu, koja je istovremeno obuhvaćala zapadni dio Sredozemnog mora i prekrila dijelove sjeverne Afrike.

Ovo prvo izjednačenje je — geodetski promatrano — znanat uspjeh. Politički gledano pokazuje pak priličnu pogrešku, jer neke zainteresirane države u tom računanju nisu bile ni pitane, kad su njihove nacionalne mreže povučene u to zajedničko računanje.

Usprkos ovih poteškoća usvojena je 1951 godine na IX. skupnom sastanku IUGG u Brüssel-u, u sekciji »Triangulacija« Internacionalne Asocijacije za geodeziju, slijedeća preporuka:

»Internacionalna Asocijacija za geodeziju izražava želju — obzirom na prilike — da homogena geodetska mreža prekrije veći dio Europe, da nadalje u pogledu dobivenih prednosti na području geodezije, kartografije i navigacije, rezultati jednog takovog računanja moraju koristiti različitim narodima kao osnova za svaki rad koji mora zadovoljiti internacionalne potrebe«.

Ta je preporuka kasnije povučena i došlo se do uvjerenja, da samo novo posve naučno izjednačenje europskih osnovnih triangulacionih mreža može biti internacionalno priznato i zastupljeno od svih europskih zemalja na isti način.

Kod tog novog izjednačenja mogla su poslužiti, naravno, ranije provedena računanja od 1945 — 1951. (Réseau Européen — RE 1950) kao prvo približenje i kao osnov za diskusiju o izboru mreže, postupcima i metodama koje treba primjeniti. Internacionalna Asocijacija za geodeziju zadužila je zbog toga jednu naročitu studijsku komisiju koja je trebala RE 1950 naučno ispitati. Kod tog ispitivanja sudjelovali su učenjaci gotovo svih zemalja — učesnica u RE 1950 i ustanovili slijedeće:

1. Više ili manje proizvoljno odabiranje pojedinih trokuteva izborom lanaca i projekta okvirne mreže, u koji kasnije uvrštavamo jednako vrijedne dijelove mreže kao uvrštenu mrežu, slabo zadovoljava.

2. Izjednačenje mreže treba u svim slučajevima odgovarati sadanjim osnovnim trigonometrijskim mrežama; površinske mreže se moraju izjednačiti kao površinske, a okvirne mreže kao okvirne.

3. Cijela postojeća europska osnovna mreža (RE 1950) zadovoljava općenito praktične ciljeve. Međutim pokazuje na različitim mjestima osnovne nedostatke, koji zahtijevaju i iz praktičnih razloga ponovno preračunavanje.

4. Za naučne ciljeve je načelno potrebno ponovno izjednačenje, koje se može izvršiti tek nakon 5—10 godina i poslije dopune postojećih osnovnih trigonometrijskih mreža.

Na X. skupnom sastanku Internacionalne unije za geodeziju i geofiziku 1954 u Rimu bile su te činjenice načelno priznate i posebno utvrđene s tim, da postojeća RE 1950 zadovoljava za računanje jedinstvenog europskog okvira karata i za sve kartografske radove u mjerilu 1 : 50 000 i manjem, ali kod ponovnog izjednačenja se mogu očekivati pomaci točaka od cca 5—10 m.

U načelu je postojalo jedinstveno shvaćanje, da prije jednog ponovnog izjednačenja europske triangulacije I. reda treba ispitati i dopuniti pojedinačno postojeće triangulacije I. reda. Kod toga je došlo do slijedećih konstatacija:

1. Općenito postojeće europske triangulacije I. reda zadovoljavaju moderne zahtjeve u pogledu strukture mreže, stabilizacije kao i mjerenja kuteva. Pojedini trokuti se moraju u nekim državama ponovo opaziti i manje dopune su potrebne u nekim mrežama.

