

CAPITOLO 5

AGGIORNAMENTO CATASTALE E PROBLEMATICHE CONNESSE AL TRASFERIMENTO DEL CATASTO AI COMUNI

Mattia Crespi, Augusto Mazzoni, Carla Nardinocchi, Giovanni Reina

DITS - Area di Geodesia e Geomatica, Sapienza Università di Roma, via Eudossiana 18 - 00184 Roma

SOMMARIO

L'analisi delle applicazioni cartografiche e topografiche a carattere catastale permette di illustrare come la disponibilità di servizi di posizionamento, forniti da una rete di stazioni permanenti GNSS, possa supportare la determinazione, con costi contenuti, dei parametri di trasformazione tra sistemi di riferimento esistenti e fornire un valido strumento per l'inquadramento dei rilievi GNSS (o misti) in un unico sistema di riferimento nazionale, o, meglio, globale.

1 INTRODUZIONE

I servizi di posizionamento forniti da una rete di stazioni permanenti GNSS possono interessare diversi settori a cui fanno capo diverse tipologie di utenti.

La disponibilità in un determinato territorio dei servizi erogati da una tale rete, porta naturalmente a chiedersi quali sono i vantaggi e limiti delle possibili applicazioni che, come si può intuire, coprono un ventaglio così ampio da non poter essere interamente speculabile nell'ambito del presente lavoro.

Ferma restando la volontà di concentrare l'esplorazione sul lato "utente" dei servizi erogati da un'infrastruttura di rete, si è ritenuto opportuno indagare sulle potenziali utilizzazioni di una rete di stazioni permanenti GNSS per applicazioni "catastali".

Tale categoria di applicazioni ha un alto impatto su scala nazionale e su un ampio bacino di utenti professionali che operano nel settore; infatti, si osservano i seguenti aspetti.

- La cartografia catastale rappresenta, a grande scala, l'intero territorio nazionale ed è, per il tematismo rappresentato (possesso), lo strumento da cui non si può prescindere, unitamente alla banca-dati catastale, per la gestione del territorio anche al di là delle finalità fiscali che ne hanno dettato la formazione.

Essa è caratterizzata dall'essere georiferita mediante diverse centinaia di Sistemi di riferimento che ne rendono complessa l'interazione con gli altri data-base topografici.

- La cartografia catastale è aggiornata, quotidianamente, mediante dei documenti tecnici (circa 450.000 ogni anno) prodotti, in buona parte, da tecnici professionisti. Attualmente il rilevamento operato dal tecnico, che ha valenza legale oltre che catastale, è finalizzato a "descrivere" i nuovi confini (limiti entro i quali si esercita il diritto reale) per: consentire la loro ricostruzione nel caso vada dispersa la loro materializzazione; permettere la loro rappresentazione nella cartografia catastale.

Questa operazione, dal 1988, è tecnicamente eseguita utilizzando un sistema locale di riferimento materializzato da particolari di manufatti presenti sul territorio nazionale, denominati punti fiduciali (PF); essi risultano efficaci dal punto di vista operativo, ma la loro numerosità comporta dei limiti gestionali riconducibili fondamentalmente al fatto che, come accade per la cartografia, non sono georiferiti in un unico sistema di riferimento.

Quindi, l'occasione offerta dalle applicazioni catastali, permette di entrare nel merito di due argomenti che, di fatto, rivestono un carattere assolutamente generale:

- la determinazione, con costi contenuti, dei parametri di trasformazione tra sistemi di riferimento esistenti,
- l'inquadramento in un unico sistema di riferimento, nazionale o, meglio, globale, dei rilevamenti.

Approfondirne la conoscenza e valutarne le potenziali evoluzioni è, dunque, un'occasione per partecipare a quel processo in atto che mira a rendere sempre più condivisibili le informazioni territoriali.

Consolidata la disponibilità delle funzionalità fornite tipicamente da una rete di stazioni permanenti GNSS (rappresentata nell'ambito del lavoro dalla rete RESNAP-GPS), l'analisi è stata condotta attraverso tre specifici test, descritti a seguire:

- test GeoCart: inquadramento di mappe catastali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89;
- test GeoPF: inquadramento della maglia dei punti fiduciali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89;
- test GeoAgg: inquadramento di rilievi di aggiornamento catastale nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89.

Per facilitare la comprensione delle suddette esperienze, si premette una breve descrizione della cartografia catastale e dei punti fiduciali.

2 LA CARTOGRAFIA CATASTALE

Per introdurre l'argomento è necessario partire dal lontano 1861, quando all'unificazione del Regno d'Italia, esistevano 22 catasti la cui peculiarità era di essere stati costruiti in base a criteri diversi. Per assolvere i grandi compiti del nuovo Stato occorreva risanare le finanze (si osserva che all'epoca l'imposta fondiaria rappresentava il 21% circa delle entrate statali) e pertanto dopo un iter parlamentare difficoltoso, a causa delle resistenze accanite dei proprietari fondiari che temevano l'accertamento delle loro proprietà, fu finalmente varata la prima e fondamentale legge del Catasto italiano (legge Messedaglia, 01.03.1886 n. 3682).

Il primo articolo della legge disponeva *“Sarà provveduto, a cura dello Stato, in tutto il Regno, alla formazione di un Catasto geometrico particellare uniforme fondato sulla misura e sulla stima, allo scopo: 1° di accertare le proprietà immobili, e tenerne in evidenza le mutazioni; 2° di perequare l'imposta fondiaria. ...”*. Le suddette esigenze rendevano di fondamentale importanza, per il raggiungimento dell'obiettivo di legge, la creazione di un idoneo documento cartografico raffigurante i risultati delle operazioni di misura del territorio e, quindi, capace di fornire le informazioni necessarie sia alla georeferenziazione dei beni immobili (terreni e fabbricati) che all'acquisizione dei parametri tecnici rilevanti per definire la loro capacità di produzione del reddito (es. area delle particelle terreno, ubicazione delle particelle fabbricato rispetto al tessuto urbano).

A tali esigenze si diede risposta con la realizzazione di una cartografia in cui le mappe che la costituivano erano:

- inquadrate in un sistema di riferimento geodetico,
- caratterizzate da una scala di rappresentazione sufficientemente grande da fornire, con adeguata precisione, gli elementi geometrici dei beni immobili che concorrono alla produzione del reddito.

Inoltre, l'articolo 3 della citata legge disponeva: *“Il rilevamento sarà eseguito ... (omissis)..., coi metodi che la scienza indicherà siccome i più idonei a conciliare la maggiore esattezza, economia e sollecitudine del lavoro. Le mappe catastali esistenti e servibili allo scopo saranno completate, corrette e messe in corrente, quand'anche in origine non collegate a punti trigonometrici”*. Tale prescrizione evidenzia come anche la cartografia catastale dovesse subito contribuire alla costituzione della base di informazioni di natura giuridico-amministrativa e fiscale che consentissero la perequazione delle imposte e l'individuazione dei diritti reali iscritti sugli immobili; dunque, si riconosce come, implicitamente, fosse secondaria l'esigenza di raggiungere un'uniformità della rappresentazione cartografica per quanto concerne il sistema di riferimento geodetico.

Fermi tali presupposti, dopo una preventiva predisposizione delle norme tecniche per il rilevamento e la produzione cartografica, l'attività di formazione fu velocemente avviata, facendo partire le operazioni di campagna in alcune province e recuperando le cartografie ereditate dai catasti pre-unitari e ritenute ancora utilizzabili in altre. Quest'ultima operazione condusse a mettere in conservazione le mappe di antichi catasti in varie province centro-settentrionali (Brescia, Como, Varese, Bergamo e Ancona) non collegate a vertici trigonometrici e quindi non inquadrate in alcun riferimento geodetico; inoltre, esse erano state prodotte, spesso, con tecniche (quali la tavoletta pretoriana) quasi subito abbandonate dal

Catasto italiano in quanto inadeguate per il prodotto che si stava realizzando.

È noto che nella formazione di una cartografia tradizionale si procede inizialmente alla misura e compensazione della rete di inquadramento geodetica fondamentale, al suo successivo raffittimento, quindi al rilievo di dettaglio e, infine, al disegno della mappa. Nella formazione della propria cartografia, il Catasto ha condotto tutte le suddette operazioni ad eccezione della prima, avendo utilizzato la rete di inquadramento geodetica fondamentale realizzata dall'Istituto Geografico Militare.

Fu subito chiaro ai tecnici catastali che il rigido rispetto della suddetta successione di operazioni, dettata dalla teoria, avrebbe allungato i tempi di realizzazione e quindi allontanato la disponibilità dello strumento di perequazione fondiaria. Pertanto, si procedette alla realizzazione della rete catastale, raffittimento della rete fondamentale dell'IGM, senza attendere la pubblicazione dei dati compensati finali di quest'ultima; si utilizzarono, man mano che erano resi disponibili dall'IGM, i dati provvisori o, addirittura, non compensati. A riprova di questo scollamento delle esigenze dell'IGM e del Catasto, si osserva che mentre il primo ha iniziato tali attività a partire dal Nord del territorio nazionale, il secondo ha cominciato dal sud.

Tale aspetto ha determinato, sostanzialmente, le seguenti fondamentali conseguenze.

1. Nella fase iniziale, l'indisponibilità dei dati definitivi della rete geodetica fondamentale, non permise di realizzare reti di raffittimento di grande estensione che necessitavano di tali dati per la loro compensazione. Questo condusse alla realizzazione di ben 818 sistemi di riferimento delle reti di inquadramento cartografico di dimensioni ridotte, detti "piccole origini"; essi interessano il territorio di pochi comuni e si concentrano in 19 delle province italiane¹. Dal 1910 circa, fu possibile procedere alla realizzazione di 32 sistemi di riferimento di grande estensione, detti "grandi origini", per l'inquadramento della cartografia delle restanti province² (Figura 1).
2. La scelta di una rappresentazione cartografica che, nell'ambito del sistema di riferimento catastale adottato, desse luogo a deformazioni inferiori all'errore di graficismo e non richiedesse complessi calcoli per la riduzione delle coordinate geodetiche, in cui erano state definite le reti di inquadramento, al piano cartografico.

Richiamati gli aspetti connessi al Sistema di riferimento utilizzato per l'inquadramento delle mappe catastali si omette la descrizione delle operazioni geodetico-topografiche che hanno portato alla formazione della cartografia catastale (Figura 2) che oggi costituisce l'unica cartografia a grande scala (1:2000 per l'80%) estesa a tutto il territorio nazionale, rappresentando quindi un patrimonio unico di informazioni territoriali.

Si osserva che le circa 300.000 mappe cartacee che costituiscono la cartografia catastale sono state acquisite, a partire dagli anni novanta del XX secolo, in formato digitale (raster e vettoriale).

Attualmente, gli Uffici provinciali dell'Agenzia del Territorio provvedono a tenerle aggiornate, introducendo mediante procedure operative codificate e un'unica procedura informatica (denominata WEGIS), i circa 450.000 aggiornamenti che ogni anno sono prodotti da tecnici professionisti abilitati.

