NOTA SULLE QUOTE E COORDINATE DEI PUNTI RILEVATI DAGLI ASTRONOMI DI BRERA FRA LA FINE DEL XVIII E L'INIZIO DEL XIX SECOLO

Pietro BROGLIA * Luigi MUSSIO **

** Osservatorio Astronomico di Brera – INAF
Via Emilio Bianchi – 23807 Merate (Lecco)
Tel. 039 999 1123, Fax 039 999 1160
pietro.broglia@brera.inaf.it

* DIIAR. Politecnico di Milano
Piazza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano
Tel. 02 2399 6501, Fax. 02 2399 6530
Luigi.mussio@polimi.it

Riassunto: L'analisi e il confronto fra una base antica di dati, tratti dall'Archivio dell'Osservatorio Astronomico di Brera, e recenti basi di dati create dalla cartografia moderna ha dato agli autori la possibilità di verificare la qualità del rilievo fatto all'inizio del XIX secolo dalla suddetta istituzione.

Abstract: The analysis and comparison between an ancient data base coming from the Archive of Brera Astronomical Observatory and recent measurements data base created from modern cartography gave the authors the possibility to verify the quality of the surveying made at the beginning of the XIX century by the above mentioned institution.

Introduzione

L'analisi e il confronto fra una base antica di dati, tratti dall'Archivio dell'Osservatorio Astronomico di Brera [AOB], e recenti basi di dati create dalla cartografia moderna ha permesso di verificare la qualità del rilievo fatto all'inizio del XIX secolo dalla suddetta istituzione. A riguardo, l'attività sviluppata dagli astronomi dalla fine del XVIII secolo all'inizio del XIX segnarono l'inizio della cartografia moderna a Milano e in Lombardia, con le misure della base geodetica e della triangolazione di primo e secondo ordine. Fra l'importante documentazione depositata, si trovano anche i primi dati che determinarono la rete altimetrica, misurata con distanze zenitali (riferite ad un sistema cartesiano locale con origine nell'asse della guglia del Duomo di Milano definito come punto trigonometrico di primo ordine, dove le unità di misure lineari sono espresse in tese francesi e l'origine delle longitudini è nell'Isola del Ferro – Canarie, anziché a Greenwich), successivamente confrontata ed estesa, per usi civili, con rilievi barometrici (Monti & Mussio, 1980).
Nella campagna condotta dal 1803 al 1806 Oriani ottenne pure più di cento quote di cime di monti e colline delle Alpi e Prealpi centrali, e di torri e campanili di località site principalmente nella regione lombarda. I dati ottenuti sono raccolti in due articoli pubblicati nelle Effemeridi Astronomiche di Milano [EM] per il 1823 e 1824 (Oriani, 1822 e 1823). L'analisi delle misure ha permesso di stabilire un confronto con dati geodetici e/o cartografici recenti tramite il passaggio, per le misure lineari, dalla tesa francese al sistema metrico decimale, la trasformazione dei dati dal suddetto sistema di coordinate cartesiano locale al sistema di coordinate cartografico nazionale (cosiddetto Roma '40), avendo poi riportato il sistema di coordinate cartografico da uno dei primi ellissoidi di rotazione terrestri (quello del Sig. Delambre) all'ellissoide internazionale di Hayford, riferito a Roma Monte Mario con direzione del nord verso Monte Soratte.
I dati altimetrici recenti provengono principalmente dalla CTR della Regione Lombardia (alla scala 1:10.000); per vertici siti su torri e campanili è stato necessario acquisire informazioni monografiche di fonte catastale, comunale o parrocchiale, per poter correttamente individuare i piani di paragone. Il confronto tra i punti dei due insiemi di dati si è avviato su base toponomastica ed è stato completato con il confronto di coordinate. Infatti nei circa duecento anni intercorsi, anche per lo sviluppo della regione e la sua intensa antropizzazione, alcuni toponimi sono cambiati o hanno cambiato posizione, generando confusione e fraintendimenti. Un'indagine dettagliata su una

ventina di quote ha permesso di risalire alla loro struttura all'inizio dell''800 quando furono osservate. Fatta eccezione per alcune quote raggruppate (ma non isolate) nella bergamasca, tutte le altre quote rilevate hanno una precisione pari a quella stima dall'Oriani in 3-2 tese (Tonelli et al, 2202).

La prima cartografia basata su misure geodetico–astronomiche in Lombardia

L'attività geodetico–astronomica e cartografica, sviluppata in Lombardia alla fine del secolo XVIII su ordine del Governo austriaco, portò alla realizzazione della Carta del Milanese e del Mantovano. La Carta, alla scala di 1:86.000, si basava sui rilevamenti geodetico-astronomici ottenuti dagli astronomi di Brera. Essa fu disegnata da Giacomo Pinchetti, disegnatore del Censo di Milano, il quale introdusse nell'inquadramento ottenuto dagli astronomi i principali elementi dell'esistente Catasto teresiano. Ottima è risultata la corrispondenza fra i dati di un foglio del Catasto ed i moderni rilievi aerofotogrammetrici secondo un recente studio (Selvini et al., 2002). Nel 1796 la Carta venne poi incisa su lastre di rame da Gaudenzio e Benedetto Bordiga. Il loro contributo alla cartografia è stato illustrato in anni recenti nel quadro più ampio della loro attività di incisori (Peco, 1998). Tra gli studi sul contributo braidense alla cartografia importante appare la ristampa della Carta, in dieci fogli compreso il frontespizio, curata recentemente da studiosi dell'Università Statale di Milano. Furono ristampati i "rami" originali, ora in deposito presso l'Archivio dell'Osservatorio di Brera, che allora furono stampati solo in poche copie per causa di forza maggiore (Tagliaferri & Tucci, 1992). Una particolarità della Carta è la mancanza di indicazioni altimetriche (Fig. 1), dovuta al fatto che al tempo della sua realizzazione mancavano richieste in tal senso, pur essendo anche allora ben noto che una descrizione completa del territorio richiede anche misure altimetriche. Infatti a partire dall'inizio dell'ottocento anche gli astronomi braidensi ottennero varie misure di quote di punti caratteristici sia con metodi astronomici, sia con misurazioni barometriche.

