

Dal rasoio di Ockhan all'appercezione di Leibniz per geologi, architetti e ingegneri

Pierfranco Ventura
Ingegnere Civile
E-mail: pierfranco.ventura@stesecoetica.it

From Ockhan's razor to the Leibniz apperception for geologists, architects and engineers

Parole chiave: Linguaggi interdisciplinari, Idroisoipse, Dati Storici, Geometria delle Masse-Terreno-Architettura, Rilievi Geodetici, Analisi Pseudostatiche, Coesione
Key words: Interdisciplinary Languages, Idro-contour-lines, Historical Data, Geometry of the Masses-Soil-Architecture, Geodetic Surveys, Pseudostatic Analysis, Cohesion

1. INTRODUZIONE

I contributi e i limiti della Scienza e della Tecnica ai fini della risoluzione di un problema, trovano in tanti pensatori importanti utili fondamenti culturali per il discernimento delle ipotesi progettuali.

Il francescano Guglielmo Ockhan (1285-1347) propose di scegliere, tra più ipotesi possibili, quella più semplice, a meno che non sia necessario e utile prendere in considerazione più fattori.

Per rimanere su criteri analoghi vale anche la critica al perfezionismo nel *Candido* di Voltaire (1694-1778) per cui "il meglio è nemico del bene".

Il criterio si attualizza poi con il "less is more" dell'Architetto Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969) maestro del riduzionismo.

Contributi e limiti molto più estensivi si trovano poi nel concetto di appercezione di Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) ovvero l'atto riflessivo attraverso cui si diviene consapevoli delle proprie percezioni pur inavvertite.

Tale concetto è anticipato da San Bonaventura (1221-1274) con il termine "un occhio che vede" che permea e unifica i vari saperi, in modo da consentire di elaborare una nuova esperienza assimilandola e trasformandola in base alle precedenti per formarne una nuova.

Altro importante contributo è dato dal personalismo di Emmanuel Mounier (1905-1950) che nella rivista *L'Esprit* evidenziava l'importanza degli apporti armonizzati nella persona: fra corpo, mente, psiche e spirito, senza separazioni ideologiche che hanno invece creato gravi danni. Contemperare lo spirito, ovvero l'ascolto con il cuore, sviluppa l'appercezione della persona. È evidente che ascoltando anzitutto pienamente tali apporti si arriva a validi disegni, indagini, analisi e scelte progettuali di qualità e con grande soddisfazione per tutti.

Si cerca pertanto, alla luce dei suddetti criteri, di descrivere gli apporti interdisciplinari fra Geologi-Ingegneri-Architetti in modo da far colloquiare i rispettivi linguaggi.

Molto importante è lo sviluppo del linguaggio comune (*koinè*) secondo la cultura scientifica-umanistica unitaria, che ha radici storiche europee illustrissime.

2. IL LINGUAGGIO NATURALISTICO

L'inquadramento di qualsiasi progetto nella scala geologica è il primo requisito per il rispetto dell'ambiente e della cultura basata sul linguaggio naturalistico, da Nicola Stenone (1638-1686) a Giulio De Marchi (1890-1972).

A puro titolo di esempio la Fig. 1 illustra il rilievo geologico strutturale del basamento roccioso riguardante le vestigia di un castello diroccato, integrato anche dal rilievo topografico su cui si deve appoggiare il rilievo della superficie piezometrica per le chiare valutazioni idrogeologiche, senza "rasoi" sui riferimenti.

Nel linguaggio naturalistico rientra poi quello agro-forestale il cui rispetto è altrettanto cogente nella progettazione, specie nel compenso idrologico fra superfici urbanizzate impermeabili e quelle verdi permeabili nel quadro del disciplinamento delle acque influenti sul reticolo idrografico di competenza del sito in esame, e di urgente programmazione per la manutenzione periodica.

