

GLI IMPIANTI DINOMAREOMETRICI E STEREOFOTOGRAMMETRICI  
DEL PORTO DI NAPOLI

*Comunicazione del Prof. Ing. Luigi Greco, Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.*

PREMESSE.

I primi impianti dinomareometrici del Porto di Napoli risalgono al 1934 e si realizzarono con la installazione di un cassone sperimentale nel corpo della costruenda infrastruttura a parete verticale della diga Duca degli Abruzzi (1).

Gradualmente, nel tempo, in relazione alle successive possibilità di carattere finanziario venne esteso a varie quote l'impianto di registrazione della pressione ondosa avendo in un primo tempo predisposta l'apparecchiatura oscillografica per la graduale inserzione dei vari ricettori.

Gli eventi bellici, che tante rovine causarono al porto di Napoli, non risparmiarono gli impianti testè accennati i quali, pur nella fase sperimentale e di completamento, avevano forniti alcuni risultati apprezzabili.

Nella convinzione che gli studi sul moto ondoso e soprattutto sugli effetti dinamici da esso prodotti, debbono avere una base squisitamente sperimentale si ritenne di grande interesse il ricostruire la primitiva stazione migliorandola e perfezionandola non soltanto nelle sue apparecchiature ma integrandola altresì con un impianto di *rilievo stereofotogrammetrico* capace di fornire gli elementi caratteristici delle onde; elementi indispensabili per stabilire una relazione tra gli effetti dinamici delle onde stesse ed i loro mutevoli parametri.

DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI.

Nel loro insieme gli impianti sono indicati nella *tavola I* allegata (2).

In particolare gli impianti dinomareometrici comprendono:

- a) una cabina rilievi sulla Diga Duca degli Abruzzi;
- b) una cabina registrazioni sul molo S. Vincenzo collegata elettricamente alla precedente.

Nella struttura costituente la Diga « Duca degli Abruzzi », formata da 3 ordini di massi ciclopici, su imbasamento di scogliera, è stato inserito un cassone in cemento armato cellulare. Nella parete frontale di detto cassone (vedasi *tavola II*) sono ricavati in corrispondenza di un primo pozzo una serie di aperture circolari, sedi delle piastre di registrazione, a quota (+ 4,00) (0,00) (— 2,35) (— 4,35) (— 6,45) (— 8,65) (+ 10,55). Anche in un secondo pozzo laterale,

(1) LUIGI GRECO, *Impianti sperimentali per lo studio del moto ondoso nel Porto di Napoli*. « Annali dell'Istituto Superiore Navale », vol. VI, fasc. II, 1935.

(2) Le tavole e le figure che si riferiscono a questa comunicazione saranno riportate nel prossimo numero del « Bollettino ».

nella parete esterna verso il mare aperto, è stata ricavata altra serie di aperture circolari alle quote predette con l'aggiunta di altra apertura a quota ( - 2,35 . In origine nella seconda serie di aperture erano installati gli apparecchi registratori « Amsler » che, per esperienze effettuate nel tempo, non si dimostrarono efficaci per una precisa misurazione delle azioni dinamiche delle onde per cui nell'attuale ricostruzione, sono stati aboliti. Le aperture di tale secondo pozzo, chiuse temporaneamente, potranno essere adibite alla eventuale installazione di nuovi tipi di apparecchiature allo studio.

In un terzo pozzo, interno rispetto ai primi due, sono installati l'ascensore, la pompa di esaurimento ed una scaletta alla marinara per raggiungere la platea di fondazione del cassone ubicata a circa m. 12,00 sotto il livello del medio mare.

Nell'impianto anteguerra i misuratori delle pressioni ondose, installati nel primo pozzo alle predette diverse quote, erano costituiti da una piastra ricettrice a stretto contatto con un cilindretto di metallo ferro magnetico intorno al quale era avvolta una spirale elettricamente conduttrice, percorsa da corrente. Con la sollecitazione esercitata dalla pressione da misurare, variava la capacità di magnetizzazione del cilindretto e, conseguentemente, la permeabilità del circuito magnetico e la intensità della corrente percorrente la spirale.

Questa era inserita in uno dei lati di un ponte di misura Maxwell che aveva nel lato adiacente una induttanza variabile, negli altri due lati due raddrizzatori e nelle due diagonali rispettivamente la sorgente alimentatrice a corrente alternata a 5000 Hz e nell'altra, attraverso un opportuno dispositivo amplificatore, l'equipaggio di misura dell'apparecchio ricevente (oscillografo).

