

CRITICA DIALETTICA DELLA GEOMATICA APPLICATA

Tamara Bellone ⁽¹⁾ – Luigi Mussio ⁽²⁾

⁽¹⁾ Politecnico di Torino – DIATI – Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10139 Torino
Tel. 011-364-7709 – Fax 011-564-7699 – e-mail tamara.bellone@polito.it

⁽²⁾ Politecnico di Milano – DICA – Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 Milano
Tel. 02-2399-6501 – Fax 02-2399-6602 – e-mail luigi.mussio@polimi.it

Riassunto – Una critica dialettica della Geomatica Applicata è essenzialmente una disamina attenta delle prassi in atto nelle discipline del Rilevamento ed in tutte quelle tecniche che sono insieme raggruppate con il nuovo nome di Geomatica. A riguardo, una caratteristica necessaria di questa disamina è la constatazione di una sua impossibile neutralità, perché decidere ed operare comporta sempre una scelta e qualsiasi scelta è sempre orientata. Così ad una prima parte che sviluppa un discorso essenzialmente politico, fa seguito una seconda parte che presenta esempi ripresi dal libro: Topografia generale, del prof. Giuseppe Inghilleri, datati di certo, ma sicuramente non troppo, soprattutto per l'interesse metodologico, insito nella loro presentazione. Altri esempi, più nuovi, potrebbero essere riportati, in loro vece, ma quello che è importante non è mostrare eccezionalità e/o bravura sopraffina, ma un metodo, una cura ed un'attenzione che devono caratterizzare ogni intervento, a partire dai più semplici e di routine, per arrivare a quelli più complessi e giocoforza difficili. Complementi, della prima parte, sono alcune riflessioni sulla buona e cattiva politica, e quattro appendici che citano interessanti opinioni, mentre la seconda è conclusa da altri temi modellistici e pragmatico/propositivi.

Introduzione

Nella Modernità, disegnare la nuova immagine del mondo non è più compito di metafisici, ma di geografi e cartografi ¹. Ad un certo punto, l'Europa si libera del mito dell'Oriente (l'origine ed il luogo dove spunta il sole), e va verso le Indie, virando ad Occidente e diventando l'Occidente. La globalizzazione della Terra, ad opera di navigatori ed avventurieri, non deriva da intenti teorici, ma pratici (conoscenza non contemplativa, ma tecnica) e trae spunto da affari ed espansionismo coloniale. Nella Modernità, il rapporto tra teoria e prassi è conoscenza della superficie terrestre come sistema di "potere". Le novità cartografiche sono coperte da segreto di Stato e protette da condanna a morte (ad esempio, non si sono mai trovati i famosi portolani portoghesi). Carlo V ha al suo servizio Mercatore che peraltro lavora anche per i mercanti e gli armatori. In Occidente, si rappresenta geometricamente tutta la Terra, con la rappresentazione anche delle parti ancora inesplorate (della Terra), secondo un preciso modello metodologico: la registrazione uniforme di tutti i luoghi, a scopi d'appropriazione. Nella tradizione dell'espansionismo occidentale, spesso il confine territoriale è prima tracciato sulla carta e poi riportato sul terreno ². Nella Modernità si stabilisce un controllo dello spazio, a scala globale (secondo le regole del metodo scientifico), e le carte sono non solo la raffigurazione della scoperta, ma anche la certificazione del possesso. Tuttavia lo stretto rapporto fra cartografia e politica (che è "potere") è nascosto, a partire dalla Rivoluzione francese, cioè dall'epoca in cui i saperi sono istituzionalizzati in discipline accademiche ³. Attualmente il capitalismo avanzato e le tecnologie della rete privano il globo reale della dimensione spaziale, le distanze sono annullate ed intorno alla sfera terrestre gira denaro, perché la globalizzazione è monetaria: così nell'epoca postmoderna, cambiano anche le finalità della Geomatica.

¹ Sloterdijk P. (2006): Il mondo dentro il capitale. Meltemi editore, Roma.

² Farinelli F. (2009): La critica della ragione cartografica. Piccola Biblioteca Einaudi, Torino.

³ Galluccio F. (2011): Spazialità politiche: la natura dello spazio geografico e le sue rappresentazioni. In: Cartografie di guerra, le ragioni della convivenza a partire da Kant, a cura di A. Trucchio. Mimesis Edizioni, Udine.

PARTE I – UN DISCORSO ESSENZIALMENTE POLITICO

Neutralità impossibile

Una caratteristica importantissima della Geomatica Applicata è costatarne la sua impossibile neutralità, perché decidere ed operare comporta sempre una scelta e qualsiasi scelta è sempre orientata. Infatti anche una scelta pretenziosamente scienziata è ancora una scelta orientata, per lo più, a difesa e sostegno del potere costituito (di qualunque colore esso sia). Inoltre una qualsiasi scelta schierata: religiosa (e talvolta integralista/fondamentalista), reazionaria/fascista, liberista (talvolta anche ammantata di orpelli tecnologici), liberaldemocratica, socialdemocratica/laburista, comunista, anarchica, ecc. è una scelta orientata, per sua propria natura. Infine coloro che scrivono sono perfettamente coscienti della suddetta impossibile neutralità e volentieri riconoscono le proprie scelte. In questo modo, partendo dall'eredità liberaldemocratica (a sua volta, figlia dell'Umanesimo, del Rinascimento, della Riforma, dell'Illuminismo ed anche del Romanticismo, a prescindere dalle sue derive pangermaniste), accoglie le due vie alternative, per un possibile avanzamento: quella socialdemocratica/laburista e quella comunista (essendo comunque contrari ad entrambe le sue derive: dalla dittatura proletaria totalizzante alla rivoluzione permanente terrorista ⁴).

Qualche parola è necessaria, sulla controversia tra riforme di struttura (della tradizione socialdemocratica e laburista) e rivoluzione (della pratica comunista). Infatti le prime hanno ragione d'essere soprattutto nei paesi sviluppati, dove la libertà liberaldemocratiche sono vigenti e vanno via, via sviluppandosi, in senso libertario (come per il femminismo, la libertà di genere, le tolleranze di costume e stili di vita, ecc.). Invece la seconda è spesso richiesta nei paesi più arretrati ed anche più poveri, dove la società civile è debole, i circuiti culturali sono pressoché inesistenti e la democrazia (a partire dal godimento effettivo dei diritti civili) è largamente latitante od addirittura nulla. A riguardo, leggendo della disputa tra Eduard Bernstein e Rosa Luxemburg (già Róża Luksemburg), sembra che abbiano ragione entrambi (ed il fatto che proprio la seconda non volesse fare "subito" la rivoluzione, in Germania, sembra quasi una prova implicita). Del resto, già Frederick Engels e poi Antonio Gramsci sono dell'opinione di un doppio binario ed il pendolarismo di Karl Kautsky e degli austro-marxisti (come Max Adler, Viktor Adler, Otto Bauer e Karl Renner) ne è una prova ulteriore. Infatti in Europa, per uscire dal feudalesimo, si è fatta talvolta una riforma ed altre volte una rivoluzione:

- la Svizzera e l'Olanda escono come sottoprodotto delle guerre per la loro indipendenza;
- la Gran Bretagna esce con molte riforme ed una rivoluzione, mezza fallita;
- la Francia esce dopo quattro rivoluzioni di cui la prima e la terza portano ad imperi;
- la Germania e l'Austria escono con molte riforme, mentre la guerra dei contadini e quella dei trent'anni sono un fallimento totale;
- gli Stati della Fennoscandinavia escono solo con molte riforme;
- il Belgio, l'Italia, l'Ungheria, l'Irlanda e la Polonia escono nel corso del loro Risorgimento;
- tutti gli Stati minori (Granducato del Lussemburgo, Principato di Andorra, Principato del Liechtenstein, Principato di Monaco, Repubblica di San Marino, Stato della Città del Vaticano,) sono solo un vecchio residuo del feudalesimo;

⁴ Una nota esplicativa è necessaria riguardo entrambe le derive. Infatti purtroppo laddove il comunismo ha instaurato regimi, questi hanno spesso assunto la veste di una dittatura proletaria totalizzante (con la parziale eccezione della Jugoslavia, di Cuba, del Vietnam e della Cina). Invece dove il comunismo ha tentato, ma fallito, la sua presa di potere (come in larga parte dell'America Latina), un'inutile rivoluzione permanente terrorista ha favorito l'instaurazione ed il consolidarsi di regimi dittatoriali e/o militari, reazionari o fascisti.

- ❑ la Russia esce con una rivoluzione più avanzata, dopo alcuni tentativi borghesi tragicamente falliti;
- ❑ la Cecoslovacchia esce da un trattato di pace che la forma arbitrariamente, ma è subito instabile;
- ❑ la Spagna, il Portogallo e la Grecia escono dopo la fine delle dittature, ma sono già prima forzate a cambiare, dal cambiamento dei tempi;
- ❑ Cipro e Malta escono addirittura dalla fine di una dominazione coloniale (inglese);
- ❑ la Turchia ed il resto dei Balcani (tranne la Slovenia, di antica tradizione austriaca) sono in parte ancora feudali e del feudalesimo presentano ancora molte contraddizioni, come quelle legate alla formazione successiva, in questo caso, tardiva (e purtroppo spesso tragica) degli Stati nazionali.

L'uscita dal capitalismo che, con la globalizzazione selvaggia, la finanza d'assalto, il ritorno della rendita, ecc. non è più capitalismo, potrà avvenire per collasso od evoluzione, dipendendo da condizioni dei singoli paesi e/o delle loro regioni (economicamente/socialmente omogenee). Ovviamente è legittima anche la posizione di chi vuole rimanerne, anche se è certamente preferibile quella liberaldemocratica (che vorrebbe temperarlo) a quella liberista (che vorrebbe lasciarlo a se stesso). Infatti la prima è disponibile al dialogo con chi vuole riforme di struttura, mentre la seconda non esclude avventure liberticide, dei più deboli ed indifesi, se funzionali ai propri scopi. Più complesso è il problema di chi rifiuta il metodo democratico (compresa la via comunista, se non è rispettosa di questo). Infatti chi non rispetta il metodo democratico, se contrastato, è propenso a reagire con violenza ed a fare violenza, e così diventa problematico come reagire per contrasto. D'altra parte, anche le guerre dei cosiddetti buoni non sono mai state le ultime guerre, ma sono sempre state l'incubazione di altre guerre di rivalsa e/o di altri buoni, ecc. Di conseguenza, cosa poter/dover fare di fronte all'abbandono del dialogo, della tolleranza e del confronto rimane un problema aperto ⁵.

Nessuno o tutti – o tutto o niente

Schiavo, chi ti libererà?
 Chi sotto a tutti, in fondo a tutto sta.
 Compagno, ti vedranno
 e udranno le tue grida:
 schiavi ti libereranno.

Nessuno o tutti – o tutto o niente.
 Non si può salvarsi da sé.
 O i fucili – o le catene.
 Nessuno o tutti – o tutto o niente.

Affamato, chi ti sfamerà?
 Se vuoi pane, te ne darà
 chi non ne ha per sé. Vieni con noi,
 il cammino ti mostreremo,
 affamati ti sfameremo.

Rit.

Vinto, chi ti vendicherà?
 Tu, se ti hanno colpito,
 cammina con chi è ferito.
 C'è in noi deboli, compagno,
 quel che ti vendicherà.

Rit.

Perduto, chi oserà?
 Chi la miseria non sa
 più sopportare stia
 con chi vuole che questo il giorno sia,
 non quello che verrà

Rit. (Bertold Brecht)

⁵ Tutta la storia insegna che, alla fine, le democrazie hanno sempre vinto. Eppure occorre riconoscere, come oggi giorno i mezzi di distruzione di massa siano così potenti e micidiali, da mettere in serio dubbio cosa possa significare una vittoria delle democrazie (e tutto ciò, come già detto in precedenza, lascia davvero un problema aperto).

La poesia di Brecht sollecita/impone una scelta di campo; parole classiche direbbero una scelta di classe, ma la polverizzazione della società attuale scompone e mescola le classi ⁶, facendo sì che sia molto difficile individuarne una capace di essere la promotrice del cambiamento. Allora nel moto caotico e vorticoso della società attuale, compito degli intellettuali (e tra questi, anche degli esperti e dei praticanti in Geomatica ed in Geomatica Applicata) è uscire da una isolata e tranquilla torre d'avorio, per gettarsi nella mischia che per la vita quotidiana combatte, nei luoghi preposti. Una volta si sarebbe parlato di intellettuali organici ⁷ alla classe operaia, oggi di fronte alla sopraccitata baraonda, è più corretto parlare di intellettuali dialettici, perché in relazione critica ⁸, con quella mischia caotica, e ben conscia di tutte le difficoltà presenti e future. Pertanto i compiti essenziali sono innanzitutto studiare (e questo è forse l'unico momento neutro, perché dire che non è neutra la scelta di cosa studiare è scegliere di diventare una chiesa ⁹, con la sua dottrina totalizzante), ma poi pensare, parlare ed agire, per permettere alcune concretizzazioni di quanto studiato, laddove la politica di tutti le ritiene utili e ne richiede l'attuazione.

Per contro, l'alternativa liberista, alla doppia possibilità fra riforme di struttura e rivoluzione (pur preferendo le prime, quantomeno nei paesi più sviluppati, per le maggiori garanzie di sicurezza e stabilità che offrono), è strettamente connessa al prevalere del tecnologico, fintamente asettico ed ammantato di scientismo. Infatti le sue soluzioni proposte/imposte dovrebbero essere vere, sempre e comunque, a prescindere dal contesto, storico e geografico, e dalle possibili alternative migliorative (dove tutti gli esempi del predominio militare, nel mondo antico, servono a conferma dei probabili esiti peggiorativi, con il predominio del tecnologico attuale). Scienze e tecniche neutre, anche se ingenuamente e tanto peggio, se colpevolmente (includendo tra queste anche la Geomatica e la Geomatica Applicata), sono colpevoli comunque per omessa denuncia e talvolta anche per collaborazionismo (come è già stata la Topografia del Terrore, nei confronti della dittatura nazista e, in particolare, dell'olocausto barbaro che mette in atto). Di conseguenza, non si può fingere di essere neutrali, ma occorre scegliere, prendere parte ed accettare il rischio di sbagliare, perché solo così si può realizzare qualcosa di nuovo e di buono.

Ancora una volta, la poesia di Brecht detta quasi una linea d'azione, individuando quattro categorie di persone bisognose d'intervento: gli schiavi, gli affamati, i vinti ed i perduti. Infatti sono (a loro modo) schiavi gli abitanti poveri del cosiddetto terzo/quarto mondo (tanto nei loro paesi d'origine, quanto ai margini del mondo sviluppato); sono affamati i poveri, i disoccupati, i precari e gli sfruttati (nei lavori più umili e gravosi, cosicché tutti quanti non hanno la possibilità concreta di fruire dei benefici del mondo sviluppato); sono vinti le vittime di tutte le guerre (che non colpiscono mai ugualmente le elite e la massa, di modo che spesso le prime prosperano e la seconda sprofonda ulteriormente); sono perduti gli alienati (cioè tutte quelle persone che, per le vicende più varie, sono incapaci di reggere il ritmo del mondo attuale e si trovano ai margini di questo, come non persone, oggetti di scarto o rifiuti da eliminare). Non sempre la Geomatica Applicata sa e può offrire loro un contributo concreto, ma certamente non fare tutto quello che sarebbe possibile, di sicuro, è un crimine odioso, perché è non solo omissione, ma anche segno di disprezzo (così l'augurio migliore, ai geomatici ed ai geomatici applicati, è poter essere sempre fieri di se stessi, non dovendosi vergognare mai.

⁶ L'uscita dal medioevo ha invece prodotto la scomparsa delle caste che tanta parte hanno avuto nel mondo antico e poi fino all'avvento dell'età moderna (ed ancora oggi sopravvivono in larga parte dell'Oriente).

⁷ Il riferimento corre qui ai pensieri di Antonio Gramsci ed ai suoi Quaderni dal carcere, dove all'azione politica antepone l'importanza di una formazione culturale.

⁸ Il criticismo è una caratteristica, centrale ed importante, del pensiero kantiano che rimane ed è rivalutata dalla rilettura neokantiana, perché metodologica, al pari della categoria marxista della dialettica della storia (di derivazione hegeliana, ma diversa da questa).

⁹ Una chiesa è qualcosa che incarna una religione (qualunque essa sia), ma una chiesa sono anche le attività sclerotizzate di organi politici (partiti, sindacati, associazioni, ecc.), legati ad un'ideologia, rigidamente imposta.

Pluralismo ed egemonia

In una democrazia ben organizzata, riconoscere la ricchezza del pluralismo e, se del caso, saper stare in minoranza sono le basi fondamentali ed indispensabili della democrazia stessa. Infatti l'accettazione del pluralismo discende da una concezione culturale scettica, relativista moderata¹⁰ ed eclettica. Ovviamente la stessa va poi al mercato delle idee, competendo per sostenere la propria egemonia, ma ben sapendo riconoscere, nel contempo, la possibile egemonia delle altre idee circolanti: proprio questo significa saper stare in minoranza (e lavorare democraticamente per diventare poi maggioranza).

A questo proposito, lavorare democraticamente riconosce l'esistenza di conflitti, assume forme civili di lotta politica ed ammette anche l'obiezione di coscienza, ma rifiuta il sabotaggio, così come tutte le degenerazioni incivili della lotta stessa. Per contro, una democrazia ben organizzata deve rifuggire dai rischi consociativi, perché possono essere forieri di varie degenerazioni dalla corruttela, per la mancanza di controlli adeguati, alla dittatura, per la subalternità imposta alle minoranze (artatamente consociate). Certamente nessuna soluzione perfetta è alle porte, ma non si conoscono alternative migliori.

Quanto detto potrebbe sembrare inerente solo alla società civile, alla politica ed al mondo economico; invece le stesse preoccupazioni si ascrivono anche alla vita culturale di una qualsiasi società, coinvolgendo tanto la cosiddetta cultura umanistica ed artistica, quanto la scienza e la tecnica. Infatti di fronte alle varie soluzioni possibili, egemonia è lottare per presentare e sostenerne una, mentre pluralismo è saper riconoscere la suddetta molteplicità. Ovviamente un certo taglio delle code¹¹ è necessario, ma il dominio della cosiddetta verità è comunque molto largo.

Infatti mentre è facile dimostrare una cosa falsa, allo scopo, bastando un contro-esempio, valido e validato, non è possibile dimostrare alcuna cosa vera, non bastando, allo scopo, anche un gran numero di prove che corroborano sempre, ma non dimostrano mai. Allora la scienza e la tecnica possono e talvolta devono saper presentare le migliori soluzioni possibili, lasciando poi alla politica la scelta tra queste. Pertanto un cammino, iniziato con una certa egemonia tecnico-scientifica, alla fine, termina nel pluralismo di una democrazia ben organizzata (nei luoghi specifici, dove la stessa si concretizza).

In questo contesto, un discorso sulla critica dialettica della Geomatica Applicata esce dall'ambito teorico di una critica dialettica della Geomatica, abbandonando molto rigore tecnico-scientifico, per avventurarsi nel campo (più incerto) delle soluzioni pratiche, inevitabilmente legate al contesto culturale di una determinata società civile, alle scelte politiche di questa società, alle sue possibilità economiche materiali. Tutto ciò significa "sporcarsi le mani", ma una domanda pertinente si chiede a cosa servano mani pulite, se non le si usano, per vivere e lavorare, impegnandosi tutti assieme.

Di conseguenza, il passaggio da un mondo astratto delle idee e delle teorie, ad un mondo concreto della vita e della pratica, fa sì che si accetti la sfida di rischiare anche insuccessi che ovviamente si spera piccoli e rari, perché questa sfida è anche un'opportunità e forse l'unica via per ottenere sviluppo e progresso. Certamente saggezza e prudenza sono altrettanto richieste; infatti essere sapienti non solo vuol dire essere eruditi, ma anche pretende dialogo, confronto e verifica (cioè operare lealmente insieme, ad altre persone concrete, per mezzo di pensieri, parole ed azioni, con l'ottimismo della volontà, pur nel pessimismo della regione).

¹⁰ Al contrario, il relativismo radicale è un completo non senso, perché dove si nega tutto si costruisce un nuovo assoluto, ugualmente errato e certamente pericoloso, quanto tutti gli altri assoluti (religiosi e/o ideologici).

¹¹ Le code contengono dati anomali che possono essere errori grossolani, rispetto ad un valore atteso, quanto osservazioni appartenenti ad altre popolazioni. Tuttavia in mancanza di informazioni aggiuntive esterne, non è possibile distinguere fra le due ipotesi. D'altra parte, anche i dati accettabili, invece di appartenere al grosso buono dei dati, possono appartenere alle code di altre popolazioni e, ancora una volta, non è possibile distinguere fra le due ipotesi, in mancanza di altre informazioni aggiuntive esterne.

Purtroppo il metodo democratico, con il suo misto opportuno di pluralismo ed egemonia, può degenerare ed anche fallire completamente (e come già detto in precedenza, cosa poter/dover fare di fronte alla violenza, verbale od addirittura fisica, rimane un problema aperto). Proprio per questa ragione, una lettura disincantata degli eventi attuali preferisce riforme di struttura, tipiche della tradizione socialdemocratica (e laburista ¹²), delle più progredite nazioni europee, all'insorgere della rivoluzione, come è invece nella pratica comunista (pur riconoscendo positività passate, in paesi molto meno progrediti).

Tuttavia oggi, proprio nei paesi meno progrediti, al crollo di certi regimi militari/dittatoriali (seppure originati da rivoluzioni di stampo socialista), succedono regimi caratterizzati da un estremismo/fanatismo religioso (prevalentemente islamico) che segnano un regresso, vero e proprio, verso forme d'intolleranza, già scomparse, da due/tre secoli, in Europa, poi in altri paesi extraeuropei (ma di cultura europea) e, entro certi limiti (prodotti da un militarismo aggressivo giapponese, da una burocrazia totalitaria cinese e da un sistema di caste indiano), anche nell'oriente (non islamico).

Tutto ciò ha enormi riflessi ed influenza anche sul mondo sviluppato e progredito, perché guerre commerciali ed anche guerre guerreggiate (per l'acqua, il cibo e l'energia) sono pressoché continue, generano gravi crisi economiche: catastrofiche nei paesi più poveri (con carestie devastanti, malattie endemiche ed epidemiche, ed alta mortalità) e comunque pesanti nei paesi più ricchi (con elevata disoccupazione, incertezze sociali ed instabilità politiche), e provocano forti migrazioni di popoli che è difficilissimo governare (tanto per quanto riguarda la migrazione in sé, sia nei confronti delle successive accoglienza ed integrazione).

Riguardo quest'ultimo punto, occorre ribadire la necessità di fondo di assumere atteggiamenti multiculturali, inclini al politeismo ed al meticcciato. Infatti solo l'accettazione di diverse culture ed il loro incontro, fino anche a trovare forme possibili di sincretismo, sono l'unica strada per una convivenza possibile (ed un'alternativa alla costrizione nei ghetti cui fanno da contraltare cittadelle assediate, talvolta anche militarmente protette). In questo modo, l'atteggiamento corretto è quello laico che prima supera ogni religione e/o ideologia, e poi le va riscoprendo, in termini di antiche tradizioni, da far conoscere agli altri.

In ogni caso, occorre tenere sempre presenti i diritti dei penultimi, perché è impossibile imporre situazioni compromesse a chi vive già nella povertà o ne è alle soglie, mentre gli altri benestanti sono protetti o, al più, solo molto parzialmente toccati. Allora solo due possibilità si presentano come possibili per l'accoglienza: la ricostruzione, con notevoli contributi ed investimenti, di villaggi (dotati di tutti i servizi ed i comfort), in zone isolate e/o disabitate (come è tanta parte della montagna, più alta ed interna), oppure la loro dispersione, a pioggia, nei quartieri bene (a partire dalle case di lusso e dalle scuole private).

Un secondo problema, non immediato, ma affatto secondario, è quale prospettiva offrire alle seconde, terze e successive generazioni, perché è altrettanto evidente che, nate e cresciute integrate, vorranno sentirsi veramente inserite, con gli stessi diritti (oltre che con gli stessi doveri), pena l'insorgere del ribellismo (o peggio ancora, fino all'insorgere di terrorismo/fanatismo, d'altri tempi, come mostrano alcuni preoccupanti esempi odierni). Pertanto maggiormente l'integrazione non è un atto isolato, ma un processo continuo, importante e delicato ¹³.

¹² Nei paesi centro-nord europei, la socialdemocrazia è formata da vari partiti, originati da approfonditi dibattiti, filosofici e politici, cui fanno seguito sindacati, collegati anche allo sviluppo dell'industria, in quegli stessi paesi. Invece in Inghilterra, lo sviluppo anticipato dell'industria promuove leghe sindacali, cartiste e fabiane (chiamate poi *Trade Union*), che si organizzano in un partito laburista, solo successivamente. Inoltre in Francia, il partito socialista origina da una frattura nelle componenti più radicali (giacobine e blanquiste) della democrazia borghese, nata e rinata dalle sue rivoluzioni (1789, 1830, 1848 e 1870). Infine nei paesi dell'Europa mediterranea, i partiti socialisti (per lo più, collocatisi su posizioni massimaliste) sono un'evoluzione tumultuosa di moti anarchici.

¹³ Ancora una volta, serve un misto opportuno di pluralismo ed egemonia, anche se cosa fare, in caso di fallimento, rimane purtroppo un problema aperto.

Due quadri famosi testimoniano bene un atteggiamento laico e panteista (a suo modo), fornito dalla pittura di Giovanni Segantini, pittore di fama internazionale (d'origini trentine, milanese d'adozione, poi vissuto a lungo in Brianza ed Engadina), divisionista ed insieme erede del naturalismo ottocentesco e della scapigliatura,. Infatti la messa in mostra di animali domestici, gente umile (contadini, pastori, boscaioli, viandanti, barcaioli, ecc.) e strumenti di lavoro ben si presta a ridurre le esistenze ad un presente certo, nel contempo, esaltando la loro dimensione personale che aspira alla pienezza di una vita, intensamente vissuta ¹⁴.



Giovanni Segantini, Alla stanga (Galleria Nazionale d'Arte Moderna, Roma)



Giovanni Segantini, Traghetto all'Ave Maria - Il versione (Fondazione Otto Fischbacher, San Gallo)

Non cercai mai un Dio fuori di me stesso, perché ero persuaso che Dio era in noi e che ciascuno di noi ne possedeva e ne poteva acquistare facendo delle opere brutte, buone e generose, che ciascuno di noi è parte di Dio, come ciascun atomo è parte dell'universo. Non cercai altre felicità all'infuori dell'unica vera, quella della coscienza (Giovanni Segantini).

¹⁴ I riferimenti sono la Natura delle cose di Lucrezio, ma anche la vita in Sabina di Orazio e le Bucoliche e Georgiche di Virgilio.

La Geomatica Applicata per la città ed il territorio ¹⁵

La Geomatica Applicata può (anzi deve certamente) essere al servizio della città e del territorio, oltreché di quelle realtà (ad esempio, come i beni culturali ed ambientali) che abbisognano di dati metrici e tematici, distribuiti nello spazio (variabili nel tempo, oppure no). In questo contesto, restringendo l'attenzione alla città ed al territorio (anche se la stessa attenzione può essere facilmente estesa ad altre realtà), si possono segnalare alcune caratteristiche precipe degli interventi dedicati (valide indipendentemente dalle scelte operative attuate):

- l'eterogeneità dei fini, rispetto alle conoscenze teoriche;
- l'indifferenza relativa delle forme, rispetto alle funzioni;
- l'integrazione sistemica delle funzioni stesse, con le loro forme.

Infatti i fini degli interventi dedicati sono generalmente dettati dalla politica (che se è buona politica, a sua volta, è attenta alle realtà sociali ed economiche, dove la politica stessa è chiamata ad intervenire) e spesso si allontanano notevolmente dalle motivazioni scientifiche di certi studi ed anche di certe operazioni. Così un esempio lontano ricorda, nel '700, la formazione delle prime cartografie rigorose, mentre si misuravano archi di meridiano, per meglio determinare la forma della terra (in particolare, con lo schiacciamento ellissoidico, rispetto alla più semplice forma sferica, precedentemente assunta).

Invece per quanto riguarda l'indifferenza delle forme, rispetto alle funzioni, basta ricordare la vastità delle modalità di intervento, tanto nel rilevamento, quanto nel trattamento (e nella strutturazione/archiviazione che deve seguire). Tutto ciò non significa un'assoluta libertà di azione, prescindendo da inderogabili esigenze di accuratezza, precisione ed affidabilità, ma significa che, fermo restando queste stesse, un ampio ventaglio di scelte diverse sono possibili e conducono sostanzialmente a risultati largamente soddisfacenti e, del tutto, comparabili tra loro.

Infine l'integrazione sistemica delle funzioni, materializzate in tutte quelle forme, specificamente adottate, risponde alla precisa esigenza di compendiare organicamente le conoscenze acquisite, facendo sì che le stesse siano capaci di superare l'occasione specifica e di diventare un patrimonio per altre richieste, simili od assimilabili. Purtroppo questa coscienza non è ancora così ampiamente acquisita e spesso si preferisce fare e rifare approssimativamente operazioni un po' scadenti (e sostanzialmente inutili, nella loro ripetizione), invece di concepire, progettare e mettere in atto operazioni di alta qualità.

Ovviamente moltissimi possono essere gli esempi che documentano questo modo di procedere; tuttavia due soli esempi sono qui citati, di fronte alla società che cambia ed alle sue attuali stratificazioni, perché il primo sa spaziare dalle cose alte (che qualificano la vita associata) alle cose umili (che permettono la vita civile), mentre il secondo risponde ad una caratteristica specifica della realtà italiana (ovvero il suo possedere forse addirittura il 60% del patrimonio artistico mondiale, cosicché la sua tutela attenta e la sua gestione oculata possono davvero essere una risorsa in più):

- interventi per la cultura ed il tempo libero, e per la gestione dei rifiuti (urbani ed industriali);
- programmazione ed attuazione del *grand tour* moderno, con l'accoglienza e l'ospitalità di turisti stranieri.

¹⁵ Indispensabile e fondamentale è il dialogo con altri esperti dei vari settori, come architetti, urbanisti, ingegneri della sicurezza, geologi, agronomi, economisti, sociologi, ecc. Infatti nessuno è un'isola, per le comunità, tanto quanto per le persone, ed il modo più corretto ed efficace di pensare, parlare ed agire, essendo difficilmente oggettivo, di certo, non è soggettivo, bensì positivamente intersoggettivo.

In ogni caso, quello che si richiede alla Geomatica Applicata è dire, correttamente e compiutamente, tutto quanto è di sua competenza, con il dovuto rigore tecnico-scientifico. Dopodiché i geomatici applicati possono partecipare (e spesso è più che opportuna la loro partecipazione) alle vicende ed attività della vita associata (culturale, civile ed economica). Ovviamente questa partecipazione li fa scendere dall'alto piedistallo di una scienza ed una tecnica neutrali, per sporcarsi le mani con le varie e differenti scelte politiche, giocoforza di parte e schierate.

A riguardo, l'auspicio è poter rimanere sempre nell'ordinato dibattito delle idee e delle opzioni conseguenti, nonché di promuoverlo, se del caso. Infatti è ben noto come il confronto assuma spesso l'aspetto di un conflitto di classe e/o di censo (e talvolta di casta e/o di nazionalità), come esso possa salire di tono e come infine possa anche degenerare. Tuttavia poiché non è mai possibile sapere l'esito delle azioni intraprese, le azioni di rottura sono sempre molto pericolose e, di conseguenza, da meditare bene, prima di intraprenderle (perché fortemente sconsiderate/sconsigliate).

In nota, è riportato un elenco, sicuramente provvisorio, parziale e contingente, dei luoghi dove sono possibili interventi di Geomatica Applicata, nei confronti di gruppi più o meno estesi di cittadini ¹⁶. La loro eterogeneità mostra bene l'essere di parte di ciascun intervento, pur invece a fronte di una neutralità di contenuti. D'altra parte, questa è globalmente la vita civile associata, queste sono le scelte politiche ed economiche, nonché anche le politiche culturali, mentre la loro qualità dà ragione della qualità, più o meno elevata, degli standard di vita, dove gli interventi accadono.

In questi vari e differenti luoghi, i contributi offerti dai geomatici applicati forniscono competenze nei confronti della tutela e della gestione del territorio, sia nei suoi ambienti naturali che in quelli antropizzati (comprese la mitigazione dei rischi, la prevenzione delle catastrofi e la gestione delle emergenze che, si spera, siano solo eventi rarissimi e non un'ininterrotta triste sequenza), della progettazione e della realizzazione di opere infrastrutturali, produttive, abitative, sociali, ricreative, ecc., e della conservazione e della fruizione dei beni culturali ed ambientali.

Infatti nessun intervento è un buon intervento, senza un adeguato progetto, un'attenta esecuzione ed un meticoloso collaudo, nonché altrettanto attenti interventi di gestione e manutenzione. In questi vasti ambiti, il sostegno di un adeguato supporto cartografico (oggi giorno su base informatica), l'impiego di strumentazione di misura appropriata ¹⁷, il procedere con un trattamento delle osservazioni rigoroso, l'adozione di tecniche, corrette ed efficienti, per la strutturazione, l'archiviazione e la visualizzazione dei geodati (vettoriali o raster), ed il procedere alla manutenzione ed all'aggiornamento dell'intero sistema sono i passi necessari.

¹⁶ Elenco dei luoghi dove sono possibili interventi di Geomatica Applicata:

- consigli di zona;
- comitati di quartiere;
- consigli di fabbrica;
- consigli ed assemblee scolastici;
- sezioni o cellule di partiti politici;
- sedi sindacali;
- biblioteche rionali;
- circoli culturali;
- associazioni religiose;
- centri ricreativi e/o sportivi;
- cooperative di consumo;
- altri comitati (per problemi specifici).

¹⁷ La strumentazione appropriata, oggi giorno disponibile, è moltissima e va dagli strumenti di rilevamento geodetico e topografico (a diversi livelli di accuratezza e precisione), ad una vera e propria galassia delle immagini (anch'esse a diversi livelli di accuratezza e precisione, anche in relazione alle diverse scale d'acquisizione delle immagini stesse), fino ad arrivare al recupero di dati (più o meno antichi, oppure più o meno recenti, già disponibili negli archivi dei sistemi informativi geografici e territoriali).

Una questione importante attiene all'incorporazione della scienza, tramite la tecnica, nei meandri della vita quotidiana. Questa situazione è cosa acquisita, da tempo, nell'industria ed in tutte quelle attività che si sono industrializzate (come l'agricoltura, la pesca ed il commercio), e va oggigiorno ulteriormente estendendosi, di fronte ad un prevalere acefalo del tecnologico che ha l'ambizione deleteria di sostituire tutta la democrazia¹⁸, imponendo (false) soluzioni precostituite, ritenute sempre e comunque universalmente valide (come il prevalere del militare, nella lunga fase della decadenza del mondo antico).

Questa situazione si sta diffondendo nella gestione della cosa pubblica, dalle pubbliche amministrazioni ai vari organi a supporto delle assemblee elettive, dove se la suddetta incorporazione è ben usata, può invece combattere la sopraccitata degenerazione tecnologica. Tuttavia almeno per quanto riguarda la Geomatica Applicata, i contributi tecnico-scientifici arrivano, quasi esclusivamente, da architetti, geologi ed agronomi, pressoché digiuni delle necessarie competenze di Geomatica e di Geomatica Applicata¹⁹ (che sicuramente devono essere colmate, pena la loro inutilità).

Invece un contributo positivo può essere offerto dalle comunità virtuali (di singoli cittadini, gruppi spontanei di cittadini e gruppi organizzati sempre di cittadini) che intervengono nella gestione della cosa pubblica, in parallelo alle pubbliche amministrazioni ed ai vari organi a supporto delle assemblee elettive. Infatti queste comunità virtuali possono offrire contributi spontanei relativamente alle cose più semplici, ma possono anche coinvolgere, direttamente ed autonomamente, gli esperti nei settori coinvolti (ed in Geomatica Applicata, nel caso specifico), se del caso, ponendosi come controparte, nella gestione della cosa pubblica.

Ovviamente anche le comunità virtuali non sono immuni da pericoli vari e, non pochi, sono i tentativi, politici e/o economici, di sottoporre queste comunità a condizionamenti e/o controlli. Pertanto anche in questo caso, solo la coscienza civile dei cittadini e la maturità democratica delle loro organizzazioni possono promuovere, sostenere e difendere le suddette comunità virtuali, così come tutta la democrazia (con la pace, la libertà e la giustizia, intesa come equità). Del resto, non esistono formule magiche ed allora tutto può purtroppo fallire, di fronte alla prepotenza di pochi e/o all'imaturità di molti.

Per contro esistono alcuni esempi riusciti, come la concertazione nei cantoni elvetici montani relativamente ai trafori di base ferroviari, tra le popolazioni locali, le varie amministrazioni cantonali, le autorità federali, le ferrovie federali svizzere e le imprese preposte alla realizzazione delle diverse opere. Sicuramente si tratta di un esempio, interessante ed intelligente, su come concordare le cose, addivenire ad accordi ed evitare code polemiche che mettono invece a rischio sia la realizzazione di quelle opere che la tranquillità della vita civile associata, nei luoghi interessati.

In ogni caso, la possibilità, l'esistenza ed il consolidarsi di una democrazia partecipata e condivisa richiedono un'opera continua di educazione civica (unita all'accettazione di un galateo minimo, tra tutti i cittadini) e la definizione di una scala di valori, logicamente gerarchizzata (in un rapporto dialettico con la comunità che la deve definire, riconoscere ed assumere). Infatti come già detto in precedenza, non esistono formule magiche e, d'altra parte, non si conoscono strade migliori (anche se purtroppo tutto può fallire e cosa fare di fronte chi si oppone, al dialogo ed al confronto costruttivo rimane un problema aperto).

¹⁸ Forse anche di mettere a rischio la pace, a torto, ritenuta troppo sicura. Del resto, la storia europea, ormai vecchia un secolo, racconta di una guerra, nata da un incidente e divenuta un incendio mondiale, quando si tenevano congressi, con lo scopo preciso di consolidare la pace. E' cosa ben nota come la prima guerra mondiale abbia poi favorito l'insorgere dei totalitarismi, la seconda guerra mondiale (con l'olocausto, la bomba atomica e l'oppressione comunista) e la guerra fredda.

¹⁹ Per contro, scarsissimi sono gli ingegneri civili ed ambientali che maggiori competenze hanno (od almeno dovrebbero avere) e questa esclusione si registra tanto nella loro assunzione, quanto purtroppo anche nell'appetibilità di un'offerta, laddove esistente. Invece si deve constatare che gli ingegneri dell'informazione, così come i matematici applicati ed i fisici sperimentali, sono sì costruttori di sistemi, ma sono completamente diversi, per formazione tecnico-scientifica, ed inadatti, di conseguenza, per quanto alfabetizzati nella materia.

La Geomatica Applicata tra scienza, tecnica e buona politica²⁰

Nell'800, particolari attività riguardano la Specola di Brera, l'Università di Pavia ed altre istituzioni lombarde, nell'ambito delle osservazioni meteorologiche e delle misure magnetometriche. In particolare, queste attività rappresentano una novità negli ambiti scientifici dell'Astronomia e della Geodesia, ma sono in queste stesse sedi effettuate proprio per le capacità di rilevamento metrico e trattamento dei dati, tipici degli Osservatori astronomici, allora dediti anche ad operazioni geodetiche e topografiche. In questo stesso contesto, le livellazioni barometriche raccolgono il frutto di alcune misure meteorologiche e permettono determinazioni altimetriche, più precise delle livellazioni trigonometriche (prima dell'avvento delle livellazioni geometriche). Infatti questa nuova tecnica è di una relativamente facile applicazione sul campo ed un esempio importante è mostrato dal rilevamento altimetrico, per scegliere il tracciato più opportuno della costruenda Ferrovia Ferdinandea (Milano – Venezia), tra Brescia e Verona. A complemento di quanto esposto, in una stretta condivisione di luoghi e persone, si riportano notizie sulle attività geodetiche all'antica Università di Pavia ed allora nuovissimo Politecnico di Milano, dove si dibatte sull'istituzione di una cattedra di Geodesia.

Osservazioni meteorologiche

Le osservazioni meteorologiche sono una vera e propria novità, tra la fine del '700 ed i primi anni dell'800, grazie a tante scoperte scientifiche, raccolte nei due secoli precedenti, ed al miglioramento tecnologico che si fa più imponente, proprio in quegli anni. Allora la distinzione in materie separate, tipica di fine '800 e di tutto il '900 (prima della nuova ed interessante ibridazione attuale), non è ancora in atto. Pertanto una stretta condivisione di luoghi e persone fa sì che gli Osservatori astronomici, già dediti ad operazioni geodetiche, topografiche e cartografiche, si facciano carico anche delle osservazioni meteorologiche, in parte al servizio dell'Astronomia e della Geodesia, ed altre volte per diversi scopi scientifici ed usi civili.

In questo contesto, alcune vicende lontane riguardano la meteorologia (intesa nell'ampia accezione del tempo), disciplina coltivata a partire dal '700, nelle istituzioni lombarde costituite dalla Specola di Brera, dal Liceo S. Alessandro (a Milano) e dall'Università di Pavia. Infatti la "Relazione sulla Specola braidense", stesa nel 1773, su invito del conte Carlo di Firmian (ministro plenipotenziario della Lombardia austriaca), accanto ad una dettagliata descrizione degli strumenti e delle ricerche svolte nell'appena sorta Specola di Brera, contiene un breve cenno sulle osservazioni meteorologiche ivi eseguite²¹. L'autore della Relazione è il barnabita Paolo Frisi (1728-1784), fisico, matematico ed astronomo, figura di primo piano nel mondo scientifico milanese, nella seconda metà del '700, e docente nelle scuole Arcimboldi. Frisi loda il gesuita padre Luigi La Grange (della Specola), per la somma diligenza nell'ottenere le osservazioni meteo, nell'arco di dodici anni, a partire dal 1.1.1763, e si augura inoltre di vederle presto pubblicate. Nella sopraccitata Relazione Frisi scrive che le misure "interessarono anche più noi altri Italiani ora che sono divulgate le osservazioni meteorologiche di Padova."²²

L'invito del Frisi è raccolto dall'astronomo Francesco Reggio il quale, nelle Effemeridi di Milano (E.M.) per il 1779, riporta i dati raccolti alla specola, nel primo quindicennio di attività. Infatti l'appena sorta Specola di

²⁰ Questo paragrafo è ripreso integralmente da un lavoro, presentato al 59° Convegno Nazionale della SIFET "Tecniche Geomatiche per il Monitoraggio" – Torino, 2-4 luglio 2014 – con il titolo "Su alcune relazioni intercorse tra osservatori nell'800" (cui ha fatto seguito la pubblicazione: Broglia P., Di Nino n., Mussio L.: Alcuni progressi nelle discipline geodetiche in Lombardia nell'800, Boll. della SIFET, n. 4, 2014), proprio per dare conto dell'importanza del rapporto tra scienza, tecnica e buona politica, anche nell'ambito particolare e di interesse specifico della Geomatica.

²¹ Masotti A.: La Relazione del Frisi nella storia della Specola braidense. Rend. Istituto Lombardo, vol. LXXX1, 1948.

Brera si distingue per il fervere di un'intensa attività astronomica, geodetica e cartografica, nelle persone dell'abate Ruggero Giuseppe Boscovich, dei gesuiti Angelo De Cesaris e Francesco Reggio, e solo pochi anni dopo del barnabita Barnaba Oriani. In particolare, il Boscovich, più grande e maestro, diretto od indiretto, degli altri, giunge a Brera già forte della misura dell'arco di meridiano tra Roma e Rimini (fig. 1), nell'ambito della formazione della nuova carta degli Stati Pontifici. A loro volta, dapprima Cesaris (come è solito chiamarsi il De Cesaris) e Reggio, e subito dopo anche l'Oriani operano per la misura della base del Ticino (fig. 2) e per la misura della triangolazione per formazione della carta del Milanese e del Mantovano (si veda, a riguardo, ancora la fig. 2), successivamente estesa ai territori compresi l'Adda e l'Adige (fig. 3).

Negli stessi anni, è attivo in Milano un altro cultore di meteorologia, il conte Pietro Moscati (1739-1824) che, nel primo '800, a sue spese, istituisce un Osservatorio meteorologico sull'alta torre che era il campanile della soppressa chiesa di San Giovanni alla Conca. Nel 1822, Moscati dona poi i suoi strumenti, per le osservazioni astronomiche e meteorologiche, al I.R. Liceo di Sant'Alessandro, istituto che discende dalle Scuole Arcimboldi (ed arriva al presente Liceo Beccaria). All'inizio del 1834 Francesco Carlini, direttore dell'Osservatorio milanese, propone al Governo di potenziare la stazione al Sant'Alessandro ed anzi di continuare, in questa sede, le osservazioni meteorologiche braidensi. L'iniziativa è condivisa dal docente di fisica al Sant'Alessandro, professor Alessandro Maiocchi, il quale presenta al Governo analogha richiesta ²³. Infatti con la scomparsa, nello stesso anno 1832, di Angelo De Cesaris e di Barnaba Oriani, la Specola di Brera si trova in una difficile situazione, dato che, come reazione ai moti del '21, è cambiato l'atteggiamento del Governo austriaco nei confronti delle istituzioni lombarde e, in particolare, è bloccata l'assunzione di nuovo personale all'Osservatorio ²⁴ (determinando così una situazione difficile che ricade su Carlini, neo-direttore).

Forse non è ancora attivato il lascito di Oriani che, in seguito e per decenni, permette di riparare, in parte, alla carenza di personale ²⁵. Pertanto grazie alla disponibilità, offerta dal Liceo Sant'Alessandro, sembra che Carlini intenda concentrare l'attività dell'Osservatorio nella sola ricerca astronomica ed il suo invito a Maiocchi, di redigere un programma di lavoro, sembra mostrare che la proposta stia concretizzandosi. Ben consapevole poi, per esperienza diretta, dell'impegno giornaliero nel raccogliere i dati, Carlini suggerisce a Maiocchi l'assunzione di una persona, addetta a questo compito, riservando al professore di fisica la sovrintendenza dell'Osservatorio ²⁶. Tuttavia pare che non si vada oltre questo approccio, perché non esiste un'interruzione nella serie delle osservazioni meteo braidensi e questo avvalorava l'ipotesi che l'iniziativa di Carlini, probabilmente fatta conoscere a Vienna, abbia mirato a vincere la diffidenza della amministrazione austriaca locale. Del resto, sono ben note le difficoltà "politiche" e le controversie tra i milanesi e gli austriaci, nel periodo della Restaurazione, a differenza della collaborazione, rispettosa e fattiva, nell'Età dei Lumi, precedente l'avventura napoleonica).

²² L'accenno è alle misure fatte a Padova, nel periodo 1725-1772, da Giovanni Poleni e da suo figlio, continuate poi da Giuseppe Toaldo. Su quelle misure si basa il saggio meteorologico di Toaldo: "Della vera influenza degli astri sulle stagioni e mutazioni del tempo" (Padova, 1781) che è uno dei primi studi volti alla comprensione dei fenomeni meteorologici.

²³ Archivio dell'Osservatorio di Brera (A.O.B.), C 74, 1834.

²⁴ Nel '21, Ottaviano Fabrizio Mossotti, astronomo a Brera, è convocato dalla polizia che lo sospetta di appartenere alla Giovine Italia e, su consiglio di Oriani, ripara all'estero. Mossotti non rientra più nel Lombardo Veneto ed anche una cattedra a Bologna (allora nello Stato della Chiesa) è osteggiata dagli austriaci. Tuttavia dopo essere stato ospite, a Torino, di Giovanni Antonio Amedeo Plana è chiamato su una cattedra a Pisa (allora nel Granducato di Toscana); lì è poi membro della Consulta di Stato della Toscana ed infine è senatore dell'appena costituito Regno d'Italia.

²⁵ Decenni dopo (essendo già l'anno 1871), in Firenze, allora capitale del regno d'Italia, il Ministro Segretario di Stato per la Pubblica Istruzione, Cesare Correnti, emette il "Decreto che approva la nuova Pianta del personale del R. Osservatorio astronomico di Brera in Milano". Nella tabella allegata, si legge che lo stipendio di metà del personale scientifico, complessivamente quattro persone, è ancora assicurato grazie al legato Oriani.

²⁶ A.O.B., C 39 fasc. 73; C 75, pag. 88.

In Italia, Carlini è tra i più noti cultori di meteorologia, durante l'800, ed il suo interesse è, costante lungo tutta la sua vita e documentato da una serie di pubblicazioni. Nel '24, pubblica le Tavole per il calcolo della altezze, ottenute da misure barometriche e termometriche, calcolate con la formula di Laplace. Convinto che la rappresentazione matematica di un fenomeno naturale rappresenti un notevole progresso per la sua comprensione, Carlini sviluppa un metodo per ottenere, dalle osservazioni, una formula per descriverne l'andamento. Nel '28, con il suo algoritmo, ottiene una formula che rappresenta le variazioni orarie nelle letture del barometro. Anni dopo, nel '45, in alcune serie di temperature, misurate a Brera, individua una ciclicità, con periodo eguale al periodo sinodico della rotazione solare, e attribuisce la variazione di temperatura ad una non-uniforme distribuzione di potenza calorifica sulla superficie del Sole. Come scrive Giovanni Virginio Schiaparelli, nel '62, i risultati di questa "curiosa ed importante ricerca" sono confermati, negli stessi anni, da studiosi francesi, olandesi, austriaci e tedeschi, "mostrando così come colla meteorologia, scienza ancora incertissima, possano talora dedursi risultati di eguale o superiore precisione di quelli che forniscono le osservazioni astronomiche"²⁷. Nel '35, in accordo con le conclusioni raggiunte nello studio sulle variazioni orarie barometriche e termometriche, Carlini riforma la meteorologia operativa alla specola milanese, portando da due a sette la frequenza delle osservazioni giornaliere.

Interessante è poi una nota del '38, perché accenna alle altre discipline, comprese nel primo '800 sotto il nome di meteorologia e coltivate principalmente nelle specole, alla mancanza di istituti espressamente dedicati alla meteorologia e alle osservazioni strettamente necessarie alla pratica astronomica. Scrive infatti Carlini²⁸: "I fenomeni meteorologici sono così fugaci, così rapidi nei loro periodi, così diversi nelle loro circostanze imprevedibili, che per essere seguiti con notabil profitto della scienza richiederebbero l'assidua attenzione di molti curiosi della natura unicamente occupati in questo genere di studj. Ma mentre molti parlano e scrivono attorno alla meteorologia, nessun stabilimento esiste ancora in Europa che sia ad essa esclusivamente dedicato, e nel quale i fenomeni atmosferici vengano osservati in tutta la loro estensione, onde giovare ad un tempo alla fisica, all'astronomia ed all'agricoltura. Le osservazioni meteorologiche che si fanno regolarmente in diverse specole astronomiche non abbracciano che una parte di quella scienza, limitandosi a ciò che riguarda le rifrazioni astronomiche e terrestri, il flusso e il riflusso dell'atmosfera, le livellazioni barometriche, la luce crepuscolare, le perturbazioni magnetiche; quei fenomeni insomma che in qualche modo si sottomettono alle leggi del calcolo. L'astronomo dovendo continuamente spogliare le altezze osservate degli astri dell'effetto della rifrazione della luce, ha unicamente bisogno di conoscere la densità e la forza refrattiva dell'aria nel luogo ove ha stabilito i suoi circoli e i suoi telescopi."

A metà '800, a seguito dell'impulso dato alla meteorologia dall'inglese Sir Francis Galton, anche grazie all'estendersi delle reti telegrafiche, con la proposta di fare una mappa di osservazioni sincrone, e dell'invito di partecipazione da lui rivolto agli osservatori dell'alta Italia, nel '62, si crea una commissione, per trattare la questione presso l'Istituto Lombardo. Sono così poste le basi della Società meteorologica lombarda, da estendersi poi agli osservatori dell'appena sorto Regno d'Italia. La seduta è aperta da Carlini, con la relazione "Cenni sui progressi già fatti e su quelli che si possono attendere dalla meteorologia", ove illustra il ruolo della meteorologia, nei confronti di altre discipline, climatologia e fisica terrestre, rivendica la priorità di Toaldo, nel proporre le osservazioni sincrone, e fa presente che la proposta di Alessandro Volta di registratori automatici di dati meteo è stata recentemente realizzata da Angelo Secchi col suo meteografo²⁹.

