

di Grazia Tucci

# LA BASILICA DEL SANTO SEPOLCRO A GERUSALEMME: RESOCONTO DI UNA RICERCA MULTIDISCIPLINARE

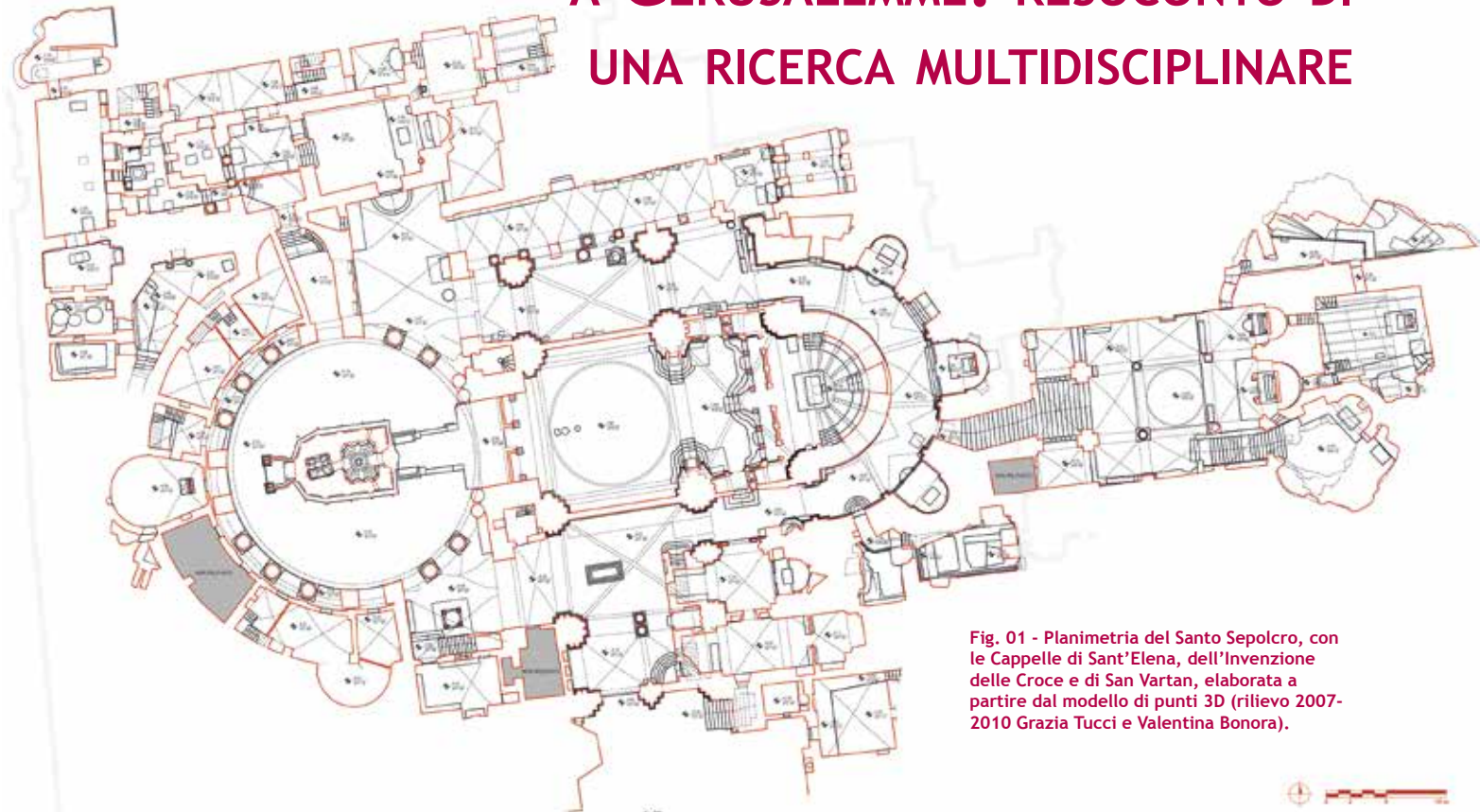


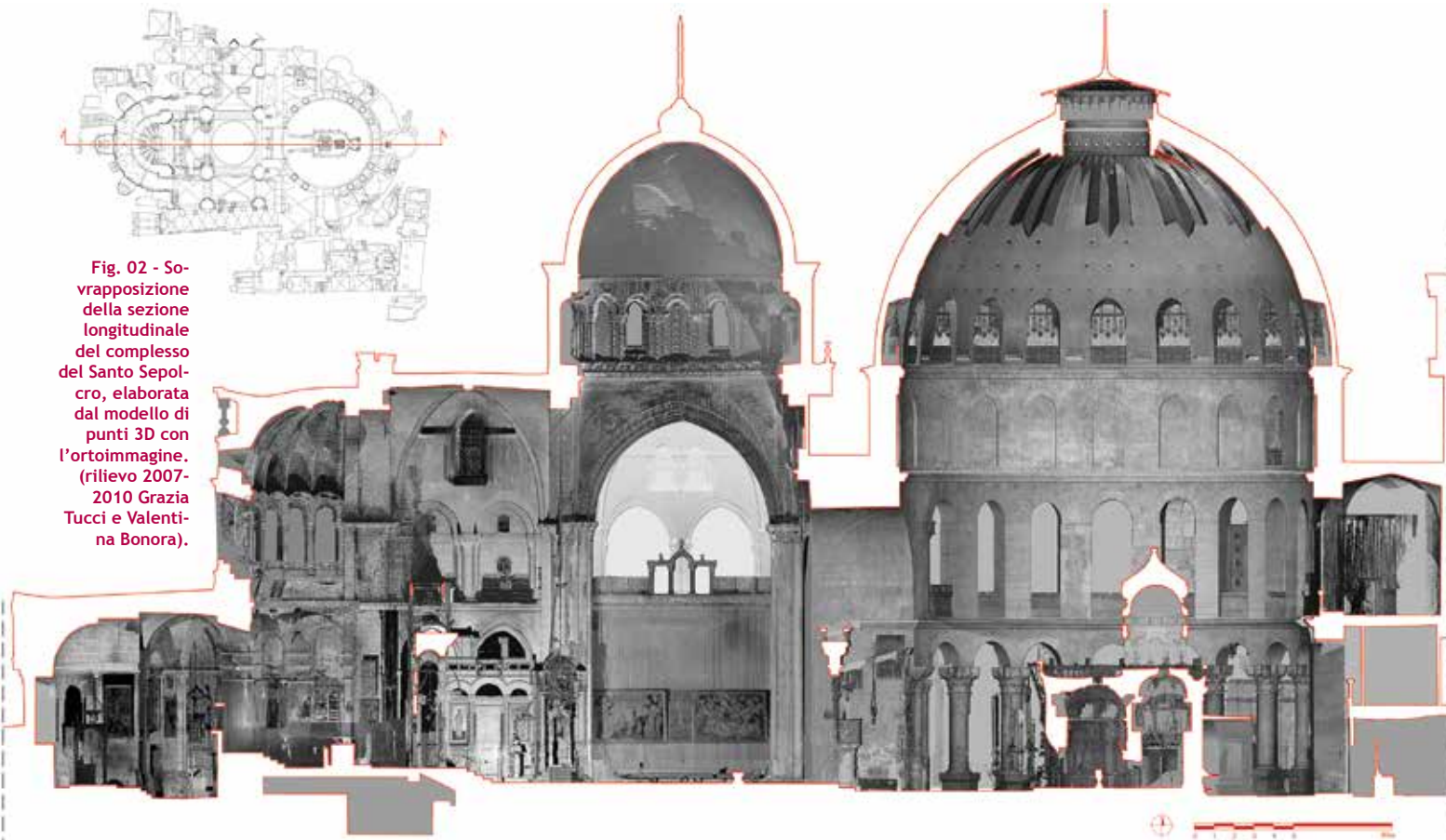
Fig. 01 - Planimetria del Santo Sepolcro, con le Cappelle di Sant'Elena, dell'Invenzione delle Croce e di San Vartan, elaborata a partire dal modello di punti 3D (rilievo 2007-2010 Grazia Tucci e Valentina Bonora).

Gerusalemme è situata in una zona fortemente sismica ed è stata, in passato, teatro di terremoti disastrosi. Il terremoto del 1927 è stato uno dei peggiori che si siano registrati in quel territorio e, oltre a centinaia di vittime, causò consistenti danni alle strutture degli edifici civili e religiosi. Anche la Basilica del Santo Sepolcro fu pesantemente colpita e subì, in seguito ai danni di quel sisma, importanti interventi di consolidamento e ricostruzione. Uno studio sulla città di Gerusalemme ha evidenziato una periodicità, nella ripetizione di eventi sismici, di circa 100 anni. La volontà di scongiurare un pericolo annunciato è stata l'origine del progetto descritto nel volume "Jerusalem The Holy Sepulchre - Research and Investigation (2007-2011)" curato dalla scrivente. Nel 2006 le tre Comunità Principali del Santo Sepolcro preoccupate della capacità della Basilica di resistere a un nuovo terremoto, avevano richiesto una valutazione tecnica delle sue strutture al fine di progettare un eventuale consolidamento in relazione ai risultati derivati dalle analisi.

Gerusalemme è situata in una zona fortemente sismica ed è stata, in passato, teatro di terremoti disastrosi. Il terremoto del 1927 è stato uno dei peggiori che si siano registrati in quel territorio e, oltre a centinaia di vittime, causò consistenti danni alle strutture degli edifici civili e religiosi. Anche la Basilica del Santo Sepolcro fu pesantemente colpita e subì, in seguito ai danni di quel sisma, importanti interventi di consolidamento e ricostruzione. Uno studio sulla città di Gerusalemme ha evidenziato una periodicità, nella ripetizione di eventi sismici, di circa 100 anni. La volontà di