Posto il ricettore in opera, a mare perfettamente calmo, a mezzo della induttanza variabile, si azzerava il ponte. Provocandosi delle variazioni di pressione si avevano, come detto, delle variazioni proporzionali di induttanza (le quali spostavano l'equilibrio del ponte) che venivano trasformate in variazioni di corrente e registrate.

Dopo numerosi studi ed esperienze per conseguire la più sicura e facile trasmissione delle variazioni di pressione delle onde, esercitate sul disco metallico, in variazioni di parametri dei circuiti elettrici, legati all'oscillografo, si è pervenuti all'apparecchiatura fondamentale seguente:

1° La piastra circolare del ricettore è stata costituita di *acciaio armonico*: esso ha lo spessore di 8/10 di millimetro ed ha dimostrato di poter offrire una migliore sensibilità e maggiore durata.

2° La piastra ricettrice delle azioni dinamiche delle onde e le deformazioni che essa, in conseguenza di dette azioni viene ad assumere, sono trasmesse mediante una leva decuplicatrice, ad un nucleo di *ferro carbonile* che si sposta nel campo magnetico di un'induttanza.

Le variazioni degli sforzi dinamici del mare esercitati sul ricettore conducono a variazioni di frequenza di un oscillatore che ha normalmente una frequenza di 600.000 Hz.

La variazione di frequenza, dovuta alla variazione di pressione, all'uscita dell'oscillatore, produce una corrente che è raddrizzata e quindi inviata all'oscillografo.

È bene avvertire che si possono ugualmente ottenere le registrazioni oscillografiche delle pressioni con le variazioni di resistenza in luogo di quelle di frequenza.

3° È stata effettuata la blindatura degli apparecchi a tubi elettronici per la loro protezione contro l'influenza dell'ambiente marino specie per quanto concerne l'umidità salza.

I perfezionamenti introdotti hanno permesso di realizzare i vantaggi seguenti:

- a) semplificazione del complesso delle apparecchiature;
- b) efficace sostituzione del nucleo di ferro carbonile al ferro lamellare che si ossidava rapidamente;
- c) maggiore sensibilità di tutta l'installazione.

#### STAZIONE STEREOFOTOGRAMMETRICA.

Questa stazione è l'indispensabile integrazione di quella dinomareometrica inquantoché è in grado di fornire, con *rilevamento stereofotogrammetrico*, le caratteristiche morfologiche delle onde, le loro modificazioni all'avvicinarsi delle opere e tutto ciò in sincronismo con le registrazioni delle pressioni.

Dopo esperimenti preliminari, eseguiti con apparecchi non specifici per la ricerca che c'interessa, si è proceduto alla progettazione ed alla costruzione dell'impianto definitivo che si è ormai messo a punto e che si va ad illustrare:

1° Le due stazioni sorgono sulle colline di San Martino a quota di circa 190 m.s.l.m. ed alla distanza orizzontale di circa 800 m. dallo specchio d'acqua: la distanza tra le due stazioni è di circa 300 m. (*Tav. III*)

In ciascuna stazione è collocato un fototeodolite in apposita cabina in muratura.

2° Il *fototeodolite* comprende essenzialmente la *camera fotografica* che comporta un obiettivo di 215 mm. di lunghezza focale ed il formato dell'immagine è di mm. 180 × 200.

Il *magazzino portafilms* può contenere 60 metri di pellicola i quali consentono di effettuare circa 300 fotogrammi. Un *motorino elettrico* connesso all'apparecchio mediante opportuni congegni, determina lo svolgimento del film ed il caricamento dell'otturatore nell'intervallo di circa 6 secondi.

L'apertura dei due fototeodoliti è ottenuta con perfetto sincronismo mediante il comando elettrico a distanza che, nel caso attuale, è situato nella stessa cabina dei comandi della stazione dinomareometrica al molo S. Vincenzo.

Si informa altresì che, per facilitarne le operazioni preparatorie degli esperimenti è stato realizzato il collegamento telefonico fra le cabine fotogrammetriche e la stazione dinomareometrica.