²⁷ Schiaparelli G.V.: Notizie sulla vita e sugli studi di Francesco Carlini. Memorie Istituto Lombardo, 281, 1862.

²⁸ A.O.B., Francesco Carlini E.M. 1838.

²⁹ A.O.B., Mixta 81, 776: Sulla fondazione di una società meteorologica lombarda.

Nel luglio del '62, alcune settimane prima della sua morte, Carlini amplia poi il suo discorso nella Memoria presentata alla Commissione ministeriale, riunitasi a Torino per studiare l'unificazione delle reti meteo pre-unitarie.

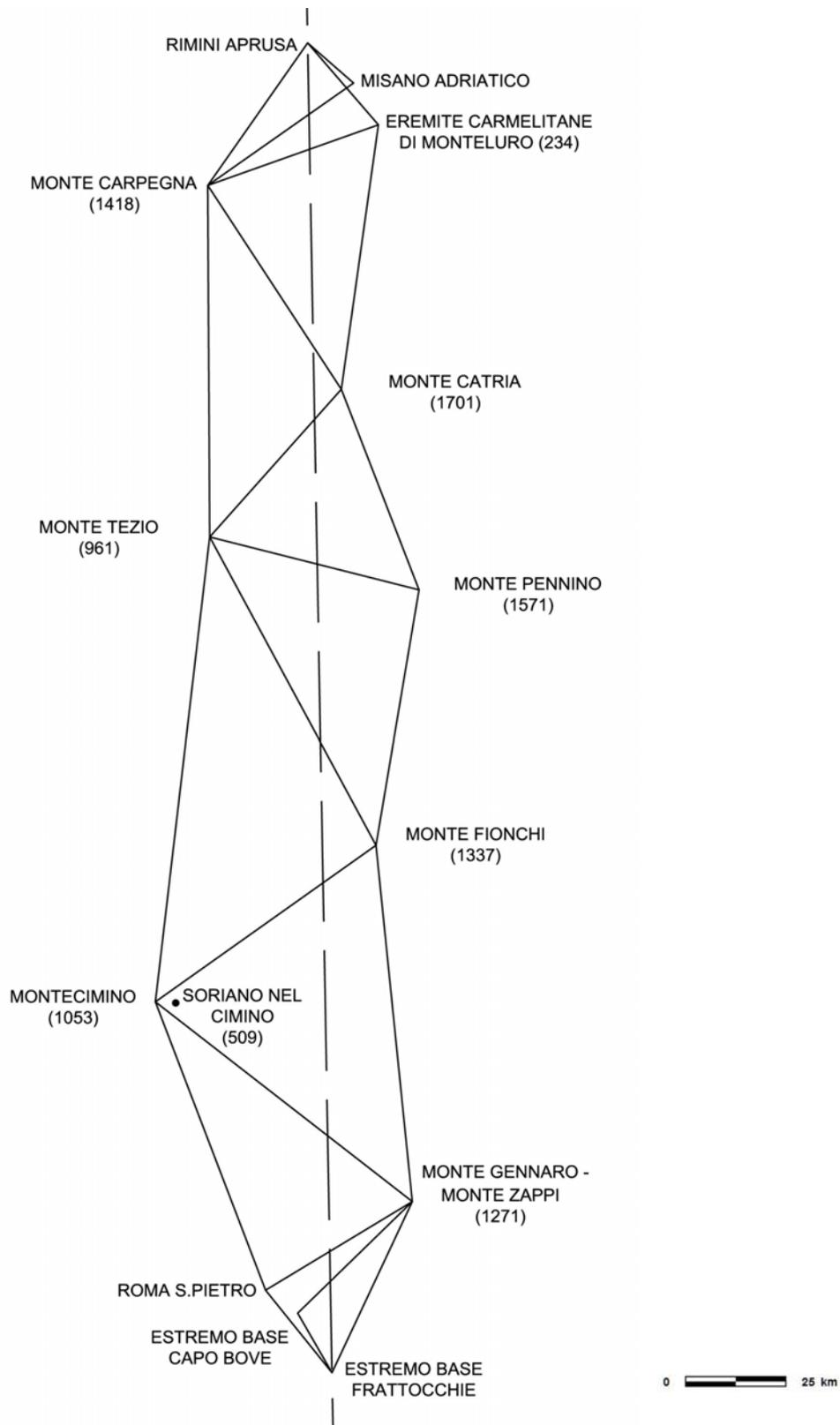


Fig. 1 – Rete di triangolazione, eseguita da Boscovich, dal 1750 al 1753, per la misura dell'arco di meridiano compreso tra Roma e Rimini (indicato con una linea tratteggiata)

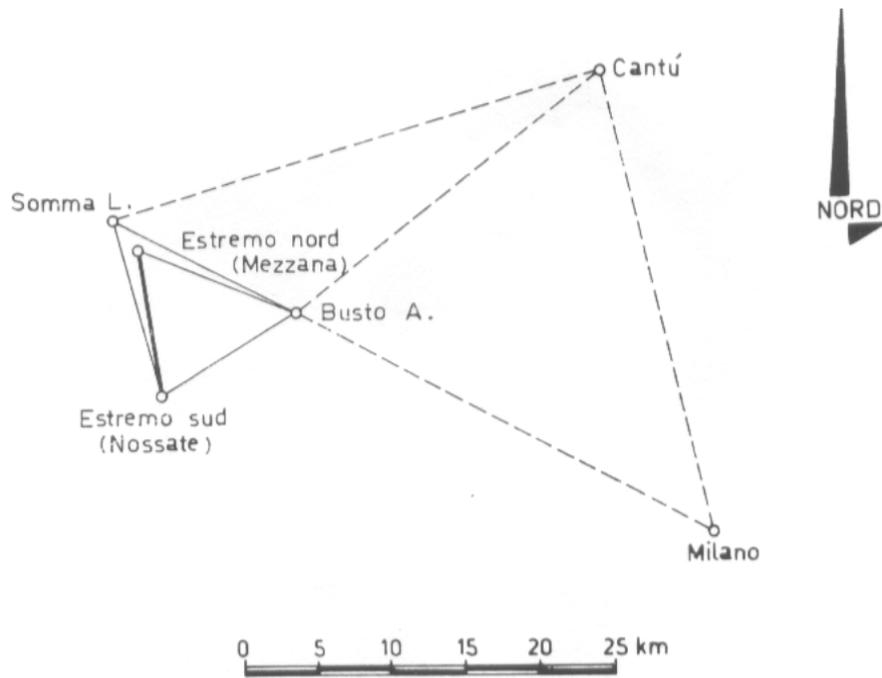


Fig. 2 – Sviluppo della base del Ticino per la rete del I ordine, eseguita dagli astronomi di Brera, dal 1788 al 1796

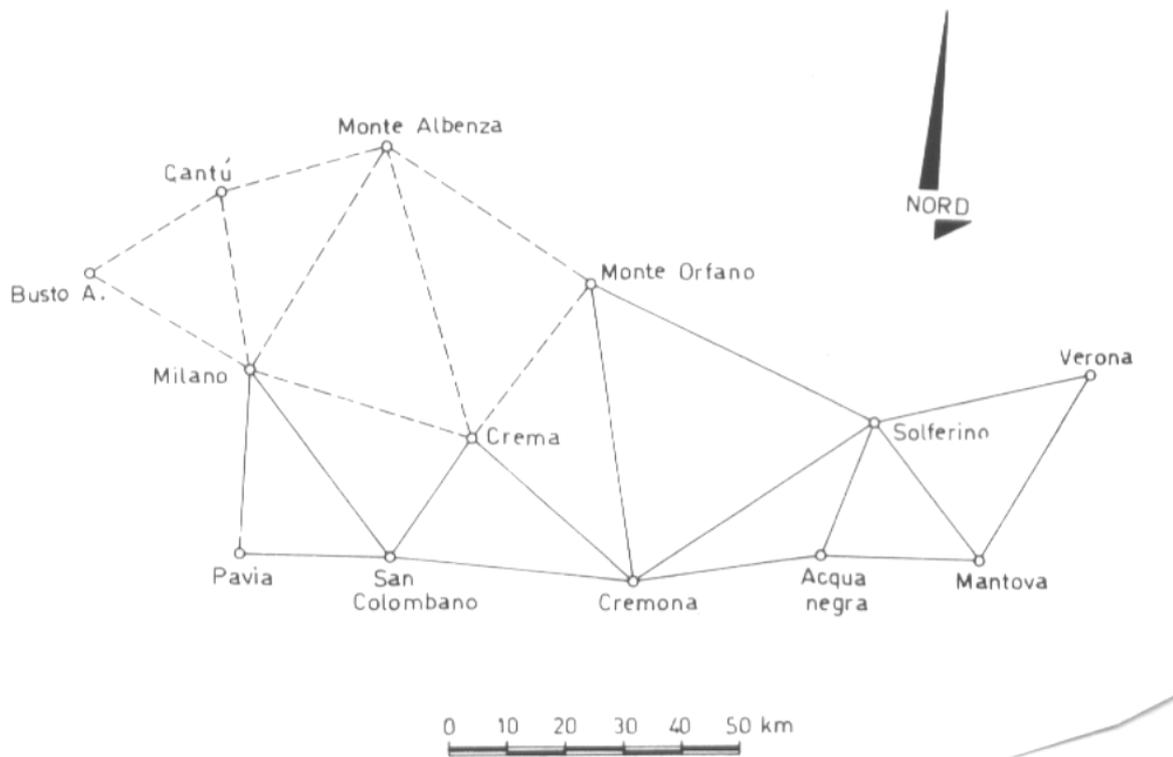


Fig. 3 – Estensione della rete del I ordine, eseguita dagli astronomi di Brera, dal 1802 al 1807 (la parte tratteggiata appartiene alla rete già rilevata dal 1788 al 1796; e quella restante costituisce il successivo completamento della stessa)

Livellazioni barometriche

Le livellazioni barometriche suscitano l'interesse degli astronomi milanesi, fin dalla fondazione della Specola, con la prima operazione eseguita, nel 1785, da Francesco Reggio, come scrive Carlini, in una nota

interessante, anche per i particolari tecnici riguardanti il barometro ³⁰. Confrontando le misure braidensi con le corrispondenti ottenute dal collega Toaldo, alla Specola di Padova, Reggio determina l'altezza del piano dell'Orto Botanico di Brera, rispetto al livello medio del mare Adriatico. Carlini parla poi delle successive determinazioni dello stesso punto base, fatte da Oriani e Cesaris, sottolineando le possibili cause di errore, dovute sia alle modalità di misura che alle imperfezioni strumentali. Infine una soluzione soddisfacente si ottiene con le operazioni condotte nel corso di due campagne geodetiche, per determinare la differenza di longitudine tra Milano e Fiume (fig. 4). Nel '25, Giuseppe Brupacher e, nel '27, Giacomo Marieni, ufficiali dell'I. R. Istituto geografico di Milano, effettuano misure barometriche contemporanee, a Milano e a Venezia, con strumenti che, alla fine delle operazioni, sono direttamente confrontati fra loro. Carlini conclude poi la sua nota elaborando i dati sulla livellazione della città di Milano, impresa già condotta, all'inizio degli anni trenta, su disposizioni del Municipio, e riguardante quasi un centinaio di punti caratteristici della città. Nei calcoli delle quote, rispetto al riferimento posto nell'Orto botanico di Brera, egli semplifica la formula di Laplace ³¹, utilizzata nel trattamento delle osservazioni, adattandola a stazioni aventi una piccola differenza di quota, come avviene per la livellazione barometrica della città di Milano (tabelle 1 e 2).

Andando poi ad analizzare nel dettaglio la memoria sopraccitata (a riguardo, si veda ancora la nota 11), Carlini (autore della stessa) elenca cinque cause d'errore:

- ❑ l'accuratezza della scala di 28 pollici, per misurare l'altezza della colonnina di mercurio;
- ❑ la densità e l'impurità del mercurio stesso;
- ❑ la capillarità della colonnina cava di vetro, dovuta anche alla qualità e pulizia del vetro al suo interno;
- ❑ lo spessore del vetro, ai fini dell'equilibrio fra la temperatura esterna (dell'ambiente) e la temperatura interna (del mercurio);
- ❑ la dilatazione termica della scala, in relazione al materiale del supporto (massima per l'ottone e minima per il legno),

ritenendo che il grande numero di osservazioni ottenute faccia sì che ben compensi, tra loro, gli errori accidentali e le variabili d'errore. Questa considerazione, espressamente detta soluzione soddisfacente, è in linea con il principio gaussiano dei minimi quadrati, allora relativamente nuovo, cui Carlini aderisce pienamente. A riguardo e per migliorare la precisione intrinseca delle misure, Carlini sottolinea l'esigenza di mettere bene in corrispondenza le misure barometriche e quelle termiche (pur non parlando di correlazioni, termine allora abbastanza prematuro). La descrizione dell'apparato parla di una scala di misura in pollici, suddivisa in linee (del piede, pari ad 1/20 di pollice, ovvero a poco più di un millimetro). Lo stesso apparato è descritto senza nonio, cosa che fa supporre una precisione compresa tra mezza linea ed un quarto della stessa, frutto di una determinazione a stima. Del resto, la descrizione dettagliata di una comparazione fra due strumenti presenta valori medi di poco superiori a mezza linea, prima di una loro taratura a Venezia, e di

³⁰ Carlini F.: Biblioteca Italiana, Tom. 74, 215-235, 1834.

³¹ La formula di Laplace, riportata a pagina 17, dell'Appendice alle Effemeridi di Milano per l'anno 1824, è la seguente:

$$r = 10.000 \left(1 + \frac{1}{212} \left(\frac{t+t'}{2} - 12 \right) \right) (\log H - \log H') - (T' - T)$$

dove: r è il dislivello calcolato, H la misura al barometro e T , t la temperatura rispettivamente con il termometro unito al barometro e completamente libero (con un apostrofo per indicare le misure nella stazione di riferimento, rispetto a quella da determinare).

poco inferiori, dopo la suddetta taratura che si è avvalsa anche di un nonio indipendente (per non indurre oscillazioni d'altezza nel corso della sua manipolazione).

Notevole è pure il contributo tecnologico, dato da Carlini, al tema delle livellazioni, grazie anche alla sua naturale inclinazione nelle operazioni meccaniche e alle conoscenze acquisite durante la sua partecipazione alla vita dell'Istituto Lombardo, allora sito nel Palazzo di Brera. Di questo Istituto è più volte presidente, in particolare della Commissione per le premiazioni delle invenzioni. Inoltre Carlini è depositario di un campione di lunghezza e di un comparatore a microscopi dell'antica Commissione dei pesi e misure, un tempo presieduta da Oriani. Nei "Congressi dei Dotti", tenutesi a Lucca, nel '43, ed a Milano, l'anno successivo, su sua proposta, è nominata una commissione per lo studio dei fenomeni connessi al funzionamento dei barometri e dei termometri, al fine di ottimizzarne le modalità di costruzione e di disporre strumenti campione ³² (con Carlini, presidente, collaborano i fisici Giuseppe Belli ed Angelo Bellani ed il chimico Antonio De Kramer, tutti membri dell'Istituto Lombardo). Sono pure fatte esperienze sulla tensione del vapor acqueo a bassa temperatura, per poter eseguire, con metodo uniforme, le osservazioni igrometriche. Inoltre è costruito un barometro campione, depositato presso il Gabinetto tecnologico dell'Istituto ³³, cosicché a cura degli astronomi, come propone Carlini, si potrà certificare, per confronto con i campioni (del termometro e del barometro), la qualità degli strumenti, offerti dal mercato ³⁴.

L'esigenza di completare la descrizione del territorio, con misure altimetriche, è sentita dagli astronomi di Brera, già all'inizio '800, durante le operazioni per la seconda Carta della Lombardia che, tra i suoi esecutori, ha anche il giovane Carlini ³⁵. Infatti a partire da quegli anni, Oriani ottiene le quote di un centinaio di punti, di posizione nota, misurandone la distanza zenitale. A differenza della barometrica, questa tecnica richiede installazioni fisse e, di conseguenza, non risponde alle esigenze civili, in particolare, nella progettazione di nuove linee di comunicazione. Negli stessi anni, si diffonde da parte di dotti escursionisti la consuetudine di ottenere misure barometriche delle quote di punti caratteristici, ad esempio le sommità di monti. Alle volte, per le incertezze insite nella nascente tecnica, si ottengono risultati contrastanti e come ricorda Carlini, significativa è la disputa su quale fosse la cima più alta delle Alpi: il Monte Rosa oppure il Monte Bianco. Di conseguenza, data la delicatezza delle misure barometriche, sarebbe opportuna, come propone Carlini, l'istituzione di una rete di stazioni altimetriche fisse alle quali riferire le quote ottenute sul campo.

A riguardo, Carlini dà pure un contributo, frutto della sua esperienza, modificando un barometro, costruito dal meccanico Mègnè (già appartenuto all'astronomo Antonio Cagnoli), in modo da rendere lo strumento più adatto ad operazioni sul campo. Completa poi la descrizione dello strumento, con dettagliate istruzioni operative ³⁶. In una nota successiva, riprende l'argomento tracciando una storia dell'evoluzione della struttura del barometro, a partire da Evangelista Torricelli ³⁷. Il maggior impegno sul campo di Carlini riguarda la progettazione della Ferdinandea, la ferrovia Milano-Venezia (figg. 5 e 6 ³⁸), come mostra il

³² Carlini F.: *Giornale dell'Istituto Lombardo*, vol. VIII, 36-57, 1856.

³³ Il Gabinetto tecnologico dell'Istituto Lombardo occupava alcuni locali ove sono custoditi gli apparecchi premiati nel Concorso annuale promosso dall'Istituto ed elencati in un "Catalogo" del 1846. A metà '800, curatore del Gabinetto è Della Vedova, il collaboratore di Kreil nelle osservazioni magnetiche milanesi. Nel 1862, quando è istituito l'attuale Politecnico, conservatori del Gabinetto Tecnologico sono Hajech, Magrini e il sopraccitato Schiaparelli.

³⁴ Fino all'immediato secondo dopoguerra, a cura dell'Osservatorio di Brera, continua la certificazione di qualità di orologi, da parte del Centro di cronometria ed inizia pure una modesta attività per il controllo di termometri clinici, per confronto con campioni, in dotazione al Politecnico di Milano.

³⁵ Broglia P., Mussio L.: *Nota sulle quote e coordinate dei punti rilevate dagli astronomi di Brera tra la fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo*. ASITA 2006.

³⁶ *Atti Acc. Fisio-Medico-Statistica*, vol. 1, 3, 1846.

³⁷ Carlini F.: *Descrizione di due barometri*. E.M. 1856, Appendice.

³⁸ Le due figure sono stampe antiche per cui non è possibile un loro ritocco, né una loro sovrapposizione, ma due note le corredano, illustrando dettagliatamente i due tracciati, proposto e realizzato.

voluminoso carteggio, conservato a Brera, sulla pluridecennale controversa vicenda ³⁹. Nel '41, con docenti dell'Università di Pavia ⁴⁰, Carlini effettua una campagna di misure barometriche, tra Desenzano e Peschiera, e così scrive, con una nota di soddisfazione: "sull'appoggio delle quali ci siamo arrischiati a proporre una nuova linea, diversa da quella tracciata dall'ingegner Giovanni Milani, per unire con una strada ferrata Brescia e Verona. Il nostro progetto essendo sembrato all'I.R. Direzione delle strade ferrate più plausibile dell'altro, fece essa eseguirsi necessari lavori di livellazione, e trovò coi punti da noi prossimamente determinati un accordo assai soddisfacente" (a riguardo, si veda ancora la nota 13). A riguardo, non è certamente superfluo ribadire il significato e la rilevanza del rapporto tra scienza, tecnica e buona politica, dove la scienza è mostrata da Carlini, con il supporto di Carlo Cattaneo (allora vero e proprio animatore del dibattito milanese, politico e culturale), la tecnica dalla Direzione delle strade ferrate, con le proprie capacità di rilevamento, e la politica per la capacità di recepire e decidere.

Il tracciato ferroviario proposto, seppure non ben evidente sul disegno antico (costituito dalla fig. 5 ⁴¹):

- ❑ dopo Brescia, per evitare la zona del Lago di Garda (sita ad una quota inferiore, rispetto all'alta pianura);
- ❑ si dirige verso Castiglione delle Stiviere, abbandonando la zona pedemontana;
- ❑ passa per Volta Mantovana (a sud dell'anfiteatro morenico del Garda);
- ❑ risale verso Verona, oltre il Mincio, da Isola della Scala.

Il tracciato ferroviario realizzato, seppure non ben evidente sul disegno antico (costituito dalla fig. 6 ⁴²):

- ❑ dopo Brescia, attraversa la zona del Lago di Garda (posta ad una quota inferiore, rispetto all'alta pianura);
- ❑ si dirige verso Lonato, seguendo la zona pedemontana;
- ❑ passa per Desenzano del Garda (all'interno dell'anfiteatro morenico omonimo)
- ❑ raggiunge Verona, dopo aver attraversato il Mincio, a Peschiera del Garda.

Misure magnetometriche

Nel primo '800, a Brera, si effettuano anche saltuarie misure di magnetismo terrestre, nell'ambito di nuovi studi di Geofisica, una disciplina allora nuovissima che si radica proprio negli Osservatori astronomici, dove notevole è la rinomanza, per la capacità di rilevare con misure accurate, precise ed affidabili. Infatti si ha notizia di una misura dell'inclinazione magnetica eseguita da Carlini, nel 1830, utilizzando un inclinometro, costruito da Lenoir, al presente disperso. Copia di questo apparecchio è l'inclinometro, ora nell'Esposizione di Brera, costruito anni dopo da Carlo Grindel, macchinista della Specola. In seguito, un fatto nuovo serve a sviluppare a Milano una linea di ricerca, coltivata poi nelle principali istituzioni scientifiche europee.

³⁹ A.O.B., Fondo Francesco Carlini, C 281, C 285, C 287.

⁴⁰ Antonio Borgnis è docente di matematiche applicate ed autore di un "Trattato sui ponti e le strade ferrate", e Giuseppe Zuradelli è autore di un "Saggio di teoria della Statistica". Entrambi sono due esperti in fondamentali aspetti della dibattuta questione: le possibilità tecniche delle locomotive e le esigenze delle regioni interessate alla strada ferrata. Invece sovrintende alla costruzione della Ferdinandea, nel tratto Brescia – Verona, l'I.R. Consigliere Ministeriale Luigi Negrelli il cui nome, in particolare, è legato alla progettazione del canale di Suez che sarà poi costruito, tra il 1859 ed il 1869, da una compagnia francese (Compagnie universelle du canal maritime de Suez).

⁴¹ Annali Universali di statistica, economia pubblica, storie e viaggi e commercio. Vol. 48, fasc. 143, pag. 234 (tavola allegata), maggio 1836 ed anche Capanna L., Gorla G.: In treno da Milano a Venezia (passando per Vignate). Tipografia Galimberti, Cernusco sul Naviglio (MI), 2007.

⁴² Strada ferrata da Milano a Venezia. Venezia, co' tipi del Gondoliere, pag. 13 (tavola allegata), 1837 ed anche Capanna L., Gorla G.: In treno da Milano a Venezia (passando per Vignate). Tipografia Galimberti, Cernusco sul Naviglio (MI), 2007.

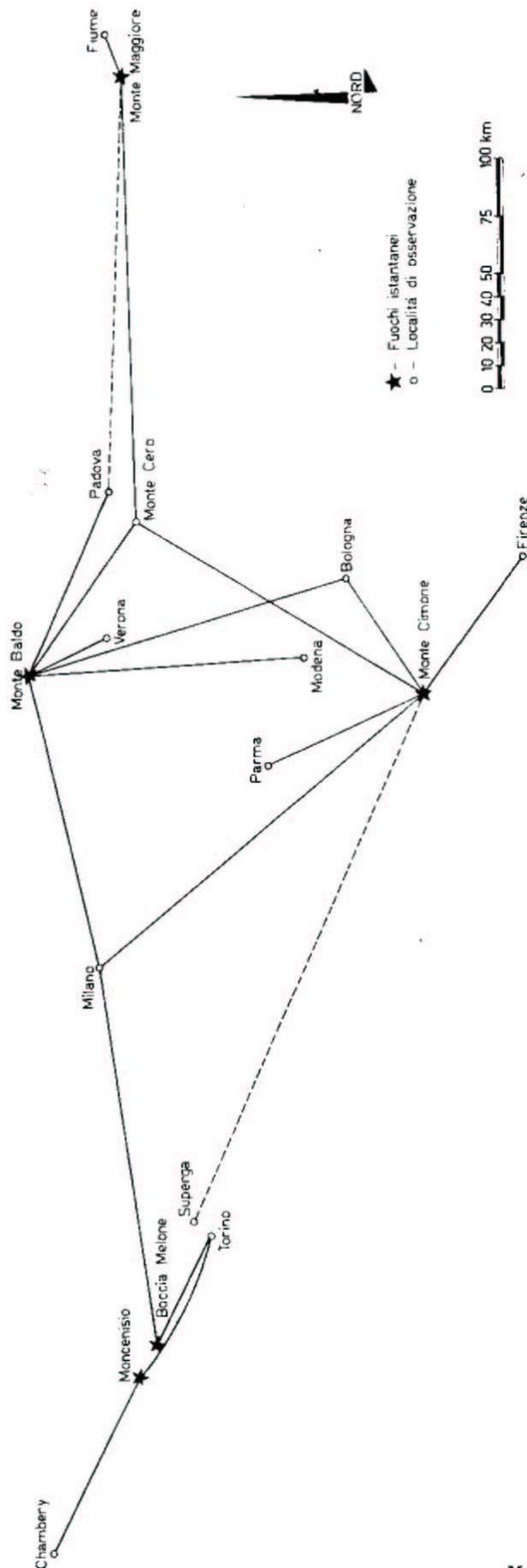


Fig. 4 – Rete, eseguita da Carlini et al., nel 1822, per la misura delle differenze di longitudine

	Differenza di livello colla soglia di porta Nuova.	
	elev.	depress.
	metri.	metri.
I. Livelli delle porte della città.		
Soglia di porta Orientale, pavimento del marciapiede in contatto ai casini.		3,096
di porta Tosa		6,833
di porta Romana		8,923
di porta Vigentina		8,909
di porta Lodovica		6,804
di porta Ticinese, pavimento del nuovo atrio		7,406
di porta Vercellina		2,720
del Portello		4,242
dell'Arco del Sempione, suo pavimento	0,656	
di porta Tanaglia		0,658
di porta Comasina, pavimento del nuovo arco		0,183
II. Livelli di alcuni punti della strada di circinnvallazione.		
Ponte del Trofeo sul naviglio di Pavia, colmo del passaggio		5,129

	Differenza di livello colla soglia di porta Nuova	
	elev.	depress.
	metri.	metri.
Ponte Scudellino sul naviglio Grande, sul Banchettone o Toro		5,056
Ponte sull'Olonà, sott'arco		6,243
Ponte della Gabella di porta Nuova, colmo del passaggio	2,820	
III. Altezza massima dei bastioni riformati presa sul colmo della strada.		
Bastione da porta Tanaglia a porta Comasina		3,354
da porta Comasina a porta Nuova da porta Nuova a porta Orientale, al principio della discesa verso porta Orientale		3,317
Il bastione medesimo al principio della discesa verso porta Nuova		2,557
Bastione da porta Orientale a porta Tosa, alla sommità della rampa verso porta Orientale		3,254
alla sommità della rampa verso porta Tosa		0,636
da porta Tosa a porta Romana		1,903
da porta Tosa a porta Romana		4,231
IV. Livelli del pelo ordinario del naviglio Martesana in vicinanza alla città e del canale interno.		
Sopra il sostegno della cascina de'Pomi	2,000	
Sotto il detto sostegno		0,340
Sopra il sostegno della Gabella di porta Nuova		1,670
Sotto il medesimo		2,900
Sopra il sostegno di S. Marco		2,910
Sotto il medesimo		4,600
Sopra il sostegno di S. Marcellino		4,700

Tab 1 – Livellazione della città di Milano nei primi anni trenta dell'800 (segue)

Nel 1833, Gauss pubblica l'opera: *Intensitas vis Magneticae Terrestris ad Mensuram Absolutam Revocata*⁴³ e, per verificare la validità della sua teoria, propone un programma di osservazioni geomagnetiche, ottenute da una rete di stazioni distribuite su tutto il globo terrestre. A tal fine, è fondata la Magnetische Verein e al programma di lavoro, concordato nella Verein, partecipano anche gli astronomi milanesi che, già in passato, hanno condiviso ricerche con Gauss. Infatti Oriani, fin dalla scoperta dei primi quattro pianetini, usa il metodo di Gauss, per il calcolo dei loro elementi orbitali (perfezionandolo con il calcolo delle perturbazioni di Giove, sulle loro orbite), e poco dopo (prima volta in Italia), Carlini fa uso il metodo dei minimi quadrati, formulato da Gauss, solo pochi anni prima.

Nel '34, due studiosi di Gottinga vengono a Milano, per eseguire le misure magnetiche, utilizzando gli strumenti originali di Gauss che gli astronomi milanesi fanno riprodurre da Grindel. A riguardo, occorre tener presente che, nell'800, il geomagnetismo, considerato come una parte della meteorologia, è coltivato principalmente negli osservatori astronomici, per la valida ragione che questi istituti sono dotati degli strumenti e delle competenze più adatte ad ottenere tali misure. Poco dopo, Brera acquista dall'Osservatorio di Vienna il magnetometro costruito da Meyerstein, macchinista di Gauss, che era inutilizzato, a Vienna, per

⁴³ L'opera è scritta in latino, la lingua allora più diffusa tra gli uomini di scienza, mentre il primo volume delle Effemeridi di Milano, edito nel 1775, è in lingua italiana. Tuttavia su suggerimento del cancelliere Wenzel Anton von Kaunitz-Rietberg, Principe di Kaunitz, i volumi successivi sono redatti in latino e, solo a partire dal 1804, tornano ad essere editi in lingua italiana.

manca di operatori, in quella sede. Nel contempo, lo strumento costruito da Grindel è acquisito dall'Università di Pavia, per l'osservatorio meteorologico ivi istituito, nel 1808, da Pietro Configliachi, direttore dello Studio filosofico e matematico. Presentandosi nuove promettenti orizzonti in queste ricerche, Carlini chiede al Governo l'istituzione di un gabinetto nella Specola, come egli scrive, "per le sperienze magnetiche, le quali dorinavanti faranno parte delle osservazioni meteorologiche che con il nuovo anno si vogliono da noi intraprendere sopra un piano più esteso e più regolare" ⁴⁴.

Da tutto ciò, si deduce che la proposta di collaborazione con il Liceo Sant'Alessandro è caduta e le impegnative misure geomagnetiche sono eseguite, a Milano, principalmente da Karl Kreil e Pietro Della Vedova. Negli anni seguenti, continuano alcuni lavori di analisi ed interpretazione dei dati, raccolti nella rete di stazioni aderenti alla Magnetische Verein. Già nel '36, Paolo Frisiani senior cura la traduzione dell'Intensitas, con l'aggiunta di commenti esplicativi, favorendo così la conoscenza del geomagnetismo, in Italia. Seguono poi le sue notevoli ricerche di modelli teorici, del campo magnetico terrestre e delle sue variazioni, ed ardita è la sua ipotesi che anche gli altri corpi del sistema solare abbiano un campo magnetico (ipotesi solo recentemente verificata per il Sole, da una missione spaziale, mentre è altresì noto che la luna ne sia invece pressoché sprovvista) ⁴⁵.

234 LIVELLAZIONE DELLA CITTA' DI MILANO.

	Differenza di livello colla soglia di porta Nuova.	
	elev.	depress.
	metri.	metri.
Al ponte di porta Nuova		6,000
Al ponte di S. Andrea		6,010
Sopra al sostegno del ponte di P. Orient.		6,030
Sotto al medesimo sostegno		7,400
Al ponte di S. Damiano		7,420
Al ponte di porta Tosa		7,460
Al ponte dell' Ospitale		7,510
Al ponte di porta Romana		7,560
Al ponte di porta Lodovica		7,770
Al ponte delle Pioppette		7,770
Al ponte di porta Ticinese		7,770
Al ponte degli Olocati		7,770
Sopra il sostegno di Viarenna		7,770
Sotto al sostegno medesimo		9,200
Tombone di Viarenna		9,200
Naviglio morto risalendo dal ponte degli Olocati alla piazza del Castello.		
Al ponte de' Fabbri	7,760	
Sotto il sostegno di S. Ambrogio	7,180	
Al ponte di S. Vittore	7,170	
Sopra allo sbocco della Roggia del Castello	7,100	
V. Livello di varj punti sparsi nell' interno della città.		
Sommità del parapetto del pozzo della piazza dei Mercanti	6,485	
Soglia della porta di mezzo del Duomo.		1,419
La statua della Madonna senza la corona si eleva sulla soglia della porta maggiore metri 108,400.		
Piano dell' orto botanico di Brera		2,984
La gronda della terrazza della specola si eleva sull' orto metri 28,940; la		

LIVELLAZIONE DELLA CITTA' DI MILANO. 235

	Differenza di livello colla soglia di porta Nuova	
	elev.	depress.
	metri.	metri.
colonneta posta al centro della terrazza stessa metri 30,280.		
Pavimento dell'atrio del teatro alla Scala		1,471
Sommità del plinto delle colonne della porta di Brera		1,357
Sullo zoccolo del palazzo del Censo		2,820
Sullo zoccolo della casa Serbelloni		2,655
Soglia della porta dell' arcivescovado verso la contrada dello stesso nome		2,350
Primo gradino della Fontana nella piazza dello stesso nome		4,132
Soglia del palazzo di Giustizia		3,250
Soglia del palazzo Durini nella contrada dello stesso nome		4,000
Soglia della porta di mezzo della chiesa di S. Pietro in Gessate		7,226
Sul plinto delle colonne della porta del teatro alla Canobbiana		5,492
Zoccolo della chiesa di S. Sebastiano		2,297
Soglia della porta di mezzo della chiesa di S. Giorgio in Palazzo		3,536
Sommità del passaggio sul ponte Ticinese		3,432
Sullo zoccolo della chiesa di S. M. Segreta		1,832
Sullo zoccolo del pilastro in angolo della facciata della chiesa delle Grazie		3,672
Ponte di S. Vittore, sul colatore		3,837
Soglia della porta della caserma del castello verso il Foro	1,596	
Soglia della porta della stessa caserma verso la piazza d'armi	1,879	
Soglia della porta del Broletto verso la corsia		1,988

Tab 2 – Livellazione della città di Milano nei primi anni trenta dell'800 (continua) (a riguardo, si veda ancora la nota 12)

⁴⁴ A.O.B., C 74, lettera del 2.9.1834.

⁴⁵ Bertotti B.: Storia della Classe di scienze Matematiche e Naturali dell'Istituto Lombardo, Astronomia e Geodesia, 193-214, 2008.

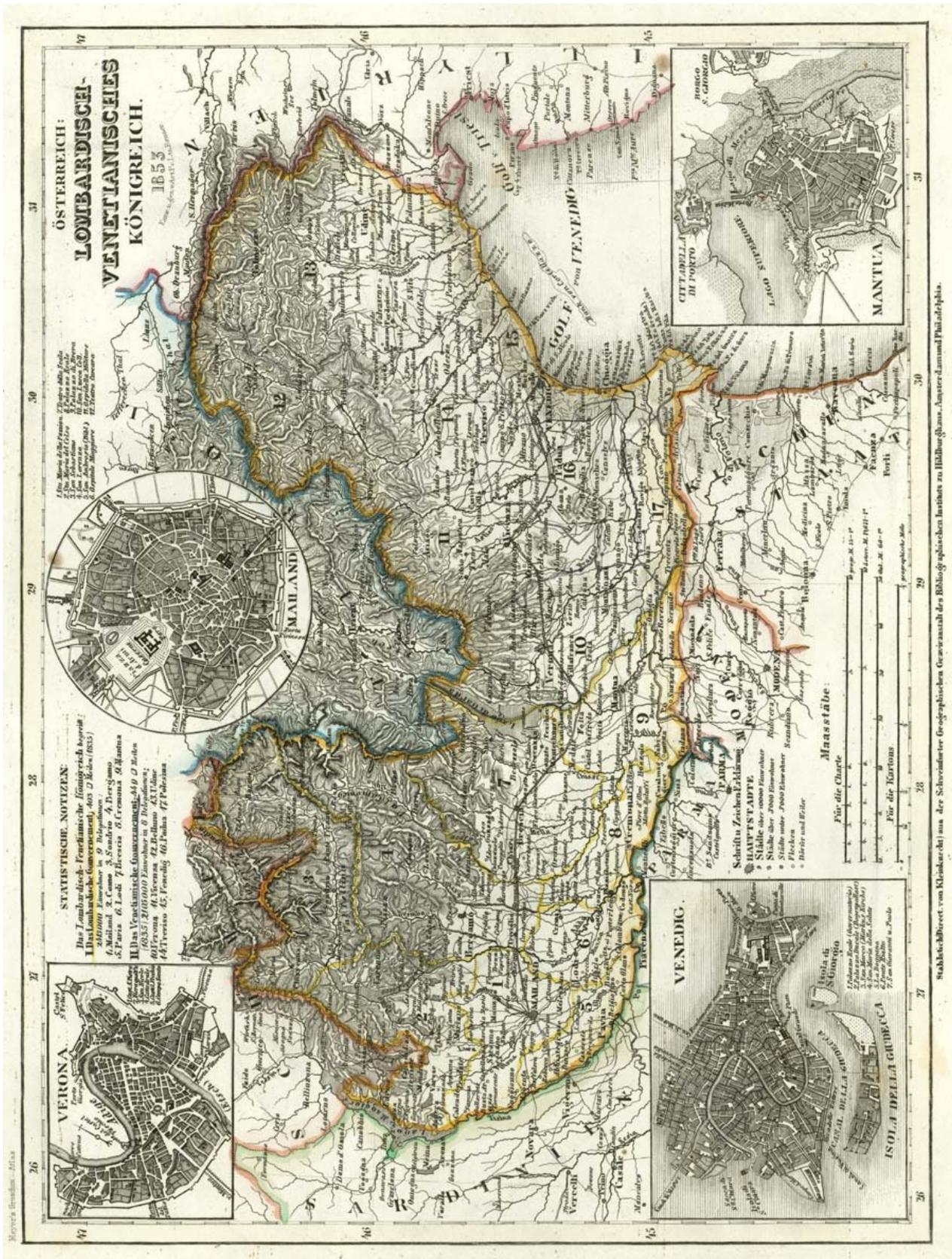


Fig. 5 – Tracciato proposto della ferrovia Ferdinandea Milano – Venezia, costruita dal 1837 al 1857 (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/OeLVK0c.png>)

Inoltre Kreil, astronomo a Brera, dal '31 al '39, elaborando i dati ottenuti dalla Magnetische Verein, cerca possibili relazioni tra le variazioni del campo geomagnetico e la posizione della Luna.

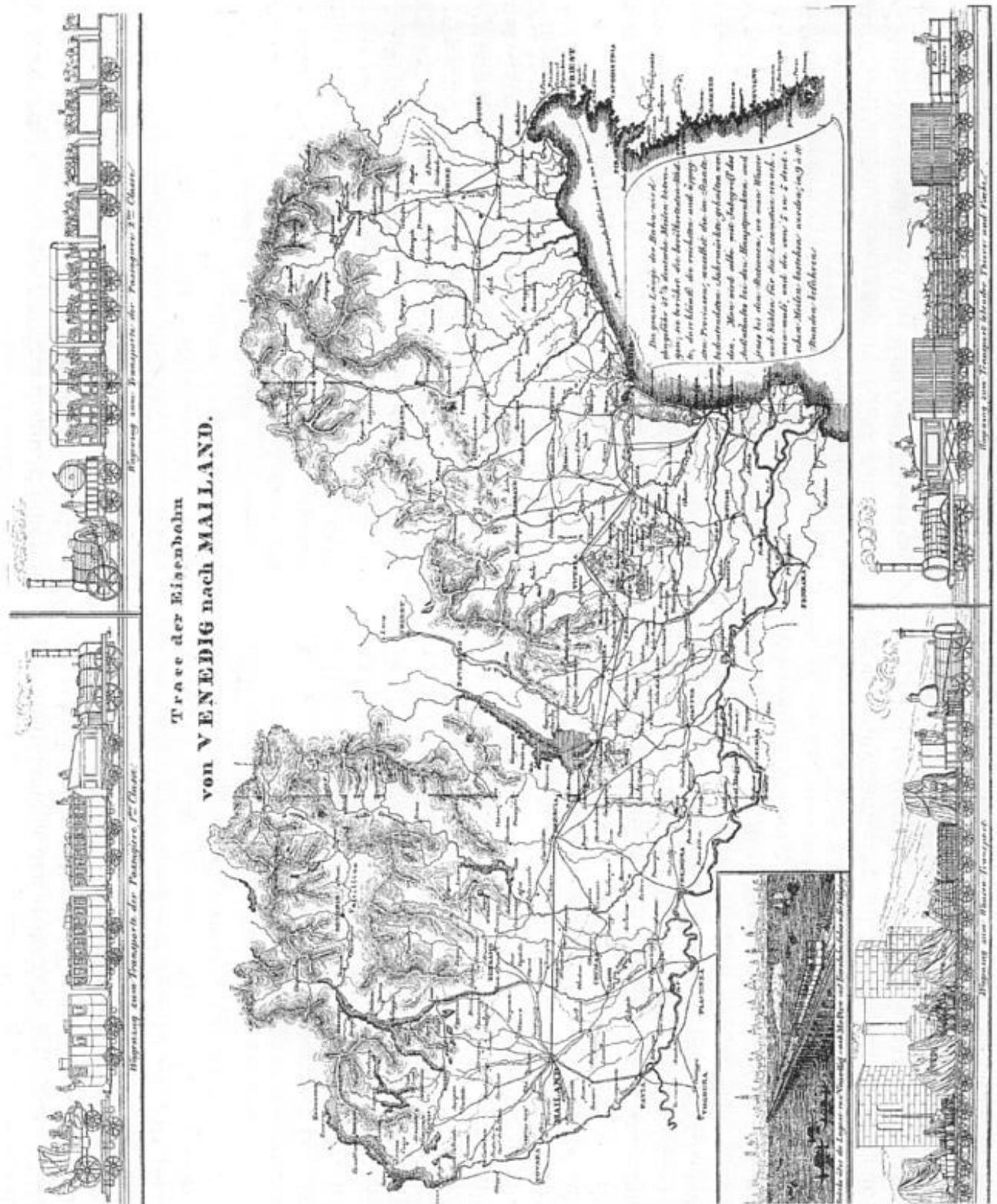


Fig. 6 (la figura è riportata quattro pagine più avanti, per questioni di spazio) –
Tracciato realizzato della ferrovia Ferdinandea Milano – Venezia, costruita dal 1837 al 1857

Anni dopo, Kreil è chiamato a dirigere l'Osservatorio di Praga e, in seguito, l'Istituto di Meteorologia e di Magnetismo terrestre di Vienna (che è il centro per la raccolta delle osservazioni di oltre sessanta stazioni

meteorologiche, site nell'Impero austro-ungarico). L'ultimo lavoro sul geomagnetismo a Brera è di Schiaparelli, nel 1881, con una ricerca su una possibile relazione statistica tra il campo geomagnetico e le macchie solari.

Sull'Osservatorio meteorologico dell'Università di Pavia

Nel corso della ristrutturazione degli edifici dell'Ateneo pavese, condotta secondo il progetto, del 1787, dell'architetto Leopoldo Pollack, è costruita la "specola", annessa al Teatro fisico⁴⁶. Titolare della cattedra di Fisica è Alessandro Volta (1745-1827) che, all'invito del R. I. Magistrato Politico-Camerale di esprimere le sue vedute riguardo alle attività che si potranno svolgere nella specola, nel 1791, risponde con un lungo e dettagliato "Prospetto di un compito osservatorio meteorologico"⁴⁷. Volta presenta le ricerche allora comprese sotto il nome di "meteorologia", elenca gli strumenti che ritiene necessari ed il conseguente impegno osservativo, denunciando l'insoddisfacente situazione della specola ticinese e della sua attività, perché l'Osservatorio meteorico, tra il '700 e l'800, è sito in una torretta dell'Università ed occupa una sola stanza ed il soprastante terrazzo, spazio insufficiente ad ospitare la dotazione strumentale del "compito osservatorio".

Parlando poi degli strumenti Volta raccomanda somma attenzione nell'uso del declinatorio e dell'inclinario magnetico e suggerisce di consultare il magnetometro per determinare anche le variazioni della forza attrattiva dell'ago. La realizzazione di un così impegnativo programma di regolari osservazioni, dati i suoi gravosi impegni didattici, richiederebbe la presenza di collaboratori, sotto la sua supervisione, e pure una completa ristrutturazione della sede dell'Osservatorio. Inoltre Volta ritiene che, in luogo delle due osservazioni giornaliere, siano necessarie quattro misure, opportunamente distribuite. Infine sottolinea l'opportunità di disporre di apparecchi che registrino, con continuità, le variazioni giornaliere del magnetismo terrestre. Infatti esistono già, da alcuni anni, simili apparecchi, baro-termo- metrografi, strumenti che, come scrive Volta, "lasciano a segni di matita le indicazioni, su tavoletta mossa da orologio". Aggiunge Volta che presentano un "grande vantaggio, (ma) molta spesa e imperfezione per troppa complicazione" (tra le persone che si interessano, a questi primi tentativi di realizzazione di strumenti registratori, si ricordano Annibale Beccaria e Pietro Moscati).

Nei primi anni, le osservazioni nella specola pavese sono eseguite solo saltuariamente; infatti in una seduta dell'Istituto Lombardo, Luigi Magrini, movendo alcuni rilievi alla nota di Giovanni Cantoni "Intorno alle osservazioni meteoriche intraprese a Pavia", presenta alcuni fogli che riportano, di mano del Volta, numerose sue osservazioni meteo fatte, in Pavia, nel 1790⁴⁸.

- Pietro Configliachi, nel 1804, subentra a Volta nell'insegnamento di Fisica sperimentale e, nel '17, confermato in questo ruolo, tiene la cattedra fino al '40 e la direzione degli Studi matematici e filosofici fino al '43. Nel 1807, dà una nuova sede all'Osservatorio meteorologico in un locale (di 10×4.5 metri), sito nella torre innalzata sull'angolo meridionale del palazzo dell'Università. Dal terrazzo dell'osservatorio, nel '27, Carlini misura la latitudine, con il teodolite di Reichenbach, strumento poi ceduto all'Università. Le sue misure evidenziano una forte differenza tra la latitudine astronomica ed i

⁴⁶ A. A.V.V.: Francesco Brioschi e il suo tempo, vol. I, 42, 2007.

⁴⁷ Magrini L.: Intorno un compito osservatorio meteorologico proposto da Alessandro Volta sino dal 1791. Atti Istituto Lombardo, vol. II, 239-253, 1860-61.

⁴⁸ Magrini L.: Atti Istituto Lombardo, vol.II, 402-406, 1861.

valori, tra loro pure discordi, ottenuti dalle precedenti triangolazioni geodetiche che si appoggiavano sulle basi rispettivamente di Milano, Torino, Parigi e Genova. Carlini attribuisce il disaccordo alla distribuzione locale della densità degli strati terrestri ⁴⁹. Tuttavia trova che le differenze rientrano tra i limiti d'osservazione, se le misure geodetiche sono riferite, anziché ad un ellissoide terrestre generale (ovvero geocentrico), ad un ellissoide osculatore, calcolato per la zona considerata. Ottant'anni dopo, nel 1907, Alfredo Viterbi, docente di Geodesia teoretica all'Università ticinese, ridetermina la latitudine, osservando dalla stessa postazione del Carlini ⁵⁰. Con l'aiuto e la guida di Giovanni Celoria (direttore della Specola di Brera, professore al Politecnico di Milano e presidente della Commissione geodetica italiana), osservando con un teodolite universale di Repsold, ottiene il valore della latitudine: 45° 11' 3".²¹. A partire dall'anno successivo, iniziano le regolari osservazioni, con le stesse modalità adottate dall'osservatorio milanese, al fine di poter stabilire un confronto con altre stazioni. Nel *Giornale di Fisica e Chimica e Scienze Naturali* (di cui Configliachi è uno dei principali collaboratori, con G. Brunacci e con Luigi e Gaspare Brugatelli), è pubblicato, accanto alle misure milanesi (ad esempio, nel vol. del 1831), il Quadro annuale delle osservazioni, barometriche, termometriche, igrometriche pavesi. A Pavia, è pure misurata la declinazione e l'inclinazione magnetica e, per questo impegnativo programma di lavoro, Configliachi assume alcuni collaboratori. Dal '17 al '22, effettua le misure l'abate Rè ⁵¹ e gli succede Cesare Leopoldo Gazzaniga, in qualità di "assistente per la meteorologia", come scrive Configliachi a Gaspare Brugatelli. Gazzaniga (che si qualifica ripetitore di fisica) cura, per alcuni anni, anche la gestione della specola e, nel '26, su suggerimento di Configliachi, fa un'analisi dei dati, pressione atmosferica, temperatura, igrometricità e venti, ottenuti nei primi 18 anni di attività pavese ⁵². Alla specola è pure in funzione un termometrografo, per rilevare le temperature massime e minime. Configliachi, in una nota all'Accademia di Agricoltura, Scienze e Lettere di Verona, di cui è socio, presenta anche le osservazioni meteo pavesi ottenute nell'arco di 40 anni, a partire cioè dalla ristrutturazione dell'Osservatorio, voluta dallo stesso Configliachi ⁵³. Nel '47, Gazzaniga è aggregato alla Facoltà matematica pavese. La Facoltà matematica, o Collegio dei dottori, è stato un consesso di ingegneri, istituito per integrare, grazie alla loro esperienza professionale, l'insegnamento accademico ai futuri ingegneri. All'inizio '800, Gazzaniga partecipa ai rilevamenti catastali, in Romagna (allora nello Stato della Chiesa), e scrive una nota, sui metodi impiegati. Dal '29 al '46, professore di fisica al Liceo di Desenzano, Gazzaniga si occupa di meteorologia e magnetismo, mantenendosi costantemente in contatto con l'ambiente pavese e, in particolare, con Gaspare Brugatelli (1795-1852). Nel '46, la Facoltà matematica si rende autonoma dalla Facoltà filosofica e, ritornato a Pavia, Gazzaniga è nominato decano della Facoltà matematica, per l'anno '50/'51 ⁵⁴.

- Giuseppe Belli (1791-1860), professore di fisica al Liceo di Porta Nuova (a Milano, ora Liceo Parini), dal 1821 al '40, è in contatto con gli astronomi di Brera, in particolare con Gabrio Piola, come mostra il suo

⁴⁹ Carlini F.: Latitudine dell'Osservatorio meteorologico. dell'I. R. Università di Pavia. Biblioteca Italiana vol. 61, 367-376, 1831

⁵⁰ Viterbi A.: Determinazione (1906) della latitudine della torre della R. Università di Pavia. Brera pubbl. XLIV.

⁵¹ Cortemiglia G.C., Manfredini U., Ottone C.: *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, vol.44, 19-34, 2003.

⁵² Gazzaniga C.L.: Saggio di un metodo per registrare le osservazioni meteorologiche al fine di dedurne con maggiore probabilità i corrispondenti pronostici. *Giornale di Fis. Chim. Medic. e Arti*, Tom. IX, 146 e 218, 1826.

⁵³ Gazzaniga C.L.: Nota sopra un modo semplice di compilare e dar profitto dalle osservazioni meteorologiche. Manoscritto Accad. Verona, 1853.

