

Cartografia tecnica regionale

MARIO FONDELLI

Università IUAV di Venezia

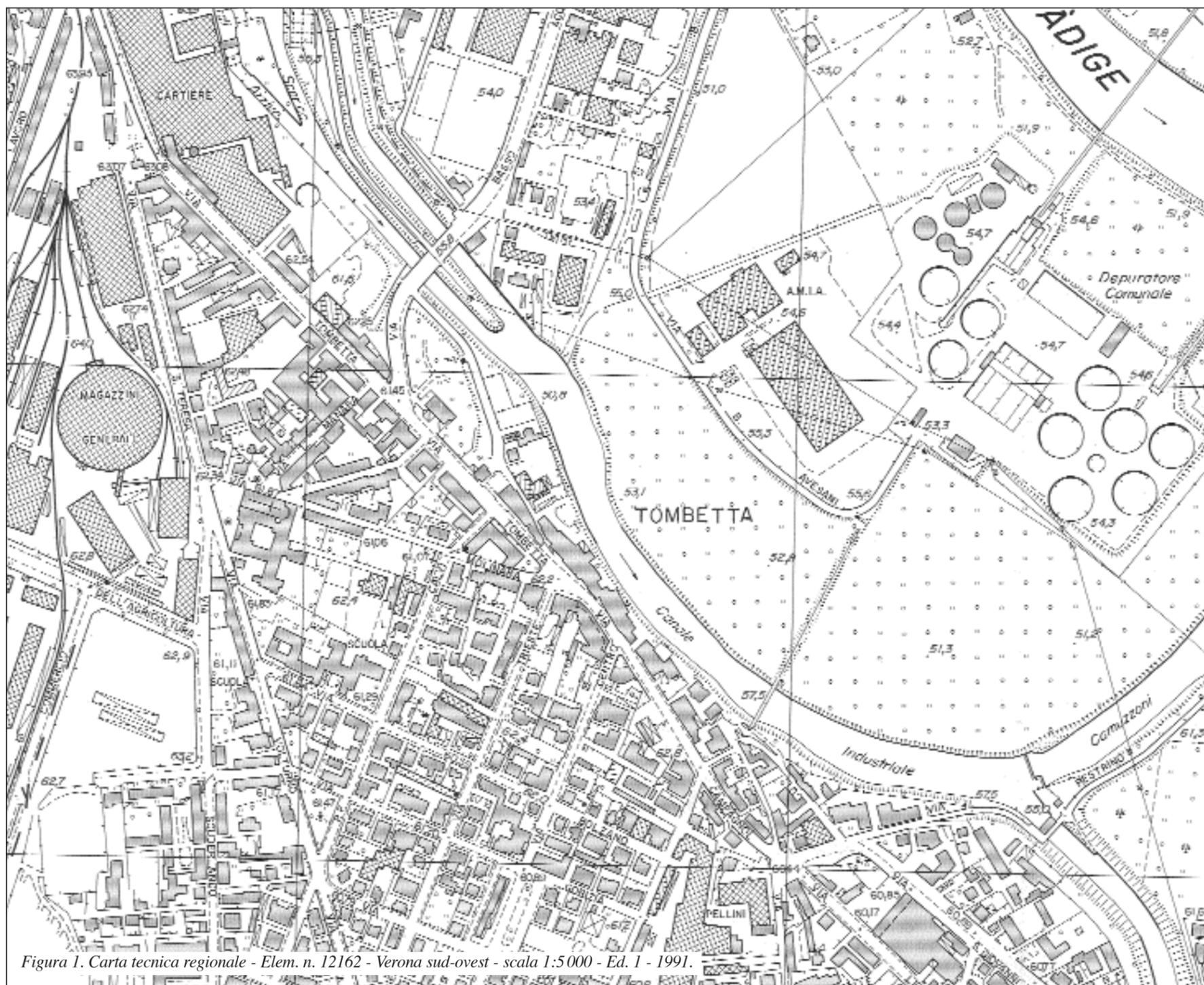
La necessità di disporre di una cartografia tecnica a grande scala del territorio nazionale, come base di riferimento cartografico per la conoscenza dello stesso territorio e delle sue risorse naturali e per la progettazione ed esecuzione dei relativi interventi di sistemazione e sviluppo, era stata avvertita in Italia fino dal lontano anno 1935 e la Commissione Geodetica Italiana, rendendosi interprete di questa esigenza, aveva promosso gli studi per la messa a punto delle caratteristiche e dei criteri inerenti alla formazione di una «Carta tecnica generale a grande scala dello Stato». Un progetto completamente nuovo per l'esperienza cartografica italiana dell'epoca, sia per l'entità dei lavori di rilevamento topografico prospettati, sia per i tempi occorrenti per la loro esecuzione, come per l'ammontare dei relativi costi di produzione, gradualmente aumentati poi nel tempo insieme alle diverse altre vicissitudini politiche e sociali del Paese.