3° Su ciascun *fotogramma* raccolto vengono automaticamente registrati il numero della camera, la lunghezza focale, il numero progressivo del fotogramma e l'ora della fotografia. Queste ultime indicazioni cronologiche sono particolarmente utili per mettere in relazioni i fotogrammi stessi con le registrazioni dinomareometriche. Essi possono servire anche a confermare il valore della velocità di propagazione delle onde ottenute con altre ricerche.

La possibilità di eseguire, a brevissimi intervalli, i rilevamenti della superficie del mare in agitazione, consentirà di poter seguire le vicende della mareggiata.

4° Nei riguardi della *restituzione* delle copie di fotogrammi simultanei è stato previsto l'uso di normali apparecchi di restituzione ormai in possesso — nei loro vari tipi — presso quasi tutte le Nazioni. Per tale ragione la lunghezza focale ed il formato delle immagini sono stati scelti in accordo alle caratteristiche dei suddetti strumenti di restituzione.

Per quanto tali strumenti avrebbero consentito più ampia libertà nella presa è stato preferito mantenere orizzontali gli assi di presa dei nostri fototeodoliti per l'eventualità di poter fare misure *stereofotogrammetriche* con semplici *stereocomparatori*.

5° Il *campo d'azione* della stazione stereofotogrammetrica è di circa 4 km. il che si ravvisa sufficiente per i nostri studi.

A titolo esemplificativo si presentano alcuni diagrammi delle pressioni ondose (Tav. IV) rilevate nelle mareggiate degli anni 1951, 1952, 1953 e 1954 ed alcuni rilievi stereofotogrammetrici di mareggiate degli anni 1951 e 1954, riprodotti nelle tavole V e VI dai quali risultano ben definiti il piano delle onde di largo e quello delle onde di espansione nella zona dell'immediato avampporto.

Con la prosecuzione degli studi e delle esperienze già avviate sistematicamente e con accuratezza, si confida possa giungersi a precisare il regime idrodinamico nel golfo di Napoli e fornire altresì un esemplare di stazione dinomareometrica e stereofotogrammetrica, che già ha conseguito confortanti consensi da parte del « *Comité International pour l'étude des efforts dus aux lames* » nelle adunanze di Parigi, di Napoli e di Hannover.

Diceva *Baudelaire* in una delle sue più espressive poesie de « *Les fleurs dumal* »:

*Homme libre, toujours tu chériras la mer,  
La mer est ton miroir : tu contemples ton âme  
Dans le déroulement infini de sa lame,  
Et ton esprit n'est pas un gouffre moïn amer  
.....  
Vous êtes tous les deux ténébreux et discrets  
.....  
Tant vous êtes jaloux de garder vos secrets !*

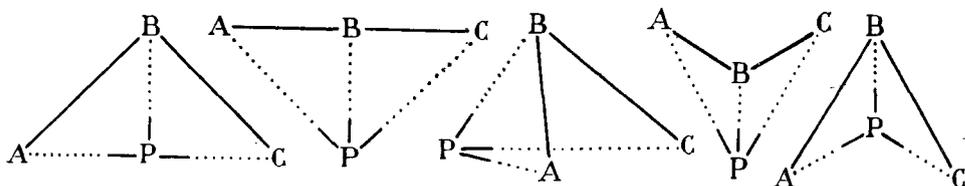
Ora le vicissitudini della vita ci dimostrano quanto sia invero insondabile l'animo umano, ma gli oceanografi, nei loro studi severi, ininterrotti ed appas-

sionati si sforzano, non senza fecondi risultati, a penetrare i misteri del mare nel suo dinamismo e nella miracolosa vita che si svolge nell'immensità della sua essenza che è la sola realtà che ci offre l'idea dell'infinito nel tempo e nello spazio.

## SULLA DETERMINAZIONE DEI PUNTI DI APPOGGIO FOTOGRAMMETRICI

*Comunicazione del Topografo Capo F. Albani dell'I.G.M.*

Per maggior chiarezza di esposizione si premette che già nel 1948 sono state rese note, attraverso il Bollettino Geodetico dell'I.G.M., le *condizioni di optimum che si presentano per il problema di Snellius*, e che in tali condizioni è possibile eseguire anche la stazione grafica attraverso la determinazione di



punti ausiliari (il metodo ebbe piena conferma nel rilevamento della tavoletta di Borgo S. Lorenzo eseguita parte a rilievo diretto e parte con aerofotogrammetria).