⁵⁴ In quegli anni, Antonio Bordoni rinnova la composizione della Facoltà, associando alcuni suoi giovani e valorosi allievi. Infatti a Gazzaniga, come decano, succede Giovanni Codazza e, a questi, nel '53/'54, Francesco Brioschi (A. A.V.V.: Francesco Brioschi e il suo tempo, vol. I, 264, 2007) cui si deve la successiva fondazione del Politecnico di Milano.

epistolario che inizia nel 1826, anno in cui Piola lascia l'Osservatorio di Brera ⁵⁵. Succeduto a Configliachi, dal '42 al '60 tiene la cattedra di Fisica di Pavia, città ove si è formato culturalmente. Seguendo Volta nelle ricerche di "meteorologica elettrica", Belli studia l'influenza della elettricità sul meccanismo di formazione delle nubi temporalesche e dei vari tipi di precipitazioni. Da tempo, è noto che le goccioline dell'acqua nebulizzata delle cascate portano una carica elettrica negativa. Infatti secondo Volta, le goccioline durante la caduta cedono, per evaporazione, elettricità positiva. Durante il suo soggiorno milanese, Belli effettua esperimenti su questo fenomeno e, da un terrazzo (della Specola di Brera), fa schizzare al suolo, a pressione costante, un getto d'acqua che raccoglie in una bacinella, collegata ad un elettroscopio. In questo modo, conclude che l'elettrizzazione riscontrata è un fenomeno di induzione, esercitato dall'elettricità atmosferica sulle goccioline, mentre la cessione di cariche al vapore prodotto nella caduta è un effetto di minor importanza ⁵⁶. Nella sua originale attività di ideatore di macchine, nel campo della meteorologia, figura uno psicrometro ad appannamento. Una sua nota contiene osservazioni sul termobarometro, inventato dal fisico monzese Angelo Bellani. In seguito, perfeziona uno psicrometro o igrometro a raffreddamento per evaporazione. Alla dettagliata descrizione dello strumento, corredata da tavole psicrometriche, presentata in una Memoria alla R. Accademia di Padova, segue una rassegna critica degli psicrometri allora esistenti ⁵⁷. Infine dopo gli studi di Belli, l'attività osservativa della specola, in questo campo, diminuisce.

- Giovanni Cantoni, cattedratico di fisica a Pavia dal '60 al '93, coltiva la meteorologia lungo tutta la vita, come attestano più di cinquanta suoi scritti sull'argomento e l'azione svolta, fin dalla giovinezza, per istituire nuovi osservatori ⁵⁸. Ben consapevole come, per conoscere le leggi che regolano i fenomeni atmosferici ed affinché i dati raccolti siano utili alla scienza, è necessario studiare le vicende meteoriche, su vaste regioni, con strumenti e metodi uniformi, esegue studi e confronti su termometri, barometri, psicrometri, lucimetri (un esempio nella fig. 8), evaporimetri, in particolare, rivalutando le qualità di due strumenti del fisico Bellani, lo psicrometro e l'attinometro, altrimenti detto lucimetro (esempi nelle figg. 9 e 10). Nel quadro della laboriosa unificazione dei vari organismi pre-unitari, è istituita anche una rete degli osservatori governativi, con l'Ufficio centrale di meteorologia, in Roma, al quale confluiscono le varie reti regionali. Importante è il contributo del senatore Cantoni, per uniformare, in tutto il Regno, sia la strumentazione che le modalità di raccolta dei dati e, tra i suoi scritti riguardanti la materia, spiccano: Sugli intenti della meteorologia (1866); Sugli evaporimetri e la temperatura dell'aria (1879). Inoltre la nota: La meteorologia agraria (1878), esprime la sua convinzione che gli osservatori meteo convenzionali, per la loro collocazione, poco possono giovare alle esigenze dell'agricoltura. Al contrario, per le stazioni agrarie, bastano strumenti di facile uso e più semplici di quelli in dotazione agli osservatori. Fino al 1892, la stazione meteo pavese mantiene la vecchia sede nel Palazzo centrale. Anni dopo, è trasferita all'Orto agrario, un tempo gestito dall'Università, secondo la proposta fatta da Cantoni, fin dal 1881 (recentemente sono stati analizzati i dati termopluviometrici di Pavia, a partire dal 1861, ricordando le sedi via, via occupate dall'osservatorio e gli assistenti osservatori, ivi operanti: a riguardo, si veda ancora la nota 32 ⁵⁹).

⁵⁵ Rovida E.: Atti del convegno su Giuseppe Belli, 11-20, Pavia, 1992.

⁵⁶ A.A.V.V.: La Fisica a Pavia nell'800 e '900, a cura di Giacomo Bruni, 34-35, 1988.

⁵⁷ A.A.V.V.: La Fisica a Pavia nell'800 e '900, a cura di Giacomo Bruni, 308-321, 1988.

⁵⁸ Murani O.: Commemorazione di Giovanni Cantoni. Rend. Istituto Lombardo, serie II, vol. XXXII, 1899.

⁵⁹ Arch. Università di Pavia: Lettera di Giovanni Cantoni in data 8.5.1881.



Fig. 7 – Inclinometro magnetico (collezione privata De Rubeis – Cagliari)



Fig. 8 – Lucimetro di Leslie (Gabinetto di Fisica di Volta – Università di Pavia)



Fig. 9 – Psicrometro Salmoiraghi (Osservatorio Astronomico di Brera)



Fig. 10 – Attinometro di Bellani (Università di Camerino)

Sull'istituenda Cattedra di Geodesia

Alla metà dell'800 nasce un contrasto, tra l'Osservatorio milanese e l'Università di Pavia, che riguarda anche il Liceo Sant'Alessandro. Giovanni Maria Bussedi, direttore della Facoltà filosofica e matematica ticinese dalla quale, a norma di statuto, l'Osservatorio dipende come Scuola di Astronomia, propone al Governo l'istituzione di una cattedra di Geodesia presso la specola milanese. Infatti Brera è depositaria di una lunga tradizione nelle campagne astronomico-geodetiche, dalla misura dell'arco di meridiano tra Rimini (si veda a riguardo, la fig. 1) e Roma, alla campagna geodetica per la stesura della Carta del milanese e del mantovano condotta dal 1788 al 1796 (si veda, a riguardo, la fig. 2), ed alla successiva, dal 1802 al 1807, per la sua estensione alle provincie, allora non facenti parte dello Stato di Milano (si veda, a riguardo, la fig. 3). Bussedi ritiene utile che i futuri ingegneri topografi acquisiscano un'adeguata preparazione, nella pratica geodetica, basandosi sull'esperienza degli astronomi. Nel 1855, egli propone che Giovanni Veladini, professore di fisica al Sant'Alessandro, ricopra una cattedra, dedicata alla Geodesia, e che sia creata, alla Specola, una scuola per gli ingegneri, sotto la guida degli astronomi⁶⁰. La proposta non piace a Carlini, il quale ritiene più opportuno che la scuola di Geodesia abbia sede presso l'Università ticinese, temendo anche possibili danni alla strumentazione dell'Osservatorio (e lo stravolgimento che la presenza di tanti giovani porterebbe nella ricerca). Inoltre a suo giudizio, Veladini non è persona adatta a ricoprire la cattedra di Geodesia, non avendo un'esperienza sul campo nelle operazioni geodetiche.

Replica Bussedi che, poiché la Geodesia si basa su operazioni astronomiche, l'osservatorio è il luogo più naturale per impartire tale insegnamento, ma subordina comunque la proposta al parere di chi meglio di lui potrà esaminare la questione con piena cognizione di causa. La persona citata è il pavese prof. Antonio Bordoni, già autore, nel 1850, di un piano di riforma degli studi di Ingegneria all'Università ticinese in cui si propone l'istituzione di una cattedra di Geodesia e di una Scuola d'applicazione per gli ingegneri. Nello stesso anno, il Bordoni, succeduto a Bussedi, nella carica di direttore della Facoltà matematica, presenta al Governo le sue obiezioni alle riserve di Carlini. La Geodesia, scrive Bordoni, si presenta attualmente come

⁶⁰ A.O.B., C 74, lettera in data 15.9.1855.

un importante complemento delle matematiche applicate, il che legittima l'istituzione di una nuova cattedra specifica. Poiché i vigenti regolamenti prevedono che il professore di Astronomia fornisca agli allievi ingegneri le cognizioni astronomiche necessarie alle misurazioni geodetiche, la proposta cattedra di Geodesia solleverebbe il professore d'Astronomia da questa incombenza. Mancando in Pavia l'adatta strumentazione, a suo parere, la sede più naturale è Brera, qualora si abbia un abile professore. Poiché Carlini avanza riserve sulla candidatura del prof. Veladini, allievo del Bordoni, questi vista l'età di Carlini (1783-1862) e le condizioni di salute del secondo astronomo, Paolo Frisiani, propone di cercare, a Brera, un'altra persona, adatta a tale compito.

Alla fine dell'anno, Veladini sottopone a Carlini un dettagliato piano per il corso di Geodesia⁶¹. Subito dopo, in una lettera al Governo, Carlini riesamina i vari aspetti del problema, concordando sull'opportunità di istituire una cattedra di Geodesia. Infatti vede, con favore, che si sdoppi il corso di Geodesia, in futuro, e propone di spostare subito il corso dal primo al terzo anno, in modo che l'allievo ingegnere abbia le basi matematiche necessarie. Perché il corso di Geodesia sia convenientemente frequentato e l'uditorio non sia ridotto e di consistenza aleatoria, come avviene per l'insegnamento di Astronomia, occorre renderne obbligatorio l'insegnamento. Carlini confuta pure l'affermazione di Bordoni, a proposito della asserita scarsa strumentazione astronomica, in dotazione all'Università pavese, elencando puntigliosamente gli strumenti astronomico-geodetici, a sua conoscenza, esistenti a Pavia:

- ❑ una parallattica in cupola girevole, regalo del conte Moscati;
- ❑ uno strumento dei passaggi, in cupola fissa, utilizzato dallo stesso Carlini, nel 1822, per misurare la lunghezza del parallelo medio (poi ceduto a Pavia);
- ❑ un buon pendolo;
- ❑ un teodolite di Reichenbach;
- ❑ molti cannocchiali, apparecchiature magnetiche e meteorologiche.

Carlini puntualizza altresì, ai colleghi pavesi, come un fattore da tenere nel dovuto riguardo, che non restino dimenticati quegli strumenti, costati una somma non lieve all'erario. Inoltre insiste presso il Governo, qualora venga istituita la cattedra di Geodesia, presso il Sant'Alessandro, sulla necessità di dotarla di fondi adeguati all'acquisto della necessaria strumentazione e di assegnarvi un macchinista, non potendo supplire con il personale della Specola. Infatti poiché Veladini intende tenere il corso al Sant'Alessandro, non si vede la necessità di fare dipendere la Scuola di Geodesia dall'Osservatorio il quale, come Scuola di Astronomia, a sua volta, dipende dall'Università ticinese, cosicché una dipendenza diretta da Pavia della Scuola d'applicazione per ingegneri semplificherebbe le cose. Infine osserva che è opportuno affidarne l'insegnamento ad un professore a tempo pieno e non ad un professore di Liceo, già gravato da forti impegni didattici.

Il tentativo di Bordoni si inquadra nella nuova politica scolastica, sostenuta da Massimiliano d'Asburgo, governatore del Lombardo-Veneto, nel biennio precedente la seconda guerra d'indipendenza⁶². Massimiliano auspica la istituzione di una scuola politecnica a Milano, anche se limitata al campo della sola Geodesia, interpretando le aspirazioni della nuova generazione di studiosi della materia. L'opportunità che, in Milano, sorga una scuola d'ingegneria, per rispondere alle esigenze dell'economia e dell'industria,

⁶¹ A.O.B., C 48; C 74, lettera in data 15.12.1855.

acquista velocemente peso negli anni seguenti e porta alla istituzione dell'Istituto Tecnico Superiore (ed attuale Politecnico di Milano la cui vecchia sede in Piazza Cavour è mostrata dalla fig. 11), per opera determinante di Francesco Brioschi, allievo di Bordoni e docente, per alcuni anni all'Università ticinese. A riguardo, di sicuro interesse è la memoria del Prof. Ferdinando Lori: Storia del Regio Politecnico di Milano ⁶³, dove sono citati i seguenti documenti:

- 1° La relazione del Prof. Ambrosoli sui lavori di una Comm. nominata dal Governo del Regno Lombardo Veneto per l'esame di tutto l'ordinamento degli studi superiori; i lavori della commissione di svolsero nel 1851.
- 2° Un articolo dell'Ing. Cantalupi, pubblicato nel giornale dell'Ingegnere Architetto ed Agronomo, vol. del 1860, nel quale è fatta la classificazione, e sono esposte le attribuzioni del personale tecnico.
- 3° La legge Casati sull'istruzione superiore.
- 4° La relazione della Commissione nominata dal Ministero della P.I. per lo studio del regolamento e dell'ordinamento dell'Istituto di Milano, presieduta da Quintino Sella (relatore G. Susani) (14-10-1860).
- 5° Un documento trovato presso l'Archivio del Politecnico di Milano, senza data precisa (e comunque del 1860), anonimo, intitolato: "Sommario di progetto per la fondazione di un R. Istituto Tecnico Superiore ai sensi dell'art. 310 della legge 12 novembre 1859", seguito da un progetto particolareggiato di Decreto.



Fig. 11 – La vecchia sede del Politecnico di Milano in Piazza Cavour

Fin dalla sua fondazione, Brera collabora con la nuova istituzione milanese e, nell'ordinamento dell'Istituto (1863), si legge: l'insegnamento di Geodesia sarà dato nella Scuola di Astronomia presso l'Osservatorio astronomico nel Palazzo di Brera ⁶⁴. Ed inoltre: "Schiaparelli fu docente al Politecnico per più di un decennio (1863-1875). Egli divise col Brioschi l'insegnamento biennale dell'analisi matematica e geometria analitica, insegnò Geodesia e tenne complementari di Teoria degli errori ed Astronomia che furono oggetto di redazione stese dallo stesso Schiaparelli" ⁶⁵. In seguito, altri astronomi milanesi sono docenti al Politecnico, in particolare, Giovanni Celoria di Geodesia, per ben 35 anni (1875-1910), e di Teoria degli errori (a partire dal 1904) e Giovanni Forni di Geodesia e Meccanica razionale, negli anni appena successivi, fino al 1922.

⁶² Massimiliano d'Asburgo: Il governatorato del Lombardo-Veneto 1857-1859. Ed. Studio Tesi, 1992.

⁶³ Lori F.: Storia del R. Politecnico di Milano. Tipografia Antonio Cordani S:A., Milano, 1941.

⁶⁴ A.A.V.V.: Il Centenario del Politecnico di Milano 1863-1963. Tamburini Ed., Milano, 1964, pag. 139.

⁶⁵ A.A.V.V.: Il Centenario del Politecnico di Milano 1863- 1963. Tamburini Ed., Milano, 1964, pag. 311.

La Riforma tra Milano e Torino ⁶⁶

Non v'è lavoro, non v'è capitale che non cominci con un atto d'intelligenza. Prima d'ogni lavoro, prima d'ogni capitale, quando le cose giacciono ancora non curate e ignote in seno alla natura, è l'intelligenza che comincia l'opera e impone per la prima volta in esse il carattere della ricchezza ... Chiuso il circolo delle idee, resta chiuso il circolo delle ricchezze ⁶⁷ (Carlo Cattaneo, Pensiero come principio d'economia).

La Riforma è presente a Milano ⁶⁸, ma occorre fare alcune precisazioni, per comprenderne la portata ed i limiti. Infatti i valdesi sono presenti da tempo, rifacendosi ad eresie medioevali (come la Pataria ⁶⁹, quasi contemporanea), ma la loro presenza pubblica risale alla metà dell'ottocento, quando gli orientamenti politici liberali permettono la loro coesistenza con la cattolicità. Invece i luterani, come altre chiese riformate, sono presenti solo da questo secondo periodo, dovendosi collegare alla presenza di un'élite colta e/o dirigenziale, di origine centro-nord europea (allo stesso periodo, si ascrive anche la presenza degli anglicani). Infine meno evidente è la presenza dei calvinisti la cui teologia e liturgia, per contro, è più vicina a quella dei valdesi (con i quali si riscontrano rapporti certi di mutua influenza). Resta da osservare come la presenza della Riforma a Milano contribuisca a formare piccole élite colte e/o dirigenziali, ma la sua scarsa diffusione sia una delle cause di certe derive politiche da sinistra ad una destra, becera e talvolta pericolosa ⁷⁰.



Chiesa Valdese (MI)



Chiesa Luterana (MI)

⁶⁶ Briciole di utopia, ovvero un'utopia polverizzata (come nelle narrazioni di Italo Calvino e principalmente in *Le città invisibili*), può considerarsi la presenza riformata in Italia, con la testimonianza delle chiese valdese e luterana a Milano e di quella valdese a Torino, città dello Statuto Albertino: il primo documento ufficiale che accoglie e proclama la libertà di culto. D'altra parte, è innegabile constatare come i paesi del centro nord Europa, grazie anche alla presenza delle chiese riformate, mostrino una maggiore educazione civica, un maggiore rispetto per la cosa pubblica ed un maggiore senso dello Stato. A questi, si aggiungono la Francia, repubblicana ed illuminista (dove la Riforma è espunta nel sangue), e l'Austria, mitteleuropea e *felix* (dalla quel la Riforma è espulsa solo per il confronto militare ed altrettanto sanguinoso con gli Stati del nord della Germania).

⁶⁷ Allo stesso periodo in cui opera e scrive il Cattaneo, risale la presenza di un'élite colta e/o dirigenziale, di origine centro-nord europea e l'avvio dell'industrializzazione di Milano, favorito soprattutto da questa presenza, che fa fare un salto di qualità all'economia milanese e lombarda, rispetto alla manifattura, del '600 e del '700, a sua volta, successiva alle botteghe artigianali, medioevali e rinascimentali.

⁶⁸ Per correttezza e completezza, occorre constatare come la chiesa cattolica, pur ben dominante a Milano, a differenza di molti altri posti in Italia e non solo, non sia dominata da forti tentazioni temporali (come mostrato dalle sue figure cardinalizie, più importanti). Per contro, il mondo cattolico che le ruota attorno, da sempre, è pressoché privo di figure politiche degne di un certo rilievo.

⁶⁹ La Pataria lombarda è quasi contemporanea ai catari od albigesi provenzali ed ai bogomili bosniaci (successivamente convertiti ad un islam balcanico, allora aperto e tollerante, contro quello contemporaneo, spesso oppressivo ed intollerante) e precede invece gli hussiti boemi. Altrettanto quasi contemporaneo è il Francescanesimo umbro che tuttavia si istituzionalizza nel cattolicesimo, al prezzo di un quasi totale abbandono della Regola francescana originaria (povertà, mendicenza, quasi nomadismo, ecc.).

⁷⁰ Un lavoro scientifico evita vis polemica e non fa nomi di persone, ma è molto facile conoscerli, nel corso del '900, fino ad oggi. Resta da osservare che la stessa condizione di minoranza della Riforma, dai loro esordi, è presente anche nella sinistra, liberaldemocratica e socialdemocratica. Di conseguenza, tutte queste condizioni di minoranza (cui aggiungere condizioni di minoranza anche per i ghibellini e gli illuministi) sono forse la migliore spiegazione delle derive politiche di una certa sinistra, in una città/regione interessata soprattutto al guadagno, facile ed immediato.

La Riforma è presente a Torino in un modo particolarmente rilevante, perché le valli piemontesi e, in particolare, le Valli Pellice e Chisone sono valli valdesi, in quanto proprio da quelle valli origina il primo nucleo dei valdesi. Successivamente questi si trovano anche a Torino, nonché in certe isolate realtà dell'Italia meridionale (anche se la storia e le ragioni di questa strana emigrazione esula dagli scopi di questo paragrafo). Dall'epoca della Riforma e nei primi secoli successivi, notevoli, interessanti e fruttiferi sono poi i contatti e gli scambi tra la chiesa valdese e la chiesa calvinista ginevrina. Da ultimo, resta da segnalare come, per primo in Italia e tra i primi in Europa (e nel mondo), lo Statuto Albertino abbia riconosciuto la piena libertà di culto a tutte le religioni e così anche ai valdesi, superando non solo i residui delle laceranti guerre di religione, tra '500 e '600, ma anche le rigidità imposte dalla pace di Vestfalia con il conseguente: Cuius regio, eius religio, ovvero: Di chi è il potere, di lui (e per tutti i suoi sudditi) sia la religione.



Chiesa Valdese (TO)



Lapide per lo Statuto Albertino (TO)

A riguardo, comunque lo Statuto Albertino (monarchico ⁷¹ e cattolico) dichiara solo la tolleranza, verso gli altri culti, per di più, ora esistenti, mentre la successiva Costituzione Italiana (repubblicana e laica) stabilisce che tutte le religioni sono ugualmente libere davanti alla legge. Purtroppo poi questa solenne dichiarazione non trova piena applicazione nella vita quotidiana di questo travagliato paese, cosicché veri e propri vizi privati e false, ancorché decantate, pubbliche virtù prendono spesso il posto di una severa etica protestante che non risolve certamente qualsiasi problema, ma ne è, altrettanto certamente, una precondizione. La speranza è di poter vivere in un paese normale e migliore che sappia stare almeno nella media dei paesi più ricchi (dove per ricchezza privata si sta, già da tempo), anche per quanto riguarda lo Stato e la vita pubblica di tutti i suoi cittadini. Purtroppo ancora storie, grandi e piccole, della vita di oggi non inducono a facili ottimismo e, ancora molto spesso, lasciano disarmate le persone perbene.

V'è un principio di vita o di morte. ... S'è una paralisi del commercio e de lavoro, si pensi anzi tutto a sanarla. Il commercio e il lavoro guariranno la finanza. E' d'uopo confrontar prontamente i popoli col commercio leale

⁷¹ Lo Statuto Albertino è certamente una cosa degna, dati i tempi di allora, se confrontato con l'impero in Francia, il proseguimento della restaurazione in Austria, Germania e Russia (con la sola precedente eccezione dell'Inghilterra). Tuttavia la monarchia sabauda, dopo un Risorgimento che è soprattutto una guerra di espansione e conquista del Piemonte, si macchia con la repressione dei moti sindacali di fine ottocento, con inutili guerre coloniali, con la partecipazione alla prima guerra mondiale (letteralmente un'inutile strage), con l'avallo della dittatura fascista, con l'odiosa partecipazione alla guerra civile spagnola, con la partecipazione scellerata alla seconda guerra mondiale (a fianco della Germania nazista) e con la vergognosa fuga da Roma capitale, lasciata in balia delle armate naziste, per mettersi in salvo, ella sola, nell'Italia meridionale.

e certo, ... E' d'uopo non contristarli frattanto con nuove imposte. ... Quando la finanza moltiplica gli aggravii e gli inciampi, ciò che guadagna da una mano le vien meno dall'altra ⁷² (Carlo Cattaneo, Ai liberi elettori – lettera IV, pubblicata sulla Gazzetta di Milano).



Giovanni Domenico Cerrini, Trionfo della Vergine e cacciata dei protestanti all'inferno ⁷³
(affresco sulla volta della chiesa di Santa Maria della Vittoria, Roma)



Luigi Serra, L'esercito cattolico entra in Praga dopo la vittoria alla Montagna Bianca sui protestanti
(affresco sul catino absidale della chiesa di Santa Maria della Vittoria, Roma)

⁷² La polemica del Cattaneo si riferisce al corso forzoso ed all'odiosa tassa sul macinato, ma il suo insegnamento è tuttora valido, di fronte all'economia di carta odierna ed alla collegata finanza d'assalto.

⁷³ Senza voler nascondere, colpe gravissime anche da parte riformata, chiaramente bolsa e cattiva è la reazione cattolica, frutto della controriforma. Infatti a mo' di esempio, la chiesa di Santa Maria della Vittoria a Roma (inizialmente dedicata a San Paolo) è rinominata, proprio dopo la vittoria dell'esercito cattolico alla Montagna Bianca che precede il suo ingresso in Praga, con l'eccidio dei protestanti (come è accaduto anche altrove, ad esempio, con la Notte di San Bartolomeo, in Francia, ed il Sacro Macello, in Valtellina). I due dipinti presenti non sono certamente soggetti religiosi, ma celebrazioni politiche di un potere religioso, assoluto ed autoritario.

Un monito importante

Marc Chagall (originariamente Moïse Segal) è un pittore di origini russe e di famiglia ebraica, naturalizzato francese ed esule in America (per sfuggire all'olocausto) che vive quasi cent'anni, assurgendo presto ad una fama internazionale. Dopo gli inizi, nella tradizione dell'ebraismo orientale, la sua arte si accosta, senza mai identificarsi, con tutte le avanguardie del '900, a partire dal cubismo. Volendo qui evitare, di certo, un'errata lettura oleografica della sua opera, occorre segnalare, in essa, la drammaticità dell'esperienza vissuta ed il monito importante, affinché non si ricada negli errori del passato.



Marc Chagall, La caduta dell'angelo (Kunstmuseum, Basilea)



Marc Chagall, Apocalisse in lilla – Capriccio
(bozzetto per un'opera mai realizzata)

In questo contesto, La caduta dell'angelo va ben oltre la denuncia storica dell'olocausto, presente invece in Apocalisse (dipinto da un ebreo, forse anche per accusare i tanti silenzi cristiani, cattolici ed evangelici, dove è mostrata addirittura una svastica, al braccio di un uomo di fronte a Cristo in croce), e denuncia tutti i rischi, insiti nel predominio del tecnologico, nelle politiche dirigiste e nello svuotamento della partecipazione democratica (oggi si potrebbe aggiungere nell'economia dei disastri, nella globalizzazione selvaggia e nella finanza d'assalto).



Marc Chagall, Don Chisciotte (collezione privata)

Don Chisciotte è invece un quadro che, con il noto personaggio picaresco spagnolo, propone la filosofia del personaggio sognatore ed utopista. Infatti ogni persona è solo precaria e provvisoria, nel teatro del mondo. Allora l'atteggiamento migliore è quello di un turista divertito (e/o di un giocoliere), perché così si può vivere meglio, quando non si è assaliti da una qualche oppressione, qualsiasi essa sia. Pertanto anche la seconda parte del monito (seppure detta senza enfasi) è importante: far sì che oppressioni non accadano e, nel modo migliore possibile, vivere libero, per se stesso e con tutti i propri contemporanei, vicini e più lontani.

Non si deve cominciare dai simboli, ma giungere a essi (Marc Chagall).

Don Chisciotte

O caro Don Chisciotte,
o Cavaliere dalla Triste Figura
girasti il mondo in cerca d'avventura,
con Ronzinante e Sancio il tuo scudiere,
pronto a combattere senza paura
per ogni causa pura.

Maghi e stregoni ti facevano guerra,
e le pale incantate dei mulini
ti gettavano a terra;
ma tu, con le ossa rotte,
nobile Don Chisciotte,
in sella rimontavi e, lancia in resta,
tornavi a farti rompere la testa.

In cuore abbiamo tutti un Cavaliere
pieno di coraggio,
pronto a rimettersi sempre in viaggio,
e uno scudiero sonnolento,
che ha paura dei mulini a vento...

Ma se la causa è giusta, fammi un segno,
perché – magari con una spada di legno –
andiamo, Don Chisciotte, io son con te!

(Gianni Rodari).



Mappamondo di Mercatore, 1587 (British Museum, Londra)

Il mappamondo di Mercatore è pressoché coevo al romanzo: *El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha* (meglio noto come: Don Chisciotte), capolavoro di Miguel de Cervantes Saavedra, e ha lo scopo di mostrare l'ampliamento delle conoscenze, accaduto tra i secoli XVI e XVII, tanto nella conoscenza del mondo, quanto come conoscenze nel mondo. Infatti prescindendo dalla vergogna della conquista coloniale delle Americhe⁷⁴, tutto ciò significa anche il desiderio di vivere libero veramente, nel miglior modo possibile, come è detto nella seconda parte del monito, lasciato dall'opera di Marc Chagall (ed anche nella poesia di Gianni Rodari).

⁷⁴ La conquista delle Americhe ha portato allo sterminio delle popolazioni locali (e la più tarda colonizzazione dell'Africa sub sahariana al soggiogamento delle popolazioni indigene, già vessate dalla schiavitù la cui esplosione inizia proprio con la suddetta conquista).

Appendice A ⁷⁵ – Dallo scritto del Magister Ludi all’Autorità Pedagogica ⁷⁶

La Castalia, come istituzione, il nostro Ordine, il nostro lavoro scientifico e scolastico, compreso il Giuoco delle perle e tutto il resto, sembrano alla maggior parte di noi confratelli cose ovvie e naturali come agli uomini tutti l’aria che respirano e il terreno sul quale camminano. Forse nessuno pensa che quell’aria e quel terreno potrebbero anche non esserci, che un giorno l’aria potrebbe mancare, il terreno sparire di sotto ai piedi. Abbiamo la fortuna di vivere tranquilli in un mondo piccolo, pulito e sereno e la maggior parte di noi, per strano che possa sembrare, vive nella finzione che tale mondo esista *ab aeterno* e noi siamo nati in esso.

Anch’io ho vissuto i miei giovani anni in questa piacevolissima illusione, mentre la realtà mi doveva pure esser nota, che cioè non ero nato in Castalia, ma vi ero stato mandato dalle Autorità e che la Castalia, l’Ordine, le scuole, gli archivi e il Giuoco delle perle di vetro non sono sempre esistiti né sono opera della natura, bensì una tarda e nobile creazione dell’umana volontà, transitoria come tutte le cose create. Tutte queste cose le sapevo ma per me non erano reali, non ci pensavo, evitavo di guardarle e mi consta che più di tre quarti di noi vivono e moriranno in questa curiosa e gioconda illusione.

Ma come vi sono stati secoli e millenni senza l’Ordine e senza la Castalia, così sarà di nuovo in avvenire. E se oggi ricordo ai miei colleghi questa verità evidente, se li invito a volgere lo sguardo ai pericoli che ci minacciano, se dunque assumo per un momento la parte piuttosto invisibile e grottesca del profeta e del predicatore, sono pronto a sostenere le eventuali beffe ma confido che la maggioranza di voi leggerà questo scritto sino in fondo e che parecchi mi daranno persino ragione in taluni punti. Sarebbe già un buon risultato. Un’istituzione come la nostra Castalia, staterello dello spirito, è esposta a pericoli interni ed esterni. I pericoli interni, o almeno alcuni di essi, ci sono ben noti, li osserviamo e li combattiamo. Con frequenza si rimandano singoli allievi dalle scuole scelte perché si scoprono in loro istinti e qualità inestirpabili che li rendono inadatti e pericolosi per la nostra comunità. La maggior parte non sono tuttavia, speriamo, uomini di minor valore, ma soltanto inetti alla vita castalia e, ritornati nel mondo, possono trovare condizioni di vita più conformi a loro e diventare brave persone. In questo punto la nostra prassi ha dato buona prova e in complesso possiamo dire che la comunità tiene alla sua dignitosa disciplina e assolve il compito di rappresentare e allevare un ceto superiore, una nobiltà dello spirito. Presumibilmente non abbiamo tra noi persone indegne e tiepide più di quanto sia naturale e tollerabile. Un po’ meno scusabili sono la presunzione e la boria degli appartenenti all’Ordine, fuorviati da quella nobiltà e dalla situazione privilegiata, presunzione che del resto, a ragione o a torto, si suol rinfacciare a qualunque nobiltà. Nella storia di ogni aggruppamento sociale si punta sempre sulla formazione di una nobiltà che ne è il culmine e il coronamento e, a quanto pare, lo scopo vero e proprio, anche se non sempre confessato; l’ideale di ogni tentativo di formare una società è una qualche forma di aristocrazia, di dominio dei migliori. Il potere, sia esso monarchico o anonimo, è sempre stato pronto a concedere protezioni e privilegi a una nobiltà nascente, fosse politica o di altro genere, della nascita o della selezione e dell’educazione. La nobiltà favorita si è sempre rinforzata sotto il sole, ma il posto al sole e la condizione di privilegio la portarono sempre, dopo un certo livello, alla tentazione e alla corruzione.

Se ora consideriamo il nostro Ordine come nobiltà e cerchiamo di stabilire fino a qual punto il nostro contegno verso il resto del popolo e del mondo giustifichi la nostra posizione particolare, fino a qual punto il morbo caratteristico della nobiltà, la *hybris*, l’albagia, la boria, la saccenteria, il parassitismo ingrato ci

⁷⁵ Il Politecnico di Milano offre una lista PD nella quale i singoli docenti possono liberamente intervenire (anche se non sempre il dibattito è all’altezza delle aspettative). Quanto di seguito riportato costituisce sicuramente una preziosa eccezione e, proprio per questa ragione, merita la sua inclusione, come appendice di questo lavoro.

⁷⁶ “Il Giuoco delle Perle di Vetro” di Hermann Hesse è un libro complesso, summa e conclusione del lavoro dello scrittore, pubblicato molti anni dopo il precedente romanzo “Narciso e Boccadoro”. Esso è un libro profondissimo che rappresenta, con pochi altri, quali la “Montagna Incantata” di Thomas Mann, una delle massime espressioni del romanzo di formazione tedesco.

Molto sinteticamente, è la storia di Josef Knecht, Magister Ludi del Giuoco delle Perle di Vetro, un incrocio tra scienza, arte, musica e filosofia. Hesse, tramite Knecht lo definisce così: “Il nostro Giuoco delle perle di vetro assomma in sé i tre principi: scienza, venerazione del bello e meditazione”. Si tratta di un racconto fantastico ambientato in una società di un tempo indefinito, dopo la Prima Grande Guerra mondiale, società nella quale, dopo un periodo di grave decadenza (“l’era della terza pagina”), si costituì Castalia, uno “stato nello stato”, autonomo e perfetto, nel quale si studiavano scienze, arti, filosofia e soprattutto il Giuoco delle Perle di Vetro. Come riassume Wikipedia, “Castalia viene rappresentata come un comunità eterea, utopistica, dedicata alla pura ricerca della conoscenza intellettuale”.

In questa società ideale di studiosi e ricercatori, Knecht raggiunge il massimo rango, il Magister Ludi (“Maestro del giuoco”), e ne interpreta al meglio tutta l’essenza. Tuttavia nella sua vita, ha modo anche di vivere e capire il mondo, la storia, le vicende degli uomini comuni. Così si rende conto che quella entità perfetta, Castalia, è fragile e destinata essa stessa a scomparire. Pertanto decide di lasciare Castalia, rinunciare al suo rango e tornare nel mondo per fare “il maestro di scuola” (“ludi” ha un doppio significato, per l’appunto), morendo tragicamente, proprio quando sta per iniziare a fare da istitutore al figlio di un vecchio amico di gioventù.

Prima di lasciare Castalia, Knecht invia un lungo memoriale al consiglio pedagogico dell’Ordine del Giuoco delle Perle di Vetro per spiegare il significato e i motivi della sua scelta. E’ uno scritto che sintetizza il senso complessivo del romanzo, riportato integralmente di seguito. La lettura è un po’ lunga, ma il testo è di una straordinaria modernità che invita alla riflessione sul significato della scienza, dell’educazione, dell’essere maestri e docenti. Esso è una sfida a chi vede e vive il mondo accademico come una élite aristocratica e chiusa su se stessa. Esso è anche un invito profondissimo a riscoprire il senso e la natura del processo educativo e del ruolo di maestro, perché la sintesi dell’analisi di Hesse è sul rapporto “tra Spirito e Vita, tra teoria e pratica, tra riflessione ed emozione”.

Questo libro che sfida tutti, proponendo riflessioni profonde e laceranti, e la lettura, anche solo di questo passo, è un arricchimento unico, e un invito profondo a ripensare quello che si è e ciò che si fa.

abbiano già colpiti e ci governino, tutto ciò ci farà riflettere. Può darsi che l'odierno castalio manchi di obbedienza alle leggi dell'Ordine, di laboriosità, di spiritualità coltivata: ma non gli manca spesso anche la comprensione del suo posto nel popolo, nel mondo, nella storia universale? Possiede forse la coscienza dei fondamenti della sua vita, sa di essere foglia, fiore, ramo o radice di un organismo vivente? Ha idea dei sacrifici che il popolo fa per lui nutrendolo, vestendolo, offrendogli la possibilità di istruirsi e di dedicarsi ai suoi vari studi? E si preoccupa forse di capire il significato di questa nostra esistenza eccezionale? Possiede un vero concetto dei fini dell'Ordine e della nostra vita? Pur ammettendo le eccezioni, molte e lodevoli eccezioni, per parte mia a tutte queste domande risponderai di no. Il castalio medio considera l'uomo di mondo, il non erudito, magari senza disprezzo, senza invidia, senza astio, ma non lo considera come fratello, non vede in lui chi lo mantiene né si sente minimamente corresponsabile di ciò che accade fuori della Provincia. Scopo della vita gli sembra il culto delle scienze per sé stesso, o magari il piacere di passeggiare nel giardino d'una cultura che volentieri si atteggia a universale senza esserlo del tutto. Insomma questa cultura castalia, cultura alta e nobile certamente, alla quale sono profondamente grato, non è, nella maggior parte di coloro che la possiedono e rappresentano, un organo, uno strumento, non è attiva e rivolta coscientemente a mete più grandi, ma tende piuttosto al godimento di sé, all'incensamento, alla formazione di specialità spirituali.

So che esiste un gran numero di castalii integri e preziosissimi che in verità non vogliono altro che servire: sono gli insegnanti allevati da noi, specie quelli che fuori, in campagna, lontano dal clima ameno e dalle raffinatezze spirituali della nostra Provincia, svolgono nelle scuole un servizio pieno di abnegazione, d'importanza inestimabile. A rigore quei bravi insegnanti sono gli unici di noi che adempiano realmente il fine della Castalia e col cui lavoro noi contraccambiamo al paese e al popolo i loro grandi benefici. Il nostro compito più alto e più sacro consiste nel conservare al paese e al mondo il fondamento spirituale che ha dato buona prova anche come elemento morale di estrema efficacia: il senso della verità, sul quale si fonda tra l'altro anche il diritto; queste cose le sa benissimo ognuno di noi confratelli, ma a un esame di coscienza dovremmo per la maggior parte confessare che il bene del mondo, la conservazione dell'onestà e purezza spirituale anche fuori della nostra Provincia così bella e pulita, non è per noi la cosa più importante, anzi non conta affatto, e che ben volentieri lasciamo a quei valorosi insegnanti là fuori il compito di espiare con la loro opera appassionata la nostra colpa verso il mondo e di giustificare in qualche maniera a noi, giocatori di perle, astronomi, musicisti e matematici, il godimento dei nostri privilegi. Col già citato superbioso spirito di casta va unito il fatto che non ci importa proprio molto di meritarcene mediante prestazioni i privilegi dei quali godiamo, che anzi non pochi di noi si vantano della prescritta astinenza materiale come fosse una virtù e venisse osservata puramente per sé stessa, mentre è il minimo che si possa fare per compensare il paese che rende possibile la nostra esistenza castalia.

Mi limito ad accennare a questi guai e pericoli interni che non vanno trascurati, sebbene in tempi tranquilli sarebbero ben lungi dal compromettere la nostra esistenza. Sennonché noi castalii non siamo dipendenti soltanto dalla nostra morale e dalla nostra ragione ma anche essenzialmente dalle condizioni del paese e dalla volontà popolare. Noi mangiamo il nostro pane, ci serviamo delle nostre biblioteche, ampliamo scuole e archivi, ma se il popolo non avrà più voglia di offrirci queste possibilità, o se, in seguito a carestie, guerre, eccetera, ne sarà incapace, in quello stesso momento la nostra vita e i nostri studi saranno giunti al termine. Un giorno il nostro paese non potrà più mantenere la Castalia e la sua cultura, vedrà in noi un lusso che non potrà più permettersi, anzi, invece di essere orgoglioso di noi come finora, ci considererà parassiti nocivi e addirittura nemici e falsi profeti: ecco i pericoli che ci minacciano dal difuori.

Se volessi tentare di esporre questi pericoli a un castalio di media levatura, dovrei farlo anzitutto con esempi presi dalla storia, e incontrerei una certa resistenza passiva, un'ignoranza e freddezza che si potrebbero definire quasi puerili. Tra noi castalii l'interessamento alla storia universale, voi lo sapete, è estremamente fiacco, anzi ai più manca non solo l'interessamento, ma quasi direi la giustizia verso la storia, il rispetto per essa. Questa avversione mista di superbia e di indifferenza a occuparci della storia universale mi ha spinto più volte a fare indagini per scoprirne le cause. Credo di averle individuate: in primo luogo il contenuto della storia – non parlo beninteso di quella spirituale e culturale che tra noi è molto coltivata – ci sembra, dirò così, di scarso valore: la storia universale consta fin dove ne abbiamo un'idea di lotte brutali per il potere, per il possesso di terre e materie prime, per il denaro, insomma per cose materiali e valori quantitativi che noi consideriamo contrari allo spirito e piuttosto spregevoli. Per noi il secolo XVII è l'epoca di Descartes, di Pascal, Froberger, Schutz, non quella di Cromwell o di Luigi XIV. La seconda causa della nostra contrarietà alla storia consiste nella diffidenza ereditaria e in gran parte, direi, giustificata verso un certo modo di considerarla e di scriverla che era molto in auge nel periodo di decadenza antecedente alla fondazione del nostro Ordine e nel quale a priori non avevamo alcuna fiducia: la così detta filosofia della storia. Essa ci diede in Hegel il fiore più intelligente e a un tempo più pericoloso, ma nel secolo successivo portò alla più odiosa falsificazione della storia e allo svilimento del senso della verità. Il culto di tale pseudodisciplina è per noi uno dei principali caratteri di quell'epoca di declino spirituale e di asperre lotte per la conquista del potere che talvolta chiamiamo "secolo guerresco", o più spesso "era della terza pagina". Sulle rovine di quell'epoca, dalla lotta contro di essa e dal superamento del suo spirito (o mancanza di spirito) ebbe origine la nostra cultura odierna, nacquero l'Ordine e la Castalia. E se ora ci poniamo di fronte alla storia universale,

soprattutto alla moderna, quasi come gli eremiti e gli asceti del primo cristianesimo stavano di fronte al teatro del mondo, lo dobbiamo alla nostra superbia spirituale. La storia ci sembra un'arena degli istinti e delle mode, delle brame e dell'avarizia, dell'avidità di potere e della smania di uccidere, della potenza, delle distruzioni e delle guerre, dei ministri ambiziosi, dei generali mercenari, delle città bombardate, e dimentichiamo troppo facilmente che questo è soltanto uno dei suoi numerosi aspetti. Soprattutto dimentichiamo che noi stessi siamo un brano di storia, siamo divenuti e condannati a estinguerci quando perdessimo la facoltà di divenire e di trasformarci. Noi stessi siamo storia e abbiamo la nostra parte di responsabilità nella storia universale e nel posto che vi occupiamo. Troppo ci manca la coscienza di questa responsabilità.

Se gettiamo uno sguardo indietro, ai tempi in cui sorsero le odierne Province pedagogiche e nel nostro e in vari altri paesi, all'origine delle diverse gerarchie, dei vari Ordini dei quali il nostro fa parte, vedremo ben presto che la gerarchia, la patria, l'Ordine castalio non furono affatto fondati da uomini che stessero di fronte alla storia universale con la rassegnazione e l'alterigia che abbiamo noi. I nostri predecessori e fondatori iniziarono la loro opera alla fine dell'era guerresca in mezzo a un mondo distrutto. Siamo soliti spiegare le condizioni del mondo nell'epoca che ebbe inizio all'incirca dalla così detta prima guerra mondiale mediante la considerazione unilaterale che appunto allora lo spirito non contava niente ed era per la violenza dei potenti soltanto un mezzo di lotta secondario, usato occasionalmente, conseguenza, secondo noi, della corruzione "appendicistica". Sì, è facile rilevare l'assenza di spirito e la brutalità con cui erano condotte quelle battaglie per il potere. Se le definisco mancanti di spirito, non lo faccio perché non veda le immense prestazioni di intelligenza e di metodo che richiesero, ma perché siamo avvezzi e teniamo a considerare lo spirito in primo luogo come volontà del vero e quanto di spirito fu consumato in quelle battaglie non sembra aver avuto alcunché in comune con la volontà di raggiungere il vero. La sventura di quel tempo fu di non possedere un solido ordinamento morale da contrapporre all'irrequietezza e al dinamismo derivanti dalla rapidissima moltiplicazione degli uomini. Ciò che ancora rimaneva di quell'ordinamento fu soppiantato dagli slogan di moda, e nel rievocare quelle battaglie ci accade di imbatterci in fatti strani e paurosi. In maniera molto simile allo scisma religioso provocato quattro secoli prima da Lutero, tutto il mondo fu a un tratto corso da una portentosa inquietudine, dappertutto si formarono fronti di guerra, dappertutto scoppiò ad un tratto un'aspra e mortale inimicizia fra giovani e vecchi, tra patria e umanità, tra rossi e bianchi, e noi oggi non riusciamo neanche a ricostruire la potenza e l'intimo dinamismo di quel "rosso" e di quel "bianco" né il contenuto o i significati di tutti quei motti e gridi di battaglia, e meno ancora siamo in grado di comprenderli e di sentirli; come ai tempi di Lutero vediamo in tutta Europa, anzi in metà del mondo, credenti ed eretici, giovani e vecchi, partigiani dell'ieri e partigiani del domani, picchiarsi di santa ragione, entusiasti o disperati; e talvolta i fronti attraversavano le carte geografiche, i popoli e le famiglie, e non possiamo dubitare che per la maggioranza dei combattenti, o almeno dei loro capi, tutto ciò era pienamente sensato, come non dobbiamo negare a molti condottieri e portavoce di quei conflitti una certa buona fede o, come si diceva allora, un certo idealismo. Dappertutto si combatteva, si ammazzava, si distruggeva e sempre, da una parte e dall'altra, nella convinzione di combattere in favore di Dio e contro il demonio.

Quell'epoca convulsa di grandi entusiasmi, di odio feroce e di ineffabili dolori, è caduta fra noi in un oblio quasi incomprensibile, poiché senza dubbio è strettamente connessa con l'origine di tutte le nostre istituzioni, ne è la premessa e la causa. Un satirico potrebbe paragonare tale oblio a quello che gli avventurieri, arrivati e nobilitati, hanno della loro nascita e dei genitori. Sofferamoci ancora un poco a considerare l'era guerresca. Io ho letto parecchi documenti relativi e mi sono interessato non tanto ai popoli vinti e alle città distrutte quanto al contegno degli intellettuali di quel tempo. Costoro non ebbero la vita facile, per la maggior parte non seppero tener duro. Ci furono martiri tanto fra gli eruditi quanto fra i religiosi e il loro martirio e l'esempio non rimasero senza efficacia in quel periodo avvezzo agli orrori. Certo è che i rappresentanti dello spirito non resistettero per lo più alla pressione di quell'epoca violenta. Gli uni si arresero e misero il loro talento e i loro metodi a disposizione dei potenti; è noto ciò che disse allora un professore universitario nella repubblica dei Massageti: «Non tocca alla Facoltà stabilire quanto faccia due per due, ma al nostro generale». Altri invece fecero opposizione fin tanto che fu possibile in una zona relativamente protetta e diramarono proteste. Un autore di fama mondiale avrebbe firmato allora – ce lo narra Ziegenhals – in un solo anno più di duecento di tali proteste e moniti e appelli alla ragione eccetera, forse più di quanti ne abbia letti. La maggior parte di loro però imparò a tacere, imparò a soffrire la fame e il freddo, persino a chiedere l'elemosina e a nascondersi agli occhi della polizia, molti morirono prima del tempo e chi moriva era invidiato dai sopravvissuti. Innumerevoli posero fine ai loro giorni. No, non era un piacere né un onore essere scienziati o letterati: chi si metteva al servizio dei potenti e delle frasi fatte aveva bensì pane e lavoro, ma anche il disprezzo dei migliori fra i suoi colleghi e probabilmente anche molti rimorsi. Chi invece rifiutava di servire era costretto a patir la fame, a vivere al bando e a morire in miseria o in esilio. Allora ebbe luogo una selezione crudele e severissima. Non solo l'indagine scientifica, in quanto non era asservita a fini di guerra o di potenza, decadde rapidamente, ma anche l'insegnamento scolastico. Soprattutto fu semplificata e rimpastata la storia universale che ognuna delle nazioni, di volta in volta egemoni, circoscriveva a sé stessa. Filosofia della storia e terza pagina dominavano persino le scuole.

Limitiamoci a questi particolari. Erano tempi feroci e violenti, tempi caotici e babilonici nei quali popoli e partiti, vecchi e giovani, rossi e bianchi non s'intendevano più. Andò a finire che, dopo sufficienti salassi e un grande immiserimento, sempre più forte si fece sentire il desiderio di rinsavire, di ritrovare un linguaggio comune, un desiderio di ordine, di costumatezza, di misure valide, di un alfabeto e di un abbaco che non fossero più dettati dagli interessi dei grandi né venissero modificati ad ogni piè sospinto. Sorse un bisogno immenso di verità e giustizia, di ragionevolezza, di superamento del caos. A quel vuoto sul finire di un'epoca violenta e tutta rivolta all'esteriorità, a quell'urgente e implorante desiderio di un nuovo inizio e di un nuovo ordine dobbiamo la nostra Castalia e la nostra esistenza. La minuscola coraggiosa schiera, mezzo morta di fame ma ancora inflessibile, dei veri intellettuali incominciò a rendersi conto delle sue possibilità, intraprese con disciplina ascetica ed eroica a darsi un ordine e una costituzione, ricominciò dappertutto a lavorare in gruppi esigui e minimi, a sgomberare le frasi fatte e a ricostruire dalle fondamenta una nuova spiritualità, un insegnamento, uno studio, una cultura. L'edificio fu attuato da principi poveri ed eroici, divenne a poco a poco sontuoso, creò in una serie di generazioni l'Ordine, l'Autorità pedagogica, le scuole dell'élite, gli archivi e le collezioni, le scuole specializzate e i seminari, il Giuoco delle perle; e in questo edificio quasi troppo lussuoso siamo noi, gli odierni eredi e usufruttuari. E ci stiamo, ripeto, come ospiti piuttosto ignari e alquanto agiati, e non vogliamo saperne delle innumerevoli vittime umane sopra le quali furono eretti i nostri muri maestri, non vogliamo ricordare le dolorose esperienze delle quali siamo gli eredi, né la storia universale che ha eretto o sopportato il nostro edificio, che ci asseconda e ci tollera come farà forse con parecchi altri castalii e Magistri dopo di noi, ma che un giorno abatterà e ingoierà la Castalia come abbatte e ingoia tutto ciò che ha fatto crescere.

Ora lascio la storia e affermo che il risultato, l'applicazione a noi e ai nostri giorni è la seguente: il nostro sistema ha già sorpassato il culmine di sviluppo e di fortuna che il giuoco misterioso degli eventi concede talvolta alle cose belle e desiderabili. Siamo in un periodo di decadenza che può forse trascinarsi ancora a lungo, ma in nessun caso ci potrà toccare alcunché di più alto, di più bello e desiderabile di quanto abbiamo già avuto. Siamo in declino, siamo, credo, storicamente maturi per scomparire dalla scena e così avverrà senza alcun dubbio, se non oggi o domani, certo posdomani. Non lo deduco soltanto da un giudizio troppo morale delle nostre prestazioni e capacità, ma ancor più dai moti che vedo prepararsi nel mondo esterno. Tempi critici si avvicinano, dappertutto si avvertono i prodromi, il mondo vuole spostare un'altra volta il centro di gravità. Trapassi di potere si stanno preparando e non avverranno senza guerre e violenze, dall'Oriente lontano si approssima una minaccia non solo alla pace, ma anche alla vita e alla libertà. Se anche il nostro paese e la sua politica si manterranno neutrali, se tutto il nostro popolo avrà la costanza unanime di attenersi (come non fa) al passato e di conservarsi fedele agli ideali castalii, lo farà invano. Già ora alcuni dei nostri parlamentari dicono molto chiaramente che la Castalia è per la nazione un lusso piuttosto caro. Non appena si sarà costretti a predisporre un riarmo considerevole, benché soltanto a scopo di difesa, e ciò può avvenire molto presto, si introdurranno misure di stretta economia, una gran parte delle quali colpirà anche noi per quanto il governo ci veda con benevolenza. Noi siamo orgogliosi che l'Ordine e la continuità della cultura spirituale da esso garantita richiedano dal paese sacrifici relativamente modesti. In confronto con altre epoche, specie coi primi tempi dell'era appendicistica dalle università riccamente dotate, dagli innumerevoli commendatori e dai lussuosi istituti, questi sacrifici non sono certo grandi. Diventano poi insignificanti se li paragoniamo a quelli che la guerra e gli armamenti inghiottirono nel secolo guerresco. Senonché proprio questi armamenti ridiventeranno forse tra poco una suprema necessità, nel parlamento torneranno a dominare i generali e quando il popolo fosse invitato a scegliere, a decidere se sacrificare la Castalia o esporsi al pericolo della guerra e della rovina, sappiamo fin da ora quale sarà il suo voto. Senza alcun dubbio verrà subito in auge un'ideologia bellica che conquisterà specialmente la gioventù, una concezione universale fatta di luoghi comuni, secondo la quale gli scienziati e l'erudizione, il latino e la matematica, la cultura e l'esercizio dello spirito hanno diritto di vivere solo in quanto possono servire a scopi bellici.