È infatti intorno agli anni 1941-42, in epoca coeva agli studi per il cambiamento del sistema di riferimento cartografico nazionale, dalla vecchia «proiezione naturale» alla nuova «rappresentazione conforme di Gauss-Boaga», che il problema è stato infine posto in termini concreti, nell'intento di portare a maturazione le relative problematiche, costituite dalla definizione delle scale da preferire, individuate allora nei rapporti di 1:5 000 ed 1:10 000, e dalla definizione delle basi geometriche della nuova cartografia, del suo contenuto informativo e delle relative modalità di rappresentazione cartografica. Un

insieme di questioni che, supportato da preliminari studi e campioni sperimentali, messi a punto col determinante contributo della Direzione Generale del Catasto (PAROLI A., 1941) e dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M., 1942), trovò infine ampio assenso nella risoluzione del 25 luglio 1942 della Commissione Geodetica Italiana (CASSINIS G., 1942). L'esemplare approntato allora come campione interessava l'area di Carmignano e prendeva in esame anche la possibilità di una diretta correlazione della carta tecnica alla scala 1:5 000 con la corrispondente mappa catastale (1).

Ma è tuttavia col proseguire del tempo che lo stesso problema ha trovato il suo definitivo avviamento a soluzione, attraverso l'istituzione di due distinte Sottocommissioni di studio della stessa Commissione Geodetica Italiana (2), incaricate rispettivamente di mettere a punto i criteri e le istruzioni utili per la redazione di una guida alle scelte tecniche ed economiche relative alla formazione di carte tecniche alle scale 1:5 000 e 1:10 000 ed a più grande scala (1:2 000 ed 1:1 000), nell'auspicio che la realizzazione dell'opera interessasse, per l'evoluzione economica e sociale allora in corso, sia gli Enti cartografici dello Stato sia le diverse Amministrazioni pubbliche regionali e locali, deputate al governo del territorio di rispettiva pertinenza.

La necessità di una cartografia tecnica a grande scala emerse comunque, in tutta la sua urgenza, con il trasferimento alle Regioni italiane a statuto ordina-



(1) I campioni sperimentali approntati all'epoca misero subito in evidenza che potevano coesistere sulla stessa carta alla scala 1:5 000, sia le informazioni topografiche sia quelle catastali, ma che emergeva un ostacolo alla chiarezza dell'elaborato risultante, a causa soprattutto delle linee continue del frazionamento catastale e della numerazione delle particelle, per cui erano da suggerirsi in alternativa tre diverse edizioni separate: una prima edizione «topografica» a colori, una seconda edizione «mista» a colori ed una terza edizione esclusivamente catastale (I.G.M., 1942).
(2) La «Sottocommissione per la Carta Tecnica della Commissione Geodetica Italiana», presieduta da G. Inghilleri e composta da M. Cunietti, F. Lombardi, L. Ornati, A. Sbraccia, L. Solaini, C. Trombetti ed E. Vitelli, e la «Sottocommissione per i Problemi Topografici della Commissione Geodetica Italiana», presieduta da M. Cunietti e composta da U. Bartorelli, F. Bernini, M. Carlà, M. Fondelli, G. Inghilleri, F. Lombardi, C. Mazzon, G. Parenti, C. Trombetti ed E. Vitelli.



Figura 2. Carta tecnica regionale - Sez. n. 029030 - Monte Cristallo - scala 1:10 000 - 1982.

rio delle funzioni svolte dagli organi centrali e periferici dello Stato in materia territoriale, operato dal D.P.R. 15 gennaio 1972 n. 8 mediante articolate soluzioni regionali tese a soddisfare le più immediate urgenze, nella comune convinzione che lo sviluppo armonico delle risorse naturali ed umane, la progettazione delle infrastrutture e la gestione del territorio richiedessero una conoscenza molto più approfondita del territorio interessato, rispetto a quella tradizionalmente assicurata dalla *Carta topografica d'Italia alla scala 1:25 000* fino a quell'epoca disponibile. Un adempimento cui l'Istituto Geografico Militare non poteva prestare però la sua opera, per l'assunzione nel contempo di nuovi gravosi impegni istituzionali inerenti alla formazione dell'altrettanto urgente *Carta topografica d'Italia alla scala 1:50 000*.

Lo sviluppo dei lavori per la formazione della Cartografia Tecnica Regionale ha comunque avuto la sua promozione ed il suo deciso avvio a regime con la pubblicazione, nell'anno 1973, delle *Norme proposte per la formazione di Carte tecniche alle scale 1:5 000 e 1:10 000* (COMMISSIONE GEODETICA ITALIANA, 1973), alle quali fece poi seguito la pubblicazione della *Guida per le scelte tecniche ed economiche*, relativa alla formazione di cartografie generali a più grande scala (1:2 000, 1:1 000), redatta nel contempo (COMMISSIONE GEODETICA ITALIANA, 1974).

