



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

DICAR - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Dottorato di ricerca in

Valutazione e mitigazione dei rischi urbani e territoriali - XXXI ciclo

Coordinatore: prof. Massimo Cuomo

Attilio Antonio Mondello

Torri campanarie degli edifici ecclesiastici tradizionali allo specchio tra conoscenza e sicurezza

Tecnologia e forma negli areali a rischio della Sicilia orientale e della Castilla y León

Tutor:

prof. Angelo Salemi (DICAR, Università degli studi di Catania)

Gruppo Tesi:

prof. José Ignacio Sánchez Rivera (ETSAVa, Universidad de Valladolid)

prof. Santi Maria Cascone (DICAR, Università degli studi di Catania)

prof.ssa Loredana Contrafatto (DICAR, Università degli studi di Catania)

Anno 2018

A Nonna Maria

Indice

Abstract (Italian)	1
Abstract (English)	3
Introduzione	5
Obiettivo generale della ricerca	9
Metodologia e organizzazione della ricerca	10
PARTE PRIMA_ Inquadramento culturale	
1 Rischio e beni architettonici ad elevata istanza culturale	17
1.1 Il rischio e i beni culturali: alcune definizioni e la Carta del Rischio	17
1.2 La vulnerabilità sismica delle fabbriche tradizionali: l'approccio empirico	22
1.3 I beni culturali monumentali esposti a rischio sismico: dalle schede di rilevamento dei danni al percorso della conoscenza delle Linee Guida 2011	27
2 Le torri campanarie tradizionali	35
2.1 Una costante nella storia dell'architettura e nel paesaggio italiano: origini ed evoluzioni	35
2.2 Le torri campanarie tradizionali in Sicilia: lo stato dell'arte	40
2.3 Le fabbriche tradizionali snelle a rischio	44
2.4 Classificazioni tipologiche dei campanili tradizionali	54

2.5 L'analisi strutturale dei campanili storici	56
3 Il rilievo e la catalogazione dei beni architettonici ad elevata valenza culturale	63
3.1 Il rilievo a supporto della conoscenza delle fabbriche tradizionali	63
3.2 Metodologie di rilevamento	64
PARTE SECONDA_ Torri campanarie tradizionali in areale etneo	
4 Studi a Scala territoriale: censimento e classificazione tipologica	75
4.1 La scelta dell'areale etneo come caso di studio tra rischio sismico e vulcanico	75
4.2 Il censimento e la classificazione tipologica delle torri campanarie in areale Etneo	77
4.3 Scelta dei singoli casi di studio	82
5 Il campanile della chiesa di San Giuseppe ad Acicastello	83
5.1 Indagini storico-archivistiche	83
5.2 La lettura diretta della fabbrica: ipotesi su origini e preesistenze	87
5.3 La lettura diretta della fabbrica: la cuspide demolita	88
5.4 Descrizione geometrico-spaziale	89
5.5 Analisi tecnico-costruttiva	93
5.6 Criticità riscontrate e manifestazioni visibili di degrado	96
5.7 Analisi strutturale agli elementi finiti per l'individuazione del comportamento globale	98
6 Il Campanile della chiesa di San Giovanni a Bronte	111

6.1 Inquadramento territoriale ed analisi diacronica	111
6.2 Descrizione geometrico-spaziale	112
6.3 Il sistema tecnologico	116
7 Il rudere della torre campanaria dell'ex chiesa madre dell'antica Misterbianco	121
7.1 Indagini storico-archivistiche	121
7.2 Descrizione geometrico-spaziale	122
7.3 La lettura del rudere e delle macerie: il sistema tecnologico	124
7.4 La lettura del rudere e delle macerie: possibili meccanismi di danno	126
8 Analisi comparativa sulle torri campanarie etnee	129
8.1 Configurazioni geometriche ricorrenti	129
8.2 Tecniche costruttive ricorrenti	135
8.3 Tecniche costruttive ed empirici presidi antisismici negli interventi di ricostruzione e consolidamento nel XVIII e XIX secolo nell'areale etneo	153
8.4 Criticità legate a caratteri geometrici, tecnico-costruttivi e possibili meccanismi di danno	157
PARTE TERZA_Torri campanarie tradizionali in Castilla y León	
9 Le torri campanarie tradizionali in Castilla y León: il rischio di obsolescenza naturale	169
9.1 Le torri campanarie tradizionali in Spagna: lo stato dell'arte	169
9.2 Areale di riferimento e scelta dei casi emblematici: la Tierra de Campos vallesolitana	174
9.3 La torre campanaria di Santiago Apóstol a Villalba de los Alcores	176
9.4 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di San Pedro a Villacarralón	184
9.5 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di Nuestra Señora de la Esperanza a Villaesper	189
9.6 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di San Juan Bautista a Tamariz de Campos	195
9.7 Considerazioni comparative: l'evoluzione delle patologie ed il rischio di obsolescenza	201