Nel 1803, su ordine il Governo della Repubblica Italiana, gli astronomi di Brera iniziarono le operazioni per aggiornare la Carta ed estenderla anche alle nuove provincie non comprese nello antico stato di Milano. Quindici neo-ingegneri, laureatesi a Pavia, affiancarono gli astronomi nelle operazioni geodetiche per la misura dei triangoli e sotto la guida del Pinchetti rilevarono i particolari del territorio con piccoli teodoliti o con la tavola pretoriana sulla quale erano già stati collocati i punti ottenuti con le piccole triangolazioni. La campagna inizialmente considerò le zone occidentali e mise a dura prova le forze dei tre non più giovani astronomi di Brera e dei loro collaboratori. Un allievo perse la vita ed alla fine del 1804 l'astronomo Francesco Reggio morì per le eccessive fatiche, all'età di 62 anni. Nel frattempo Barnaba Oriani aveva iniziato le prospezioni nella zona ad est dell'Adda. Contemporaneamente gli Ingegneri geografi militari al seguito delle Armate francesi stavano eseguendo le rilevazioni delle stesse regioni che estesero poi alle zone confinanti con la Lombardia. Il governo, non ritenendo conveniente un duplicato del lavoro, nel 1807 ordinò che gli astronomi cessassero i rilievi del territorio riservando ad essi la sola misura dei triangoli principali (Carlini, 1862). E' verosimile che a questa interruzione, che non poco inquietò l'Oriani, sia da attribuire il ritardo di molti anni nella elaborazione da lui fatta dei dati allora raccolti e pure alcuni errori non altrimenti spiegabili nelle misure in seguito considerate.

La consultazione dei libretti di campagna di Oriani [AOB – C 205] e la lettura degli appunti presi sul campo da Giuseppe Bovara, uno dei suddetti giovani ingegneri che anche in seguito collaborò con l'Oriani ed il Carlini, offre una diretta documentazione dello svolgersi dei lavori e delle difficoltà incontrate (Daccò & Cattaneo, 1988). Dai libretti si apprende che nel corso di questa campagna Oriani salì più volte sull'Albenza, una modesta catena montuosa parallela al corso medio dell'Adda, per fare una prima prospezione della regione da rilevare e per verificare l'opportunità di stabilirvi il vertice di un triangolo del primo ordine, ove istituì due stazioni. Già nel settembre del 1803 osservò dalla stazione I (posta sulla punta più alta e più settentrionale, detta Campiabuona, il monte Tesoro nell'attuale cartografia) e dalla stazione II (sulla cima detta Prà della Costa, sita sopra la piccola località di Valcava). In quegli anni gli spostamenti non erano molto agevoli e sovente difficili erano le condizioni ambientali in cui si svolgevano le operazioni. Annotava infatti un

giovane ingegnere che assisteva l'Oriani (1752-1832) nelle osservazioni sull'Albenza: “Partenza da Milano il 27 Settembre (del 1803) alle 2 pomeridiane e dopo aver passati i paesi seguenti: Monza, (Villa)Santa, Cernuschio, Carzaniga, Calco con altri pochi, sono arrivato a 10 ore pomeridiane a Brivio ove l'Adda sorte dal lago di Lecco; alle 4 e mezza del giorno seguente antemeridiane varcai il lago della larghezza di 90 tese e dopo aver passato Caprino raggiunsi il Sig. Prof. Oriani sul M. Albenza alle ore 7 antimeridiane. Abbiamo alloggiato a Valcava presso il Parroco don Giuseppe Mazzoleni soprannominato poi Poiana” [AOB – C 205, 5]. Nel giugno del 1804 per collegare alla Carta le nuove zone, Oriani ritornò sull'Albenza ed osservò dalla cima del Prà della Costa, vertice della triangolazione principale comune ai triangoli di primo ordine aventi gli altri vertici, oltreché a Milano e Cantù, anche a Crema ed a Montorfano nel bresciano.
Nella relazione sulla continuazione dei lavori cartografici alla fine del 1804, si legge poi: “Nelle due stazioni dei monti Orfano ed Albenza abbiamo trovato difficoltà assai rilevanti non solo per il trasporto degli strumenti, che esigono somma cautela, per l'erta e per nessun ricovero, ma principalmente per certa ostinata nebbia la quale quest'anno ingombrava l'orizzonte nel mese di giugno che pur doveva essere il più opportuno per le osservazioni, e la quale non lasciava sempre vedere i corrispondenti segnali con la soddisfazione che meritava la spesa e la fatica impiegatavi. In occasione di queste due stazioni principali furono misurati molti dei triangoli minori nella pianura del bergamasco inferiore. In primavera quando i monti non erano ancora accessibili, si impiegarono i giovani ingegneri nel dettaglio del bergamasco, che tutto mancava, ed in un mese e mezzo fu rilevata la pianura fra l'Adda e il Brembo, indi fra il Brembo ed il Serio”. Nell'estate del 1805 la rete dei triangoli del primo ordine fu estesa dagli astronomi Oriani e Cesaris verso est e sud. Furono scelti i vertici nelle seguenti località: Pavia, San Colombano, Cremona, Acquanegra, Solferino, Mantova e Verona. Nella relazione dei lavori si legge: “Si è rinnovata l'osservazione nella difficile ed importante stazione del monte Albenza, dove é stato necessario ricoverarsi alcune notti sotto una semplice tenda”.
Nel consultivo dell'attività dell'Osservatorio per il 1806, si legge pure [Archivio Amministrativo Vecchio, faldone 12]: “Il sig. Carlini formò da primo i triangoli di monti del dipartimento del Serio” e tra le carte del Carlini relative a queste operazioni, indicate come la seconda Carta della Lombardia, esiste una sua agendina con vari schizzi tra i quali uno rappresenta il Legnone visto dall'Albenza. Molti anni dopo a commento, il Carlini scrive “lo stesso astronomo aggiunto, con grande coraggio e pari fatica ha intrapreso nell'estate la formazione dei triangoli sulle creste più scoscese dei monti del Bergamasco verso la Valtellina” (Carlini, 1862).