Si trattò di suggerimenti e proposte tecniche che costituirono nel loro insieme una preziosa traccia per la definizione dei contenuti e delle specifiche tecniche richiamate nei «capitolati speciali di oneri», per la formazione di ciascuna tipologia regionale di quest'elaborato cartografico tecnico a grande scala, realizzato dalla Cassa per il Mezzogiorno nell'ambito delle proprie competenze, nelle aree

regionali meridionali ed insulari, e dalle diverse Amministrazioni pubbliche regionali e provinciali interessate, nelle altre aree territoriali nazionali.

Alcune Amministrazioni pubbliche regionali hanno preferito però ricorrere, almeno in prima istanza, alla formazione di una cartografia ortofotografica regionale alla scala 1:10 000 per la descrizione del proprio territorio, un elaborato ortofotocartografico, che sembrava allora soddisfare una pluralità di interessi culturali fra loro collegati, nel preliminare approccio alle rispettive trascurate realtà territoriali. Si trattava di una scelta operativa ed economica, che non ha comunque precluso in seguito il logico e naturale ricorso alla formazione di una regolare cartografia tecnica regionale (3).

Purtroppo, nella sua concreta realizzazione a livello regionale, la scelta del rapporto di scala della rappresentazione cartografica non è risultata sempre uniforme per tutto il territorio nazionale finora documentato, ma ha subito l'effetto di criteri operativi ed economici diversificati, in funzione della diversa estensione e situazione del territorio regionale interessato e del suo differente grado di antropizzazione territoriale (*Documenti del territorio*, 2001). Invero, una cartografia tecnica a grandi scale deve sempre fornire uno strumento per il perseguimento di ben precisi scopi, risultando nel suo insieme una raccolta di informazioni quantitative e qualitative molto eterogenee e mirate, tutte però deperibili per un proprio specifico processo naturale di obsolescenza.

Ed è stato appunto per questi essenziali motivi che alcune Amministrazioni pubbliche, nell'ambito delle rispettive opportunità, hanno preferito ricorrere alla formazione di una propria cartografia tecnica alla scala di 1:5 000, mentre altre hanno invece preferito far ricorso alla formazione di una propria car-

(3) La formazione della ortofotocartografia regionale alla scala 1:10 000, ha comportato di regola una copertura fotografica del territorio interessato alla scala media compresa tra 1:36 000 ed 1:40 000. «L'errore ammissibile nella situazione planimetrica» è risultato così dell'ordine di 4,00 m circa, mentre l'«errore ammissibile nella situazione altimetrica» è risultato in genere dell'entità di 2,50 m circa per il 90% dei punti quotati, e di 3,50 m circa per il rimanente 10%. La «tolleranza ammissibile per le curve di livello» è variata infine tra i 4,00 m ed i 7,00 m circa. Parametri qualitativi che, in prosieguo di tempo, hanno suggerito appunto di pervenire ad una miglior conoscenza metrica territoriale, mediante la formazione di regolare cartografia tecnica regionale alle scale di 1:5 000 e 1:10 000.

tografia tecnica alla scala di 1:10 000; o meglio ancora, com'è avvenuto in svariate situazioni, ricorrere ad ambedue le scale, procedendo alla formazione delle corrispondenti cartografie tecniche, per rilevamento aerofotogrammetrico diretto, nel caso della cartografia a scala maggiore, e per derivazione da questa, nel caso della cartografia a scala minore.

Una situazione priva dunque di un razionale coordinamento generale, a causa soprattutto dell'autonomia operativa e finanziaria delle diverse Amministrazioni pubbliche regionali interessate, ma che tuttavia presenta una sua consistente omogeneità relativa per l'adozione, praticamente generalizzata, della normativa tecnica di base proposta a suo tempo dalla Commissione Geodetica Italiana.

La Carta Tecnica Regionale copre così ormai quasi tutto il territorio nazionale italiano, fornendo un quadro molto accurato della sua morfologia e geografia ed assicurando inoltre un prezioso censimento delle sue risorse naturali, antropiche ed economiche. Un *database* geografico, indispensabile alla programmazione economica, alla pianificazione ed alla progettazione degli interventi di sviluppo urbanistico territoriale, nonché alla salvaguardia della realtà ambientale documentata. Operazioni che comportano, tutte, la necessità di verificare una «corrispondenza biunivoca» metrica ed informativa di alta qualità e attualità, tra la realtà fisica territoriale corrente ed i contenuti offerti dalla sua documentazione cartografica tecnica alle scale di 1:5 000 e 1:10 000.

Il sistema informativo geografico definito dalla Carta Tecnica Regionale è inserito nel reticolato geografico della *Carta d'Italia alla scala 1:50 000*, mediante un taglio che nel quadro d'unione della *Carta corografica «Il Mondo» alla scala di 1:250 000* e della *Carta geografica «Il Mondo» alla scala di 1:1 000 000*, definisce appunto una porzione sottomultipla del terreno in esse rappresentato. Scelta tesa evidentemente a preconstituire una stretta correlazione fra i diversi elaborati cartografici a scala diversificata, in relazione ad un possibile sistematico aggiornamento, in tempi brevi, della cartografia alle minori scale degli stessi ambiti territoriali.