2.1.1 I sistemi di rappresentazione adottati per la cartografia catastale

La formazione del Catasto è durata circa 70 anni (1886 ÷1956). La necessità di rispondere alle indicazioni sintetizzate nel primo comma del citato art. 3 della legge Messedaglia, hanno portato l'Amministrazione catastale ad adottare, nei diversi periodi di formazione delle mappe catastali, le seguenti rappresentazioni cartografiche:

- Sanson-Flamsteed,
- Cassini-Soldner,
- Gauss-Boaga.

Si forniscono a seguire dei brevi cenni su tali rappresentazioni.

¹ Ad essi corrisponde circa il 35% delle mappe catastali

² Ad essi corrisponde il restante 65%

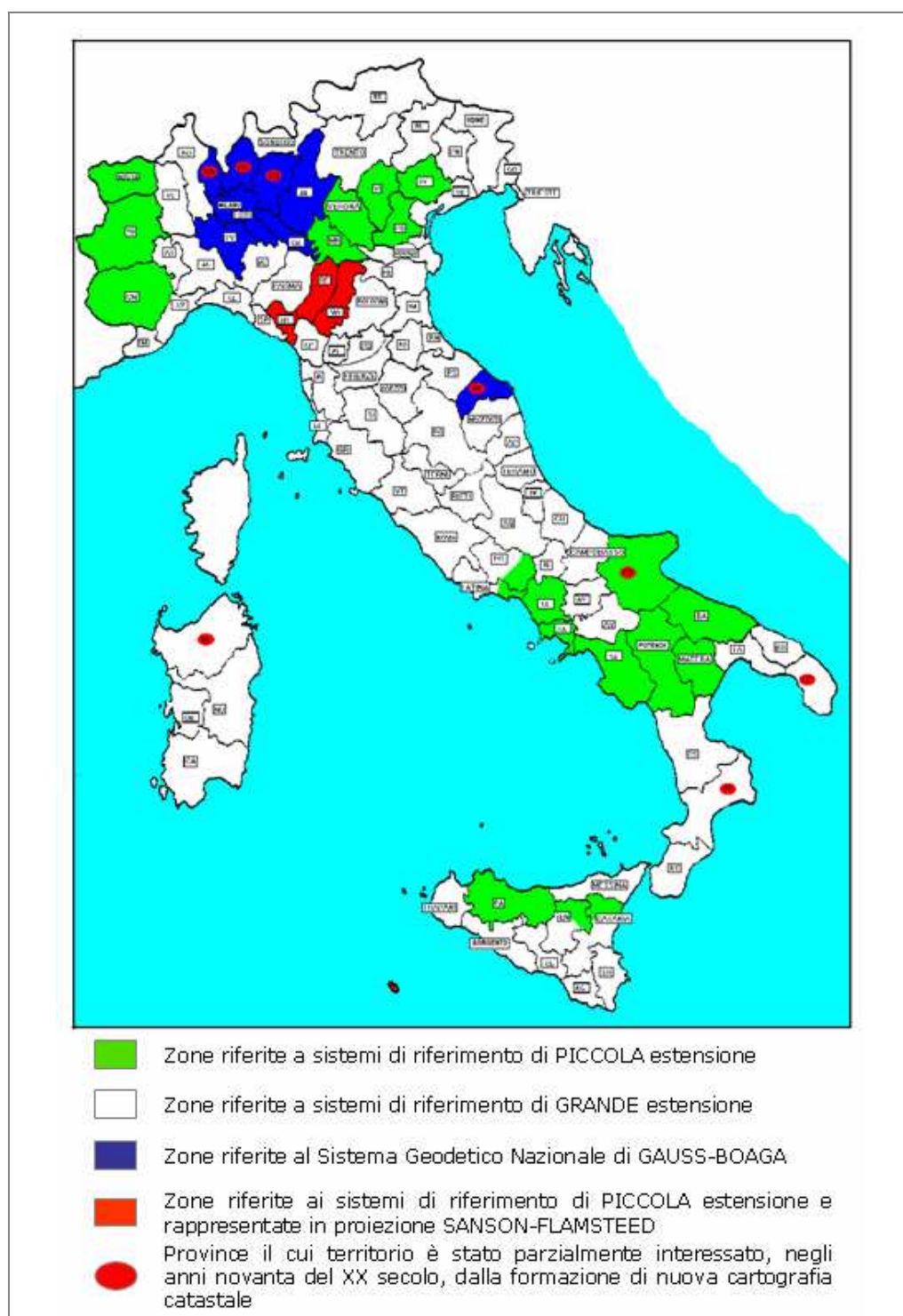


Figura 1. Distribuzione territoriale dei sistemi di riferimento catastali.



Figura 2. Esempio di mappa catastale.

2.1.2 Rappresentazione di Sanson-Flamsteed

È stata utilizzata per le operazioni di formazione del Catasto modenese, iniziato nel 1882 per le province di Modena, Reggio Emilia e Massa Carrara; tale lavoro, in un certo senso, può considerarsi come il primo esteso esperimento per la formazione del Nuovo Catasto.

In questa rappresentazione le coordinate di un punto si ottengono rettificando sul piano l'arco di parallelo e l'arco di meridiano che collegano tale punto al vertice assunto come origine. Nel caso di zone di limitata estensione, il calcolo della lunghezza degli archi indicati si ottiene molto facilmente attraverso le coordinate geografiche.

Con tale rappresentazione (Figura 3) si realizza una cartografia equivalente che, come è noto, gode della proprietà di conservare le aree.

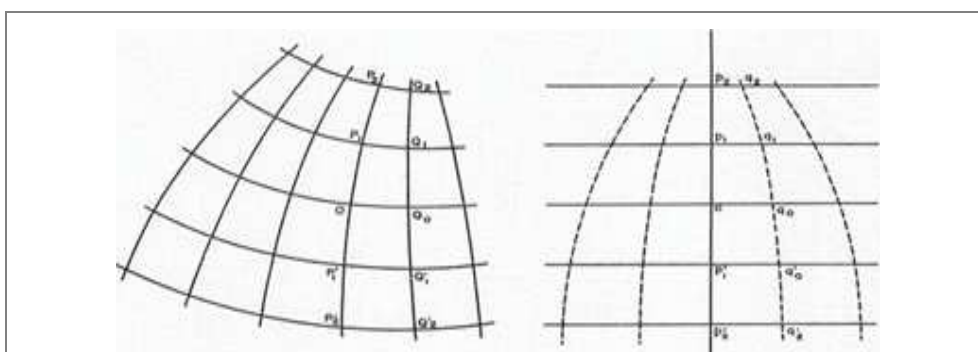


Figura 3. La rappresentazione di Sanson-Flamsteed.

Tale sistema fu presto abbandonato dal Catasto in quanto richiedeva l'istituzione di un elevato numero di sistemi di riferimento di piccola estensione per contenere le deformazioni cartografiche entro i limiti dell'errore di graficismo; si osserva che nelle suddette tre province furono istituiti ben 146 sistemi.

Nella Tabella 1 sono riportate le informazioni essenziali relative alla rappresentazione di Sanson-Flamsteed.

2.1.3 Rappresentazione di Cassini-Soldner

È stata utilizzata per creare gran parte delle attuali mappe catastali (circa l'80% dell'intero patrimonio cartografico).

Tale rappresentazione è stata adottata per la prima volta, nel 1709, per la costruzione della Carta di Francia (scala 1:86.400) iniziata da Cesare Cassini, continuata dal figlio Giacomo e portata a compimento dal nipote Domenico. Un secolo dopo, nel 1810, Johann von Soldner introdusse questa rappresentazione per il rilevamento del nuovo Catasto bavarese; iniziativa, questa, che venne ben presto seguita da altri Paesi tedeschi.

Nel 1886, venne adottata in Italia per la formazione della Mappa del Catasto italiano, dando seguito a nuovi studi e ricerche, soprattutto da parte di F. Guarducci (1893), di G.B. Maffiotti (1900) e di A. Paroli (1951).

<i>Rappresentazione di Ellissoide di</i>	Sanson-Flamsteed Bessel <i>Parametri:</i> <i>semiasse maggiore</i> $a = 6377397,155m$ <i>schacciamento:</i> $s = \frac{1}{299,15}$ $s = \frac{a-b}{a}$ <i>semiasse minore:</i> $b = 6356078,963m$ <i>Eccentricità:</i> $e^2 = 0,006674372232$ <i>Orientamento:</i> Genova (Osservatorio dell'Istituto Idrogeografico della Marina Militare, definizione 1902) <i>Coordinate geografiche:</i> $\varphi = 44^\circ 25' 08,235''$ $\lambda = 0^\circ (8^\circ 55' 15'', 709)$ Est di Greenwich <i>Azimut della direzione a:</i> Genova (Osservatorio) $117^\circ 31' 08'', 91$
<i>Estensione massima</i>	Trapezio sferoidale delimitato da: due meridiani la cui differenza di longitudine è di $30'$ due paralleli la cui differenza di latitudine è di 20°
<i>Equazioni della carta</i>	$\begin{cases} x = (\lambda - \lambda_0) N_0 \cos \varphi = \omega \cdot N_0 \cos \varphi \\ y = \rho_0 (\varphi - \varphi_0) = \rho_0 \delta \varphi \end{cases}$ $\varphi_0, \lambda_0 =$ coordinate geografiche del punto centrale O $\varphi, \lambda =$ coordinate geografiche del generico punto P $\rho_0, N_0 =$ raggi principali di curvatura dell'ellissoide di riferimento calcolati nel punto origine O Modulo di deformazione lineare: $m_l = 1 + \frac{x^2}{2\rho_0 N_0} \cos^2 \alpha$
<i>Cartografia catastale realizzata:</i>	Province di: Modena, Reggio Emilia e Massa-Carrara.

Tabella 1. Quadro sinottico del datum e delle principali caratteristiche della rappresentazione di Sanson-Flamsteed utilizzati per la cartografia catastale.

Generalmente, al fine di evitare deformazioni non accettabili in quanto incompatibili con la scala di rappresentazione, l'estensione massima della zona da rappresentare non deve superare i 100 Km per l'asse delle x (orientamento Sud-Nord) e 70 km per l'asse delle y (orientamento Ovest- Est).

In particolare, come già accennato nel precedente paragrafo, per i rilevamenti catastali italiani sono stati impiegati ben 31 sistemi con centri di sviluppo (origini) coincidenti, in generale, con altrettanti vertici del I e del II ordine della rete geodetica fondamentale realizzata dall'IGM; a questi si aggiungono oltre 800 sistemi minori locali.

Con tale rappresentazione (Figura 4) si realizza una cartografia afilattica (restituisce deformazioni

lineari piccole rispetto all'errore di graficismo) che, nonostante ciò, si rivelò particolarmente adatta per le esigenze cui doveva rispondere la cartografia catastale; infatti, coincidendo le coordinate di Cassini-Soldner con le coordinate geodetiche rettangolari, si possono utilizzare quest'ultime per il calcolo delle reti di inquadramento nel campo sferico e quindi riportare sul piano della rappresentazione, senza ulteriori calcoli, i punti trigonometrici al momento della costruzione delle mappe.