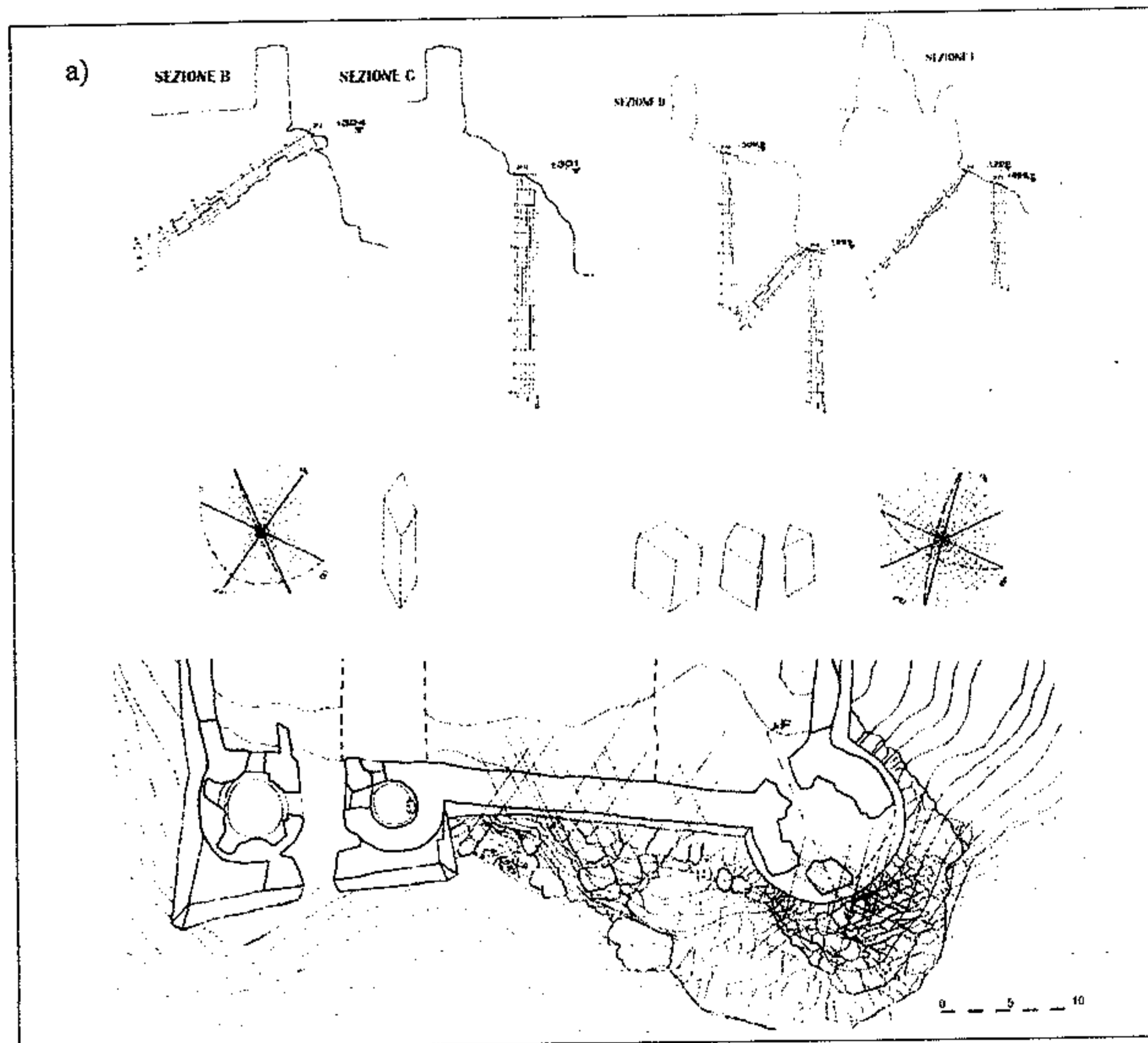


Figura 1. Rilievi di vestigia redatti da un Topografo (isoipse) e da un Geologo (geologia strutturale; idroisoipse tracciate dopo le massime percolazioni e emergenze)