Determinazioni altimetriche

Anni dopo Oriani, presentando le quote misurate in questa campagna per oltre un centinaio di cime, torri e campanili (si vedano a riguardo le figure 2 e 3), molti visibili da Milano, scriveva: “Sul monte Albenza gli angoli furono osservati col cerchio ripetitore di 16" di Lenoir. Dall'Albenza come dalle altre stazioni si osservarono gli azimut tra i monti più lontani della Alpi e fra molti di quelli della Lombardia che avevano la sommità terminata in punta o in una figura riconoscibile da tutti i lati. Si osservarono pure nelle dette stazioni col cerchio ripetitore le distanze dallo zenit dei medesimi monti per dedurne la loro elevazione sul mare” [EM 1822, EM 1823]. Il Lenoir era uno strumento di poca mole e di facile trasporto, allora ritenuto di qualità eccezionali, poiché forniva la misura degli angoli azimutali e zenitali con la precisione di pochi secondi sessagesimali. Le quote misurate nel corso di queste operazioni erano riferite alla Specola di Brera e anni dopo furono ridotte al livello medio del mare Adriatico grazie ad alcune campagne di misure barometriche. Come scriveva Carlini: “Per stabilire l'altezza sul mare di Milano era opportuno di istituire una serie di osservazioni contemporanee a Milano stessa ed in vicinanza del mare facendo uso di barometri e termometri con ogni cura paragonati tra loro. L'occasione si presentò opportunissima nelle estati del 1825 e 1827, nelle quali due valenti ufficiali dell'I.R. Istituto geografico furono spediti a Venezia per prendere parte all'osservazione dei segnali a fuoco con cui venne stabilita la differenza di longitudine tra Milano e Fiume. Nel 1825 assunse l'incarico delle osservazioni barometriche il

signor primo tenente Brupacher (già allievo alla Specola e passato poi nel corpo degli Ingegneri Geografi). Avanti di partire egli portò i suoi strumenti all'osservatorio di Milano e dopo terminata la spedizione gli strumenti furono di nuovo paragonati per lo spazio di più giorni. A Venezia il barometro venne collocato nella torre di San Marco" (Carlini, 1834). Una terza livellazione fu poi eseguita nel 1841, nel corso degli studi preliminari per la costruzione della strada ferrata ferdinandea, la linea Milano-Venezia, come si dirà più oltre.

Fig.1

Fig. 2 [AOB – C 205,8 p. 22]

Fig. 3 [AOB – C 205,10 p. 1]

Alle livellazioni ottenute con misure astronomiche, si affiancarono determinazioni barometriche. Da qualche anno infatti, si era cominciato a considerare la possibilità di stabilire nuove linee di comunicazione attraverso le Alpi. Il progetto di queste opere richiedeva una precisa conoscenza del territorio, impresa alla quale gli astronomi avevano dato un contributo essenziale con la loro attività geodetica e cartografica ampiamente riconosciuta, come mostra questo gustoso inciso tratto dalle Memorie del già ricordato Bovara. Questi racconta, mentre nel 1804 accompagnava Oriani in una visita ai lavori in corso per la costruzione della strada del Sempione: "Ad omaggio del nostro direttore astronomo Oriani li suddetti ingegneri avevano disposto lungo la strada, che dovevamo fare per andare sul Sempione cento mine da far scoppiare mano mano che salivamo per la strada. Scena graditissima al sullodato astronomo". La realizzazione delle strade ferrate che si iniziarono a progettare verso la prima metà dell'ottocento richiedeva in particolare accurate livellazioni ed un perfezionamento della tecnica di misura barometrica. Inizialmente essa si appoggiava alle più sicure quote determinate con misure astronomiche. Interpretando infatti le nuove esigenze il Carlini in un discorso tenuto all'Istituto Lombardo sottolineava la necessità di misure altimetriche che "saranno di grande utilità nelle opere pubbliche che occorreranno in avvenire" (Carlini, 1841).

Poco dopo, al Congresso degli Scienziati tenutosi a Firenze nel 1842, Carlini presentò una memoria sull'uso del barometro come altimetro ed avanzò la proposta di stabilire una rete di stazioni barometriche di riferimento, alcune site in luoghi la cui altezza fosse già stata determinata con osservazioni astronomiche nelle quali si eseguissero misure più volte al giorno. In tal modo si sarebbero facilitate e rese più sicure le livellazioni differenziali, quasi simultanee, fatte nelle località vicine alle suddette stazioni per mezzo di barometri portatili [AOB – C 285,4]. Tra le carte del Carlini è compreso pure un elenco intitolato "Elevazione sul mare di diversi punti che si potrebbero scegliere per l'osservatorio sussidiario" [AOB – C 285,1]. In esse figurano una ventina di luoghi siti a varie quote tra i quali la cima dell'Albenza. Carlini si dedicò a lungo alla messa a punto dei barometri ed alla loro applicazione pratica. Sul piano sperimentale, con l'aiuto di Carlo Grindel, macchinista alla Specola, e con la collaborazione del fisico Angelo Bellani e del chimico Antonio De Kramer, perfezionò il barometro utilizzato nelle operazioni topografiche [Atti Accademia Fisio – medico – statistica di Milano, p. 3, 1846]. Studiò inoltre i fenomeni connessi al suo funzionamento, quali capillarità e dilatazioni, e calcolò alcune tavole per la riduzione delle misure barometriche.

Sul piano operativo Carlini misurò livellazioni fino a tarda età nel corso di mezzo secolo. Alcune tra le misure di quote fatte nell'alto milanese e nel lecchese riguardavano le particolari esigenze della Specola: la colma di Crevenna (dove anni prima era stata costruita una mira per controllare la stabilità della posizione degli strumenti di Brera), il Palanzone (vertice nelle operazioni del 1837-38 per collegare la triangolazione lombarda a quella svizzera) e Crevenna (casa Fontana misurata nell'estate del 1824), ove gli astronomi pensavano di erigere una stazione ausiliaria per la Specola di Brera. Verosimilmente per lo stesso motivo furono determinate le quote di vari punti del monte Barro nel corso della lunga trattativa con l'economista barone Pietro Custodi che si era ritirato lassù dopo la sua partecipazione alle cose pubbliche prima col ministro Prina e successivamente presso il duca di Parma (Broglia & D'Avanzo, 2005). Tra le tante altre si ricorda la livellazione fatta nel 1833 per migliorare il tracciato della strada da Merate–Carsaniga a Lecco. L'impresa certamente di maggior rilievo cui partecipò fu il progetto della strada ferrata ferdinandea: la Milano–Venezia. Per alcuni anni fu membro della commissione che si occupava dell'impresa. In particolare al Carlini si deve la proposta, autorevolmente condivisa fra altri da Carlo Cattaneo, di far passare la linea ferroviaria in vicinanza del Garda, zona dove eseguì ripetute livellazioni barometriche tra Lonato e Desenzano. Infatti poiché il percorso presentava in quel tratto particolari difficoltà per i dislivelli presenti, in relazione alla potenza delle locomotive dell'epoca, l'alternativa sarebbe stata far passare la linea ferroviaria a sud dell'anfiteatro morenico del Garda, con un percorso più lungo che non permetteva un diretto collegamento con il lago di Garda.