scongiurare un pericolo annunciato è stata l'origine del progetto descritto nel volume "Jerusalem The Holy Sepulchre - Research and Investigation (2007-2011)" curato dalla scrivente. Nel 2006 le tre Comunità Principali del Santo Sepolcro preoccupate della capacità della Basilica di resistere a un nuovo terremoto, avevano richiesto una valutazione tecnica delle sue strutture al fine di progettare un eventuale consolidamento in relazione ai risultati derivati dalle analisi. Padre Michele Piccirillo, archeologo e professore dello Studium Biblicum Franciscanum, si rivolse al Direttore del Centro di Ateneo per i Beni Culturali (CABEC), dell'Università degli studi di Firenze, il defunto prof. Piergiorgio Malesani, per condurre



Fig. 02 - Sovrapposizione della sezione longitudinale del complesso del Santo Sepolcro, elaborata dal modello di punti 3D con l'ortomagine. (rilievo 2007-2010 Grazie Tucci e Valentina Bonora).



uno studio sulla vulnerabilità sismica del monumento. Si interpellarono così architetti, rilevatori, geologi e ingegneri strutturisti e furono costituiti tre gruppi di ricerca che hanno svolto le indagini in modo collaborativo e fortemente interdisciplinare: il primo per la caratterizzazione geotecnica e geofisica, il secondo relativo ai rilievi metrici 3D e il terzo relativo alla valutazione strutturale della vulnerabilità sismica<sup>1</sup>.

Tutti hanno accolto con grande slancio questa sfida per uno dei siti più affascinanti del mondo la cui stratificazione storica, al di là delle questioni più marcatamente religiose, rende di difficile lettura il ricco e articolato palinsesto architettonico, più volte distrutto e ricostruito, nonché l'importante relazione con il banco roccioso sul quale insiste.

L'iniziativa ha costituito anche l'importante attestazione di una volontà congiunta delle Comunità religiose (Greca, Francescana e Armena) di aderire ad un progetto comune per la conoscenza e la salvaguardia di un patrimonio unico al mondo, aspetto questo tutt'altro che trascurabile se si tiene conto dei ricorrenti dissidi spesso documentati fra le stesse comunità.