Recentemente è stato ripreso in esame tale studio dimostrando come i punti ausiliari possano essere determinati eseguendo le stesse operazioni del « triangolino » che si ottiene nel caso classico in cui il punto di stazione si trovi pressoché nel baricentro del triangolo costituito da i punti noti (trigonometrici).

Pertanto oggi la stazione grafica è generalizzata, sul piano di Gauss-Boaga, potendo usufruire dei 5 casi di optimum come per quella numerica e potendo eseguirla con la stessa facilità e celerità che offre il caso particolare del « triangolino ». (1).

Con tutto ciò l'esperienza acquisita durante i recenti lavori di triangolazione di dettaglio, eseguiti disponendo delle fotografie aeree di formato  $30 \times 30$  sulle quali sono state riconosciute le posizioni dei trigonometrici e determinati dei particolari fotogrammetrici prossimi ad essi, agevolando così il compito ai topografi rilevatori, ha dimostrato, ed è questo l'oggetto di questa comunicazione, che *sul piano di Gauss-Boaga la determinazione dei punti appoggio è più celere ed agevole se eseguita numericamente anziché graficamente.*

In zona pressoché montana e per di più boscosa qual'è la zona triangolata

(1) Per poter usufruire esclusivamente del « triangolino » è necessario invece eseguire preventivamente la triangolazione grafica dato che praticamente, usufruendo dei soli trigonometrici anche se in numero di 8-9 per tavoletta, tale condizione è la meno frequente ad essere realizzata.

durante questa estate (F. 187) ed ancora in fase di lavoro (F. 174), non sempre il *punto appoggio* è prossimo al punto sul quale è possibile eseguire la stazione grafica.

È necessario allora determinare tali punti per intersezione, ed è proprio in tali casi che il metodo numerico si impone.

Dovendo infatti eseguire la determinazione grafica del *punto appoggio* per intersezione diretta è necessario eseguire tre stazioni indipendenti in punti tali da permettere un angolo di intersezione per lo meno prossimo ai  $45^\circ$ , ammesso che sia possibile individuare il particolare fotografico prescelto da tutte e tre le stazioni, specie se situato in fondo valle od in rientranze del terreno od in zona boschiva.

È evidente inoltre che l'errore insito nell'orientamento dello specchio della tavoletta pretoriana nelle tre stazioni può accidentalmente sommarsi e, quindi, può essere necessario eseguire una quarta stazione tenendo presente, in ogni caso, che in terreni accidentati non si può passare da un punto ad un altro con tutta facilità e celerità.

Usufruendo invece del teodolite è necessario eseguire altre stazioni indipendenti per intersecare il particolare fotografico, in quanto le altre due stazioni vengono determinate per trasporto di coordinate con azimut attraverso la misura diretta dell'eccentricità e dell'angolo di direzione.

Numericamente infatti la base necessaria risulta minima tanto che l'esperienza ha dimostrato di poter determinare un particolare a 500 metri dalla stazione, con una base di 6,29 m ottenendo le coordinate del punto con una incertezza di 0,09 m in  $X$  e di 0,36 m in  $Y$ .

Il controllo lo si è potuto effettuare in quanto il particolare in oggetto (croce di una cappella situata in zona alberata) è stato intersecato anche da altre stazioni ottenendo dei valori in  $X$  ed  $Y$  entri i 10 centimetri, mentre la base di 6,29 m è stata imposta dalle dimensioni del fabbricato sul quale si sono dovute eseguire le due stazioni.

Le operazioni di misura non hanno richiesto particolari accorgimenti in quanto sono state eseguite le normali due misure della eccentricità ed i tre strati azimutali oscillanti entro i  $3'' - 4''$ .

Ciò significa che un particolare situato a 2 km. dalla stazione può essere determinato, con la stessa approssimazione su riportata, attraverso la misura diretta di una base di 25-30 metri, il che graficamente è impossibile eseguire.

È evidente perciò il risparmio di tempo che si raggiunge oltre ad avere la assoluta certezza di poter determinare il punto prescelto in qualsiasi occasione.

A tale vantaggio si aggiunge l'altro e cioè che qualsiasi punto trigonometrico del foglio può essere utilizzato usufruendo del teodolite, il che aumenta notevolmente la possibilità di eseguire la stazione in qualunque punto sia necessario anche in terreni accidentati, mentre usufruendo della tavoletta pretoriana i punti trigonometrici a disposizione sono solo quelli che si possono riportare sullo specchio.