Nella relazione intitolata "Voto della Commissione nominata per decidere sulla preferenza d'una delle due linee di strada ferrata" (Carlini et al., 1841) si legge: "Le osservazioni barometriche dei

nostri registri avevano in altro tempo servito a me pure nella livellazione che intrapresi anni orsono lungo la linea tra Brescia e Verona, sulle quali livellazioni fu fondato il tracciamento delle strada ferrata ferdinandea lombardo–veneta da noi studiata e proposta, come il più opportuno per congiungere le due dette città, toccando il lago di Garda. Questa soluzione trattata allora dalla fazione che dominava in quella società come cosa chimerica, è stata ora (a preferenza di quella più lunga e tortuosa voluta dall'Ingegner Milani) prescelta ed adottata dal valente consigliere Negrelli, capo della direzione superiore delle pubbliche costruzioni, ed è ormai vicina ad essere cominciata". Resta da osservare una ben marcata linea di continuità nell'interesse per le discipline geodetiche e cartografiche fra i primi astronomi di Brera, fino all'Oriani, ed i loro allievi diretti ed indiretti che operarono negli anni successivi, dal Carlini, allo Schiaparelli ed al Celoria. In tutti si ha una precisa attenzione al rigore scientifico, seguendo scrupolosamente e partecipando direttamente all'evoluzione della strumentazione, delle metodologie e del trattamento dei dati rilevati. In particolare al Carlini si deve pure una completa relazione sulla cartografia dell'Italia settentrionale, dove si riportano notizie su un totale di 19 carte redatte dal 1720, quando "venne intrapreso il grandioso lavoro della misura censuaria della Lombardia" ai suoi giorni, mettendo in luce l'evoluzione e l'acquisita capacità di uscire da una condizione di "geografia … assai imperfetta". Lo stesso Carlini conclude "la rivista delle carte topografiche … a mostrare i rapidi progressi che in un mezzo secolo ha fatto presso di noi la scienza della Geodesia, non meno che l'arte difficile di esprimere coi tratti del bulino le ineguaglianze e i diversi accidenti del terreno" (Carlini, 1827).

Analisi dei dati e delle discrepanze

Un semplice confronto tra le quote rilevate e quelle attuali con lo scopo di valutare la qualità delle prime fornisce un risultato, depurato degli errori più grandi, pari a poco più di 5 m. L'indice statistico adottato è il valore assoluto mediano: il cosiddetto scarto probabile, già citato dal Cassinis (Cassinis, 1928), capace di evidenziare l'errore medio del grosso buono dei dati, tralasciando gli effetti distorcenti, come ben noto, prodotti dai dati anomali. Come detto in precedenza, fatta eccezione per alcune quote raggruppate (ma non isolate) nelle montagne della bergamasca, tutte le altre quote rilevate mostrano congruenza con i dati attuali. Oggigiorno non è possibile dare una spiegazione certa a quei pochi grandi errori grossolani, quasi tutti positivi. Forse data la zona allora di particolare difficile accesso, la mancanza di misure di distanze zenitali reciproche ha condotto ad errori nella correzione della rifrazione atmosferica.

Si noti tuttavia, come i dati dell'Oriani, accanto alle quote ed ai toponimi, riportino le coordinate planimetriche di quegli stessi punti, come distanze dalla meridiana del Duomo di Milano e dalla sua perpendicolare. Inoltre in una seconda tabella, l'Oriani trasformava le suddette coordinate planimetriche, in latitudine e differenza in longitudine (rispetto Milano), affiancando ad esse la distanza dalla guglia del Duomo di Milano e l'azimut sulla guglia stessa "contato da mezzodì a ponente". Proprio a partire da queste misure planimetriche, da altri dati d'archivio e da indicazioni monografiche, è stato possibile effettuare un riesame di tutti i dati planimetrici e successivamente altimetrici, al fine di mettere in evidenza concordanze ed errori residui.

Di seguito, si dà menzione di alcune informazioni di dettaglio, ricavate da dati d'archivio e da indicazioni monografiche.

- Albenza, segnale al Prato della Costa (Ori=1428 m). Bovara, pochi anni dopo la misura di Oriani, dà la quota 1418 m, valore in accordo con i rilievi dell'IGM (1955 e 1971), mentre la CTR della Lombardia (1979) riporta la quota 1420 m.
- Bisbino, campanile (Ori=1339 m). Quota alla base del campanile 1325 m; alla soglia della cella campane 1331 m; alla base della croce 1334 m.
- Brunate, campanile (Ori = 732.8 m). La quota alla gronda dell'attuale edificio é 743 m, come si deduce da una carta aerofotogrammetrica a grande scala. Nel 1953, il campanile fu innalzato di 5.5 m, come riportano i disegni acclusi alla licenza edilizia, sicché la quota alla gronda, all'origine era di 737.5 m. Pertanto la quota alla soglia o al parapetto della cella campanaria (la

cui altezza è pari a 5.1 m), probabilmente collimata dall'Oriani, era 732.4 m, e 738.7 m la quota alla base della croce.