2. Bazisna mjerenja su u mnogim državama već zastarjela, mjerenja azimuta se moraju ponoviti u velikom opsegu.

3. Vezna i kontrolna mjerenja su potrebna na granicama država na različitim mjestima.

4. O mogućnosti uspostave jednog jedinstvenog europskog centralnog arhiva ne postoji jedinstveno mišljenje.

5. Opće preporuke za provođenje triangulacije nisu potrebne u pogledu postupaka opažanja, a poželjne su u pogledu udaljenosti mjerenih bazisa i Laplace-ovih stajališta.

Konačno je Internacionalna Asocijacija za geodeziju usvojila u Rimu slijedeće preporuke:

Zajedničko izjednačenje evropske triangulacije

Obzirom na to, da europske države, koje su sudjelovale u prvoj fazi europskog izjednačenja, sada proučavaju najbolje metode, da stupe u drugu više naučnu fazu ovog zajedničkog izjednačenja, preporuča IUGG, da se zainteresirane države što je moguće više pridržavaju slijedećeg programa:

1. U potpunavanje naučne analize rezultata prvog izjednačenja.
2. Poboljšanje i upotpunjavanje opažanja u područjima koja su zajednička sa susjednim mrežama.
3. Postavljanje jedne baze na komparaciju upotrebom Väsälä-aparata (ili nekog sličnog aparata), da bi se dobilo jedinstveno mjerilo za sve mreže i da bi se moglo kalibrirati invarne žice i geodimeter.
4. Progušćenje Laplace-ovih azimuta i mjerenih baza s invarnim žicama ili geodimetrom prema jedinstvenom planu za Europu s tim, da se osigura relativna točnost za sve strane trokuta 1:1000000.
5. Ispitivanje mogućnosti učvršćenja pojedinih mreža ili internacionalnih veza Shoran-metodom, da se pokuša postići veća tačnost u konačnom izjednačenju.

U nastavku se odustajalo od praktičnih zahtjeva i sve se više težilo naučnom rješenju, koje je temeljito prodiskutirano na posebnom zasjedanju, Stalne komisije za novo izjednačenje osnovne europske trigonometrijske mreže, održane u svibnju 1956 u München-u. Zasjedanja su se održala u tri potkomisije, koje su formirale slijedeće odluke:

Potkomisija A:

Mole se sve europske države da sastave podloge za svoju triangulaciju I. reda i da ih jedinstveno prikažu na crtežima uzimajući u obzir sva Laplace-ova stajališta i stajališta otklona težišnice, bazise i veze sa susjednim zemljama. Međutim tome je dodana i jedinstvena legenda. Dalje su postavljena i izvjesna načela za ispitivanje točnosti kuteva, osnovica i astronomskih mjerenja. Naročita ispitivanja se moraju posvetiti bočnoj refrakciji.

Relativna pogreška strane trokuta ne smije prekoračiti 1:100000, a nesigurnost orijentacije ne smije preći 2". Osnovice ne smiju biti na većoj međusobnoj udaljenosti od 150—300 km. Laplace-ova stajališta na me-

đusobnoj udaljenosti 150 km. Laplace-ova stajališta treba po mogućnosti rasporediti u parovima na krajevima iste stranice trokuta. Nadalje su predložene naročite metode opažanja za ispitivanje i dokaz horizontalnih pomaka tla. Osim toga je potkomisija A preporučila svim europskim zemljama, koje nisu sudjelovale na Münchenskom zasjedanju, da u suradnji sa susjednim državama ispitaju mogućnosti najboljeg uspostavljanja veza između dotičnih mreža. Treba nastojati da druga faza europskog izjednačenja po mogućnosti obuhvati veliko područje.

Ta je preporuka upućena svim zemljama istočne i jugoistočne Europe. Bez njihove uske saradnje ne ćemo doći ni do kakvog većeg i svestrano zadovoljavajućeg zajedničkog europskog rješenja.

Potkomisija B:

Potkomisija je izradila jedan prijedlog za novo izjednačenje prema kojem treba podijeliti cijelu mrežu za izjednačenje na nacionalne blokove. Prema tome bi mogla svaka država izjednačiti svoju mrežu posebno, dok bi se definitivno izjednačenje izvršilo u jednom centralnom računskom uredu. Kod konačnog izjednačenja bi trebalo ponovo studirati problem određivanja dimenzija Zemlje. Također i tu stoji na prvom mjestu svih razmatranja dobrovoljna suradnja svih zemalja.