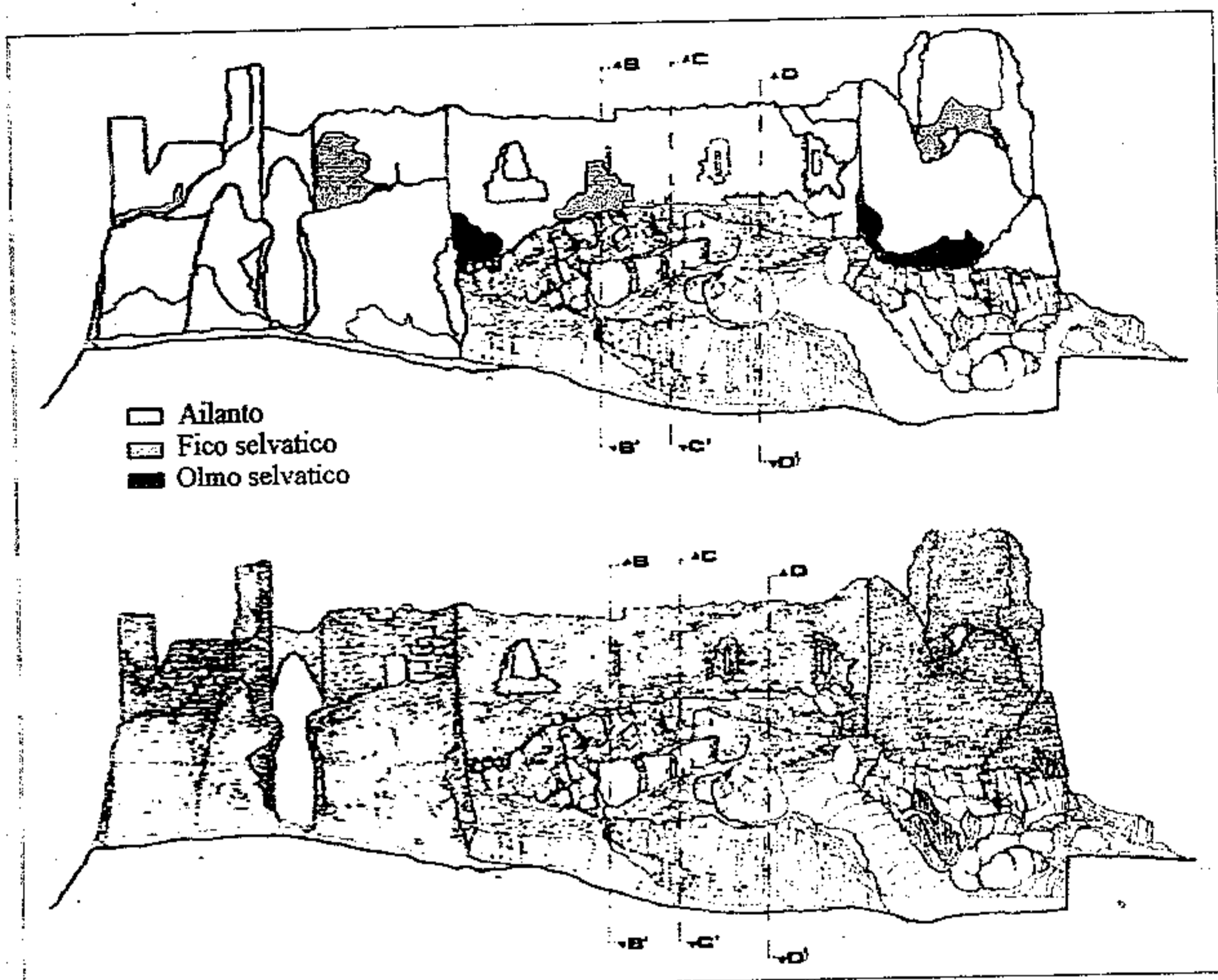


Figura 2. Rilievi delle piante infestanti redatto da un Agronomo-Forestale e delle vestigia redatto da un Architetto (disegno dal vero)

Evidenti sono anche i contributi della vegetazione sugli effetti climatologici e sulla circolazione dell'aria di vitruviano ordinamento.

La Fig. 2a mostra un particolare aspetto riguardante la vegetazione infestante che copriva le predette vestigia e s'incuneava nelle fratture naturali del basamento roccioso: un'attenta selezione fatta da un agronomo forestale ha consentito di modificare al minimo l'aspetto paesaggistico contemperando quello delle indagini, altrimenti impossibili anche per il livello di conoscenza iniziale.

Più in generale costruzioni fondate parte su roccia e parte su detriti o addirittura riporti o peggioro su pendii non stabili saturi, spostano decisamente gli interventi di consolidamento o di demolizione, e vanno salvati possibilmente i casi di opere di rilevante valore architettonico.

“L'appercezione” suggerisce di eseguire peraltro indagini geofisiche solo dopo aver svolto significativi sondaggi geognostici e rilievi geodetici di precisione e di consistenza (§5).

3. IL LINGUAGGIO ARTISTICO

Il linguaggio artistico specie basato sull'armonizzazione fra Statica ed Estetica, da Filippo Brunelleschi (1377-1446) a Pierluigi Nervi (1891-1979), deve contemperare subito anche il volume di terreno significativamente interagente con la struttura.

La Fig. 2b evidenzia il rilievo delle stesse vestigia fatto da un Architetto se-

condo la storica scuola del disegno dal vero: l'elaborato trasuda arte e arricchisce i linguaggi in maniera evidente, oltre a non far dimenticare le radici della prospettiva e della teoria delle ombre.