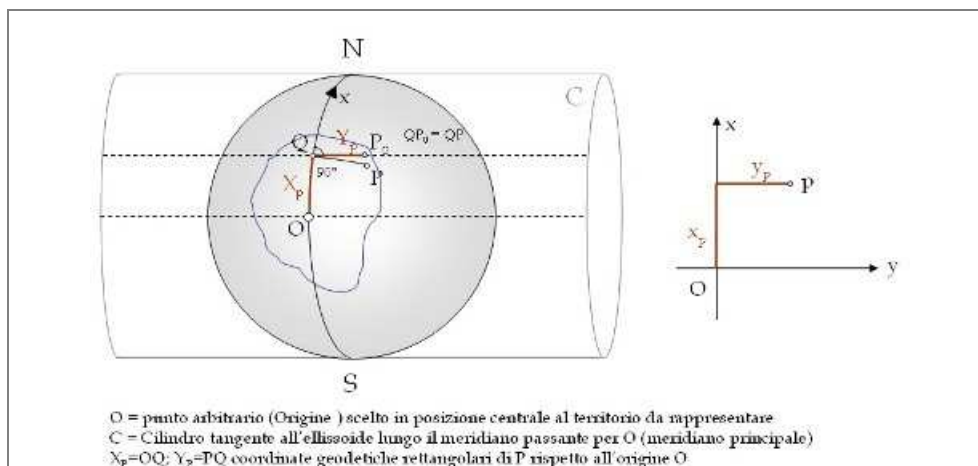


Figura 4. La rappresentazione di Cassini-Soldner.

Nella Tabella 2 sono riportate le informazioni essenziali relative alla rappresentazione di Cassini-Soldner.

2.1.4 Rappresentazione di Gauss-Boaga

La rappresentazione di Gauss-Boaga è stata utilizzata dal Catasto per la formazione di nuova cartografia a partire dal 1946, a seguito delle determinazioni assunte per la disciplina della produzione della cartografia nazionale dall'ormai soppressa Commissione Geodetica Italiana.

Con tale rappresentazione (Figura 5) si realizza una cartografia conforme, cioè priva di deformazioni angolari. Essa si ottiene impiegando le equazioni di Gauss per il passaggio dalle coordinate geografiche alle coordinate piane e applicando a quest'ultime un coefficiente di contrazione pari a 0,9996 per contenere le deformazioni lineari sul piano della rappresentazione.

Essa divide l'Italia in due fusi denominati "Fuso Ovest" e "Fuso Est" che hanno i meridiani centrali posti rispettivamente alla longitudine di 9° e 15° rispetto a Greenwich, nel datum Roma1940 e sono opportunamente estesi per comprendere tutto il territorio nazionale ($6^\circ 30'$ invece dei 6° dell'UTM). Questo allargamento dei fusi genera una zona di sovrapposizione di $30'$ tale che i punti in essa ricadenti possono essere riferiti ad entrambi i fusi.

Per riconoscere facilmente in quale Fuso ricade un punto, si somma alla sua coordinata Est una "falsa origine" di 1500 km se esso appartiene al Fuso Ovest e di 2520 km se, invece, appartiene al Fuso Est.

<i>Rappresentazione di Ellissoide di</i>	Cassini-Soldner Bessel <i>Parametri:</i> <i>semiasse maggiore:</i> $a = 6377397,155m$ <i>schacciamento:</i> $s = \frac{1}{299,15} \quad s = \frac{a-b}{a}$ <i>semiasse minore:</i> $b = 6356078,963m$ <i>Eccentricità:</i> $e^2 = 0,006674372232$ <i>Orientamento:</i> Genova (Osservatorio dell'Istituto Idrogeografico della Marina Militare, definizione 1902) <i>Coordinate geografiche:</i> $\varphi = 44^\circ 25' 08,235''$ $\lambda = 0^\circ (8^\circ 55' 15'', 709)$ Est di Greenwich <i>Azimut della direzione a:</i> Monte del Telegrafo $117^\circ 31' 08'', 91$
<i>Estensione massima</i>	<i>Nord:</i> 100 km <i>Est:</i> 70 km
<i>Equazioni della carta</i>	$x = S \cdot \sin\left(\alpha - \frac{\varepsilon}{3}\right); \quad y = S \cdot \cos\left(\alpha - \frac{2\varepsilon}{3}\right); \quad \varepsilon = \frac{S^2 \sin\alpha \cos\alpha}{2\rho_0 N_0}$ $S =$ lunghezza dell'ipotenusa del triangolo geodetico ellissoidico di cateti x, y $\varepsilon =$ eccesso sferico $\rho_0, N_0 =$ raggi principali di curvatura dell'ellissoide di riferimento calcolati nel punto origine O <i>modulo di deformazione lineare:</i> $m_l = 1 + \frac{x^2}{2\rho_0 N_0} \cos^2 \alpha$ <i>modulo di deformazione superficiale:</i> $m_s = 1 + \frac{x^2}{2\rho_0 N_0}$ <i>modulo di deformazione angolare:</i> $m_a = \pm \frac{x^2}{4\rho_0 N}$
<i>Cartografia catastale realizzata:</i>	Circa l'80% del territorio italiano.

Tabella 2 Quadro sinottico del datum e delle principali caratteristiche della rappresentazione di Cassini-Soldner utilizzati per la cartografia catastale.

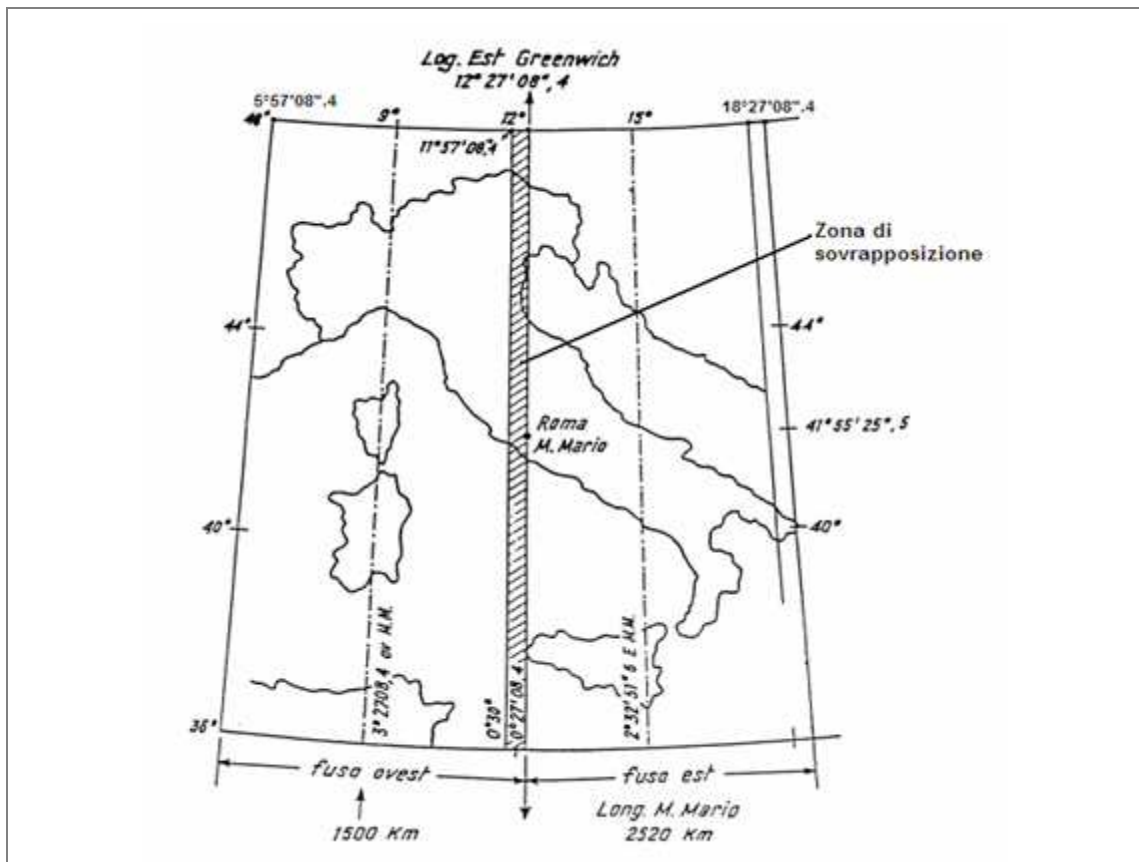


Figura 5. La rappresentazione di Gauss-Boaga.

Nella Tabella 3 sono riportate le informazioni essenziali relative alla rappresentazione di Gauss-Boaga.

3 I PUNTI FIDUCIALI

Allo stato attuale i punti fiduciali (PF), istituiti sulla base di quanto previsto dalla circolare n. 2/1987 dell’Agenzia del Territorio, sono circa 1.7 milioni e sono presenti con una elevata densità (distanza relativa media 250÷300 m) in tutte le zone del territorio nazionale interessate da interventi territoriali.

Si tratta di punti che, progettati ed istituiti per l’aggiornamento della cartografia catastale, devono essere rappresentativi di particolari di manufatti:

- presenti sul territorio: per garantire la ricostruibilità dell’oggetto del rilievo,
- rappresentati nella mappa catastale: per consentire l’introduzione dell’oggetto del rilievo nella mappa catastale secondo una “procedura grafica di miglior adattamento”.

<i>Rappresentazione di Ellissoide di</i>	Gauss-Boaga	
	Hayford	
Parametri:	<i>semiasse maggiore:</i>	$a = 6378388 \text{ m}$
	<i>schacciamento:</i>	$s = \frac{1}{297} \quad s = \frac{a-b}{a}$
	<i>semiasse minore:</i>	$b = 6356911,946 \text{ m}$
	<i>Eccentricità:</i>	$e^2 = 0,0067226700022333$
Orientamento:	Monte Mario	
<i>coordinate geografiche:</i>	$\varphi = 41^\circ 55' 25'', 51$	
	$\lambda = 12^\circ 27' 08'', 4$ Est di Greenwich ($\omega = 0^\circ$) (origine delle longitudini nel sistema nazionale)	
<i>Azimut della direzione a:</i>	Monte Soratte	
	$6^\circ 35' 00'', 88$	
<i>Estensione massima</i>	<i>Fuso ovest:</i>	da 6° a $12^\circ 27' 08'', 40$ rispetto a Monte Mario
	<i>Fuso Est:</i>	da $11^\circ 57' 08''$ a $18^\circ 30'$
<i>Equazioni della carta</i>	$x = \rho \operatorname{sen} \left(\frac{\lambda R \cos \varphi}{\rho} \right) \cong \lambda \cdot R \cos \varphi$	
	$y = \rho_0 - \rho \cos \theta \cong R \cdot \varphi$	
<i>Cartografia catastale realiz- zata:</i>	modulo di deformazione lineare:	
	$m_l = 1 + \frac{x^2}{2\rho_0 N_o}$	
	Province di: Ancona, Bergamo, Brescia, Catanzaro, Foggia, Lecce, Sas- sari e Varese.	