Ogni sezione alla scala 1:10 000 risulta definita così dalla suddivisione in 16 parti del foglio alla scala 1:50 000, per cui le dimensioni del campo cartografico della sezione medesima risultano pari a 5' in longitudine e 3' in latitudine; mentre ogni elemento alla scala 1:5 000 risulta ricavato invece dalla suddivisione in 4 parti della sezione alla scala 1:10 000, corrispondente appunto ad 1/64 del foglio alla scala 1:50 000, per cui il campo cartografico definito da ciascun elemento risulta esteso di 2'30" in longitudine per 1'30" in latitudine.

Il sistema di rappresentazione cartografica adottato per la Carta Tecnica Regionale è, tuttavia, definito sempre dal Sistema nazionale Gauss-Boaga, anche se il taglio dei suoi diversi elementi o sezioni risulta uniformato, come già notato, al Sistema unificato europeo ED 50, assunto come riferimento di base della *Carta topografica d'Italia alla scala 1:50 000*.

La formazione della cartografia tecnica alla scala 1:5 000 prevede di norma una copertura aerofotogrammetrica del territorio alla scala media di 1:13 000, e prescrive per gli elaborati prodotti, un errore massimo di situazione planimetrica dell'ordine di 2,00 m ed un errore massimo di situazione altimetrica di 1,20 m, nonché una tolleranza altimetrica per le curve di livello di 2,20 m. Mentre la formazione della stessa cartografia alla scala 1:10 000 prevede invece di norma una copertura aerofotogrammetrica del territorio alla scala media di 1:20 000 ed un'approssimazione metrica espressa da errori massimi di situazione in planimetria dell'ordine di 4,00 m ed in altimetria di 1,80 m, con tolleranze altimetriche per le curve di livello pari a 3,50 m.

Il collaudo dei lavori per la formazione di queste cartografie tecniche viene di norma effettuato in corso d'opera e l'autorizzazione per il passaggio da una fase operativa all'altra viene concessa sulla base dei controlli atti a verificarne la relativa affidabilità in relazione alle prescrizioni tecniche di processo preventivamente stabilite. Il collaudo finale della cartografia tecnica eseguita viene effettuato «a campione» direttamente sul terreno e gli elaborati vengono dichiarati accettabili soltanto quando non più del 3% di quelli esaminati risulta fuori tolleranza, ad eccezione però dei vertici delle reti di raffittimento e dei punti di appoggio per i quali tutti gli elementi debbono essere rigorosamente in tolleranza: essendo stata riconosciuta e condivisa in questo limite fiduciario, la possibilità di coprire gli inevitabili errori grossolani che, nell'insieme delle informazioni qualitative e quantitative costituenti gli elaborati tecnici cartografici, possono spesso verificarsi.

I contenuti geografici perseguiti nella formazione della Cartografia Tecnica Regionale sono specificati di norma nelle prescrizioni tecniche di prodotto e di processo contenute nei «capitolati speciali di oneri» per la formazione di ciascuna tipologia cartografica. I criteri seguiti nello sviluppo delle diverse fasi operative del processo formativo tendono di regola ad assicurare, per quanto possibile, i requisiti raccomandati dalla tecnologia e metodologia più aggiornata e sperimentata.

Il processo produttivo di questa cartografia a grande scala si articola di norma per fasi operative distinte e successive, pressoché coincidenti con l'ordine cronologico dello sviluppo dei lavori in corso d'opera, e le modalità seguite per la sua formazione sono quelle da tempo consolidate del «metodo aerofotogrammetrico», integrate ove necessario da altre operazioni di rilevamento diretto sul terreno.

Particolare cura viene raccomandata nella copertura fotogrammetrica delle aree territoriali interessate, che viene effettuata di norma per strisciate rettilinee e parallele con direzione est-ovest e quota relativa di volo per quanto possibile costante, salvo per quelle aree ove queste condizioni di ripresa risultino più difficoltose, per le quali possono essere scelte direzioni più appropriate. La sovrapposizione longitudinale dei fotogrammi è in generale pari al 60%, con oscillazioni comprese fra il 55% ed il 65%; quella trasversale fra strisciate adiacenti è invece di norma pari al 30% e compresa comunque tra il 25% ed il 35%.

L'inquadramento planimetrico dei rilevamenti fotogrammetrici è in generale derivato dalla rete trigonometrica di I, II e III ordine stabilita dall'Istituto Geografico Militare, con l'integrazione, a seconda dei casi, dei punti del IV ordine e dei vertici catastali opportunamente trasformati nel sistema nazionale.