La prima campagna di indagini si è svolta dal 16 al 30 Aprile 2007. Solo successivamente, esaminando i resoconti dei rilievi pregressi, si sono compresi appieno i commenti di studiosi che in precedenza avevano lamentato le difficoltà da essi incontrate nello svolgimento delle operazioni di rilievo, sempre considerate una ardua impresa. A cominciare dall'articolazione piuttosto complessa delle strutture, che porteranno Charles William Wilson (1836-1905) a non essere soddisfatto dei suoi risultati, come dirà in una lettera ad Hayter Lewis, per proseguire con le difficoltà logistiche nel trasporto della strumentazione - il Santo Sepolcro

è incastonato in una struttura urbana, con altimetria variabile, che non consente di raggiungerlo con mezzi convenzionali - e nelle relazioni con le diverse Comunità. Basti pensare alla naturale diffidenza di coloro che, nelle varie Comunità, si alternano nella sorveglianza di quel luogo Sacro ed ai quali, non essendo stati informati delle nostre attività, occorre spiegare le ragioni di tanti "inconsueti movimenti", in ambienti solitamente non aperti ai pellegrini ed ai turisti. Padre Piccirillo aveva fornito informazioni molto sommarie, indicandoci la sola porta principale, per lasciarci decidere autonomamente, dopo l'accesso, gli adempimenti da compiere per gli obiettivi assegnati. Non eravamo a conoscenza, a quel tempo, che anche solo lasciare un prisma appoggiato su un plinto poteva dare adito a irrigidimenti e sospetti! Non ci erano note le difficoltà che potevano derivare dall'ancora vigente "Status Quo" che attribuiva quel plinto ad una Comunità piuttosto che ad un'altra. Durante le campagne di rilievo, il raggio luminoso del laser che percorreva tutte le superfici e la istantanea visualizzazione sullo schermo dei modelli di punti 3D hanno facilitato il contatto sia con coloro che appartenevano alle Comunità del Sepolcro che con i pellegrini curiosi che si avvicinavano spesso nella speranza di trovare una chiave di lettura tra quegli intricati percorsi che nulla avevano a che fare con quanto nel loro immaginario si aspettavano di scoprire in quel Sacro Luogo. D'altra parte, nella prima campagna di acquisizione dati, a causa dei tempi di attesa imposti dagli strumenti di allora<sup>2</sup> - circa 3 ore per ogni scansione, ridotti a pochi minuti nelle campagne successive grazie alla rapida evoluzione tecnologica - la nostra permanenza, di giorno e di notte, all'interno della Basilica è stata particolarmente lunga e ci ha consentito di cogliere momenti indimenticabili e di vivere una delle più



Fig. 3 - Modello di superficie di porzione della cava, visibile all'interno della Cappella di Sant'Elena. I pellegrini non sempre arrivano a percorrere questi spazi, appartenenti alla Comunità Armena. (Elaborazioni della mesh Lidia Fiorini).



Fig. 4 - Mesh 3D delle scale che conducono alla Cappella dell'Invenzione della Croce. L'elevato livello dettaglio consente di leggere le differenti tessiture murarie e le lavorazioni superficiali. (Elaborazioni della mesh Lidia Fiorini)

straordinarie esperienze che un rilevatore possa desiderare. Padre Piccirillo aveva consigliato di cominciare dalla Rotonda e solo in seguito ne abbiamo compreso le ragioni: secondo lo "Status Quo" la Rotonda "appartiene" a tutti! È dalla Rotonda dunque che è stato intrapreso il progetto del rilievo, estendendolo successivamente a tutti gli spazi del complesso, dove siamo tornati fino al 2009 per il progressivo completamento delle operazioni. La rete topografica di inquadramento ha dovuto seguire anche tali esigenze di accessibilità "in progress".



Fig. 5 - Mesh 3D della Cappella dell'Invenzione della Croce. (Elaborazioni della mesh Lidia Fiorini)

Nelle campagne successive<sup>3</sup> si sono incontrate ulteriori difficoltà nel trasporto degli strumenti di misura; un destino questo che accomuna coloro che devono trasportare pesanti e costose attrezzature di indagine, come si legge anche nel libro di Martin Biddle<sup>4</sup>, dove rammenta come la British Airways, tramite il suo Charities Department abbia generosamente trasportato senza costi pesanti attrezzature e documenti di ricerca. Come noto, gli strumenti topografici accrescono la diffidenza anche durante i controlli in aeroporto dove si sono consumate estenuanti ore di attesa e di interrogatori senza avere mai la certezza di aver imboccato la strada giusta!

Per quanto riguarda gli accessi all'interno della Basilica già Padre Corbo<sup>5</sup> aveva denunciato le difficoltà incontrate nel rilevare e studiare le aree private di ogni Comunità: archeologo e frate della Custodia di Terra Santa, seppure considerato come l'esperto archeologo da parte di tutte le confessioni, non ha sempre avuto la possibilità di svolgere indagini nelle aree spettanti ai Greci e agli Armeni.

A conclusione delle campagne di indagine possiamo finalmente contestare queste affermazioni, in quanto tutte le Comunità erano volte ad agevolare il lavoro dei gruppi di ricerca: tutte le aree private sono state rese accessibili e rilevabili, comprese quelle più prossime al banco roccioso e quindi più interessanti dal

punto di vista scientifico, con il risultato di aver reso possibile la realizzazione di un modello tridimensionale dettagliato e completo che potrà costituire un riferimento anche per gli studi futuri. Padre Michele Piccirillo, prematuramente e inaspettatamente scomparso il 26 ottobre 2008, che non ha avuto modo di assistere al termine del lavoro da lui avviato e tanto sostenuto, era stato lungimirante lasciando a noi l'onere di individuare il percorso migliore!<sup>6</sup>

Nell'Ottobre del 2009 il CABEC ha consegnato alle tre Comunità una relazione suddivisa in 3 volumi: 1 - Caratterizzazione geotecnica e geofisica; 2- Rilievi tridimensionali - 3-Valutazione strutturale della vulnerabilità sismica che rappresenta l'esito del lavoro condotto dal 2007 al 2009.