PARTE QUARTA_Considerazioni conclusive

10 Sintesi e considerazioni a valle degli studi condotti	213
10.1 Gli areali a confronto: tecnologia e forma tra rischio sismico e rischio di obsolescenza	213
10.2 Riflessioni sulla metodologia seguita e criticità riscontrate	219
10.3 Possibili sviluppi futuri	221
BIBLIOGRAFIA	227
APPENDICE_1 Tecniche costruttive ricorrenti nelle torri campanarie tradizionali etnee	245
APPENDICE_2 Catalogo delle torri campanarie tradizionali etnee	253

Abstract (Italian)

Le torri campanarie di fattura tradizionale contrassegnano i centri storici europei, rappresentando l'emblema del paesaggio urbano e il simbolo di identità per la popolazione. A causa della spiccata verticalità, queste emergenze architettoniche sono sempre esposte a rischi di diversa natura che ne minacciano la sopravvivenza. Nel campo del restauro e della conservazione di questi edifici è fondamentale la conoscenza preventiva dei caratteri geometrici e tecnico costruttivi per potere intervenire in modo da garantire sia la tutela del valore culturale sia la messa in sicurezza. In ragione di ciò, la presente ricerca, scegliendo due areali geograficamente distanti ed esposti a rischi differenti come la Sicilia orientale e la Castilla y Leòn, vuole studiare le configurazioni geometriche e le tecniche costruttive di questi edifici al variare del rischio prevalente.

In Sicilia lo studio ha approfondito il tema delle torri campanarie nell'areale Etneo, zona esposta da sempre a rischio sismico e vulcanico. È stato condotto un censimento dei campanili in muratura esistenti mai effettuato precedentemente e una classificazione tipologica, seguendo le categorie proposte dagli studi di tipo empirico sugli edifici ecclesiastici storici soggetti a rischio sismico. Successivamente, sono stati selezionati alcuni casi studio ritenuti emblematici per l'areale (risalenti ai secoli XVII e XVIII) e che sono stati studiati più approfonditamente anche grazie a rilievi di tipo diretto e fotogrammetrico, sia per individuare le configurazioni geometriche e le tecniche costruttive più ricorrenti sia le possibili criticità intrinseche celate in esse. In questo modo possono essere individuati degli indicatori di vulnerabilità, come richiesto anche dalle norme italiane sugli studi preventivi alle valutazioni di vulnerabilità sismica.

In Castilla y Leòn sono stati selezionati alcuni casi studio emblematici per l'areale della Tierra de Campos, territorio a rischio idrogeologico a causa dei continui fenomeni di ritiro e rigonfiamento del terreno argilloso. I casi analizzati,

studiati con rilievi diretti e fotogrammetrici, risalgono ai secoli XVI e XVII e sono contraddistinti da stati di conservazione differenti (soprattutto allo stato di rudere). Lo studio delle configurazioni geometriche e delle tecniche costruttive rivelano come il rischio che realmente minaccia queste architetture è il rischio di obsolescenza naturale a causa dello spopolamento dei piccoli centri e la conseguente assenza di manutenzione.

In conclusione, la ricerca ha evidenziato come tali fabbriche in Sicilia convivano da sempre con il rischio sismico e per tale ragione, seguendo la regola dell'arte, geometrie, materiali e tecniche contribuiscono alla sopravvivenza degli edifici (tranne in caso di eventi sismici di carattere distruttivo). In Castilla y León invece le torri campanarie tradizionali risultano non solo vulnerabili ai fenomeni idrogeologici del territorio ma anche, e soprattutto, ai fenomeni di deterioramento per obsolescenza che purtroppo non lascia possibilità di sopravvivenza in assenza di continui monitoraggi e manutenzione.

Abstract (English)

The traditional bell towers mark the historic European centres and represent an urban landscape icon and an identifying symbol for the inhabitants. Because of the high verticality, these monuments are always exposed to different risks, threatening their survival. In the field of restoration and conservation of these buildings, it is essential the preliminary knowledge of the geometric and technical characteristics, in order to operate both for the cultural value protection and for the safety.