Potkomisija C:

Potkomisija je uglavnom razmatrala prijedlog M. Hotine-a, koji bi dosadanju površinsku triangulaciju nadomjestio prostornom triangulacijom, kod koje se moraju istovremeno izjednačiti horizontalni i vertikalni kutovi.

Za naučno provođenje novog izjednačenja ima RE 1950 veliko značenje, koje je H. Wolf veoma točno označio, kako slijedi:

»Za novo izjednačenje jedinstvene evropske mreže, koje treba izvršiti u cca 10 godina, treba nastojati da se postupa na strogo naučan način, u kojem mjereni kutevi, osnovice, azimuti moraju biti reducirani na dotični referentni elipsoid. Tome je potrebno mnogo poznavanja otklona težišnice i geodnih visina (nad referentnim elipsoidom) i to u jedinstvenom sistemu, koji mora biti već tako blizu konačnom koliko je to uopće moguće. Na taj se način mora raspolagati prije početka novog izjednačenja s pouzdanim vrijednostima za otklone težišnica i geoidne visine u opisanom sistemu«.

Za tu svrhu su već sakupljeni, kod Centralnog ureda Internacionalne Asocijacije za geodeziju u Parizu (g. Levallois), otkloni težišnice za Evropu, kako su izračunati u sistemu izjednačene evropske trigonometrijske mreže I. reda »RE 1950«.

Što se tiče pripadnih geoidnih visina, te je izračunao g. predsjednik Bomford, u okviru naročite studijske komisije Internacionalne Asocijacije za geodeziju i to u istom sistemu »RE 1950« u kojem su izraženi i otkloni težišnice. Zbog toga se pokazala potreba da se geodetski sistem »RE 1950« prepostavi svuda tamo gdje se otkloni težišnica moraju odrediti i upotrijebiti za velike projekte.

Te misli nagovještaju naučna pitanja, nabacuju kontinentalna razvijanja mreža i svi se europski geodeti pozivaju na suradnju kod njihovog rješavanja.

(O današnjem stanju radova ćemo govoriti popodne).

II SASTAV JEDINSTVENE EVROPSKE NIVELMANSKE MREŽE (Reséau Européen Unifié de Nivellement)

Zahtjev za jedinstvenom europskom nivelmanskim mrežom polazi od zamisli, da se odrede srednje razine vode različitih europskih obala i mora, po mogućnosti u velikom broju luka, da se mareografi uključe u opću visinsku mrežu I. reda i usporede njihovi podaci. O toj zamisli se je već diskutiralo na prvoj općoj konferenciji Srednje-europskog gradusnog mjerenja 1864 u Berlinu i zaključilo njeno ostvarenje. Istovremeno je zaključeno, da se kasnije po rezultatu tih mjerenja utvrdi za cijelu Europu važeća nultačka za apsolutne visine¹).

Usprkos različitih stavova, trebalo je točno 25 godina dok se je toliko napredovalo u svim zemljama — učesnicama, s niveliranjem i određivanjem srednje razine mora, da je pitanje izbora opće europske nul-tačke ponovo moglo biti raspravljeno na IX. općoj konferenciji za Internacionalnu izmjeru Zemlje 1889 u Parizu.