Tale esempio di linguaggio rappresentativo integra fortemente il moderno disegno 3D (BIM Building Information Modeling), mostra infatti come sia importante contemperare la visione personale diretta “appercezione” in un progetto, specie di Restauro Conservativo.

I moderni rilievi laser tridimensionali si possono impiegare per il restauro di opere d'arte di rilevante prestigio, ma per il rilievo essenziale delle strutture terreno portanti possono essere ancora validi quelli geodetici (§5), oltretutto liberandole graficamente dai tanti particolari decorativi, in modo da valutare, anche con il “rasoio”, se bisogna consolidare le mura prima di restaurarle.

In particolare il consolidamento o la demolizione di strutture danneggiate specie dal sisma, richiedono un'elevata sensibilità artistica lasciando la testimonianza delle vestigia diroccate ma messe in sicurezza, basandosi prima sulla “appercezione” più che su calcoli sismici probabilistici.

Nel caso di Fig. 2 i conci sommitali crollati, ai piedi delle mura, a causa del terremoto, sono stati spostati in modo da togliere l'aggravio delle spinte sulla cinta, specie in caso di nuovi eventi sismici; i conci sono stati poi ricomposti a secco, a distanza di sicurezza, in modo da creare muretti delimitanti un percorso pedonale fruibile dai visitatori.

4. IL LINGUAGGIO MECCANICISTICO

Il linguaggio ingegneristico attuale affonda le radici in tempi relativamente più recenti da Augustin Louis Cauchy (1789-1857) a Natham Mortimore Newmark (1910-1981) sempre per citare solo alcuni esempi.

Circa il “rasoio”, gli ingegneri, specie con i programmi digitali tramite gli interruttori binari, possono finire per semplificare drasticamente in “sì” e “no” la complessità della realtà, vanificando il discernimento delle cause di cura in un progetto.

Analogamente l'uso di algoritmi da intelligenza artificiale che vogliono tener conto di un eccesso di bigdata e di numerosi fattori, spesso opinabili, finiscono per fornire sicurezze illusorie e allontanano i programmi digitali dall'originale ideazione binaria di Leibniz, in cui 0 è “non essere” ed 1 è “essere”.

Si cerca soprattutto, validamente, di coprire di norma la distanza fra le oggettive modellazioni “perfette” e le soggettive applicazioni “imperfette” con i criteri di sicurezza semiprobabilistici.

In proposito si è passati dal contributo statistico-deterministico a quello statistico-probabilistico aprendo la porta a fattori opinabili e a costi spesso spropositati rispetto alla riduzione certa del rischio.

La tendenza a valutare la deviazione dal valore medio (*bias*) nel coniugare la statistica con la probabilistica (stocastica) fa ormai considerare “certo” sui meteo che ad esempio piova al 38%, estendendo “con l'ombrello” tali quantizzazioni alle resistenze dei terreni o alle azioni sismiche.

I moderni criteri di sicurezza semiprobabilistici si basano, come noto, su combinazioni di fattori parziali che minimizzano dell'ordine del 50% le resistenze dei materiali e maggiorano dell'ordine del 50% le azioni di norma (Ventura 2017).

Importante è la misura delle resistenze nelle varie scale d'indagine: laboratorio, sito, vera grandezza per quantificare in modo “imperfetto” i modelli costitutivi rigidi-elastici-plastici “perfetti” porosi specie saturi del terreno e solidi delle strutture interagenti.

Sul ruolo delle resistenze nei riflessi dei criteri di sicurezza semiprobabilistici molto importante è la valutazione della coesione specie non drenata del terreno saturo, unico parametro che si oppone alle azioni sismiche, in quanto l'attrito offerto dalla pressione interstiziale dell'acqua è nullo, non potendo questa sfuggire dallo scheletro solido rapidamente scosso.