Lo studio, realizzato in un lasso temporale piuttosto ridotto, ha ottemperato gli obiettivi iniziali con grande soddisfazione anche per l'inconsueto rispetto dei tempi. Padre Bagatti sostiene che molto spesso, negli studi sulla Basilica, il tempo che intercorre tra le indagini, i rilievi e la trasmissione degli esiti ai diretti interessati è molto lungo, fino a vanificare l'efficacia dei risultati per gli studiosi che si avvicinano nelle ricerche e che da quei rilievi potrebbero invece trarne beneficio.

In effetti il report e le tavole di rilievo consegnati nel 2009 sono state subito rese disponibili ma la volontà di rendere fruibile ad un pubblico più vasto l'esito di questi studi, al fine di lasciare traccia anche nella comunità scientifica, desiderosa di contribuire alla conoscenza dei Luoghi Santi, ci ha suggerito di intraprendere una nuova avventura con la pubblicazione di un volume che ne contenesse gli aspetti salienti.

In realtà sono trascorsi quasi dieci anni e sono accaduti molti eventi che hanno forzatamente bloccato il proseguimento del lavoro ma che ci hanno consentito anche di restituire oggi un progetto più completo di quanto fosse stato previsto inizialmente.

Nella notte di Natale del 2013 ci ha lasciato il Prof. Piergiorgio Malesani, autentico regista di questo progetto. Nel frattempo, la disponibilità di una impressionante mole di dati metrici tridimensionali mai realizzata prima, anche se inizialmente finalizzata ad analisi di carattere strutturale, ha fornito l'occasione di poter indagare in modo del tutto nuovo alcuni aspetti della struttura, a partire dalle murature, con la metodologia oramai consolidata della analisi stratigrafica degli elevati, di cui si fornisce un resoconto nel secondo capitolo della prima parte del volume. L'indagine è confinata al transetto nord ed ha carattere metodologico e dimostrativo di un approccio che dovrebbe, auspicabilmente, essere esteso a tutte le murature della Basilica<sup>7</sup>.

Così come abbiamo avuto modo di apprezzare la straordinaria efficacia dei modelli di punti nello studio sulla conformazione originaria del sito e sulle sue successive metamorfosi fino alle fondazioni del complesso Costantiniano. Tutte le irregolarità del cratere su cui insiste la cava sono state registrate minuziosamente tanto da rendere possibile una chiara lettura del suo rapporto con le strutture architettoniche. Sempre grazie ad una rappresentazione tridimensionale, per quanto schematica, dei dati materiali, è stato possibile uno studio filologico applicato al monumento, nel quale è stata redatta una tabella comparativa delle principali fonti scritte e iconografiche dal IV al XII secolo<sup>8</sup>.

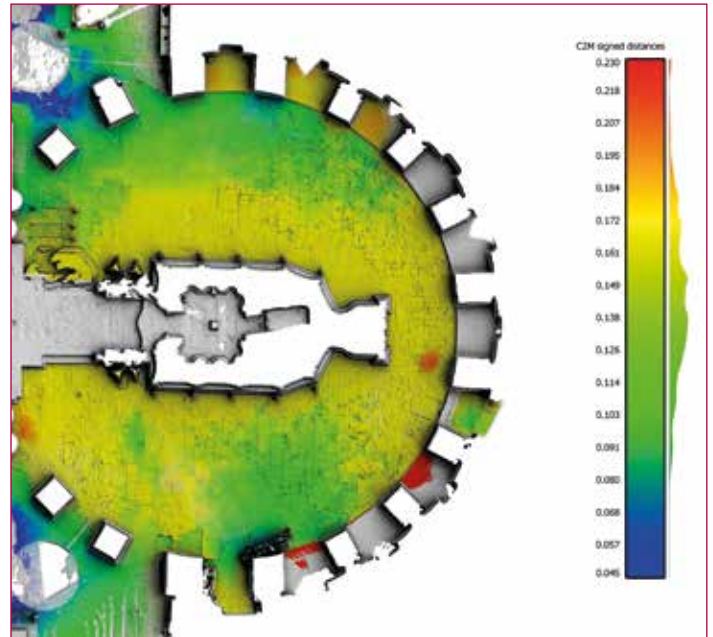


Fig. 6 - Mappa di scostamento del pavimento della Rotonda, ora in attesa di restauro.

Quasi come un preludio agli studi ed ai rilievi svolti nella seconda parte del libro ho redatto un capitolo sui rilievi pregressi con l'intento di passare in rassegna, per ordine cronologico, quelli esperiti sulla Basilica dallo scorcio del XVI secolo, a partire da Jean Zuallart (1586) e Bernardino Amico (1591-1597)<sup>9</sup>, quando la misura cominciava ad avere anche validità in termini di accuratezza, fino ai maggiori contributi del XX secolo.

L'elenco delle opere risulterebbe sterminato e ha richiesto inevitabilmente una selezione. E' un capitolo che potrebbe ambire all'autonomia di un volume e spero possa costituire l'inizio di un percorso che consenta anche un confronto critico tra i rilievi storici. Quasi tutti si sono indirizzati verso la compilazione di una planimetria, molto spesso ripresa dai

Fig. 7 - Una vista renderizzata del modello 3D del sistema voltato dell'abside e della volta sopra il Katholicon. E' stata data priorità alla modellazione degli elementi strutturali mentre le parti decorative sono volutamente trascurate. (Elaborazioni di Francesco Algostino).