For this reason, the present research aims to study geometrical configurations and building techniques of these historic architectures, depending on the prevailing risk in two geographically distant areas exposed to different risks such as Eastern Sicily and Castilla y León.

In Sicily, this study investigated the bell towers in the Etna area, a region exposed to seismic and volcanic risk. The research conducted a census of existing masonry towers (never previously carried out) and a typological classification, following the categories proposed by empirical studies about historical churches subject to seismic risk. Subsequently, the study selected some case studies, emblematic for the area. These belfries, dating back to the 17th and 18th centuries, were also investigated thanks to direct and photogrammetric surveys. The reason is to recognise the most recurrent geometrical configurations and building techniques and the possible intrinsic criticalities, hidden in them. In this way, indicators of vulnerability can be identified, as also required by the Italian rules on preventive studies to assess seismic vulnerability.

In Castilla y León, the research selected some case studies that are emblematic for the Tierra de Campos, a territory with a hydro-geological risk due to the continuous phenomena of shrinkage and swelling of the clay soil. These buildings, also examined with direct and photogrammetric surveys, date back to the 16th and 17th centuries and are distinguished by different conservation states (especially in ruins). The study of geometric configurations and building

techniques reveal how the real risk for these architectures is the risk of natural obsolescence due to the depopulation of small towns and the consequent lack of maintenance.

In conclusion, the research has shown that the geometric configurations and the building techniques in Sicily have always coexisted with the seismic risk; for this reason, following the good practice of the “rule of art”, materials and techniques contribute to the buildings’ survival (except in the case of destructive seismic events). Instead, in Castilla y León the traditional bell towers are vulnerable to the hydrogeological phenomena of the area and, especially, to the decay phenomena due to obsolescence which unfortunately leaves no possibility of survival in the absence of continuous monitoring and maintenance.

Introduzione

Le architetture turre, quali i campanili, le case-torre, le torri civiche e le torri di difesa, costituiscono una parte rilevante del patrimonio storico e artistico che caratterizza ed identifica fortemente i centri storici europei, rappresentando spesso l'emblema del nucleo abitato ed emergenze architettoniche visivamente riconoscibili all'interno del tessuto urbano e del paesaggio.

Nell'immaginario collettivo tradizionale, la più diffusa tipologia di edifici religiosi è di sovente associata alla presenza di un campanile svettante, isolato o affiancato alla chiesa stessa. Antichi simboli dell'umana aspirazione verso l'Alto e contemporaneamente espressione del potere dell'autorità ecclesiale, queste torri rappresentavano significativi punti di riferimento per le comunità, le quali misuravano il proprio tempo giornaliero, originariamente, in base ai rintocchi delle campane, ed in seguito, in base alla presenza dei primi misuratori meccanici: gli orologi.

Oggi le torri campanarie delle fabbriche ecclesiastiche tradizionali sembrano spesso dissolversi nello skyline contemporaneo dei centri urbani, inghiottite dalle altezze dei moderni edifici residenziali circostanti. Nonostante ciò, queste costruzioni rappresentano ancora elementi dalla grande istanza storico-artistica da tutelare e conservare adeguatamente in virtù del loro grande valore testimoniale oltre che simbolico.

Il carattere precipuo di questi manufatti tradizionali, ovvero l'imponente verticalità che si contrappone alle ridotte dimensioni planimetriche, è un grande elemento di debolezza che, insieme al moto delle campane e al notevole peso proprio indotto dalla muratura, ne pregiudica di frequente la stabilità strutturale. In Italia, come in molti altri paesi dell'area mediterranea, le torri campanarie tradizionali sono esposte ad un elevato rischio sismico, costituendo un pericolo sia per la loro stessa sopravvivenza che per la sicurezza della popolazione durante e soprattutto dopo il sisma, imponendo ampie aree di pertinenza da evacuare che rallentano il ripristino della "normalità".

Le cronache degli ultimi anni e la storia dimostrano come tali architetture siano da sempre soggette a notevoli dissesti e crolli a seguito di eventi sismici catastrofici.