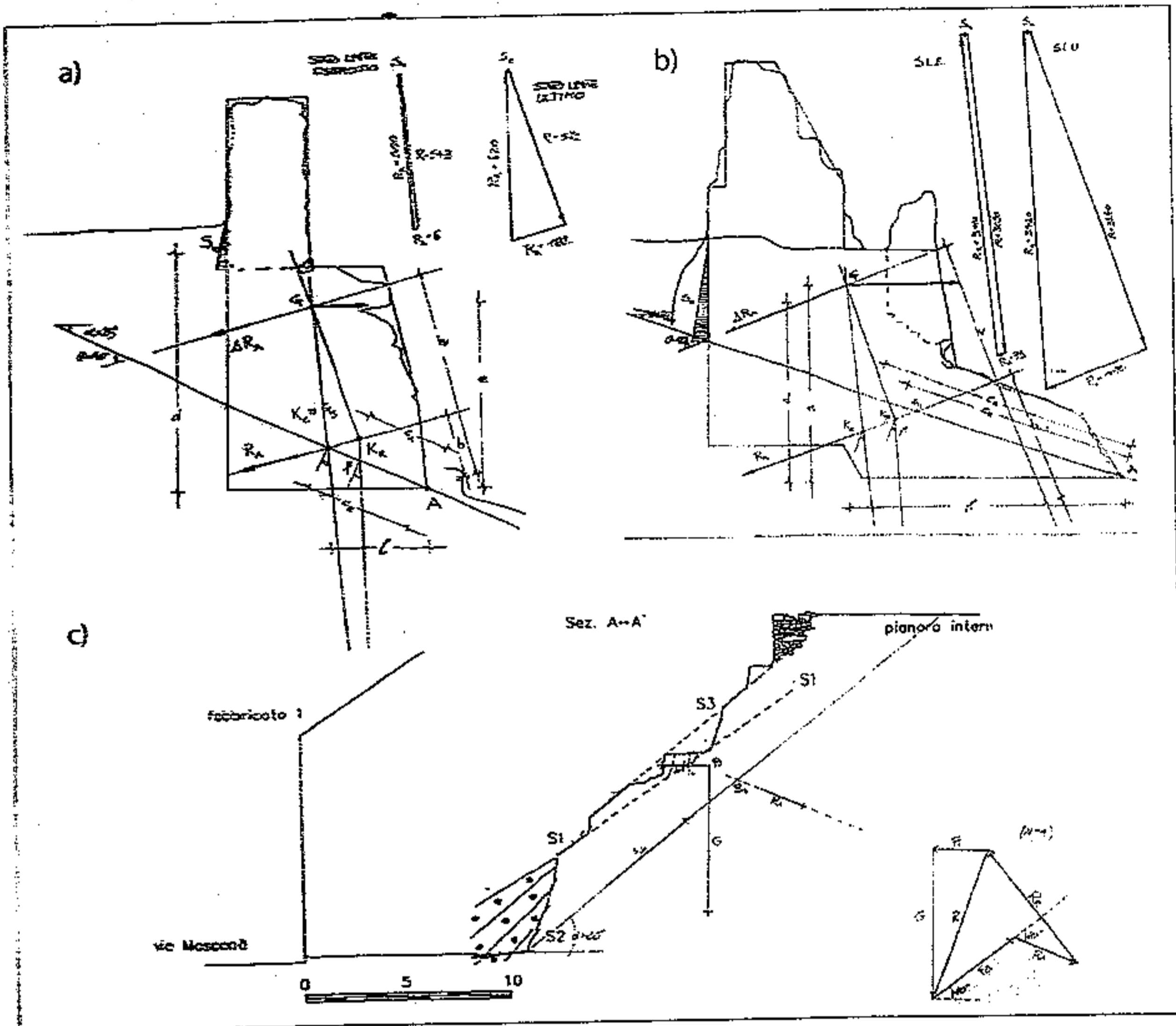


Figura 3. Verifiche delle vestigia statiche grafiche dello stato limite di esercizio (SLE) e pseudostatiche dello stato limite ultimo sismico (SLU) per valutare le rispettive distanze di sicurezza

Si evidenzia in proposito che i piccoli valori di tale coesione non vanno trascurati nelle verifiche in zona sismica, solo in quanto appaiono ben minori ad esempio della resistenza del c.a.: la buona ripartizione di tale resistenza coesiva su superfici sufficientemente estese è preziosa per suffragare la sicurezza dai terremoti e va presidiata con la manutenzione.

Dualmente altrettanto critica è la valutazione della sicurezza per effetto delle azioni specie in campo Sismico o delle Tempeste.

Nel continuare con l'esempio dei precedenti paragrafi, la Fig. 3 mostra l'analisi grafica pseudostatica sismica, che comprende anche il volume significativo di roccia basale delle vestigia, posta a confronto con l'analisi grafica di esercizio.

Il controllo semplificato dei calcoli si basa sul "rasoio" del modello rigido statico che rispetta l'equilibrio delle forze esterne, senza però considerare, nel rispetto della Scienza delle Costruzioni, lo stress delle deformazioni interne (come le persone che rispettano solo tutte le regole esteriori ma dentro essendo prive di controllo scoppiano, fino ai danni del potere rigido).