Tabella 3. Quadro sinottico del datum e delle principali caratteristiche della rappresentazione di Gauss-Boaga utilizzati per la cartografia catastale.

Tali manufatti facilmente accessibili e stabilmente materializzati, in generale, non sono stazionabili con sensori tradizionali o satellitari; per buona parte di essi è stata prodotta una scheda monografica (Figura 6) e l'Agenzia del Territorio ne conserva la storia degli aggiornamenti.

In generale, per essi si dispone di coordinate cartografiche “lette” direttamente dalle mappe catastali, non definite attraverso operazioni topografiche di collegamento alla rete geodetica catastale. Si deve sottolineare che un siffatto patrimonio di informazioni, conservate e gestite dall'Agenzia, è stato di fatto prodotto da migliaia di tecnici abilitati alla redazione degli atti di aggiornamento catastali, come attività propedeutica agli stessi.

Oggi le distanze relative dei PF, note e conservate per tutti i PF utilizzati nei rilievi catastali, sono circa 17 milioni; esse sono state calcolate, con la procedura PREGEO (stima ai minimi quadrati), sul piano della rappresentazione cartografica della mappa catastale da aggiornare (Cassini-Soldner, Gauss-Boaga, Sanson-Flamsteed).

Per quanto concerne i PF, l' Agenzia del Territorio rende disponibili gratuitamente dal 2003, attraverso il proprio sito WEB, i seguenti documenti.

- Elenco delle monografie testuali: si tratta di un file ASCII (.taf) contenente la componente alfanumerica delle monografie dei PF di una stessa provincia; viene aggiornato e pubblicato mensilmente.



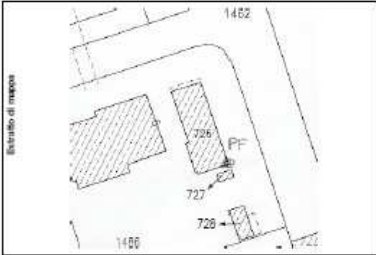
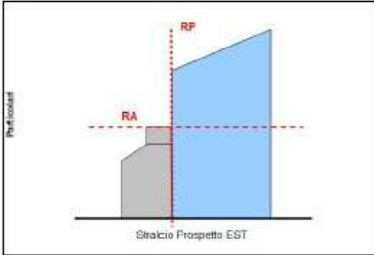
Punto Fiduciale		03/B17A/H501C	
 Ufficio Provinciale di ROMA		Sportello di Comune di ROMA SEZIONE C	
Comune:	H501	Foglio:	B17
Sezione:	C	Allegato:	A
Cassini-Soldner X: -21016.086 Y: -4980.212 Origine: Attendibilità: 50		Gauss-Boaga Nord: Est: Fuso: Attendibilità:	
Quota s.l.m. UTM-WGS84 Nord: Est: Fuso: Q. elliss.:			
Rilievi: Planimetrico: SPIGOLO SUD-EST FABBRICATO Altimetrico: SOGLIA PARAPETTO SCALE IN CORRISPONDENZA SPIGOLO			
Fotografia o scatto prospettico 			
Estratto di mappa 		Particella 	
Note		Istituito: Verificato: Annullato:	

Figura 6. Scheda monografica di un PF.

- Scheda monografica: si tratta di un file immagine (.pdf) contenente la monografia di un PF; viene pubblicato il giorno successivo alla sua immissione nella banca-dati catastale; attualmente ne sono disponibili circa mezzo milione.
- Elenco delle distanze misurate: si tratta di un file ASCII (.dis) contenente le distanze misurate e

relative precisioni (sqm) dei PF di una stessa provincia; viene aggiornato e pubblicato bimestralmente.

3.1 Test GeoCart: inquadramento di mappe catastali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89

Come si è già accennato, la cartografia catastale costituisce l'unico esempio di cartografia a grande scala estesa a tutto il territorio nazionale ed è stata realizzata in sistemi di riferimento e con proiezioni cartografiche diverse, per necessità pratiche emerse durante la sua formazione.

Attualmente, per facilitare l'integrazione delle informazioni catastali con quelle presenti in altre cartografie, appare opportuno unificare il sistema di riferimento catastale in un'unica proiezione cartografica nazionale che le autorità cartografiche europee individuano attualmente nella UTM-WGS84-ETRF89. Diventa pertanto importante determinare una procedura efficiente per georeferenziare la cartografia catastale in tale sistema; ciò risulta particolarmente rilevante (se non sostanzialmente necessario) per le piccole origini, che costituiscono, vista la loro elevata numerosità, il problema principale per raggiungere il suddetto risultato.

3.1.1 La metodologia operativa

Se da un lato sono consolidati gli algoritmi di trasformazione tra i diversi sistemi cartografici catastali ed il sistema UTM-WGS84-ETRF89 [Di Filippo, 2003, 2004], dall'altro la loro applicazione richiede la disponibilità di "punti doppi", ovvero punti di coordinate note nel generico sistema cartografico catastale e nel sistema UTM-WGS84-ETRF89.

La determinazione delle coordinate dei "punti doppi" si articola essenzialmente in tre fasi:

1. scelta dei punti, che necessariamente deve essere eseguita sulle mappe di impianto, in quanto costituiscono la base cartografica catastale più precisa,
2. stima mediante "lettura" delle coordinate cartografiche catastali dei punti prescelti,
3. rilievo delle loro posizioni sul territorio con sensori GNSS e stima delle loro coordinate cartografiche UTM-WGS84-ETRF89.

È proprio in quest'ultima fase che la disponibilità dei servizi di posizionamento di una rete di stazioni permanenti GNSS può essere conveniente per velocizzare le operazioni.

Si sottolinea che la scelta dei punti è probabilmente l'operazione più delicata, in quanto deve essere eseguita individuando i punti che garantiscano una sufficiente affidabilità della successiva trasformazione (sono necessari almeno 4 punti) e, nel contempo, siano ancora effettivamente presenti e rilevabili sul territorio, operazione non sempre semplice – soprattutto nelle zone che hanno subito notevoli trasformazioni urbanistiche - se si considera che le mappe di impianto possono risalire anche a diverse decine di anni fa (comunque prima del 1956).

3.1.2 Il test

Nell'ambito della sperimentazione condotta si è focalizzata l'attenzione sulle "piccole origini", che, vista la loro numerosità, rappresentano il principale onere per l'unificazione del sistema cartografico catastale.

L'area di test, corrispondente ad una "piccola origine", è stata individuata nel comune di Guidonia Montecelio (Roma): ha un'estensione di 50 kmq ed è rappresentata in 13 fogli di mappa catastali, alla scala di 1:4000, in rappresentazione di Cassini-Soldner.

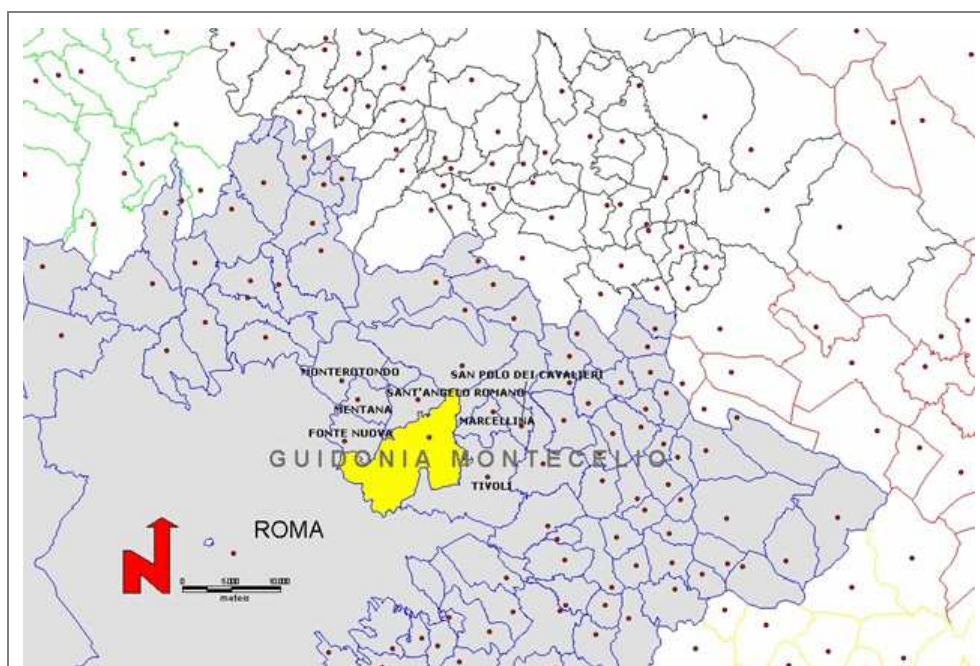


Figura 7. Test GeoCart: Comune in cui è stata individuata l'area di intervento.

Non essendo disponibili gli elementi geodetici (coordinate ROMA1940 o WGS84-ETRF89) dell'origine catastale delle coordinate Cassini-Soldner (denominata *Torraccio di Capobianco*), indispensabili per una trasformazione analitica delle coordinate, si sono ricercati direttamente sul territorio dei manufatti che risultassero presenti già all'epoca del rilievo di impianto della cartografia catastale e che pertanto potessero materializzare i "punti doppi" necessari per la stima dei 4 parametri della rototraslazione piana con variazione di scala, prevista dalla procedura dettagliatamente descritta in (Di Filippo, 2003), lavoro al quale si rimanda.

È noto che per garantire una minima ridondanza alla stima dei parametri della rototraslazione piana sono necessari almeno 3 "punti doppi"; per quanto concerne la loro affidabilità e precisione si può affermare che:

- sono necessari manufatti ancora esistenti e identificabili univocamente sui fogli di mappa originali d'impianto, che, come accennato, rappresentano per molte delle piccole origini l'informazione cartografica più precisa oggi disponibile,
- la precisione delle coordinate ricavate dai fogli di mappa d'impianto è dell'ordine di grandezza dell'errore di graficismo (80 cm per la scala 1:4000).

Così come previsto già in fase di definizione del lavoro, la ricerca dei suddetti punti ha rappresentato la fase più impegnativa del lavoro vista la difficoltà di reperimento degli stessi; infatti, in un ragionevole periodo dedicato alla ricerca (alcuni giorni), sono stati individuati solo 4 punti.