L'onda è già in arrivo e un giorno ci spazzerà via tutti. Forse sarà un bene e una necessità. Per ora, colleghi reverendissimi, secondo la nostra comprensione degli avvenimenti, secondo la misura del nostro risveglio e del nostro coraggio, ci spetta quella limitata libertà di decidere e agire che è concessa agli uomini e fa della storia universale la storia dell'umanità. Se vogliamo, possiamo anche chiudere gli occhi perché il pericolo è ancora lontano; probabilmente noi, Magistri di oggi, potremo ancora condurre tranquillamente a termine il nostro compito e apprestarci a morire in pace, prima che il pericolo ci sovrasti e divenga a tutti evidente. Per me però, e forse non solo per me, questa tranquillità non sarebbe la pace della coscienza. Non vorrei rimanere in carica tranquillo a elaborare Giuochi di perle accontentandomi del pensiero che l'avvenire non dovrebbe trovarmi più in vita. Mi sembra invece necessario ricordare che anche noi, gente lontana dalla politica, apparteniamo alla storia e contribuiamo a farla. Perciò all'inizio del memoriale ho detto che la mia capacità di Magister è ridotta o almeno turbata perché non posso impedire che una gran parte dei miei pensieri sia assorbita dal pericolo futuro. Io rifiuto, è vero, alla mia fantasia di giocare con le forme che la sventura potrebbe assumere per noi e per me. Ma non posso ignorare il quesito: che cosa dobbiamo, che cosa debbo fare per affrontare il pericolo? A questo proposito mi sia concessa ancora una parola.

Non vorrei associarmi alla pretesa di Platone che nello stato debba regnare il sapiente. A quel tempo il mondo era più giovane e Platone, benché fosse il fondatore di una specie di Castalia, non era affatto un

castalio bensì un aristocratico di nascita, un uomo di stirpe regale. Sì, anche noi siamo aristocratici e formiamo una nobiltà, ma è una nobiltà dello spirito non del sangue. Non credo che gli uomini riusciranno mai a coltivare una nobiltà del sangue insieme con quella dello spirito: sarebbe un'aristocrazia ideale, ma non è altro che un sogno. Noi castalii, benché morigerati e intelligenti, non siamo idonei a regnare; se dovessimo farlo non useremmo l'energia e l'ingenuità che occorrono al vero regnante e assai presto trascureremmo il nostro campo e il nostro vero compito che è quello di favorire la perfetta vita spirituale. Per regnare non occorre affatto essere stupidi e brutali, come talvolta hanno creduto gli intellettuali vanitosi ma ci vuole la gioia di agire verso l'esterno, la passione di identificarsi con mete e fini, e indubbiamente anche una certa destrezza e mancanza di scrupoli nella scelta delle vie che conducono al trionfo: dunque, tutte qualità che l'erudito (non vogliamo definirci sapienti) non deve avere e non ha, poiché la contemplazione è per noi più importante dell'azione, e nella scelta dei mezzi e dei metodi per raggiungere i nostri fini abbiamo imparato a essere il più possibile scrupolosi e diffidenti.

Dunque a noi non spetta regnare e far politica. Noi siamo specialisti nell'indagine, nella misura, nell'analisi, siamo chiamati a custodire e vagliare costantemente tutti gli alfabeti, gli abbacchi e i metodi, siamo i verificatori dei pesi e delle misure spirituali. Certo siamo anche molte altre cose, all'occasione possiamo essere innovatori, scopritori, avventurieri, conquistatori e interpreti, ma la nostra prima e più alta funzione, per la quale il popolo ha bisogno di noi e ci mantiene, è la pulizia di tutte le fonti del sapere. Nel commercio, nella politica, o che so io, il vendere lucciole per lanterne può essere talvolta un merito geniale, tra noi invece non lo è mai.

In precedenti agitati periodi, nelle così dette "grandi" epoche, durante guerre e rivoluzioni, si pretendeva che gli intellettuali s'inserissero nella politica. Così avvenne specialmente nella tarda era della terza pagina. Tra l'altro vi si chiedeva che lo spirito fosse politicizzato o militarizzato. Come le campane delle chiese venivano requisite per fondere cannoni, come l'immatura gioventù scolastica doveva colmare i vuoti delle truppe decimate, così si voleva sequestrare e adoperare lo spirito quale mezzo di guerra. Va da sé che una simile pretesa è inammissibile. Inutile dire che in caso di emergenza uno scienziato può essere distolto dalla cattedra o dalla scrivania e richiamato sotto le armi, che eventualmente può presentarsi volontario, che in un paese dissanguato dalla guerra deve ridurre tutti i bisogni materiali fino all'ultimo e fino alla fame. Quanto maggiore è la cultura di un uomo, quanto più ampi i suoi privilegi, tanto più grandi devono essere, nel momento del bisogno, i suoi sacrifici: noi speriamo che un giorno queste cose saranno ovvie per tutti i castalii. Ma se anche siamo disposti a sacrificare il nostro benessere, la comodità e la vita al popolo in pericolo, non vuol dire che si sia pronti a sacrificare lo spirito stesso, la tradizione e la morale della nostra spiritualità agli interessi del giorno, del popolo e dei generali.

Vigliacco chi si sottrae alle fatiche, ai sacrifici e ai pericoli che il suo popolo deve affrontare, ma non meno vigliacco e traditore chi vien meno ai principi della vita spirituale per amore di interessi materiali, chi, per esempio, è disposto a lasciare ai potenti la decisione su quanto faccia due per due. Sacrificare il senso della verità, l'onestà intellettuale, l'osservanza delle leggi e dei metodi dello spirito a qualunque altro credo, anche a quello patriottico, è tradimento. Quando, nel conflitto di interessi e frasi fatte, la verità corre il rischio di essere svalutata, svisata e violentata come l'individuo, come il linguaggio, come le arti e ogni cosa organica e genialmente coltivata, il nostro unico dovere è quello di reagire e di salvare la verità, cioè l'aspirazione alla verità che è il nostro credo supremo. L'erudito che oratore, scrittore o insegnante, dice scientemente il falso e favorisce scientemente menzogne e mistificazioni non solo agisce contro leggi organiche fondamentali ma, ad onta di qualsiasi apparenza momentanea, non rende alcun servizio al suo popolo, gli reca invece grave danno, gli guasta l'aria e la terra, il cibo e la bevanda, gli avvelena il pensiero e il senso di giustizia aiuta i malvagi e i nemici che vorrebbero distruggerlo.

Dunque il castalio non deve darsi alla politica. In caso di necessità sacrificherà la propria persona, ma non mai la fedeltà allo spirito. Questo è benefico e nobile soltanto nell'ossequio alla verità, non appena il castalio la tradisce, non appena rinuncia al rispetto di essa e si fa venale e duttile, diventa il demonio in potenza, è molto peggiore della bestialità animale e istintiva che pur conserva ancora un po' della sua nativa innocenza. Lascio a ciascuno di voi, stimati colleghi, di riflettere in che cosa consistano i doveri dell'Ordine quando questo e il paese sono in pericolo. Le opinioni saranno diverse. Anch'io ho la mia e nel considerare tutti i problemi che ho sollevati sono giunto, per quanto riguarda me, a una chiara visione del mio dovere e delle mie aspirazioni. E così vengo a una richiesta personale che rivolgo alla spettabile Autorità e con la quale concludo questo memoriale.

Fra tutti i Magistri che compongono la nostra Autorità, io, in quanto Magister Ludi, per la carica che ho, sono il più lontano dal mondo esterno. Il matematico, il filologo, il fisico, il pedagogo e tutti gli altri Magistri lavorano in campi comuni col mondo profano, anche nelle scuole normali, non castalie, del nostro e di qualunque paese, matematica e filologia costituiscono le basi dell'istruzione, anche nelle università laiche si coltivano l'astronomia e la fisica, anche persone del tutto prive di erudizione fanno musica; tutte queste discipline sono antichissime, molto più vecchie del nostro Ordine, esistevano molto prima di esso e gli sopravviveranno. Soltanto il Giuoco delle perle di vetro è un'invenzione nostra, una nostra specialità, il nostro beniamino, il nostro trastullo, è l'ultima e più caratteristica espressione della nostra particolare specie di spiritualità. A un tempo è, nel nostro tesoro, il gioiello più prezioso e più inutile, più amato e più fragile. E la prima cosa che

perirà quando la continuazione della Castalia diventerà problematica: non solo perché è quanto di più fragile possediamo, ma non fosse altro perché è senza dubbio, per i profani, la parte meno indispensabile della nostra Provincia. Quando si tratterà di risparmiare al paese ogni spesa non necessaria, si limiteranno le scuole dell'élite, si ridurranno e infine si aboliranno i fondi per la conservazione e l'accrescimento di biblioteche e collezioni, ci taglieranno i viveri, non rinnoveranno le forniture di stoffe per vestirvi, ma si manterranno tutte le discipline principali della nostra *Universitas Litterarum*, tranne il Giuoco delle perle. La matematica serve anche per inventare nuove armi da fuoco, ma nessuno, men che meno i militari, crederà che dalla chiusura del *Vicus Lusorum* e dall'abolizione del nostro Giuoco possa derivare il minimo danno al popolo e al paese. Il Giuoco delle perle di vetro è la parte più remota e più insidiata del nostro edificio. Ciò dipende forse dal fatto che proprio il Magister Ludi, il quale presiede alla disciplina meno conosciuta, è colui che presagisce per primo i terremoti imminenti o almeno comunica per primo questi presagi all'Autorità. Secondo me, dunque, nel caso di sconvolgimenti politici e soprattutto bellici, il Giuoco delle perle può considerarsi perduto. Decadrà rapidamente, anche se numerosi individui gli resteranno affezionati, e non sarà più rimesso in onore. Non lo consentirà l'atmosfera susseguente a una nuova epoca di guerra. Scomparirà come certe raffinatissime consuetudini nella storia della musica, per esempio i cori di cantanti di professione intorno al 1600 o i canti figurati domenicali eseguiti nelle chiese intorno al 1700. A quel tempo le orecchie umane udirono suoni che nessuna scienza e nessuna magia possono risuscitare nella loro purezza angelica e radiosa. Così il Giuoco delle perle non sarà dimenticato, ma sarà irrevocabile, e coloro che ne studieranno la storia dall'origine al massimo sviluppo e alla fine, sospireranno e ci invidieranno per aver potuto vivere in un mondo spirituale, così pacifico, così coltivato e armonioso. Ora, benché io sia Magister Ludi, non credo affatto compito mio (o nostro) quello di impedire o procrastinare la fine del nostro Giuoco. Anche le cose belle e bellissime sono caduche, non appena diventano storia e fenomeno sopra la terra. Noi lo sappiamo e possiamo esserne rattristati, ma non possiamo tentare seriamente di mutare la situazione che è ineluttabile. Se il Giuoco delle perle crollerà, la Castalia e il mondo subiranno una perdita, ma non la sentiranno sul momento, tanto saranno affaccendati, nella grande crisi, a salvare il salvabile. Si può pensare una Castalia senza Giuoco delle perle, ma non una Castalia senza rispetto della verità, senza fedeltà allo spirito. Un'Autorità pedagogica può fare a meno del Magister Ludi, ma questo "Magister Ludi" non significa, e noi l'abbiamo quasi dimenticato, in origine e nell'essenza, la specialità che indichiamo con queste parole. In origine *magister ludi* significa semplicemente maestro di scuola. E di maestri di scuola, di buoni e valorosi maestri il nostro paese ha tanto maggior bisogno quanto più la Castalia è in pericolo e quanto più le sue parti preziose invecchiano e si vanno sgretolando. Più che mai abbiamo bisogno di maestri, di uomini che insegnino ai giovani il modo di misurare e di giudicare e siano loro di esempio nel rispetto della verità, nell'obbedienza allo spirito, nel servizio del verbo. E ciò non vale soltanto o in primo luogo per le nostre scuole scelte, ché anch'esse dovranno tramontare, ma per le scuole del mondo dove cittadini e agricoltori, operai e soldati, uomini politici, ufficiali e regnanti, vengono formati e educati finché sono ancora fanciulli e plasmabili. Là sta il fondamento della vita spirituale del paese, non già nei seminari o nel Giuoco delle perle. Abbiamo sempre fornito al paese, come ho già detto, educatori e insegnanti: sono i migliori di noi. Ma dobbiamo fare molto più di quanto si è fatto finora. Non dobbiamo più contare che dalle scuole di fuori ci continui ad affluire l'élite degli intelligenti e ci aiuti a conservare la nostra Castalia. Dobbiamo sempre più riconoscere e sviluppare, come parte più importante e onorevole del nostro compito, il servizio umile e grave di responsabilità che rendiamo alle scuole del mondo. Così sono arrivato alla richiesta personale che vorrei rivolgere alla spettabile Autorità. Chiedo che essa mi esoneri dalla carica di Magister Ludi e mi affidi fuori, nel paese, una scuola comune, grande o piccola, e mi permetta di aggregare via via a questa scuola uno stato maggiore di giovani confratelli come insegnanti di mia fiducia, disposti ad aiutarmi fedelmente e far sì che i nostri principi vengano assorbiti dai giovani uomini di mondo. Voglia la spettabile Autorità esaminare con benevolenza la mia motivata supplica e impartirmi gli ordini del caso.

Il Maestro del Giuoco delle perle di vetro

Il gioco delle perle di vetro, di Hermann Hesse (Premio Nobel per la letteratura nel 1946), segnala in anticipo sui tempi (ma forse segnato anche dal crollo degli imperi centrali, a causa della prima guerra mondiale, dalla crisi della Repubblica di Weimar, dall'avvento del nazismo, traumatico e tragico, e dal suo volontario ritiro in Svizzera) il pericolo accademico di operare in una torre d'avorio, la vacua pretesa di un governo dei sapienti (contro la democrazia dei popoli) e la necessità impellente di "sporcarsi le mani", a partire dalla promozione dell'istruzione e della cultura, in tutti gli strati della popolazione. Oggigiorno questi tempi sono ormai più che maturi e, per parte sua, anche la Geomatica deve saper essere insieme teoria e pratica, con una Geomatica Applicata che operi, esercitando quelle funzioni di misura, controllo e governo che le sono proprie.

Appendice B – La politica divide, la cultura avvicina ⁷⁷

L'Europa era sta distrutta. Si era da se stessa distrutta. Per la seconda volta nello spazio di trent'anni. Dai campi di Verdun alla battaglia di Stalingrado, erano state sterminate migliaia e migliaia dei suoi uomini, vittime innocenti del delirio di potenza degli uni e della cecità politica degli altri. Esisteva ancora l'Europa? Non potevamo porci questa domanda di fronte allo spettacolo delle nostre case sventrate, degli immensi ossari umani dei campi di sterminio. Esisteva ancora l'Europa dopo che nel cuore di questa nostra patria comune si erano incontrati due eserciti stranieri che l'avevano percorsa abbattendo giorno dopo giorno la resistenza del nemico?

No, l'Europa nonostante tutto era sopravvissuta. Era sopravvissuta grazie agli uomini che ne avevano custodito lo spirito non lasciandosi sommergere dalle dottrine della potenza della razza o del sangue come unico criterio per distinguere il bene dal male. Ma per fare l'Europa occorre prima di tutto l'idea di Europa. E questo è il compito degli intellettuali.

L'Europa non era morta. Non era morta grazie ai suoi intellettuali migliori, che ne avevano serbato la memoria, ne avevano ricostruito la storia, ne avevano mantenuto vivo lo spirito. Era dunque venuto finalmente il momento di dar vita a un'Europa politicamente unita? Il progetto non era nuovo. Vi avevano posto mano fra gli altri Carlo Cattaneo e Giuseppe Mazzini. A Lugano apparve nel 1944 l'opuscolo di Ernesto Rossi, *Gli Stati Uniti d'Europa*; nel gennaio del 1945 apparve il Manifesto di Ventotene, scritto qualche anno prima al confino da Ernesto Rossi e da Altiero Spinelli, che conteneva il programma di quello che sarebbe diventato il Movimento per l'unità europea.

Indipendentemente dagli autori del Manifesto, un altro rappresentante della diaspora antifascista, Umberto Campagnolo, si era posto lo stesso problema. Nel febbraio 1945 pubblicò un opuscolo, intitolato *Repubblica federale europea*, la cui idea centrale era che il momento era venuto di far passare il federalismo europeo dall'utopia alla scienza e che questo passaggio non poteva avvenire per opera degli stati che avrebbero cercato di conservare gelosamente la propria sovranità, ma soltanto attraverso un processo dal basso per l'iniziativa e l'opera dei popoli. Sulla possibilità di un'unificazione europea a breve scadenza caddero ben presto le illusioni. Con la conferenza di Yalta del febbraio 1945 la ragion di Stato, o per meglio dire degli stati vincitori, prevalse. Campagnolo se ne rese subito conto. Capì che la soluzione politica dell'Europa era prematura e che il problema europeo era ancora una volta, com'era stato durante gli anni di ferro e fuoco, un problema prima culturale che politico. In attesa dell'Europa politica perché non fare appello all'Europa della cultura? La politica divide, la cultura unisce.

Sin dalle prime righe dell'articolo sulle *Origines de la Société européenne de culture* che Umberto Campagnolo pubblica nel primo numero di *Comprendre*, in occasione della assemblea costitutiva della fine di maggio 1950, si legge: "Il suo scopo principale doveva essere di salvaguardare la possibilità, così essenziale tra uomini di cultura, di un colloquio minacciato dall'exasperarsi della lotta politica tendente a dividere l'Europa in due campi sempre più irriducibilmente chiusi l'uno all'altro". Si parva licet, nello stesso fascicolo appare il mio articolo con cui ha inizio la mia collaborazione alla rivista. E' intitolato *Invite au colloque*, e insiste sullo stesso tema del dialogo. Comincia con queste parole con cui ho cercato di designare il mio ideale d'intellettuale: "Il compito degli uomini di cultura è più che mai oggi quello di seminare dei dubbi, non già di raccogliere certezze. Cultura significa misura, ponderatezza, circospezione: valutare tutti gli argomenti prima di pronunciarsi, controllare tutte le testimonianze prima di decidere, e non pronunciarsi e non decidere mai a guisa di oracolo dal quale dipenda in modo irrevocabile una scelta perentoria e definitiva". (Un'Europa senza dissenso è una prigionia).

La Società europea di cultura era dunque nata dalla convinzione che bisognasse salvaguardare l'unità spirituale dell'Europa e che questo fosse il compito specifico degli uomini di cultura, intendo, il compito politico degli uomini di cultura, di quella politica che è loro propria e che abbiamo sin d'allora chiamata e continuiamo a chiamare "politica della cultura". Unità dell'Europa e politica della cultura erano problemi strettamente connessi. La nostra Società ha posto alla base della sua azione il principio del dialogo, inteso come apertura incondizionata verso l'altro, rispetto delle idee altrui, sforzo di comprensione del diverso. Ho bisogno di aggiungere che dialogo non vuol dire accordo a tutti i costi?

Il primo numero della nostra rivista pubblicò un articolo di Père Maydiou, che non ho mai dimenticato. E' intitolato *La culture naîtra de nos désaccords*. Un articolo paradossale ma profondo e veritiero. Il disaccordo nasce dalla coscienza dei nostri limiti: solo gli sciocchi non se n'accorgono. Ma è il disaccordo che pone rimedio alle nostre insufficienze, perché ci permette di riconoscerle. "Una società — conclude — in cui il disaccordo non avesse più spazio sarebbe la più terribile delle prigioni". Forse si potrebbe aggiungere che c'è disaccordo e disaccordo: il disaccordo tra coloro che credono fermamente nelle loro idee ma non rinunciano a metterle a confronto con quelle degli altri, e il disaccordo dei potenti che incombono su di noi, i quali credono solo nella loro potenza e vedono l'unica fine possibile del disaccordo nell'eliminazione

⁷⁷ Da un intervento di Norberto Bobbio (filosofo della politica, storico, giurista e senatore della Repubblica italiana) alla XVIII assemblea generale della ordinaria *Société européenne de culture* (insieme alla rivista *Comprendre*, fondata da Umberto Campagnolo, filosofo della politica, saggista e convinto federalista europeo), tenutasi a Mantova, dal 26 al 28 ottobre 1984.

dell'avversario. Non ho bisogno di precisare quale sia il disaccordo che noi amiamo. E' il disaccordo da cui nasce non la contesa senza fine ma la possibilità di comprensione ⁷⁸.

Riconoscere che il pluralismo e la pluralità di opinioni non sono segno di contraddizione, ma una grande ricchezza, è il passo, indispensabile e fondamentale, per costruire una società, in pace (con se stessa e con tutti gli altri) e permeata dalla tolleranza. In questo modo, il politeismo culturale, il meticcio e talvolta anche il sincretismo sono i passi necessari per lo sviluppo ed il progresso, verso il futuro che urge, ed il rispetto e la tutela di quanto è grande nel passato. La tristissima alternativa è la guerra permanente, le crisi economiche, sociali ed ambientali conseguenti, nonché stati e società fragilissime, culturalmente molto povere ed a rischio di ancora peggiori involuzioni. In questo contesto, la Geomatica Applicata non può essere una soluzione universale, ma può invece offrire validi contributi, seppure parziali.

Tirannide indistintamente appellare si debbe ogni qualunque governo, in cui chi è preposto alla esecuzione delle leggi, può farle, distruggerle, infrangerle, interpretarle, impedirle, sospenderle; od anche soltanto deluderle, con sicurezza d'impunità. E quindi, o questo infrangi-legge sia ereditario, o sia elettivo; usurpatore, o legittimo; buono, o tristo; uno, o molti; a ogni modo, chiunque ha una forza effettiva, che basti a ciò fare, è tiranno; ogni società, che lo ammette, è tirannide; ogni popolo, che lo sopporta, è schiavo (Vittorio Alfieri ⁷⁹).

Appendice C – Elogio dello scetticismo del relativismo moderato e dell'ecllettismo ⁸⁰

In Francia il periodo più importante dell'interazione tra illuminismo e pittura si colloca fra due date: 1715 (anno in cui morì Luigi XIV) e 1789. Negli altri paesi europei la separazione è meno netta, ma la suddivisione è simile. Sarà il lasso di tempo che percorreremo in questo testo, salvo poche incursioni nel periodo precedente o in quello successivo. Questo breve XVIII secolo sarà caratterizzato in Francia dalla reggenza e dal lungo regno di Luigi XV, un periodo in contrasto con il secolo precedente. Il fulcro della vita pubblica si sposta dalla corte alla città, da un'organizzazione sociale fondata sui principi della religione a uno spazio civile. Nell'Ottocento uno storico della pittura afferma, in maniera forse eccessiva, che si trattava allora di una fase in cui "all'estrema devozione si sarebbe sostituita la licenza".

Il contrasto con il periodo postrivoluzionario è comunque altrettanto forte. A tale riguardo possiamo paragonare questo breve XVIII secolo con un altro periodo di transizione, un momento della storia romana che Flaubert descrive così: "Quando le divinità non c'erano più e Cristo non c'era ancora, da Cicerone a Marco Aurelio c'è stato un momento unico in cui l'uomo è stato solo". Per parlare di quest'altro "momento" più recente si potrebbe parafrasare Flaubert e affermare: quando il Dio cristiano non c'era più e le divinità moderne — la nazione, il popolo, lo stato — non c'erano ancora, da Watteau a Goya si è assistito a un momento eccezionale in cui l'uomo è stato completo, in cui gli uomini sono riusciti a instaurare un fragile equilibrio tra le loro diverse aspirazioni.

Si tratta di uno spirito, uno *Zeitgeist*, e non di una filosofia. L'illuminismo non forma un sistema di pensiero rigoroso e omogeneo, ma una sintesi, ed è in quanto "spirito" che prende parte allo scambio con i pittori del tempo. Tale spirito è contraddistinto da alcune caratteristiche che possiamo analizzare e ciò permette di opporlo a un altro spirito, quello dell'Ancien Régime, ormai distinto, mentre prima rappresentava un sostrato comune a tutti.

⁷⁸ Due esempi importanti sono le marce per la pace e la fratellanza dai popoli, promosse da Aldo Capitini (filosofo, politico antifascista, poeta ed educatore), già negli anni '50 del novecento, in piena guerra fredda (di fronte al rischio reale di una terza guerra mondiale, condotta con armi atomiche di distruzione di massa), e gli incontri internazionali, interreligiosi ed ecumenici per il dialogo, la conoscenza reciproca e la pace di Assisi (promosse sostenute anche dalle comunità religiose di altre e molteplici confessioni), dai tardi anni '80 del novecento fino ad oggi, nel travagliato periodo post-guerra fredda (che, contrariamente a tante attese, vede ancora guerre guerreggiate, crisi economiche, ricorrenti e di lunga durata, migrazioni di popoli, con enormi drammi sociali, ed imminenti catastrofi ecologiche).

⁷⁹ Della Tirannide (un trattato in due libri, scritto a Siena, nel 1777, ma pubblicato a Parigi, tra il 1800 ed il 1801, da altri, verosimilmente all'insaputa del suo autorevole ed illustre autore).

⁸⁰ Dall'articolo di Tzvetan Todorov: Senza più Dio e senza Stato la felicità breve dell'illuminismo: l'era in cui l'uomo solo e mai così libero ha espresso tutta la sua creatività (La Repubblica. 7 novembre 2014). Todorov è un filosofo e saggista bulgaro, fortemente internazionalizzato (tuttora vivente), che si è molto occupato di denunciare i crimini nazisti e staliniani, venendo da una terra di confine, tra Europa ed Asia, che li ha subiti entrambi. Tuttavia proprio per questa sua origine, anche tra le terre cristiane e quelle islamiche, le sue denunce e tutto il suo pensiero possono anche essere letti come l'invito a superare le pericolose angustie delle terre cristiane, concepite come le terre chiuse dei popoli ricchi (al più, capaci di scaricare tutte le difficoltà dell'accoglienza e dell'integrazione, solo sui loro tanti poveri), e le folli degenerazioni nelle terre islamiche, dove i popoli poveri vanno vanamente cercando nel fanatismo un risposta errata alla loro miseria.

In primo luogo abbiamo a che fare con un mondo disincantato, regolato secondo le leggi della natura e con istituzioni sociali che sono opera dei soli esseri umani. Dio era il garante della tradizione e dell'ordine immutabile; in seguito alla sua scomparsa, gli individui possono iniziare a plasmare il proprio destino. Si prepara così il passaggio da una società consuetudinaria a una deliberativa. La religione non scompare, tutt'altro, ma il suo ruolo nella società cambia. Da un lato, gli individui la considerano un fatto personale; dall'altro, si diffonde sempre più la consapevolezza della pluralità delle credenze religiose, si è curiosi di conoscere quelle dei popoli lontani, fanno breccia le idee di tolleranza e si rinuncia al desiderio di convertire tutti al proprio credo.

Da fondamento dell'ordine sociale la religione diventa, insieme a tanti altri, oggetto di curiosità. Quelle che in precedenza erano considerate manifestazioni del soprannaturale ora sono interpretate come metafora dell'eccesso, stravaganza pittoresca o convenzione letteraria. ... Alla ricerca della salvezza, imposta dall'alto, si sostituisce la ricerca della felicità, ormai un obiettivo legittimo. Il piacere e il godimento non sono più considerati maledetti. L'amore, a questo punto, occupa un posto centrale e la distinzione tra corpo e spirito è superata. Le passioni sono legittimate in quanto espressione delle leggi naturali. Per usare le parole di Louis Dumont, l'*homo hierarchicus* sta per essere minacciato dall'*homo equalis*, le stratificazioni sociali sono messe in discussione, le idee di uguaglianza universale cominciano a diffondersi. Tutto ciò induce a prendere in considerazione i più umili e a preoccuparsi per la prima volta degli emarginati — senza che ciò sia in contrasto con la morale cristiana. E' possibile sfidare le autorità e criticare le dottrine.

E' anche l'epoca in cui in Europa si sviluppa rapidamente la conoscenza delle società lontane, pur rimanendo etnocentrica; inizia a diffondersi l'idea di una pluralità delle culture, delle leggi, dei valori. Nello stesso tempo il passato non è più ridotto a una mera serie di esempi che illustrano leggi eterne. La discussione tra antichi e moderni è definitivamente risolta a favore di questi ultimi: ogni epoca possiede i propri valori, che non sempre è possibile considerare superiori o inferiori. Ogni società è di per sé plurale, in quanto composta da gruppi i cui interessi non coincidono necessariamente in tutto.

La presa di coscienza della diversità sociale e la molteplicità stessa delle direzioni verso le quali si rivolge il pensiero favoriscono la pluralità interna delle dottrine di quest'epoca. Ai giorni nostri si distinguono talvolta nell'illuminismo due correnti: una moderata, che partecipa ancora dei compromessi con le idee dell'Ancien Régime, e una radicale, più vicina al materialismo e all'uguaglianza che ne susseguono, ai quali noi stessi oggi ci richiamiamo. E' lecito chiedersi, tuttavia, se non occorra invertire qui il giudizio di valore. L'illuminismo radicale è monista, perché esalta uno solo dei propri ingredienti ed esclude i restanti. Quello moderato, invece, non è certo l'acqua tiepida del compromesso, il miscuglio eclettico di elementi eterogenei o il mantenimento del tradizionale dualismo fra corpo e spirito. Converrebbe interpretare il termine moderazione con il significato che gli attribuiva Montesquieu, come articolazione tra i diversi principi a cui ci si richiama, ciascuno dei quali costituisce un freno per gli altri, e non dimenticare i dibattiti talvolta accesi che animano il pensiero dell'illuminismo.

Pensiamo a quelli che promuovono il regno della ragione e quelli che lo mettono in discussione, a coloro che credono al progresso e a chi rinuncia a individuare un senso negli eventi della storia. Questa pluralità sfocia non nell'incoerenza, ma nella complementarità; è preferibile, allora, non eliminare le contraddizioni talvolta insanabili della condizione umana. Dal canto loro, artisti, pittori e scrittori offrono allo spirito dell'illuminismo un contributo indispensabile, che lo rende ancora più ricco di sfumature e più complesso

Cultura è una espressione generica, per indicare in generale un complesso di conoscenze, molto vasto ed articolato, capaci di arricchire le società che le possiedono e di gestire al meglio le stesse ed il mondo che le ospita. Come già detto in precedenza, la Geomatica Applicata non può essere il passepartout che apre tutte le porte e costruisce soluzioni felici, per tutti e per sempre, perché la stessa sarebbe allora una bacchetta magica (che come ben noto è davvero inesistente). Tuttavia la Geomatica, figlia di una grande tradizione culturale che discende dall'Astronomia, dalla Matematica e dalla Geodesia, e soprattutto la Geomatica Applicata possono dare validi contributi, alla soluzione di moltissimi problemi specifici, e pertanto è compito dei suoi studiosi ed operatori (siano essi esperti o praticanti) saper operare ed operare bene.

Il tempo mi ha dato ragione, il che non significa che allora io avessi ragione (Joseph Roth ⁸¹).

⁸¹ Joseph Roth è uno scrittore e giornalista mitteleuropeo, proveniente da una famiglia galiziana (una regione ai margini dell'allora impero d'Austria ed Ungheria, esteso fino a tutta la parte danubiana dell'Europa orientale), inserita in un ambiente, culturale e sociale, insieme ortodosso ed ebraico (oggi giorno scomparso tra la guerra e l'olocausto nazista e la sovietizzazione comunista-staliniana). Non tutto il suo pensiero è lineare, come è comprensibile in momenti così complessi e molto difficili, ma può essere sintetizzato in fermare subito la guerra e costruire la pace, unitamente all'assunzione di un atteggiamento proprio, multiculturale, aperto e tollerante.

Appendice D – Masse e potere

Provo a riassumere schematicamente questi obiettivi, queste domande di nuovi temi, come li vedo scaturire dalle contraddizioni, dalle espressioni e dalle lotte che stanno emergendo nel vivo di queste contraddizioni.

1. Certezza e qualità del lavoro: quindi un potere di influenza e di controllo sui fini della produzione, e perciò anche sulla organizzazione del lavoro, sui contenuti e le forme della professionalità, sulla tutela della salute, sul rapporto tra tempo di lavoro e tempo libero.
2. La pace come tutela delle condizioni stesse di una vita umana nel pianeta: e quindi come disarmo nucleare, distruzione negoziata e bilanciata degli arsenali nucleari, riduzione progressiva degli armamenti convenzionali, e recupero delle risorse enormi bruciate nella folle corsa di preparazione di conflitti nucleari sterminatori. Ciò chiama in causa il potere sulle macchine e sulle politiche militari, quindi di potere delle superpotenze nucleari nel mondo attuale, la funzione dei grandi blocchi geopolitica e la possibilità di giungere al loro superamento, le condizioni e il concetto stesso di indipendenza nazionale e di democrazia.
3. Una politica dell'ambiente, intesa non solo come tutela da forme conosciute di inquinamento, ma come nuovo calcolo delle risorse naturali, delle implicazioni contenute in determinate forme dello sviluppo, delle differenti potenzialità contenute nell'orientamento della scienza e nella applicazione della scienza alla produzione e alla organizzazione del territorio. E' quasi una pagina bianca, che si apre alla lotta politica e ai modi stessi di previsione e di progettazione dello sviluppo e del futuro delle nazioni.
4. Un collegamento nuovo tra lotta collettiva di emancipazione e crescita della creatività e della espressività individuale. Un processo di socializzazione del potere economico e politico è monco, se non si misura con le forme con cui si esprime nelle società moderne la tensione fra individuo e vita collettiva, se non si assume come un valore da promuovere la capacità di innovazione e di iniziativa contenuta nella dimensione individuale, e la lascia affidata solo al privilegio proprietario. ...
5. La lotta per l'uguaglianza vista anche come riconoscimento della diversità, e quindi lotta per la liberazione della donna, e per una organizzazione della vita sociale, in cui la condizione del bambino, del giovane dell'anziano, del malato, la specificità delle etnie e delle culture locali siano tutelate.

Fin qui, quanto chiaramente esposto, in un sommario conciso, di Pietro Ingrao, nel suo libro: Tradizione e progetto (come poi, più diffusamente, nel prosieguo di questo paragrafo). Per quanto riguarda poi lo stesso Ingrao, è interessante notare, nelle sue posizioni politiche, due aspetti opposti: dapprima stalinista e successivamente libertario. Infatti ad esempio, un suo libro precedente (Masse e potere), seppure interessante, a tratti, è dogmatico e chiesastico, laddove difende posizioni arretrate, anche con la dubbia giustificazione di mantenere il contatto con le proprie masse (perché lo stesso modo di ragionare è tipico delle religioni integraliste e delle loro chiese⁸², anche quando non assumono tesi fanatiche e fondamentaliste⁸³, ed una severa considerazione domanda, se certe arretratezze, ancora attuali, non sono da ascrivere proprio alle paure ed alle chiusure di tante chiese nazionali, religiose⁸⁴, agnostiche ed atee⁸⁵). Per contro, la chiara lettura libertaria (di Tradizione e progetto) serve a dare indicazioni⁸⁶, precise e preziose, su come operare, di fronte alle tante crisi, tuttora in atto: la guerra permanente, crisi e economiche conseguenti (perché la guerra permanente costa ed è chiarissimo il tentativo di farla sempre pagare ad altri) e la debolezza strutturale (sociale, politica ed economica) di tanti paesi, più deboli⁸⁷.

⁸² Atteggiamenti discutibili sono propri:

- della chiesa cattolica, quando propone morali integraliste e dove impone politiche collaterali, spesso reazionarie;
- delle chiese ortodosse, dove sostengono politiche nazionaliste, giocoforza pericolose;
- della chiese riformate (che i cattolici chiamano protestanti), se si adeguano al pensiero liberista, perdendo capacità critica;
- dell'ebraismo, quando non sa distinguere fra se stesso ed un sionismo, ridotto a puro sostegno della politica estera di Israele.

⁸³ Atteggiamenti fondamentalisti sono propri dell'islam ovviamente dove persegue politiche terroriste, addirittura verso l'islam moderato, e tuttavia anche quando si chiude al mondo attuale, rifiutando necessarie autocritiche, di fronte a certe derive estremiste.

⁸⁴ Non si prendono in considerazione le religioni orientali (né quelle primitive animiste), comunque non esenti da contraddizioni.

⁸⁵ Atteggiamenti totalitari sono propri tanto delle politiche liberiste, attualmente vincenti (pur nell'evidenza delle crisi attuali), quanto nelle deviazioni comuniste (sconfitte dalla storia, ma talvolta risorgenti, come folli antiutopie).

⁸⁶ Altre indicazioni riguardano problemi d'equilibrio e tutela territoriali, ambientali ed ecologiche, nonché questioni inerenti le libertà civili personali e sociali (con le prassi conseguenti raccomandate per questi problemi e le stesse questioni).

⁸⁷ Nel lungo elenco di questi paesi, si trova certamente anche l'Italia.

Credo che è su (questi) problemi ... che la sinistra è chiamata a ridefinirsi, a motivare il suo ruolo e il suo avvenire nella società italiana. E non è retorica affermare che la risposta che essa darà, definirà ancora una volta il suo rapporto con questioni gravi di identità e indipendenza nazionale, e con questioni che riguardano risorse fondamentali umane, il destino prossimo di miliardi di persone, i pericoli della guerra.

Non mi sembra di sbagliare troppo, se affermo che la sinistra europea, nel corso di tutto il secolo, si è travagliata e si è definita su due grandi "nomi": democrazia e socialismo. Essa ha organizzato e guidato massa attorno a queste due grandi idee-forza: a volte definendosi e aggregandosi su una sola di esse ...; sempre travagliandosi ... sul modo con cui esse potevano coniugarsi.

Non mi è possibile oggi ridare forza, significato e prospettive al termine "sinistra", senza ridare corpo e concretezza, di fonte alla crisi che stiamo vivendo, al collegamento tra queste parole, tra questi ideali: democrazia e socialismo. Anche in Italia, questa è la difficoltà reale, su cui è entrata in crisi, di fatto, la sinistra. Ci sono oggi masse di lavoratori e di popolo che contestano la incapacità di questa democrazia, così come è in atto da noi, di aprire vie al "socialismo" (e intendo con queste parole quella spinta a superare la riduzione di se stessi a lavoro alienato e parcellizzato, a frammento corporativo, che è stata la domanda maturata nelle lotte e nella "cultura" degli ultimi ... anni). Contemporaneamente queste stesse masse hanno vissuto la difficoltà concreta, pratica, di definire "socialismo" regimi ed esperienza, in cui la statalizzazione dei mezzi di produzione non aveva prodotto "democrazia", cioè potere diffuso delle masse, crescita della loro creatività collettiva. Senza cercare una risposta, a questi duri interrogativi, c'è un senso oggi per la parola "sinistra", un terreno, un contesto su essa si motiva?

Per conto mio non lo vedo. Mi sembra che la crisi che viviamo si sia aperta proprio su questo nodo, ritrovabile in tante delle vicende di questi anni. E senza affrontarlo anche l'esigenza di unità della sinistra resta astratta, predicatoria, o al massimo metodologica.

Una rimotivazione della sinistra, come forza di trasformazione della società, si connette dunque direttamente alla dimensione acuta che sta assumendo il tema dello sviluppo, e alle contraddizioni nuove che ne mettono in dubbio oggi le dimensioni, la qualità, il senso che esso assume per masse sterminate.

Mi pare che così stiamo dentro alle cose, ai fatti che ... toccano bisogni di strati fondamentali del nostro popolo, e interessi nazionali decisivi. E contemporaneamente assumiamo un criterio, un metro di azione, che lavora per avviare sin da ora, nel vivo delle lotte, un processo di ricomposizione delle forze di lavoro, verso un superamento tendenziale della separazione tra lavoro e prodotto del lavoro.

Un processo: cioè una lotta che sperimenta e costruisce i momenti, i passaggi di tale trasformazione, cercando sin da ora, nel cuore stesso delle società capitalistiche, di realizzare contenuti produttivi, forme di rapporto sociale, tipi di potere, che potenzino la capacità dei lavoratori di incidere sulla vita produttiva e sui suoi fini.

Da ciò può venire una proposta a forze borghesi. Una proposta che non nasconde la carica di conflittualità, l'obiettivo antagonista che la battaglia per un nuovo tipo di sviluppo reca con sé: anzi a misura che questa battaglia non rimanda a omani il rinnovamento strutturale, ma cerca di farlo vivere fin da oggi, rende più evidente l'antagonismo. Ma è la proposta che vede lo sviluppo, le tappe, gli sbocchi di questo conflitto non come un atto giacobino di una avanguardia che si arroga la rappresentanza della storia; è una proposta che guarda in faccia, in modo non mistificato, al punto di crisi cui sono giunti tutto un assetto produttivo e una gerarchia sociale, e tende a costruire una dialettica democratica reale per il suo superamento. Quindi anche un terreno aperto a una verifica della storia, uno spazio per incontri, convergenze parziali, per una maturazione di forze e di scelte.

Riconversione produttiva per una nuova collocazione dell'Italia nella divisione internazionale del lavoro; non già difesa statica, ma governo democratico della mobilità del lavoro e dell'occupazione e delle ristrutturazioni produttive; iniziativa per un ruolo dell'Europa che ne faccia una interlocutrice attiva nel rapporto Nord-Sud, un'alleata del mondo emergente. Ognuno di questi temi ha riferimenti immediati ... Su questi fatti, che chiedono subito decisioni e scelte, la lotta della sinistra può verificare la sua capacità di costruire convergenze unitarie nel mondo – oggi così complesso e articolato – del lavoro dipendente, e terreni di alleanze con altre forze sociali, sbocchi pratici anche limitati, parziali, ma che spostino in avanti in modo unitario i protagonisti del cambiamento. Alla strategia di scomposizione sociale, di frammentazione corporativa, di contrapposizione fra l'uno e l'altro segmento della forza lavoro, con cui di fatto i protagonisti del vecchio modello di sviluppo tentano di far fronte alla crisi, la sinistra può opporre una politica di ricomposizione sociale concreta, di scelte e modelli produttivi che avvicinino, sul terreno di una nuova qualità e creatività del lavoro, la molteplicità contraddittoria non solo delle figure sociali, ma dei ruoli, dei momenti della "soggettività".

Credo che da questa angolazione sarà anche possibile affrontare meglio la difficile questione delle forme della rappresentanza, e del sistema di decisioni politiche. Un processo di ricomposizione delle forze del lavoro deve essere operante dentro ciascuna delle sedi, dei centri decisionali effettivi, in cui si definiscono – alla data di oggi – ruoli, competenze, figure sociali e bisogni, facce del cittadino. Il passaggio da una visione individualistica o corporativa a una coscienza politica di classe, a una coscienza dell'insieme del conflitto politico, non può più essere affidato e condensato dentro una sola e specifica organizzazione, pena non solo la riduzione drastica del campo, e quindi una grave, concreta difficoltà di egemonia.

Ma forse sarà più chiaro che tale ricomposizione deve tendere ad un progetto generale, e quindi anche a costituire i protagonisti e le forme di questo progetto. Si tratta dunque di una strategia politica che vuole misurarsi anche con il corporativo, e con tutta la specificità degli specialisti, e radicarsi là dentro, ma per tentare un altro orizzonte: altrimenti che verità avrebbe (e che senso) spingere, chiamare alla lotta contro la separazione tra produttore e prodotto, contro la parcellizzazione e l'alienazione del lavoro? Ecco perché mi sembra che qui è il nodo, su cui la sinistra ridefinisce se stessa e il suo discorso. Dire di sì ad un tale ragionamento porta a dare una motivazione di fondo, sostanziale, per esempio, all'autonomia del sindacato come "soggetto politico", ad intendere tale autonomia come bisogno confermato da tutto il cammino della crisi in atto; ma porta anche a domandarsi se non si debba andare ad una articolazione di "forme" della politica, che non riduca tutti i "soggetti" a Stato, o peggio ancora a burocrazia pubblica.

Ritengo che ci fosse un fondamento e una fecondità nell'affermazione che vedeva i partiti come cerniera tra società civile e Stato. Oggi gli sviluppi e le mutazioni nelle società di capitalismo maturo (e non solo di quelle), da una parte, hanno portato a scavalcamenti di questa cerniera, a nessi diretti fra apparati dello Stato e masse; per una altro verso hanno spinto verso identificazioni molto strette a appiattimenti di partiti nella dimensione statale. A me sembra che questa tendenza a distruggere l'articolazione, la profondità e lo spessore del rapporto tra masse e Stato sia da combattere.

Cancellare quest'articolazione reca con sé oggettivamente, quali che siano le intenzioni, corporativizzazione e delega. Su questa strada si potranno conquistare poteri particolari, garantirsi sfere di autonomia (o ghetti), ma la capacità di incidere sull'insieme delle relazioni produttive e sociali resterà dislocata altrove, in altre mani, siano esse nazionali o internazionali. Ecco perché resta tutta aperta la questione del ruolo specifico della forma-partito, della organizzazione partitica, e proprio alla luce dei mutamenti notevoli avvenuti anche ... nell'esperienza politica. E vedo due motivazioni: nel senso che c'è, ci può essere, un bisogno di progetto, che non significa "ideologismi", ma che mette in primo piano il momento della connessione e della selezione, e il del rapporto tra presente e futuro. E' da vedere come si risponde a questo bisogno fuori da visioni "provvidenziali" e da pretese di monopolio. Ma proprio la ramificazione e moltiplicazione delle fonti dell'esperienza politica non richiede ancora di più di una tensione progettuale, una dimensione che rifiuta di esaurirsi nell'oggi, e che è esattamente il contrario della senseria, di un puro compito di mediazione fra interessi sul "mercato politico" concepito come sfera a sé?

E poi un altro aspetto. Non credo che sia giusto sottovalutare il peso che ha la formalizzazione, la istituzionalizzazione del momento della decisione statale. Qui non ci può essere ambiguità. Due sono le strade possibili. O si nega in radice la legittimità e razionalità del momento del comando statale, e si teorizza questa negazione, e allora si torna esplicitamente a concepire il cambiamento come anti-Stato, come puro dominio di una forza su altre. E' una strada: abbiamo visto proprio dalle esperienze di questo secolo dove porta: e d'altra parte nessuno può sottovalutare che cosa significherebbe oggi una simile "svolta" per tutta la collocazione del movimento operaio e della sinistra.

Se invece si ritiene che la formalizzazione del momento del comando non sia una concessione ad altri, ma un'esigenza delle masse in lotta per la loro emancipazione, se si pensa che la forza egemonica del mondo del lavoro si esprime anche nella sua capacità di proporre una "forma" statale (che è anche – secondo sottolineare la parzialità, la storicità di questa "forma", direi il suo limite, nel momento stesso in cui la si definisce), allora la specificità di questo momento statale, il problema delle forme del consenso e della legittimazione, la questione della gestione della "volontà politica generale" sono tutti temi che non possono essere accantonati senza pagare un prezzo pesante.

Quali forme allora? Certo: questo ci riporta clamorosamente alla crisi del funzionamento delle assemblee elettive, ai contenuti e ai modi delle loro attività, alla crisi della figura del "funzionario politico generale", del "deputato" del popolo; e ci rimanda subito a fenomeni gravi di burocratizzazione di apparati partitici, di lottizzazioni dello Stato che divengono tanto più diffuse quanto più una determinata figura di "professionista" della politica ha bisogno di appoggiarsi a questo mercato di posti dello Stato.

Ma questo significa ripensare e riformare il sistema di rappresentanza formale, le istituzioni burocratiche; non già negare il bisogno, il problema. Significa scegliere ancora una volta tra due strade: o accettare la via dei partiti che diventano pezzi di Stato, parte diretta degli apparati statali, organismi di selezione di un ceto politico burocratizzato, e ridotto alla professione di "senseria"; oppure lavorare per una riforma dei partiti che esca sì da una interpretazione "totalizzante" del loro ruolo⁸⁸, ma per ridare corpo, contenuto, competenza ad una loro funzione generale, ad un momento alto dell'insieme articolato dei rapporti tra masse e Stato. Ricordiamoci bene che la prima strada, quella dei partiti solo come "pezzi" di apparato statale, è la vittoria piena della delega, è la conferma di un'altra separazione, è un altro grande ostacolo posto ad un processo complessivo di ricomposizione tra lavoro e prodotto del lavoro.

⁸⁸ Il testo di Ingrao è del 1982, ma è attualissimo, di fronte a tutti i problemi dell'oggi, dalle crisi generali (ambientali ed economiche, anche come portato di uno stato di guerra permanente), a livello planetario ed internazionali, fino alle crisi locali (sociali e politiche, con quel connesso marcio di corruzione), nazionali ed italiane, in particolare. Per contro la proposta riforma dei partiti e, entro certi limiti, anche la centralità dei sindacati riecheggiano il vecchio stalinismo che, come già detto in precedenza, a tratti, caratterizza Masse e potere: molto più leggere ed informali devono essere oggi le forme di rappresentanza, per non incorrere nelle ben note degenerazioni.

E qui conviene esplicitare un ultimo punto. Non credo che una ispirazione delle sinistre, che vada nella direzione su cui ho cercato di ragionare, impedisca il contatto con quelle forme invece di soggettività che non sorgono direttamente dai luoghi fondamentali del processo produttivo e scaturiscono direttamente da contraddizioni, che – come si usa dire – percorrono “trasversalmente” la società del nostro tempo. Anzi a me sembra che una tale ispirazione consente di capire meglio le radici strutturali, le cause di fondo di bisogni di liberazione maturati in masse giovanili, nel mondo delle donne, e più in generale nell’arco complesso del tempo di vita.

Cerco di spigliarmi. Credo che il “rifiuto” del lavoro esprima oggi stati d’animo e tendenze radicali che vanno oltre gli atteggiamenti di gruppi limitati di giovani. Una spinta di questo genere corre anche in fenomeni, costumi, modi di consumare e gestire la propria giornata, che si ritrovano in vastissimi stati di gente che lavora, ha un’occupazione, un impiego. E mi sembra anche che il riemergere del privato, le riscoperte di un proprio destino individuale, la spinta all’“immediato”, e persino una determinata negazione della “storia” corrano molto dentro la società del nostro tempo, sicché appare davvero assurdo pensare di fare i conti con questi fenomeni, ricorrendo alla predica morale ⁸⁹.

Ma sono fenomeni non separati o separabili da ciò che sono divenuti il lavoro parcellizzato nel nostro tempo, la moltiplicazione e l’accumulazione degli specialisti, questo crescendo di saperi che ci hanno aperto porte a lungo chiuse e al tempo stesso ci frantuma. se mai, questi fenomeni ci dicono che la società capitalista, i modi di essere del capitale, hanno una penetrazione che passa diffusamente entro la scienza, il potere, lo Stato, per cui il cambiamento sociale ha forma e tempi assai diversi da quell’atto unico e radicale, da quello scontro centralizzato e decisivo, in cui per tanto tempo il senso comune del movimento operaio ha visto la sconfitta dell’avversario e la presa del potere.

E’ vero questo è ancora un ragionamento che usa determinati termini: società capitalistica, capitale, rapporti di produzione; considerandoli come una chiave fondamentale di lettura di questa società, e ritenendo anche che una chiave di lettura di questa società sia possibile.

Si può affermare invece che non è così; anzi che non è possibile nemmeno una teoria sociale. Ma allora, è ancor più necessario dirlo, e rispondere alle domande che in tal caso vengono alle labbra: perché allora parlare di una “sinistra”? Che cosa è la “sinistra” oggi? Senza queste risposte non ha significato nemmeno parlare di unità della sinistra.

Mi rendo conto di accennare in modo assai approssimativo e sommario a problemi e questioni di grande difficoltà e complessità. Ma è meglio oggi correre questo rischio, e tuttavia cercare di riportare il discorso sulla sinistra e della sinistra su alcune domande di fondo.

Altrimenti, rischiamo di rispondere per allusioni e qualche volta per enigmi. ...

... Ma sembra difficile evocare questi problemi e prospettare tali sbocchi, senza collegarli a una lettura delle crisi e – insieme – alla definizione di una strategia produttiva, sociale e istituzionale.