L'inquadramento altimetrico viene invece derivato, ove possibile, dalla rete di livellazione geometrica di alta precisione stabilita dallo stesso Istituto, nonché dalle livellazioni geometriche e trigonometriche ad essa collegate.

La determinazione dei punti di appoggio viene assicurata in genere dalla «triangolazione aerea spaziale», che viene realizzata sia col metodo analogico sia con quello analitico, ma più di frequente con procedure operative semianalitiche a modelli indipendenti.

Le operazioni di restituzione fotogrammetrica sono di norma precedute dall'accertamento dello stato di rettifica degli stereorestitutori analogici ed analitici utilizzati. Sono infatti ammessi errori in quota di origine strumentale non superiori, nei diversi punti dell'immagine stereoscopica virtuale osservata, ai due decimillesimi della quota relativa di volo.

Particolare cura viene comunque riservata alla restituzione del perimetro degli edifici e della loro altezza al livello di gronda, nonché alla corretta definizione delle diverse unità volumetriche edilizie e delle varie sopraelevazioni.

La rappresentazione a curve di livello ha un'equidistanza di 5 m nella cartografia alla scala di 1:5 000, e di 10 m in quella alla scala di 1:10 000.

Nelle aree coperte da bosco o vegetazione molto fitta, le curve di livello vengono in genere tratteggiate; nelle zone pianeggianti, con pendenza media generale inferiore al 5%, vengono invece tracciate su tutto il territorio delle opportune curve ausiliarie.

La densità dei punti quotati è variabile con la geomorfologia e dipende, a seconda dei casi, dalla situazione locale, dalla rete delle infrastrutture territoriali, dagli insediamenti nel territorio interessato ed altro. Vengono quotati, in genere, tutti i particolari topografici ben definiti dal punto di vista altimetrico, come i cocuzzoli, le selle, gli argini fluviali, le cave, gli incroci delle strade, le piazze e i sagrati, le aie dei cascinali isolati, i ponti e tutte le altre opere d'arte stradali e di ingegneria civile.

L'integrazione della restituzione fotogrammetrica mediante misure dirette sul terreno viene effettuata con «post-ricognizione» e riguarda in particolare l'inserimento di eventuali particolari topografici rimasti defilati nei fotogrammi aerei o mascherati dalla fitta vegetazione, oppure sorti dopo la presa fotografica aerea. Essa comporta inoltre l'inserimento, in posizione corretta, di eventuali sottopassi ed elementi sotterranei o di particolari topografici non restituiti perché sfuggiti alla fotointerpretazione.

Oggetto di integrazione dei rilevamenti aerofotogrammetrici risultano infine anche la toponomastica ed i limiti amministrativi, nonché tutte le altre informazioni qualitative che soltanto il sopralluogo può rivelare.

In genere, tutti i particolari del terreno devono trovare la loro fedele rappresentazione grafica nella giusta forma e corretta grandezza. L'impiego dei segni convenzionali e l'alterazione delle dimensioni sono infatti limitati ai soli casi di effettiva necessità ed indispensabile rappresentazione.

Idonei segni convenzionali sono stati messi a punto dalla Commissione Geodetica Italiana per la rappresentazione simbolica dei vari particolari topografici indispensabili alla formazione di questa cartografia tecnica a grande scala, prendendo spunto e seguendo la normativa, revisionata ed integrata, della cartografia ufficiale dello Stato, edita dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M., 1960) e dalla Direzione Generale del Catasto e Servizi Tecnici Erariali (DIREZIONE GENERALE DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI, 1970), e tenendo peraltro presenti anche le indicazioni mutuabili dalla cartografia internazionale alle stesse scale, per quanto poteva riferirsi alla successiva riproduzione a stampa in cromo.

Nell'uso dei segni convenzionali è stata però mantenuta sempre inalterata la posizione dei particolari topografici più importanti ed appariscenti, riadattando invece con adeguati spostamenti, quella dei particolari secondari adiacenti.

Con lo sviluppo dell'informatica territoriale, che ha progressivamente aperto nuovi orizzonti e offerto nuove possibilità operative alla gestione dinamica delle vicende territoriali, anche la cartografia tecnica regionale ha registrato i suoi progressi, convertendosi gradualmente da un elaborato su supporto cartaceo ad un elaborato numerico su supporto informatico: un elaborato numerico, definito impropriamente *Carta Tecnica Regionale Numerica*, aperto ad una più ampia gamma di prospettive applicative, aventi tutte come fine essenziale una sempre più approfondita conoscenza dinamica degli stati di consistenza territoriale ed ambientale e dei corrispondenti «*trends naturali*» a breve, medio e lungo termine.