Per verificare l'affidabilità della metodologia dal punto di vista delle operazioni di rilievo, si sono condotte due campagne di misura indipendenti. Il rilievo GNSS-RTK è stato eseguito utilizzando i prodotti erogati dalla rete RESNAP-GPS. Per ognuno dei punti da rilevare, non stazionabili con il sensore GNSS in quanto spigoli di edifici, sono stati eseguiti 4 rilievi fuori centro con sessioni della durata di 2 minuti e successivamente essi sono stati determinati per intersezione (multipla) distanziometrica utilizzando un distanziometro elettronico (tipo Disto) in modo da poter operare senza prisma riflettore. L'analisi preliminare degli scarti residui di inquadramento ha purtroppo evidenziato l'inaffidabilità di uno dei punti e conseguentemente sono stati considerati solo i rimanenti 3.

Gli scarti residui finali (espressi in coordinate Cassini-Soldner) sui singoli punti sono risultati inferiori a 50 cm e le precisioni medie dei punti inquadrate pari a circa 30 cm; tali precisioni sono superiori a

quelle delle coordinate cartografiche di partenza ricavate dai fogli di mappa d'impianto (errore di graficismo di 80 cm).

Peraltro, si è verificato che per le "piccole origini" Cassini-Soldner aventi estensione in longitudine inferiore a 60 km le variazioni differenziali del modulo di deformazione lineare sono trascurabili rispetto all'errore di graficismo (0.2 mm alla scala della carta) e pertanto si può considerare un unico coefficiente di scala per la zona in esame e semplificare la procedura eseguendo la rototraslazione direttamente sul piano cartografico Cassini-Soldner come se fosse un piano cartesiano locale, non introducendo il piano cartografico Gaussiano locale ausiliario [Di Filippo, 2003].

3.1.3 Le conclusioni

La sperimentazione della metodologia di inquadramento delle mappe catastali nel nuovo sistema cartografico nazionale UTM-WGS84-ETRF89, condotta su mappe in scala 1:4000 (errore di graficismo pari a 80 cm) ha evidenziato il notevole contributo del rilievo GNSS-RTK appoggiato a reti di stazioni permanenti GNSS, dal punto di vista dell'efficienza e della precisione. Infatti, con intervalli di stazionamento di circa 2 minuti, sono stati rilevati 4 punti di impianto - non stazionabili direttamente con sensori GNSS - con stazioni GNSS ex-centro ed intersezioni distanziometriche e la stima della trasformazione cartografica è stata eseguita con un errore quadratico medio planimetrico pari a circa 30 cm, del tutto compatibile con l'errore di graficismo.

Occorre, in quest'ambito, sottolineare che l'inserimento delle mappe catastali nel nuovo sistema cartografico nazionale UTM-WGS84-ETRF89 ha valenza esclusivamente cartografica e non topografica, ovvero sia in termini di informazione tematica territoriale e non per i futuri aggiornamenti a scopo catastale. Infatti, le attuali mappe catastali sono il risultato di molteplici, disomogenei e diacronici rilievi di aggiornamento ciascuno dei quali è stato singolarmente inserito in mappa secondo il principio del miglior adattamento grafico (quindi introducendo deformazioni variabili localmente), a differenza delle mappe di impianto che rappresentano effettivamente il prodotto del rilievo eseguito originariamente in modo omogeneo. Conseguentemente è illusorio ritenere che le mappe catastali, una volta inserite nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89, rappresentino oggetti correttamente georeferenziati in tale Sistema (quindi rilevabili direttamente con sensori GNSS), anche tenendo conto dell'errore di graficismo alla scala della mappa. Pertanto, anche se riferite nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89, le mappe catastali non potranno comunque essere aggiornate con tale tipologia di sensori in modo "diretto", superando l'esigenza che ha portato all'introduzione dei punti fiduciali. Possono però risultare notevolmente utili come carte tematiche se associate ad altre informazioni territoriali disponibili a scale nominali inferiori a quelle proprie delle mappe (in genere 1:5000 e 1:10000).

3.2 Test GeoPF: inquadramento della maglia dei punti fiduciali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89

Si intuisce che se, oggi, i PF fossero noti in un unico sistema cartografico (ad esempio UTM-WGS84-ETRF89) potrebbero rappresentare un rilevante patrimonio di dati disponibili per svariate applicazioni geomatiche, oltre che catastali.

L'utilizzabilità dei dati, prevalentemente disponibili per i PF ricadenti nelle aree soggette a variazioni territoriali, risulta naturalmente subordinata alla disponibilità di metodologie di gestione ed elaborazione dati, oltre a tecniche di rilievo veloci ed efficienti per la determinazione delle coordinate UTM-WGS84-ETRF89 di "punti fiduciali di inquadramento" (PFI), ovvero sia di quei pochi PF ritenuti idonei dal punto di vista geodetico (posizione nella rete) e logistico (facilità di rilievo) al collegamento della maglia dei PF al nuovo sistema cartografico nazionale.

È importante ribadire che la presenza dei PF rilevati nelle sole aree soggette a variazioni territoriali non configura una rete connessa sull'intero territorio; addirittura, la rete risulta sostanzialmente assente nelle zone montane non urbanizzate. Questa condizione, comunque, non pregiudica il lavoro proposto: sarà sempre possibile collegare alla rete inquadrata nel sistema UTM-WGS84-ETRF89 i PF rilevati in futuro, connettendoli ad essa, eventualmente, prevedendo il rilievo di nuovi PFI.

Nel proposito si richiama l'attenzione su uno degli obiettivi che l'Agenzia del Territorio si prefiggeva di raggiungere con i PF, ovvero sia "ottenere, con un limitato numero di aggiornamenti (rilievi), elementi

metrici sufficienti per una corretta ricomposizione della maglia dei PF e dei rilievi ad essi connessi” (circolare n. 2/1988).

3.2.1 La metodologia operativa

Il lavoro è stato condotto mediante le seguenti fasi operative:

- reperimento dei dati,
- analisi preliminare dei dati,
- elaborazione dei dati,
- determinazione delle coordinate UTM-WGS84-ETRF89 dei PFI con rilievi GNSS,
- analisi dell'utilizzabilità in ambito "non catastale" dei PF georeferenziati.

3.2.1.1 Reperimento dei dati

Il reperimento dei dati utilizzati è sicuramente la fase di più facile esecuzione, in quanto essi sono contenuti nei file .taf e .dis (vedi § 3).

Nei suddetti file, sono contenute, opportunamente codificate, le informazioni sui PF ricadenti nel territorio di una stessa provincia (Figura 8).

The image shows two overlapping windows of data files. The top window, titled 'File ROMAtaf', contains a list of cadastral parcels with columns for parcel ID, description, and coordinates (Easting, Northing, Height). The bottom window, titled 'File RM040607.dis', shows a similar list but with numerical codes in the second column and values in the third and fourth columns, likely representing area or volume.

Figura 8. Contenuto del file .taf e del file .dis.

3.2.1.2 Analisi preliminare dei dati

Pur in presenza di una codifica standard delle informazioni (Figura 9), che lascia immaginare un’agevole trattazione informatica dei dati, si possono riscontrare una serie di difficoltà che incidono non poco sui tempi dell’analisi preliminare dei dati.

La suddetta analisi permette di individuare sostanzialmente due categorie di punti, che potremmo definire *attuali* e *annullati*. Fra questi ultimi si distinguono quei particolari che non sono più presenti sul territorio per “demolizione” da quelli che, invece, sono ancora materializzati ma non sono ritenuti idonei ai fini catastali, ad esempio per sopravvenuta inaccessibilità; tale condizione, ovviamente, non li esclude dai punti rilevati presi in considerazione nell’operazione di inquadramento.

Una possibile difficoltà di trattazione dei dati è legata alla nomenclatura dei punti; infatti, una volta che un PF è stato rilevato nell'ambito di un atto di aggiornamento, non è più possibile variare nessuno dei campi che lo descrivono nell'archivio dei punti fiduciali a meno del campo descrizione. Per tale motivo, un PF, già oggetto di misure, si identifica con un nuovo numero ogni qualvolta varia uno dei suoi elementi descrittivi (foglio e comune), la rappresentazione cartografica della mappa su cui ricade o le coordinate a seguito di inquadramento nella rete geodetica.

PFXX/YYW/ZZZ

Dove:

XX = Numero del PF nell'ambito del foglio di mappa

YYY = Numero del foglio di mappa in cui ricade il PF (Se > 999 usare prefissi: A=1000; B=1100; C=1200; ecc.)

W = Lettera identificativa dell'eventuale allegato al foglio di mappa (0 se non si tratta di allegato)

ZZZ = Codice nazionale del comune

Esempio
 Punto fiduciale n. **25** dell'allegato **A** al foglio **1121** del comune di **Roma**: **PF25/B21A/H501**

Figura 9. Codifica standard del PF.

Questa condizione, nel caso dell'area di indagine considerata ha prodotto, a seguito della formazione di allegati ad un foglio di mappa, per lo stesso particolare che materializza il PF, due diverse codifiche: una riferita al foglio e l'altra all'allegato derivato.

La descrizione del particolare che materializza il PF in alcuni casi è limitata all'identificazione catastale del punto (esempio: triplice tra le particelle ...) e non comprende la descrizione univoca della sua materializzazione; per i punti dell'area di indagine non si sono riscontrate descrizioni contenenti informazioni sulle modalità di accesso al punto o elementi toponomastici.

Si può asserire che se i PF descritti nel file .taf presentano le informazioni sufficienti per una loro identificazione catastale, laddove si voglia ampliare l'ambito di utilizzazione dei punti sarebbe auspicabile integrare i campi esistenti con ulteriori campi descrittivi della materializzazione, accesso, riferimenti, ecc. Forse proprio il riconoscimento di una valenza non solo catastale dei PF potrebbe giustificare un ulteriore sforzo da parte dei tecnici utilizzatori per integrare progressivamente con le suddette voci le informazioni relative ai PF.

Per quanto concerne le distanze misurate dei PF si constata la tendenza (giustificata dall'obiettivo di rendere più celere e quindi economico il rilievo) di una buona parte dei tecnici professionisti a non ripetere le osservazioni ai PF già utilizzati in precedenti rilievi (es. accatastamento del fabbricato a seguito del frazionamento con cui si è definito il lotto edificatorio) ma a riproporre nel nuovo "libretto delle misure" le precedenti osservazioni.

3.2.1.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati deve prevedere inizialmente un'analisi topologica della rete di distanze per evidenziare singolarità interne. Infatti, si osserva che:

- la rete dei PF non è interamente connessa a livello nazionale in quanto i punti sono presenti e rilevati solo nelle zone interessate da interventi territoriali (Figura 10),
- si possono manifestare ovvie singolarità angolari, essendo la rete tra i PF rilevati costituita da sole distanze sul piano cartografico (Figura 11).

Successivamente è opportuno eseguire compensazioni a minimi vincoli anche parziali per sottoreti (es. singole origini catastali), in modo da valutare e, se necessario, raffinare la qualità delle distanze (identificazione ed eliminazione degli *outlier* residui) e delle coordinate approssimate cartografiche (disponibili sulle schede monografiche originali e relative alle singole origini catastali).