Do jednog konačnog stava se ipak nije došlo. Naprotiv na Konferenciji stalne komisije u Freiburg-u 1890 godine, na prijedlog F. R. Helmert-a, je problem nul-te visinske točke uključen u radni program Centralnog ureda za 1890/91. Jer su se kod toga sve nacionalne osnovne visinske tačke morale usporediti sa srednjim razinama bliskih mora, došlo se do uspoređivanja srednje razine Baltičkog i Sjevernog mora, Atlantskog oceana i Sredozemnog mora i do ocjene tačnosti ovog uspoređivanja. Skupljanje nivelmanskog materijala se provodilo u Centralnom uredu. Za dobivanje visinskih razlika srednjih razina je izabrana iz postojećih nivelmanskih mreža jedna mreža od 48 poligona, koju je izjednačio A. Börsch uz suradnju Kühnen-a, a rezultat je izložio Stalnoj komisiji Internacionalne izmjere Zemlje F. R. Helmert.¹)

Na VIII. Generalnoj skupštini Internacionalne unije za geodeziju i geofiziku 1948 u Oslu tražio je T. J. Kukkamäki ponovno jedinstveno izjednačenje osnovne europske nivelmanske mreže. Kukkamäki je svoj zahtjev obrazložio time, što u većini europskih zemalja postoje nivelmanske mreže najveće tačnosti, posebno izjednačene i oslonjene na različite ishodišne točke (početne repere). Osim toga bi se većinom države pobrinule za veze na granicama sa susjednim državama tako, da bi na taj način bilo moguće obuhvatiti europske nivelmanske mreže jednim izjednačenjem i priključiti na jedinstvenu nul-tačku. Istovremeno je

¹ Zaključci Prve opće konferencije opunomoćenika za srednjeeuropsko gradusno mjerenje od 15.—22. X 1961, Berlin 1865, strana 27—29.

¹ Uspoređenje srednjih razina Baltičkog i Sjevernog mora, Atlantskog oceana i Sredozemnog mora na osnovu izjednačenja 48 nivelmanskih poligona u Centralnoj i Zapadnoj Europi; obradio Dr A. Börsch uz suradnju Dr F. Kühnen-a, Stalnoj komisiji internacionalne izmjere Zemlje izložio F. R. Helmert.

Centralni ured Internacionalne izmjere Zemlje, Berlin 1891.

Kukkamäki ukazato na to, da je već na sličan način izjednačen odjednom nivelman Sjedinjenih Američkih Država i Kanade. Prijedlog Kukkamäki-a je naišao na opće odobravanje. Pitanje jedinstvenog izjednačenja europske nivelmanske mreže je zaokupilo ponovno IX. i X. Generalnu skupštinu održanu 1951 u Brüsselu i 1954 u Rimu.

U Rimu 1954 god. osnovana Internacionalna komisija za sastav jedinstvene europske nivelmanske mreže je održala prvo radno savjetovanje u vremenu od 23. do 25. svibnja 1955 u Firenci. Na tom zasjedanju je:

1. Utvrđen oblik buduće jedinstvene europske nivelmanske mreže.
2. Dogovoren način i provođenje izjednačenja.
3. Utvrđena načela za upotrebu ubrzanja sile tžee kod računanja geopotencijalnih kota.

Uglavnom se kod projektiranja mreže radilo o tom, da li sastaviti mrežu iz velikih poligona ili uzimajući u obzir sve nacionalne mreže i glavne linije, sastaviti u jednu nivelmansku mrežu. U Firenci je zaključeno da se najprije sastavi jedinstvena europska nivelmanska mreža iz velikih prvoklasnih poligona. Izjednačenje je provedeno, međutim, na tri različita načina u Parizu, Delftu, Münchenu, a dio mreže nordijskih zemalja u Helsinkiu. Geopotencijalne kote su služile kao osnova za izjednačenje i računanje visina. Za njihovo računanje je trebalo izmjeriti na svim linijama ubrzanja sile teže. Međutim, izvedeno je i drugo računanje pomoću normalnih vrijednosti ubrzanja sile teže koje je praktički dalo iste rezultate. Za izbor linija, sastav nivelmanskih podataka, ubrzanja sile teže kao i za mnoga nova mjerenja su se pobrinule Geodetske komisije zemalja-učesnica. Gospodin Dr. Simonsen iz Danskog Geodetskog Instituta u Kopenhagenu je to preuzeo u brojnim raspravama s tim, da sredi pojedine podatke u jednoj uzornoj slici mreže s jednoznačnom oznakom točaka, da brižljivo označi odabrane prelaze preko granica i da ispita računske podatke.