Fig. 8 - Tradizionalmente si fa risalire a Padre Bernardino Amico la realizzazione di modelli in scala a partire da misure sull'originale. Gli obiettivi erano molteplici tra cui, oggi diremmo, anche quello di "comunicare" luoghi non sempre accessibili. Anche oggi, con metodi diversi è possibile ottemperare a tali esigenze con stampe 3D, di elevata accuratezza. Nell'immagine, una riproduzione solida del modello dell'Edicola del Santo Sepolcro di Gerusalemme, scomponibile ed esplorabile al suo interno.

precedenti autori e verificata in qualche sua parte e pochi hanno rilevato in modo completo anche gli alzati. Questi studi erano comunque per lo più incentrati sull'analisi delle fasi edificatorie, mentre quando gli scavi e le indagini archeologiche da una parte e i restauri dall'altra, hanno consentito di esaminare parti inedite della Basilica, i rilievi sono inevitabilmente divenuti parziali e, prima del rilievo realizzato dal nostro gruppo, nuovamente "completo" (e tridimensionale grazie anche all'evoluzione della tecnologia nel settore informatico e in quello, affascinante, della misura), solo il team di Dennis D. Balodimos e Andreas Georgopoulos della National Technical University di Atene aveva raccolto questa grande sfida e si era impegnato, a partire dal 1993, in un poderoso rilievo fotogrammetrico. Sono stati necessari sette anni per redigere 36 elaborati, tra piante, prospetti, sezioni e dettagli. In realtà siamo venuti a conoscenza dell'esistenza di questo eccezionale rilievo solo a conclusione delle operazioni sul campo: poterne disporre prima sarebbe stato molto utile in fase di progetto ma è noto che, ancora oggi, nell'era digitale, la archiviazione e la condivisione dei dati costituiscono una *vexata questio*, con il risultato di continuare a moltiplicare sforzi che potrebbero essere meglio indirizzati se coordinati anche sulla base dei risultati pregressi.

La seconda parte del volume illustra il progetto di indagini finalizzato alla valutazione del rischio sismico; è in questa parte che è stato compiuto lo sforzo maggiore, per rendere comprensibile ai lettori i metodi scientifici e gli strumenti tecnologici utilizzati; d'altra parte se pure esiste una sterminata bibliografia in prevalenza di carattere storico sul Santo Sepolcro, sono pochi i testi che raccontano, così nel dettaglio, i risultati di indagini scientifiche. Più di frequente, come lamenta lo stesso F. Vienna nel caso dei suoi rilievi, questi non trovano il modo per "essere portati alla conoscenza degli studiosi" e vengono pubblicati in testi con scopi diversi e quindi non adatti a consentire di riconoscere la portata del lavoro svolto in termini di conoscenza del Monumento<sup>10</sup>.

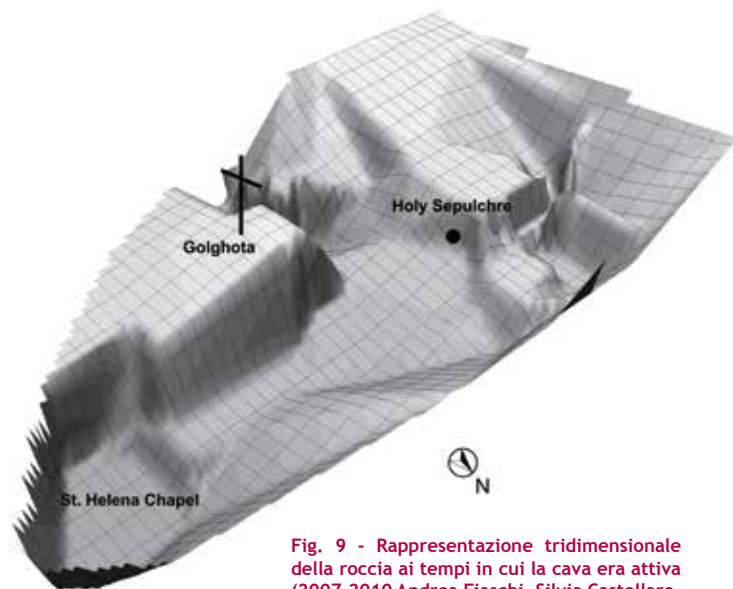
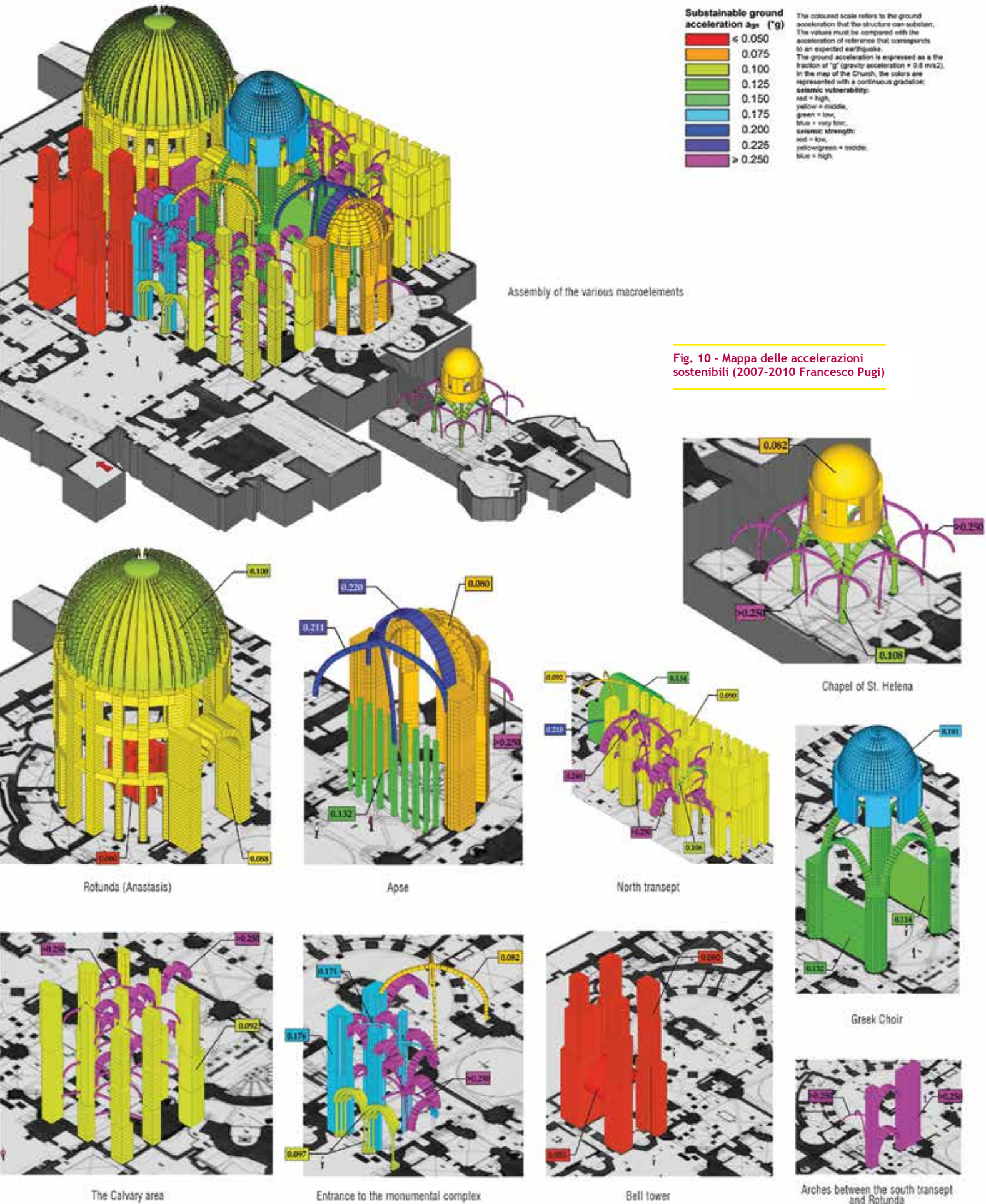