Andare a queste risposte apre anche questioni di teoria, scelte di cultura, e chiede forme nuove di rapporto fra cultura e politica. Non per caso la questione degli intellettuali sta ritornando sulla scena così acutamente. E anch’essa un mutamento non piccolo, e insopprimibile, nella ridefinizione della sinistra italiana ed europea, in una nuova fase, che è difficile e drammatica, ma anche potenzialmente ricca (Pietro Ingrao, op. cit.).



Menashe Kadishman, Fallen Leaves (Jewish Museum, Berlino)

⁸⁹ Ancora una volta, occorre ribadire che solo concezioni autoritarie (religiose od ideologiche) possono pensare che questi problemi di libertà/licenza od anche devianza siano risolti in una qualsiasi società, a meno di imporre la soluzione con la forza (come già accaduto tragicamente con la soppressione nazista degli “inadatti”).

PARTE II – ALCUNI ESEMPI DATATI MA NON TROPPO

Adagio ma non troppo, così come allegro ma non troppo, sono due tempi musicali, rispettivamente lento e veloce, dove l'avversativo (ovvero la congiunzione: ma) serve a temperare l'esecuzione. Analogamente datato ma non troppo serve a ricordare gli oltre 40 anni passati, dalla stesura del testo, qui riproposto, segnalando comunque tutta la sua validità metodologica. Infatti quello che è importante non è mostrare eccezionalità e/o bravura sopraffina, ma un metodo, una cura ed un'attenzione che devono caratterizzare ogni intervento, a partire dai più semplici e di routine, per arrivare a quelli più complessi e giocoforza difficili. D'altra parte, la temperanza è una dote che eleva le qualità personali, come la clemenza migliora i rapporti interpersonali, ed entrambe sono parte essenziali di un galateo minimo che, insieme all'educazione civica, promuovono il bello e permettono una vita associata, piacevolmente vissuta. Pertanto mentre è ben difficile trovare la verità ed anche la giustizia (intesa come sua amministrazione) lascia spesso piuttosto perplessi, in modo che si possa dubitare addirittura della bontà, è relativamente facile accordarsi sulla bellezza, ovvero su quelle scelte e su quelle cose che rendono tutto più gradevole.



Francisco Goya, La maja desnuda⁹⁰ (Museo del Prado, Madrid)

Gli esempi datati ma non troppo, ripresi autorevolmente dal libro: Topografia generale, del prof. Giuseppe Inghilleri, coprono vari campi d'applicazione delle discipline del rilevamento e servono a mostrare l'unità metodologica di tutte queste discipline, attorno ai concetti di misura, modelli e calcolo. Allora un'approfondita disamina che va dalle carte per la progettazione, passando per le operazioni di tracciamento, al collaudo delle strutture, potrebbe trasformarsi in un lungo elenco che comprende i problemi di urbanizzazione e d'accatastamento, la verifica dei movimenti e delle deformazioni del terreno e/o di manufatti (civili ed industriali) e le operazioni di gestione e di tutela dei beni culturali ed ambientali, nonché quelle operazioni che, sulla base di piattaforme informatiche e via servizi di rete, richiedono di acquisire, gestire e mantenere informazioni georeferenziate (o comunque a referenza spaziale), dove i geodati presenti sono statici o dinamici (se variabili nel tempo). In questo modo, l'unità metodologica è sicuramente consolidata ed i rischi di rincorrere solo alcune eccezioni, costituite dagli esempi più rari e singolari, sono certamente evitati, come altrettanto autorevolmente richiesto dal prof. Mariano Cunietti, nei suoi corsi di Teoria e pratica delle misure.

⁹⁰ L'immagine (un vero e proprio capolavoro di un artista, di primissimo piano) è volutamente scelta, per accusare tutti gli atteggiamenti bacchettoni che, ostentando/decantando pubbliche virtù, servono invece a coprire tutti i vizi privati.

Rilevamento di dettaglio

Contenuto di una carta ⁹¹

I particolari del terreno visibili su una carta sono funzione della scala e degli scopi per cui la carta è costruita. A titolo di esempio, nelle figure 1, 2 e 3 ⁹², sono riportate tre stralci di cartografia, riferita ad una stessa zona, ma a scale diverse, per evidenziare la diversa quantità, qualità e definizione dei particolari. In una prima classificazione dei contenuti di una carta, si distinguono elementi naturali ed artificiali.

Fra gli **elementi naturali** si possono comprendere:

- ❑ l'**idrografia**, ovvero corsi d'acqua, laghi, linee di compluvio ed altri elementi (ad es., piccoli specchi d'acqua artificiali o meno, sorgenti, ecc.), rappresentati metricamente, in relazione alla scala della carta, oppure in maniera simbolica (per le carte a piccola scala od inferiori);
- ❑ la **morfologia altimetrica**, per la descrizione altimetrica del terreno ⁹³, tradizionalmente eseguita per **curve di livello** ⁹⁴ (cioè con le proiezioni, sulla superficie di riferimento, di linee congiungenti punti di uguale quota, come mostrato in fig. 4), oppure resa mediante il cosiddetto **piano quotato** ⁹⁵ (costituito scrivendo, in corrispondenza di un certo numero di punti, di posizione planimetrica definita, la rispettiva quota approssimata al decimetro od al metro, a seconda della scala della carta, come mostrato in fig. 5 ⁹⁶).
- ❑ la **copertura vegetale**, per la quale, in generale, si tracciano i confini delle coperture vegetali, senza scendere a distinzioni dettagliate sui tipi di vegetazione presenti (tranne se la carta è destinata allo studio di sistemazioni forestali), essendo sufficiente distinguere boschi di alto fusto, boschi cedui e macchie.

⁹¹ Oggigiorno il contenuto di una carta è disposto sui vari livelli di un sistema informativo geografico o territoriale (dove si definisce una certa scala nominale, in funzione della quantità e della qualità dell'informazione contenuta, ovvero della cosiddetta grana del sistema e dell'attendibilità dei suoi geodati).

⁹² Per esigenze di impaginazione, tutte le carte non sono riportate alla scala originale (comunque riportata nella didascalia), ma adattate alla pagina. Resta da osservare come oggigiorno, almeno le scale più vicine possono essere rappresentate nei vari livelli di un sistema informativo geografico o territoriale, passando dalle scale più grandi (dove sono stati acquisiti i geodati) a quelle più piccole, per generalizzazione (ed ovviamente mai dalle scale più piccole a quelle più grandi, tranne che per momentanei zoom di comodo). Infatti mentre le carte analogiche fanno uso, in generale, di sette livelli tematici (orografia, idrografia, pedologia, viabilità, insediamenti, limiti amministrativi e toponomastica), i sistemi informativi geografici o territoriali possono contenere un numero anche molto grande di livelli, geometrici e tematici (i cui geodati forniscono contenuti in forma vettoriale o raster, oppure mista), grazie alle notevolissime potenzialità hardware e software dei sistemi stessi.

⁹³ Per completare la descrizione della forma del terreno dal punto di vista altimetrico, alcuni particolari (ad es., rocce affioranti, scarpate, cave, ecc.) possono essere messi in evidenza, con segni grafici o convenzionali appropriati.

⁹⁴ Queste linee si ottengono intersecando il terreno con superfici parallele al geoide ed aventi fra di loro un dislivello costante, chiamato impropriamente equidistanza. Fra una curva di livello ed ognuna delle adiacenti il terreno si suppone avere pendenza uniforme, anche se in effetti ciò non sempre si verifica. Di conseguenza, poiché le carte a scala più piccola ammettono errori altimetrici maggiori, l'equidistanza è tanto più grande quanto più piccola è la scala. In pratica, per l'equidistanza, si sceglie un valore pari ad un millesimo del denominatore della scala (ad es., per le scale 1:1.000, 1:5.000, 1:10.000, si scelgono rispettivamente equidistanze di 1, 5 e 10 metri. Tuttavia questa regola non è rigida; infatti se la descrizione altimetrica del terreno ha un'importanza preponderante, rispetto ad altri contenuti tematici (ad es., in una cartografia per i progetti di bonifica), l'equidistanza è notevolmente diminuita ed altrettanto accade quando il terreno è poco accidentato (nel qual caso le curve di livello risultano troppo lontane fra di loro e si perde quel senso tridimensionale che le curve di livello conferiscono alla rappresentazione altimetrica). Al contrario, l'equidistanza è aumentata, quando il terreno presenta forti pendenze, affinché le curve di livello non risultino troppo vicine e di difficile tracciamento.

⁹⁵ Fra un punto quotato e l'altro, nei limiti di precisione della carta, la pendenza del terreno deve essere uniforme e, poiché la posizione dei punti quotati è scelta dal rilevatore, questa condizione è generalmente soddisfatta, cosicché la quota di un punto qualsiasi del terreno può essere ricavata per interpolazione. Infatti poiché tre punti quotati definiscono un piano, si può sempre conoscere la quota di un punto, appartenente ad un piano, una volta definita la sua posizione planimetrica. Dopodiché determinando, per interpolazione, le posizioni dei punti di quota intera, fra coppie di punti rilevati, da un piano quotato, si deducono le curve di livello (come mostrato in fig. 6).

⁹⁶ Oggigiorno un piano quotato è reso analitico, con un modello digitale delle altezze (o del terreno), le sue curve di livello (così come profili ed altre sezioni) sono sempre un prodotto derivato matematicamente, per interpolazione, e tutte queste informazioni costituiscono più livelli (i cui geodati hanno contenuto altimetrico) di un sistema informativo geografico o territoriale.

Fra gli **elementi artificiali** si possono citare ⁹⁷:

- ❑ la rete viaria e ferroviaria, composta di strade e ferrovie, con ponti e viadotti, è rappresentata riportandone in scala le vere dimensioni, se la scala della carta lo consente (come per le scale da 1:1.000 ad 1:10.000), oppure con segni convenzionali, se la scala della carta è piccola (a partire da 1:25.000), mentre per quanto riguarda le strade campestri ed i sentieri, questi sono rappresentati, se hanno carattere di stabilità;
- ❑ **insediamenti urbani**, oltreché edifici isolati, edifici caratteristici o particolarmente importanti (come chiese, monumenti, edifici industriali, sedi di amministrazioni pubbliche), che sono messi in evidenza con tratteggi particolari e dove, se la scala della carta è piccola (a partire da 1:25.000), è necessario limitare la rappresentazione delle strade urbane, delineando solo la viabilità principale e procedendo, nel contempo, a raggruppamenti di edifici, piccoli edifici isolati o meno, specie se aventi una destinazione ben precisa (come abbeveratoi, cappelle, stazioni di trasformazione) che, in tal caso, sono rappresentati con un segno convenzionale;
- ❑ **divisioni di culture**, distinguendo chiaramente il terreno incolto da quello coltivato, se la carta ha un uso particolare, pedologico od agrario, le varie culture sono delimitate e individuate (in generale, si delimitano i campi coltivati, chiaramente individuabili per la presenza di sentieri, canali, filari d'alberi, ecc., senza indicare le culture);
- ❑ **linee ed opere tecnologiche** (linee elettriche e telefoniche, acquedotti, dighe, opere di presa, opere di derivazione, ecc.), dove le linee elettriche e telefoniche e, in generale, gli acquedotti sono rappresentati con segni convenzionali, mentre parecchie opere di ingegneria idraulica sono rappresentate in scala;
- ❑ **confini di proprietà**, normalmente non rilevati e riportati sulle carte, mentre essi sono l'informazione principale e l'elemento di dettaglio delle carte catastali (le cui scale variano da 1:500 ad 1:4.000) e tuttavia la carta catastale deve essere considerata come una carta speciale il cui rilevamento e la cui rappresentazione sono eseguite secondo norme che tengono conto anche di disposizioni fiscali, amministrative e giuridiche.

La Fotogrammetria come prassi fondamentale per il rilevamento di dettaglio ⁹⁸

La Fotogrammetria è una tecnica complessa; in questa sede, occorre puntualizzare che la maggior parte del rilevamento di dettaglio si esegue con tale tecnica, mentre si procede con i metodi di rilevamento sul terreno solo quando il rilevamento è di piccole dimensioni.

Per stabilire quale è il limite per la convenienza economica della fotogrammetria, occorre tener presente che il rilevamento di dettaglio è eseguito sulla base di immagini stereoscopiche del terreno, ovvero di immagini che riprendono una determinata porzione di terreno da due punti di vista diversi. Tali immagini possono essere riprese da terra (fotogrammetria terrestre) qualora la porzione di terreno sia facilmente inquadrabile da punti dominanti (rilevamento di ghiacciai, di terreni molto pendenti, per imposte di dighe, e di monumenti) o dall'aereo (fotogrammetria aerea) che è il caso più comune ⁹⁹.

⁹⁷ Oggigiorno anche questo contenuto (geometrico e tematico) è disposto nei vari livelli di un sistema informativo geografico o territoriale (i cui geodati, come già detto in precedenza, forniscono contenuti in forma vettoriale o raster, oppure mista).

⁹⁸ La fotogrammetria deve essere riconosciuta in tutta l'attuale galassia delle immagini, non solo terrestri ed aeree, ma anche con l'alta risoluzione ottica dallo spazio, il laser scanning (a sua volta, terrestre ed aereo), il radar interfero-metrico ed il sonar batimetrico.

⁹⁹ La ripresa di immagini terrestri ha un costo equiparabile a quello del rilevamento topografico e con il GPS, cosicché si può decidere per il rilevamento fotogrammetrico terrestre tutte le volte che le caratteristiche del terreno lo rendono consigliabile, mentre il costo



Fig. 1 – Stralcio di una carta alla scala 1:25.000 (il rettangolo esterno segnala la zona rappresentata alla scala 1:5.000, mostrata in fig. 2, ed il rettangolo interno la zona rappresentata alla scala 1:1.000, mostrata in fig. 3)

minimo di una ripresa di immagini aeree è sempre elevato, in quanto anche per la ripresa di una sola coppia di fotogrammi il mezzo aereo deve levarsi in volo, raggiungere la zona, riprendere il terreno e tornare all'aeroporto.

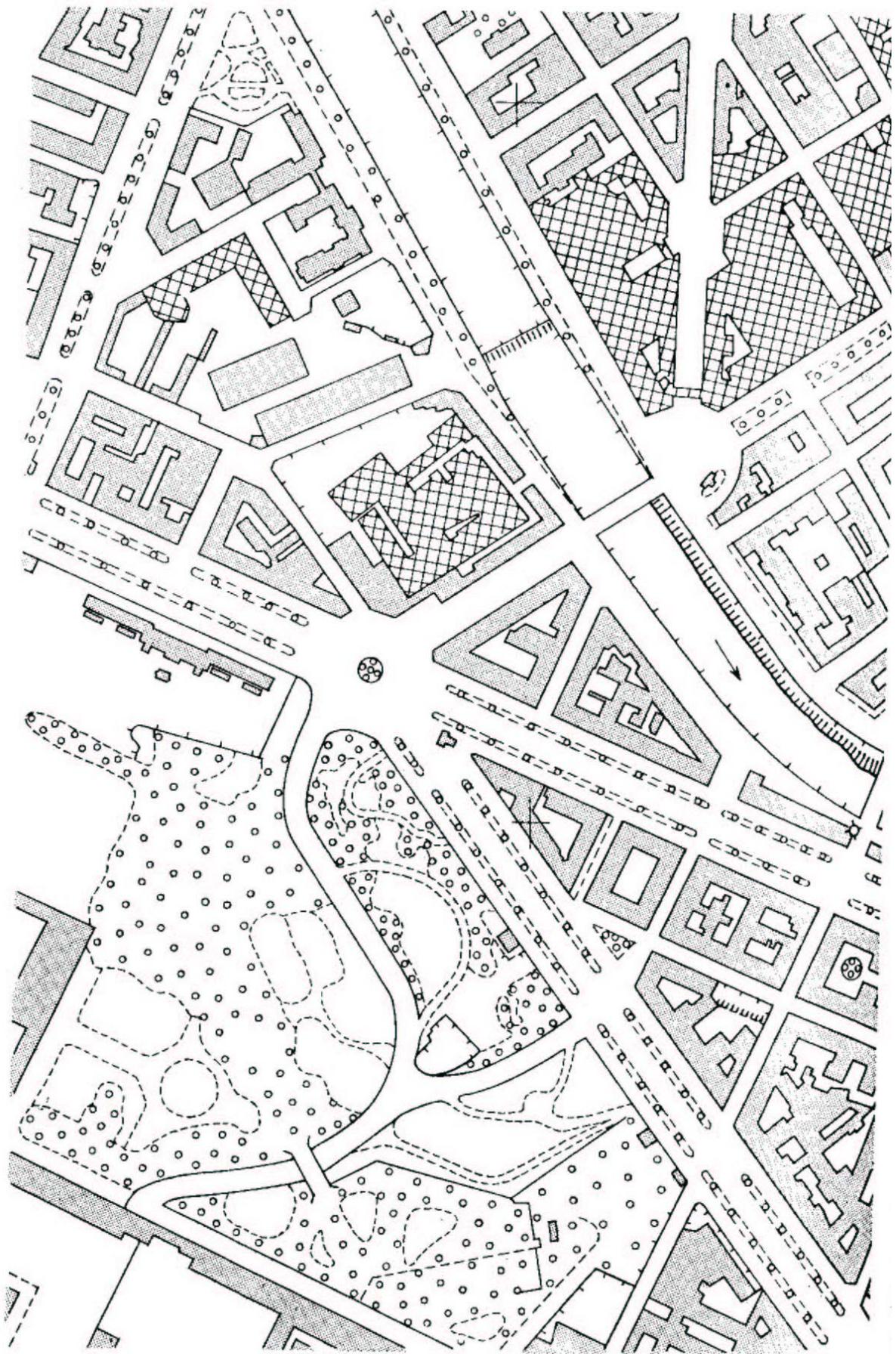


Fig. .2 – Stralcio di una carta alla scala 1:5.000

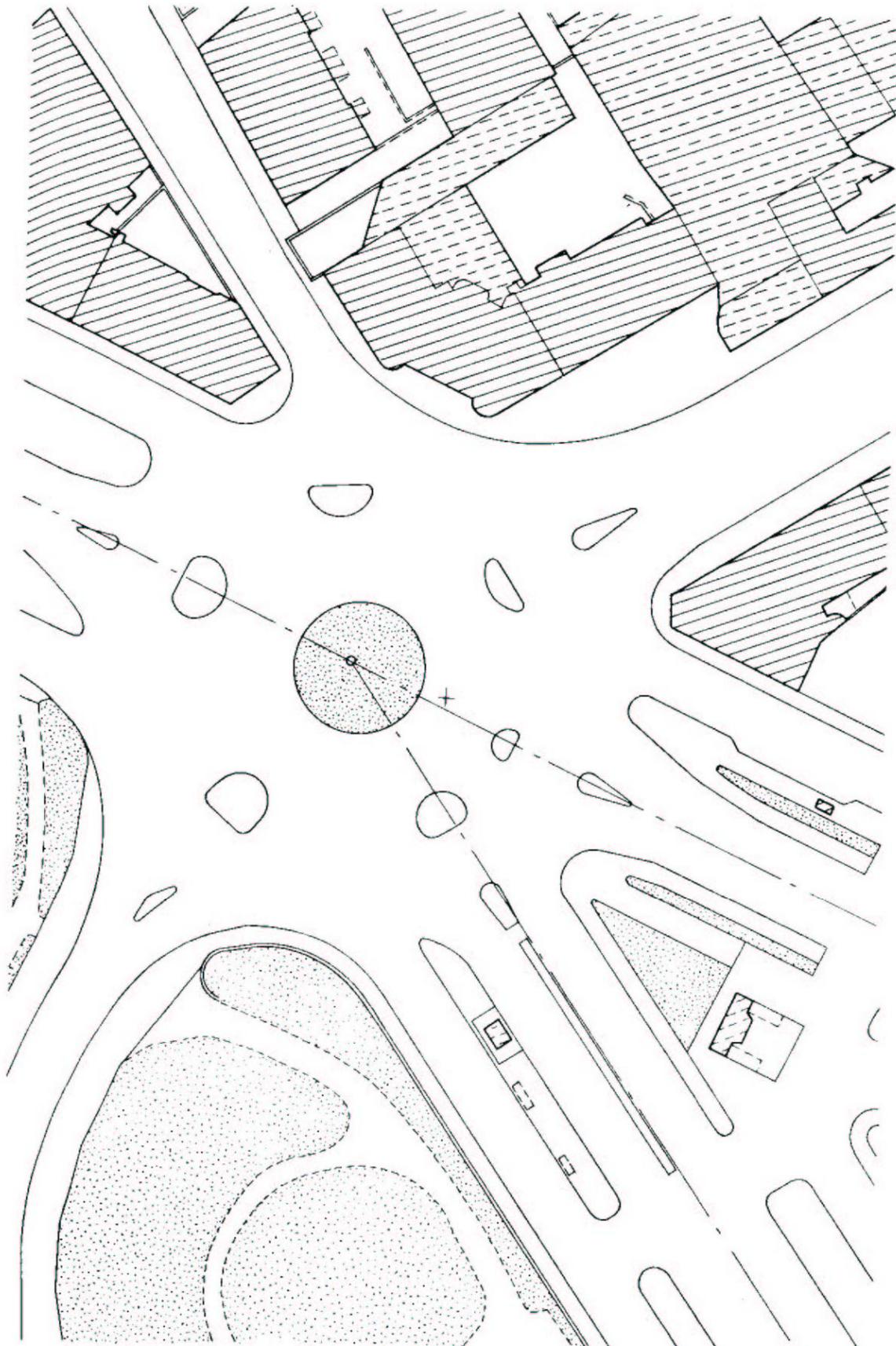


Fig. 3 – Stralcio di una carta alla scala 1:1.000

In ogni modo, comparando il solo costo della ripresa, con l'importo totale del lavoro di rilevamento, si ha un'indicazione per stabilire, se il rilevamento di dettaglio può essere convenientemente eseguito per via

aereofotogrammetrica o meno. Per eseguire il rilevamento di dettaglio per via fotogrammetrica, oltre a riprendere il terreno, in modo che ogni sua porzione sia visibile su due fotogrammi, presi da punti diversi, occorre far sì che, in ogni porzione ripresa, siano ben visibili almeno quattro punti di inquadramento facenti parte di una rete rilevata a terra. Infatti i fotogrammi orientati permettono la ricostruzione di un modello simile alla porzione di terreno rilevata, mentre i punti di inquadramento servono per dare una scala ben determinata a questo modello, orientandolo correttamente, rispetto al riferimento cartografico.

Il rilevamento di dettaglio mediante la fotogrammetria è più rapido, di quello effettuato a terra, più economico, tenuto conto di quanto detto, ed anche più fedele, in quanto la quantità di particolari che l'operatore può osservare e correlare, osservando stereoscopicamente il modello, specie se il terreno è ripreso dall'aereo, è decisamente superiore a quella che può notare e rilevare un operatore che percorre il terreno. Tuttavia se il terreno è coperto da fitta vegetazione arborea, sono necessarie integrazioni, con il rilevamento di dettaglio a terra, ed integrazioni a terra sono necessarie anche quando si rileva, a grande o grandissima scala (1:2.000 ed 1:1.000 o superiore), in un agglomerato urbano.

Al variare della scala della carta che si deve produrre, varia la quota di volo per le riprese dei fotogrammi, nel senso che, al diminuire della scala, aumenta la quota (oppure la distanza, per le riprese da terra). Infatti all'aumentare della quota di volo, diminuisce la precisione della restituzione dei particolari che tuttavia risulta sempre adeguata alla precisione richiesta dalla scala della carta, mentre si ha il vantaggio di diminuire i punti di inquadramento, in quanto si estende la zona di terreno, ripresa stereoscopicamente, in una coppia di immagini. A questo proposito, è necessario notare che i punti di inquadramento, necessari per l'impiego della tecnica fotogrammetrica, sono in numero molto inferiore a quello richiesto per l'esecuzione del rilevamento di dettaglio a terra.

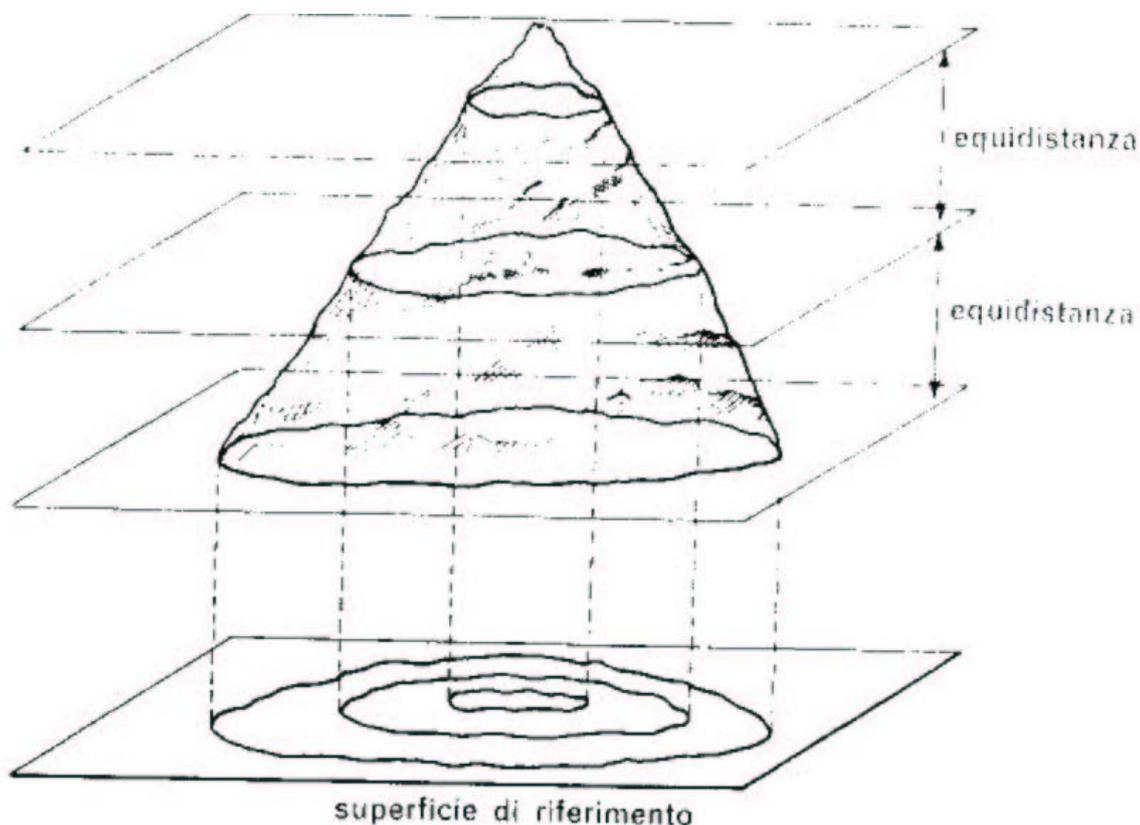


Fig. 4 – Curve di livello

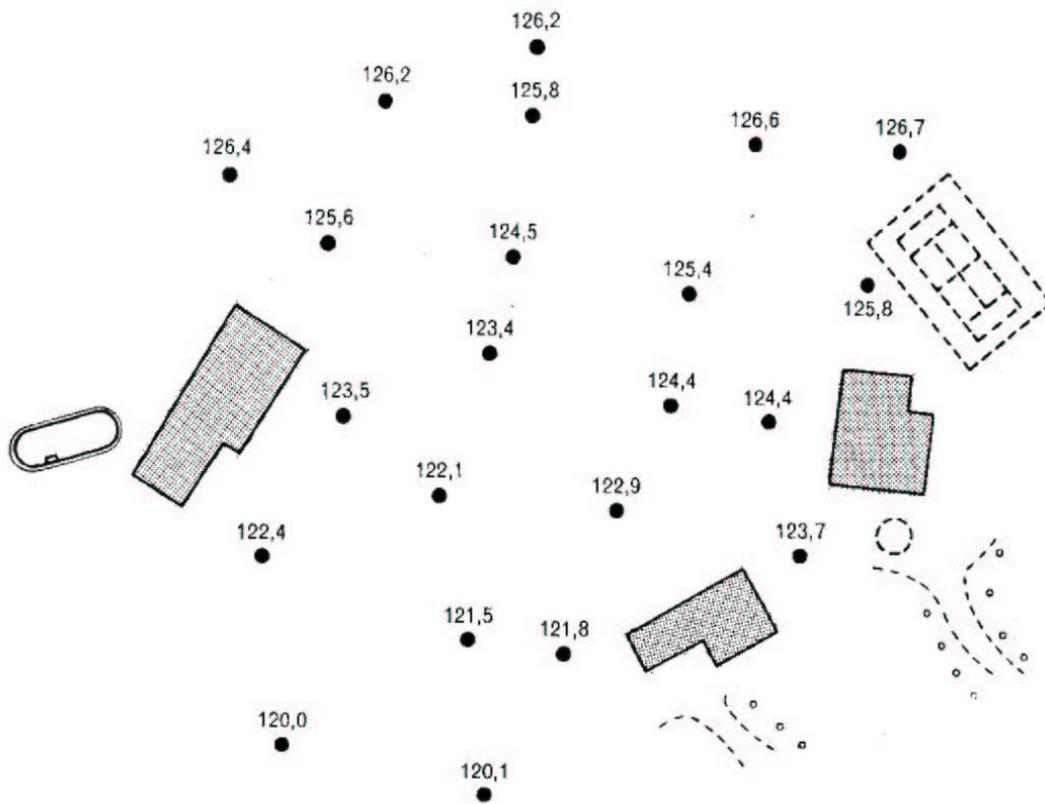


Fig. 5 – Piano quotato

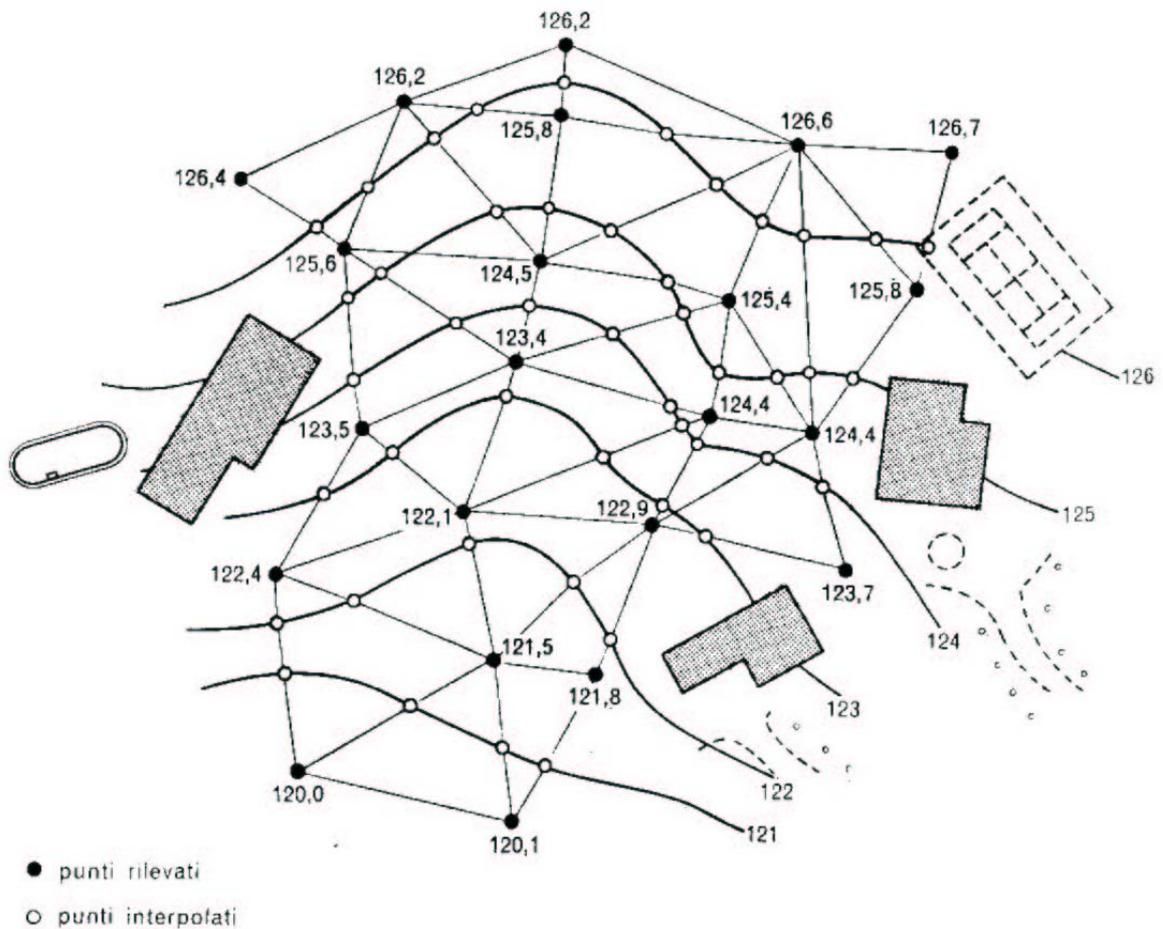


Fig. 6 – Curve di livello ottenute, per interpolazione, da un piano quotato

Celerimensura

La celerimensura è il metodo più generale di rilevamento dei particolari. Un tempo, eseguita mediante l'uso di un teodolite di bassa precisione, munito di reticolo distanziometrico (chiamato anche tacheometro), ed una stadia graduata, ormai è eseguita con tecniche speditive del sistema GPS ed è integrata con il rilevamento ottenuto da una stazione totale, dove manca il segnale del sistema GPS, oppure per collegarsi a segnali di riferimento, dove non sia possibile collocare un'antenna dello stesso sistema (in perfetta analogia, al modo di procedere per il rilevamento di un vertice di una triangolazione, dalle stazioni ex-centro, di quello stesso vertice).

Con riferimento alla celerimensura classica, ogni punto di dettaglio è determinato mediante le coordinate cilindriche, con riferimenti ad un punto di stazione, di coordinate note, ed una direzione nota, in generale, la congiungente della stazione con un altro punto di inquadramento (in altre parole, per il punto di dettaglio, si misura la distanza dalla stazione, l'angolo azimutale che la sua direzione forma con la direzione del punto di riferimento, ed il dislivello, come mostrano le figure 7, 8 e 9).

Tutto questo è tuttora valido, quando si opera con una stazione totale, mentre sono coordinate rettangolari geocentriche quelle derivate dal sistema GPS che possono poi essere facilmente trasformate in coordinate geografiche e quote ellissoidiche. A riguardo, si ricordi che sono quote ellissoidiche anche quelle ottenute dalla celerimensura, nonché quelle della livellazione trigonometrica, e che il passaggio da queste quote a quelle geoidiche, seppure empiriche (come sono quelle ottenute da una livellazione geometrica), richiede poi una buona conoscenza dell'ondulazione del geode (come noto, questo è misurato, in un certo numero di punti, e può essere stimato, in altri, di interesse, matematicamente per interpolazione).

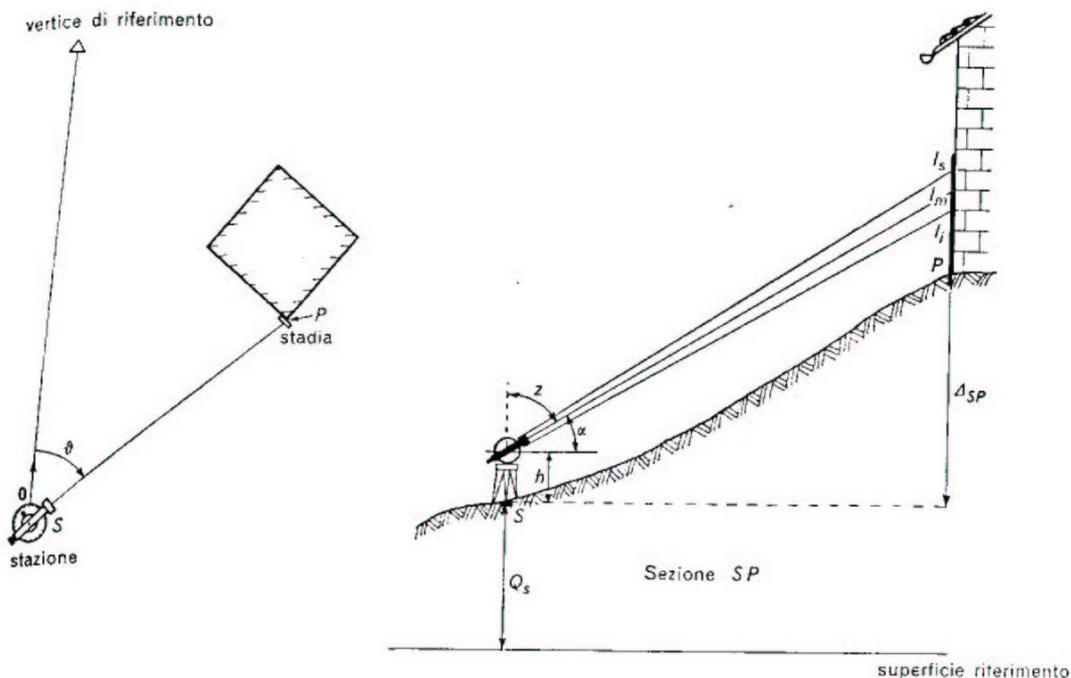


Fig. 7 – Rilevamento celerimetrico di un punto di dettaglio

Il metodo delle sezioni

Sezioni del terreno, con un piano verticale, sono spesso ricavate sia per progettare opere d'ingegneria, quali strade e canali, che per rilevare porzioni di terreno le cui dimensioni, in un senso, sono molto minori che

nell'altro. I profili del terreno sono invece sezioni di questo con una superficie verticale avente, per direttrice, una linea spezzata, planimetricamente ben definita, in generale, rilevati per la progettazione di opere (quali funivie, acquedotti, condotte forzate, oleodotti, ecc.), cioè per tutte quelle opere la cui dimensione trasversale non ha praticamente rilevanza.

In generale, una sezione ha uno sviluppo abbastanza limitato e può essere rilevata con un'unica stazione di misura, mentre un profilo, anche se rilevato in tronchi, richiede numerose stazioni di misura (per entrambi questi tipi di rilevamento, l'alternativa, oggi giorno praticabile e consigliata, è operare con le tecniche speditive del sistema GPS).

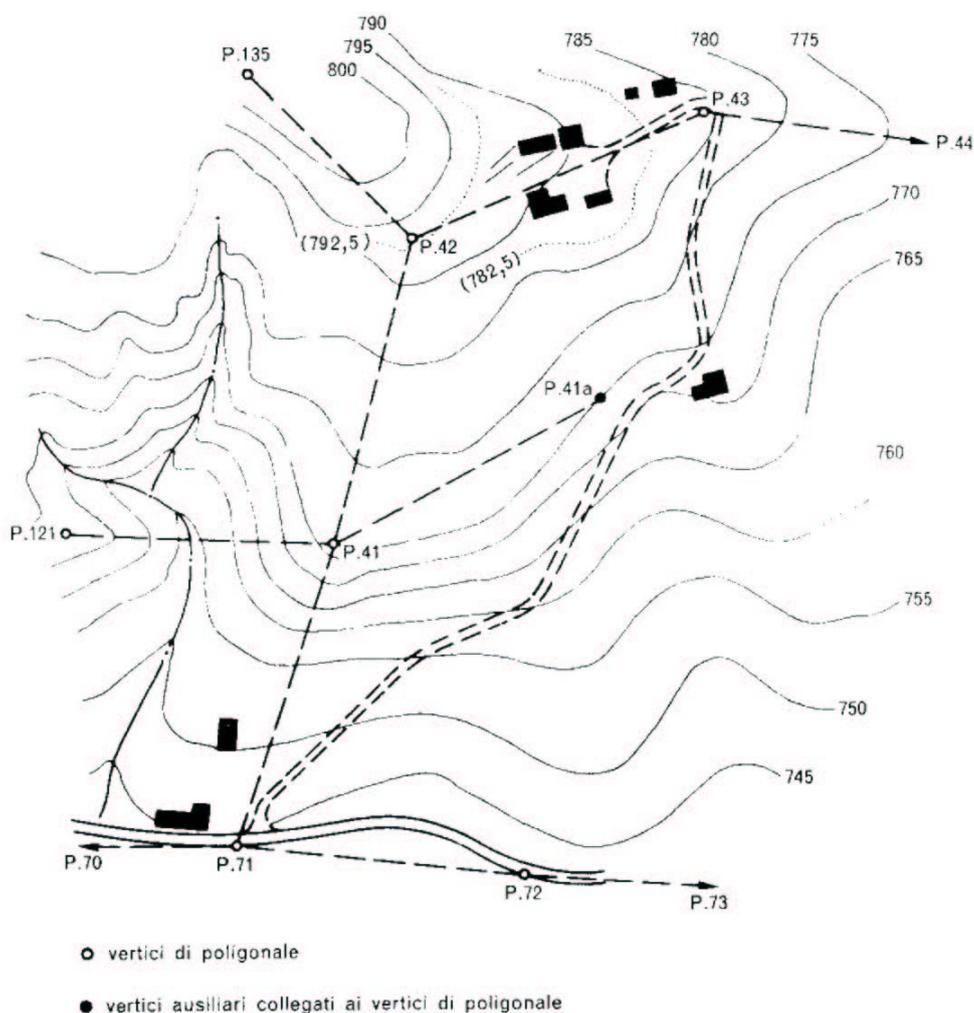


Fig. 8 – Punti di inquadramento per il rilevamento del dettaglio mediante celerimensura

□ Rilevamento mediante sezioni

Si segnala sul terreno e si rileva una poligonale ordinaria, avente un andamento che segue la linea centrale della striscia da rilevare, dopodiché la si collega, specie se di notevole lunghezza, a vertici trigonometrici esistenti o rilevati per l'occasione (solo per strisce di terreno che non superano la lunghezza di qualche chilometro, si fa a meno di inquadrare la poligonale, rispetto a vertici trigonometrici che costituiscono una rete di ordine superiore).

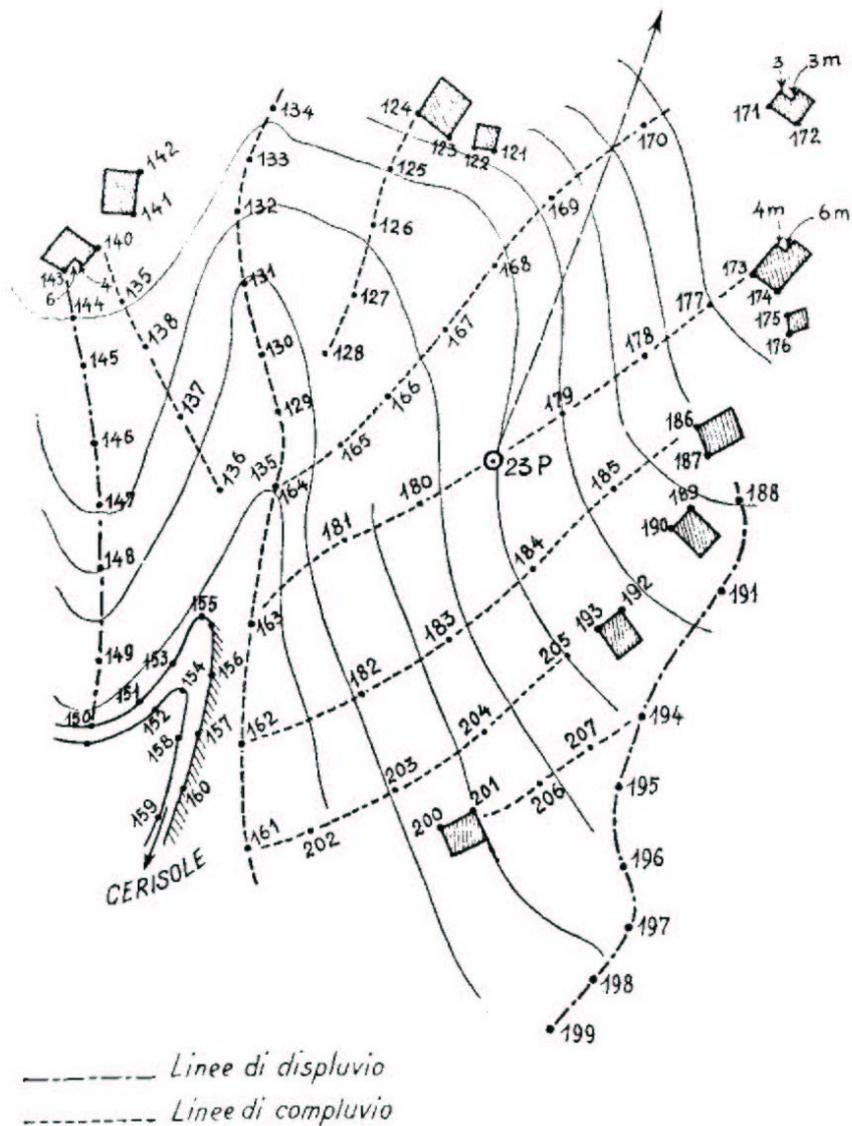


Fig. 9 – Schizzo della zona da rilevare dalla stazione 23P (eidotipo)

Lungo i lati della poligonale, si segnalizzano, con picchetti, i punti dove si vogliono rilevare sezioni del terreno, in senso normale al lato stesso. Questi punti, centri delle sezioni, sono rilevati sia in planimetria che in altimetria, con riferimento al vertice di poligonale più vicino. Le sezioni, rilevate in corrispondenza dei vertici della poligonale, sono orientate secondo la bisettrice dell'angolo formato dai due lati (come mostra la fig. 10).

La distanza, fra una sezione e l'altra, varia con la scala del rilevamento e con la morfologia del terreno (mediamente si dispongono ad una decina di metri, l'una dall'altra, se il terreno è molto accidentato, per giungere anche ad una cinquantina di metri, dove il terreno è piano).

Inoltre su ogni sezione, si segnalizzano (ma non necessariamente) i punti da rilevare, utilizzando segnali molto semplici, come piccoli pezzi di canna, con una strisciolina di carta. I punti che devono essere segnalizzati e comunque rilevati sono quelli in cui il terreno cambia pendenza o dove esiste un particolare planimetrico da rilevare (quali bordi di una strada, scarpate, ruscelli, ecc.).

Di ogni sezione, si esegue uno schizzo, per riportare le posizioni approssimate dei punti rilevati, con il relativo numero distintivo e, in qualche caso, anche i risultati delle misure.

Il rilevamento della sezione può essere eseguito con strumenti e modalità diverse: il metodo più comune e quello di fare stazione sul centro della sezione, con una stazione totale, orientandola secondo la direzione della sezione, e di collimare successivamente i vari punti da rilevare, determinando la distanza e la distanza zenitale (e ricavando poi il dislivello, da queste). Misure speditive con il sistema GPS danno invece direttamente le coordinate dei punti rilevati.

Ogni sezione rilevata è rappresentata, attribuendo alla retta di riferimento, per le quote, la quota intera inferiore, alla quota più bassa dell'intera sezione (come mostra la fig. 11), e riportando le quote ad una scala, in generale, dieci volte maggiore della scala con cui sono riportate le distanze (ad es., 1:200 ed 1:20¹⁰⁰).

Dopodiché si costruisce il grafico della sezione, congiungendo le posizioni grafiche dei punti rilevati, con segmenti di retta. Dai punti di quota intera, sull'asse delle ordinate, si conducono rette parallele, all'asse delle ascisse, fino ad incontrare il grafico della sezione, in modo da individuare, su questo, i punti, aventi quota intera, che si proiettano sull'asse dell'ascisse, individuando così, sulla sezione, le posizioni planimetriche di questi punti.

Per costruire la carta, si riporta la poligonale, entro la parametratura, mediante le coordinate dei vertici e, in base alle distanze misurate, i centri delle sezioni e le tracce delle sezioni stesse. Su queste tracce, si riportano le posizioni dei punti di quota intera, rilevate sui grafici, e congiungendo i punti, aventi la stessa quota, nelle successive sezioni, si tracciano le curve di livello (in maniera analoga, si riportano anche i particolari planimetrici, interessanti più sezioni).

La stessa procedura può essere seguita per rilevare le sezioni del terreno, per la progettazione di una strada o di un canale. In tal caso, i grafici delle sezioni servono a costruire le sezioni di progetto della strada o del canale. In questo modo, si possono valutare le aree delle sezioni e, in base alla distanza fra sezione e sezione, i volumi dei movimenti di terra, necessari a realizzare l'opera.

□ Rilevamento dei profili

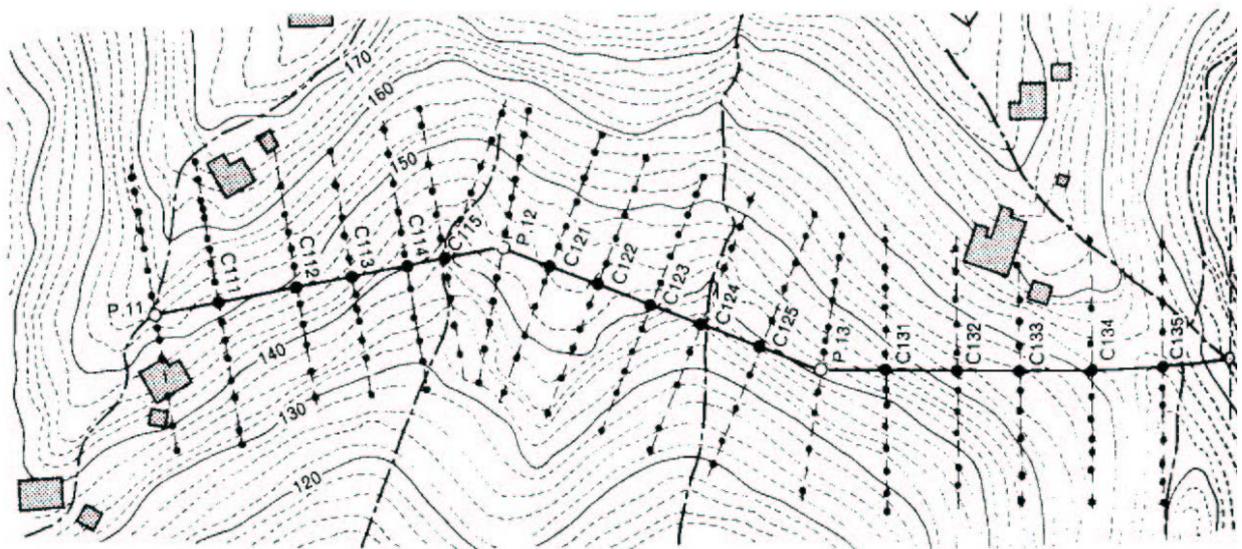
Per rilevare il profilo del terreno, lungo una linea, formata da segmenti rettilinei, si rileva una poligonale ubicandone i vertici sui vertici della linea e, da questi, si rilevano la posizione planimetrica e la quota di alcuni punti intermedi. Con i dati rilevati, si costruisce un grafico del profilo, con le stesse modalità, impiegate per costruire il grafico di una sezione.

Se il tracciato planimetrico è curvilineo, è necessario segnalizzare, sul terreno, un sufficiente numero di punti, in base alle caratteristiche geometriche della linea stessa. Facendo stazione sui vertici di una poligonale che si snoda lungo la linea, si rilevano i punti segnalizzati, mediante stazioni celerimetriche, ottenendo così tutti i dati, per ricavare le distanze, fra i punti segnalizzati, e le quote di questi. Anche in questo caso, le tecniche speditive del sistema GPS fanno sì che si ottengano direttamente le coordinate dei punti.

Operazioni topografiche per i lavori di ingegneria civile

Nella realizzazione di opere d'ingegneria civile, il rilevamento topografico interviene in tre diverse fasi:

¹⁰⁰ Nella fig. 11, data la notevole pendenza del terreno, si sono adottate le scale 1:400 ed 1:100.