Inoltre è necessario tener presente che anche in giornate di forte vento col teodolite è possibile eseguire lo stesso il lavoro, con la tavoletta è molto difficile se non impossibile, ed in secondo luogo che un aiutante topografo può trasportare il teodolite, treppiede e stadia (l'ombrellone è sostituito dall'ombrello leggero da ricognizione), mentre con la tavoletta sono necessarie due aiutanti in fase di determinazione dei punti appoggio.

L'impiego del teodolite rende infine più redditizia la giornata di lavoro in campagna in quanto l'operatore non deve eseguire il minimo calcolo ma solo registrare le osservazioni azimutali e zenitali e riportare sullo stesso libretto gli eventuali schizzi planimetrici ed altimetrici nelle pagine quadrette appositamente allegate nei nuovi libretti delle osservazioni.

L'operatore invierà infatti al Capo Sezione tali dati, opportunamente trascritti nell'apposito modello che si avrà cura di approntare in precedenza; su tale modello il Capo Sezione, coadiuvato da un calcolatore, potrà eseguire i relativi calcoli azimutali sia per intersezione inversa che diretta, ed il calcolo della quota.

L'esperienza degli ultimi lavori ha ancor più convalidato la tesi che la determinazione numerica dei punti appoggio, attualmente riservata solo a particolari tavolette, dovrà subentrare alla determinazione grafica specie nei fogli che attualmente vengono triangolati.

Si può aggiungere al riguardo che tale determinazione numerica sarà resa ancor meno dispendiosa se gli stessi triangolatori eseguiranno, appena segnalizzati e collegati fra loro i punti trigonometrici, tavoletta per tavoletta, la determinazione dei punti di appoggio lasciando al Capo Sezione la cura del collegamento di tali punti trigonometrici con quelli noti dell'I.G.M. ed eventualmente con quelli del Catasto e con i caposaldi di livellazione geometrica.

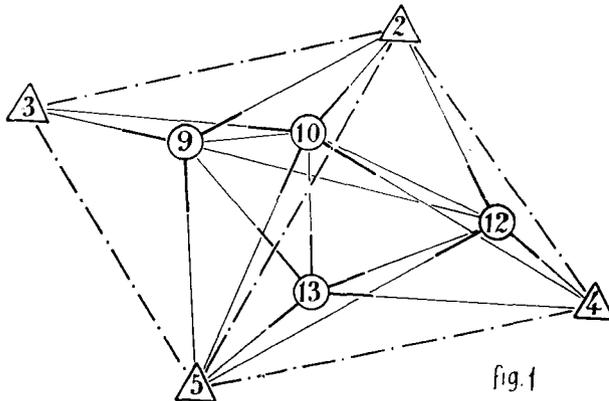
Il collimatore può essere deteriorato od abbattuto durante l'inverno; ciò non costituisce una menomazione del trigonometrico, in quanto esso è materializzato attraverso il centrino di fondo e di superficie, tuttavia si rende necessaria una ulteriore spesa e nuova fatica per segnalizzarlo nuovamente.

## SUGLI ERRORI MEDI DELLE COORDINATE DEI VERTICI DI UNA RETE GEODETICA

*Comunicazione del Topografo Capo F. Albani dell'I.G.M.*

Consideriamo (fig. 1) la rete dei quattro vertici del II ordine (9, 10, 12, 13) compresi in due triangoli contigui di I ordine aventi i lati di lunghezze di circa 65 km. per cui i predetti punti di II ordine distano da quelli di I ordine da un minimo di 20 ad un massimo di 50 km. circa; fra i vertici di II ordine si hanno distanze di 47 km. e precisamente fra i punti 9 e 12 che interessano per la trattazione che intendiamo svolgere.

La compensazione numerica per variazioni di coordinate della predetta rete è stata eseguita sul piano di Gauss-Boaga. Avendo introdotto nel calcolo dei valori approssimati per le coordinate dei quattro vertici del II ordine, il sistema finale fornisce, come è noto, i contributi  $X$  e  $Y$  da aggiungere algebricamente a tali coordinate approssimate. I coefficienti del peso  $[\alpha\alpha]$ ,  $[\beta\beta]$ , ecc. che si ottengono attraverso lo stesso sistema finale danno luogo ai valori degli scarti quadratici medi  $m_x$ ,  $m_y$  relativi a ciascun vertice del II ordine, in funzione delle correzioni di compensazione che si determinano attraverso lo specchio delle equazioni ridotte.