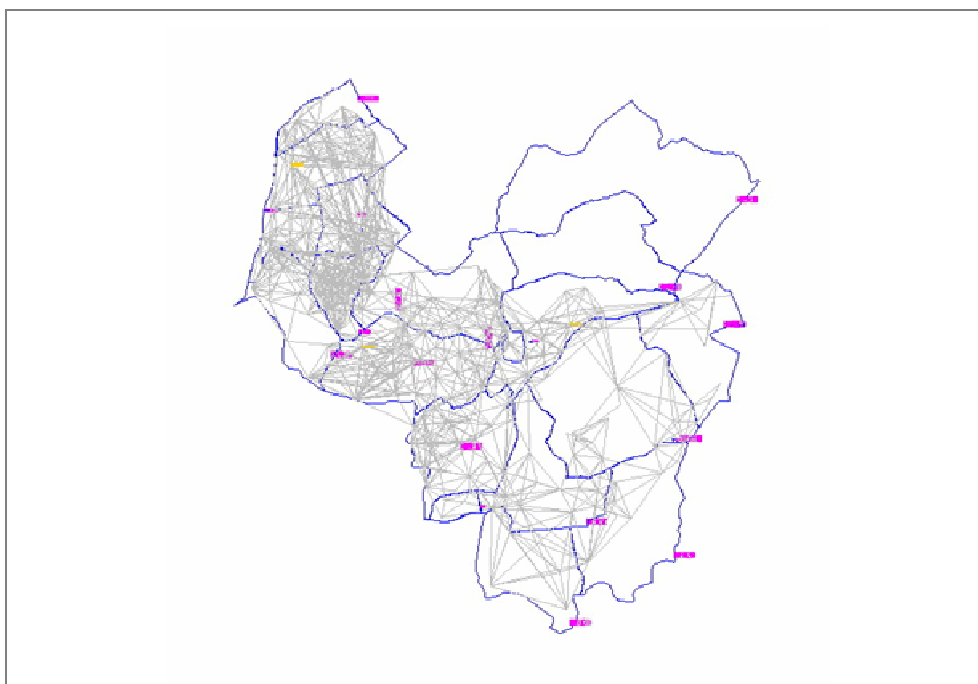


Figura 10. Esempio della rete dei PF rilevati nell'area di lavoro.

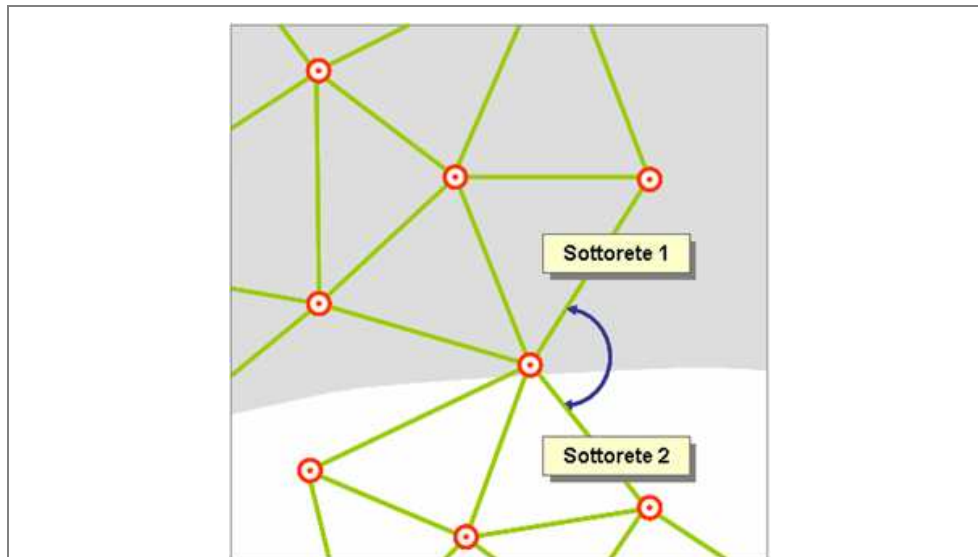


Figura 11. Singolarità angolari della rete dei PF rilevati.

Tale calcolo preliminare è altresì utile per affinare la scelta dei PFI, che deve prendere in considerazione necessariamente anche la ridondanza locale della rete, talora scarsa a causa dell'assenza di osservazioni angolari.

3.2.1.4 Determinazione delle coordinate UTM-WGS84-ETRF89 dei PFI con rilievi GNSS

I PFI da determinare mediante rilievi GNSS devono essere scelti, come già accennato, tra i punti che presentano buone qualità dal punto di vista geodetico e logistico.

Per quanto riguarda le tecniche di rilievo, considerati i risultati conseguiti nelle recenti sperimentazioni in ambito nazionale, la qualità dei rilievi eseguiti per gli atti di aggiornamento catastale (Figura 12³) e i requisiti di precisione degli stessi previsti dalla circolare 2/1988 (Figura 13), si può affermare che la tecnica GNSS-RTK che utilizza reti di stazioni permanenti GNSS costituisce una risorsa molto importante per il rilievo dei PFI. A tal proposito si fa osservare che le tecniche di rilievo prevalentemente utilizzate per la redazione degli atti di aggiornamento catastali sono basate sull'uso di stazioni totali (Figura 12) a cui è possibile associare precisioni decisamente superiori a quelle previste dalla circolare 2/1988.

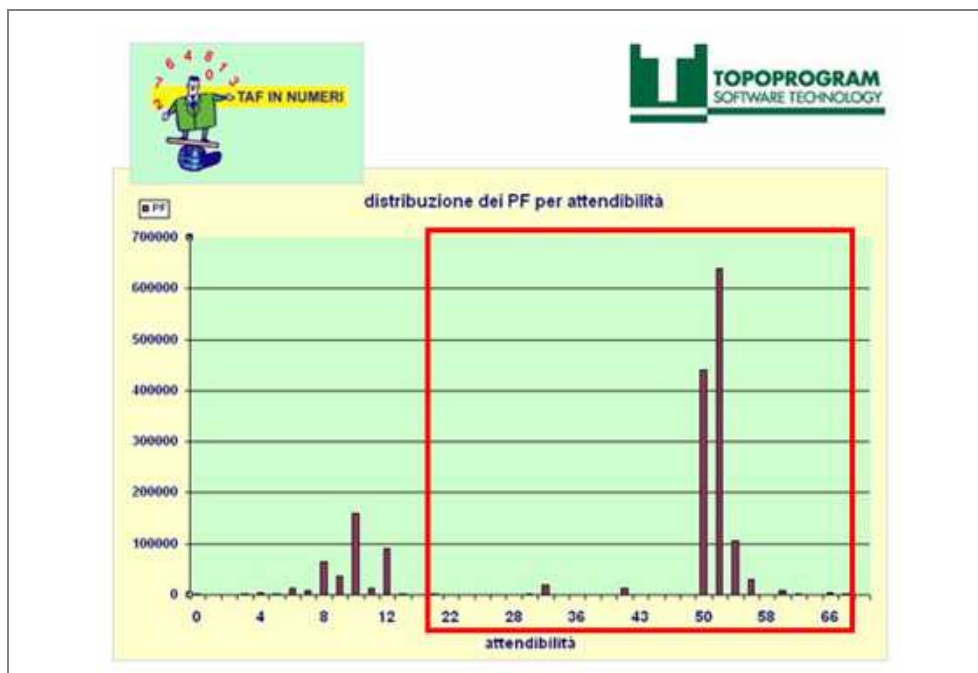


Figura 12. Distribuzione nazionale dei PF per codice di attendibilità delle coordinate (Novembre 2004).

È tuttavia opportuno sottolineare che, in taluni casi, per la tipologia di materializzazione dei punti fiduciali, può essere necessario eseguire rilievi integrati con sensori GNSS e terrestri (ad es. intersezione diretta distanziometrica) (Figura 14).

³ Il codice di attendibilità che si associa alle coordinate dei punti rilevati (PF e vertici particellari), definito dalla Circolare n.2/1988 è costituito da un numero di 2 cifre compreso nell'intervallo 20÷88; esso sintetizza le informazioni qualitative sulle coordinate di un punto rilevato in funzione delle variabili esterne (rete di appoggio) e di quelle interne (metodologia e strumenti di rilievo) all'attività del tecnico.

La 1ª cifra (da 2 a 8) caratterizza le metodologie di rilievo: allineamento e squadri (2), celerimensura tradizionale (3 e 4), celerimensura elettro-ottica (5 e 6) e rilievo satellitare (7 e 8).

La 2ª cifra (da 0 a 8) caratterizza i PF utilizzati per l'appoggio del rilievo: PF di aggiornamento (0), PF di impianto (2), rete mista (4), rete catastale (6), rete geodetica (8).

Il codice di attendibilità attribuito alle coordinate dei PF in fase di istituzione, definito dalla Circolare n. 2/1987, è costituito da un numero di 2 cifre compreso nell'intervallo 1÷12 (una recente disposizione ha ampliato l'intervallo a 1÷19).

L'attendibilità da 1 a 9 caratterizza i PF le cui coordinate sono analitiche: vertici della rete IGM (1÷5) della rete catastale (6÷8) e punti stabili di riferimento (9).

L'attendibilità da 10 a 12 caratterizza i PF le cui coordinate sono state desunte dal supporto cartografico e con non sono stati rilevati con atti di aggiornamento.

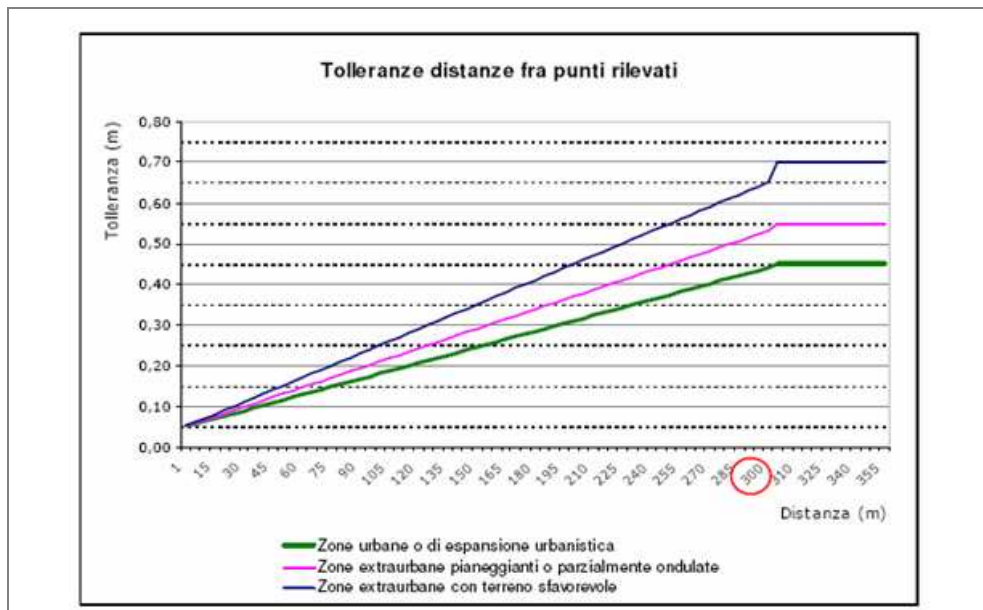


Figura 13. Requisiti di precisione dei rilievi, previsti dalla circolare 2/1988.