- Castello di Baradello, torre (Ori = 461.9 m). Quota alla base della torre 432 m. Oriani dà un'altezza della torre di 14.7 tese, pari a 28.6 m, riferendosi verosimilmente al suo punto d'osservazione che non coincideva con la sommità della torre, alta 35 m sul suolo. Infatti si ha 461.9-28.6 = 433.3 m valore prossimo al valore attuale della quota alla base.
- Castello di Serina (Ori = 1575 m). La quota data sulla Kompass per il toponimo, 1474 m, non corrisponde alla posizione ricavata riferendosi ai punti Alben, Giuoco (oggi Monte Zucco), Ortighera, i quali concordemente indicano un punto sullo stesso crinale a SW del suddetto, la cui quota é 1481.1 m.
- D'Agnone, vetta (Ori = 1995.6 m). Prendendo come riferimento il Pizzo D'Ambria (attuale Pizzo Diavolo di Tenda), su una carta a scala 1:5.000, si cade su un crinale con un forte addensamento di curve di livello, dove la maggiore è 1950 m; 300 m ad ovest, è presente una quota 2009.5 m e 200 m ad est, una seconda vetta la cui quota è pari a 1918.7 m.
- Formico, vetta (Ori=1576.6 m). La cima ha quota IGM 1637 m e CTR 1636.5 m, e lo scarto rispetto ad Oriani è –60 m. Gli scarti per i punti vicini al Formico, come il Valter ed il Pora, sono rispettivamente –15 m e –13.9 m. Forse non fu osservata la cima principale del Formico, ma una vetta secondaria, sita 435 m ad est della cime principale, ad una quota IGM di 1554 m e CTR di 1553 m, con uno scarto di 23 m.
- Maddalena, campanile (Ori = 849.7 m). Un tempo era presente una chiesetta a quota 825 m, sui cui resti, nel 1965, fu costruita una nuova chiesa. Dal disegno dell'antica chiesetta (biblioteca Queriniana - Brescia), si stima all'incirca 10 – 15 m l'altezza del campanile la cui quota sarebbe 835 – 840 m. Oriani, osservandola dal monte Formico (distante circa 44 km), la stimò più bassa di 1', pari a circa 13 m, della cima del monte Denno (873 m). Da questi valori si ricava una quota di 860 m. Assumendo un'incertezza di 0.5', l'altezza alla sommità del campanile sarebbe compresa tra 851 m e 876 m.
- Madonna del Monte di Varese, campanile (Ori = 867.2 m). L'altezza alla base del campanile è 844 m ed il campanile è alto sulla piazza tra 28.3 m e 28.9 m, poiché la piazza ove è sito ha una notevole pendenza. Pertanto la quota alla base della cella campanaria si stima 860.6 m, mentre la quota alla base della torretta è pari a 868.6 m, ed alla sua sommità 872.3 m.
- Montevecchia, campanile (Ori = 491 m). Alla base del campanile sta il punto IGM (1997) 485.15 m. Se Oriani collimò la sommità del campanile si avrebbe 485+14 = 499 m; Da uno schizzo su un taccuino dell'Oriani appare che egli collimò il davanzale della cella campanaria. Pertanto si ha 485.15 + 6.30 = 491.45 m.
- Montorfano di Coccaglio (Ori= 454 m). L'attuale punto IGM (433.9 m) non è sulla cima principale la cui quota è 451.6 m (CTR 1:10.000). Su questa cima, dove osservò Oriani, sorge ora una cappella.
- Penice, sommità d'una casa (Ori = 1479.2 m). Uno schizzo su un taccuino dell'Oriani indica che la sommità della casa collimata ha la stessa quota del Penice. La quota TCI (1:200.000) è 1460 m.
- Pizzo d'Orsera, vetta (Ori = 970 m). E' l'attuale Poggio Sant'Elsa, ove è sita la stazione d'arrivo di un'ovovia, costruita nel 1960 (arrivo a quota 974 m). Estrapolando dalle curve di livello e per confronto con una foto del monte anteriore alla costruzione dell'ovovia, si stima la quota 958 – 960 m. Nella foto, si intravede sulla sommità una punta che, a detta del figlio del costruttore dell'ovovia, fu inglobata nella stazione ed è ancora visibile. Il vicino Sasso del Ferro (Ori = 1068 m) ha quota TCI 1062 m.
- S. Bernardo a Montevecchia, piano superiore della casa Fumagalli (Ori = 502.8 m). L'aerofotogrammetrico dà la quota di 496.8 m, a terra sotto il davanzale di una delle finestre volte a sud, verso Milano. Poiché tale davanzale è alto 6.2 m sul suolo, la quota risulta: 503 m.
- S. Colombano, torre Sommariva (Ori = 179 m). Terminava con un terrazzo cinto da una ringhiera. Da schizzi dell'Oriani appare che la torre non ha subito cambiamenti, anche quando

nell''800 venne utilizzata come osservatorio astronomico dal card. Maffi. La linea collimata dall'Oriani coincide con la linea PP in un disegno dell'IGM che dà la quota 171.7 m.

- S. Genesio, campanile (Ori = 857.5 m). Oriani scrive che nel tempo della prima triangolazione (1788-1791), esisteva un piccolo campanile, presso una chiesa, entrambi in rovina al tempo della seconda triangolazione (1802–1806). Nel 1824 esistevano solo rovine della chiesa demolita nel 1801, come narrano le cronache del tempo. L'IGM (1962) dà una quota di 832 m di un punto sito sulla strada d'accesso. Una carta aerofotogrammetrica a grande scala (1986) dà la quota di 856.8 m alla gronda di una costruzione, a due piani sorta a metà dell'ottocento dove prima sorgevano la chiesetta ed il campanile, come conferma il resoconto della visita pastorale fatta nel 1912 dal cardinale Pozzobonelli.
- San Martino, sommità di una casa (Ori = 1091.4 m). La quota IGM è pari a 1087 m.
- Tonal, vetta (Ori = 3344.3 m). Le coordinate dell'Oriani portano al Corno di Grevo. Oriani osservò dal Visolo, alto 2369 m. Da questa cima sulla stessa linea stanno il Negrino, 2492 m (attualmente Pizzo Camino, distanza 8.54 km, angolo d'altezza 0°.84), il Corno di Grevo, 2869 m (distanza 36.3 km, angolo d'altezza 0°.79 ed il Carrè Alto, 3462 m (distanza 43.4 km, angolo d'altezza 1°.44)). Dal Visolo, non è dunque visibile il Corno di Grevo che fu scambiato con il Carrè Alto (più distante del Corno di 7.1 km rispetto al Visolo. L'errore commesso è 7100*tg 1°.44= 178 m. La quota Oriani passa così a 3344+178=3522 con uno scarto di 60 m rispetto al valore attuale (3462).
- Tre Croci (Ori = 1130 m). Il monte Tre Croci ha tre cime con quote 1095 m, 1111 m , 1124 m. Da una pubblicazione del CAI di Varese, la 1124 m è posta un poco a nord delle altre due cime, ora indicate come Monte Tre Croci (Sentieri della Lombardia p.45 e Carta Parco regionale Campo dei Fiori).
- Valter, vetta (Ori = 1442 m). La quota IGM è pari a 1459.1 m e quella della CTR 1457.6 m.