Il calcolo numerico relativo alla rete in oggetto ha fornito, per i quattro vertici del II ordine, dei valori di  $m_x$  ed  $m_y$  che oscillano fra 7 e 11 centimetri per tutti e quattro i punti, mentre le correzioni reciproche di compensazione fra il punto 9 ed il punto 12 sono risultate rispettivamente di  $+ 1''$ , 48 e  $+ 1''$ , 80.

Il segno uguale di tali correzioni reciproche di compensazione denunciano pertanto che la posizione di 12 rispetto a 9 (e reciproca) determinata dalla media di 12 stazioni eseguiti sia in 9 che in 12 col teodolite Wild T. 3 differisce di circa 40 cm. da quella determinata attraverso le coordinate compensate, tenendo presente la distanza di 47 km. che intercorre fra loro.

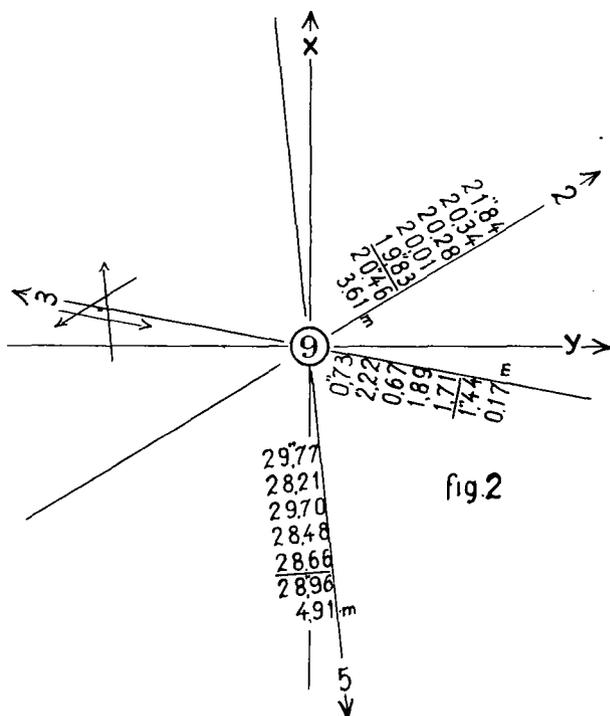
Pertanto una prima constatazione a cui tali dati possono dar luogo è che gli errori medi ottenuti per i vertici 9 e 12 non sembrano corrispondere ai valori delle correzioni di compensazione di  $+ 1''$ , 48 e  $+ 1''$ , 80.

In secondo luogo si ignora se tali scarti quadratici medi e le correzioni di compensazione derivano da una *preponderanza degli errori di posizione* dei punti noti oppure derivano dalla *preponderanza degli errori di osservazione*.

Poiché il calcolo numerico non ammette possibilità di indagini eseguendo più calcoli di compensazione (dato il non lieve lavoro necessario per portarlo a termine) i risultati delle compensazioni numeriche si devono accettare senza poter conoscere se, le eventuali discordanze che possono verificarsi, siano do-

vute alle osservazioni od agli elementi noti dei vertici e conseguentemente la quasi impossibilità di eventuali ricerche in merito.

Non è possibile qui riepilogare la genesi del calcolo di compensazione grafico-numerico specialmente per una rete; ricordiamo solo in breve sintesi che la parte numerica di tale calcolo è costituita da *differenze di angoli osservati e calcolati* tenendo conto solo dei secondi (parallassi), dalle medie aritmetiche di tali parallassi e dal calcolo dell'arco corrispondente ai valori medi di parallassi introducendo le distanze approssimate (e cioè in funzione delle coordinate