Fig. 9 - Rappresentazione tridimensionale della roccia ai tempi in cui la cava era attiva (2007-2010 Andrea Fiaschi, Silvia Castellaro, Luca Matassoni).

Il capitolo due della seconda parte descrive la metodologia di rilievo adottata; i suoi risultati costituiscono il connettivo di tutti gli studi che si sono succeduti sulla Basilica e, invero, più che soffermarsi sugli aspetti tecnologici delle operazioni l'obiettivo del lavoro è quello di mostrare come il risultato sia stato utilizzato quale base condivisa tra le varie competenze specifiche. Come noto, il rilievo è da sempre legato all'avanzamento tecnologico degli strumenti di misura ed è da collocare nel periodo in cui è avvenuto non solo perché documento dello stato di fatto a quella data ma anche perché testimonianza esso stesso della storia della tecnologia. Numerosi e diversificati gli elaborati grafici che dagli stessi dati tridimensionali si possono comunque produrre anche per altri fini, già allora, così come descritto nei capitoli successivi, dove si pone l'accento sulle potenzialità di modellazione utili sia ai fini interpretativi che di comunicazione, che oggi, dove gli stessi dati aprono la strada a progetti di gestione più attuali, come il Building Information Modeling per la manutenzione e la progettazione degli interventi di conservazione. Dal quinto capitolo in avanti si entra nel merito dello studio della vulnerabilità avviato con l'analisi del rischio sismico nella città di Gerusalemme, a partire dalla raccolta delle mappe di pericolosità e delle accelerazioni di picco al suolo per proseguire con la misura del rumore sismico. Vengono descritte le campagne di misura, lo studio del rumore e la valutazione dell'amplificazione al suolo e delle frequenze fondamentali per giungere quindi all'analisi modale. Il capitolo sette è dedicato all'analisi del sottosuolo con l'obiettivo di contribuire alla comprensione dello stato dei luoghi. Anche se lo scopo principale dello studio era identificare il comportamento dinamico del sottosuolo in condizioni sismiche, ulteriori elaborazioni e interpretazioni delle informazioni trovate da Padre Corbo nelle trincee consentono di valutare gli spettri in termini stratigrafico-strutturali, con l'obiettivo di identificare la profondità della roccia in ciascun punto di misurazione. Queste informazioni offrono un contributo fondamentale alla creazione di un modello ingegneristico dell'area su cui è situato il complesso.

Il capitolo otto è dedicato alla geologia e geomorfologia dei luoghi mentre il capitolo nove riporta i risultati delle indagini geomeccaniche effettuate al fine di fornire un'indicazione dei dati utili per caratterizzare il comportamento fisico-meccanico della massa rocciosa. Si forniscono anche dati



che possono essere utilizzati per la sua modellazione strutturale per definire la vulnerabilità del complesso monumentale del Santo Sepolcro<sup>11</sup>.

Il capitolo dieci<sup>12</sup> conclude il volume ed è il vero punto di arrivo della ricerca. Viene fornito un dettagliato resoconto del lavoro svolto, rendendo facilmente comprensibili argomenti piuttosto ostici ai non addetti ai lavori.

Dal punto di vista dell'analisi strutturale per comprendere la stabilità e la resistenza del monumento è stata realizzata una modellazione consistente in una schematizzazione fisico-matematica che tiene conto della geometria, del materiale, dei vincoli, dei carichi.

Le azioni sismiche sono azioni inerziali causate dalla massa, che possono essere rappresentate da forze orizzontali;

sono correttamente determinate attraverso uno studio delle proprietà dinamiche della struttura (vibrazione e oscillazioni) sulla base della legge fisica dell'equilibrio statico e del comportamento meccanico dei materiali.

Sotto l'azione dei carichi statici e sismici viene indagata la capacità dei macroelementi, ossia delle porzioni a comportamento strutturale omogeneo nelle quali può essere idealmente suddiviso il complesso monumentale. Di conseguenza, i risultati dell'analisi si presentano organizzati secondo una scala di priorità: risultano in tal modo evidenziate le parti più deboli, ottenendo utili riferimenti per un successivo intervento di retrofitting.