La Fig. 3 mostra le storiche chiusure dei poligoni delle forze e di bilanciamento rispetto agli assi principali d'inerzia nel rispetto della Geometria delle Masse grandezze certe in quanto ben valutabili dai disegni e primo presidio per evitare instabilità critiche in caso di azioni eccezionali.

Ciò pur con le lacune di non conoscere le predette misure delle resistenze da supportare con quelle nuove di consolidamento.

Le analisi scandiscono le distanze di sicurezza per gli stati limite di esercizio e ultimo adeguate con il consolidamento ottenuto tramite chiodature di ancoraggio del basamento roccioso fratturato che contrastano le forze d'inerzia sismiche.

"L'appercezione" delle possibili perdite di resistenza sotto gli stress sismici può essere pilotata a priori riducendo le deformazioni tramite le tesature iniziali attive degli ancoraggi, controllandole a posteriori con il monitoraggio.

I confronti poi fra i 4 elaborati simbologgiano l'apporto prezioso del Geologo, Agronomo, Architetto, Ingegnere, che se fossero isolati e non armonizzati condurrebbero a scelte progettuali addirittura errate o con sperperi di spese.

5. IL CONSOLIDAMENTO DELL'ESISTENTE

La valutazione delle caratteristiche dei materiali e delle azioni (§4) sono, come noto, molto più aleatorie nel caso delle opere esistenti rispetto alle nuove.

In proposito ancora più notevole è l'incidenza sul Progetto di Consolidamento delle conoscenze di Geotecnica per valutare la resistenza dei terreni e di Sismica per valutare gli effetti delle azioni dinamiche (Ventura 2019), tanto che ambedue devono precedere le scelte Tecnologiche.

Si delineano in proposito alcune considerazioni che riguardano sia le azioni sia le resistenze.

Il linguaggio del Geologo che richiede giuste sistematiche maggiorazioni dello spettro di norma in base alla microzonazione, peraltro con i limiti di prove basate su eccitazioni da tremori, deve raccordarsi con il linguaggio dell'Ingegnere (Chopra 2007), peraltro con i limiti dei criteri di norma prestazionali cogenti, anziché prescrittivi raccomandati.

Si cerca di rendere le interazioni terreni-strutture organicamente resilienti, in modo da consentire spettri di progetto di norma tanto più ridotti quanto più le strutture sono duttili o meglio sanno sfuggire alla risonanza e ... alla ridondanza burocratica.

In proposito si richiama che le accelerazioni massime di amplificazione delle strutture, nel campo dei periodi propri prossimi a quelli di risonanza, risultano dell'ordine di 2,5 volte maggiori rispetto alle accelerazioni a terra a_{gh} (Horizontal Peak Ground Acceleration) d'inizio dello spettro.

Le risposte tipiche di edifici di pochi piani crescono linearmente, fino ai valori massimi dello spettro elastico con accelerazioni equivalenti a quelle anelastiche di danno e per spettro di spostamento contenuto (Paulay, Priestley 1992) essendo le frequenze proprie < 5 Hz.

La normativa NTC2018 in campo lineare consente poi per le murature uno smorzamento dello spettro elastico di progetto con un fattore di struttura almeno di $q = 1,5$ volte.

Con il "rasoio" le azioni sismiche sono pertanto $2,5 a_{gh}/1,5$ per cui le indagini geofisiche per le maggiorazioni microsismiche degli spettri macrosismici di norma, già differenziati con i tipi di terreno, vanno fatte specie se si superano del 50% le accelerazioni, standardizzate in tutta Italia.

In particolare inoltre le murature in tufo legate con malta di calce e pozzolana presentano un peso specifico inferiore a quello delle murature in pietra e pertanto possono sopportare accelerazioni maggiori dei conci di calcare nella proporzione 2,7/1,7 e pertanto offrono un'inerzia minore di circa il 60%.

Considerazioni analoghe valgono anche per le murature in laterizio e specie in blocchi forati antisismici, sempre in relazione ad una valida distribuzione delle rigidità e dei particolari costruttivi.