Alla fine del primo anno di elaborazione di questo progetto di ricerca, nell'ottobre 2016 i centri storici dell'Italia centrale sono stati vessati da continue scosse sismiche, una delle quali è stata definita come il più violento terremoto avvenuto in Italia a partire dal 1980 (domenica 30 ottobre 2016: 6.5 gradi della Scala Richter). Oltre alla grande quantità di vittime dell'agosto 2016, a pagare le spese degli accadimenti dell'ottobre 2016 è stato l'ingente patrimonio architettonico quasi del tutto cancellato. In molti paesi di Umbria, Marche e Lazio, anche le torri campanarie e civiche sono scomparse ad una ad una, coinvolgendo nel loro crollo le chiese annesse e gli altri edifici contigui, basti pensare ai campanili di Accumoli e di San Pellegrino di Norcia, venuti giù il 24 agosto 2016, al campanile della chiesa di Camerino, caduto il 26 ottobre 2016, ed alla basilica di San Benedetto da Norcia probabilmente distrutta dal crollo della sua torre campanaria.

In questo quadro non fanno eccezione le torri campanarie della Sicilia Orientale, vessate sin dal Medioevo da energiche azioni sismiche. Per citarne una tra tutte, la torre della Cattedrale normanna della città di Catania, eretta nel 1388 e alta novanta metri, subì ingenti danni a causa del terremoto del 1542 e crollò rovinosamente sulla chiesa stessa a causa del devastante sisma del 1693 provocando centinaia di vittime. La memoria di questo evento drammatico, in aggiunta al mutato gusto stilistico, ha certamente influito nella scelta del piano di ricostruzione camastriano di non includere nella scenografica Platea Magna una nuova torre campanaria.

Gli studi specialistici condotti sulle torri campanarie spesso hanno messo in luce o solo gli aspetti geometrico-formali dell'architettura o la sola definizione di modelli matematici in grado di descrivere il comportamento strutturale delle murature. Tale separazione concettuale può rappresentare la causa di errori progettuali e di inesatte interpretazioni dei comportamenti strutturali. I terremoti degli ultimi quarant'anni, e soprattutto quelli in Abruzzo nel 2009 e in Emilia nel 2012, hanno fatto sì che la sensibilità sugli edifici storici (o comunque

di fattura tradizionale in muratura) crescesse sempre più fino a prendere coscienza del fatto che gli approcci computazionali forniscono importanti informazioni quantitative ma, a causa della singolarità tipologica e tecnologica di queste fabbriche, semplificano eccessivamente la realtà e possono portare a progetti di miglioramento sismico invasivi, sottostimando le capacità portanti delle murature stesse (come spesso è dimostrato da soluzioni progettuali rilevatesi invasive, poco compatibili con materiali e tecniche costruttive tradizionali, e che hanno peggiorato la statica di queste fabbriche). A livello normativo, proprio per tali motivi, le *“Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 14/1/2008”* del 2011 suggeriscono di preferire, all’approccio tensionale globale, i metodi empirico-sperimentali (Blasi, 2013), sviluppati a partire dagli anni '80 da studiosi come i professori A. Giuffrè (1998) e F. Doglioni (1994). Questi studi mediano tra le istanze della sicurezza e quelle della conservazione, eseguendo analisi cinematiche mirate alla lettura dei meccanismi locali di danno deducibili dall’osservazione diretta degli edifici colpiti dagli ultimi eventi sismici. Confermate dalle Linee Guida 2011, tali ricerche hanno messo quindi in risalto l’importanza della definizione di un processo di conoscenza approfondita dell’edificio storico dall’elevata istanza culturale, che vede nell’analisi del regesto della fabbrica e nell’osservazione empirica, tradotta in termini di rilievi geometrici e tecnico-costruttivi, un prerequisito necessario per qualsiasi valutazione sulla vulnerabilità.

La rilevanza della conoscenza preliminare del *corpus* della fabbrica è ancora più evidente se si pensa che questi campanili sono spesso caratterizzati da morfologie e tecnologie diverse, da lunghi tempi di costruzione, con periodi di ferma alternati a periodi di attività e dall’impiego di maestranze e materiali differenti (Di Tommaso & Casacci, 2013). Per tale motivo, questi manufatti sono caratterizzati da labilità intrinseche dovute alle incongruenze specifiche delle tecniche realizzative che spesso peggiorano se intervengono altri fenomeni di degrado per mancanza di manutenzione. Questo è ancor più vero se si pensa ai campanili tradizionali presenti nella Sicilia Orientale, soprattutto nell’areale

etneo, spesso considerati soltanto come corredo della chiesa di pertinenza.