Računanja su se mogla izvršiti poslije tako brižljivih priprema u najkraće vrijeme. Time je opet prva faza dovršena, za kojom bi trebala slijediti — u razmacima od nekoliko godina — ponovna računanja, kod čega bi se morale mreže sve više proširivati i pojedine izabrane linije — s napredovanjem mjerenja ubrzanja sile teže — bi trebale biti zamijenjene uključivanjem svih nivelmanskih mreža I. reda europskih zemalja.

Kod toga su se pokazale nove mogućnosti za dalje proučavanje problema izjednačenja kontinentalnih nivelmanskih mreža i problema »nivelman — ubrzanje sile teže« i teoretsko i praktičko traženje zadovoljavajućih rješenja. Nadalje postoji nada da se postave, uključivanjem hidrostatskog nivelmana, zatvoreni poligoni oko Sredozemnog mora, kao i da se točno usporede srednje razine Crnog mora sa Sredozemnim morem, Atlantskim oceanom, Sjevernim i Baltičkim morem i da se slične kontinentalne mreže razviju u prednjoj Aziji. Ali zato je potrebna prije svega u Europi neograničena suradnja svih europskih država. Samo na taj način može moć povezivanja geodetske nauke ojačati i unaprijediti naučnu misao.

III RAZVOJ JEDINSTVENE EVROPSKE MREŽE UBRZANJA SILE TEŽE (Reséau Européen Unifié de Pesanteur)

Jedan od najvažnijih zadataka Internacionalne Asocijacije za geodeziju je sakupljanje jednako vrijednih podataka o ubrzanju sile teže na stajalištima koja bi po mogućnosti morala biti simetrično raspodijeljena po površini Zemlje. Te vrijednosti ubrzanja sile teže trebaju biti reducirane na jedinstveni način i korištene za određivanje geoida. Da bi se po mogućnosti dobila jednako vrijedna ubrzanja sile teže, postavljene su četiri internacionalne gravimetrijske linije za kalibriranje, od kojih jedna leži u Sjevernoj Americi,¹⁾ druga u Europi²⁾ i treba biti produžena kroz cijelu Afriku do Kapstadt-a, treća leži približno u meridijanu Moskve i četvrta u Istočnoj Aziji.

Istovremeno s postavljanjem tih linija za kalibriranje prihvaćeno je u Internacionalnoj Asocijaciji za geodeziju postavljanje mreže I. reda ubrzanja sile teže na čitavom svijetu, koje bi obuhvatilo ukupno 25—30 točaka, pravilno raspoređenih, kod čega bi se dala prednost stajalištima kod kojih su g-vrijednosti već više puta određivane.

Međusobne razlike ubrzanja sile teže između tih stajališta se moraju određivati, po mogućnosti, veoma često i s različitim njihalima i gravimetrima. Vezna nesuglasica ne smije bitno preći 1 mgal. Mreža mora biti izjednačena odjednom. U Europi su u svjetsku mrežu ubrzanja sile teže izabrane slijedeće točke: Helsinki, Potsdam, Bad—Hazburg, Teddington, Paris, Milano, Lisabon ili Madrid.

K tome dolaze kao dalje fundamentalne točke, točke europske gravimetrijske baze za kalibriranje: Hammerfest—Bodö—Oslo—Kopenhagen—Harzburg—München—Rim i Edinburgh—Teddington—Paris—Bagnères de Bigorre.

Pošto su izvršena prva novija mjerenja za izradu svjetske mreže ubrzanja sile teže i pošto europske države sve više napreduju s projektiranjem i opažanjem simetrično postavljenih mreža ubrzanja sile teže, potrebno je pomišljati na sastav jedinstvene europske mreže ubrzanja sile teže uzimajući u obzir historijske podatke. Veoma značajan rad na računanju jedinstvene europske mreže ubrzanja sile teže zahvaljujemo Carlu Morelli-u (1946)¹⁾. Zatim je slijedilo računanje E. A. Hirvonen-a²⁾ i konačno zapaženo izjednačenje S. Coron³⁾.

