

COLLAUDO DEI RILEVAMENTI AEROFOTOGRAMMETRICI EFFETTUATI IN PUGLIA PER IL PROGETTO DELL'UTILIZZAZIONE IRRIGUA DELLE ACQUE DEL FORTORE

Prof. Ing. BARTOLOMEO BONIFACINO
Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bari

*Comunicazione presentata al X Convegno nazionale della S.I.F.E.T.
Varese - Aprile 1965*

1. Nei programmi di sviluppo della Cassa del Mezzogiorno hanno assunto, in questi ultimi anni, particolare preminenza quelli interessanti varie centinaia di migliaia di ettari per importanti lavori di irrigazione nell'Italia meridionale e sarebbe riuscito estremamente difficoltoso ai vari Enti e Consorzi approntare, in tempi ristretti, una cartografia tecnica di adeguata precisione ricorrendo ai procedimenti tradizionali. Ciò è stato possibile facendo ricorso al metodo aerofotogrammetrico che ha offerto la soluzione più tempestiva al vasto programma di opere idrauliche da realizzare. Riteniamo perciò di particolare interesse, in relazione al tema principale di questo Convegno, dare in breve notizia dei rilievi aerofotogrammetrici effettuati recentemente in Puglia dalla Cassa del Mezzogiorno, che hanno consentito di disporre in tempi ragionevoli di una cartografia a grande scala per una vasta area della Provincia di Foggia, di oltre 103.000 ettari, per la elaborazione del progetto della utilizzazione irrigua delle acque del fiume Fortore. La Cassa suddetta, tramite l'Ente per lo sviluppo dell'irrigazione e la trasformazione fondiaria in Puglia e Lucania ed il Consorzio Generale per la bonifica e la trasformazione della Capitanata ha affidato, mediante gare di appalto, a ditte specializzate l'esecuzione delle carte occorrenti, effettuando una suddivisione in tre lotti dell'intero comprensorio:

- I lotto, di circa 32.000 ettari (I.R.T.A.)
- II lotto, di circa 37.000 ettari (CARRA)
- III lotto, di circa 34.000 ettari (ALISUD).

Per i primi due lotti la progettazione e direzione tecnica sono state affidate al Dott. Ing. Giuseppe Crivellari, dell'Ente per lo sviluppo e la trasformazione fondiaria in Puglia e Lucania, e per il terzo lotto al Dott. Ing. Francesco Arpaia, del Consorzio Generale per la bonifica e la trasformazione fondiaria della Capitanata.

È stata inoltre nominata dalla Cassa del Mezzogiorno un'apposita commissione di collaudo in corso d'opera costituita dal Dott. Ing. Salvatore Amoroso, dal

Dott. Ing. Michele Caporale e dallo scrivente, funzionari della Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali.

Gli Enti suddetti hanno precisato le caratteristiche delle carte occorrenti, richiedendo:

a) - una cartografia plano-altimetrica alla scala 1:2 000 con curve di livello equidistanti 2 m per le zone con pendenza superiore al 20%, di 1 m per quelle con pendenza variabile fra il 20 e il 5% e di 0,5 m per le zone con pendenza inferiore al 5%;

b) - una cartografia alla scala 1:2 000 riportante i limiti di proprietà;

c) - riduzioni mediante operazioni foto-meccaniche alla scala 1:10 000 con curve di livello equidistanti 2 m e alla scala 1:25 000 con curve di livello equidistanti 10 m (e 5 m nelle zone pianeggianti).

Gli Enti appaltanti si sono attenuti nella redazione del Capitolato di appalto alla « *Istruzione per i rilevamenti aerofotogrammetrici* » della Direzione Generale del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, 1952. La precisione richiesta per l'altimetria è stata fissata in limiti più ristretti, richiedendo per le curve di livello una tolleranza espressa da $t = \pm (0,15 + 1,75 p)$ m con p pendenza in valore assoluto; per il III lotto tale limite di tolleranza è elevato a $t = \pm (0,20 + 2,50 p)$ m.

2. L'inquadramento generale del lavoro è stato ottenuto, nel modo consueto, mediante una rete di triangolazione principale, inserita nella rete geodetica dello Stato, ed una rete di triangolazione secondaria costituente con la precedente maglie triangolari pressoché equilatera con lati non maggiori di 3 km. I vertici così costituiti, in numero di 151, sono stati infittiti con numerosi punti di dettaglio e con una rete poligonometrica comprendente circa 7000 vertici. Sono state verificate, in sede di pre-collaudò, le posizioni di parecchi vertici dell'anzidetta rete eseguendo sul terreno delle determinazioni ex-novo con teodoliti Wild T2 e Zeiss II, che hanno condotto a scarti compresi nei limiti di tolleranza stabiliti dal capitolato di appalto.