- vertice di poligonale
- centri delle sezioni
- punti rilevati in ogni sezione

Fig. 10 – Rilevamento di dettaglio con il metodo delle sezioni

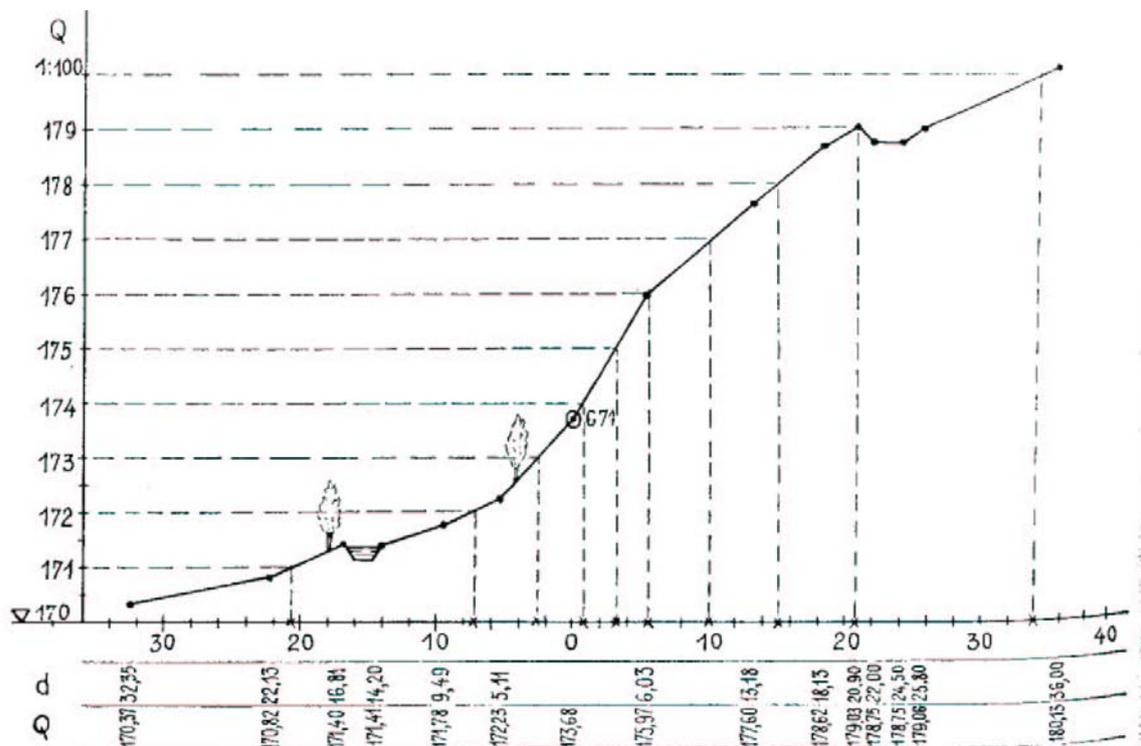


Fig. 11 – Montaggio di una sezione rilevata e deduzione delle intersezioni con le curve di livello

□ nella progettazione, per apprestare carte adeguate ed eseguire misure particolari che consentano una razionale progettazione dell'opera ¹⁰¹.

¹⁰¹ In questa fase, è da citare l'impiego della fotogrammetria, come tecnica non solo per produrre le carte, ma anche per realizzare procedimenti automatizzati di progettazione per opere, quali le strade, i canali, bonifiche, sistemazioni idrauliche ed altro.

- durante la costruzione per le operazioni di tracciamento, ovvero per le operazioni che consentono di individuare sul terreno i punti caratteristici dell'opera;
- per collaudi e controlli periodici ad opera costruita.

Questi tre punti saranno esami nati singolarmente, ma occorre tener presente che, in una corretta pratica operativa i diversi interventi hanno basi comuni e, di conseguenza, che l'attività topografica deve essere opportunamente pianificata, nella sua interezza, dal momento in cui inizia il procedimento di progettazione di un'opera.

Carte per la progettazione

Lo scopo della progettazione è definire compiutamente un'opera che possa assolvere bene una determinata funzione, su una base di economicità, per quanto riguarda sia la realizzazione che l'esercizio (a tal fine, si devono definire tutti i particolari costruttivi dell'opera e, a volte anche le modalità di esecuzione, in particolare, la valutazione del costo).

Il progetto di un'opera è redatto per gradi, sia perché i problemi tecnici si configurano con un dettaglio via, via maggiore lungo l'iter della progettazione, sia perché si risolve per gradi anche il problema del finanziamento (a questo proposito, basta ricordare, tra l'altro, che anche la progettazione ha un suo costo e questo costo aumenta man mano che alla progettazione si richiedono maggiori dettagli). In generale, la progettazione si esegue in tre fasi:

- preliminare;
- di massima;
- esecutiva.

A ogni fase, l'opera è identificata, ovvero ne è determinata la geometria, la struttura ed il costo, con un'approssimazione diversa, fino ad avere, proprio al termine della progettazione esecutiva, un'identificazione suscettibile solo di piccole modifiche che si possono rendere evidenti solo durante la costruzione e che, in generale, non dovrebbero comportare una sensibile variazione del costo.

Queste tre fasi sono esplicitamente prescritte per le opere pubbliche, ma si possono individuare anche nel semplice caso di un privato che voglia costruire una piccola opera. In quest'ultimo caso, in generale, è lo stesso committente che, sulla base di notizie sul costo del terreno e delle costruzioni, effettua scelte, circa l'ubicazione, il tipo e la grandezza della costruzione da realizzare, che costituiscono, in effetti, un progetto preliminare. A questo punto, il committente chiede al progettista un progetto di massima in cui sia abbozzata una o più soluzioni di quanto desidera, con la relativa valutazione dei costi, e solo dopo avere esaminato e scelto fra questi primi abbozzi, lo stesso committente può decidere, circa l'affidamento della progettazione esecutiva in cui tutti i particolari della piccola opera, con i relativi computi metrici e costi, sono definiti.

- Documenti cartografici necessari nelle varie fasi della progettazione

Qualsiasi opera di ingegneria civile ha un determinato rapporto con il terreno e questo, in ogni fase della progettazione, deve essere conosciuto, con minore o maggiore dettaglio, perché la carta su cui si basa

la progettazione può avere una scala minore o maggiore. In effetti, il terreno deve essere conosciuto non solo nella morfologia, ma anche in altre informazioni, necessarie alla progettazione, che riguardano l'idrologia, la geologia, la geofisica, la geotecnica, ecc.¹⁰², perché è ben evidente che queste ultime informazioni possono essere utilizzate, solo se possono essere localizzate su una carta. Il rapporto fra un'opera di ingegneria e la morfologia del terreno deve essere considerato secondo diversi aspetti:

- ❑ la struttura dell'opera può essere condizionata, più o meno, dalla morfologia del terreno e la scala della carta su cui si basa la progettazione deve conseguentemente essere tanto più grande quanto maggiore è l'interdipendenza (essendo evidente che, con una forte interdipendenza, la morfologia del terreno influisce indirettamente sul costo dell'opera);
- ❑ la realizzazione dell'opera richiede sempre una modifica della superficie naturale del terreno e, in alcuni casi (quali strade e canali), il costo della modifica può essere una frazione sensibile del costo totale, perché in questi casi, la scala della carta deve essere tale da permettere uno studio adeguato delle modifiche ed una valutazione del costo sufficientemente precisa (tuttavia è da tener presente che spesso le informazioni metriche necessarie sono poi acquisite con misure sul terreno, perché queste possono fornire dati più precisi di quelli desunti da una carta);
- ❑ qualsiasi opera di ingegneria è realizzata sul terreno ed all'atto della progettazione deve essere tenuto presente il costo d'acquisto, cosicché le situazioni, da studiare sulle mappe catastali esistenti, a volte, condizionano le scelte della progettazione.

La progettazione preliminare conduce ad una prima configurazione dell'opera, in relazione alle esigenze che ne richiedono la realizzazione, con valutazioni tecniche ed economiche che permettono di effettuare le prime scelte sulla tipologia, la grandezza dell'opera ed il costo (desunte da opere simili, già eseguite ; cosicché non si procede, in questa fase, ad un'analisi dei rapporti opera-terreno salvo che per le caratteristiche generali di questo, ad es., per una strada si deve sapere, se si tratta di terreno in pianura, collina o montagna). Infatti nella progettazione preliminare, la cartografia, anche se disponibile a scala grande, non è sfruttata in maniera metrica, tranne che per valutazioni globali, mentre per tutti i progetti preliminari, si possono utilizzare le tavolette alla scala 1:25.000 o, in loro mancanza, anche immagini mosaicate del terreno, prese da alta quota. Dopodiché il progetto di massima è uno sviluppo del progetto preliminare e conduce ad una prima definizione delle strutture dell'opera, con una valutazione del costo fino ad un'approssimazione del 10% o 15%.

Per un progetto di massima, si devono utilizzare carte alla scala 1:5.000 o 1:10.000¹⁰³, in relazione alla maggiore o minore dipendenza delle strutture dalla morfologia del terreno (in particolare, è opportuno utilizzare le carte alla scala 1:5.000 per opere in cui la morfologia del terreno ha una forte incidenza sulle strutture dell'opera e precisamente per:

- ❑ strade e ferrovie;
- ❑ canali;

¹⁰² Altre informazioni, desumibili dalla cartografia, sono l'uso del suolo, la condizione urbanistica, l'accatastamento, ecc.

¹⁰³ La casistica di ripartizione, per l'uso delle carte, fra 1:5.000 ed 1:10.000, non è ovviamente rigida, anche se si deve puntualizzare che comunque, per la progettazione di massima, deve essere disponibile almeno la cartografia alla scala 1:10.000.

- acquedotti;
- opere di irrigazione e bonifica;
- opere di difesa del suolo;
- impianti idroelettrici;
- porti ed opere di difesa delle coste;
- sistemazioni urbanistiche,

potendosi invece studiare, su carte alla scala 1:10.000, i progetti di massima di:

- elettrodotti;
- oleodotti;
- reti di fognatura;
- funivie,

non essendoci, in generale, necessità di una particolare cartografia, per lo studio di progetti di massima di edifici o di gruppi di edifici.

In un progetto esecutivo, in generale, le strutture dell'opera sono disegnate alla scala 1:100 o 1:200, ma da questo non si può dedurre che, per studiare i rapporti fra opera e terreno, occorrono cartografie a queste scale (infatti anche per opere dove la morfologia del terreno condiziona sensibilmente le strutture, sono sufficienti carte alla scala 1:1.000 o 1:2.000).

Infatti nessuna opera ha strutture, tanto irregolari, da essere condizionate dalle piccole irregolarità del terreno, essendo le linee fondamentali delle strutture condizionate solo da irregolarità, aventi dimensioni comparabili a quelle dell'opera. Un'altra funzione che il disegno dell'opera, sulla carta alla scala 1:1.000 o 1:2.000, assolve è quella di fornire indicazioni per l'ubicazione dell'opera sul terreno, perché la precisione con cui l'opera è ubicata, nel suo complesso, rispetto al terreno, può essere inferiore a quella richiesta dalle operazioni di tracciamento, vero e proprio, cosicché informazioni utili possono essere dedotte da una cartografia a scala 1:1.000 o 1:2.000.

Fanno eccezione quelle parti delle opere di ingegneria civile che si denominano opere singolari od opere di arte (quali ponti, viadotti, dighe, bacini di carico, muri di contenimento ed altre opere, per le quali la progettazione ed il disegno richiedono carte a scala maggiore, come la scala 1:500 e, in alcuni casi, 1:200). Tali carte, a scala molto grande, sono richieste sia per una progettazione particolareggiata dell'opera, sia per definire, con maggiore precisione, il posizionamento dell'opera sul terreno. In questi casi, le indicazioni fornite dalla carta sono anche integrate con misure dirette sul terreno.

Con carte a grande scala andrebbero valutate anche le caratteristiche ed il costo dei movimenti di terra (ovvero le caratteristiche ed il costo della modifica del terreno, in tutti quei casi in cui questo costo diventa una sensibile frazione del costo totale dell'opera, in particolare, per strade, canali, sistemazioni di bonifica ecc.). Tuttavia in questi casi, invece di costruire ed utilizzare carte si procede solitamente con misure dirette sul terreno (un esempio tipico è quello delle sezioni stradali che sono rilevate con misure dirette sul terreno, oppure con il metodo fotogrammetrico, utilizzando voli a quota molto bassa, per poter ottenere una precisione equivalente a quella che si può ottenere, operando sul terreno). Per contro, non

mancono esempi significativi di valutazione dei movimenti di terra, eseguita su accurate carte alla scala 1:1.000.

In generale, le valutazioni definitive relative alle aree da acquistare (a meno che non si tratti di edifici per cui il terreno è acquistato prima di eseguire l'opera) sono fatte in sede di realizzazione dell'opera sulla base di misure dirette eseguite sul terreno. Per esemplificare quanto detto, sono riportati, in relazione ad una progettazione stradale, in fig. 12, uno stralcio di un progetto preliminare, redatto alla scala 1:25.000, in fig. 13, uno stralcio del progetto di massima, redatto alla scala 1:10.000, in fig. 14, uno stralcio del progetto esecutivo, redatto alla scala 1:2.000, ed infine il progetto di un ponte, steso su una carta alla scala 1:500, in fig. 15.



Fig. 12 – Progetto preliminare di un'autostrada su cartografia, alla scala 1:25.000 (il progetto di massima, alla scala 1:10.000, è mostrato in fig. 13, ed il progetto esecutivo, alla scala 1:2.000, è mostrato in fig. 14)

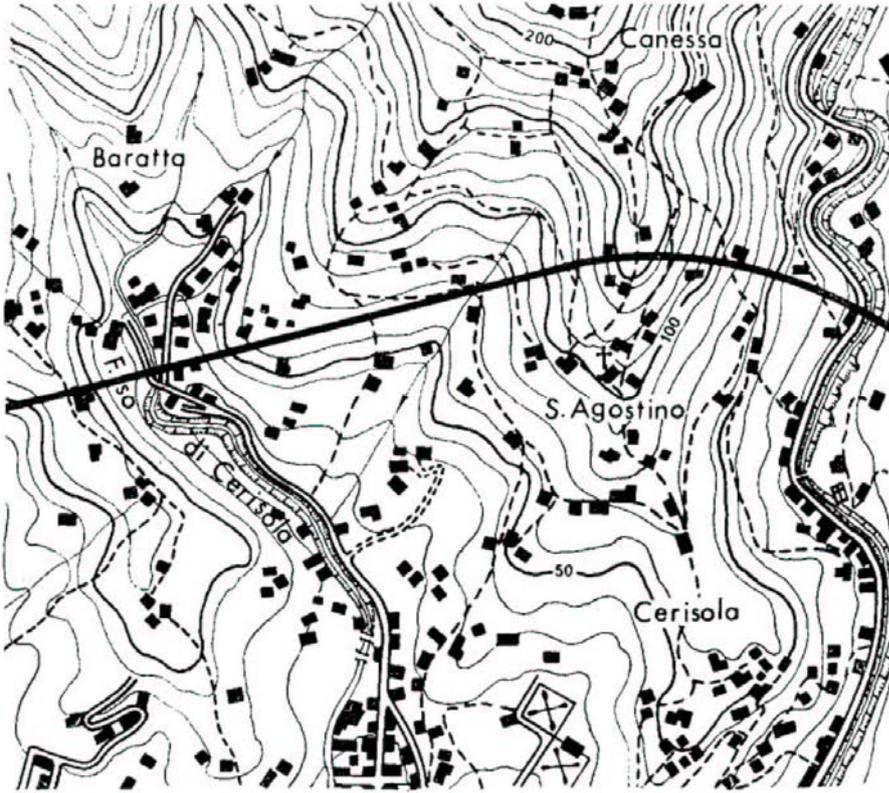


Fig. 13 – Progetto di massima di un'autostrada su cartografia alla scala 1:10.000

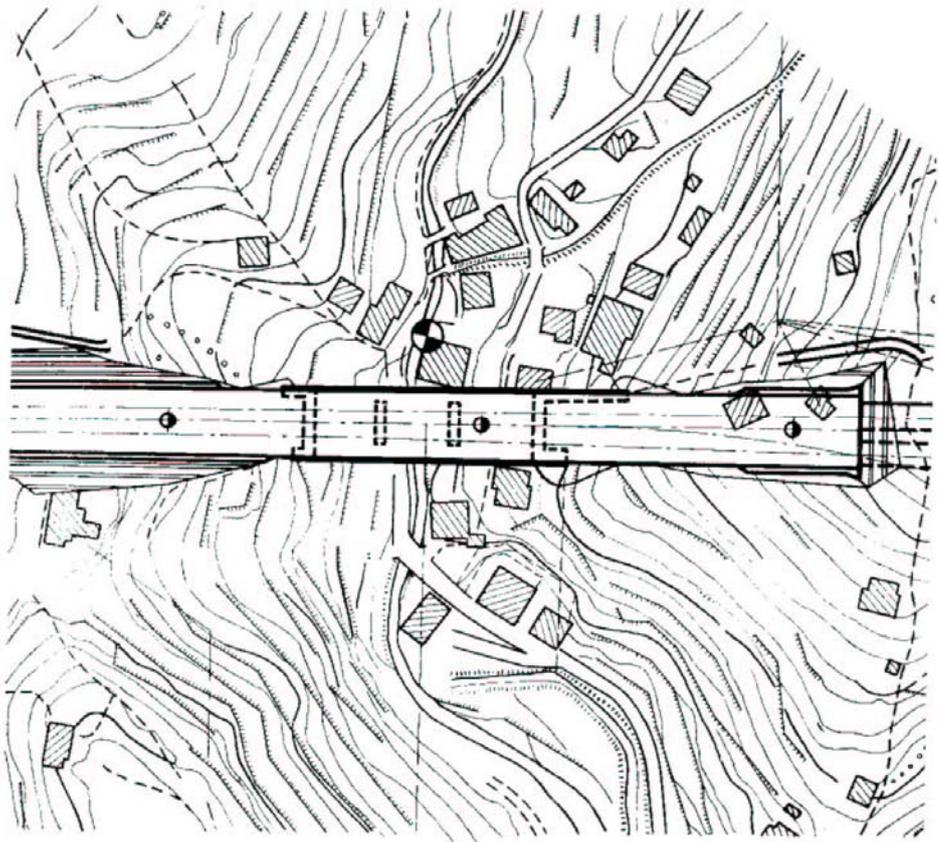


Fig. .14 – Progetto esecutivo di un'autostrada su cartografia alla scala 1:2.000

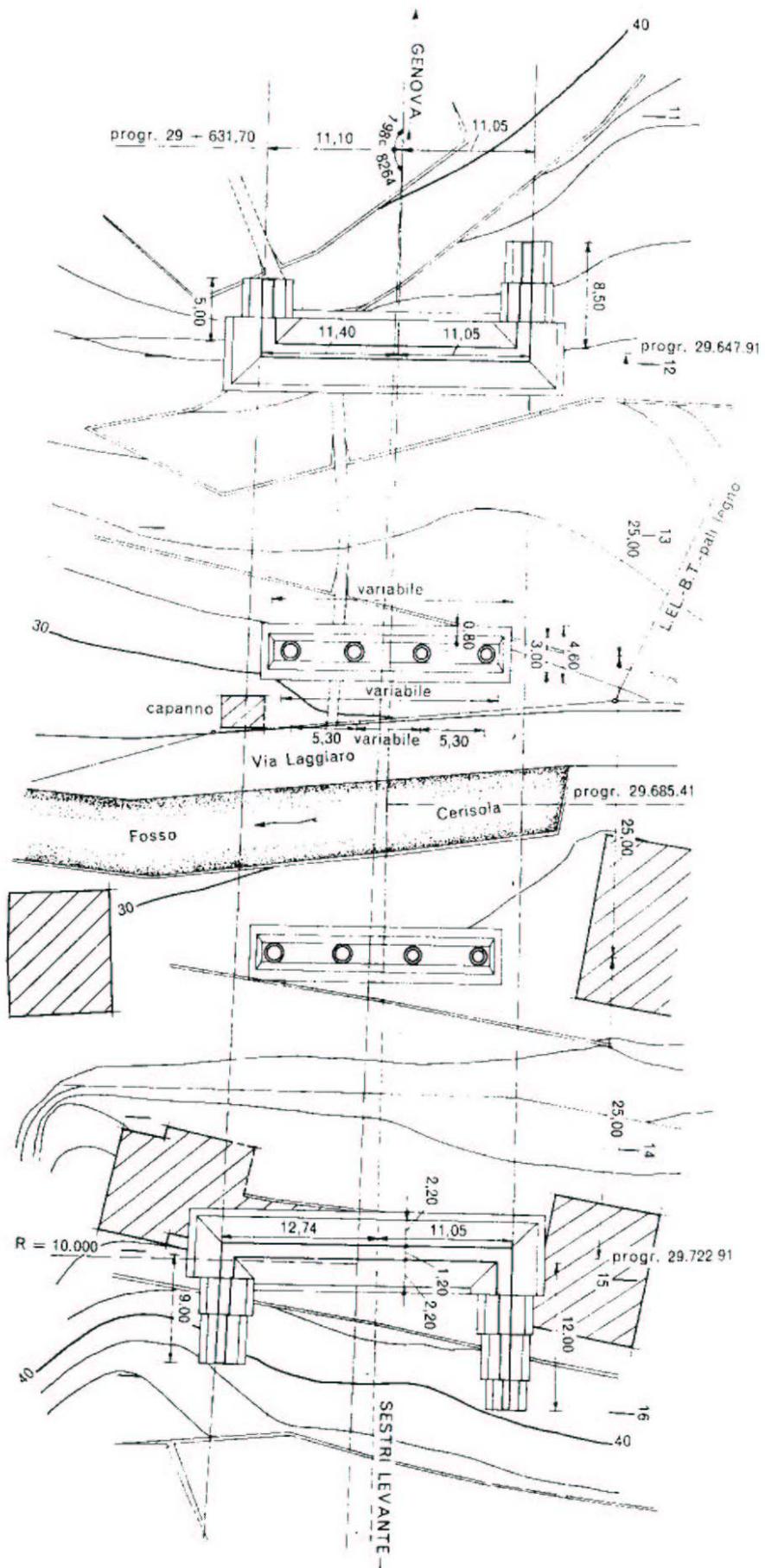


Fig. 15 – Progetto di un ponte su cartografia alla scala 1:500 (si riferisce a quello di fig. 14, ruotata di 90°)

prassi in atto nelle discipline del Rilevamento ed in tutte quelle tecniche che sono insieme raggruppate con il nuovo nome di Geomatica. A riguardo, una caratteristica necessaria di questa disamina è la constatazione di una sua impossibile neutralità, perché decidere ed operare comporta sempre una scelta e qualsiasi scelta è sempre orientata. Così ad una prima parte che sviluppa un discorso essenzialmente politico, fa seguito una seconda parte che presenta esempi ripresi dal libro Topografia generale di Giuseppe Inghilleri, certamente datati, ma sicuramente non troppo, soprattutto per l'interesse metodologico, insito nella loro presentazione. Altri esempi, più nuovi, potrebbero essere riportati, in loro vece, ma quello che è importante non è mostrare eccezionalità e/o bravura sopraffina, ma un metodo, una cura ed un'attenzione che devono caratterizzare

Operazioni di tracciamento

La prima operazione da eseguire per realizzare un'opera di ingegneria civile è quella di tracciare l'opera sul terreno. A tal fine, si individuano e si materializzano alcuni punti caratteristici che individuano le linee delle fondazioni od altre linee delle strutture.

La precisione con cui questi punti caratteristici sono individuati deve essere adeguata alla precisione con cui l'opera è definita, tramite i disegni esecutivi. Tenuto conto che i disegni delle opere d'ingegneria civile hanno scale comprese fra 1:50 ed 1:200, e che su questi disegni sono anche riportate numericamente le dimensioni dell'opera, con l'indicazione dei centimetri, si può dedurre che la localizzazione dei punti caratteristici deve essere eseguita con la precisione del centimetro. Partendo da questo dato, si possono dedurre quali sono gli strumenti ed i metodi da impiegare per raggiungere lo scopo.

L'operazione di tracciamento si esegue individuando i punti caratteristici riportando sul terreno angoli e distanze desunti dai disegni costruttivi, con l'ausilio di strumenti per la misura di angoli e di distanze (mentre l'impiego del sistema GPS permette di riportare direttamente i punti le cui coordinate sono sempre desunte dai disegni costruttivi).

L'operazione di tracciamento è concettualmente l'operazione reciproca dell'operazione di rilevamento; infatti in quest'ultima, dato l'oggetto, si eseguono misure e calcoli, per dedurre la rappresentazione, mentre nella prima, data la rappresentazione (ovvero il progetto), si eseguono calcoli e misure, per realizzare l'oggetto progettato. L'operazione di tracciamento può essere semplice o complessa, perché può richiedere o meno una rete di punti di inquadramento.

Ad esempio, una operazione di tracciamento semplice è comunemente quella per la definizione delle linee di fondazione, per l'ubicazione dei plinti od altro, relative ad un edificio di modeste dimensioni. In questo caso, si riportano direttamente sul terreno, per mezzo di squadri e nastri millimetrati, direttamente i lati e gli angoli (spesso retti) che definiscono le linee delle strutture perimetrali e poi, rispetto a queste, con gli stessi mezzi, si individuano le posizioni di altre strutture, cosicché l'intero edificio risulta ubicato, nel suo complesso, con riferimento alle linee di confine del terreno su cui deve sorgere.

Tuttavia non mancano significativi esempi di tracciamento di edifici, anche di non rilevanti dimensioni, in cui il tracciamento è eseguito con riferimento ad una rete di punti di inquadramento, specialmente se si tratta di edifici composti con strutture metalliche prefabbricate. In questi casi, come in tutti quelli in cui si utilizzano elementi prefabbricati, l'esecuzione del tracciamento può richiedere una precisione anche superiore al centimetro. Per descrivere la procedura di un tracciamento complesso e analizzare i problemi specifici, è opportuno riferirsi ad un esempio. In fig. 16, è rappresentata un'opera di notevoli dimensioni il cui tracciamento è definito dalla posizione di tredici punti (1, 2, 3, ... 13).

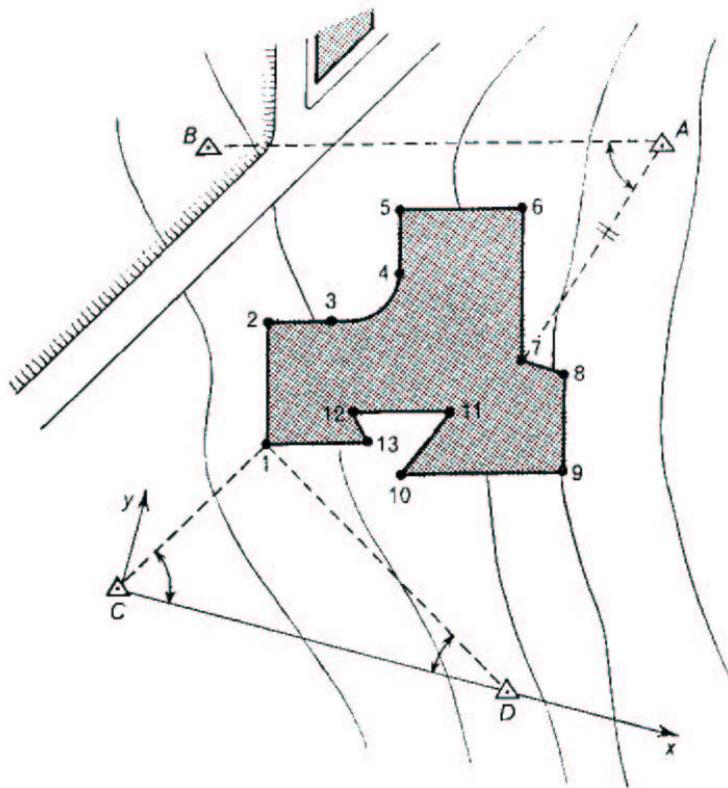


Fig. 16 – Esempio generico di tracciamento di un'opera di ingegneria civile

Per progettare l'opera inserita sul terreno si è costruita una carta della zona, alla scala 1:1.000 e per inquadrare il rilevamento di dettaglio si è rilevata una piccola rete di punti (A, B, C, D) che sono utilizzati anche come riferimento per il tracciamento. Il sistema degli assi di riferimento, materializzato sul terreno, ha l'origine nel punto C e l'asse delle ascisse coincidente con la direzione CD. Si supponga che le coordinate dei punti (1, 2, 3, ... 13), rispetto a tale sistema di riferimento siano note, di conseguenza, l'operazione di materializzazione di questi punti può essere eseguita riportando distanze ed angoli (coordinate polari) o solo angoli (coordinate bipolari) rispetto ai vertici noti. Ad es., per individuare il punto 7, si calcolano, per mezzo delle coordinate dei punti A, B e 7, la distanza A7 e l'angolo BA7, indi facendo stazione in A, si riporta nella direzione A1 (individuata con il teodolite), rispetto alla direzione AB, in base all'angolo BA7, la distanza A7 (per il punto 1, si possono invece calcolare, sulla base delle coordinate, gli angoli 1CD ed 1DC, ed individuare il punto, riportando questi angoli dai vertici C e D). In maniera analoga, si può procedere per tutti gli altri punti, con riferimento ai vertici più comodi, per il riporto delle misure. L'operazione di tracciamento può essere anche controllata, se la determinazione di ogni punto è fatta a partire da due o più vertici.

Per esaurire l'argomento, è tuttavia necessario esaminare come si giunge alla conoscenza delle coordinate dei punti (1, 2, 3, ... 13). Infatti l'opera è progettata e disegnata sulla carta, alla scala 1:1.000; ma i disegni costruttivi delle varie strutture sono eseguiti alle scale 1:50, 1:100 ed 1:200, cosicché è evidente che, se la determinazione delle coordinate dei punti (1, 2, 3, ... 13) fosse effettuata per via grafica, sulla carta topografica, si traccerebbe un'opera le cui dimensioni e caratteristiche geometriche non rispetterebbero quelle riportate sui disegni esecutivi, in quanto, anche nella migliore delle ipotesi, tutte le coordinate, rilevate graficamente, sarebbero affette da errori dell'ordine di 20 cm (ovvero corrispondenti a 0.2 mm grafici) mentre è necessaria la precisione del centimetro. Per esaminare la questione, si possono ipotizzare due casi.

- ❑ Il responsabile della realizzazione dell'opera ha materializzato sul terreno, indipendentemente dal lavoro del topografo, due punti caratteristici dell'opera (ad es., i punti 9 e 10) e si prende la responsabilità del posizionamento di tali punti. Allora il topografo rileva questi due punti rispetto alla rete d'appoggio e ne determina le coordinate; dopodiché partendo da queste coordinate e desumendo angoli e distanze dai disegni costruttivi, determina tutte le coordinate degli altri punti caratteristici con una precisione che è ovviamente pari a quella delle indicazioni, desunte dal progetto (la procedura non cambia se, invece di due punti, il topografo trova materializzati sul terreno un punto ed una direzione).
- ❑ Se nessun punto caratteristico (o nessuna direzione caratteristica) è materializzata sul terreno ad opera del responsabile della realizzazione dell'opera, allora il topografo deve assumere la responsabilità del posizionamento globale dell'opera. In questo caso, rileva accuratamente sulla carta le coordinate, rispetto al riferimento della rete d'inquadramento, di un punto caratteristico (ad es., il punto 10) e di una direzione (ad es., la direzione 10-9), e sulla base di questi due dati, con la stessa procedura del caso precedente, determina le coordinate degli altri punti caratteristici. In questo caso, le coordinate dei punti caratteristici hanno una precisione intrinseca adeguata alle indicazioni del progetto, ma l'ubicazione globale dell'opera, sul terreno, ha un'incertezza derivante dalla determinazione grafica del punto e della direzione di partenza. Tuttavia occorre rilevare che il posizionamento di un'opera d'ingegneria civile, rispetto al terreno, può sempre tollerare, a seconda dei casi, un'incertezza da 20 a 50 cm. Pertanto questa è una delle ragioni per cui, per le progettazioni esecutive, si può adottare una cartografia alla scala 1:1.000 o 1:2.000. Nel caso invece delle opere singolari (quali dighe, ponti, ecc.), l'incertezza del posizionamento si può ridurre a 10 cm o meno dato che è utilizzata almeno una cartografia alla scala 1:500.

Da quanto descritto, emerge poi un'importante indicazione per il topografo: la precisione con cui sono determinate le posizioni dei vertici della rete di inquadramento deve essere adeguata alla precisione con cui è tracciata l'opera, cosicché è necessario che anche le posizioni dei vertici di riferimento siano individuate con la precisione del centimetro. Di conseguenza, la rete di inquadramento, da utilizzare per il tracciamento, deve essere rilevata e calcolata con una precisione decisamente superiore a quella richiesta per una rete di inquadramento di un rilevamento alla scala 1:1.000 o 1:2.000. Questa è una delle ragioni per cui il lavoro del topografo deve essere pianificato in modo che, ad esempio, si possano apprestare reti di inquadramento che possano soddisfare più requisiti. In sintesi si può prevedere due casi diversi.

- ❑ Un'operazione di tracciamento può essere semplice e consistere nel riportare direttamente sul terreno i lati e gli angoli che definiscono l'opera; a questo scopo, si usano squadri per riportare gli angoli retti, teodoliti di bassa precisione, per tutti gli altri angoli, e nastri graduati d'acciaio, per le distanze.
- ❑ Un'operazione di tracciamento può essere più complessa ed eseguirsi per coordinate polari o bipolari a partire dai vertici di una rete di inquadramento ¹⁰⁴. In questo caso, tutti gli elementi per il tracciamento si deducono dalle coordinate dei punti caratteristici, rispetto ad un riferimento materializzato sul terreno. Le coordinate sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche dell'opera, definite nel progetto, a partire dalle coordinate di un punto e da una direzione, materializzati preventivamente sul terreno e appartenenti all'opera. In mancanza della preventiva materializzazione sul terreno, le coordinate di

¹⁰⁴ In casi molto semplici, la rete può ridursi ad un punto ed una direzione.

questo punto e il valore della direzione possono essere rilevate graficamente sulla carta topografica su cui è stata progettata e disegnata l'opera. In ogni caso, la rete dei punti di riferimento deve avere una precisione intrinseca pari o (e meglio) superiore alla precisione richiesta dal tracciamento ¹⁰⁵.

Tracciamento di curve stradali

I metodi per tracciare le curve stradali sono numerosi e si basano sull'uso di tavole numeriche che permettono di evitare i calcoli. In generale, in un tracciato stradale sono note e segnalizzate le posizioni dei vertici dei rettifili V, l'angolo β che questi formano ed il raggio R del raccordo circolare. Pertanto volendo picchettare una curva per coordinate polari si calcola il segmento di tangente (come mostra la fig. 17).

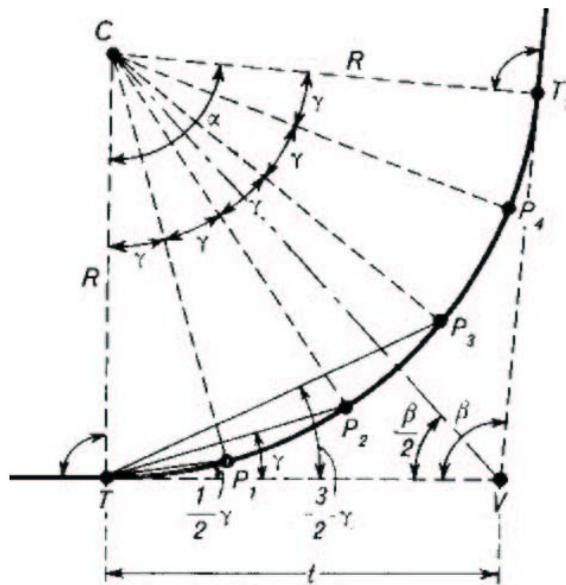


Fig. 17 – Picchettamento di un raccordo stradale circolare per coordinate polari

$$t = R / \tan (\beta/2)$$

che, riportato nella direzione del rettifilo, determina la posizione del punto di tangenza T, cosicché per picchettare n punti, si suddivide l'angolo al centro: $\alpha = \pi - \beta$, in $n + 1$ parti uguali, se γ è il valore di ogni parte le coordinate polari dei punti di tracciamento, prendendo come polo il punto di tangenza e come direzione di riferimento quella del rettifilo, sono ovviamente:

per P_1 $d_1 = 2R \sin (\gamma/2)$ $\theta_1 = \gamma/2$

per P_2 $d_2 = 2R \sin (\gamma)$ $\theta_2 = \gamma$

per P_3 $d_3 = 2R \sin (3\gamma/2)$ $\theta_3 = 3\gamma/2$

e così via.

¹⁰⁵ A questo punto, è nuovamente del tutto evidente come le potenzialità del sistema GPS siano particolarmente utili, tanto per la notevole precisione delle osservazioni generalmente acquisite, quanto perché, tra queste osservazioni, si hanno anche le coordinate dei punti che, in definitiva, sono proprio le informazioni richieste, per le operazioni di tracciamento.

Se il raccordo non è circolare, ma prevede delle curve di transizione che possono essere delle clotoidi, delle lemniscate, delle parabole cubiche od altro, si determinano mediante l'espressione analitica della curva le coordinate (x, y) di punti, distribuiti ad uguale distanza lungo la curva, rispetto ad un sistema di assi che ha origine nel punto di tangenza ed asse x coincidente con la direzione del rettilo (come mostra la fig. 18). E' poi immediato il calcolo della distanza d e dell'angolo θ , da riportare per ogni punto.

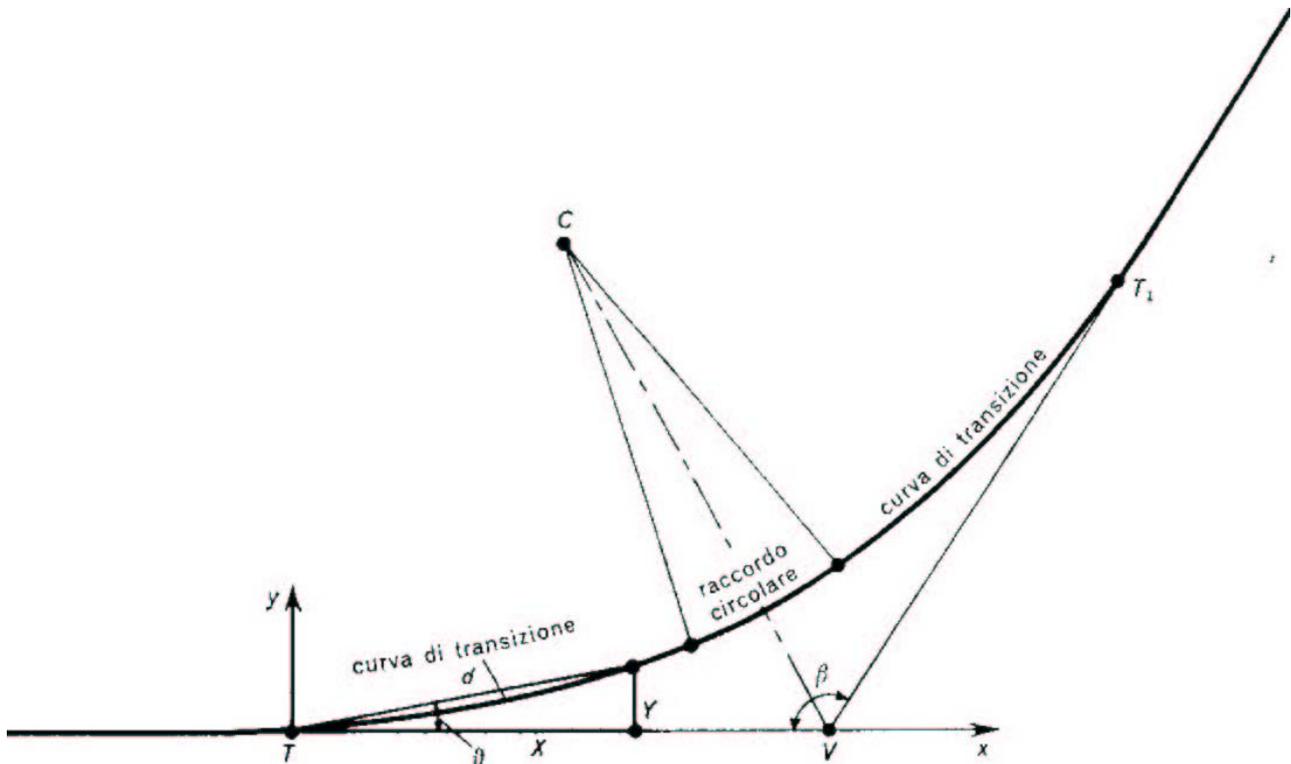


Fig. 18 – Picchettamento di un raccordo con curva di transizione

Per raccordi in trincea od in galleria, dove non si ha la visibilità, per individuare tutti i punti del raccordo (dal punto di tangenza), è necessario fare stazione nei punti che via, via sono individuati, cosicché (come mostra la fig. 19) il primo punto P_1 è individuato dalle coordinate polari:

$$c = 2R \sin(\gamma/2), \gamma/2$$

mentre per individuare il secondo punto P_2 , si fa stazione in P_1 e si riporta la distanza c nella direzione che forma un angolo γ , rispetto alla direzione T_1P_1 , dopodiché in P_2 si riporta ancora la distanza c nella direzione individuata dall'angolo γ , rispetto alla direzione P_1P_2 e così via.

Tracciamento di una diga

Si prenda come esempio una diga ad arco (come mostra la fig. 20) le cui sezioni con i piani orizzontali, alle varie quote, sono degli archi di circonferenza il cui raggio varia con la quota (e, in generale, per la stessa quota, è diverso per il paramento a monte e per quello a valle). La costruzione della diga, dalle fondazioni al coronamento, avviene con gettate di calcestruzzo, entro casseforme, a quote via, via crescenti, cosicché con le operazioni di tracciamento, si determinano, ad uso dei carpentieri, le posizioni di ogni cassaforma.

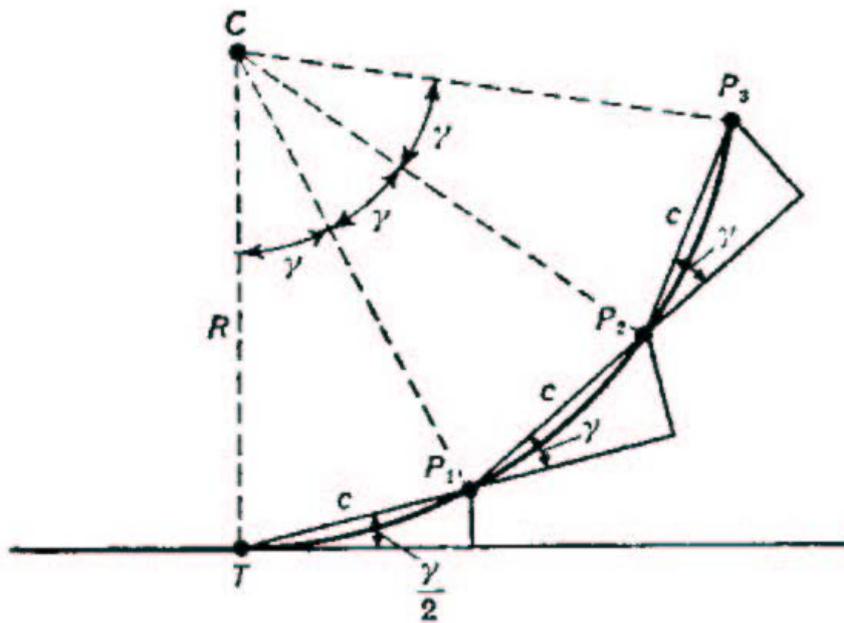


Fig. 19 – Picchettamento di un raccordo stradale circolare con stazioni successive

Si segnalizzano sul terreno i due punti A e B che materializzano l'asse della diga e si determina la distanza AO che permette di individuare, sulla direzione AB, la posizione della mezzeria dell'arco di fondazione più basso, si segnalizzano poi altri punti C, D, E e F, comodi per le operazioni di tracciamento e, mediante il rilevamento di una rete, si determinano le coordinate dei punti A, B, C, D, E e F, rispetto al riferimento che ha l'origine nel punto A ed asse y secondo la direzione AB.

Sulla base della distanza AO e dagli elementi desunti dai disegni esecutivi si deducono le coordinate dei punti O_1, O_2, \dots che corrispondono alla mezzeria degli archi alle varie quote e, in base ai raggi di curvatura, le coordinate dei centri di curvatura C_0, C_1, C_2, \dots .

Si prenda ora in considerazione un arco particolare, ad esempio quello denotato in figura con a (il cui centro di curvatura è denotato C_1 ed il raggio R_1), se l'arco a è realizzato costruendo tutta una serie di casseforme: (contrassegnate in figura) è semplice, nota la lunghezza contro-arco di ogni cassaforma, valutare per ognuna gli angoli γ_1 e γ_2 che dal centro C_1 individuano le direzioni degli estremi e così determinare le coordinate rispetto ad Axy dei punti estremi 1 e 2.

Note le coordinate dei due punti della rete di appoggio più comodi, ad esempio di F ed E, e note le coordinate di 1 e 2, è immediato il calcolo degli angoli $1FE, FE1, EF2, FE2$ che permettono, facendo stazione con due teodoliti in F ed E, di determinare la posizione dei punti 1 e 2 (la posizione dei punti 1 e 2 può anche essere individuata per coordinate polari, ad esempio, sempre in base alle coordinate note si calcolano gli angoli $DE1, DE2$, e le distanze E1 ed E2, e si riportano questi elementi facendo stazione con uno strumento nel vertice E. In generale, le quote dei punti caratteristici delle casseforme sono determinate direttamente mediante livellazione geometrica appoggiata a due o più capisaldi ¹⁰⁶.

¹⁰⁶ Ancora una volta, è del tutto evidente come le potenzialità del sistema GPS siano particolarmente utili, tanto per la notevole precisione delle osservazioni generalmente acquisite ed ormai paragonabili anche alla livellazione geometrica (nella determinazione delle quote), quanto perché, tra queste osservazioni, si hanno anche le coordinate dei punti che, in definitiva, sono proprio le informazioni richieste, per le operazioni di tracciamento.

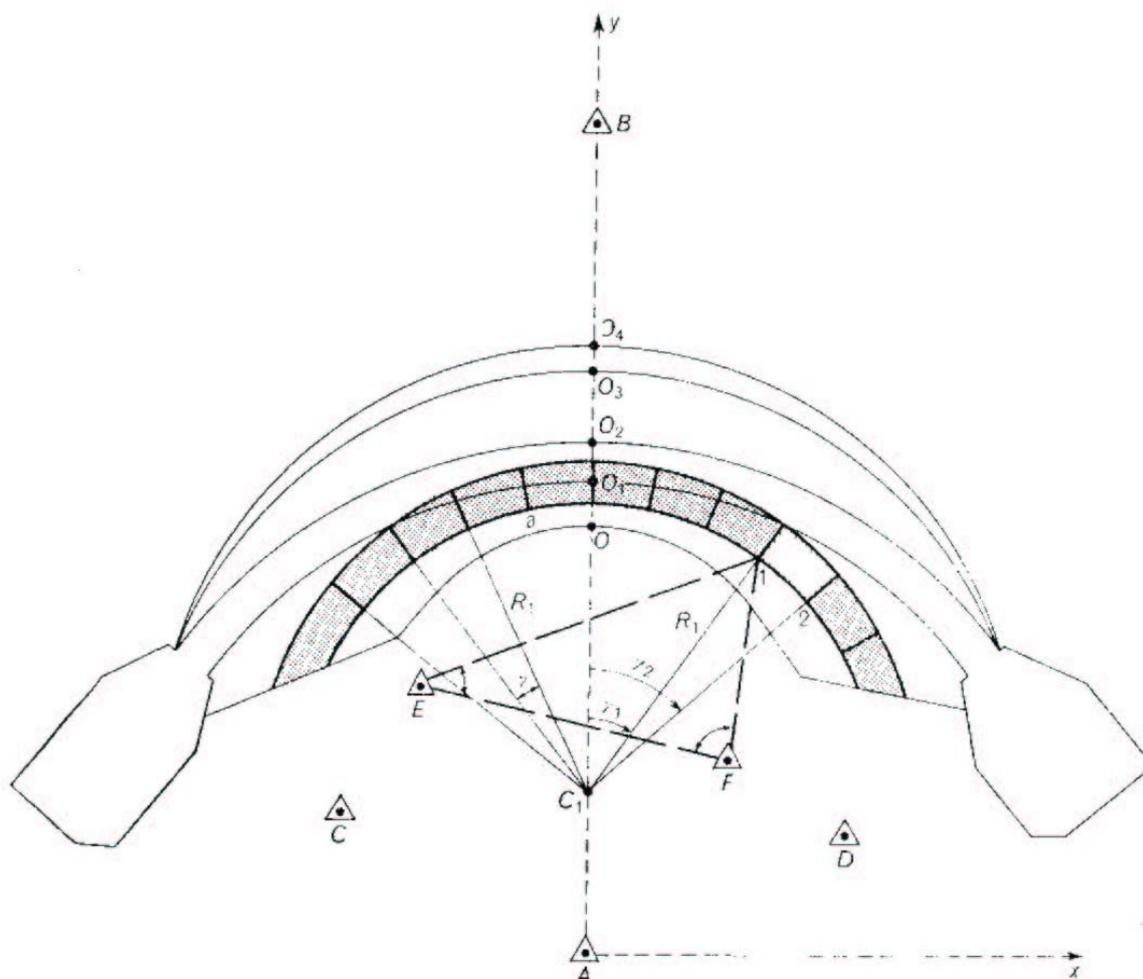


Fig. 20 – Esempio di tracciamento di una diga ad arco

Tracciamento di un viadotto

Il tracciamento consiste nel determinare le posizioni dei plinti di fondazione dei pilastri che sostengono le travature del viadotto (come mostra la fig. 21). A tal fine, si materializzano sul terreno due punti A e B che individuano l'asse del viadotto e si determina la distanza AO che individua l'estremo della spalla sulla direzione AB, dopodiché si segnalizzano altri punti C, D, E e F e si costituisce una rete trigonometrica, rilevando la quale si deducono le coordinate di questi punti rispetto al riferimento Axy che ha l'origine in A ed asse x secondo la direzione AB.

In base alla distanza AO ed ai disegni esecutivi del viadotto, si determinano le coordinate rispetto ad Axy degli spigoli di fondazione di ogni plinto, cosicché note le coordinate di tali spigoli è immediato il calcolo di angoli e distanze che ne permettono l'individuazione, rispetto a uno o due vertici della rete di appoggio (ad esempio, in figura, lo spigolo 1).

Tracciamento di una galleria

Il tracciamento di una galleria è effettuato e verificato durante il suo scavo, in quanto è compito del topografo determinare, ad ogni stato di avanzamento, la direzione dello scavo, ma il lavoro di tracciamento si basa su una rete di vertici rilevata, prima dell'inizio degli scavi, per determinare le direzioni iniziali di scavo.

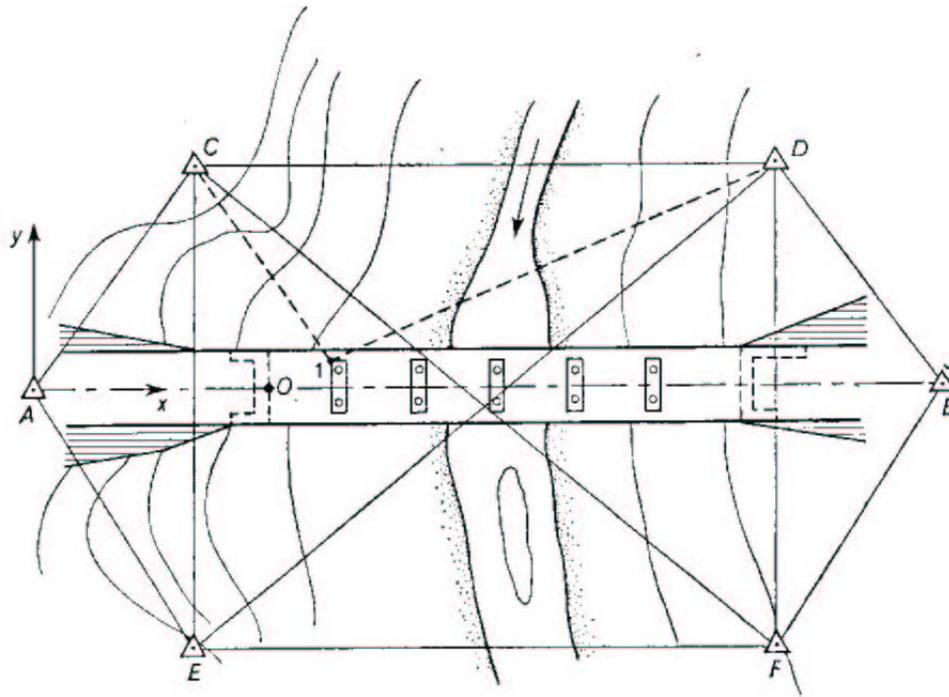


Fig. 21 – Esempio di tracciamento di un viadotto

I punti A e B sono segnalizzati sul terreno, definiscono le posizioni degli imbocchi, sull'asse della galleria, e sono collegati tra loro, mediante il rilevamento di una rete composta dai punti A , B , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Nell'esempio la rete si suppone triangolata e costituita da due triangoli con punto centrale e da una catena di tre quadrilateri trilaterali. La rete deve essere rilevata planimetricamente ed altimetricamente, perché occorre determinare anche il dislivello fra i due punti di imbocco, dato che l'operazione di tracciamento deve definire anche la pendenza dell'asse della galleria ¹⁰⁷.