Come evidente, spesso non è facile risalire alla causa delle incongruenze trovate, in particolare quando mancano informazioni dirette. D'altra parte, lo stesso Oriani afferma che "la riduzione delle osservazioni ed il calcolo delle posizioni geografiche essendo opera di una sola persona non saranno esenti da ogni errore. Se nella successiva revisione dei calcoli emergeranno degli abbagli, saranno prontamente notati e rettificati". A mo' d'esempio, lo stesso Oriani trova errori nelle posizioni dei punti siti sul Monte San Primo, sul Resegone di Lecco e sul San Genesio, "la cui posizione prima sbagliata per errore di calcolo viene ora rettificata". Tutto ciò ha portato ad adottare semplici modelli neri per ridurre il più possibile le suddette incongruenze.

Regressioni lineare e cubica sui ranghi

Utilizzando le coordinate dell'Oriani e quelle attuali, dedotte dalla CTR della Regione Lombardia, è possibile mettere in evidenza il vettore delle discrepanze planimetriche, da affiancare a quello delle discrepanze altimetriche, individuato sulla base dell'identità toponomastica (previa qualche variazione di nome facilmente individuato su cartografia a piccola scala). Si noti altresì, come le correzioni planimetriche indicano una variazione di posizione e, di conseguenza, la possibilità di leggere altre quote, istituendo un secondo vettore di discrepanze altimetriche.

Dopodiché semplici algoritmi di ordinamento permettono di disporre questi vettori ordinatamente dai valori più piccoli a quelli più grandi, istituendo così una corrispondenza biunivoca fra i dati rilevati e la loro posizione nell'insieme – elenco delle discrepanze. Le figure 4, 5 e 6 mostrano le suddette discrepanze ordinate, rispettivamente per la planimetria e le due possibilità altimetriche, dove una retta di regressione lineare ha interpolato questi dati in funzione dei loro ranghi (cioè dei loro soli numeri d'ordine). La plausibilità di un'interpolazione lineare sta in un possibile difetto d'origine, nonché di scala, tenuto conto anche del cambio da tese a metri.

Un'analisi fine dei diagrammi ottenuti, mette in evidenza come sia stato necessario procedere ad una consistente potatura dei dati stessi, al fine di pervenire ad un sigma zero accettabile, dopo l'interpolazione lineare.

- Per la planimetria, a partire da 64 dati effettivi su 94, con l'eliminazione di 30 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 2.29 m;

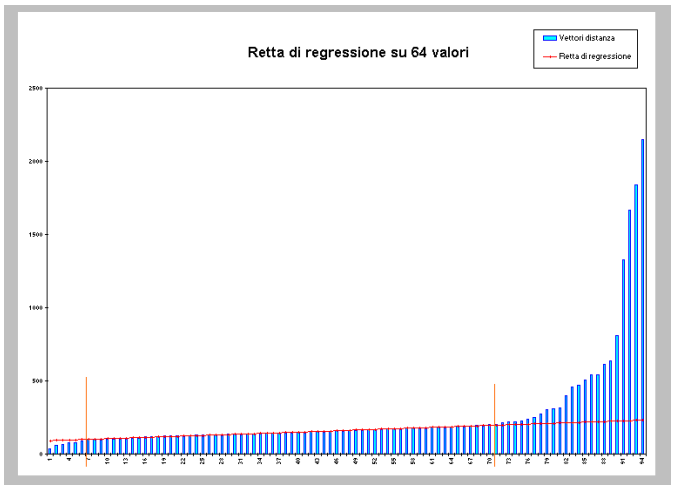

Fig. 4

- per l'altimetria facendo uso dei toponimi, a partire da 65 dati effettivi su 94, con l'eliminazione di 29 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 1.82 m;

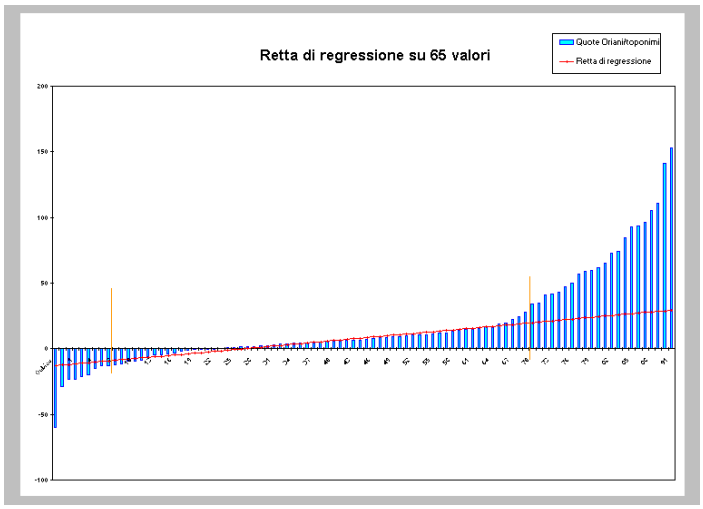

Fig. 5

- per l'altimetria facendo uso delle coordinate planimetriche corrette, a partire da 56 dati effettivi su 94, con l'eliminazione di 38 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 2.04 m.

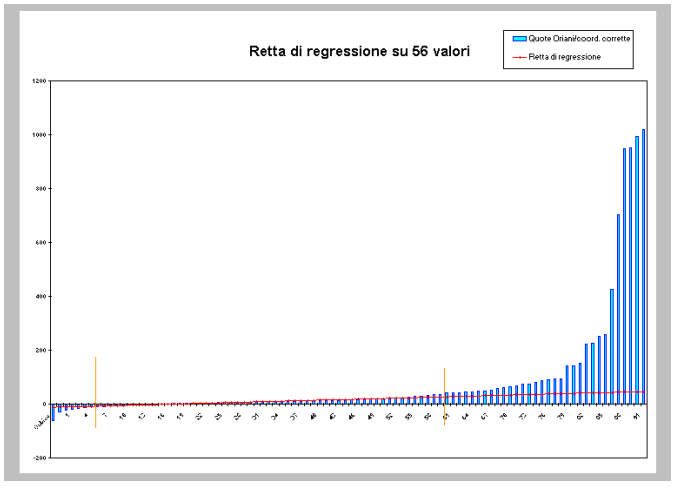

Fig. 6

D’altra parte le possibili cause d’errore giustificano modelli funzionali più complessi, rispetto alla sola interpolazione lineare. Pertanto una funzione d’interpolazione cubica meglio si adatta alla forma effettiva dei diagrammi discrepanze – ranghi e la plausibilità di una siffatta regressione sta nelle trasformazioni di datum fra ellissoidi diversi e loro orientamenti differenti, come pure in errori non corretti dovuti alla rifrazione atmosferica. Entrambi le superfici hanno una loro modellazione quadratica e, come noto, il raccordo di due segmenti parabolici, tale da garantire continuità della funzione, della sua pendenza e della sua curvatura, può semplicemente esprimersi in una sola funzione cubica cui si è fatto vantaggiosamente ricorso. Le figure 7, 8 e 9 mostrano le suddette discrepanze ordinate, rispettivamente per la planimetria e le due possibilità altimetriche, dove una funzione di regressione cubica ha interpolato questi dati, in funzione dei loro ranghi (cioè dei loro soli numeri d’ordine).
Una precisazione dovuta al modo di effettuare le interpolazioni cubiche, come le precedenti interpolazioni lineari, dà informazione sui valori degli scarti-residui prescelti per stabilire i punti di taglio pari a circa 2-3 m, in quanto certamente inferiori alle precisioni stimate dall’Oriani e pertanto di sicurezza.