Particolare attenzione è stata rivolta all'inquadramento altimetrico, che è stato ottenuto ripristinando la rete di livellazione geometrica di precisione dell'Istituto Geografico Militare, adottando generalmente per limite di tolleranza (t in mm e d in km), $t = \pm 4 \sqrt{d}$, mentre nelle zone più pianeggianti si è tenuta la tolleranza $t = \pm 3 \sqrt{d}$. È stata inoltre istituita una rete di linee secondarie per le quali si è adottato generalmente per limite di tolleranza $t = \pm 5 \sqrt{d}$. Delle linee anzidette, aventi uno sviluppo complessivo di oltre 600 km, sono stati controllati, in corso di pre-collaudò, circa 150 km, scegliendo opportuni itinerari col duplice criterio di appoggiarsi agli estremi a capisaldi dell'Istituto Geografico Militare e di intersecare il maggior numero di linee col più breve percorso possibile, in modo da saggiare l'armonia di insieme di tutta la rete altimetrica di appoggio. Per le operazioni anzidette sono stati impiegati livelli Wild N2 e Zeiss Mod. A, mire in invar, piastre e picchetti di ferro. I valori di campagna sono stati assoggettati a compensazione con il metodo dei minimi quadrati.

3. Il volo di presa è stato effettuato da una quota media relativa di circa 1290 m; la scala dei fotogrammi è stata quindi di circa 1:8 000. Si è tenuta una sovrapposizione longitudinale dei fotogrammi di circa l'80% e trasversale di circa il 30%. Le operazioni di presa sono state effettuate con camera aerea Wild RC-5a, focale 152,5 mm, formato 24x24 cm², automatica a pellicola, con obiettivo grandangolare Aviogon 1:5,6, diaframma ad iride 1:250 e cinederivometro. Com'è noto, detta camera rappresenta una delle migliori apparecchiature di presa di cui dispone la tecnica aerofotogrammetrica. La pellicola impiegata è del tipo Super XX Kodak, Super Speed Panchromatic, avvolta su spole metalliche, e della lunghezza di 60 m. Le diapositive sono state ottenute con lastre « Tensi » tipo normale. Le immagini fotografiche sono bene riuscite; ciò, oltre che dipendere dalla bontà dell'obiettivo, va messo in relazione al periodo del volo che è stato eseguito in più riprese (novembre, febbraio) nelle migliori condizioni di trasparenza e con minima vegetazione. La restituzione dei fotogrammi è stata eseguita parte con autografi Wild Mod. A8 (lotti I e II) e parte con Stereosimplex Galileo-Santoni Mod. III. Sono ben note dalla letteratura fotogrammetrica le caratteristiche tecniche dei predetti restitutori, a proiezione totalmente meccanica, che hanno dato ottimi risultati sia per specifiche ricerche di carattere teorico-sperimentali che per ordinari rilevamenti.

Va subito rilevato che ammettendo un errore medio strumentale di restituzione altimetrica di 0,1 ‰ della quota di volo, a cui i restitutori impiegati sono idonei, l'errore medio altimetrico per la sola restituzione è da ritenersi di $\pm 0,13$ m ed è ben noto dalla teoria delle variabili casuali normali che la probabilità di non superare lo scarto quadratico medio è 0,683; per questa ragione, volendo utilizzare il volo di presa effettuato anteriormente alla nomina della Commissione collaudatrice, nel capitolato di appalto del III lotto è stato elevato il limite di tolleranza per l'altimetria.

4. Le operazioni di restituzione sono state controllate mediante verifica dell'orientamento con il consueto procedimento ottico-meccanico per prese nadirali: il modello veniva dimensionato mediante una decina di punti di appoggio e si controllava con cura l'orientamento ottenuto. Il controllo della planimetria è consistito nel procedere a nuovo tracciamento di particolari ben definiti (spigoli di edifici, fossati e simili). Gli scarti planimetrici denunziati dalla matita del coordinatografo rispetto alla posizione ottenuta nella prima restituzione si sono mantenuti entro i consueti limiti di tolleranza. Il controllo dell'altimetria è stato effettuato mediante il secondo tracciamento delle curve di livello; tale verifica, trattandosi di terreni pianeggianti, è risultata di scarsa utilità pratica dato che per lievi pendenze anche piccoli errori in quota producono spostamenti planimetrici delle curve di livello di notevole entità. Si è poi proceduto al controllo di parecchi dei numerosi punti quotati (che per l'intero comprensorio ammontano a varie centinaia di migliaia) e successivamente dei punti di intersezione con le successive curve di livello di lunghe sezioni tracciate sul foglio di restituzione e che abbracciavano buona parte del modello: gli scarti ottenuti fra le quote già restituite e quelle ottenute con la restituzione in sede di collaudo sono risultati generalmente soddisfacenti.