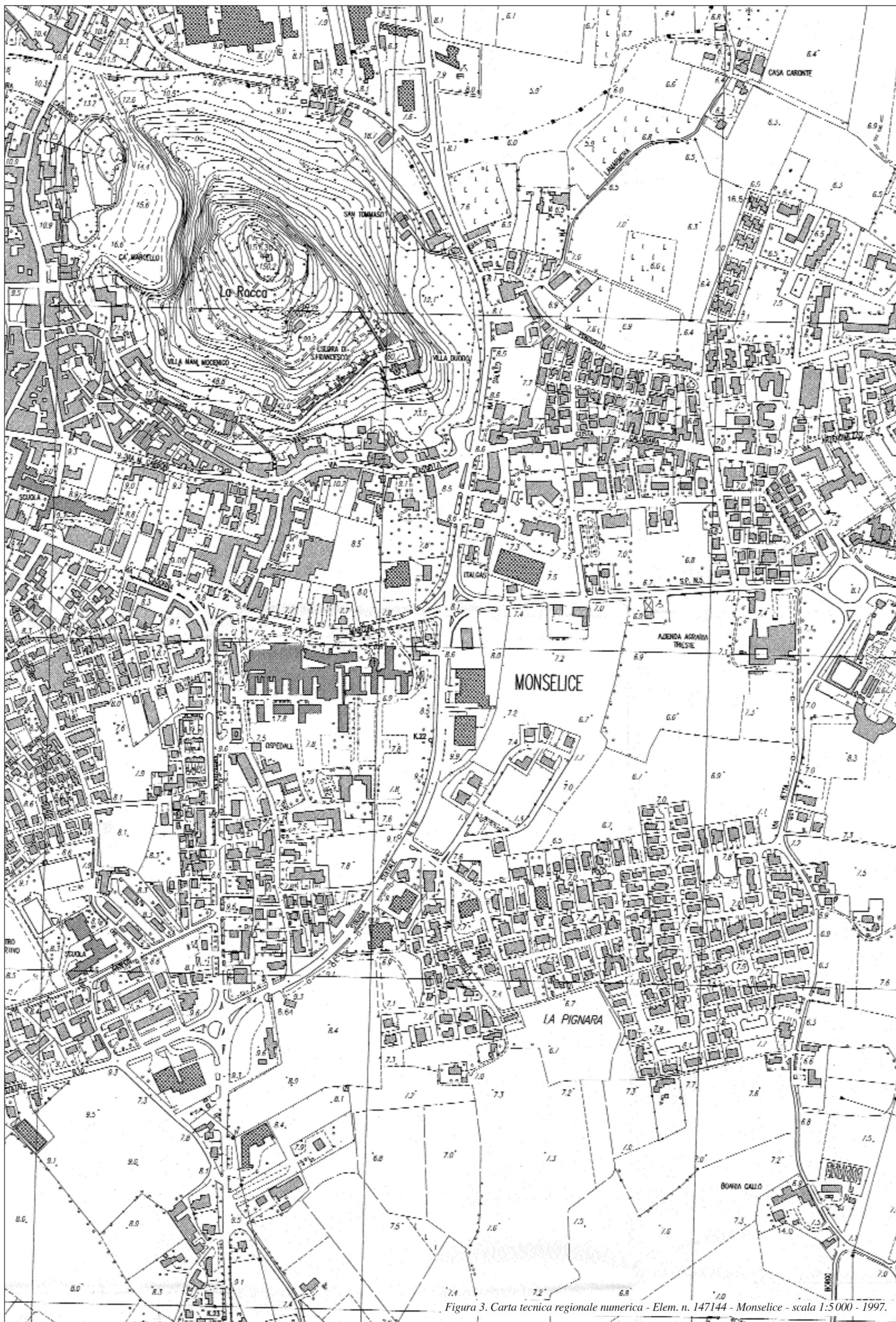


Figura 3. Carta tecnica regionale numerica - Elem. n. 147144 - Monselice - scala 1:5.000 - 1997.

Si tratta di un'importante evoluzione, che ha consentito peraltro l'estensione della «corrispondenza biunivoca» dal tradizionale spazio bidimensionale al più ampio spazio tridimensionale, comportando come immediata conseguenza una «georeferenziazione globale» (X, Y, Z) dei diversi punti discreti considerati, ottenuta facendo però contemporaneo riferimento a due superfici virtuali convenzionali significativamente diverse; e più precisamente: alla superficie virtuale dell'«ellissoide di rotazione» per le due coordinate cartesiane ortogonali piane X, Y, espresse dalle «equazioni della carta», ed alla superficie virtuale del geode per la terza coordinata Z, espressa dalla «quota ortometrica», individuata dalla distanza del punto discreto considerato, dalla superficie geoidica di riferimento virtuale, misurata lungo la linea di forza della gravità locale, considerando il parallelismo delle superfici ausiliarie (superfici ortometricamente equialte) e trascurando invece le superfici di livello equipotenziali.