- Per la planimetria, a partire da 72 dati effettivi su 94, con l’eliminazione di 22 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 3.02 m;

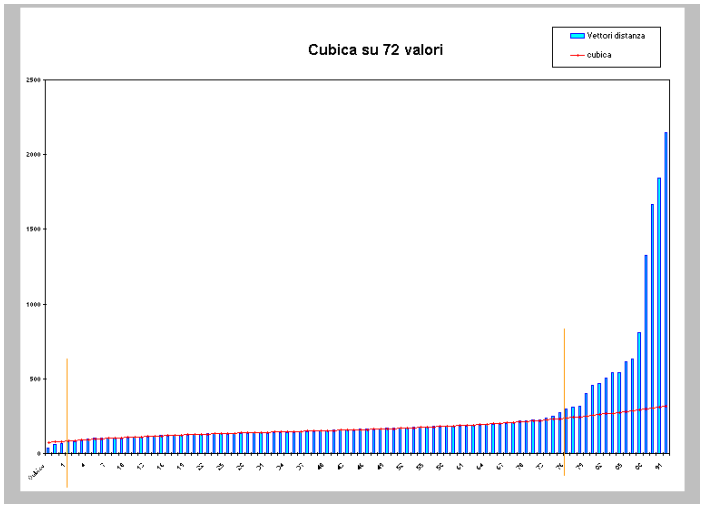

Fig. 7

- per l’altimetria facendo uso dei toponimi, a partire da 91 dati effettivi su 94, con l’eliminazione di solo 3 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 2.09m;

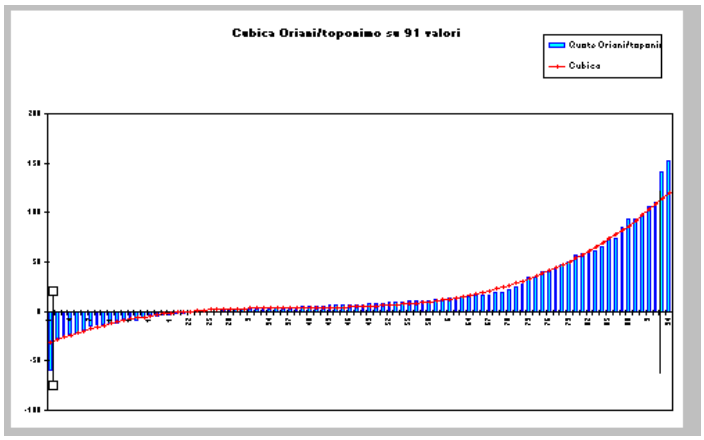

Fig. 8

- per l’altimetria facendo uso delle coordinate planimetriche corrette, a partire da 79 dati effettivi su 94, con l’eliminazione di 15 dati anomali, si ottiene un valore di sigma zero pari a 2.05 m.

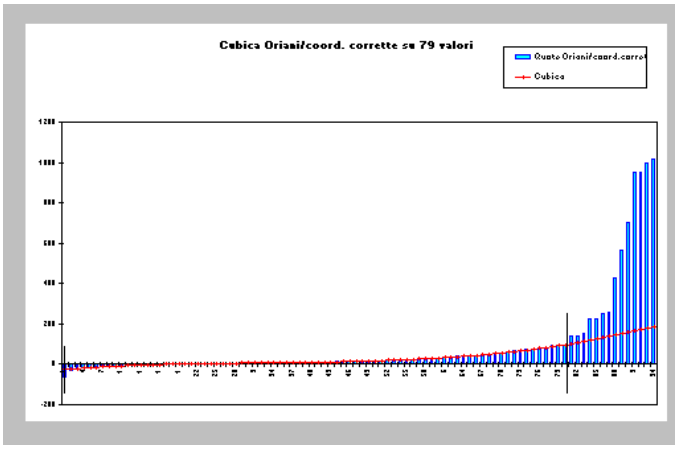

Fig. 9

I valori di sigma zero ottenuti e, in particolare, quelli relativi alle interpolazioni delle discrepanze altimetriche sono più che soddisfacenti, anche se corre il dovere di precisare che un'ulteriore livello d'indagine dovrebbe mettere in relazione discrepanze e distanze dalle stazioni di rilievo ai punti collimati, nell'ipotesi che queste siano sempre ben definite e documentabili, tramite ricerche d'archivio. Si noti altresì come avendo fatto esclusivo riferimento, per la riduzione delle discrepanze, alla CTR della Regione Lombardia sia stato necessario escludere, a priori, dal confronto 19 punti esterni alla suddetta regione. Infatti essi sono siti nell'Ossola (Cimolo, Marsizzo oggi Cima Laurasca, Moncirico oggi Punta delle Pecore, Moncucco, Monte Leone o Sempione, Montorfano, Mottaronte oggi Mottarone, Zeda), altrove in Piemonte (Monte Rosa e Monteviso), nel Canton Ticino (Borgna o Stuaggiolo, Gridone di Brisago oggi Limidario, Gridone di Spoccia, Monte di Brè, San Salvadore di Lugano), altrove in Svizzera (Finsterarhorn), nel Trentino (Tonal), in Veneto (Baldo) ed in Emilia (Cimone). Resta da segnalare come le loro discrepanze più o meno grandi siano comunque paragonabili a quelle rilevate dalla lettura della CTR della Regione Lombardia.