Se la galleria è rettilinea si assume un riferimento con origine in A ed asse x coincidente con AB, si calcolano le coordinate di tutti i punti della rete e si hanno così tutti gli elementi per determinare la lunghezza della galleria (distanza AB), la pendenza della galleria (dislivello AB sulla lunghezza della galleria) e le direzioni di scavo, ad esempio, definite dagli angoli:

$$\varphi_1 = \arctan (x_B / y_B) - \arctan (x_3 / y_3)$$

$$\varphi_2 = \arctan ((x_8 - x_B) / (y_8 - y_B)) - \arctan (x_7 - x_B) / (y_7 - y_B))$$

Durante lo scavo, il topografo controlla la direzione e la pendenza di scavo. Se invece la galleria è in curva, è compito dei progettisti fissare le direzioni di scavo (naturalmente sulla base della cartografia predisposta), ad esempio, mediante l'angolo α , in A, e l'angolo β , in B, fissare le lunghezze e le pendenze delle livellette A-I, I-II, II-B, ed è compito del topografo controllare le direzioni e le pendenze di scavo. A questo scopo, si calcolano le coordinate plano-altimetriche dei punti I e II, le coordinate plano-altimetriche dei punti di

¹⁰⁷ Ovviamente il sistema GPS, utilissimo per la misura della rete, fino agli imbocchi della galleria, non può essere usato al suo interno, per la mancanza del segnale. Infatti in questo caso, occorre ricorrere a misure topografiche classiche, della precisione richiesta (e, in presenza di gallerie molto lunghe, particolarmente elevata), per meglio determinare la direzione della galleria, integrata con il giroscopio che (con una precisione, collegata alla sua massa rotante) individua la direzione del nord (perché oggetti in rotazione permanente, su una grande massa rotante, come la Terra, tendono a disporsi con l'asse di rotazione parallelo all'asse di rotazione terrestre).

tangenza T1, T2 e T3, T4 in modo che, mediante poligo-nali di precisione che avanzano con lo scavo, si possano individuare le posizioni dei punti di tangenza e si possa procedere al picchettamento dei raccordi.

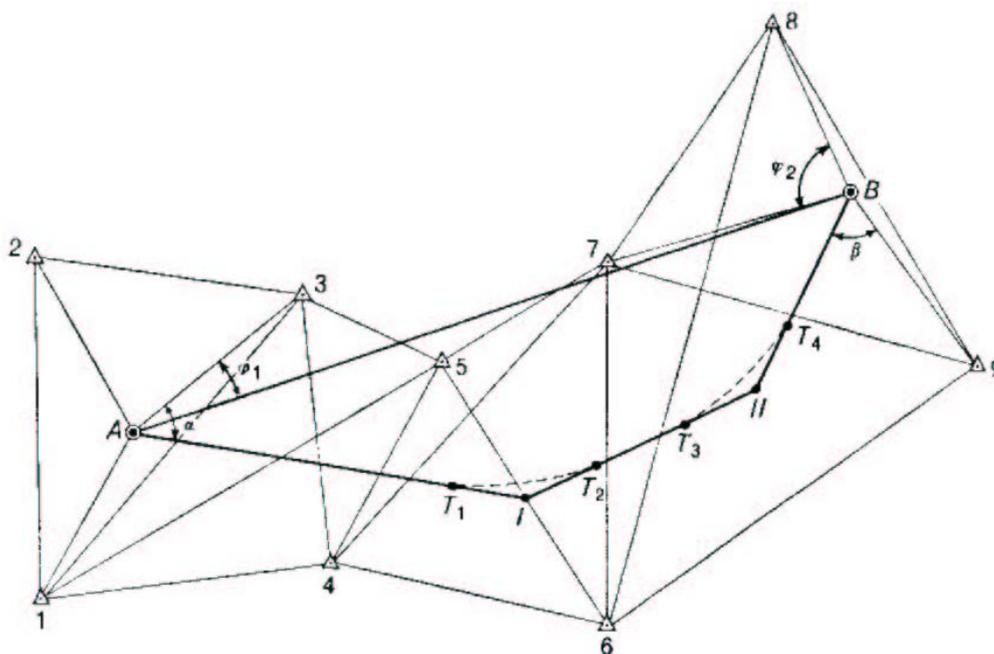


Fig. 22 – Tracciamento di una galleria

Operazioni di collaudo di strutture

I punti di una struttura, per effetto di carichi o di forze generate di vari fenomeni (fenomeni tettonici, sismicità, terremoti, frane, inondazioni, alluvioni, vento, ecc.) subiscono dei movimenti che, in relazione a determinati istanti di tempo, si qualificano come spostamenti. Gli spostamenti dei punti possono riguardare la struttura, come corpo rigido che si muove rispetto a dei punti, posti nel terreno circostante e che si reputano fissi (ad esempio un bacino di carico che, per effetto di cedimenti del terreno scivola verso valle), oppure come corpo deformabile, più o meno elastico, i cui punti subiscono spostamenti con riferimento a punti individuati sulla struttura stessa (ad esempio, le frecce di una trave, sotto carico, rispetto agli appoggi). In quest'ultimo caso, gli spostamenti si qualificano come deformazioni. In generale, in una struttura che si muove sono presenti ambedue i tipi di spostamenti, ma a seconda dei casi possono essere più rilevanti quelli di un tipo o quelli dell'altro. Comunque è evidente che, se gli spostamenti dei punti di una struttura sono determinati con riferimento a punti fissi (che si possono chiamare propriamente capisaldi), si possono ricavare indicazioni sia sul movimento d'insieme, che sulle deformazioni della struttura, mentre se gli spostamenti sono determinati con riferimento a punti appartenenti alla struttura (o che, pur essendone esterni sono soggetti agli stessi movimenti d'insieme di questa), si hanno indicazioni solo sulle deformazioni.

La precisazione deve essere fatta in sede di progetto delle operazioni di misura degli spostamenti, eseguite con il sistema GPS e/o con metodi topografici, oppure con la fotogrammetria (in tutta l'attuale galassia delle immagini, ottiche terrestri ed aeree, compresi l'alta risoluzione ottica dallo spazio, il laser scanning, a sua volta, terrestre ed aereo, ed il radar interfero-metrico), in quanto, pur con diverse precisioni, forniscono indicazioni su ambedue i tipi di spostamenti, semplicemente estendendo il campo delle osservazioni, in modo da includere capisaldi che diano garanzie di stabilità.

In generale, un punto di una struttura subisce uno spostamento in una direzione qualsiasi dello spazio che si può scomporre in una componente verticale ed una componente orizzontale. I metodi topografici, per la determinazione degli spostamenti, si riferiscono alla determinazione degli spostamenti orizzontali ¹⁰⁸ ed alla determinazione degli spostamenti verticali ¹⁰⁹, nonché ad entrambi ¹¹⁰. E' comunque evidente che mediante l'impiego di questi metodi si può determinare l'effettivo spostamento di un punto, ma a volte è richiesta la determinazione di una sola componente dello spostamento, nell'ipotesi, esplicita o meno, che l'altra componente sia pressoché nulla, oppure che non interessi.

I metodi topografici per la determinazione di spostamenti orizzontali o verticali si possono classificare come metodi a differenza di coordinate. A tal fine, si materializzano dei capisaldi che offrono garanzia di stabilità e che definiscono un sistema di assi di riferimento immobile nel tempo (per gli spostamenti verticali, basta solo controllare che non vari la quota dei capisaldi di riferimento) e, con un'operazione topografica, di rilevamento, si determinano le coordinate dei punti da controllare sulla struttura. Dopodiché caricata la struttura o fatto trascorrere un intervallo di tempo (durante il quale la struttura può essersi mossa), si ripete l'operazione di rilevamento e si determinano i nuovi valori delle coordinate dei punti da controllare: di conseguenza, gli spostamenti sono dati dalle differenze delle coordinate.

Durante le operazioni di misura, gli strumenti sono posti in posizioni, adatte per la determinazione delle coordinate dei punti sotto controllo, secondo le normali prassi di rilevamento, e non ha alcuna importanza, se le stazioni di misura sono in luoghi soggetti a movimento o meno (infatti è importante solo che le operazioni di misura colleghino i punti mobili ai capisaldi e che gli strumenti non siano soggetti a movimenti, durante ogni singola misurazione).

Tuttavia gli strumenti topografici possono essere utilizzati anche per determinare gli spostamenti di punti, con il metodo variometrico, osservando cioè direttamente, con questi strumenti, gli spostamenti, intervenuti nella struttura. In questi casi, è essenziale che tutti i punti di stazione degli strumenti siano immobili, almeno per l'intervallo di tempo in cui avvengono le variazioni di posizione che si osservano.

I metodi variometrici sono più precisi di quelli a differenza di coordinate, ma ovviamente non possono essere impiegati quando lo studio dei movimenti dei punti, sotto controllo, si protrae nel tempo. In effetti, per controllare l'immobilità delle stazioni di misura o degli strumenti, oppure per valutarne i movimenti, occorre sempre riferirsi a capisaldi e si ritorna ad impiegare ancora un metodo per differenza di coordinate.

Non è presente, in questo preciso punto, nel libro del prof. Giuseppe Inghilleri una trattazione su temi di *Trattamento delle osservazioni* ¹¹¹, ma un'intera parte è presente, nella stessa opera. Di conseguenza, non è fuori luogo ricordare, in questa sede, che il *Trattamento delle osservazioni* è parte integrante delle operazioni di collaudo delle strutture, per quanto riguarda sia le compensazioni delle osservazioni, derivate da strutture reticolari e non, che la modellazione di campi a referenza spaziale e/o dinamici, per dati variabili nel tempo (come sono quelli derivati dai collaudi). Infatti proprio in questo campo, tutte le tecniche della statistica computazionale, dell'analisi numerica e dell'analisi statistica trovano alcuni loro campi d'elezione importanti.

¹⁰⁸ A rigore, le stazioni totali forniscono informazioni 3D, ma è cosa nota che gli angoli zenitali e la livellazione trigonometrica hanno precisioni inferiori, per varie cause d'errore (quali la deviazione della verticale, la rifrazione atmosferica e l'instabilità strumentali), non sempre facili da correggere

¹⁰⁹ Tuttora la livellazione geometrica è uno degli metodi di rilevamento più precisi, ma fornisce esclusivamente informazioni altimetriche, come ben noto.

¹¹⁰ Il sistema GPS e tutta la galassia delle immagini forniscono informazioni 3D. Tuttavia nella galassia delle immagini, le immagini ottiche danno informazioni planimetriche di maggiore precisione, rispetto a quelle altimetriche (anche se l'uso di prese, inclinate e convergenti, può soccorrere questa limitazione). Al contrario, le immagini ottenute da telemetria (laser, radar interfero-metrico e sonar batimetrico) danno informazioni altimetriche di maggiore precisioni di quelle planimetriche.

¹¹¹ Teoria e pratica delle misure e Metodi di osservazione ed errori sono i nomi che precedono quello di *Trattamento delle osservazioni*.

Determinazione degli spostamenti verticali

- L'impiego della livellazione geometrica, di altissima precisione, serve per determinare gli spostamenti verticali di punti su ponti, fondazioni, elementi di dighe e, in generale, su qualsiasi struttura per cui abbia interesse determinare questo tipo di spostamenti. Ad esempio, per il collaudo di un ponte (come mostra la fig. 23), si materializzano, sulla struttura i punti da controllare con dei chiodi di ottone o con dei chiodi di acciaio, sparati con l'apposita pistola, su cui sono avvitate teste di ottone, e si materializzano i caposaldi, in maniera analoga, in una zona che non partecipa al movimento della struttura.

A ponte scarico, si esegue la livellazione di tutti i punti, secondo le norme ed operando per controllo secondo linee di livellazione chiuse o secondo linee che partono da un caposaldo e si chiudono su un altro caposaldo. Attribuendo ad un caposaldo una quota convenzionale e sommando i dislivelli misurati, si ottengono le quote dei punti da controllare.

Caricato il ponte, si ripetono le misure, si ricalcolano i valori delle quote e si ottiene lo spostamento verticale di ogni punto, come differenza delle due quote determinate. La precisione con cui lo spostamento di un punto è determinato è funzione del numero di dislivelli misurati, per collegare il punto al caposaldo. Se lo sqm di una battuta è 0.1 mm ed n è il numero di battute, lo sqm della quota rilevata è $0.1 \sqrt{n}$ mm, e lo sqm dello spostamento è pari a $0.1 \sqrt{2n}$ mm. Le operazioni di misura richiedono, in media, dai 5 ai 10 minuti per battuta, ma il tempo necessario, per tutte le operazioni, può essere ridotto, operando con più strumenti (seppure tenendo conto che, in generale, si eseguono le misure e le determinazioni per parecchie condizioni di carico).

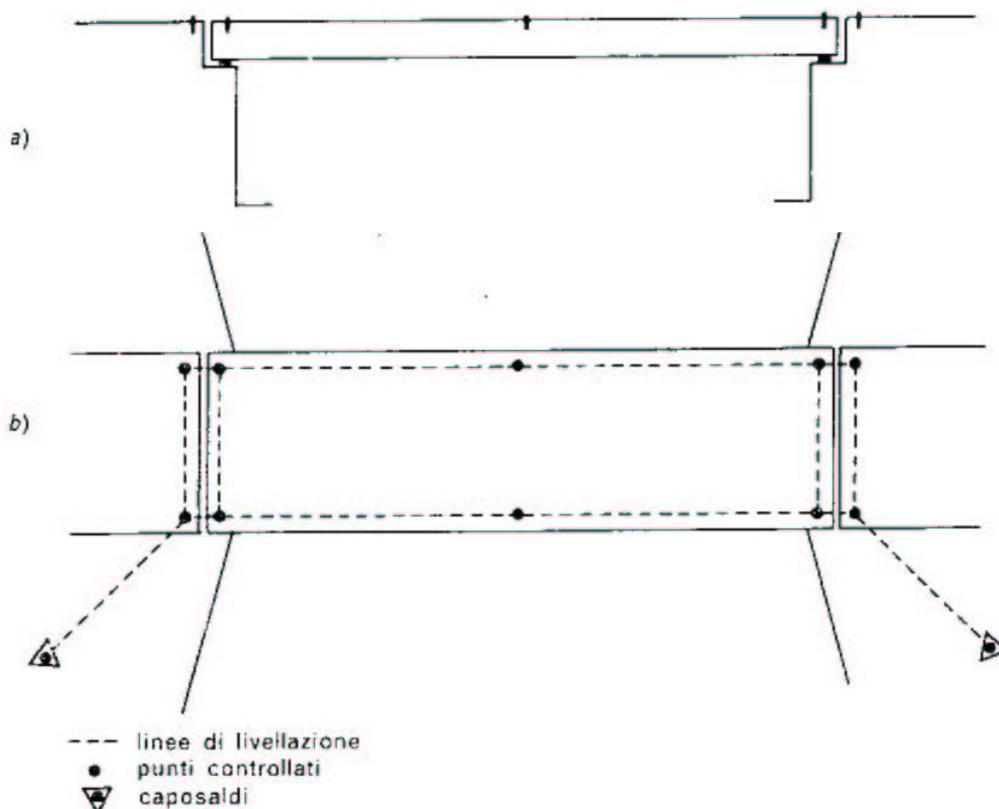


Fig. 23 – Schema delle linee di livellazione geometrica per la determinazione delle variazioni di quota di punti su un ponte

- Il livello può essere impiegato anche per misure di tipo variometrico; infatti sempre con riferimento al collaudo di un ponte, si può trovare un punto di stazione stabile dal quale si possano collimare le stadie, poste sui vari punti da controllare. In tal caso, si fanno letture alle stadie, subito prima e subito dopo il carico, e si deducono gli spostamenti verticali, come differenza delle letture. Il metodo è valido, se l'intervallo di tempo, fra una lettura e l'altra, è sufficientemente breve, per poter ritenere che l'asse di collimazione del livello non abbia subito delle variazioni ¹¹². Di conseguenza, il metodo per differenza di quote è più sicuro, perché richiede lo strumento stabile solo nel breve intervallo di tempo, necessario per eseguire una battuta ¹¹³.

- L'impiego di altri tipi di livellazione serve per misurare il dislivello fra due punti aventi una forte differenza di quota. In questi casi, si può utilizzare la livellazione trigonometrica, eseguita dal mezzo o reciproca, perché dovendo collegare, con una livellazione geometrica, punti aventi quote molto diverse sono necessarie numerose battute e si ottiene la stessa precisione, con un'operazione molto più lunga e difficoltosa. Infatti la livellazione trigonometrica dal mezzo o reciproca, con la quale si può misurare un dislivello ed una variazione di dislivello, nel caso di collaudi, se ben eseguita, fornisce risultati con la precisione di qualche decimo di millimetro (anche se occorre ribadire che ormai l'uso del sistema GPS ha completamente soppiantato questo modo di procedere ¹¹⁴). Un esempio di questa applicazione è mostrato in fig. 24 e si riferisce al controllo degli spostamenti altimetrici dei plinti di fondazione di un viadotto. A riguardo, occorre tenere presente che, a causa della piccola distanza fra i punti rilevati, non si hanno sensibili influenze per la rifrazione atmosferica e che gli errori sulle distanze, non influiscono, anche se si opera con forti distanze zenitali, sulle variazioni del dislivello ¹¹⁵.

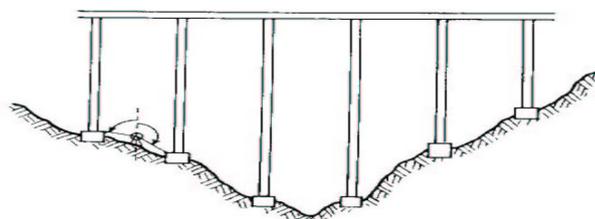


Fig. 24 – Impiego della livellazione trigonometrica dal mezzo per il collaudo di un viadotto

¹¹² A questo proposito, è opportuno ricordare che la srettifica dell'asse di collimazione non influisce sulle determinazioni, perché dà un errore sistematico uguale su ambedue le letture, e che si eliminano, per lo stesso motivo, anche le variazioni sistematiche dell'asse di collimazione dovute al movimento della lente di focamento. Tuttavia in generale, non è prudente desumere spostamenti verticali, facendo differenze di letture che si sono effettuate agli estremi di un lungo intervallo di tempo. Infatti a prescindere dalla stabilità della stazione del livello (che può anche essere montato su pilastro), si possono verificare, durante le operazioni, variazioni angolari fra l'asse di collimazione e la tangente centrale della livella, in conseguenza di variazioni termiche od altro (considerando che basta la variazione di un secondo sessagesimale per produrre una variazione di lettura di 0.25 mm, su una stadia posta a 50 m, e che a volte durante le operazioni di collaudo si possono individuare delle variazioni fra asse di collimazione e tangente centrale della livella di qualche secondo sessagesimale).

¹¹³ Per queste operazioni, se fra i punti da controllare non si hanno forti dislivelli, molto usate, sono le stadiette di vetro ad attacco magnetico. In questo caso i capisaldi ed i punti da controllare sono altimetricamente definiti dalla direttrice di un cono, ricavato nella squadretta di sospensione su cui aderisce la testa sferica e magnetica della stadietta (con queste stadiette e battute di lunghezza molto ridotta, 10 m o meno, si possono ottenere dislivelli con la precisione di pochi centesimi di millimetro).

¹¹⁴ Come già detto in precedenza, oggi giorno i confronti fra il sistema GPS e la livellazione geometrica mostrano precisioni ormai simili. In particolare, i modelli delle equazioni di osservazione sono uguali in ambiti limitati (ovvero per qualche decina di chilometri, ma può essere anche meno, in zone con una forte variazione del campo di gravità terrestre), benché applicati a quote diverse (ellissoidiche, per il sistema GPS, ed ortometriche, per la livellazione geometrica). Se gli ambiti non sono più limitati, i modelli sono diversi, in quanto si possono ottenere le quote ortometriche (geoidiche), dalla livellazione geometrica, solo se si applica la correzione ortometrica (molto difficile da calcolare), mentre il modello (ellissoidico), del sistema GPS, continua a valere su tutta la Terra, indipendentemente dalla distanza. Tutto ciò condanna maggiormente la livellazione trigonometrica (tranne per la riduzione delle distanze, dove tutti i suoi errori sono poco influenti).

¹¹⁵ Per controllare, su lunghi periodi di tempo, fondazioni di grandi edifici si può impiegare vantaggiosamente la livellazione idrostatica, specialmente se i tubi che collegano i vari punti da controllare possono essere messi in opera in maniera permanente.

Determinazione degli spostamenti planimetrici

- L'impiego della triangolazione, come metodo di misura di spostamenti orizzontali, serve principalmente nel controllo delle dighe. A tal fine, si materializzano i punti da controllare sulla diga ed i capisaldi di riferimento, in generale, a valle della diga, affinché non siano sollecitati dal carico idrostatico, su roccia non fessurata, sufficientemente lontani, per non risentire i movimenti della diga, ma anche sufficientemente vicini, per non diminuire la precisione delle determinazioni. Lo schema delle triangolazioni è configurato ottimizzando il più possibile i triangoli (come mostrano le figure 25 e 26), e si eseguono le operazioni di misura, utilizzando strumenti e segnali di altissima precisione.

La misura della base può essere eseguita una sola volta, in quanto un errore sulla misura della base produce degli errori sistematici sulle coordinate dei punti da controllare (ovvero le dimensioni di tutti i lati della triangolazione risultano sistematicamente errate, con un errore relativo uguale all'errore relativo della base), ma gli effetti di questi errori si eliminano dato che gli spostamenti planimetrici si deducono come differenza delle coordinate ricavate ad ogni determinazione (di conseguenza, si ricavano spostamenti, affetti dallo stesso errore relativo della base, che dà un contributo inapprezzabile, in assoluto, data la piccola entità degli spostamenti stessi).

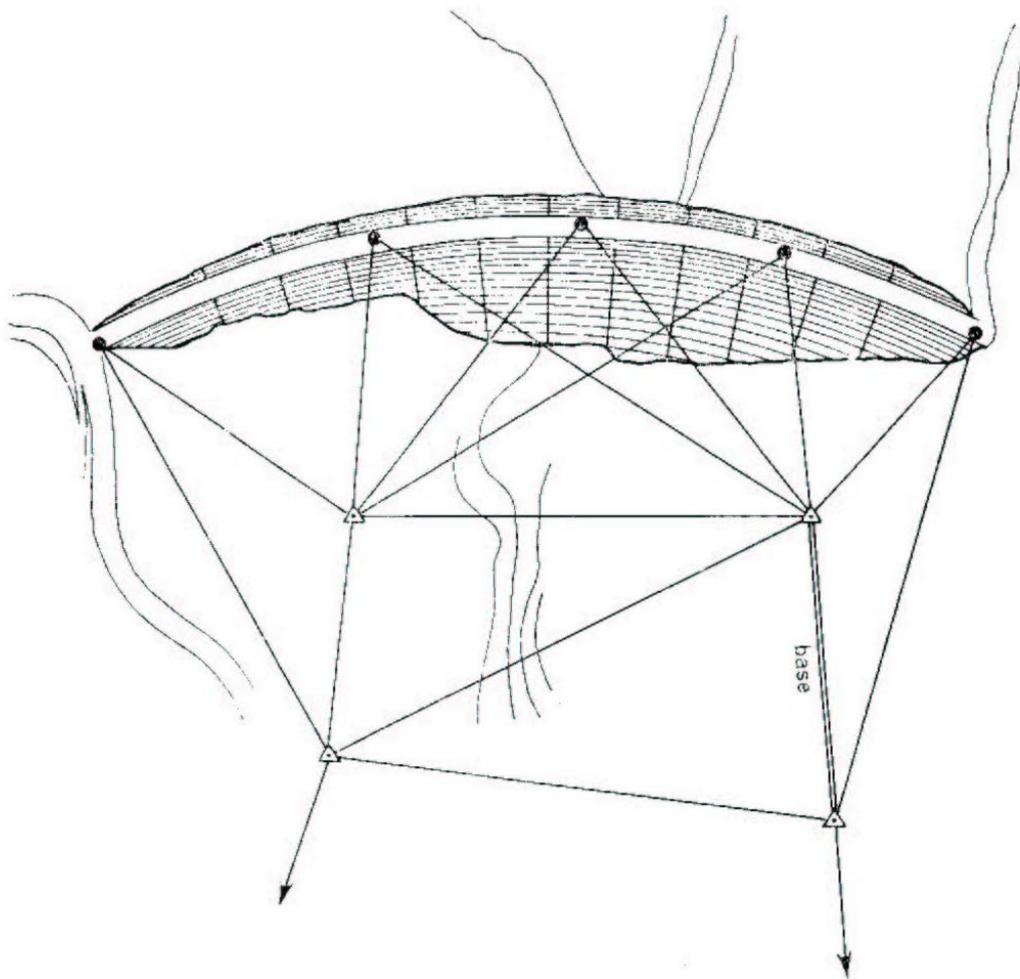


Fig. 25 – Esempio di impiego della triangolazione per la determinazione degli spostamenti orizzontali di punti su una diga

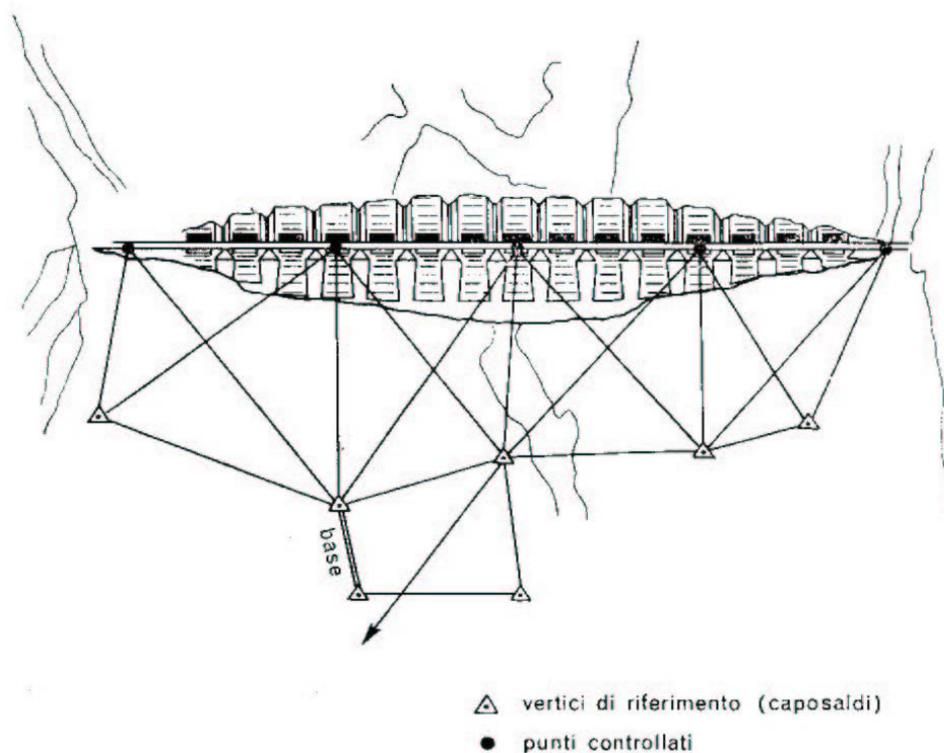


Fig. 26 – Esempio di impiego della triangolazione per la determinazione degli spostamenti orizzontali di punti su una diga

- L'impiego dei distanziometri ad onde, dati i valori degli sqm che caratterizzano le misure delle distanze con i distanziometri ad onde e messo in evidenza che una parte dello sqm globale (variabile fra 5 e 10 mm) è indipendente dalla distanza, richiede attente considerazioni. Infatti si può dedurre che il rilevamento di una rete, per il controllo di una diga, con i lati dell'ordine del centinaio di metri, con il metodo della trilaterazione, fornisce risultati meno precisi di quelli ottenibili con la triangolazione. Tuttavia si sono fatti esperimenti che mostrano come, adottando alcuni accorgimenti, si possono misurare distanze singole con la precisione del millimetro e, in tal modo, si sono potuti misurare spostamenti di punti di una diga, come variazioni della distanza misurata, fra un caposaldo su cui è posto lo strumento ed i riflettori posti sulla diga ¹¹⁶. In tal caso, il tempo impiegato risulta notevolmente inferiore a quello richiesto dalla triangolazione.

Uno degli accorgimenti adottati è quello di usare il discriminatore di fase come strumento di zero, ovvero come strumento che verifica l'uguaglianza di due sfasamenti. Ad esempio, per alcuni geodimetri, è prevista una slitta millimetrata, da porre davanti lo strumento, nella direzione del riflettore, su cui scorre un altro piccolo riflettore. In questo modo, si collima dapprima il riflettore principale, determinando la lettura che corrisponde all'eccedenza di un numero intero di mezze lunghezze d'onda, e successivamente il riflettore sulla slitta, spostandolo finché si esegue la stessa lettura. In queste condizioni, fra il riflettore sulla diga ed il riflettore sulla slitta, si ha una distanza pari ad un numero intero

¹¹⁶ Ovviamente con questa misura, si valuta solo la componente dello spostamento nella direzione della congiungente il punto di stazione con il punto controllato.

di mezze lunghezze d'onda e, se il riflettore sulla diga si sposta, la lettura varia e, per ottenere un'uguale lettura sul riflettore ausiliario, si sposta quest'ultimo lungo la slitta. In tal modo, gli spostamenti del punto sulla diga si determinano come spostamenti del riflettore ausiliario sulla slitta ed operando così si eliminano parecchi errori, ottenendo spostamenti con la precisione del millimetro ¹¹⁷.

- L'impiego dei nastri di invar serve per spostamenti fra punti distanti qualche decina di metri che possono essere misurati con la precisione di qualche centesimo di millimetro. In questo caso, uno degli estremi del nastro è collegato ad un punto della struttura, mentre sul caposaldo è vincolato uno strumento di misura costituito essenzialmente da una puleggia su cui il nastro è avvolto e tesato con un peso. Sulla parte verticale del nastro è fissata una scaletta graduata su cui, con un adeguato sistema ottico, si possono fare letture al centesimo di millimetro. Quando il punto sulla struttura subisce uno spostamento che ha una componente nella direzione del nastro, si determina l'entità di questa componente dello spostamento come variazione di lettura sulla scaletta. Il dispositivo di misura si può ridurre ad una semplice puleggia, ad un indice di misura solidale al caposaldo ed alla graduazione, incisa sul nastro stesso, ma la precisione della determinazione scende, in tal caso, ad un paio di decimi di millimetro.
- L'uso del collimatore permette di realizzare una linea di collimazione, fissa nello spazio, od un piano di collimazione verticale. Nel primo caso si pone il collimatore, su un caposaldo, una mira, su un altro caposaldo, e sui punti da controllare, necessariamente posti approssimativamente sulla linea di mira, alloggiamenti di precisione, per un segnale suscettibile di movimenti orizzontali e verticali, rilevabili su righe graduate. All'inizio di ogni operazione, manovrando le viti del collimatore, si collima la mira fissa, dopodiché alloggiando successivamente il segnale mobile sui punti da controllare, si manovrano le viti di questo sino a che l'operatore al collimatore vede il segnale collimato. Le variazioni di lettura alle due righe graduate del segnale danno le componenti orizzontali e verticali dello spostamento del punto in un piano normale all'asse di collimazione. Se invece il segnale mobile è privo del movimento verticale e la collimazione è realizzata ruotando il cannocchiale del collimatore, in un piano verticale, dopo avere con le viti di rettifica collimato la mira fissa, si ha solo la componente orizzontale dello spostamento, nel piano normale all'asse di collimazione. Nelle figure 27 e 28, sono riportati lo schema dell'operazione e la disposizione di più collimatori per il controllo di punti su una diga ad arco.

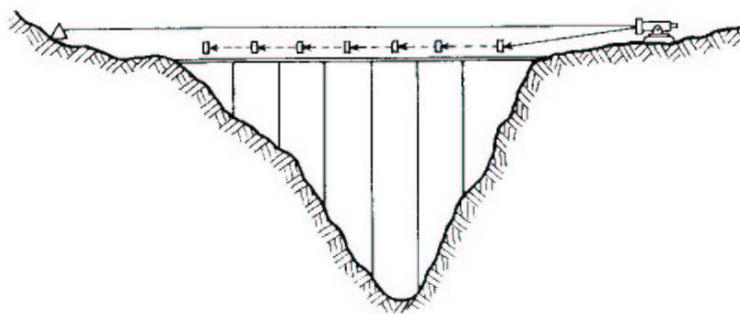


Fig. 27 – Uso del collimatore per la determinazione di spostamenti planimetrici di una diga

¹¹⁷ Strumenti speciali forniscono invece precisioni dell'ordine di un paio di decimi di millimetro, su piccole distanze. Infatti su piccole distanze, dell'ordine di qualche centinaio di metri, le variazioni di condizione atmosferica non influiscono sensibilmente. Inoltre si ha comunque la possibilità di tenerne conto misurando, ad ogni determinazione di spostamento, anche la distanza fra il caposaldo di stazione ed un altro caposaldo (ovviamente stabile), posto mediamente nella direzione dei punti controllati.

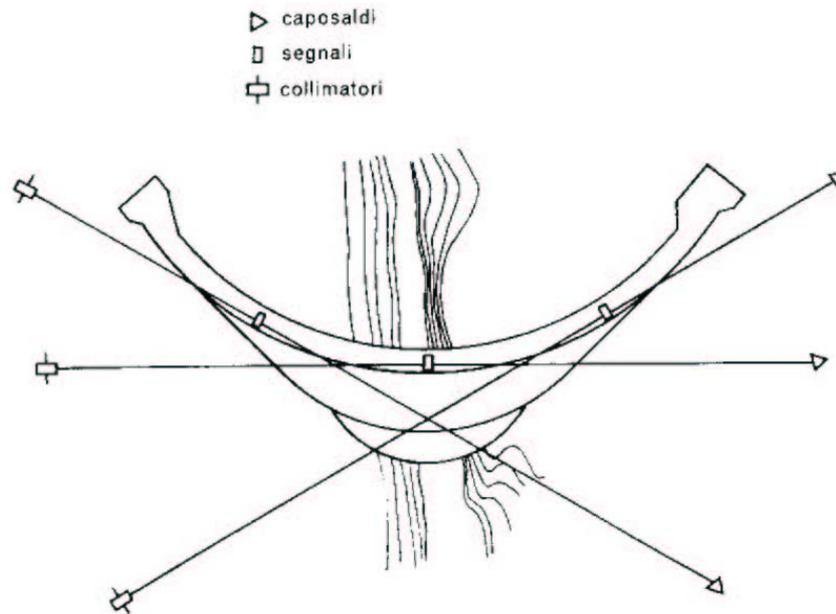


Fig. 28 – Disposizione di tre collimatori per il controllo degli spostamenti di tre punti su una diga ad arco

- L'uso dei fili a piombo serve a riportare punti, posti a diversi livelli, secondo la verticale, come nel caso dei pozzi di miniera in cui il riporto di uno o più punti, dalla superficie al fondo del pozzo, permette di collegare il rilevamento esterno al rilevamento delle gallerie che si dipartono dal pozzo. Per il collaudo di strutture, i fili a piombo servono a misurare lo spostamento planimetrico fra punti di una struttura, collocati all'incirca su una stessa verticale, a diversi livelli, ovvero di misurare le variazioni di inclinazione che la struttura può subire.

Secondo lo schema del metodo, si fissa l'estremo superiore del filo a una squadra vincolata alla struttura e si immerge il peso in un recipiente riempito di liquido, per smorzare le oscillazioni; poco al disopra del peso, si vincola alla struttura un coordinatometro con due collimatori e si registrano le letture. Gli spostamenti orizzontali relativi, fra il punto di attacco della squadra ed il punto di attacco del coordinamento, si determinano come variazioni delle letture fatte sulle slitte graduate. La precisione di misura dello spostamento relativo è dell'ordine del decimo di millimetro.

Collegando il punto di attacco del coordinatometro ad un caposaldo, mediante un telemisuratore a nastro, si può conoscere lo spostamento assoluto del punto di sospensione del filo. Il filo normalmente usato ha il diametro di uno o due millimetri ed il peso si commisura in un numero di chilogrammi pari alla lunghezza del filo espressa in metri. Un filo a piombo ed un coordinatometro possono poi essere utilizzati per il controllo di più punti, essendo sufficiente, a questo scopo, realizzare opportunamente il sistema di aggancio del filo e del coordinatometro alla struttura. Per i fili a piombo di notevole lunghezza è bene proteggere il filo dai movimenti dell'aria che possono influire in maniera sistematica, con un'apposita tubazione.

Una variante del filo a piombo è il pendolo rovescio. In questo dispositivo, il punto di attacco del filo si trova alla quota inferiore, mentre il filo è tenuto in trazione, lungo tutta la verticale, passante per il punto d'attacco, da un galleggiante. Il vantaggio principale del pendolo rovescio è costituito dal fatto che, con un semplice foro di trivellazione, è possibile raggiungere strati profondi del terreno, al di sotto della struttura (come mostra la fig. 29), realizzando così un sicuro caposaldo.

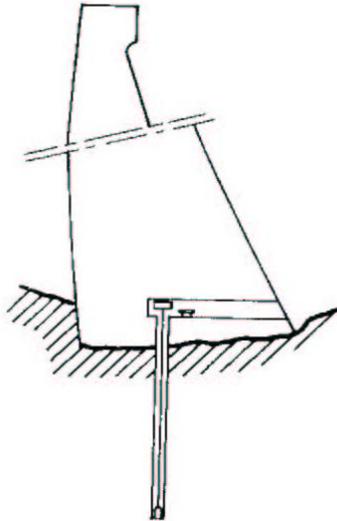


Fig. 29 – Montaggio di un pendolo rovescio in una diga

- L'impiego dei livelli zenitali serve a realizzare un asse di collimazione verticale, permettendo di effettuare determinazioni di spostamenti orizzontali di punti posti pressoché sulla stessa verticale, in maniera analoga a quanto avviene per i fili a piombo. In fig. 30, è riportata l'installazione di un pendolo ottico, per misurare gli spostamenti planimetrici di un punto sul coronamento di una diga ¹¹⁸.

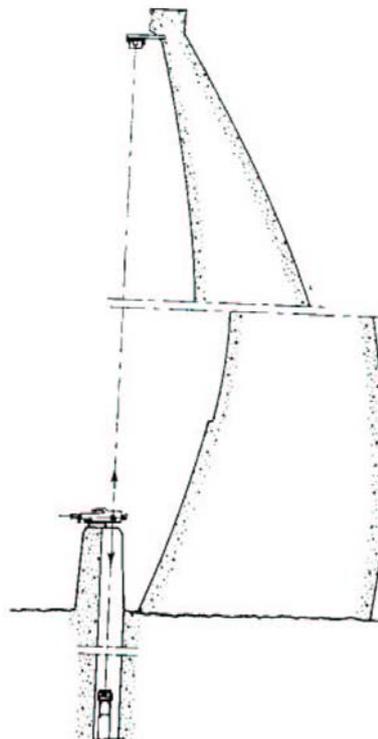


Fig. 30 – Installazione di un livello zenitale in una diga per la determinazione degli spostamenti orizzontali di punti sul coronamento

¹¹⁸ Arrivando alla conclusione delle operazioni di collaudo delle strutture, occorre segnalare come queste abbiamo tratto innumerevoli vantaggi dagli sviluppi, determinati dall'automazione e dall'informatica, in quanto parecchie operazioni di misura sono così diventate automatiche (o quanto meno, semiautomatiche), mentre laboriose operazioni analogiche sono state completamente sostituite da più semplici elaborazioni analitiche (al più, da supervisionare, nei loro risultati). Se a tutto ciò, si aggiunge la massa di informazioni sempre disponibili, dalla conquista dello spazio, sono del tutto evidenti la portata ed il valore della rivoluzione tecnologica attuale.

Sensitivity analysis ¹¹⁹

L'analisi di sensitività è una metodologia per la validazione statistica dei modelli matematici, atti a descrivere ed interpretare fenomeni e/o processi della realtà, fisica e/o antropica. A riguardo, giova ricordare che le discipline del rilevamento si fondano sulla triade: misure, modelli e calcolo, e come le stesse, nelle accezioni più moderne (ma talvolta non solo, almeno entro certi limiti), si basano non solo su modelli grigi, ma anche su modelli neri. Infatti mentre i primi sono una derivazione da modelli bianchi, dovendosi essenzialmente tarare solo i loro parametri arbitrari, i secondi sono modelli da costruire, guidati da più dati diversi tra i quali occorre stabilire connessioni (qualsiasi), dipendenze funzionali (non lineari) e correlazioni (lineari). A tal fine, l'analisi di sensitività procede:

- ❑ con tecniche statistiche, basate sulla decomposizione ortogonale della varianza;
- ❑ con algoritmi e procedure propri dell'analisi matematica, basati su metodi differenziali.

Quanto segue, verte esclusivamente sull'analisi statistica dei dati e dei modelli, con pochi cenni di statistica computazione, nella lunga e proficua tradizione del Trattamento delle osservazioni, proprio delle discipline del rilevamento. Infatti quanto attiene all'analisi matematica ha una sua storia, illustre e rinomata, nel campo della geodesia, geometrica e fisica (e della cartografia, per quanto riguarda i suoi aspetti matematici), che tanta parte ha avuto nella costruzione della stessa analisi matematica, in una fitta compresenza di luoghi ed addirittura di persone, ma non dà contributi significativi alla costruzione dei nuovi modelli della Geomatica e della Geomatica Applicata che, a partire dalla geometria (soprattutto 3D), fanno uso dell'algebra e della topologia, e proprio della statistica, nello specifico.

L'analisi di sensitività sviluppa i suoi compiti, perseguendo due obiettivi distinti.

- ❑ Un'analisi dell'incertezza, a cavallo tra i dati in input ed i risultati ottenuti in output, cosicché dato un modello e noti i valori approssimati dei parametri (entrambi con una data incertezza ¹²⁰), è richiesta la propagazione dell'incertezza (compresa la dipendenza collegata, se già presente in input, e/o generata, se insita invece nel modello, prescelto o stabilito) sul modello globale (cioè sui parametri stimati e sulle stime delle osservabili, compatibili con il modello trovato).
- ❑ Un'analisi di sensitività, tra tutti i modelli possibili ed il modello ottimale, cosicché si possa selezionare, nello spazio della distribuzione di probabilità (costituito dall'incertezza dei modelli, nelle loro differenti configurazioni), la migliore configurazione del modello (detta modello ottimale), ottimizzando l'incertezza dell'output (ovvero selezionando i parametri che meglio contengono la propagazione dell'incertezza, a partire dall'incertezza, assunta in input).

A riguardo e per entrambi gli obiettivi, si badi bene alla possibile presenza di dipendenze in input ed alla loro conoscenza (spesso molto difficile), perché dipendenze nascoste (per lo più, correlazioni positive) possono alterare, anche di molto, i risultati ottenuti (per quanto riguarda, l'incertezza dell'output. In particolare, forti correlazioni positive (laddove forti correlazioni negative non sono algebricamente ammissibili, in quanto le

¹¹⁹ Questo paragrafo ed i successivi non sono tratti dal bel libro Topografia generale del prof. Giuseppe Inghilleri, ma ne riprendono, di certo, lo spirito, estendendo l'attenzione a tematiche dell'oggi, e comunque ben si inseriscono nel tema generale di questo intero lavoro.

¹²⁰ L'incertezza sui valori approssimati dei parametri, diversamente da come si procede usualmente nelle compensazioni delle strutture reticolari e nelle ricostruzioni dei campi, fa di questi valori delle pseudo-osservazioni (da sovrappesare o meno) che entrano, nel calcolo, non solo con un proprio modello funzionale, ma anche con un proprio modello stocastico.

matrici di covarianza devono essere sempre definite positive, mentre forti correlazioni negative producono auto-valori negativi) fanno degenerare l'incertezza nei modelli additivi e moltiplicativi (come è la maggior parte dei modelli funzionali), mentre giocano a favore nei modelli con una differenza od un quoziente (che tuttavia sono solo semplici confronti tra due grandezze ¹²¹).

L'analisi di sensitività raggiunge poi i suoi obiettivi, operando secondo due diverse strategie.

- ❑ I metodi locali raggiungono la soluzione, operando su problemi inversi; essi sono vantaggiosi da un punto di vista computazionale, ma limitati alla ricerca di ottimi locali (non a quella di un ottimo globale) e conseguentemente non validi per problemi non lineari e non normalizzati;
- ❑ I metodi globali sono diversi ed articolati, dai più semplici, basati solo sulla decomposizione ortogonale della varianza, al filtraggio dei dati (ad esempio, con il metodo Monte Carlo), fino a raffinati metodi di discriminazione (in inglese, di screening), strutturati per livelli e processati sequenzialmente (utili ed addirittura necessari per basi di dati molto grandi).

In generale, producono incertezza: i dati, i valori approssimati dei parametri e tutte le assunzioni soggettive (se presenti), nonché la struttura stessa del modello ¹²². Infatti tutto ciò agisce sul modello cercato (e così, alla fine, anche sul modello ottimale), in modo lineare e non lineare, additivo e non additivo. In particolare invece, per quanto riguarda i metodi locali, le differenze finite prime permettono di valutare una perturbazione dimensionale che diventa adimensionale, grazie ai dati stessi, ed adimensionale pesata/normalizzata, grazie alle incertezze degli stessi dati. In questo modo, il modello, localmente ottimale, è quello che, muovendosi nella direzione di massima decrescita di queste differenze finite prime, arriva in una zona di relativa stabilità (cioè con differenze finite prime pressoché nulle).

E' del tutto evidente, come l'ottimo trovato sia solo locale e non globale, mentre i metodi globali sono capaci di perseguire questo obiettivo. Infatti ad esempio, il metodo Monte Carlo, partendo da un'estrazione di numeri casuali (a loro volta, ricavati da distribuzioni uniformi), costruisce una distribuzione di risultati ottenuti, variando la configurazione del modello, nei suoi parametri costitutivi, e misura il raggiungimento dell'ottimo, come massimizzazione di una cifra di merito (per lo più, un determinato indice non lineare di dipendenza multipla), ovvero come minimizzazione di una funzione obiettivo (in conformità al criterio di stima prescelto). Ovvii limiti di computabilità impongono comunque certe restrizioni nella selezione delle varie configurazioni possibili e suggeriscono strategie multilivello e sequenziali (per problemi grandi e complessi).

Un'attenzione particolare deve essere posta quando una qualche varianza condizionata (ottenuta fissando un qualsiasi parametro) risulti maggiore della varianza generale (come potrebbe accadere, se l'indice di determinazione è molto basso, in quanto molto piccola è anche la varianza spiegata). Infatti in tal caso, occorre procedere a determinare la media della varianza residua di tutti i fattori, tranne uno alla volta, che è minore della varianza generale (sempre per la decomposizione ortogonale della varianza) e poi decidere, in base a questa (per quanto lunga, sia la procedura della regressione multipla non lineare). Inoltre se un indice di sensitività parziale, condizionato ad un certo parametro ¹²³, è pressoché nullo, questo stesso parametro può essere fissato al suo valore più probabile (essendo poco condizionante sul modello globale).

¹²¹ Differenze e quozienti sono sempre operazioni di confronto fra due argomenti e, di conseguenza, mai ovviamente modelli complessi.

¹²² La geometria intrinseca di un modello può contenere, oppure esaltare, l'incertezza dell'output, indipendentemente da quella dei suoi input.

¹²³ La somma delle misure di sensitività parziali è uguale ad uno, per tutti i modelli, anche non lineari, purché additivi.

Infine lo spazio delle assunzioni è bene che sia il più ampio possibile (ovviamente nei limiti delle possibilità/ capacità computazionali la cui complessità non ha affatto crescite lineari, ma quantomeno fattoriali), affinché lo spazio dell'inferenza (che è proprio lo spazio utile, per la selezione e la scelta del modello ottimale, tra le tante configurazioni prese in esame) sia il più ristretto possibile, in termini di determinazione dell'incertezza residua. Per quanto poi riguarda, la suddetta complessità, si noti che i modelli non additivi tengono conto anche delle intersezioni tra coppie di fattori, tra triplette di fattori, ... e fra ennuple di fattori (dove il numero enne è da stabilire opportunamente). Tutto ciò significa che, anche solo rimanendo alle coppie, il crescere del grado, fa crescere i parametri con la regola del triangolo di Tartaglia ¹²⁴.



Maurits Cornelis Escher, Vincolo d'unione (litografia)

Vincolo d'unione di Escher è un esempio di complessità illusionistica, come è capace di mostrare solo un grande artista, ma la complessità (spesso insieme alle parole: caoticità e provvisorietà) è una parola chiave nella realtà del mondo contemporaneo, oggigiorno particolarmente complesso, caotico e provvisorio. Allora tutto questo complesso di cose impone alla Geomatica e soprattutto alla Geomatica Applicata di saper ben "giocare" tra complessità, caoticità e provvisorietà della realtà, per quanto di sua competenza, costruendo ed applicando le soluzioni, dedotte da misure, modelli e calcolo che le sono proprie. Pertanto e, nello specifico, proprio in questo contesto ¹²⁵, l'analisi di sensitività gioca un ruolo importante che diventa indispensabile e fondamentale per la costruzione dei modelli ¹²⁶.

Un esempio di un rilevamento per il controllo ed il geo-monitoraggio ¹²⁷

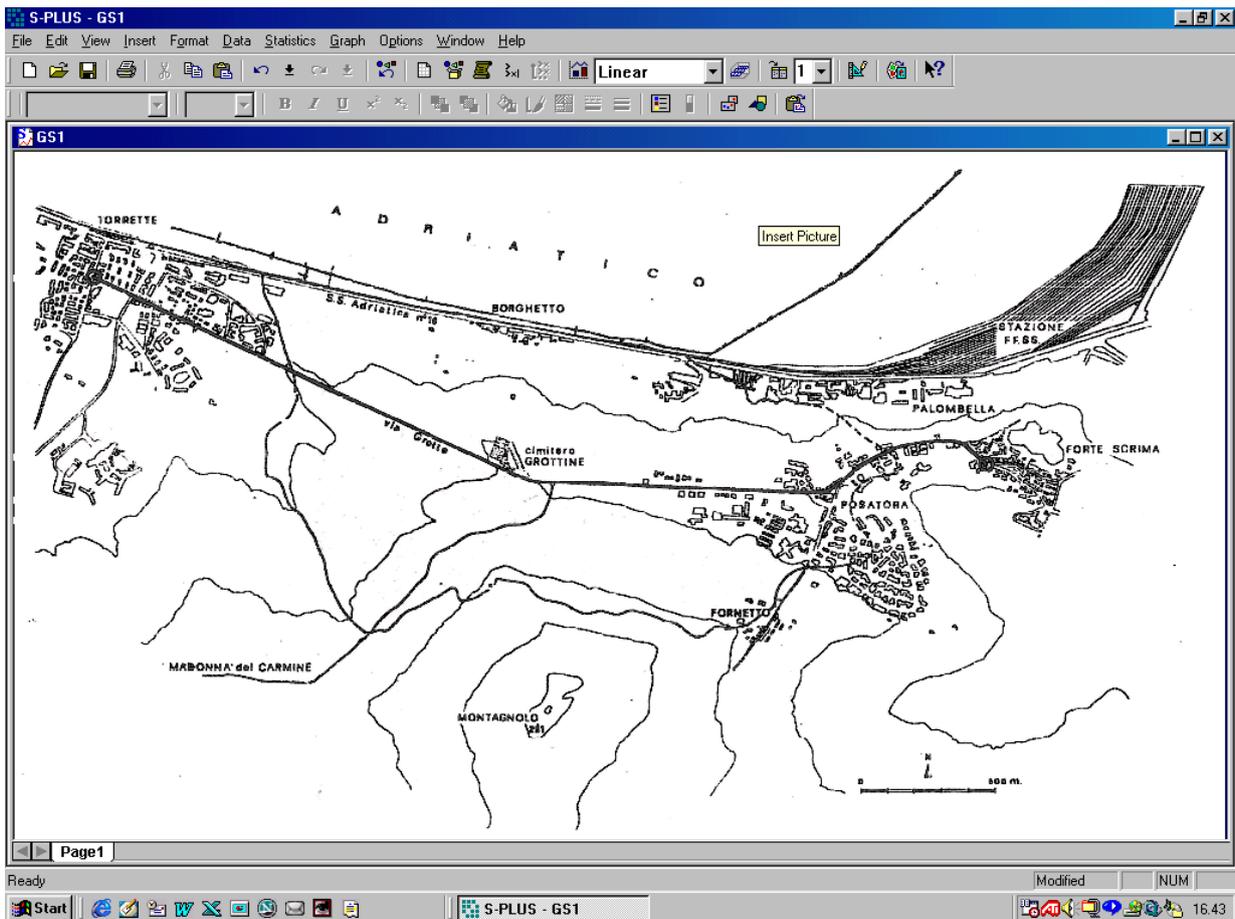
¹²⁴ Passando poi ad intersezioni multiple, la crescita del numero di parametri diventa rapidamente esplosiva.