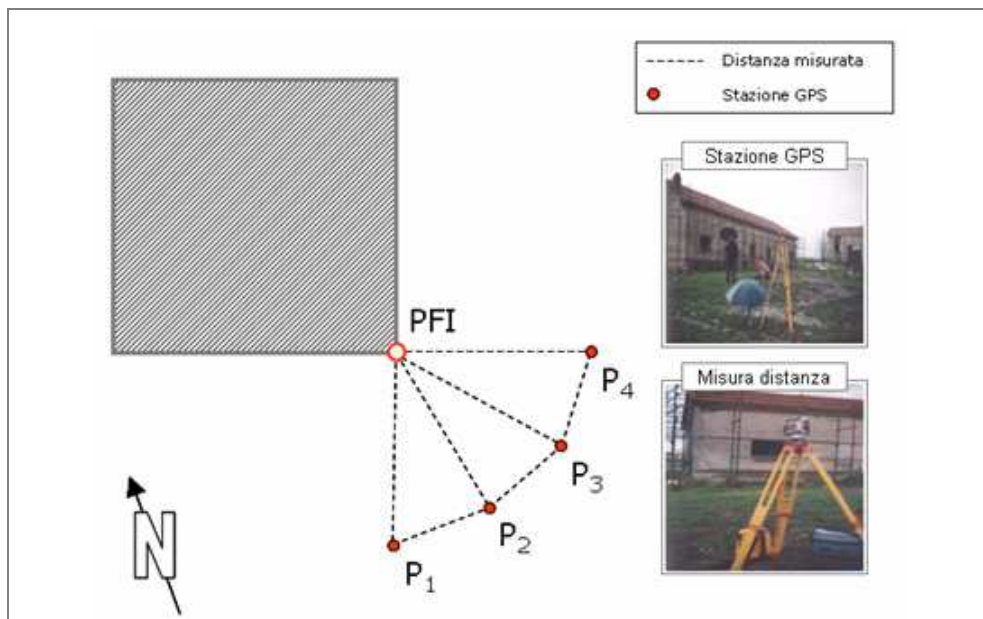


Figura 14. Rilievo integrato, con sensori GNSS e terrestri, dei PFI.

Quindi, si deve procedere al calcolo delle coordinate approssimate dei PF nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 mediante la trasformazione delle coordinate approssimate, relative alle singole origini, secondo la soluzione analitica descritta in (Di Filippo, 2003), sostanzialmente basata su una roto-traslazione con variazione di scala sul piano di Gauss. Tale operazione risulta facilitata se sono disponibili, teoricamente, almeno 2 PFI per ogni origine (in realtà è ovviamente opportuno che ne siano disponibili almeno 3 o 4 per garantire una sufficiente affidabilità della trasformazione).

A questo punto sono disponibili le coordinate approssimate di tutti i PF coinvolti nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 e le singole sottoreti risultano intrinsecamente compensate ed analizzate. Dovendo eseguire il calcolo finale nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 è quindi necessario ridurre tutte le distanze tra i PF in tale sistema, comprese quelle che legano reciprocamente le sottoreti; tale questione è particolarmente evidente nelle aree rappresentate catastalmente da cartografia riferita a “piccole origini”.

3.2.1.5 Il Test

È stata eseguita una sperimentazione della metodologia proposta su un'area contenuta nei Comuni di *Guidonia Montecelio* e *Fonte Nuova* (provincia di Roma). La cartografia catastale che li descrive è nella rappresentazione di Cassini-Soldner e l'origine è denominata *Torraccio di Capobianco*. I PF che ricadevano su tale territorio, alla data di acquisizione dei file .taf e .dis, erano complessivamente 310 di cui 56 annullati, a cui corrispondevano complessivamente 2275 distanze misurate (da 1 a 57 volte, mediamente 3.76 volte).

La compensazione preliminare a minimi vincoli della rete dei PF del foglio 7 del Comune di *Guidonia Montecelio* – Sezione *Marco Simone* -, ovvero di 19 PF e relative 53 distanze (mediane di tutte le distanze relative ad una coppia di PF) ha permesso di identificare ed eliminare 3 *outlier*; è stata inoltre ristimata in blocco la precisione (sqm) delle distanze con la classica procedura descritta in (Crespi e Pinto, 1991).

Sinteticamente sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- $\sigma_{\text{distanze}} = 15 \text{ cm}$
- precisioni (sqm) medie $\sigma_E = 24 \text{ cm}$, $\sigma_N = 28 \text{ cm}$
- precisioni (sqm) mediane $\sigma_E = 15 \text{ cm}$, $\sigma_N = 15 \text{ cm}$
- 2 PF presentano precisioni sensibilmente inferiori (circa 1 m)

Peraltro, la precisione mediana è confrontabile con quella ottenuta in un'analogha sperimentazione (Conia et al., 1994).

3.2.1.6 Le conclusioni

Sulla base della pur limitata sperimentazione condotta è possibile ipotizzare un utilizzo dei PF in ambito non catastale per svariate applicazioni geomatiche, qualora georeferenziati nel sistema cartografico nazionale UTM-WGS84-ETRF89 con precisioni dell'ordine di 10÷20 cm. Tra queste si ritiene opportuno segnalare, per il loro evidente e diffuso interesse, le seguenti:

- materializzazione “densa” del sistema cartografico nazionale UTM-WGS84-ETRF89 nelle aree interessate da interventi territoriali, che permette di inquadrare in tale sistema anche rilevamenti (caratterizzati da precisioni decimetriche) eseguiti con sola strumentazione terrestre,
- cogestione (integrazione) del tematismo della cartografia catastale con la cartografia tecnica regionale e comunale (scale 1:1000, 1:2000, 1:5.000 o 1:10.000),
- contributo all'appoggio a terra di immagini aeree e satellitari e, conseguentemente, alla formazione di basi cartografiche anche a grande scala.

È possibile comunque tratteggiare alcune considerazioni di validità generale:

- la fase più onerosa della procedura risiede certamente nella gestione automatica di tutti i dati associati ai PF,
- l'elevato numero di PF disponibili permette di selezionare solo i “migliori” ai fini del calcolo della rete e del suo inquadramento.

Si possono quindi individuare alcune linee per future ricerche in questo settore:

- definizione di specifiche procedure per la gestione del data-base dei PF, il calcolo e la validazione dei risultati (selezione dei migliori PF), in modo da garantire l'omogeneità del prodotto a livello nazionale,
- verifica (a campione) dei risultati conseguibili utilizzando direttamente le osservazioni (distanze e direzioni azimutali) contenute nell'elaborato tecnico “libretto delle misure” che è parte integrante di ogni atto di aggiornamento catastale, al posto delle distanze cartografiche tra i PF calcolate dalla procedura PREGEO,
- verifica della possibilità di individuare i PF su immagini aeree e satellitari sulla base delle informazioni contenute nelle schede monografiche degli stessi,

- definizione di procedure per l'integrazione tra la cartografia catastale ed altre cartografie di base a grande scala.

3.3 Test GeoAgg: inquadramento di rilievi di aggiornamento catastale nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89

È ben noto che l'aggiornamento di una cartografia tecnica è senza dubbio l'operazione fondamentale per il suo mantenimento "in vita", evitando così di "cristallizzarla" allo stadio iniziale della sua produzione. Se, in particolare, si considera il problema di un suo continuo aggiornamento (eventualmente gestito da una molteplicità di soggetti operanti sul territorio), diventa importante individuare e valutare procedure di aggiornamento veloci, economiche e facilmente codificabili in semplici protocolli operativi, affinché il prodotto cartografico conservi nel tempo le necessarie caratteristiche di omogeneità.

Un caso particolarmente rilevante di aggiornamento continuo prodotto da più soggetti è quello della cartografia catastale che, come è noto, anche se limitatamente al tematismo rappresentato (sostanzialmente i limiti di possesso e i fabbricati), subisce un aggiornamento continuo da parte di tecnici professionisti abilitati. Tale constatazione ha portato a indagare sui contributi che i servizi di posizionamento, offerti da una rete di stazioni permanenti GNSS, possono dare all'aggiornamento continuo della cartografia catastale.

3.3.1 La procedura di aggiornamento della cartografia catastale: situazione attuale

Come si è fatto osservare (§ 2) la mappa catastale costituisce attualmente l'unica cartografia a grande scala estesa a tutto il territorio nazionale e la sua formazione ha richiesto un lungo periodo durante i quali, per motivi di opportunità, dettati dai principi di economia senza però trascurare le conoscenze tecnico-scientifiche via via resesi disponibili, si sono adottati diversi sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche.

Questo aspetto non ha condizionato l'aggiornamento della cartografia catastale anche nel momento in cui i vertici dei diversi livelli della rete geodetica di inquadramento catastale (rete, sottorete, dettaglio) sono venuti a mancare; infatti, in generale, le operazioni topografiche interessano ambiti territorialmente limitati (l'oggetto del rilievo è la particella catastale) nei quali si individuavano facilmente degli oggetti, rappresentati nella mappa catastale, ai quali vincolare le misure.

La successiva operazione di introduzione in mappa delle geometrie rilevate, richiedeva poi degli inevitabili adattamenti grafici, connessi anche alla crescita delle precisioni strumentali, che nella successione temporale degli aggiornamenti hanno prodotto, come risulta dalla presa d'atto che il Catasto fa nella circolare n. 2/1988, uno "scollamento" tra la realtà territoriale rilevata topograficamente e la sua rappresentazione nella cartografia catastale.

Per superare questo limite, con la circolare n. 2/1987 il Catasto ha disposto l'individuazione progressiva sul territorio nazionale, con una densità di un punto ogni 250÷300 m, dei PF ai quali i tecnici abilitati all'aggiornamento catastale avrebbero dovuto vincolare gli elementi rilevati (da un punto di vista "geodetico" i PF materializzano «localmente» il sistema di riferimento).

Tali punti devono avere le caratteristiche e assolvere agli scopi descritti a seguire:

- essere presenti sul territorio, per garantire la ricostruibilità dell'oggetto del rilievo (componente topografica dell'atto di aggiornamento catastale),
- essere rappresentati nella mappa catastale, per consentire l'introduzione dell'oggetto del rilievo nella mappa catastale (componente cartografica dell'atto di aggiornamento catastale).