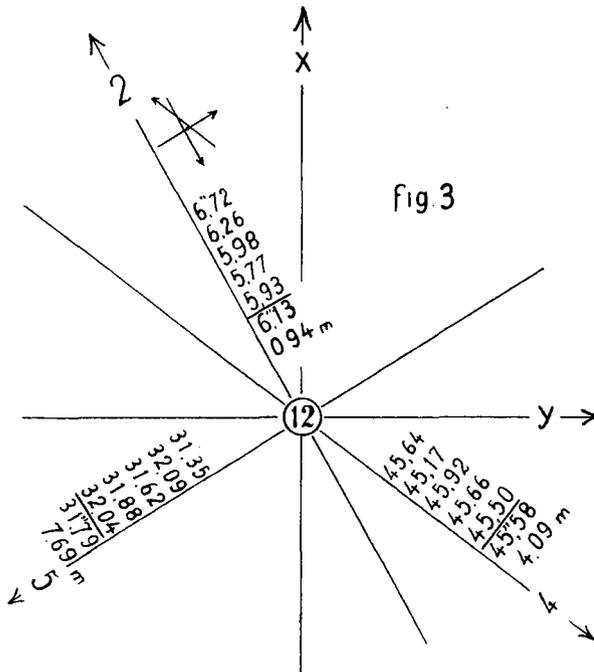


prossime attribuite ai punti da determinare); mentre la parte grafica è caratterizzata dal tracciamento di *rette di azimuth noto* (sempre in funzione delle coordinate prossime che in tal caso sono attribuite al centro degli assi cartesiani dal quale partono tali rette) usufruendo di un rapportatore di media grandezza e dal tracciamento di rette ad esse parallele e distanti della lunghezza d'arco calcolata come su detto.

Pertanto nella *compensazione grafico-numerica* il risultato definitivo è dato dalla *intersezione di rette*; ma ciò che maggiormente interessa mettere in risalto, è che attraverso il calcolo grafico-numerico è possibile ottenere un *errore medio angolare* di oscillazione delle rette – atte alla determinazione della posizione compensata del punto – quindi, ottenere il *massimo valore lineare* corrispondente, dipendente esclusivamente dagli errori di osservazione.

Successivamente è possibile calcolare per ogni punto l'*errore medio* in  $X$  ed  $Y$  che ad esso compete (esclusivamente) per effetto della non corrispondenza fra la posizione dei punti noti sul terreno e quella attributagli con le coordinate compensate.

Più precisamente: l'oscillazione delle rette che determinano ciascun punto si deduce in funzione delle corrispondenti parallassi, mentre è dai valori grafici d'intersezione di tale rette, tracciate come su detto, che si determinano per ciascun punto gli errori medi in  $X$  ed in  $Y$ .



Nella figura 2 sono riportati i *valori di parallasse* e le relative rette che determinano il punto 9 e nella figura 3 gli stessi elementi riferentisi al punto 12; si deve alluopo tenere presente che trattandosi di punti appartenenti alla rete in oggetto i valori di parallasse riportati si riferiscono a tutti i legami che tale rete comporta e che i risultati grafico-numeriche differiscono da quelli numerici del valore massimo di 4 cm. per il  $\Delta x$  relativo al punto 9.

Tali valori di parallasse danno luogo ad un errore medio che alla massima distanza sia del vertice 9, sia del vertice 12 dai punti noti, produce una oscillazione delle rette d'inserzione di  $\pm 0,11$  m. scomponibili in  $\pm 0,08$  m in  $X$  e  $\pm 0,08$  m in  $Y$ .

Le *intersezioni delle rette* che determinano la posizione compensata del ver-

tice 9 danno luogo ad un  $m_x = m_y$  dell'importo  $\pm 0,18$  m mentre per il punto 12 si ottiene  $\pm 0,04$  m. (1).

Pertanto per i punti 9 e 12 presi in considerazione abbiamo che numericamente si ha un *errore medio* pressoché della stessa entità di quello ottenuto dal calcolo grafico-numerico, dovuto esclusivamente alle osservazioni, dal calcolo grafico-numerico abbiamo ancora un  $m_x$  ed un  $m_y$  di  $\pm 0,18$  m per il punto 9 ed un  $m_x = m_y$  di  $\pm 0,04$  m per il punto 12.

Possiamo dedurre allora, in funzione di tali errori medi, che fra i punti 9 e 12 può sussistere una divergenza di 0,38 m (data cioè da  $+ 0,18 + 0,08 + 0,04 + 0,08$ ) e tale valore risulta pienamente concorde con le correzioni di compensazione di  $+ 1'',48$  e  $+ 1'',80$ .

Si può pertanto concludere che se attraverso il calcolo grafico-numerico della rete in oggetto si sono messi in evidenza degli errori medi non denunziati dal calcolo numerico e che si possono ritenere in tolleranza, a maggior ragione attraverso tale calcolo di compensazione si mettono in evidenza le discordanze non accettabili.