Conclusione

Dall'inventario di archivio dell'AOB (Mandrino et al, 1987) risulta che il Carlini, in epoche diverse (forse anche nell'occasione della misura del parallelo medio nell'anno 1821–1822), determinò le quote di altri punti e rimisurò le quote di alcuni punti già osservati dall'Oriani. A conclusione del presente lavoro, si riporta un dato riassuntivo di confronto statistico fra 28 misure comuni all'Oriani ed al Carlini che danno ben conto della correzione degli errori, dovuta anche al notevole incremento strumentale ed al miglioramento procedurale registrato in quegli anni che hanno attraversato la prima metà dell'ottocento. Infatti a fronte di un significativo decremento dello sqm della media degli scarti da 4.53 m a 0.88 m, si registra anche l'annullarsi del valore medio degli stessi che passa da 7.84 m a solo 0.11 m. La lettura delle statistiche globali evidenziano un deciso miglioramento della qualità dei dati che più si avvicinano a quelli che saranno successivamente raccolti per la carta IGM alla scala 1:100.000, dopo l'unità di Italia, e riportati su di essa. La relativa vicinanza fra questa e le recenti carte aerofotogrammetriche, a media o grande scala, pur talvolta nella differenza dei piani di paragoni osservati, dà ragione nel ritenere definito il verso dell'attestato miglioramento. Scrive a commento il Carlini in una sua sopraccitata nota conclusiva (Carlini, 1862) "… 3° una estesa e sistematica livellazione tanto del corso dei fiumi quanto delle punti principali delle montagne, e del piede e della sommità dei più cospicui edifizj; 4° i panorami degli oggetti che circondano l'orizzonte presi da diversi luoghi elevati e disegnati non semplicemente a vista come si fa comunemente, ma appoggiati alla esatta misura degli angoli d'altezza e d'azimutto. E qui si suggeriva l'uso della camera lucida applicata ad una cannocchiale, alla si potrebbe ora con gran vantaggio sostituire un apparato fotografico. Per ultimo si facevano voti che s'intraprendesse anche da noi la rappresentazione delle nostre montagne in rilievo, sull'esempio di quanto si è praticato nella Svizzera, la quale rappresentazione, se si eseguisse in scala alquanto grande, potrebbe giovare

moltissimo allo studio, che ora ferve più che mai, dei più opportuni luoghi pel passaggio delle Alpi col mezzo di strade o carreggiabili o ferrate". Carlini conclude poi la suddetta nota citando una sua memoria inserita nelle EM per l'anno 1843 (Dell'ampiezza del Meridiano che attraversando la pianura Lombarda è terminato ai paralleli di Zurigo e di Genova) "per compiere la riunione dei triangoli di Lomdardia con quelli della Svizzera, me ne mancavano tre che non erano stati pubblicati, e dovevano estendersi dal lato Milano-Busto ai monti di Varese e di Como …" ed aggiunge, a margine, lo Schiaparelli "fino a questo un punto era stata condotta la stampa della presente Memoria allorché il venerato Carlini fu preso dalla malattia … Quanto segue è stato da me ricavato da alcuni fogli manoscritti dell'Autore secondo l'intenzione probabile del medesimo".

Bibliografia

- Broglia P., D'Avanzo P. (2005): Stazioni e succursali dell'Osservatorio di Brera. Giornale di Astronomia, vol. 31, n. 3, p. 33-45.
- Carlini F. (1827): Notizie di diverse carte topografiche della Lombardia e dei paesi limitrofi. Biblioteca Italiana, vol. 46, p. 41-61.
- Carlini F. (1834): Livellazione della città di Milano. Biblioteca Italiana, tomo 74, p. 215 e seguenti.
- Carlini F. (1841): Su ciò che ancora mancherebbe ad una compiuta descrizione geografica del nostro paese. Giornale dell'I.R. Istituto Lombardo, vol. 3, p. 145-162.
- Carlini F. et al. (1841): Consiglio dato dei professori Carlini, Borgnis e Zuradelli relativamente al tronco della progettata strada ferrata ferdinandea tra Brescia e Verona. Istituto Lombardo, Miscellanea B.5-8-15).
- Carlini F. (1862): Ricordi degli studi topografici eseguiti in Lombardia. Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno 1863, Appendice di Osservazioni e Memorie Astronomiche, Regia Stamperia, p. 3-26.
- Cassinis G. (1928): Calcoli numerici grafici e meccanici. Mariotti – Pacini, Pisa.
- Daccò G., Cattaneo B. (1988): Memorie di un architetto – Autobiografia e Catalogo della Raccolta di Giuseppe Bovara. Rotary Club, Lecco.
- Mandrino A., Tagliaferri G., Tucci P. (1987): Inventario di Archivio dell'Osservatorio Astronomico di Brera. Università degli Studi di Milano, Ist. di Fisica Generale ed Applicata.
- Monti C., Mussio L. (1980): L'attività geodetico, astronomica, cartografica degli astronomi di Brera dal 1772 – 1869 studiata attraverso gli Atti Ufficiali dell'Osservatorio. Istituto Lombardo – Accademia di Scienze e Lettere – Classe di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali – Memorie, vol. 27, memoria n. 5. Milano, p. 189-307.
- Oriani B. (1822): Posizione geografica di alcuni monti visibili da Milano. Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno 1823, Appendice di Osservazioni e Memorie Astronomiche Milano, Imp. Regia Stamperia, p. 3-26.
- Oriani B. (1823): Posizione geografica di alcuni monti della Lombardia. Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno bisestile 1824, Appendice di Osservazioni e Memorie Astronomiche, Imp. Regia Stamperia, p. 3-14.
- Peco L. (1998): I Bordiga – Benedetto e Gaudenzio Bordiga, incisori e incisori cartografi. Valsesia Editrice, Borgosesia (VC).
- Selvini A., Dell'Acqua D., Morando C., Papi D.G. (2002); Confronto geometrico con metodi informatici tra un foglio del Catasto Teresiano ed il corrispondente foglio della cartografia aerofotogrammetrica numerica. Rivista dell'Agenzia del Territorio, n. 3/2002 , p. 15-31
- Tagliaferri G., Tucci P. (1992): Carta del Milanese e del Mantovano – basata sulle misure effettuate dagli astronomi di Brera tra il 1788 e il 1791. Luigi Maestri compositore, Milano.
- Tonelli E., Mussio L., Broglia P. (2002): Le prime quote rilevate dall'Oriani dalla Specola di Brera a Milano nel 1823-1824. Atti della 6ª Conferenza Nazionale ASITA, vol. 2, p. 1955-1960.