La strutturazione del DBMS (*Database Management System*) di questo nuovo elaborato tecnico numerico garantisce in generale la possibilità di una espansione o riduzione dei dati geografici acquisiti, nonché un loro immediato, periodico aggiornamento, grazie anche ad una «codifica identificativa» degli stessi dati, suscettibile di consentire una loro compressione, secondo le necessità di sintesi previste e le opportunità richieste per il loro trasferimento in tempo reale.

Il contenuto informativo del «*database* georeferenziato» è di natura metrica e di natura descrittiva; mentre la rappresentazione digitale dei dati geografici archiviati è in «forma vettoriale», più idonea all'immediata georeferenziazione spaziale delle entità geografiche selezionate.

Particolare prerogativa di questo *database* è poi quella di acquisire e fornire i diversi dati geografici spaziali nelle loro dimensioni naturali e di rappresentare inoltre il territorio interessato, senza alcuna limitazione temporale e spaziale (4).

La prassi operativa di formazione della «cartografia tecnica regionale numerica» si sviluppa ancora per fasi operative distinte e successive, ed il suo processo produttivo è controllato in corso d'opera ed alla sua conclusione.

L'inquadramento geodetico generale rimane naturalmente ancorato alla rete GPS IGM95 ed a tutti gli altri vertici delle reti geodetiche, nazionali e regionali, ad essa resi omogenei, dal cui insieme viene infatti poi sviluppata la «rete di raffittimento». La determinazione dei punti di appoggio per la restituzione fotogrammetrica viene effettuata mediante «triangolazione aerea spaziale».

La fase operativa più delicata è senza dubbio rappresentata dalla restituzione fotogrammetrica. Il «*file* di restituzione» è strutturato infatti in forma sequenziale e comporta nel suo insieme un «*record* descrittivo» ed un «*record* delle coordinate». Nel *record* descrittivo viene definita l'entità geografica associata al contenuto della scala prescelta (1:5000 od 1:10000) con i relativi attributi, mentre nel *record* delle coordinate ne viene espressa invece la relativa posizione spaziale tridimensionale.

La descrizione delle entità geografiche viene organizzata in «livelli principali e livelli di servizio», che ne definiscono rispettivamente una loro primaria aggregazione e la tipologia propria della corrispondente «vestizione cartografica», mentre la loro individuazione specifica è affidata ad un «codice» che ne richiama appunto le relative caratteristiche e attribuzioni, e regola la stessa operazione di «vestizione cartografica», definendo il relativo «*file* grafico» indispensabile alla completa automazione del disegno finale.

Un insieme di altri «livelli funzionali» consente inoltre di descrivere poi le varie altre informazioni non immediatamente desumibili dalla restituzione (assi e nodi), necessarie alla costruzione e gestione dei «grafi» delle entità a sviluppo lineare (idrografia, viabilità e ferrovie) (AA.VV., 2002).

Compito della successiva ricognizione ed integrazione sul terreno, rimane naturalmente sempre quello di correggere gli errori di interpretazione commessi durante la restituzione fotogrammetrica, di individuare le colture e le essenze arboree principali, di classificare gli edifici pubblici e di interesse comunitario, di verificare gli elementi morfologici relativi alla corretta formazione della carta tecnica, di classificare le infrastrutture stradali, di verificare la direzione delle acque correnti e di raccogliere inoltre la toponomastica locale.

Concluse le operazioni di ricognizione, la correzione e l'integrazione metrica tridimensionale numerica del *database* in formazione vengono infine realizzate mediante un nuovo piazzamento degli stereogrammi interessati ed una nuova restituzione numerica dei particolari topografici avanti trascurati o non correttamente fotointerpretati, affinché il *database* medesimo possa costituire una copia fedele della situazione risultante sul terreno.

Pervenuto alla successiva fase esecutiva, l'elaborato cartografico numerico viene sottoposto quindi ad un'operazione di «*editing* interattivo», tesa ad effettuare una revisione generale per eliminare le eventuali residue incon-

gruenze geometriche e topologiche, gli errori commessi nell'inserimento dei dati tratti dalla ricognizione ed integrazione a terra, nella scritturazione della locale toponomastica e nell'inserimento dei limiti amministrativi.

Con la «funzione di *editing*» si può provvedere inoltre, quando ritenuto necessario, anche ad appropriate operazioni di *make-up*, capaci di perfezionare e suggellare la confezione formale dello stesso prodotto cartografico numerico.

Il procedimento operativo formativo si conclude infine con l'uscita grafica ed informatica dell'elaborato prodotto, per ottenere la desiderata «rappresentazione grafica finale» ed il «*file* di trasferimento» indispensabile all'ulteriore fruizione informatica dei dati geografici spaziali archiviati nel «*database* georeferenziato».

Il processo di informatizzazione cartografica avviato può evidentemente modificare il ruolo di questo strumento conoscitivo territoriale, per renderlo ancor più flessibile ed efficiente, attraverso la messa a punto di un «*database* polivalente» (*objects - relational DBMS*), e varie *routine* di *utilities* orientate verso la ricerca operativa, suscettibili di assicurare in uscita altre preziose informazioni di analisi e di sintesi.