Concludendo lo studio, la situazione strutturale del monumento risultava soddisfacente; solo due porzioni

**TABLE II – LIST OF THE MACROELEMENTS SET OUT IN ORDER OF DECREASING VULNERABILITY**

Macroelement	ags,X (- g)	ags,Y (- g)	ags (- g)
Bell tower: interior barrel vault		0.055	0.055
Bell tower	0.060	0.079	0.060
Aedicule	0.060	0.060	0.060
Apse: semicircular dome on pillars	0.080	0.148	0.080
South Transept: highest cross vault	0.082	0.158	0.082
St. Helena: dome and drum	0.082	0.082	0.082
Anastasis: masonry structures below dome	0.202	0.088	0.088
Latin Gallery: considering both hypotheses	0.094	0.090	0.090
Upper cross vault in front of the Chapel of the Apparition	0.092	0.098	0.092
Calvary: considering both hypotheses	0.092	0.184	0.092
Entrance: arches and small columns in the openings	0.097		0.097
Anastasis: dome	0.100	0.100	0.100
Barrel vault V6: upper floor, corresp. to V5, with lunettes		0.106	0.106
St. Helena: arches on circular columns	0.108	0.108	0.108
Greek's choir: north transept masonry wall		0.114	0.114
Greek's choir: arches supporting dome	0.178	0.132	0.132
Iconostasis		0.132	0.132
Barrel vault of the Chapel of the Apparition		0.134	0.134
South Transept: cross vaults on Crusade-era pillars	0.176	0.148	0.148
South Transept: cross vaults on entrance, upper floor	0.171	0.185	0.171
Entrance	0.228	0.176	0.176
Greek's choir: dome with drum underneath			0.181
Lower cross vault in front of the Chapel of the Apparition	0.210	0.438	0.210
Apse: cross vault	0.211	0.222	0.211
Apse: arch between Crusade-era pillars		0.220	0.220
North Transept: cross vault on Crusade-era pillars	0.346	0.248	0.248
St. Helena: rectangular vault	0.289	0.280	0.280
North Transept: highest cross vault	0.300	0.356	0.300
Arches of the Virgin: T1C (in front of the apse, X direction)	0.330		0.330
South Tr.: arches and vaults, VS21 (vault on Station of the Holy W)	0.372	0.372	0.372
South Tr.: arch of the Armenians towards Rotunda (S1T1, S3T1)		0.372	0.372
Vault V2: between T1C and the apse	0.376	0.538	0.376
St. Helena: square vault	0.637	0.637	0.637
Corridor (deambulatory): vaulted structures	0.772	0.772	0.772
South Transept: all the other arches and vaults			> 0.250
Arches of the Virgin: LDX1, PRI1, T1A, T1B			> 1.000
Arches of the Virgin: V1 type vault on ground floor			> 1.000
North Transept: LDX2, T2A, T2B, LSX2			> 1.000
Cross vault V5: upper floor, corresponding to V1			> 1.000

Fig. 11 - Lista dei macroelementi in ordine decrescente di vulnerabilità (2007-2010 Francesco Pugi)

potevano dirsi più critiche: il Campanile e l'Edicola. Nel frattempo entrambe le strutture sono state consolidate e restaurate.

Anche per questa parte valgono le considerazioni fatte precedentemente. Ogni analisi, sia dal punto di vista metodologico che tecnologico, deve essere contestualizzata nel periodo in cui è stata svolta e commisurata ai tempi a disposizione per portarla a termine. Di fronte alla complessità della costruzione indagata, i risultati ottenuti devono essere inquadrati come un passo iniziale, certamente non esaustivo. Nella sintesi dell'analisi vengono quindi proposti i principali criteri mediante i quali sarà possibile approfondire la conoscenza del comportamento strutturale della Basilica, con l'obiettivo di ottimizzare eventuali interventi di consolidamento finalizzati all'incremento della sicurezza statica e sismica.

Del resto la stessa mole delle informazioni acquisite costituisce una ottima base di partenza per lo sviluppo di ulteriori indagini. Il modello tridimensionale corrispondente allo stato di fatto può considerarsi esso stesso un documento di cui avvalersi per aggiornare lo stato dei luoghi. Non dimentichiamo che si tratta di luoghi che mutano di continuo il loro assetto e il modo in cui vengono fruiti, anche in ragione delle esigenze derivanti dal loro intenso uso quotidiano. Oggi già molte cose sono cambiate: solo per citarne alcune, l'allestimento dei nuovi bagni e il radicale restauro dell'Edicola, mentre altri cambiamenti sono in fase di progettazione come il restauro del pavimento della Rotonda. Mi piace concludere con una immagine circolare che unisca passato e futuro e pensare che le tecnologie, già esistenti e quelle a venire, realtà virtuale, realtà aumentata e sistemi di gestione dei dati georeferenziati indurranno a collegare tra loro la Basilica più nota al mondo, il Santo Sepolcro di Gerusalemme, con tutte quelle strutture che ad essa si sono ispirate, assumendola a modello di riferimento, oltre ad impostare una base di dati, aperta e condivisa, sempre implementabile, utile sia a tutto il mondo scientifico che a quanti si accostano alla Basilica e alle sue molteplici valenze con linguaggi nuovi e più avanzati strumenti di comunicazione.

#### NOTE DI CHIUSURA

1 Il primo gruppo (caratterizzazione geotecnica e geofisica), composto da Emma Cantisani, Andrea Fiaschi, Carlo Alberto Garzonio, Luca Matassoni e Giovanni Pratesi, è stato coordinato direttamente dal Professor Malesani. Il secondo gruppo, (rilievi tridimensionali) costituito da Valentina Bonora, Michela Pavan, Michele Russo, Stefano Nicolodi, Francesco Vezzosi, Alessia Nobile, Francesco Algostino e Luca Carosso, che si sono alternati nelle campagne di rilievo, è stato coordinato dalla scrivente. A questo gruppo si deve aggiungere Roberto Sabelli che, grazie alla sua pregressa frequentazione dei luoghi e quindi buona conoscenza della città e delle persone, ci ha aiutato nella risoluzione di problemi logistici. La valutazione strutturale della vulnerabilità sismica, infine, è stata compiuta da Francesco Pugi, con la collaborazione di Stefano Giannarelli per le fasi di modellazione e analisi e di Giuseppe Basile per le elaborazioni grafiche 3D.

2 Tutto il lavoro va collocato temporalmente negli anni del suo svolgimento, con le strumentazioni a quel tempo disponibili e con disposizioni stringenti riguardo ai tempi di consegna dello studio.