¹ Američka linija za kalibriranje se proteže od Mexico City-a prema Fairbanks-u (Aljaska). Udaljenost tačaka na kojima se opaža s njihalima iznosi 100—200 milja (160—320 km). U daljoj raspodjeli su uključene tačke za opažanje gravimetrima u razmacima 10—20 milja (16—32 km).

Razlika ubrzanja sile teže između Mexico City-a i Fairbanks-a iznosi cca 4300 mgal. Osim toga postoji u Sjevernoj Americi još jedna linija za kalibriranje koju je postavio Coast and Geodetic Survey između Sam Fardyce (u južnom Teksasu na meksičkoj granici) i La Pas-a (Manitoba, Kanada).

² Europska baza za kalibriranje prolazi od mjesta Hammerfest—Bodö—Oslo—Kopenhagen—Bad Harzburg—München do Rima i treba ju učvrstiti paralelnom linijom Edinburgh—Teddington—Paris—Bagnères de Bigorre.

Morelli i Hirvonen su koristili za izjednačenje samo mjerenja njihovom dok je gospođica Coron sva mjerenja njihovom i gravimetrima izjednačila zajedno. Kao posljednji i veoma odlučujući pokušaj u izradi jedinstvene europske mreže ubrzanja sile teže treba smatrati Morellijev¹) koji je upotrijebio vlastita mjerenja na većim prostranstvima i uzorna Martin-ova mjerenja gravimetrom.

Promotrimo li u Europi sva do sad izvršena mjerenja njihovom i gravimetrima, koja su od 1945 stalno izvođena na kalibracionoj liniji Hammerfest — Bodö — Kopenhagen — Bad Harzburg — München — Rim i Edinburgh — Teddington — Paris — Bagnères de Bigorre i njihove poprečne veze — gravimetriranja — koja se sada izvode (prevoz samo avionima), tada se dolazi do zaključka da nije samo moguće već i hitno potrebno obuhvatiti u jedinstvenu europsku mrežu ubrzanja sile teže, prvoklasna povezivanja njihovom i mjerenja gravimetrima na velikim udaljenostima, jedinstveno izjednačiti i uzimajući u obzir sva apsolutna mjerenja, svesti u jedinstveni sistem u koji će se uvrstiti kasnije sve postojeće nacionalne mreže mjerene njihovom odnosno gravimetrima i one koje će još nastati, bez prisilnih uvjeta.

Sastav jedinstvene europske mreže određene njihovom i gravimetrima zahtijeva ne samo priznanje naučnih uspjeha istočno-europskih država, nego i prostorno, punu suradnju tih zemalja. Bez te suradnje može nastati samo jedno nedovršeno djelo. O pojedinostima bi govorio popodne.

Na kraju bih želio još utvrditi, da svi radovi na zajedničkim europskim geodetskim osnovama imaju samo tada neki smisao, ako su istinski potpomognuti i unapređeni od geodeta svih europskih zemalja.

Mi se nebi smjeli provoditi ni u kom slučaju za nekim političkim gledištima nego bi trebali više našu pažnju usmjeriti na ispitivanje prirodnog poredka Zemlje, njene površine i istraživanje njenih zakona.

(Nastavit će se)

¹ C. Morelli: Compensazione della rete internazionale delle Stazioni di riferimento per le visure di gravità relativa; Istituto Geofisico, pubbl. 221, Trieste 1946.

² R. A. Hirvonen: On the establishment of the values of Gravity for the national reference stations; publikacija Internacionalnog biroa br. 19, Helsinki 1948.

³ Suzanne Coron: Valeur de la Pesanteur à Paris déterminée à l'aide des liaisons internationales européennes; Bull. géodésique Nr. 16/1950, S. 118—139.

⁴ C. Morelli: Contributo alla rete gravimetrica Europea; Istituto Nazionale di Geofisica, Roma 1954.