¹²⁵ Una Geomatica Applicata, letteralmente a tutto campo, non offre misure, modelli e calcolo, solo nel campo delle scienze fisiche (ovvero della scienza dura, dove esistono spesso modelli consolidati), ma anche nei campi (se si può dire, ben più vaghi ed incerti) delle scienze naturalistiche ed addirittura delle scienze antropiche ed umane (dove non esistono modelli certi e sicuri). D'altra parte, porre limiti significa ripercorrere i passi compiuti dalla discipline del rilevamento, tra il '700 e la prima metà del '900, mentre superare questi limiti significa affrontare i problemi dell'oggi. Giocando un po' a scandalizzare i perbenisti, si può dire che porre limiti significa assumere atteggiamenti chiesastici, mentre superare questi limiti significa accettare i rischi, ma anche le possibili conquiste, del metodo scientifico sperimentale e della scienza nuova. La prima scelta fa della Geomatica una scienza ormai vecchia e, quasi del tutto, inutile (e svuota completamente di valore la Geomatica Applicata), mentre la seconda può contribuire allo sviluppo ed al progresso, pur con tutte le contraddizioni del caso.

¹²⁶ Un ruolo importante è comunque presente anche per riguardo alle misure che si rifanno ad altri modelli, precedenti la costruzione proprio degli strumenti di misura, come pure al calcolo che rimanda ad algoritmi e procedure, a loro volta, discendenti ancora da modelli che precedono così la loro formulazione.

¹²⁷ Questo paragrafo presenta una selezione ragionata di immagini da: Cunietti M., Bondi G., Fangi G., Moriondo A., Mussio L., Proietti F., Radicioni F., Vanossi A.: La grande frana di Ancona del 13 dicembre 1982 – 5. Misure topografiche ed aereofotogrammetriche. In: U. Crescenti (Ed) *Studi Geologici Camerti* - Numero speciale. Dip. di Scienze della Terra – Università di Camerino, Camerino, 1987.

Il lavoro, sviluppato con software proprietario, è stato revisitato, anni dopo, in ambiente S-PLUS 2000.



Carta topografica dell'area in frana

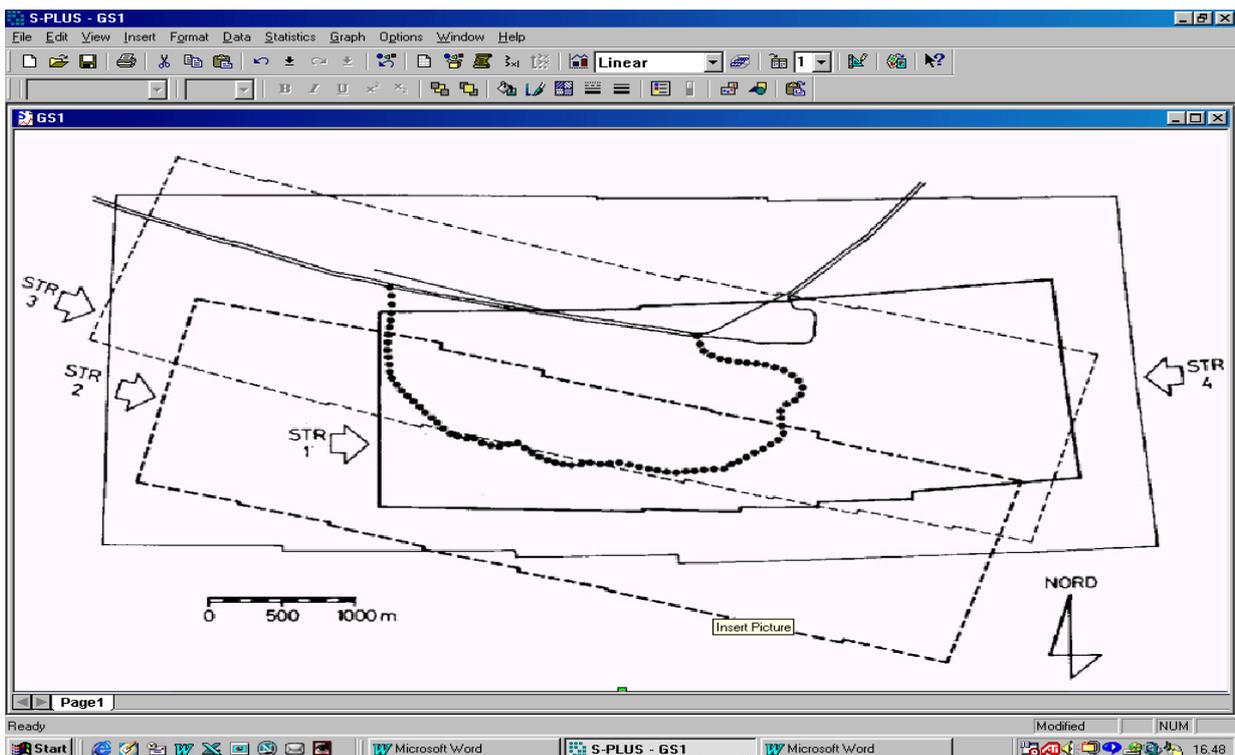
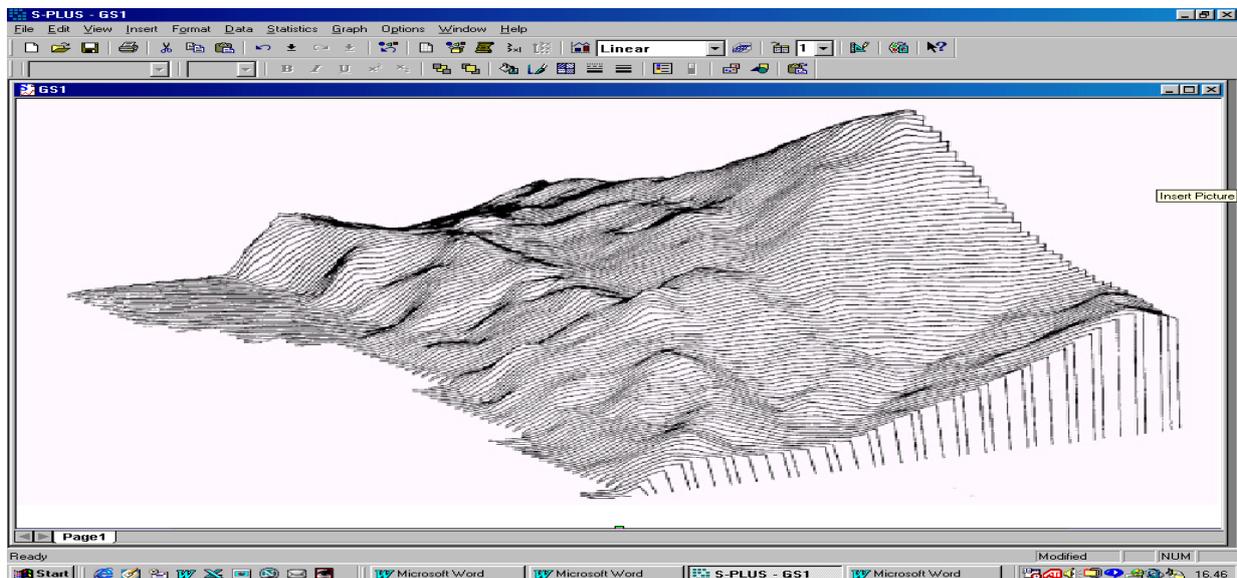


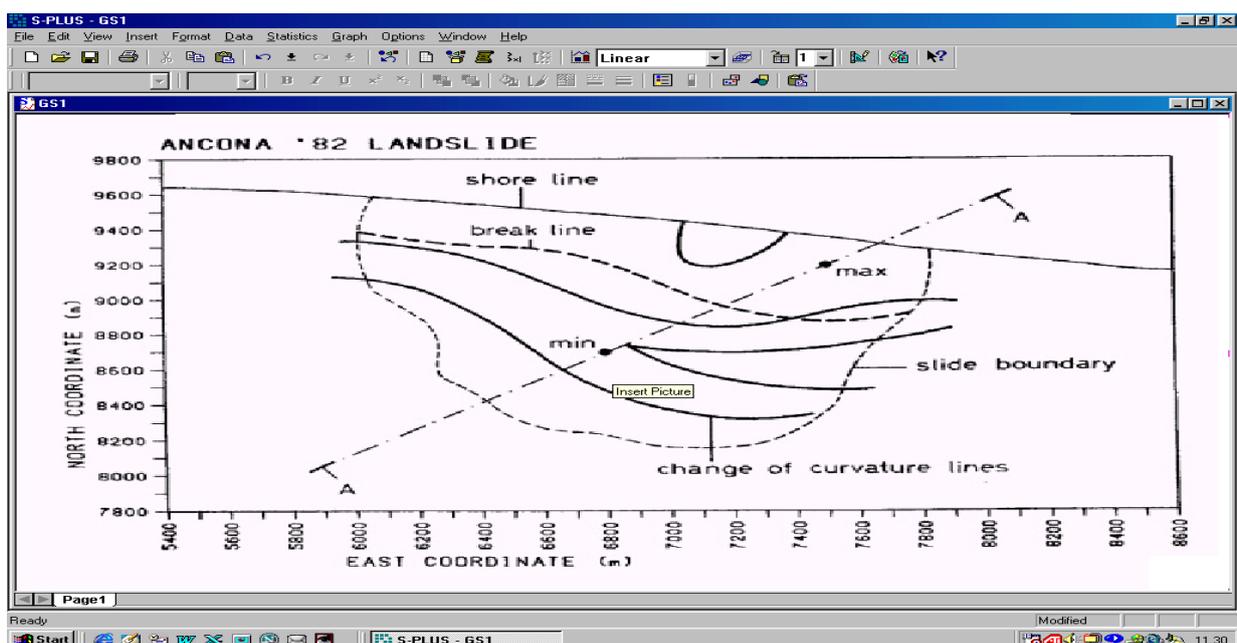
Grafico di copertura delle prese fotogrammetriche prima e dopo la frana

Un esempio interessante di un rilevamento per il controllo ed il geo-monitoraggio è offerto dalla Grande frana di Ancona del dicembre '82 che ha coinvolto alcuni quartieri periferici della città, diversi suoi servizi (scuole, università, ospedali), ed alcune migliaia di persone, costringendo prima ad un'evacuazione d'emergenza e poi a gravose opere di mitigazione e ripristino (dove almeno in questa prima fase, notevole ed importante è stata la collaborazione fra amministrazioni pubbliche ed istituti di ricerca).

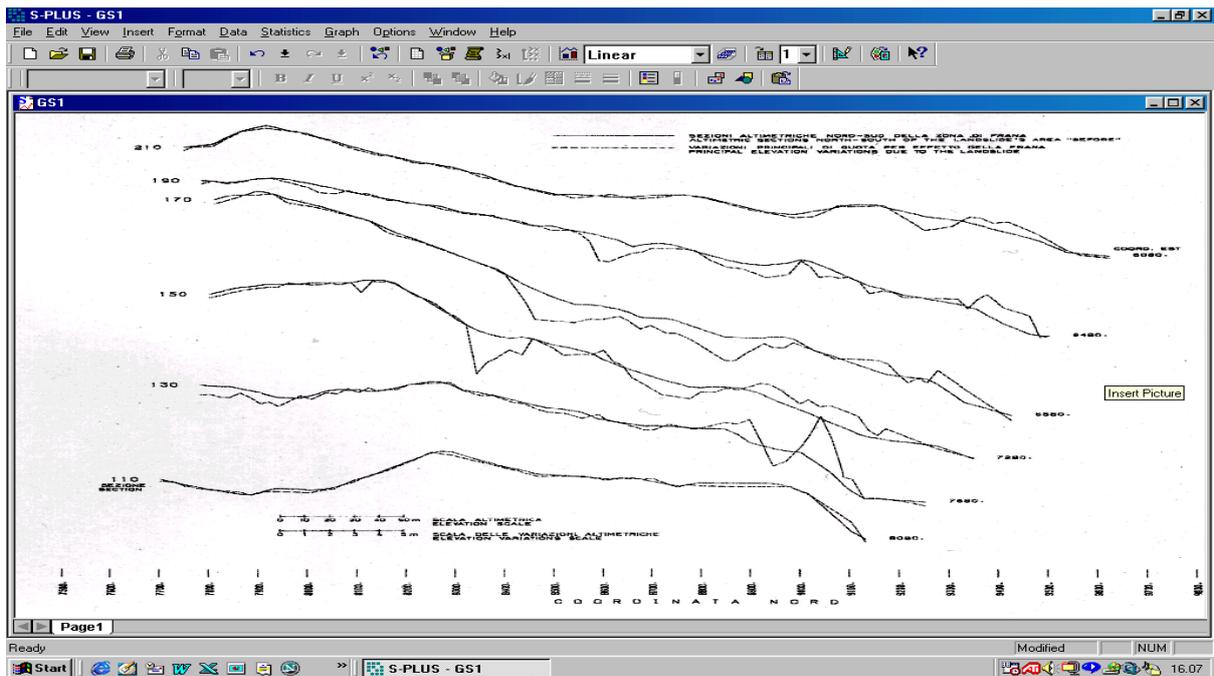
Per il controllo dell'area si è proceduto ad un rilevamento fotogrammetrico, utilizzando un volo precedente ed un volo appena successivo, con pochissimi/e rilevamenti/misure d'appoggio a terra. In questo modo, si sono determinate le traiettorie di punti ben individuati su manufatti e la deformazione (altimetrica) complessiva del terreno, costruendo così due DSM: uno vettoriale ed uno raster da cui dedurre informazioni complementari geomorfologiche.



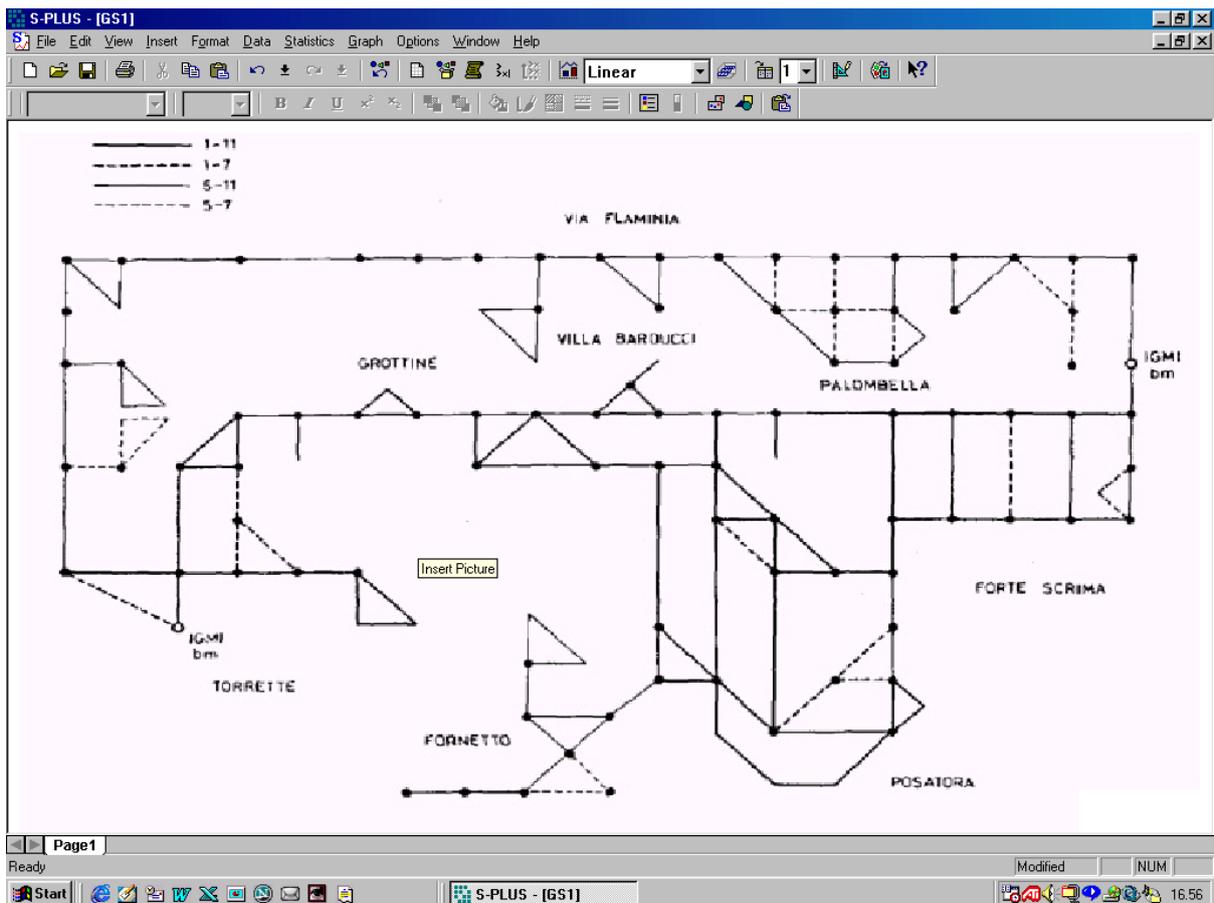
Modello digitale della superficie di deformazione della frana



Linee caratteristiche della frana



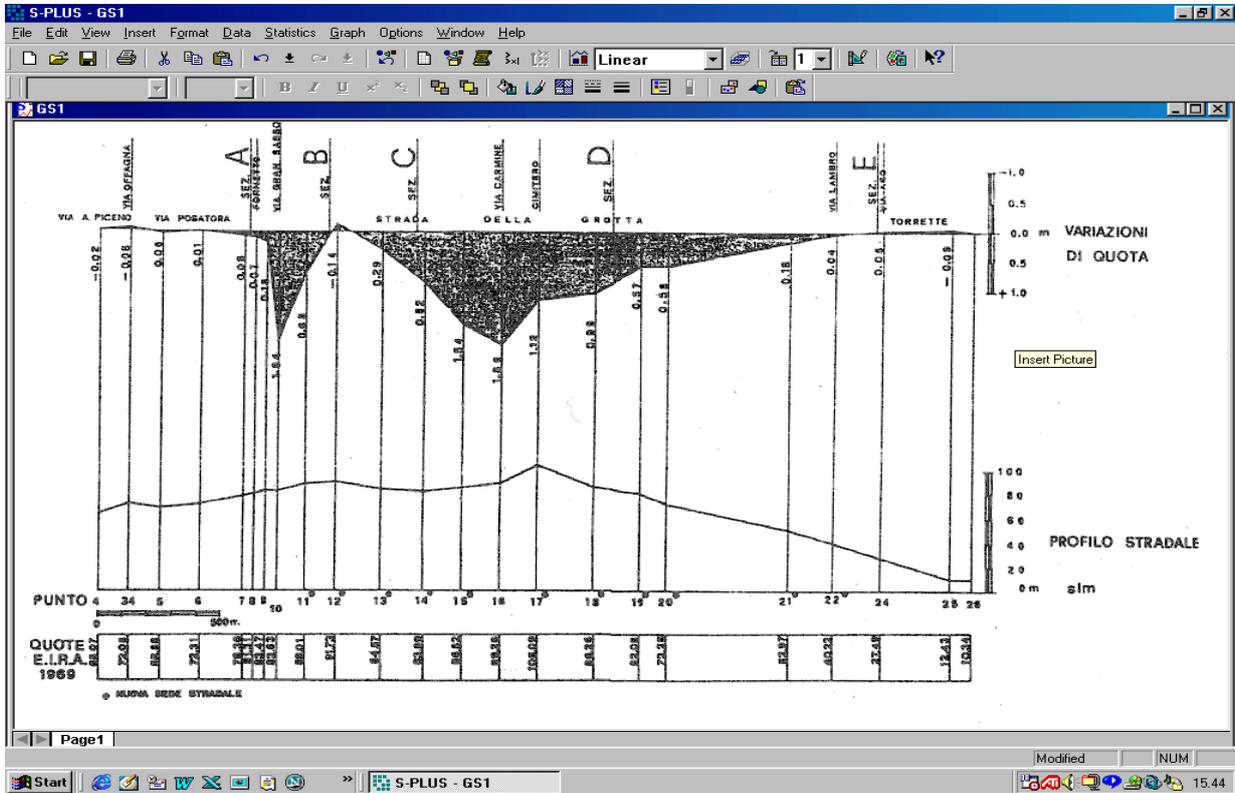
Rappresentazione dei movimenti d'assestamento determinati lungo le sezioni di controllo



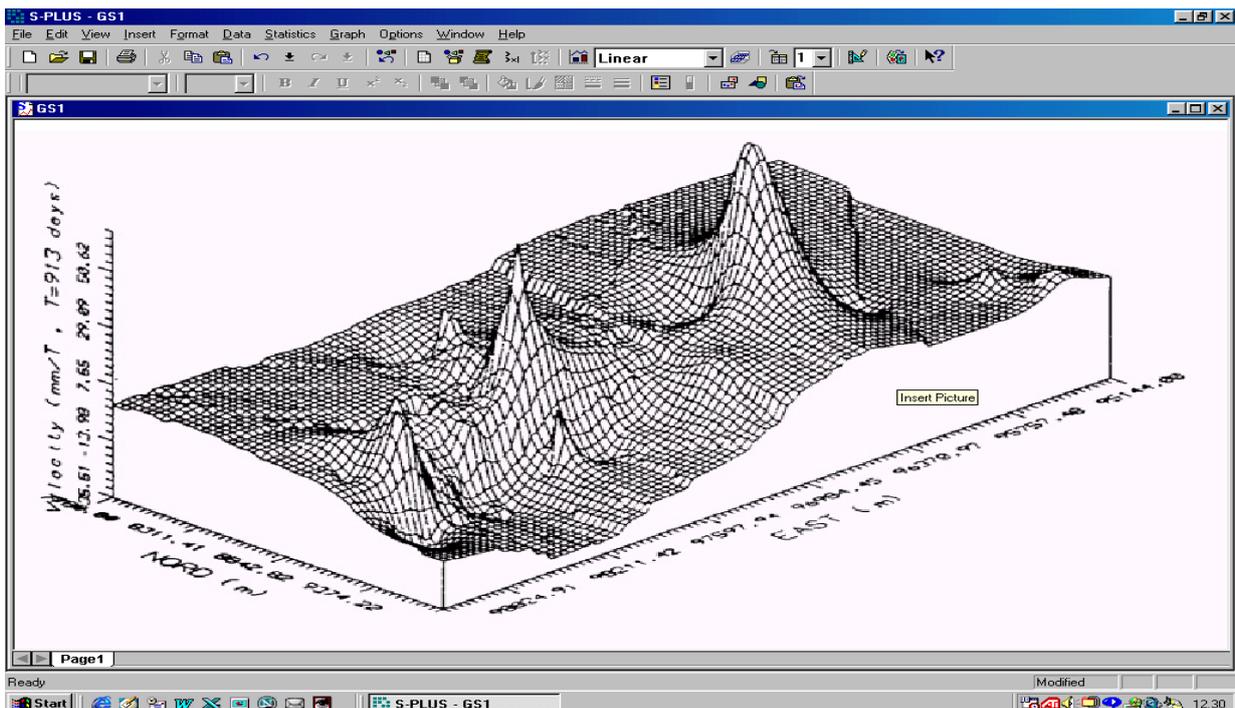
Grafo della rete di livellazione geometrica di controllo dei movimenti d'assestamento

Invece per il geo-monitoraggio dell'assestamento si è preceduto in due fasi: una prima appena successiva l'evento franoso, dove linee poligonali hanno misurato la deformazione d'assestamento, ancora abbastanza

rilevante, su tutto il corpo di frana. Dopodiché divenuti esigui gli assestamenti, si sono effettuate undici campagne di livellazione geometrica (distanziate di alcuni mesi), monitorando così l'estinguersi anche di questo assestamento minore. In questo modo, è stato possibile valutare a posteriori il dissesto complessivo, lungo una strada che attraversa trasversalmente il corpo di frana e, per puro caso, livellata in precedenza.



Profilo altimetrico dei movimenti principali lungo la strada Posatora – Torrette



Modello digitale della velocità altimetrica d'assestamento

Camminare ed operare

La Geomatica dà contributi indispensabili e fondamentali già per camminare ed operare, riscontrando queste capacità anche negli animali superiori, prima ancora che negli uomini. Alcuni pochi esempi sono sufficienti a riguardo: una scimmia antropomorfa usa un bastone per misurare la profondità di un fiume che vuole/deve attraversare; una piccola scimmia misura con un rametto la profondità di un buco nell'albero, per estrarre da lì il suo cibo, fatto di larve di insetto ¹²⁸.

Allora la Geomatica dà contributi, indispensabili e fondamentali, per il camminare e l'operare degli uomini, dove queste azioni sono spesso destinate rispettivamente a viaggiare e lavorare. Infatti l'umanità intera si è subito caratterizzata per la capacità di viaggiare, popolando quasi tutta la terra, prima ancora di selezionarsi come specie sapiens e sottospecie sapiens-sapiens (che poi, a sua volta, ha popolato quasi tutta la terra ed oltre, fino ad arrivare sulla luna).

Inoltre l'umanità intera si è subito caratterizzata per la propria capacità di lavorare, grazie alla chiara visione binoculare ed alla forma delle mani, con il pollice opponibile: doti e capacità, già presenti nelle proscimmie e nelle scimmie (in particolare, nella scimmie antropomorfe), ma associate ad un'elevata capacità intellettuale, solo negli uomini, in quanto solo questi, conquistando la statura eretta, liberano le mani e diminuiscono i muscoli cranici.

Pertanto la diminuzione dei muscoli cranici permette un maggiore sviluppo della scatola cranica ed una più grande massa ed complessità del cervello (in particolare, con una corteccia cerebrale, sede delle attività intellettive più elevate, molto più sviluppata). In questo modo, il linguaggio ed il pensiero (e viceversa, dato lo strettissimo legame, esistente tra questi) caratterizzano tutto lo sviluppo dell'avventura umana, già a partire dal paleolitico superiore e poi avanti, fino al neolitico, alla preistoria, ecc.

Di conseguenza, il lavoro, oltre alla capacità di viaggiare (a sua volta, collegata al primo e viceversa), diventa una caratteristica essenziale dell'umanità. Infatti dalla raccolta di vegetali ed animali inferiori, alla caccia ed alla pesca (grazie alla lavorazione della pietra), e poco dopo alla conquista del fuoco (compresa la capacità della sua generazione), si arriva infine alla domesticazione di piante ed animali (con la lavorazione dei materiali metallici, ceramici e tessili).

Oltre cinquemila anni è il lungo percorso storico che separa la preistoria dall'oggi attuale, almeno per quanto riguarda quella vasta regione che va dalle pianure della Cina, attraverso le pianure dell'India e le regioni iraniane ed anatoliche, fino al bacino del Mediterraneo, tanto nelle sue sponde mediorientali, nordafricane ed europee, quanto nelle sue isole. Altrove i tempi sono più corti e talvolta possono essere molto più corti ¹²⁹, ma oggi il mondo intero è globalizzato ¹³⁰ (e pluriconnesso) ¹³¹.

In ogni caso, dapprima il mai tanto deprecato schiavismo costituisce la base per lo sviluppo dell'agricoltura e la costruzione di opere monumentali (quali strade, acquedotti e grandi edifici), e successivamente la capacità di regolare nuove energie (come quelle idraulica, termica, elettrica e nucleare), non senza la costituzione di

¹²⁸ Capacità intelligenti delle scimmie si riscontrano tanto nella difesa, con i fischi differenti (per la presenza di leoni, aquile o serpenti) e con bastoni (contro i leopardi, limitatamente agli scimpanzé), quanto nell'educazione, quando le madri insegnano ai loro piccoli a distinguere foglie, fiori e frutti commestibili e non (dando loro uno schiaffo leggero, in caso di errore).

¹²⁹ In qualche posto, altre civiltà sono sorte, ma le stesse si sono estinte, oppure sono state distrutte, qualche volta, perché collassate, per cause interne, e più spesso, perché violentate da popoli invasori/conquistatori, ben più forti.

¹³⁰ Circa la globalizzazione, come già, in precedenza, con gli imperi antichi, le invasioni barbariche (altrimenti dette migrazioni di popoli, a secondo del punto di vista di chi le commenta storicamente), la conquista, il colonialismo, l'imperialismo ed il neocolonialismo, per lo più, è una manifestazione violenta e cruenta, a danno delle popolazioni sottomesse e soggiogate, ma il risultato è comunque, pur con costi altissimi, il raggiungimento di nuovi standard via, via più uniformi.

¹³¹ Per contro, un approccio, politicamente corretto, dovrebbe prevedere tolleranza e collaborazione, un atteggiamento laico, di fronte ad ogni cultura, e la loro successiva salvaguardia, come tradizione (cioè con uno spirito laico e tollerante, occorre saper scegliere o meno religioni ed ideologie, come si sceglie o meno un certo tipo di cucina ed un certo tipo di vestiario).

una nuova classe (quasi schiava) di salariati/operai, permettono la nascita dell'industrializzazione che, con le successive rivoluzioni (fordista ¹³² ed informatica e dell'automazione ¹³³) arriva al tempo odierno.

In tutti questi casi, la Geomatica offre contributi importantissimi, dove disegna mappe di siti visitati, partendo dagli schizzi dei luoghi, per arrivare a carte vere e proprie, come pure dove rileva il tracciato di infrastrutture e/o misura opere di grandi dimensioni. A riguardo, sono significativi il tracciato delle strade consolari, nonché e maggiormente il tracciato degli acquedotti e la misura dell'altezza delle piramidi (mentre una vasta opera, a sostegno dello sviluppo dell'agricoltura, è la centuriazione).

Dopodiché la Geomatica offre contributi importantissimi, in tutto lo sviluppo dell'industria, dalle fasi iniziali, con il tracciamento di opere idrauliche, delle ferrovie, delle autostrade e delle linee elettriche e telefoniche, alle sue fasi più mature, con il dimensionamento ed il controllo di impianti e macchine, e per la gestione delle linee di produzione, trasporto e distribuzione (per la prima volta, muovendosi non solo sul piano topografico e cartografico, ma anche su quello cartografico e geoinformatico).

Infatti i primi dati geoinformatici sono schedari e tavole, ma essi sono l'avvio di un lungo processo che porta alle odierne basi informatiche di geodati, tipiche dei sistemi informativi geografici e territoriali. In questo modo, i molteplici e differenti strati di informazioni (raster, vettoriali e/o di tipo misto) contengono i dati, a supporto territoriale, dinamici (se tempo varianti) e non (se invece statici), che sono così opportunamente georeferenziati.

Una galleria di immagini segue a commento di quanto esposto, mostrando antiche vie di comunicazione, come la Strada Regina, occidentale del Lario (o del Lago di Como) che, con la Via Mala, valica il Passo dello Spluga e raggiunge i Grigioni svizzeri ¹³⁴, e la Via Francigena, nel suo tratto pavese nei pressi di un passo sul fiume Po (essendo questa un'antica strada dall'Inghilterra meridionale, passato il Canale della Manica, lungo la Francia, fino ai passi alpini e poi, oltre la Pianura Padana e l'Appennino, a Roma).

Analogamente un'altra immagine mostra parte del Verbano (o Lago Maggiore), con ruderi di castelli/fortezza, su isolette, a presidio di un importante via di comunicazione, tra la Pianura Padana (ed i porti liguri e tirrenici settentrionali) e la Lotaringia (cioè tutta la regione renana ed oltre, dalla Svizzera, per Francia e Germania, al Benelux), valicando le Alpi, grazie all'attrezzato Passo del San Gottardo (ed al suo antico Ospizio). Ancora altre immagini illustrano invece il lavoro dell'uomo.

Infatti una centrale idroelettrica, un mulino ed un opificio industriale (oltre tutto presso il salto idraulico di un canale navigabile, offerto da una chiusa ¹³⁵) sono una testimonianza eloquente del lavoro dell'uomo, così come altre vecchie testimonianze potrebbero essere un deposito locomotive, una fucina ed un maglio, una filanda, un forno, ecc. (dove un'osservazione, affatto marginale, costata la sontuosità delle vecchie macchine e la confronto con l'essenzialità delle nuove, soprattutto se ridotte a personal computer).

¹³² La rivoluzione fordista crea le grandi fabbriche, con le catene di montaggio, ma dove affiancata con le politiche keynesiane (di stampo liberaldemocratico) e l'opera dei sindacati (di stampo laburista o socialdemocratico), almeno parzialmente, libera la classe dei salariati/operai dalla terribile condizione di nuovi schiavi (come invece nella precedente fase manchesteriana, di stampo liberista).

¹³³ Al contrario, la rivoluzione informatica e dell'automazione, pur forse partendo dal sogno utopico di liberare l'umanità dalla schiavitù del lavoro, distrugge finora più posti di lavoro nell'industria (principalmente manifatturiera), come nel terziario (in primis nel commercio e nei servizi), di quanto ne crei nel nuovo settore quaternario (della ricerca, dell'istruzione superiore e della comunicazione). Abolire tante condizioni degradanti e/o alienanti del lavoro manuale è certamente cosa auspicabile, tuttavia garantire un'occupazione per tutti (al di là degli slogan, tipo lavorare meno e lavorare tutti, essendo comunque necessaria una paga dignitosa) resta un grandissimo e gravissimo problema aperto. Purtroppo l'ideologia dominante neoliberista che è insieme madre e figlia del turbo-capitalismo, della finanza d'assalto e dell'economia di carta (fondata sul ritorno della rendita e sulla distruzione del profitto) non aiuta certamente a concepire, mettere in atto e sostenere soluzioni utili, praticabili e corrette.

¹³⁴ Dal medioevo (e probabilmente anche prima) esiste una solida unità culturale tra i Grigioni svizzeri e l'Alto Lario, con la Valtellina (che dal Rinascimento fino all'avventura napoleonica ne ha fatto parte), cosa che spiega bene l'esistenza di impegnative vie alpine.

¹³⁵ In queste immagini, rilevante è la presenza dell'acqua, ma proprio l'acqua liquida, con l'ossigeno e l'anidride carbonica gassosi (ed il ciclo dell'azoto), sono alcune delle condizioni che permettono la nicchia della vita, dalle piante e gli esseri animali inferiori, fino all'uomo.



L'Alto Lario con il Bregagno sullo sfondo



Il campanile della Chiesa romanica di San Giacomo della Cerreta lungo la Via Francigena nel pavese



L'Alto Verbano con i Castelli di Cannero



Centrale elettrica nel Parco dell'Adda Nord



Mulino sul fiume Lambro (chiamato da Plinio il Vecchio: Figlio delle Alpi)



Chiusa ed opificio industriale sul Naviglio Pavese

Non si può pretendere di aver visto realmente qualcosa prima di averlo fotografato (Émile Zola, 1900).

Se un cieco guida un altro cieco, ambedue cadranno nella fossa (Matteo, XV 14)

La parabola evangelica, diventata un modo di dire del linguaggio comune, si trova anche tra i vari Proverbi fiamminghi ed è rappresentata da un celebre quadro di Pieter Bruegel il Vecchio. Nel contesto del presente lavoro, tutto ciò serve per far ben riflettere sulla critica dialettica della Geomatica Applicata. Infatti essere ciechi, di fronte ai cambiamenti dell'oggi ed alle sfide che essi pongono, insieme alle opportunità che ancora gli stessi offrono, non è certamente una scelta raccomandabile. Bisogna invece avere un occhio miope, per poter vedere vicino e comprendere la realtà presente, con tutti i rischi che essa può far correre, ma avere insieme un occhio ipermetrope, per riuscire a guardare lontano e riconoscere, per tempo, la realtà che cambia, proprio per le sfide e le opportunità che essa rispettivamente lancia e propone. A tal fine, occorrono lealtà, altruismo ed umiltà, sapendosi muovere bene nel grande mare delle relazioni interpersonali che, in grande come in piccolo, qualificano la vita quotidiana associata. Ovviamente la Geomatica e la Geomatica Applicata non sono la soluzione di tutti i problemi, grandi e piccoli, che affliggono e tormentano tanti/tutti, dalle singole persone all'umanità intera, ma qualche timido contributo possono produrlo.



Pieter Bruegel il Vecchio, Parabola dei ciechi (Museo di Capodimonte, Napoli)

Non è difficile fare un lungo elenco dei possibili contributi, ma la devastazione ambientale e territoriale, ed il degrado del costume civile, sociale e politico sono due esempi, più che sufficienti, per evidenziare alcuni campi di possibili interventi della Geomatica Applicata. Infatti il controllo e la tutela dell'ambiente e del territorio, fino agli interventi puntuali per i beni culturali ed ambientali, sono un campo importantissimo, fra le attività emergenti, del settore scientifico disciplinare. Inoltre la formazione, la gestione e la conservazione di un catasto (dei terreni, delle abitazioni, delle varie e diverse attività produttive, delle infrastrutture e dei beni culturali ed ambientali), da sempre, sono un altro campo d'elezione per il settore scientifico disciplinare, a sua volta, indispensabile e fondamentale, per promuovere e garantire la suddetta vita quotidiana associata. In un Paese, dove la devastazione ambientale e territoriale, così come il degrado del costume civile, sociale e politico riempiono spesso le pagine della cronaca e tanto discredito diffondono all'estero, saper rimediare, almeno in parte, a tutto questo, non è certamente cosa da poco. Proprio per questo ed in questo modo, la Geomatica e la Geomatica Applicata possono/devono saper produrre e produrre qualche timido contributo.

Ritorno alla teoria

Il metodo scientifico, sulla base di alcune osservazioni ripetute, procede alla loro generalizzazione ed alla loro successiva formalizzazione, costruendo così una teoria che nessuna esperienza può confermare (ma solo contribuire a corroborare), mentre anche un solo contro-esempio convalidato è sufficiente a smentirla. Tuttavia l'assunzione di un punto di vista non neutrale (avendo già riconosciuto l'impossibile neutralità anche della scienza), ad esempio, quale quello del materialismo storico, impone un ritorno dalla prassi alla teoria (dopo che la teoria ha utilmente istruito la prassi), perché la prassi, unitamente alla politica, coinvolge tutti. Al contrario, lasciare una teoria rescissa da qualsiasi ritorno fa della stessa una scienza elitaria, in mano solo ad un ristretto gruppo di cosiddetti chierici esperti.

La natura non costruisce macchine, non costruisce locomotive, ferrovie, telegrafi elettrici, filatoi automatici, ecc. Essi sono prodotti dell'industria umana: materiale naturale, trasformato in organi dalla volontà umana sulla natura o dalla sua esplicazione nella natura. Sono organi del cervello umano creati dalla mano umana; capacità scientifica oggettivata. Lo sviluppo del capitale fisso mostra fino a quale grado il sapere sociale generale, *knowledge*, è diventato forza produttiva immediata (Heinrich Karl Marx, Lineamenti fondamentali della critica dell'economia politica).

Se è vero che ogni linguaggio contiene gli elementi di una concezione del mondo e di una cultura, sarà anche vero che dal linguaggio di ognuno si può giudicare la maggiore o minore complessità della sua concezione del mondo. ... Ma tutto ciò che la scienza afferma è "oggettivamente" vero? In modo definitivo? Se le verità scientifiche fossero definitive la scienza avrebbe cessato di esistere come tale, come ricerca, come nuovi esperimenti, e l'attività scientifica di ridurrebbe a una divulgazione del già scoperto. Ma se le verità scientifiche non sono neanche esse definitive e perentorie, anche la scienza è una categoria storica, è un movimento in continuo sviluppo. Inoltre la scienza, nonostante tutti gli sforzi degli scienziati non si presenta mai come nuda nozione obiettiva; essa appare sempre rivestita da una ideologia e concretante è scienza l'unione del fatto obiettivo con un'ipotesi o con un sistema di ipotesi che superano il mero fatto oggettivo (Antonio Gramsci, Quaderni dal carcere – Il materialismo storico).

Quando si è uomini di scienza non si hanno ideali, si elaborano risultati scientifici e quando si è inoltre uomini di partito si combatte per metterli in pratica. Ma quando si ha un ideale non si può essere uomini di scienza perché si ha già un partito preso in anticipo (Friedrich Engels, in una lettera a Draveil Paul Lafargue del 1884).

Gli intellettuali hanno un solo compito da noi: diffondere la chiarezza. A tutto il resto provvedono i proletari da soli. Quando gli intellettuali anziché chiarezza diffondono il suo contrario fanno solo del danno (Karl Kautsky, in una lettera a Viktor Adler del 1903).

La periodizzazione¹³⁶ che è il dato centrale di ogni storiografia, anche scientifica e matematica, rappresenta una segmentazione funzionale della sostanziale unità dell'intero processo, contro la proposta di tanti micro-universi rispetto all'insieme. Infatti in tutto il suo svolgimento, sostanzialmente unitario, la prassi, costituita dalla Geomatica Applicata, sfiora un altro grande problema che rappresenta anche l'emergere, accanto ad esso, di altre entità parzialmente autonome. In questo modo, la prassi sfocia in un universo concettuale, espressivo ed operativo che, per essere concreto ed attuale, è in un rapporto, critico e dialettico, con la teoria della Geomatica, diversamente da quello che si pensa falsamente essere in grado di valutare oggettivamente ed appare, in modo illusorio, come più facilmente plasmabile e manipolabile.

¹³⁶ Quanto segue parafrasa quanto espresso da Alberto Asor Rosa, nel suo libro: Letteratura italiana – La storia, i classici, l'identità nazionale (Carrocci editore – Sfere, Roma, 2014). Infatti oltre ad essere particolarmente incisivo e rilevante, nei suoi contenuti, ben si presta, con alcune modifiche, a dar conto del suddetto ritorno alla teoria, sulla base delle esperienze maturate nella prassi. D'altra parte, una costante di tutto quanto gli autori del presente lavoro hanno scritto è superare l'infausta rottura tra le scienze fisiche, con la matematica, e le scienze umane, con la linguistica.

Un passo in avanti si potrebbe tentare, se nella totalità degli oggetti che compongono i vari materiali delle discipline del rilevamento (sistemi di riferimento, superfici di riferimento e sistemi di coordinate, proiezioni e rappresentazioni, sensori di rilevamento ed immagini, strutture reticolari e campi, metodi di compensazione e di ricostruzione di campi, sistemi informativi e tecniche di visualizzazione, ecc.), si potesse individuare quelli che oggigiorno, in maniera più marcata, esprimano una peculiare vocazione e ne facciano emergere l'asse. Purtroppo questo non è sempre possibile, anche perché la materia stessa è sottoposta necessariamente a fratture, ritorni indietro ed accelerazioni in avanti, dovuti al fatto che si è sempre portati ad usarla con tante modalità diverse ed a costruirla, di conseguenza, passo a passo.

Allora nella critica dialettica della teoria della Geomatica deve poter agire, diversamente dal passato, più l'imperativo scientifico che quello categorico (ad esempio, come un manuale asettico di regole procedurali). Infatti l'elemento conoscitivo, ormai assolutamente predominante, è il solo elemento positivo d'aiuto nei confronti della prassi (costituita dalla Geomatica Applicata) e, se si conosce meglio quel che si fa, è possibile che si faccia meglio anche quel che si fa. Pertanto alla critica dialettica, come compito specifico, è assegnato d'esaminare la teoria (nei limiti in cui questo si rivela razionalmente possibile), sia che si tratti degli studi del passato, che per quanto riguarda le ricerche del presente, cosicché questa disamina, critica e dialettica, sia d'aiuto positivo alla prassi, laddove si attua.

Il rapporto tra Geomatica e società non è uni-direzionale, ma bi-direzionale: va dalla società alla Geomatica, ma anche dalla Geomatica (e dalla Geomatica Applicata) alla società (civile, politica ed economica). La società interroga e sollecita la Geomatica, ma la Geomatica le risponde e promuove il suo miglioramento. Uno studio, attento ed approfondito, della Geomatica e della Geomatica Applicata non si occupa solo di uno di questi due versanti. Al contrario, è essenziale la descrizione di questo nodo di rapporti che sono reciproci. Infatti a partire dalla conoscenza della Geomatica, la società cambia, assumendo dimensioni e forme che, in sé e per sé, non avrebbe mai assunto. Ad esempio, la società lombarda del '700 evidenzia una storia di sviluppo e progresso che non sarebbero stati possibili senza il Catasto Teresiano.

Di conseguenza, l'esecuzione delle varie operazioni della Geomatica Applicata è strettamente connessa ad un'ideologia progettuale, cioè ad una certa forma mentis che, come alcune caratteristiche fondamentali della cosiddetta civiltà occidentale, esprime il senso del fare e del costruire. Inoltre tutto questo è vero non solo materialmente, ma anche idealmente, in quanto i progetti ed i loro oggetti devono possibilmente essere ben definiti, armonici e felicemente riusciti. In questo modo, la pressione concreta della tecnica sale di livello, fino a diventare una sorta di operazione superiore, perché completamente astratta, di soddisfazione intellettuale (cosicché i campi di questa cultura siano autonomamente riconosciuti come tali e la loro impalcatura, logica e critica, non escluda, ma anzi sia consustanziale ad una felice resa estetica)¹³⁷.

Conclusione

La tecnologia si sviluppa con la concorrenza¹³⁸, tuttavia attualmente, nel mondo capitalista, si riscontra la tendenza all'incremento d'efficienza e redditività, con lo sviluppo incessante della tecnologia, a prescindere

¹³⁷ Terminata l'interessante parafrasi asoriana, resta da constatare come si voglia combattere fieramente, di certo, studi teorici che sembrano essere quasi senza oggetto, ma soprattutto vergognose pratiche operative, in base alle quali, prima di chiedersi a qual fine ed in quale modo si faccia qualcosa, quella stessa cosa è già fatta. Infatti se sono inutili le torri d'avorio di una scienza pura estetizzante, sono invece altamente pericolose le mani in pasta per qualcosa che non si può più neppure chiamare tecnica, perché costituiscono un misto di ignoranza e criminalità. A riguardo, non sembri troppo forte l'ultima parola, in un paese appestato da una corruzione diffusa, da una cattiva politica e da una malavita organizzata che umiliano le tantissime persone perbene e che solo la ribellione, di tutti e di ciascuno, potrà riuscire a superare, pur con grandi difficoltà.

¹³⁸ Questa affermazione è vero solo in teoria, dato che il capitale predilige, di gran lunga, il monopolio.

dalla concorrenza ¹³⁹. Infatti le tecnologie possono essere applicate in vari ambiti ed al loro sviluppo sono interessati, oltre al capitale, anche le strutture statali (amministrazioni, istruzione e sanità, ma soprattutto per il complesso militare). Marx sostiene che l'innovazione tecnologica è un'arma fondamentale nella lotta di classe (ad esempio, i robot non pretendono pause, durante l'orario di lavoro, né aumenti di stipendio e poi non scioperano). Già oggi e soprattutto in futuro, percentuali sempre più numerose della popolazione, locale e mondiale, si rivelano superflue, nel processo produttivo. Allora la domanda sul tipo di lavoro che si vuole fare non è separabile dal tipo di persona che si vuole essere. L'idea che cambiare il mondo sia possibile, se contemporaneamente si cambia sé stessi, fa parte di una tradizione umanistica che risulta viva, a patto che non commetta il delitto di considerare umani solo determinati gruppi di abitanti della Terra. Ad esempio, questo è avvenuto durante l'espansionismo coloniale, sicché l'umanesimo cui si fa riferimento è nuovo ¹⁴⁰. Nello sviluppo della cultura occidentale, il senso della vista ha un ruolo notevole ¹⁴¹, anche per la formazione della soggettività con lo sguardo ¹⁴². Pertanto l'appello a pensare mondialmente di Antonio Gramsci è per un nuovo umanesimo che parta dal basso, rifiuti ogni nazionalismo ed ogni forma di razzismo, a qualsiasi livello, da quello planetario a quello particolare, e risponda all'inglobamento del mondo da parte del capitale.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano vivamente l'ing. Chiara Maria Porporato (Ph.D.) che ha contribuito alla revisione di questo lavoro, attivamente e con grande competenza, in particolare, per quanto riguarda l'impiego delle nuove tecnologie del rilevamento.

Bibliografia minima

- Asor Rosa A. (2014): Letteratura italiana – La storia, i classici, l'identità nazionale. Carrocci editore – Sfere, Roma.
- AAVV (1987): Gramsci – Le sue idee nel nostro tempo. Editrice l'Unità, Roma.
- Basso L. (1977): Rosa Luxemburg. Mondadori – Oscar per conoscere, Milano.
- Colajanni N. (1987): Comunisti al bivio – Cambiare fino in fondo o rassegnarsi al declino. Arnoldo Mondadori Editore, Milano.
- Columbo V. (1956): Corso di Estimo – L'economia edilizia. Libreria editrice politecnica / Cesare Tamburini, Milano.
- Columbo V. (1966): La ricerca urbanistica – Organica urbanistica. Dott. A. Giuffrè Editore, Milano.
- Columbo V. (1972): Estimo – La logica / La teorica. Dott. A. Giuffrè Editore, Milano.
- Columbo V. (1974): La ricerca urbanistica – Indagini primarie. Dott. A. Giuffrè Editore, Milano.
- Gruppo 150 ore – Università di Roma (1978): Lavoro e studio: materiali per le 150 ore – Laboratorio didattico dell'istituto di matematica. Vol. 1 e 2. Gabriele Mazzotta editore, Milano.
- Gruppo scuola popolare (1973): Una scuola fatta da noi. Quaderni del Centro Operaio – Coines edizioni, Roma.
- Inghilleri G. (1974): Topografia Generale, UTET, Torino.
- Ingrao P. (1977): Masse e potere. Editori Riuniti – Politica, Roma.
- Ingrao P. (1978): Crisi e terza via. Editori Riuniti – Interventi, Roma.
- Ingrao P. (1982): Tradizione e progetto – Riforme e potere. De Donato, Bari.
- Portelli H. (1976): Gramsci e il blocco storico. Tempi nuovi Laterza, Bari.
- Portelli H. (1976): Gramsci e la questione religiosa. Gabriele Mazzotta editore, Milano.
- Pescarini A. (1977): Un progetto per la matematica nella scuola elementare – Metodologia e storia di una sperimentazione didattica. Feltrinelli, Milano.
- Salvadori M.L. (1978): Kautsky e la rivoluzione socialista 1880/1938. Biblioteca di Storia contemporanea / Feltrinelli, Milano.

¹³⁹ Harvey D. (2014): Diciassette contraddizioni e la fine del capitalismo. Feltrinelli, Milano.

¹⁴⁰ Frantz Fanon (Fanon F. (2007): I dannati della terra. Einaudi, Torino), psichiatra rivoluzionario, afferma che "la morte del colonialismo è insieme la morte del colonizzato e la morte del colonizzatore".

¹⁴¹ Esempi importantissimi sono la scoperta delle leggi della prospettiva e la loro adozione, in ambito artistico.

¹⁴² William Edward Burghardt Du Bois, intellettuale ed attivista politico, a favore dei diritti degli Afro americani, descrive l'impatto dello sguardo del bianco: Toh, un negro, cosicché la soggettività dell'uomo di colore si forma costretta a guardarsi sotto lo sguardo dell'altro.