3 La seconda campagna si è svolta dal 24 Gennaio all'8 Febbraio 2008 e la terza dal 19 Novembre al 12 Dicembre 2008.

4 M. Biddle, *The Tomb of Christ*, Sutton Pub. Limited, Stround, Gloucestershire, 1999

5 Virgilio C. Corbo, *Il Santo Sepolcro Di Gerusalemme: Aspetti Archeologici Dalle Origini al Periodo Crociato*. Franciscan Printing Press, 1981

6 Un ruolo senza dubbio determinante, nel semplificare le nostre campagne di misure e nel supportare la buona riuscita di tutto il lavoro, è da riconoscere a Padre Athanasio della Comunità Francescana, Padre Samuel Aghoian della Comunità Armena e Theo Mitropoulos, architetto di riferimento per la Basilica, appartenente alla Comunità Greca, che ci hanno sempre accompagnato con grande interesse e partecipazione.

7 Tale studio è stato condotto dall'arch. Alessandra Angeloni, autrice del secondo capitolo.

8 Questa parte di indagine è stata svolta dagli architetti Osvaldo Garbarino e Simonetta Fiamminghi.

9 La prima edizione del "Trattato" di B. Amico uscì a Roma per i torchi delle Typographia Medicea. Il nihil obstat fu emesso dal Vicario Generale il 20 luglio 1609 e la stampa venne condotta a termine il 28 marzo 1610. La preparazione dell'opera impegnò fra' Bernardino per quasi quattro anni (B. Bagatti, *Fra Bernardino Amico disegnatore dei Santuari Palestinesi alla fine del '500*, "Studi Francescani", Firenze, 1938, pp. 307-25, ristampa in: Michele Piccirillo, *La nuova Gerusalemme*, Ed. Custodia di Terra Santa, 2007, pp. 233-238.

10 Il problema di illustrare il rilievo non è certo nuovo: in occasione del Nuovo Progetto della Basilica affidato a L. Marangoni e A. Barluzzi, Padre Bagatti richiese all'ingegnere Ferdinando Vienna e al disegnatore Emilio Sartorio di realizzare una nuova pianta del S. Sepolcro inserendovi i resti antichi conservati nell'Ospizio Russo allo scopo di fare chiarezza sulle piante precedenti definendo la posizione relativa e assoluta di tali rovine e stabilendo in particolare l'angolo del muro antico, disegnato a volte come ottuso (C. Schick 1885; Ordinanze Survey 1890; A.W. Clapham e E.G. Newnum 1918) ed altre come retto (G. Jeffery 1910; P.L.H. Vincent 1911). A sostegno della richiesta vi era anche l'opportunità di utilizzare "mezzi più moderni di registrazione". In una lettera inviata a Padre Bagatti il 25 ottobre 1951 F. Vienna scrive "... ora con un rilievo appoggiato ad una poligonale di notevole esattezza topografica si può tentare di ricostruire sul sicuro"; in una lettera successiva aggiunge di aver determinato anche l'orientamento astronomico per correggere quello determinato da Padre Vincent con l'impiego di una bussola.

I rilievi di Vienna-Sartorio saranno utilizzati in seguito anche da P. Corbo per i suoi studi e le sue ricostruzioni; Padre Bagatti termina il suo articolo suggerendo di utilizzarlo per tutti i ritrovamenti futuri in quanto "garanzia della esattezza delle posizioni relative delle varie parti".

Il rilievo ha interessato anche gli alzati ma nelle pubblicazioni figura solo la pianta; anche allora lo stesso Vienna lamenta, in una lettera a Barluzzi, l'inserimento non adeguato della sua pianta nella tavola XXIX del volume *Il Santo Sepolcro di Gerusalemme. Splendori. Miserie. Speranze*, di Mons. Testa, che aveva scopi diversi e propone una pubblicazione separata "in forma che servano a qualche cosa". Ma come ancora oggi accade nel caso dei rilievi metrici l'aspetto scientifico della misura non trova interesse nella comunità degli storici e degli architetti che pure da quelle partono per le proprie speculazioni. Lo stesso Vienna scriverà a Barluzzi: "Il nostro lavoro è indubbiamente un contributo di indole scientifica, dato il metodo adottato, alla conoscenza del Monumento, e quindi utilmente dovrebbe essere portato alla conoscenza degli studiosi" (pag 156) e, pur riconoscendo che anche P. Vincent non si sia avvalso di una rete topografica per controllare le misure ma che abbia proceduto con la bussola, ambiente per ambiente, e che quindi i risultati risentivano di incertezze nel posizionamento, seppure piccole, lo studio di Vienna - Sartorio non ha mai trovato un esito editoriale. Ferdinando Vienna (1940) - Bellarmino Bagatti, *La triangolazione del S. Sepolcro di Vienna-Sartorio* (1940) In: *Liber Annuus*, (1971) vol.21, p. 149-157

11 I geologi, Emma Cantisani, Andrea Fiaschi, Carlo Alberto Garzonio, Luca Matassoni e Giovanni Pratesi sono gli autori, insieme a Piergiorgio Malesani, di questi capitoli.

12 L'ingegnere Francesco Pugi è l'autore dello studio e del conseguente capitolo sulla vulnerabilità strutturale.

#### ABSTRACT

*Jerusalem is located in a highly seismic area and has been the scene of disastrous earthquakes in the past. The 1927 earthquake was one of the worst that occurred in that area, as well as victims of victims, causing significant damage to the structures of civil and religious buildings. The Basilica of the Holy Sepulcher was also heavily hit and suffered, following the damage from that earthquake, major consolidation and reconstruction works. A study on the city of Jerusalem showed a periodicity, in the repetition of seismic events, of about 100 years. The desire to avoid an announced danger was the origin of the project described in the book "Jerusalem The Holy Sepulcher - Research and Investigation (2007-2011)" edited by the writer. In 2006 the three main communities of the Holy Sepulcher dealt with the Basilica's ability to withstand a new earthquake, a technical evaluation of its structures was required and required to plan a possible consolidation in relation to the results derived from the analyzes.*

#### PAROLE CHIAVE

S.SEPOLCRO; BENI CULTURALI; RICCHIO SISMICO; MONITORAGGIO; MODELLI 3D

#### AUTORE

GRAZIA TUCCI

GRAZIA.TUCCI@UNIFI.IT

CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEP. (DICEA)

UNIVERSITÀ DI FIRENZE