Le predette maggiorazioni micro/macrosismiche possono essere ancora meno incidenti, se le murature sono in tufo di pochi piani: infatti è come se

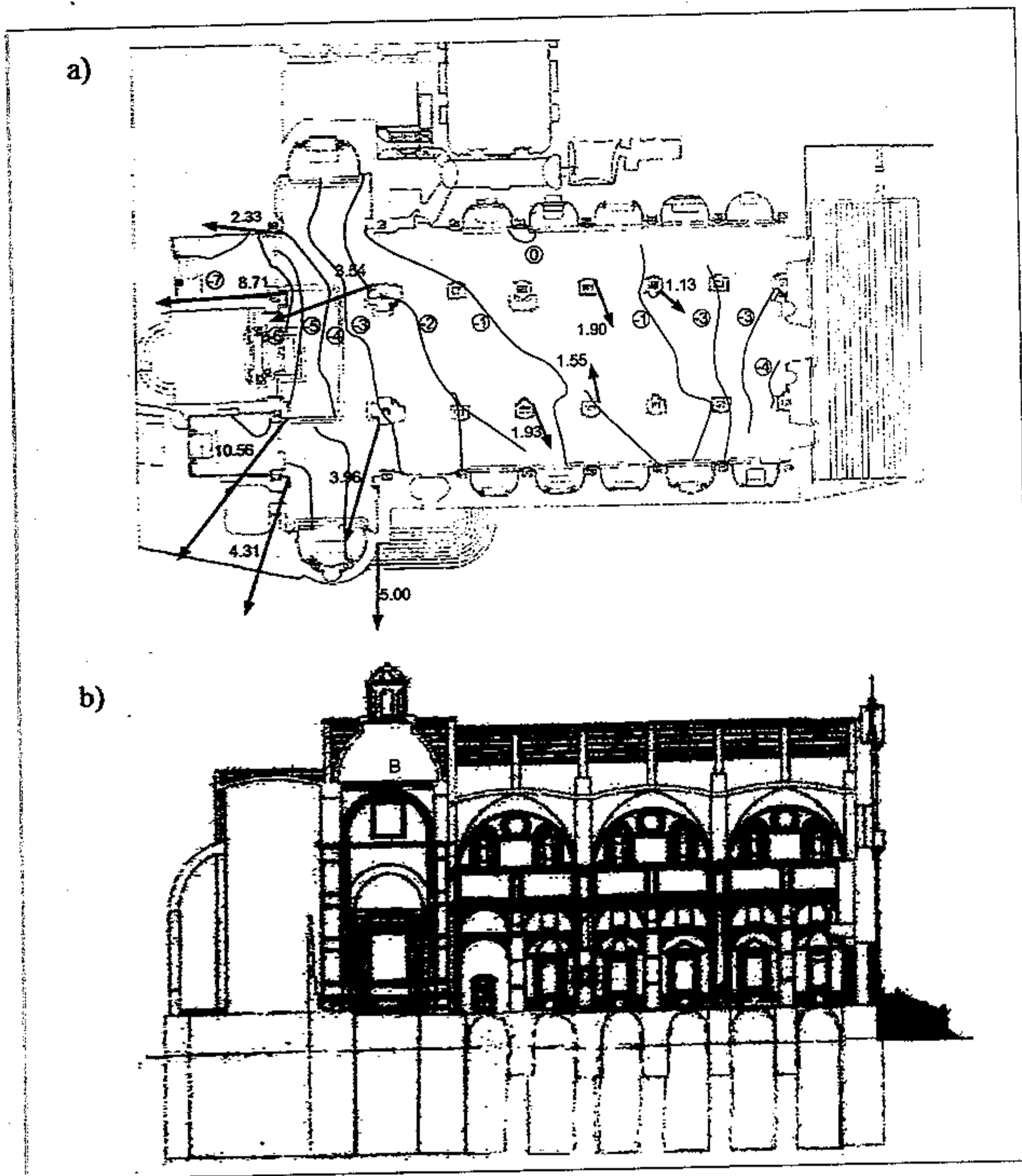


Figura 4. a) Rilievo geodetico di "non orizzontalità e di non verticalità"; b) Rilievo delle strutture portanti e riscontro delle fondazioni documentate dal giornale di cantiere del 1483

queste avessero una capacità in duttilità equivalente a $q = 2,5$, ovvero è come se risentissero solo delle accelerazioni a terra agh senza amplificazioni.

Tale criterio di controllo semplificato è suffragato dal § 10,2 delle NTC2018 sul giudizio motivato di accettabilità e si fonda sulle considerazioni certe (§4) basate sulle verifiche grafiche di Geometria delle Masse.

Nella fondamentale ricerca del livello di conoscenza (LC) di norma è in ogni caso opportuno bilanciare i rilievi e le indagini fra struttura e terreno, cominciando da quelli essenziali e meno sofisticati: dai dissesti idrogeologici ai sondaggi geognostici, dai rilievi della geometria portante alla consistenza muraria, dalle distorsioni in atto al quadro fessurativo.