Nella fase definitiva di collaudo si è proceduto alla verifica della planimetria e dell'altimetria mediante confronto tra la carta e le misure effettuate direttamente sul terreno. La prima verifica è consistita nel tracciamento sul terreno di appositi allineamenti che venivano misurati generalmente con triplometri. Si aveva cura di riferire le misure a particolari netti e sicuramente stabili, con speciale riguardo ai fabbricati, facendo astrazione da quei particolari che non davano affidamento in relazione alla stabilità in quanto presumibilmente suscettibili di variazioni nel periodo intercorso tra il volo e il collaudo, come per es. destinazioni culturali e relative dividenti, fossi, solchetti e simili. I risultati delle verifiche sono stati largamente soddisfacenti.

Si è proceduto per ultimo ad un rigoroso controllo dell'altimetria confrontando apposite sezioni direttamente rilevate sul terreno con le corrispondenti sezioni grafiche ricavate dai fogli. Per l'intero comprensorio sono state stabilite numerose sezioni di collaudo, per uno sviluppo complessivo di 23.700 m, intersecanti un totale di oltre 700 curve di livello. Gli scarti ottenuti sono stati generalmente soddisfacenti; in qualche sezione è stata oltrepassata di poco la tolleranza, ma è da notare che molti punti venivano a trovarsi in campi destinati all'agricoltura nei quali lo strato superficiale non rimane invariato che per brevi periodi perché soggetti a movimenti dipendenti dalle colture a rotazioni stagionali: tali movimenti superficiali producono ovviamente delle alterazioni altimetriche la cui entità può anche essere di qualche decina di centimetri.

5. Tutte le suindicate operazioni di collaudo sono state corredate di numerosi grafici, tabelle, prospetti, ecc. I risultati ottenuti stanno a confermare il grande aiuto che i procedimenti aerofotogrammetrici possono dare alla cartografia a grande scala in genere, ed in particolare per l'esecuzione di progetto di trasformazione fondiaria dove particolarmente spinta dev'essere la precisione altimetrica, consentendo di ottenere, in tempo senza dubbio minore di quello che sarebbe occorso con i procedimenti tradizionali, omogeneità del lavoro unita a una grande ricchezza di particolari nonché una precisione uniforme dell'elaborato cartografico. Grazie alla tecnica aerofotogrammetrica ed all'impegno posto dai direttori dei lavori e dalle suddette Ditte è stato così possibile accelerare i tempi per approntare la cartografia occorrente per lo studio di un notevole programma di opere di irrigazione per lo sviluppo del Mezzogiorno.

BIBLIOGRAFIA

- G. Cassinis-L. Solaini, *Note di Fotogrammetria*. Milano, 1946.
 Centro di Addestramento e Studi Fotogrammetrici del Politecnico di Milano, *Lezioni di Fotogrammetria*. Milano, 1958.
 P. Dore, *Fondamenti di Fotogrammetria*. Nicola Zanichelli Editore. Bologna, 1938.
 M. Fondelli, *Saggi e prove di collaudo su alcuni Stereosimplex Galileo-Santoni modello III*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, n. 4, 1958.
 Istituto Geografico Militare, *Fotogrammetria*. Firenze, 1940.
 G. Le Divelec, *Rilevamenti aerofotogrammetrici ad elevata precisione altimetrica*. Bollettino SIFET, n. 1, 1955.

- G. Le Divelec, *La Fotogrammetria per progetti di sistemazione dei terreni a scopo irriguo*. Bollettino SIFET, n. 3-4, 1963.
- Ministero delle Finanze Direzione Generale del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, *Istruzione per i rilevamenti aerofotogrammetrici*. Roma, 1952.
- Officine Galileo, *Stereosimplex Galileo-Santoni Mod. III*. Tipografia A. Conti e Figli, Firenze, 1958.
- A. Paroli, *L'errore medio di tracciamento delle curve di livello nella restituzione aerofotogrammetrica*. Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, n. 6, 1940.
- A. Paroli, *Sul collaudo dell'altimetria fotogrammetrica nella cartografia a grande scala*. Bollettino SIFET, n. 1, 1954.
- E. Santoni, *Considerations on Photogrammetric plotting instruments utilizing mechanical projection*. Photogrammetria, XII-4-1955-1956.
- L. Solaini, *Influenza degli errori nell'orientamento interno della restituzione fotogrammetrica*. Rivista del Catasto e dei SS.TT.EE., n. 5, 1938.
- C. Trombetti, *Lo stereosimplex Santoni*. L'Universo, n. 12, 1937.