Quindi, attualmente, il tecnico "descrive" l'immobile da censire in Catasto attraverso le sole misure relative all'oggetto del rilievo (formalmente costituito dalle nuove geometrie e dai PF), senza modificarle con alcuna operazione di "compensazione" che potrebbe essere suggerita dalla necessità di inserire le nuove geometrie nella preesistente realtà grafica della mappa. È il caso ricordare che tali misure sono archiviate nella sezione denominata "libretto delle misure" del file PREGEO, che rappresenta il contenitore delle "grandezze misurate" e che, se per alcuni aspetti pone limiti al formato con cui le misure possono essere dichiarate, per altri si è rivelato un notevole esempio di standardizzazione degli elementi topografici di un rilievo, ancor più se si osserva che la sua formulazione originaria risale al 1988.

Da quanto detto, si evince come il Catasto con l'istituzione dei PF abbia voluto fornire ai tecnici un

sistema di riferimento locale (materializzato da manufatti presenti in prossimità dei particolari da rilevare) per il quale è disponibile la monografia e sono documentate le eventuali variazioni, garantendo così una sua univoca identificazione nel tempo; aspetto rilevante nel caso di un eventuale ripristino dei confini.

Con l'istituzione dei PF, peraltro, il Catasto intende ottenere *“con un limitato numero di aggiornamenti (rilievi), elementi metrici sufficienti per una corretta ricomposizione della maglia dei punti fiduciali e quindi dei rilievi ad essi connessi”*, mentre il tecnico può tenere distinti l'aspetto topografico (ricostruibilità) e quello cartografico (inquadramento sulla mappa) connessi alle geometrie rilevate. In sostanza, una volta archiviate un numero sufficiente di distanze tra i PF, il Catasto prevede di collegare con operazioni geodetiche le “sottoreti” dei “poligoni fiduciali misurati” alla rete geodetica nazionale ottenendo il corrispondente inquadramento dei rilievi connessi ai PF.

Anche per supportare tale operazione, il Catasto ha avviato nel 1994 la realizzazione della “Maglia primaria dei punti fiduciali” avente la densità di un punto ogni circa 4 km; si tratta di un progetto di raffittimento “statico” della rete geodetica nazionale IGM95, che attualmente, per una serie di incidenti di percorso, si è concretizzato solo in alcune regioni.

Si osserva tuttavia che l'operazione di inquadramento dei poligoni fiduciali, seppure proceduralizzabile informaticamente, essendo stati i PF opportunamente codificati, si presenta complessa (Di Filippo et al., 2005) per i seguenti aspetti:

- richiede indubbiamente non poche risorse, laddove la maglia primaria dei punti fiduciali non è presente,
- non può essere eseguita “una tantum”, in quanto ancora oggi vengono istituiti nuovi PF che coprono i “buchi” della rete o sostituiscono altri punti dispersi o divenuti inutilizzabili.

3.3.1.1 La procedura di aggiornamento della cartografia catastale e le reti di stazioni permanenti GNSS

Complessivamente, pertanto, l'attuale procedura topografica di aggiornamento, che prevede la materializzazione di sistemi di riferimento locali tramite PF, implica la conservazione di un'ingente mole di informazioni; contemporaneamente, la ricomposizione della maglia dei PF e dei rilievi ad essa connessi, che potrebbe teoricamente garantire l'unificazione dei sistemi riferimento, richiede di essere a sua volta aggiornata.

D'altra parte, l'attuale disponibilità tecnologica di reti di stazioni permanenti GNSS in grado di erogare servizi di posizionamento sia in tempo reale che a posteriori spinge a valutarne le ricadute in termini di efficienza, non solo dal punto di vista dell'esecuzione dei rilievi topografici ma anche dal punto di vista della gestione delle informazioni necessarie per eseguirli.

Preso atto delle prestazioni dei moderni sensori GNSS e della crescente disponibilità sul territorio nazionale di reti di stazioni permanenti GNSS, si è condotta una riflessione sui possibili vantaggi derivanti dall'utilizzo congiunto di sensori e reti GNSS, non tanto per quanto concerne l'operazione tecnica di produzione di un atto di aggiornamento catastale quanto per la gestione di questo prodotto topografico in sostituzione di quello attuale.

La prima parte dell'analisi ha riguardato i vantaggi che si avrebbero, nel caso di rilievi eseguiti con la presenza di sensori GNSS, “sostituendo” i circa 127.000 PF tradizionali presenti nel Lazio con i 10-11 GPF (Global PF) realizzati dalle stazioni permanenti GNSS necessarie a coprire il territorio della regione.

Si è constatato che i GPF consentirebbero il raggiungimento dei seguenti risultati:

- inquadramento nel “sistema di riferimento” dell'oggetto del rilievo, intrinseco nell'operazione di rilievo stessa,
- precisione omogenea e controllabile,
- descrizione in 3D della proiezione dell'immobile,
- facile condivisione degli elementi geometrici rilevati tra tutte le cartografie in UTM-WGS84-ETRF89,
- dettagliata descrizione 3D del territorio, seppur limitatamente alle aree soggette ad aggiornamenti catastali.

A questo si aggiunga che la gestione di una rete “dinamica” di circa 200 GPF in tutto il territorio nazionale garantirebbe una migliore stabilità spazio-temporale e omogeneità rispetto all'attuale rete di 1.7 milioni di PF.

Nella seconda parte dell'analisi, invece, si è focalizzata l'attenzione sullo specifico ruolo cui l'atto di aggiornamento catastale deve assolvere. Si è constatato che utilizzando i GPF, l'atto di aggiornamento catastale raggiunge comunque i due fondamentali scopi:

- topografico - descrizione dell'immobile con un numero di misure atte a garantire la sua ricostruibilità.

Il limite che si osserva è che per ricostruire i punti del rilievo non si può prescindere dalla tecnica di rilievo utilizzata: è necessario un sensore GNSS.

- cartografico - rappresentazione dell'immobile mediante il miglior adattamento della geometria di aggiornamento alla mappa catastale vigente.

L'inquadramento cartografico dell'oggetto del rilievo si esegue utilizzando i soli "punti di rilievo isolati di importanza catastale", previsti dalla Circolare n. 2/1992. Si tratta di particolari che materializzano vertici di confine o punti disposti lungo il confine, presenti in prossimità dell'oggetto del rilievo e rappresentati nella mappa catastale; sono stati introdotti proprio per consentire un miglior inquadramento cartografico dell'oggetto del rilievo, quando i PF non presentano una sufficiente congruenza cartografica tra loro e la particella da aggiornare.

Quindi si può concludere affermando che, in presenza dei GFP e di rilievi in cui vengano utilizzati anche i sensori GNSS, è possibile garantire i requisiti cui deve soddisfare un atto di aggiornamento catastale secondo la vigente normativa.

4 RIFLESSIONE CONCLUSIVA

Il mantenimento spazio-temporale del sistema di riferimento assume un ruolo ancora più importante rispetto a quanto evidenziato nell'ambito del lavoro illustrato se si considera l'aspetto civilistico che un atto di aggiornamento catastale assume: le misure in esso riportate definiscono i limiti entro i quali si esercita un determinato diritto reale (confini).

Per garantire la ricostruibilità dei confini (anche dopo diverse decine di anni) è pertanto fondamentale che il gestore del servizio di posizionamento erogato da una Rete di stazioni permanenti che ha "fornito" il Sistema di Riferimento, nel quale si sono definite le posizioni che definiscono i confini di cui sopra in una certa epoca, sia in grado di "traslocarlo" temporalmente, consentendo di individuare tali posizioni con un livello di precisione accettabile non solo dal punto di vista tecnico ma anche legale, in qualunque altra epoca.

Il passaggio alla "fase matura" delle Reti di stazioni permanenti GNSS impone pertanto, ineluttabilmente, l'individuazione di un Ente a carattere pubblico (esistente o da creare allo scopo) che si assuma l'onere di certificare il servizio di posizionamento GNSS per garantire il fruitore del prodotto georiferito che la valenza della posizione stimata in un rilevamento non sia limitata all'epoca della sua definizione (ed applicazione: cartografica, topografica, ecc.) ma si conservi nel tempo.

BIBLIOGRAFIA

- G. Boaga, *Sviluppo dei lavori trigonometrici italiani attraverso i secoli e stato attuale della rete geodetica fondamentale*, Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali n. 1; 1950.
- M. Crespi, G. Reina, *Reti di stazioni permanenti GNSS a supporto dell'aggiornamento di un DB cartografico: il caso della cartografia catastale*, Atti della 9ª Conferenza Nazionale ASITA; Catania, Italy, 2005.
- M. Crespi, G. Reina, *Inquadramento di mappe catastali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 mediante rilievi GPS-RTK rispetto a stazioni permanenti*, Atti della 8ª Conferenza Nazionale ASITA, Roma, Italy, 2004.
- S. Di Filippo, *Sulla trasformazione delle coordinate plano-cartografiche dalla rappresentazione di Cassini-Soldner alla rappresentazione di Gauss-Boaga e viceversa*, Rivista del dipartimento del territorio n. 3, 1995.
- S. Di Filippo, *Sulla trasformazione delle coordinate plano-cartografiche dalla rappresentazione di Sanson-Flamsteed alla rappresentazione di Gauss-Boaga e viceversa*, Rivista del dipartimento del territorio n. 3, 1997.
- S. Di Filippo, *Sul passaggio delle coordinate plano-cartografiche catastali al sistema WGS84 e viceversa*. Rivista dell'agenzia del Territorio n. 1, 2003.
- S. Di Filippo, *Situazione attuale e prospettive della cartografia catastale nell'ottica della riunificazione dei sistemi di riferimento*, Rivista dell'agenzia del Territorio n. 2, 2004.

- S. Di Filippo, F. Ferrante, P. R. Gnesivo, *Le attività di frontiera per un nuovo futuro della cartografia catastale*. Rivista dell'agenzia del Territorio n. 2, 2005.
- A. Paroli, *Metodi e strumenti di rilevamento nei 70 anni di formazione del Catasto terreni*. Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali n. 4, 1958.
- F. Sansò, M.C. de Lacy, *Uno Studio sulle Diverse Applicazioni del GPS e sul Futuro Sviluppo della Rete di Stazioni Permanenti GPS sul Territorio Italiano Orientato alla Creazione di un Servizio Geodetico Nazionale*. <http://geomatica.como.polimi.it/gnss/arti-coli/asi.pdf>, 2002.

SITI WEB

(aggiornati al 31 gennaio 2007)

AdT	Agenzia del Territorio	http://www.agenziaterritorio.it/
Intesa-GIS	Intesa Stato-Regioni-Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici	http://www.intesagis.it/ .
RESNAP-GPS	REte Sperimentale regionale di stazioni GPS per il Posizionamento e la Navigazione	http://w3.uniroma1.it/resnap-gps/

ACRONIMI

ETRFyy	European Terrestrial Reference Frame (realizzazione dell'anno yy)
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
PF	Punto Fiduciale
PREGEO	Pretrattamento Geometria
RESNAP-GPS	REte Sperimentale regionale di stazioni GPS per il Posizionamento e la Navigazione
RTK	Real Time Kinematic
UTM	Universal Transverse Mercator
WEGIS	WEB Enable GIS
WGS84	World Geodetic System 84