Molto utile prima di ogni indagine è la ricerca di rilievi basandosi sulla cartografia storica comparata, specie in presenza di dati alluvionali o di franosità o di fondazioni pregresse.

La Fig. 4b mostra in proposito il caso in cui si è ritrovato il giornale di cantiere del 1483 che riportava le profondità delle fondazioni a pozzo della chiesa, per cui è bastato riscontrarle con pochi sondaggi.

Altrettanto utile è la ricostruzione degli spostamenti pregressi sia a causa di cedimenti del terreno tramite il rilievo di "non orizzontalità" sia di spostamenti orizzontali a causa dei terremoti, tramite il rilievo di "non verticalità" di vari particolari costruttivi realizzati "in bolla" e "a piombo".

La Fig. 4a riporta tali rilievi che hanno evidenziato i maggiori spostamenti dei piloni principali che sorreggono la cupola e che hanno innescato le lesioni negli arconi principali, sino al crollo di conci in chiave davanti all'altare centrale.

Il consolidamento è consistito anzitutto nel sospendere i 4 arconi ad un traliccio su appoggi centrati sui piloni in modo da togliere le eccentricità dei carichi inferti dalla cupola e quindi i momenti flettenti fino in fondazione.

6. CONCLUSIONI: L'INTERDISCIPLINARIETÀ PREVENTIVA

È evidente che le analisi della sicurezza semiprobabilistiche diventano carenti se non sono inquadrare negli studi Idrogeologici, specie di stabilità dei pendii e disciplinamento delle ac-

que, e negli studi del Restauro, specie dei monumenti e del paesaggio.

La delineata conoscenza reciproca dei linguaggi sviluppa il rapporto equilibrato dei rilievi e delle indagini, in modo da valorizzare le competenze e le responsabilità di ogni professionista con contributi tesi al bene comune, specialmente per la *programmazione delle scelte*: dalle Conferenze dei Servizi fino alla Progettazione Esecutiva.

Urge la riunificazione del sapere, storicamente peculiare della scuola italiana, che può essere realizzata, specie nelle Università, con *studi interdisciplinari preventivi* tutti da "consolidare" tramite *Esercitazioni in Laboratori di Progettazione Geo-In-Arch* e con fondi per i giovani Ricercatori.

Analogamente nel campo della formazione pubblica urge una nuova *Scuola Amministrativa e Tecnica del Genio Civile*, e una riorganizzazione dei rapporti Stato-Regioni.

Si spera vivamente che questa crisi virale possa far riflettere sull'attivazione di questi importanti cambiamenti, perennemente attesi.

BIBLIOGRAFIA

- CHOPRA A.K. (2007) *Dynamics of Structures theory and applications to earthquake engineering*, Prentice Hall.
- DE MARCHI G. (1970), *Atti della Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo*, Roma.
- MOUNIER E. (1950), *Le personalisme*, Paris, Presses Universitaires de France.
- NERVI P.L. (1965), *Scienza o arte del Costruire*, Padova, La Bussola, 1954; *Costruire correttamente*, Milano, Hoepli.
- NEWMARK N.M., ROSENBLUETH E. (1971) *Fundamentals of Earthquake Engineering*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- NTC (2018), *Nuova Normativa Tecnica delle Costruzioni*, Supplemento n. 30 alla G.U. 20 febbraio 2018 n. 29 e Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 21 gen. 2019, n. 7.
- PAULAY T., PRIESTLEY M.J.N. (1992), *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*, J. Wiley & Son, New York.
- VENTURA P. (2013), *Contributi e limiti dell'analisi dei rischi nei criteri di sicurezza*, Rivista Geologia dell'Ambiente, Sigea n° 1/2013.
- VENTURA P. (2017), *Ruolo dei criteri di sicurezza*, Rivista Lacquaonline.
- VENTURA P. (2019), *Fondazioni: Modellazioni statiche e sismiche*, vol. I, pp. 777 Ed. Hoepli 2019; *Fondazioni Applicazioni statiche e sismiche*, vol. II, pp. 782 Ed. Hoepli 2019; 1a Edizione "Fondazioni", pp. 1452. Hoepli, Milano.
- VENTURA P. (2019), *La valutazione delle resistenze terreno-struttura in zona sismica*, XIII ANIDIS 15-17 set., Sessione Generale SG12-105, Ascoli Piceno.