Perciò è di grande vantaggio eseguire preventivamente il calcolo grafico-numerico tenendo presente che tale calcolo, che oggi si può eseguire sul piano di Gauss-Boaga anche per le reti geodetiche, lo si può terminare in campagna in poche ore permettendo così di condurre le necessarie ed immediate indagini prima di lasciare la zona di lavoro.

È noto infatti che la teoria gaussiana non ammette di accettare i risultati di una compensazione se le relative correzioni di compensazione oltrepassano il limite definito dai relativi errori di chiusura dei triangoli.

SULLE FORMULE INVERSE DI CORRISPONDENZA  
NELLA RAPPRESENTAZIONE PIANA CONFORME DI GAUSS-BOAGA  
PER FUSI DI NOTEVOLE AMPIEZZA

*Riassunto della comunicazione del Prof B. Bonifacino dell'Università di Bari.*

Studi recenti di Ballarin hanno ampliato il campo di applicazione della rappresentazione conforme di Gauss (o Trasversa di Mercatore) adottata anche in Italia col nome di *rappresentazione Gauss-Boaga*. Il procedimento del Ballarin si fonda sulle relazioni intercedenti fra le coordinate geografiche e quelle gaussiane di punti di una sfera di raggio opportuno, effettuando il trasferimento all'ellissoide mediante l'applicazione di appropriati termini correttivi; egli

---

(1) Tali valori sono determinati introducendo i relativi  $\Delta x$  e  $\Delta y$  nella espressione di Laplace per calcolare l'errore medio, e precisamente nella : 
$$\frac{[\Delta]}{\sqrt{n(n-1)}}$$

secondo questo procedimento risolse sia i problemi relativi alla trasformazione delle coordinate, sia quello concenente il calcolo della convergenza dei meridiani.

Attesa l'importanza di tali questioni, che consentono di soddisfare a richieste di campi più estesi di quelli ordinariamente considerati, chi parla ha ritenuto opportuno portare ancora un contributo alla risoluzione dei problemi anzidetti, e con la presente Comunicazione dà notizia di *un gruppo di formule relative alla trasformazione delle coordinate piane gaussiane in geografiche, per fusi di notevole ampiezza.*

Per la risoluzione di questo problema, seguendo l'indirizzo di Boaga, Tardi, Trombetti, ecc., si è assunta come punto di partenza la nota funzione inversa di variabile complessa che caratterizza la rappresentazione in parola:

$$U + i. \lambda = f(x + i. y)$$

con  $x$   $y$  coordinate piane ortogonali del punto  $P'$  immagine di  $P$  di coordinate isothermo-isometriche  $U$ ,  $\lambda$  e svolgendo la  $f$  in serie di Taylor, considerando  $i$   $y$  come incremento, si sono spinti gli sviluppi fino alle potenze di  $y$  di grado dodicesimo; in forma compatta:

$$U - U_1 = \sum_n \frac{(-1)^n}{(2n)!} \cdot \frac{d^{2n} U_1}{d B_1^{2n}} \cdot y^{2n}$$

$$y = \sum_n \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} \cdot \frac{d^{2n+1} U_1}{d B_1^{2n+1}} \cdot y^{2n+1}$$

essendo  $U_1$  il valore della latitudine isoterma corrispondente alla coordinata  $x$  e  $B_1$  la lunghezza dell'arco di meridiano origine dall'equatore fino alla latitudine isoterma  $U_1$ .

I coefficienti delle successive potenze di  $y$  contengono le quantità  $N_1$  (gran normale);  $t_1 = \text{tang } \varphi_1$ ,  $\eta_1 = e' \cos \varphi_1$ .

Con  $e'$  *eccentricità aggiunta*, riferite al piede della perpendicolare condotta dal punto  $P'$  ( $x, y$ ) all'asse  $x$  della rappresentazione, e possono essere agevolmente tabulati.

Delle formule risolutive è stata fatta una applicazione numerica, calcolando le coordinate geografiche, sull'ellissoide internazionale, assumendo per coordinate gaussiane i valori già assunti da Ballarin per lo stesso problema; i risultati ottenuti sono identici a quelli calcolati dal Ballarin, con il procedimento dianzi indicato.

Le formule scritte per intero saranno riportate su uno dei prossimi numeri della « Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali ».