

**Paolo Mogorovich**

# **Sistemi Informativi Territoriali**

**Appunti dalle lezioni**

## **Cenni di Cartografia**

**Cod.151 Vers.E2M**

- 1 - Premessa**
- 2 - Cartografia: obiettivi e limiti**
- 3 - La scala della carta**
- 4 - Sistemi di coordinate**
- 5 - La produzione di carte in Italia**
- 6 - Modalità di produzione delle carte**
- 7 - Finalità delle carte**
- 8 - Carte derivate e risoluzione geometrica**
- 9 - Cartografia topografica, tematica e fotografica**

**Appendice 1 - Alcuni documenti cartografici**

## 1 - Premessa

Queste note riportano in estrema sintesi alcuni concetti di base della cartografia, necessari a chi intende studiare gli strumenti per l'elaborazione automatica di dati geografici.

Esiste un'ovvia relazione tra l'analisi delle informazioni presenti su un documento cartografico cartaceo e l'elaborazione di dati territoriali presenti in un DB; i due ambienti presentano grandi diversità: il modello dati, il soggetto che li elabora (l'uomo nel primo caso, un software nel secondo), la possibilità di gestire approssimazioni, la velocità di processamento, la percezione dell'accuratezza, e molte altre; tuttavia la capacità di analizzare una carta è fondamentale per chi intende utilizzare la tecnologia GIS perchè prendere atto di come noi leggiamo una carta passo per passo è come mettere a fuoco un processo informatico, formato da tante funzioni elementari. Inoltre saper leggere una carta significa prendere consapevolezza della limitatezza di certi modelli, dell'accuratezza geometrica dei dati, dell'aspetto unicamente qualitativo di certe informazioni. Per contro la tecnologia GIS ha una potenza di fuoco incredibile per la capacità di gestire quantità di dati teoricamente illimitate e propone anche nuovi modelli, come ad esempio quello raster, praticamente inutilizzato nella cartografia disegnata.

La similitudine e la differenza tra il mondo della cartografia disegnata e quello GIS si sintetizzano pensando all'operatore: nel primo caso i dati vengono elaborati dall'uomo, nel secondo da un software a fronte di un'operazione base che è fondamentalmente la stessa: il mettere in relazione spaziale oggetti diversi.

Il contenuto di questo capitolo è in massima parte una sintesi della più ampia trattazione "Appunti di geodesia, topografia e cartografia" del dott. Maurizio Trevisani di Regione Toscana, scaricabili alla URL <http://www.di.unipi.it/~mogorov/>, a cui si rimanda per approfondimenti.

## 2 – Cartografia: obiettivi e limiti

Lo scopo della Cartografia è di riportare graficamente sul piano, mediante opportune leggi matematiche, quanto esiste sulla superficie terrestre; essa si collega strettamente alla Geodesia, il cui scopo è definire forma e misure della Terra, ed alla Topografia, il cui scopo è individuare e misurare la posizione reciproca di punti sulla crosta terrestre.

La Cartografia è la scienza e l'arte di rappresentare sul piano la superficie della Terra e si propone di fornire una rappresentazione grafica di porzioni di superficie terrestre, sia la superficie fisica che l'insieme di tutti i manufatti artificiali ad essa sovrapposti. La Cartografia, intesa come scienza, viene chiamata Cartografia razionale, e insegna a stabilire una corrispondenza biunivoca, sotto forma di relazioni matematiche analitiche, tra i punti della superficie terrestre e gli omologhi punti sul piano. La Cartografia, intesa come arte, viene chiamata Cartografia applicata, e insegna, dopo aver stabilito una certa scala, ad attuare nel piano, sotto forma di disegno artistico, il tipo di rappresentazione prescelto.

Prodotto della cartografia disegnata è un documento cartaceo, piano, che descrive, con un'apposita simbologia e tramite certe convenzioni, alcuni degli oggetti presenti in una certa parte di territorio. Il processo che porta al disegno di una carta include i seguenti passi fondamentali:

1. definizione di un modello della terra (un elissoide con determinate caratteristiche) che approssimi nel modo migliore la superficie terrestre con una figura esprimibile da una formula geometrica
2. proiezione della superficie dell'elissoide su un piano trovando un compromesso tra le inevitabili approssimazioni che questo processo produce
3. definizione di un sistema di riferimento
4. rilevamento degli oggetti presenti sul territorio e riporto sulla carta

La cartografia cerca di risolvere al meglio il problema fondamentale collegato al fatto che una superficie sferica o ellissoidica non è sviluppabile su una superficie piana. Ciò si ottiene adottando alcune rappresentazioni che però non possono conservare sulla carta tutte le caratteristiche geometriche del territorio:

- Le distanze fra i vari punti (nel rapporto di scala prescelto) non possono essere conservate in tutte le possibili direzioni; però per alcune particolari rappresentazioni, le distanze possono essere conservate

secondo alcune direzioni (ad esempio lungo i meridiani o i paralleli, o lungo un ben preciso meridiano o parallelo): in tal caso la rappresentazione è detta **equidistante o lineare** lungo quelle particolari direzioni; lungo tali direzioni risulta essere esatta la scala (p.es.: scala lungo il meridiano centrale, scala equatoriale, ecc.).

- Le rappresentazioni che mantengono inalterati gli angoli fra tutte le possibili direzioni (pur producendo variazioni nelle distanze fra i punti) sono definite **autogonali** (definizione data da Tissot), **isogoniche** od **ortoformi** (Germain) o **conformi** (Gauss): è quest'ultima la definizione oggi generalmente adottata e che utilizzeremo nel seguito.
- Si dice **equivalente** o **autalica** una rappresentazione in cui vengano preservate le aree: tale condizione non può essere conservata senza considerevoli distorsioni ed un cerchio sul terreno si trasformerà sul piano in un'ellisse, avente sempre la stessa area, ma di forma più o meno allungata
- Si chiamano **afilattiche** quelle rappresentazioni che non sono conformi né autaliche, ma che presentano in minore misura sia i pregi che i difetti di entrambe.

### 3 - La scala della carta

Una delle caratteristiche fondamentali di una carta è la scala.

La scala della carta è il rapporto di riduzione delle lunghezze tra la carta ed il terreno (1:25.000 indica che ad un mm della carta corrispondono 25.000 mm sul terreno, ossia 25 metri). Questo rapporto non è costante in tutti i punti della carta, ma è riferito solo ad alcuni punti o direzioni particolari.

La scala di una carta influenza anche la scelta degli oggetti presenti sul territorio che possiamo rappresentare e il modo con cui questi vengono disegnati. È del resto intuitivo che più la scala è piccola, più la realtà territoriale risulta compressa sul documento cartaceo e si rende quindi necessaria una selezione sempre più drastica degli oggetti rappresentati.

Si parla comunemente di

- |                 |                                                  |
|-----------------|--------------------------------------------------|
| • Grande Scala  | per scale 1:500, 1:1.000, 1:2.000                |
| • Media Scala   | per scale 1:5.000, 1:10.000                      |
| • Piccola Scala | per scale 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e minori |

In Appendice, la carta n.1 è in grande scala, la n.3 è a scala media, la n.5 e la n.6 sono a piccola scala

Si usa classificare le carte secondo la scala usando la seguente convenzione:

- planisferi quando rappresentano, senza soluzione di continuità, tutta la superficie terrestre;
- mappamondi quando la rappresentazione è effettuata sopra una sfera;
- carte geografiche o generali quando mostrano una grande estensione della superficie terrestre a piccolissima scala, fino ad 1:2.000.000;
- carte corografiche quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:1.000.000 e 1:200.000;
- carte topografiche quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:100.000 e 1:5.000;
- mappe quando la rappresentazione è a scale comprese tra 1:4.000 e 1:1.000;
- piante per scale grandissime, da 1:500 a valori maggiori;

a queste si aggiungono poi le

- Carte Tecniche Regionali, che sono rappresentazioni specificamente finalizzate ad interventi sul territorio, in scale da 1:10.000 sino ad 1:2.000.

Abbiamo visto le deformazioni che le rappresentazioni cartografiche possono presentare; anche questo è un criterio per classificare le carte nel modo seguente:

- carte autogonali o isogoniche o conformi o ortomorfe, quando gli angoli tra le direzioni spiccantisi dai singoli punti risultano inalterati, e di conseguenza è conservata la similitudine tra figure infinitesime corrispondenti dell'ellissoide e del piano;
- carte equivalenti o autaliche, quando vengono conservate le aree, pur presentando distorsione delle forme;
- carte equidistanti o lineari, quando il rapporto tra le lunghezze sul piano e sull'ellissoide è costante lungo particolari direzioni;

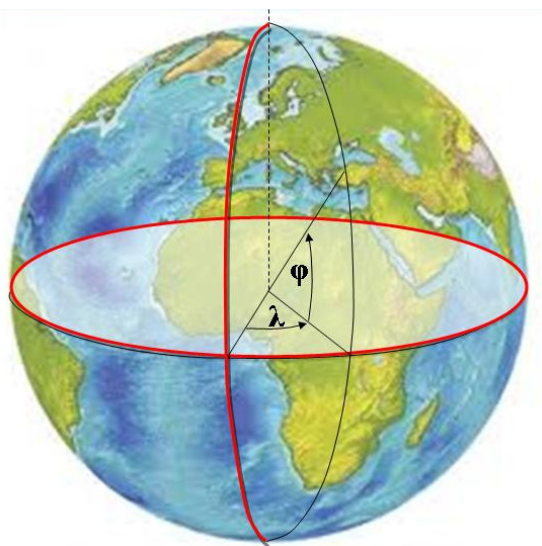
- carte afilattiche, quando, generalmente in misura limitata, sono presenti tutte le diverse possibili deformazioni.

#### 4 - Sistemi di coordinate

Per identificare un punto su una superficie sferica (o un oggetto simile) possiamo usare due strategie: una, più naturale, di considerare la sfera per quello che è, cioè in modo tridimensionale oppure un'altra, più comoda, di riportare la superficie della sfera, o almeno una sua parte, su un piano.

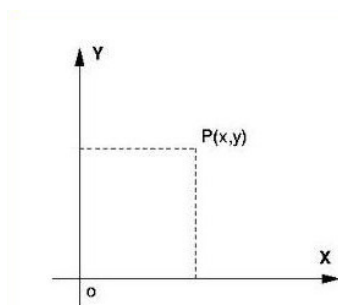
Se si considera un modello tridimensionale della terra un punto sulla superficie può essere identificato con due angoli, una volta definito un riferimento. Come riferimento si adottano la linea dell'equatore e un'altra linea che passa per i due poli e per un punto scelto arbitrariamente, l'osservatorio di Greenwich. Le coordinate di un punto si possono adesso misurare tramite:

- l'angolo tra il meridiano di riferimento (quello passante per Greenwich) e quello che passa per il punto interessato; questo angolo, che può variare tra  $+180^\circ$  e  $-180^\circ$  si chiama longitudine ( $\lambda$ );
- l'angolo tra il piano equatoriale e il piano ad esso parallelo passante per il punto interessato; questo angolo, che può variare tra  $+90^\circ$  e  $-90^\circ$  si chiama la latitudine ( $\phi$ ).



Latitudine e longitudine vengono misurate in gradi e frazioni di grado (gradi sessagesimali  $gg^\circ mm' ss''$  o decimali  $gg.xxxx$ ).

In questo caso si parla di “Coordinate Geografiche” e di “Sistema di Riferimento Geografico”.



Se si desidera riportare i punti della superficie terrestre su un piano, una volta definito il procedimento con cui ciò viene fatto, le coordinate di un punto sulla carta, e di conseguenza le coordinate dell'oggetto corrispondente sul terreno, sono date da coppia di numeri (X e Y) che sono dati dall'intersezione, sui due assi del sistema di riferimento adottato, in genere cartesiano, delle normali agli assi passanti per il punto.

In genere le coordinate così ottenute sono misurate in metri.

In questo caso si parla di “Coordinate Piane” o “Sistema di Riferimento Proiettato”.

Sia nel caso di Coordinate Geografiche che di Coordinate Piane occorre fare riferimento ad una superficie, esprimibile matematicamente, che descriva nel modo migliore possibile la superficie terrestre. Tale superficie è un ellissoide di rotazione avente come asse maggiore il raggio terrestre all'equatore e come asse minore il raggio terrestre ai poli. Una volta definito tale ellissoide abbiamo già lo strumento necessario ad adottare un sistema di Coordinate Geografiche. Purtroppo, per motivi tecnici e storici, nelle varie zone della Terra, le diverse nazioni hanno adottato ellissoidi diversi, col risultato che le Coordinate Geografiche di uno stesso punto sulla superficie terrestre hanno, nei vari sistemi, coordinate diverse. La diversità tra i vari ellissoidi dipende dalla dimensione degli assi, ma molto più spesso da altre caratteristiche (punto di tangenza e sistema di riferimento); rimandiamo alla letteratura specialistica per approfondimenti. Ricordiamo solo che la definizione completa di un ellissoide (dimensione degli assi, punto di tangenza e sistema di riferimento) prende il nome di “datum”.

Esiste un'importante fonte di informazione riguardante i vari datum adottati dai diversi paesi e anche i Sistemi di Riferimento Proiettati. Si tratta del “EPSG Geodetic Parameter Dataset” (<http://www.epsg-registry.org/>), accessibile liberamente, gestito dal Geodesy Subcommittee of OGP (international

association of Oil and Gas Producers). L'EPSG (la sigla deriva dall'ormai non più esistente European Petroleum Survey Group) documenta in modo completo e strutturato una grande quantità di sistemi di riferimento di tutto il mondo e i relativi codici sono riconosciuti dai principali Software GIS.

In Italia sono stati usati nel tempo tre datum diversi:

- Sistema di Riferimento Geografico “Monte Mario” o “Roma40”, adottato solo in Italia. Il corrispondente codice EPSG è 4265
- Sistema di Riferimento Geografico “European Datum 1950” o semplicemente “ED50”, adottato in Europa. Il corrispondente codice EPSG è 4230
- Sistema di Riferimento Geografico “World Geodetic System 1984” o semplicemente “WGS84” reso necessario dalla presenza del sistema di localizzazione GPS, adottato in tutto il mondo. Il corrispondente codice EPSG è 4326.

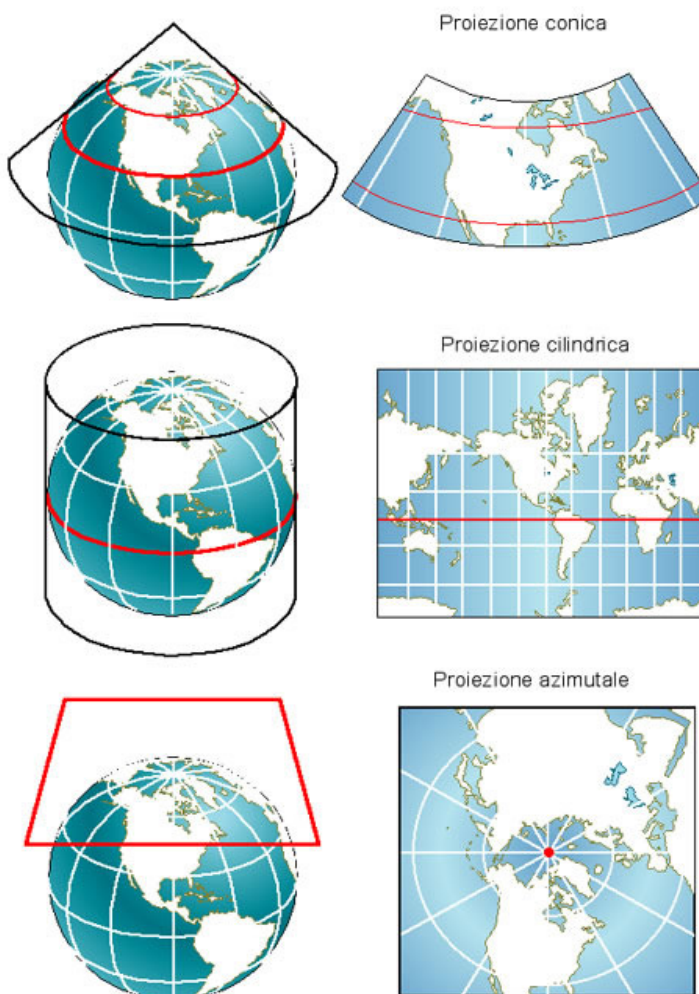
Ricordiamo che questi tre datum, in quanto Sistemi di Riferimento Geografici, permettono di esprimere la posizione di un punto tramite coordinate geografiche.

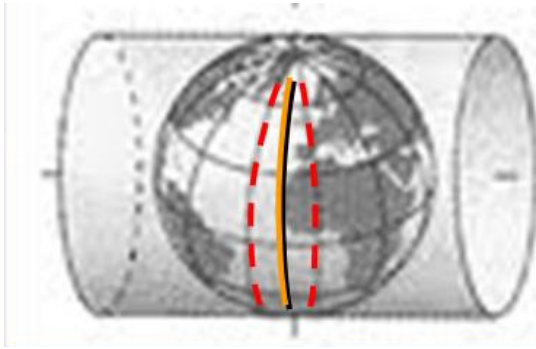
Per fare un esempio, l'ingresso all'area di ricerca del CNR di Pisa ha le seguenti coordinate:

|                            |                      |                    |
|----------------------------|----------------------|--------------------|
| Geografiche (WGS84)        | Long. 10° 25' 24",8  | Lat. 43° 43' 09",3 |
| Geografiche Roma40 M.Mario | Long. -02° 01' 42",7 | Lat. 43° 43' 06",9 |
| Geografiche ED50           | Long. 10° 25' 28",3  | Lat. 43° 43' 12",9 |

*(Le coordinate geografiche sono state calcolate, a partire da quelle geografiche WGS84, col pacchetto “Cartlab1” reperibile alla url <http://www.geologia.com/index.php>).*

Se desideriamo utilizzare un Sistema di Coordinate Piane, dobbiamo “proiettare” su un piano la superficie terrestre, partendo da un datum. Intuitivamente possiamo immaginare di usare un foglio di carta e di piegarlo in modo da essere adiacente a una parte dell'elissoide; potremmo lasciare il foglio in piano e appoggiarlo su un punto della superficie, ad esempio il Polo Nord; oppure piegare il foglio a cilindro e appoggiarlo, ad esempio, lungo l'equatore, o ancora piegarlo a cono e appoggiarlo, ad esempio, ad un parallelo. Anche qui rimandiamo alla lettura specialistica per approfondimenti, ma è comunque intuitivo che, qualunque sistema si usi, quello che noi possiamo riportare sul nostro foglio riprodurrà abbastanza fedelmente quanto presente sulla superficie terrestre sono in una zona abbastanza limitata, vicino a dove il foglio toccava la superficie terrestre.





Trattiamo il caso che più ci interessa, cioè quello in cui si usi una proiezione basata su un cilindro, ma non appoggiato sull'equatore, bensì ruotato e appoggiato ad un meridiano; tale proiezione è nota come Universale Trasversa di Mercatore o UTM. Per mantenere la fedeltà di rappresentazione, la zona rappresentabile è uno "spicchio" della superficie terrestre (detto "fuso") la cui larghezza è di 6°. L'Italia si estende, in longitudine, per quasi 12° e quindi la parte occidentale dell'Italia sarà rappresentata all'interno di un fuso e quella orientale in un altro.

Avremo quindi i seguenti Sistemi di Riferimento Proiettati:

- Sistema di Coordinate Piane "Monte Mario – Zona 1" o "Roma40 - fuso Ovest", che copre la parte occidentale d'Italia, grosso modo a ovest di una linea che va da Venezia a Roma fino all'estremo ovest della Sicilia. Questo sistema, detto anche Gauss-Boaga fuso ovest, utilizza il datum Roma40, è adottato solo in Italia e il corrispondente codice EPSG è 3003;
- Sistema di Coordinate Piane "Monte Mario – Zona 2" o "Roma40 – fuso Est", che copre la parte orientale d'Italia, a est della precedente. Questo sistema, Gauss-Boaga fuso est, utilizza il datum Roma40, è adottato solo in Italia e il corrispondente codice EPSG è 3004;
- Sistema di Coordinate Piane "ED50/UTM zona 32N", che copre la parte occidentale d'Italia, in modo simile (non identico) a quello del Roma40. Questo sistema utilizza il datum ED50 e il corrispondente codice EPSG è 23032;
- Sistema di Coordinate Piane "ED50/UTM zona 33N", che copre la parte orientale d'Italia, in modo simile (non identico) a quello del Roma40. Questo sistema utilizza il datum ED50 e il corrispondente codice EPSG è 23033;
- Sistema di Coordinate Piane "WGS84/UTM zona 32N", che copre la parte occidentale d'Italia come UTM32. Questo sistema utilizza il datum WGS84 e il corrispondente codice EPSG è 32632;
- Sistema di Coordinate Piane "WGS84/UTM zona 33N", che copre la parte orientale d'Italia come UTM33. Questo sistema utilizza il datum WGS84 e il corrispondente codice EPSG è 32633.

E' importante ricordare che gran parte della cartografia nazionale è stata costruita utilizzando il datum Roma40 e la proiezione Gauss-Boaga.

Tornando all'esempio precedente, l'ingresso all'area di ricerca del CNR di Pisa ha le seguenti coordinate:

|                            |                      |                    |      |
|----------------------------|----------------------|--------------------|------|
| Geografiche (WGS84)        | Long. 10° 25' 24",8  | Lat. 43° 43' 09",3 | 4326 |
| Geografiche Roma40 M.Mario | Long. -02° 01' 42",7 | Lat. 43° 43' 06",9 | 4265 |
| Geografiche ED50           | Long. 10° 25' 28",3  | Lat. 43° 43' 12",9 | 4230 |

|                        |     |             |      |             |       |
|------------------------|-----|-------------|------|-------------|-------|
| Piane: UTM-WGS84 f.32  | Est | 614.669,6   | Nord | 4.841.677,2 | 32632 |
| Piane: GAUSS-BOAGA f.O | Est | 1.614.696,4 | Nord | 4.841.690,5 | 3003  |
| Piane: UTM-ED50 f.32   | Est | 614.751,4   | Nord | 4.841.876,6 | 23032 |

(Sia le coordinate geografiche che quelle piane sono state calcolate, a partire da quelle geografiche WGS84, col pacchetto "Cartlab1").

Infine un cenno al Catasto, che utilizza per le sue mappe come sistema geodetico di riferimento il datum "Genova 1902" e il sistema cartografico è quello di Cassini-Soldner. Esistono molte centinaia di sistemi di riferimento diversi, e la valenza di questo sistema è prevalentemente locale. Non esistono codici EPSG per questo sistema. Per curiosità riportiamo le coordinate dell'ingresso all'area di ricerca del CNR di Pisa anche in alcuni sistemi di riferimento catastali.

|                              |    |           |    |           |
|------------------------------|----|-----------|----|-----------|
| Siena – Torre del Mangia     | X= | 44953,38  | Y= | -73221,67 |
| Elba – Monte Orello          | X= | 104321,62 | Y= | 8253,16   |
| Genova – Forte Diamante      | X= | -81364,98 | Y= | 119586,54 |
| Gorgona – Semaforo           | X= | 32521,59  | Y= | 42664,47  |
| Montecristo – Monte Fortezza | X= | 153461,32 | Y= | 9184,80   |
| Capraia – Torre Fortezza     | X= | 74764,70  | Y= | 46585,43  |

*(Le coordinate catastali sono state calcolate, sempre a partire da quelle geografiche WGS84, col pacchetto "Cart" elaborato dal dott. Maurizio Trevisani dell'ARPAT – Regione Toscana)*

La conclusione è che una coppia di coordinate non ha di per sé alcun senso se non si associa ad esse il sistema di riferimento adottato, che costituisce quindi un'informazione essenziale sia per leggere le coordinate su una carta che per trattare dati territoriali numerici all'interno di un sistema GIS.

## **5 - La produzione di carte in Italia**

Per legge, in Italia esistono tre produttori della cartografia ufficiale dello stato: l'Istituto Geografico Militare, il Catasto e l'Istituto Idrografico della Marina.

La produzione I.G.M.I. si concentra soprattutto nella nota cartografia in scala 1:25.000 ("tavole"), oltre a quella più datata in scala 1:100.000 (277 "fogli") ed a quella in scala 1:50.000 ("quadranti") che ancora non copre tutto il territorio nazionale.

Il Catasto produce cartografia a grande scala (1:2.000, ma talvolta anche 1:500, e 1:4.000 allorché le aree interessate presentino parcellamenti superiori ai 5 ettari), per una conoscenza dettagliata a fini fiscali del territorio e della sua ripartizione in unità elementari (le particelle) di cui sono conservate diverse informazioni, tra cui quelle relative alla proprietà. La cartografia catastale non riporta informazioni altimetriche (non vi sono curve di livello o punti quotati), ed in alcune zone risulta poco aggiornata (ad esempio per quanto riguarda la viabilità).

L'Istituto Idrografico della Marina opera soprattutto nella rilevazione delle coste e nella misura della profondità dei fondali marini (curve batimetriche), producendo cartografia finalizzata alla navigazione.

Oltre agli organi cartografici ufficiali dello stato, altri produttori di cartografia operano per rendere disponibili cartografie alle scale più varie: si va dall'Istituto Geografico De Agostini, al Touring Club Italiano, all'Automobil Club Italiano, a moltissime ditte produttrici di cartografie a fini turistici (piantine di città, itinerari turistici), e a moltissime ditte che producono cartografia per conto di società (ENEL, Ferrovie dello Stato Italiane, ecc.) o di enti (Regioni, Province, Comuni, Comprensori di Bonifica, ecc.).

Da qualche decennio Regioni, Province e Comuni sono molto attivi nella produzione di cartografia, particolarmente a grandi scale (a scale molto dettagliate), necessaria per le attività di pianificazione, gestione e progettazione sul territorio.

## **6 - Modalità di produzione delle carte**

Su di una carta topografica, ad esempio quelle dell'I.G.M.I. in scala 1:25.000 (vedi Appendice, carta n.5), vengono rappresentati, con opportuna simbologia, diversi strati omogenei:

- ferrovie,
- viabilità,
- edificato,
- idrografia,
- orografia,
- vegetazione,
- toponomastica e limiti amministrativi,
- indicazioni ausiliarie per l'uso della carta (scala, coordinate geografiche dei vertici, fuso di appartenenza, modulo di deformazione lineare relativo al centro della carta, angolo di declinazione magnetica, angolo di convergenza del meridiano).

Nel testo "Segni convenzionali e norme sul loro uso - vol.I - cartografia alla scala 1:25.000" pubblicato dall'I.G.M.I., si trovano le indicazioni che sono servite nella redazione delle carte topografiche. Esaminiamone alcuni stralci.

*Nelle carte topografiche dell'I.G.M., ogni segno ha forma simile e dimensione proporzionata a quella del particolare che rappresenta. Solo quando ragioni di graficismo rendano ciò impossibile, si usano segni convenzionali. Solo nelle carte topografiche a piccolo o a piccolissimo denominatore i segni possono essere proporzionati alla grandezza reale dei particolari che rappresentano; oltre un certo limite, acquisterebbero dimensioni così piccole da non potersi distinguere; da ciò emerge la necessità di ricorrere a segni imitativi (segni convenzionali) di dimensioni determinate. Nell'uso dei segni convenzionali viene mantenuta inalterata la posizione dei particolari più importanti e più appariscenti.*

*Ad esempio, nella rappresentazione delle case isolate, nello strato degli abitati ed opifici, valgono le seguenti prescrizioni: per le case isolate di abitazione, le dimensioni grafiche non devono mai essere inferiori a 3/4 di millimetro per il lato più lungo (in scala 1:25.000 corrisponde a circa 18 metri sul suolo). Quando per tale norma, la proiezione di una casa risulti ingrandita, si armonizza in relazione con le case vicine più grandi, ingrandendo alquanto anche il segno di queste.*

*Per la casa isolata, il centro del segno coincide in proiezione col centro della casa, tranne che per la casa con fronte sulla rotabile o ad essa immediatamente adiacente, perché in tal caso il segno dovrà essere spostato all'esterno a causa della dimensione grafica del segno stradale che è superiore, in scala, alla larghezza vera. Il segno stradale (o meglio l'asse stradale) è sempre segnato con l'esatta proiezione, e non viene mai spostato per far posto al segno dei fabbricati adiacenti quando trattasi di rettifili; se invece la strada ha delle svolte, e sia possibile adattare queste senza falsarne la figura, è preferibile lasciare i fabbricati nella loro esatta proiezione.*

*Gruppi di case, paesi e città vengono opportunamente sintetizzati. Devonsi in ogni caso conservare in giusta proiezione gli assi delle arterie stradali principali e il perimetro del centro abitato. I segni di fabbricati intermedi vengono semplificati di forma e ridotti di numero cercando però di mantenere le relazioni di grandezza fra i caseggiati vicini e di rendere appariscenti le strade più importanti e le piazze principali. Devono essere sempre messe in evidenza le strade che attraversano l'abitato e che servono di allacciamento alla rete stradale esterna.*

Nelle carte topografiche le scritture sono un complemento di notevole valore per la identificazione dei particolari topografici; pertanto la loro trascrizione è fatta con la massima cura e fedeltà. Solo per pochi elementi (comuni e centri abitati, parrocchie, importanti accidentalità, ecc.) esistono nomi sanzionati da documenti ufficiali; per la maggior parte degli elementi topografici (piccole località, case isolate, alture e corsi d'acqua secondari, ecc.) si incontrano notevoli difficoltà per conoscere e raccogliere toponimi conosciuti, e per conoscerne la forma ortografica accettata da tutti e più largamente usata. Vengono qui indicate le norme seguite per la raccolta dei nomi e per la loro scrittura nelle carte.

a) **Denominazioni da inserire nelle carte** - Nelle carte vengono scritti nomi conosciuti dalle persone del luogo. Vengono inseriti, anche se poco usati e conosciuti sul luogo, i nomi di speciale importanza storica (strade, ruderi notevoli di antichità, ecc.). I nomi vengono poi normalmente scritti in lingua italiana, ma la terminologia locale dei nomi comuni è mantenuta (alpe, baita, casèra, tabia, ecc., brughiera, magredo, groana, ecc.). Si evita, quando possibile, di scrivere il nome del proprietario di case, ville, poderi, ecc., e si usa invece il nome della località o del fondo.

b) **Raccolta delle denominazioni** - I topografi, prima di partire per i lavori di campagna, devono consultare i fascicoli dell'Istituto Centrale di Statistica "Censimento Generale della Popolazione". Agli effetti della esatta grafia dei toponimi, e limitatamente a quelli che prende in considerazione, questo documento ufficiale fa testo. La raccolta dei nomi è fatta dagli operatori in campagna interrogando sia gli abitanti che altre persone notoriamente pratiche dei luoghi (parroci, ingegneri e geometri, agenti forestali, alpinisti, cacciatori, guardie campestri, ecc.). Sono inoltre consultate le mappe catastali, i documenti esistenti in archivi pubblici e parrocchiali, ecc. I nomi raccolti nell'apposito stampato vengono successivamente presentati alle Autorità comunali, e previa ampia discussione, convalidati dalla firma del Sindaco o di chi ne fa le veci.....

- c) **Quote** - .... *La densità e la distribuzione delle quote debbono essere tali da rendere facilmente e rapidamente leggibili le forme del terreno; la densità sarà perciò maggiore nei terreni rotti ed a forme non molto decise, e la loro disposizione ravvicinata nei bruschi salti del terreno. Per norma in una tavoletta al 1:25.000 sono sufficienti circa 500 quote.*
- d) **Densità delle scritture** - *Occorre una ragionata sobrietà, per non ingombrare la carta a detrimento della chiara comprensione delle forme del terreno. E' preferibile abbondare in quote che in denominazioni talvolta incerte o di limitata durata (esempio: nomi di proprietà). Si scrivono tutti i nomi di comuni, centri e nuclei abitati; delle case isolate si scrivono soltanto i nomi indubbi di alcune di esse, situate in spazi privi di altre denominazioni. E' preferibile, ai nomi di case isolate, sostituire quelli delle regioni o contrade, o i nomi di particolari idrografici ed orografici, lasciando le case individuate dalla loro quota. Per norma in una tavoletta al 1:25.000 sono sufficienti circa 200 nomi.....*

Nella cartografia tecnica regionale in scala 1:5.000, l'esigenza di procedere alla formazione di una carta tecnica comporta che tutti gli elementi rappresentati siano in esatta proiezione, e dunque non subiscano operazioni di "gonfiamento" o di "spostamento" collegate alla fase di vestizione.

I livelli informativi della C.T.R. 1:5.000 realizzata in Toscana (attualmente acquisita in forma numerica) sono:

- sistema delle comunicazioni,
- edifici ed altre strutture,
- acque,
- impianti di estrazione, trasformazione, trasporto energia,
- elementi divisorii e di sostegno del terreno,
- forme terrestri,
- vegetazione,
- orografia,
- limiti amministrativi e varie.

Nella "Tavola dei contenuti, segni grafici e codici per cartografia a scala 1:5.000", a cura dell'Ing. Pelacani del Servizio Cartografico della Regione Toscana, si trovano i criteri che regolamentano l'acquisizione e la rappresentazione degli elementi da riprodurre sulla carta.

Ad esempio, le strade (codificate con codice 101) devono essere rappresentate in base alla loro effettiva larghezza, che comprende il nastro asfaltato e la banchina; le aree di sosta vengono rappresentate facenti parte della strada.

Gli edifici civili, sociali, amministrativi ed i rifugi (codificati con codice 201): per edificio si intende una struttura o insieme di strutture in muratura, cemento armato, prefabbricato, la cui superficie non presenta soluzioni di continuità.

Informazioni aggiuntive si trovano anche nel Capitolato Speciale d'Appalto relativo alla formazione di C.T.R. in scala 1:2.000.

I limiti amministrativi saranno dedotti esclusivamente dalle mappe catastali. Il riporto di tali limiti sulla cartografia sarà effettuato facendo coincidere i crocicchi della parametratura Cassini-Soldner presenti in entrambe le cartografie.

I toponimi saranno, preliminarmente, dedotti da documenti esistenti, quali cartografia I.G.M., mappe catastali, cartografia regionale, ultimo censimento I.S.T.A.T., elenchi stradali, ecc. I nomi così raccolti saranno verificati e confermati con la ricognizione sul posto, durante la quale sarà anche provveduto alla eventuale integrazione. Tutta la toponomastica sarà trascritta nell'apposito stampato fornito dall'Amministrazione appaltante. Al termine delle operazioni, il ricognitore dovrà far convalidare i documenti concernenti la raccolta della toponomastica sottoponendoli all'esame dei competenti uffici delle Amministrazioni Comunali interessate per territorio.

L'orografia viene rappresentata mediante curve di livello integrate da punti quotati, sia nella cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, che nella C.T.R. in scala 1:5.000 (analizziamo queste due cartografie come esemplificative, non dimenticando che esistono anche carte molto più dettagliate, spesso collegate alla gestione e manutenzione di reti tecnologiche, e carte molto meno dettagliate, tipicamente ricavate da un ridisegno, opportunamente sfoltito, di carte a scala maggiore).

Nella carta I.G.M. vengono inoltre adottati tratteggi, realizzati a lumeggiamento obliquo con luce diretta da Nord-Ovest a Sud-Est ed inclinata di 45° sull'orizzonte; vengono usati solo nella rappresentazione di terreni rocciosi dirupati per le frane, calanchi, scarpate, cave, scoscendimenti, ed in genere in tutti quei casi in cui il solo impiego delle curve non renderebbe con efficacia le forme del terreno.

Le note sopra riportate, oltre a evidenziare la cura con cui si definiscono gli oggetti da rappresentare e la modalità di rappresentazione, ci forniscono un ulteriore importante criterio di classificazione delle carte:

- carte in vera proiezione: sono quelle dove ogni particolare disegnato sulla carta indica un elemento presente sul territorio che si trova proprio nel punto corrispondente. In pratica le coordinate del punto sul territorio e quelle ricavate dalla carta del punto corrispondente coincidono, salvi gli errori di misura e quelli di proiezione;
- carte simboliche: sono quelle in cui la rappresentazione sulla carta degli elementi presenti sul territorio avviene secondo regole per cui non è necessariamente vero che le coordinate di un particolare sul territorio e quelle ricavate dalla carta del punto corrispondente coincidano.

Data la loro finalità, saranno in vera proiezione le carte tecniche, le carte catastali e in genere le carte destinate a supportare attività di progettazione tecnica o di misura (scale 1:10.000 e maggiore); saranno invece simboliche tutte le carte a scala 1:25.000 o minore o comunque che adottino simbolismi e regole di realizzazione che non consentono di rilevare misure e posizioni dalla carta con elevata precisione ed affidabilità.

## 7 - Finalità delle carte

Abbiamo visto che carte diverse, a scale diverse, presentano anche contenuti diversi, ed elementi analoghi vengono rappresentati con modalità diverse.

Vi sono carte adeguate per rilevarvi "misure", e tipicamente sono carte tecniche (cioè finalizzate alla progettazione) o catastali (e cioè finalizzate alla valutazione di parametri fiscali ed impositivi), così come vi sono carte per la progettazione di ponti radio (che dunque devono riportare ampie porzioni di territorio) o per analisi geomorfologiche.

Si vede, dunque, come carte a scale diverse siano finalizzate a fornire una rappresentazione del territorio adeguata ad esigenze diverse. Per quelle attività di progettazione tecnica, di gestione a fini fiscali, di pianificazione dell'utilizzo del territorio (e quindi i P.R.G.) risulteranno indispensabili cartografie molto dettagliate, su cui sia possibile effettuare (con minimo grado di incertezza) misure di superfici, di lunghezze, di angoli: servono scale che vanno da 1:100 fino ad 1:2.000.

Per attività di pianificazione territoriale, ad esempio a scala provinciale e regionale, sarà necessario disporre di cartografia più sintetica, ove sia possibile cogliere quei fenomeni territoriali di maggiore estensione, ad esempio i bacini idrografici (che da un punto di vista di conformazione del territorio rappresentano una ripartizione dello stesso di importanza analoga a quella introdotta dalla suddivisione in comuni da un punto di vista amministrativo). Anche per attività di progettazione di massima è opportuno disporre di cartografia ove sia possibile effettuare misure per le quali siano accettabili incertezze maggiori, e quindi a scale che vanno da 1:10.000 fino 1:100.000.

Poi si possono individuare campi di studio del territorio e di analisi della collocazione spaziale di fenomeni di vasta estensione, tali da richiedere cartografie molto meno dettagliate, e che consentano la rappresentazione di porzioni di territorio molto vaste: risulteranno adeguate scale che vanno da 1:250.000 ed oltre.

Il prof. Mario Fondelli riporta nel suo "Manuale di Topografia" la seguente tabella, relativa alla scelta delle scale di rappresentazione in funzione dell'utilizzazione dei rilevamenti topografici:

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| archeologia - dettaglio    | 1:1 fino a 1:10         |
| architettura - edilizia    | 1:10 fino a 1:100       |
| centri urbani              | 1:100 fino a 1:500      |
| urbanistica - ambientale   | 1:500 fino a 1:2.000    |
| urbanistica - territoriale | 1:2.000 fino a 1:10.000 |

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| geomorfologia - topografia | 1:10.000 fino a 1:50.000   |
| carte tematiche            | 1:50.000 fino a 1:250.000. |

## 8 - Carte derivate e risoluzione geometrica

Molte carte, soprattutto quelle in cui è necessario effettuare vestizioni, simbolizzazioni, sfoltimenti, e dunque quelle a scale meno dettagliate, nascono da un ridisegno del territorio a partire da cartografia di maggior dettaglio: ad esempio si può ricavare una cartografia in scala 1:50.000 tramite ridisegno di una precedente cartografia in scala 1:25.000, e quest'ultima potrebbe essere derivata da quella in scala 1:10.000.

Si può dunque passare da una cartografia con maggior grado di dettaglio (tramite ridisegno, o talvolta, se non vi è eccessiva "distanza" tra la scala di partenza e quella di arrivo, anche tramite riduzione fotomeccanica) ad una meno dettagliata: l'incertezza di posizionamento di un punto nella carta di partenza è sicuramente molto minore di quella nella carta di arrivo.

Ogni carta è caratterizzata, da un punto di vista metrico, da due parametri che sono strettamente collegati alla scala: il grado di risoluzione e l'errore massimo di posizionamento.

Il grado di risoluzione, e cioè la dimensione lineare del particolare più piccolo rappresentabile, è dato dal minimo spessore del tratto grafico con cui la carta viene disegnata, e viene assunto, per convenzione, uguale a 0,2 mm (0,2 mm carta corrispondono, in scala 1:10.000, a 2 metri terreno, che è quindi la lunghezza minima di un particolare rappresentabile per tale scala).

L'errore massimo di posizionamento che si commette nel rilevare da una carta la posizione di un punto (stabilito a livello di capitolato) è generalmente dell'ordine di 0,5 mm carta, che per una carta in scala 1:10.000 corrisponde quindi a 5 metri terreno. Di conseguenza esiste una incertezza nel posizionamento di un punto sulla carta corrispondente a 0,5 mm carta.

Se noi ricaviamo da una carta in scala 1:5.000 (per la quale l'errore di posizionamento, pari a 0,5 mm carta, corrisponde a 2,5 metri terreno) una nuova carta in scala 1:10.000 (diciamo che si operi tramite riduzione fotomeccanica, ed assumiamo di non introdurre ulteriori errori), l'errore di 2,5 metri terreno (che è collegato alla precisione del rilievo della carta originale) è sicuramente inferiore all'errore che sarebbe tollerato per una carta in scala 1:10.000 prodotta ex-novo (che sarebbe di 5 metri terreno).

Non possiamo certamente effettuare l'operazione inversa: una carta in scala 1:5.000, con errore intrinseco di posizionamento di 2,5 metri terreno, ingrandita fotomeccanicamente per produrre una carta in scala 1:2.000, manterrebbe sempre e comunque lo stesso errore di 2,5 metri terreno (mentre per una scala 1:2.000 l'errore accettato sarebbe di 1 metro terreno), ed inoltre lo spessore di 0,2 mm (corrispondente al grado di risoluzione della carta, e corrispondente ad 1 metro terreno) risulterebbe ingrandito di 2,5 volte, dando origine ad un tratto di spessore di 0,5 mm carta (e dunque di 2,5 metri terreno, laddove la risoluzione di una carta 1:2.000 dovrebbe essere di 1 metro terreno).

Passando (con procedure fotomeccaniche, ridisegno, scansione, digitalizzazione, ecc.) da una carta in scala più dettagliata ad una meno dettagliata, gli errori (o incertezze) intrinseci della carta sono compatibili con quelli tollerabili per la scala di "arrivo". Invece passando, tramite ingrandimenti, da una scala di "partenza" ad una scala maggiore, si conservano gli errori della scala di "partenza", e dunque il prodotto che si ottiene potrebbe non essere confacente alle esigenze che consigliavano il ricorso ad una scala maggiore.

Spesso la lettura delle carte si appoggia ad una parallela lettura di immagini fotografiche o da satellite, o di statistiche relative a fenomeni a valenza territoriale, ottenendo così una maggior quantità di informazioni. Infatti una carta è semplicemente un veicolo di informazioni sul territorio, organizzate e strutturate, opportunamente sintetizzate, talvolta evidenziate, rappresentate in forma grafica. La lettura di più fonti diverse (carte, immagini, documenti, elaborati statistici) consente di sintetizzare una più ricca conoscenza del territorio in questione (conoscenza che sarà finalizzata alla progettazione di interventi sul territorio, o di analisi di situazioni esistenti), e dunque si comprende come mai, con la disponibilità di

nuove potenzialità di elaborazione automatica, sia iniziata la diffusione di strumenti per la implementazione di Sistemi Informativi Territoriali.

## **9 - Cartografia topografica, tematica e fotografica**

Abbiamo parlato della cartografia topografica (topografia significa disegno dei luoghi), e questa è spesso distinta dalla cartografia tematica. Tale distinzione è essenzialmente dovuta alla tradizione cartografica italiana, che ha sempre riconosciuto come topografica quella cartografia rappresentante elementi appartenenti ad alcuni strati (o tematismi) tipici:

- viabilità,
- edificato,
- idrografia,
- orografia,
- vegetazione,
- toponomastica e limiti amministrativi.

In realtà anche la cartografia detta topografica è una cartografia tematica relativa ad alcuni specifici tematismi. Ma essa è ad esempio priva di notizie riguardanti la composizione del suolo e del sottosuolo, delle acque, ed inoltre non è in grado di rendere evidenti molti aspetti ambientali, biologici, antropici, quali possono essere ad esempio quelli inerenti la vegetazione e la fauna, la cultura, la storia e l'economia. Spesso anche le informazioni relative ai succitati argomenti vengono rappresentate in forma grafica, e tali rappresentazioni vengono definite cartografie tematiche.

La carta geologica del Servizio Geologico Nazionale è ad esempio una cartografia tematica, ma per una più chiara lettura (e per le strettissime connessioni esistenti tra il tematismo geo-litologia e la forma del territorio, e dunque orografia ed idrografia) essa è sovrapposta alla carta topografica I.G.M. 1:100.000 . In effetti una carta topografica, tra i tanti utilizzi che se ne fanno, viene spesso sfruttata come "supporto" per carte tematiche, in modo da semplificarne la lettura ed evidenziare le interrelazioni spaziali del tematismo con gli altri fenomeni cartografati.

La cartografia tematica può rappresentare sia gli aspetti visibili sul territorio (es. l'uso del suolo) sia informazioni invisibili di natura fisica, biologica, storica (es. tutti i terremoti che si sono verificati in un'area). La cartografia tematica rappresenta solo un contenuto, un aspetto del territorio (un "tema") e non tutti gli elementi che vi sono realmente.

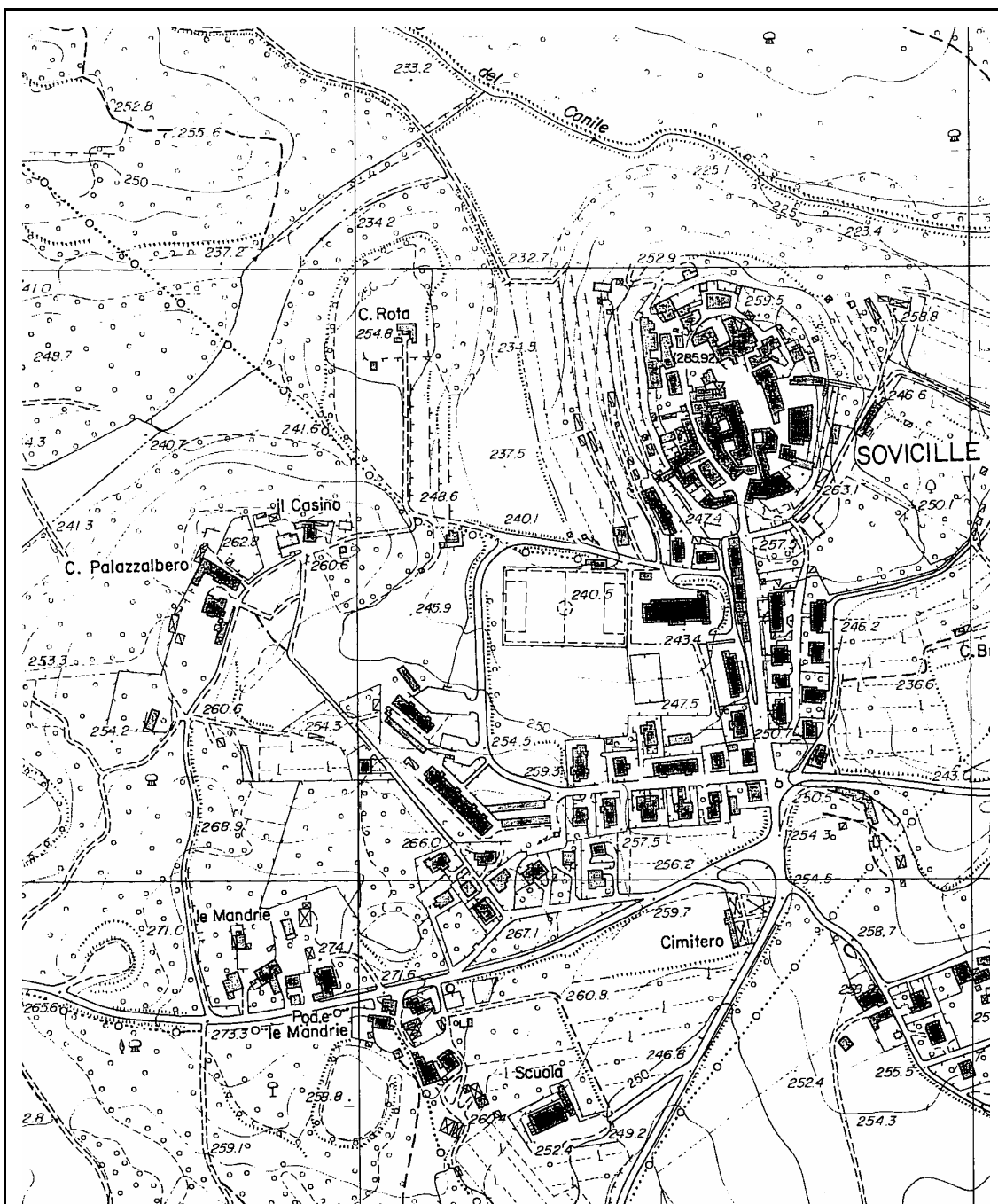
Sono carte tematiche: Carta geologica, carta dell'uso del suolo, carta idrogeologica, carte agronomiche, carta della pianificazione urbanistica (PRG), carta archeologica

Non sono carte tematiche, ma carte speciali: Carta catastale, carte nautiche, carte aeronautiche, carte meteorologiche, carte progettuali di grandi opere civili.

Si intende come cartografia fotografica la cartografia in cui la forma grafica della carta è sostituita dall'immagine fotografica, globalmente o differenzialmente raddrizzata (ortofoto e fotocarte) (vedi Appendice, carta n.4).

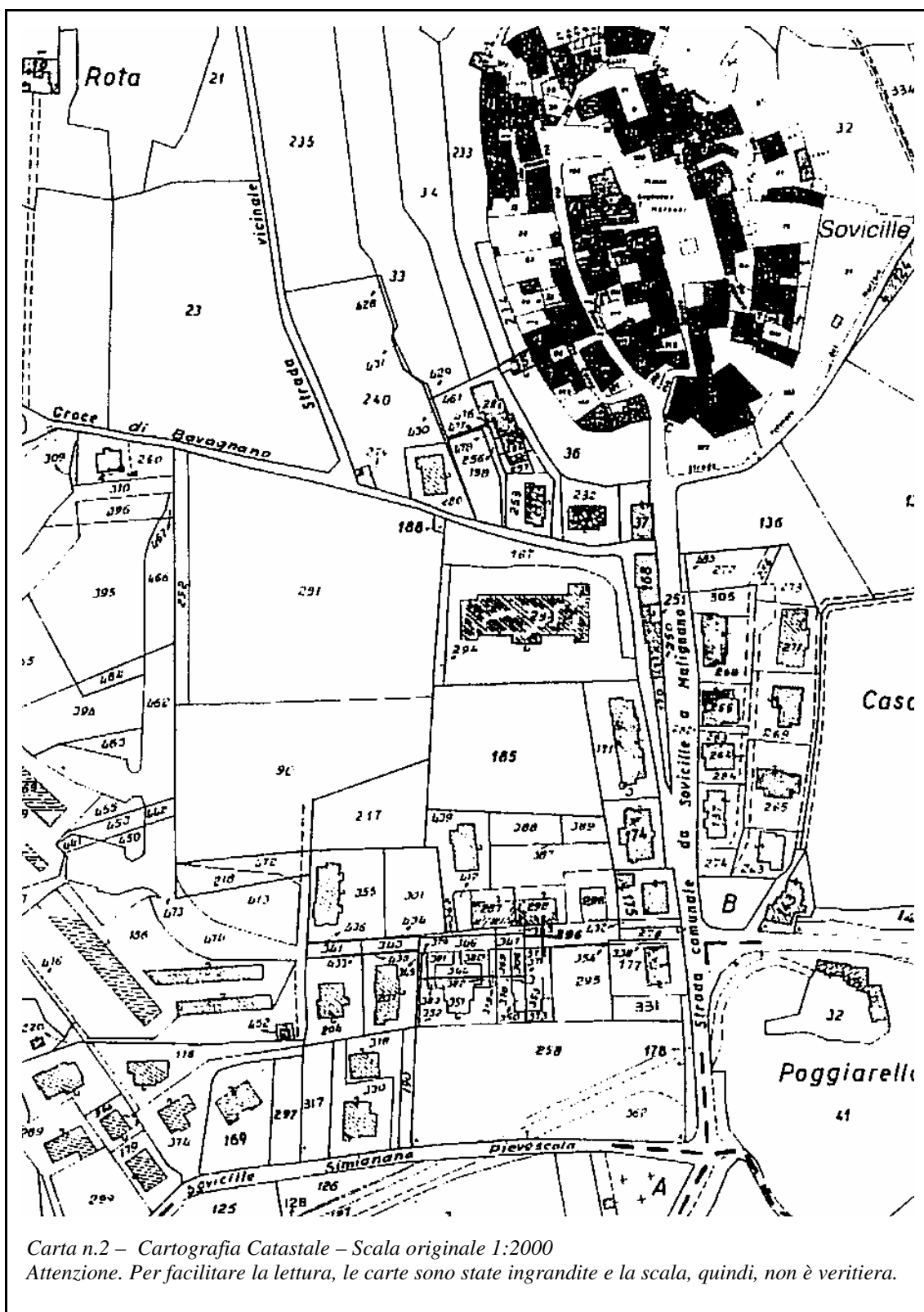
Nel caso di immagini da foto aerea digitalizzate tramite scanner o di immagini da satellite (che vengono trasmesse sulla Terra già in forma raster) la correzione consiste in genere in una ortoproiezione dell'immagine. Per realizzare tale correzione è indispensabile disporre, oltre che delle informazioni sulle modalità di ripresa (quota, focale, oppure orbita, ecc.), anche di un modello digitale del terreno (D.T.M., chiamato anche a Digital Elevation Model) che consenta di correggere quegli spostamenti planimetrici che appaiono sull'immagine a causa del rilievo.

## Appendice 1 – Alcuni documenti cartografici



Carta n.1 - Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000

Attenzione. Per facilitare la lettura, le carte sono state ingrandite e la scala, quindi, non è veritiera.







Carta n.4 – Ortofotocarta 1:10000

Attenzione. Per facilitare la lettura, le carte sono state ingrandite e la scala, quindi, non è veritiera.





Carta n.6 - Carta IGM in scala 1:100.000

Attenzione. Per facilitare la lettura, le carte sono state ingrandite e la scala, quindi, non è veritiera.