Ed è appunto per rispondere alla crescente domanda di informazioni mirate che è stato dato appunto avvio a varie sperimentazioni per la definizione di nuove tipologie di cartografia tecnica regionale integrata e derivata (SURACE L., 1982; AA.VV., 2001), nell'intento di pervenire ad un prodotto informativo capace di soddisfare, nel contempo, sia le esigenze di sintesi delle Amministrazioni pubbliche regionali sia le esigenze di analisi delle Amministrazioni pubbliche locali collegate (FONDELLI M., PASQUALIN M., POSOCCO F., ZOLLET L., 1992).

Motivo per cui, in prosieguo di tempo, è stata sviluppata una ricerca applicata che, tenendo conto dei progressi tecnologici e metodologici conseguiti nella prassi geodetica ed in quella fotogrammetrica, si è proposta di rinnovare il processo di formazione della cartografia tecnica regionale numerica alla scala 1:5000, al fine di rendere possibili corrette amplificazioni grafiche in uscita dello stesso prodotto cartografico numerico, fino alle precisioni formali delle carte tecniche catastali alla scala di 1:2000, e di derivare altresì con l'assistenza dell'elaboratore, mediante mirate «catene infografiche», carte tecniche di sintesi a minori scale (1:10000 ed 1:25000).

Una ricerca applicata, che ha richiesto necessariamente un inquadramento geodetico generale dei lavori di rilevamento molto più affidabile, con precisioni metriche globali dell'ordine di $\pm 0,05$ m circa nella determinazione della posizione spaziale dei punti, facendo diretto riferimento alla rete altimetrica nazionale, ed un'acquisizione delle immagini fotografiche aeree molto più arricchita di contenuti informativi di quella ritenuta finora più appropriata, ottenibile infatti con una copertura aerofotogrammetrica del territorio interessato alla maggiore scala di 1:10000.

E questo, accogliendo peraltro anche un progetto dell'Intesa Stato-Regioni ed Enti locali, volto ad una standardizzazione dei processi formativi, in vista di una integrazione degli stessi contenuti informativi del «*database* georeferenziato» e di un suo sistematico aggiornamento, contenendo opportunamente i relativi costi produttivi.

Sperimentazione quest'ultima, che ha consentito di pervenire ad una qualità complessiva del prodotto cartografico tecnico regionale integrato di gran lunga superiore a quella finora perseguita negli analoghi prodotti consolidati. Qualità, valutata nelle prove di collaudo in corso d'opera e finali, attraverso gli «errori quadratici medi dell'unità di peso», e che allo stato dei campionamenti eseguiti (FERRANTI G., CIARAPICA A., FONDELLI M., VERCESI G., 2002), ha messo appunto in evidenza precisioni metriche dell'ordine di $\pm 0,15$ m circa, per quanto concerne la situazione planimetrica dei punti rappresentati, e dell'ordine di $\pm 0,13$ m circa, per quanto attiene invece alla loro situazione altimetrica.

Risultati che quindi, nel loro complesso, ampiamente abilitano l'elaborato cartografico tecnico numerico integrato alla scala 1:5000, ad un suo possibile ingrandimento metrico alla maggiore scala di 1:2000, per le finalità proprie della progettazione tecnica civile delle Amministrazioni pubbliche locali collegate, e che amplificano inoltre le prerogative della Carta Tecnica Regionale, dato che consolidano la possibilità di realizzare anche, attraverso il suo «*database* georeferenziato», un «sistema informativo geografico di interesse generale», da cui derivare poi automaticamente, sempre con l'assistenza dell'elaboratore, anche carte di sintesi alle minori scale di 1:10000 ed 1:25000, per le necessità del coordinamento territoriale e della protezione civile a livello locale e regionale (5).

Si tratta di un panorama ancora in continua evoluzione e, dunque, ricco di ulteriori interessi scientifici e di più ampie prospettive future, specialmente per quanto attiene l'affidabilità temporale dei dati (DE GENNARO M., FONDELLI M., 2003), e suscettibile peraltro di far progredire l'utilizzazione e la qualità stessa della cartografia tecnica regionale alle diverse scale. □

(4) La posizione dei dati geografici spaziali è definita infatti in scala 1:1, mentre il contenuto informativo e la sua accuratezza, per il grado di sintesi offerto di volta in volta, sono invece associati al «concetto di scala», e cioè al contenuto ed all'accuratezza corrispondenti ad una «carta tipo» di predeterminata scala nominale di riduzione.

(5) Il tutto uniformemente riferito, grazie al supporto geodetico assicurato dall'Istituto Geografico Militare, sia nel «Sistema geografico europeo unificato ED 1950» (European Datum 1950), sia nel «Sistema nazionale Gauss-Boaga», sia nel «Sistema UTM-WGS84» nella versione europea ETRF89, che nel «Sistema catastale locale».