Proprio in ragione di ciò, nel panorama europeo, la sopravvivenza delle torri campanarie tradizionali può essere minacciata oltre che dal rischio sismico anche problemi legati alla stabilità strutturale e ai decadimenti prestazionali degli elementi di fabbrica. Ne sono dimostrazione il caso emblematico dell'instabilità della "torre pendente" di Pisa e dei crolli dell'antico campanile di San Marco nel 1902 o della Torre Civica di Pavia nel 1989.

Nel quadro tematico qui delineato, le torri campanarie di fattura tradizionale fino ad ora sono state studiate in letteratura solo episodicamente e approfondendo soltanto o le valutazioni strutturali o gli aspetti stilistici e storici, mettendo in secondo piano o trascurando le relazioni tra configurazioni geometriche e, soprattutto, materiali e tecniche costruttive impiegati che rimandano alla cultura costruttiva tradizionale caratterizzante l'areale di riferimento che può essere soggetto a rischi di diversa natura.

Cercando di colmare il "gap" creatosi, gli studi esposti in questa ricerca vogliono porre l'accento sulla conoscenza delle diverse declinazioni di tecnologie e configurazioni formali delle torri campanarie di fattura tradizionale alla presenza del rischio prevalente in areali differenti.

Il campo di applicazione della ricerca è rappresentato da due areali geograficamente molto lontani ma che hanno una comune matrice culturale: la Sicilia Orientale e la Castilla y León.

La cultura architettonica spagnola ha avuto una grande influenza in Sicilia orientale anche prima del terremoto del 1693 (Trigilia, 1998). Le autorità politiche e religiose nel XVI e nel XVII secolo erano tutte provenienti dalla penisola ispanica ed è fisiologico pensare ad una loro influenza sui vari aspetti della vita civile¹. Come sostenuto anche da S. Boscarino (1998), le analogie tra i due paesi *non sono sempre dirette ma possono presupporre gli stessi riferimenti, identiche fonti di ispirazione*. Il ruolo delle committenze viceregie e dell'amministrazione centrale di Valladolid è innegabile, particolarmente per gli aspetti legati alla difesa delle città demaniali (Boscarino, 1998; Mazzamuto, 1986). Soprattutto all'indomani del catastrofico terremoto del 1693, le corporazioni delle maestranze siciliane incaricate della ricostruzione vennero

1. Basti pensare: ai Vicerè che governavano la città di Catania, alla fondazione dell'Università di Catania nel 1434 per volere del re Alfonso V d'Aragona il Magnanimo, o ai vescovi di Monreale del XVI secolo, di origine spagnola, che visitarono più volte il paese di Bronte per dare indicazioni sulla realizzazione delle diverse chiese del paese (Mandalà, 1997).

istruite da ingegneri militari spagnoli provenienti dal regno di Castiglia. La stessa città di Catania, in quest'ottica può essere incardinata nell'orbita del clima generale della *hispanidad* (Boscarino, 1998).

Da un lato, la ricerca studia le torri campanarie degli edifici ecclesiastici tradizionali presenti in Sicilia orientale nell'areale etneo, per la prima volta opportunamente censiti e classificati tipologicamente; all'interno di questo "ristretto" gruppo di emergenze architettoniche sono stati individuati alcuni casi di studio analizzati più dettagliatamente come esemplari emblematici della più ricorrente tipologia censita.

Dall'altro lato, il presente lavoro espone gli studi su alcuni casi emblematici esistenti in *Castilla y León*, nella provincia di Valladolid in Tierra de Campos. Simboli dell'architettura tradizionale della zona settentrionale della penisola iberica sin dal XIII secolo, questi esemplari sono particolarmente interessanti se si pensa che in alcuni casi essi resistono al trascorrere del tempo al contrario delle chiese annesse.

Obiettivo generale della ricerca

Gli studi condotti in questa ricerca hanno come obiettivo generale l'analisi delle diverse declinazioni delle tecnologie costruttive e degli aspetti formali delle torri campanarie tradizionali in areali differenti al variare del rischio prevalente, cui le fabbriche possono essere esposte.

Di conseguenza, si vuole delineare un quadro conoscitivo preliminare del *corpus* di queste architetture specialistiche, alla base di qualsiasi percorso di conoscenza necessario per la valutazione della vulnerabilità o per la redazione di progetti di indagini non distruttive o di interventi di consolidamento e restauro conservativo, secondo quanto suggerito anche dalle Linee Guida 2011.

Metodologia e organizzazione della ricerca

L'iter metodologico seguito per lo sviluppo della ricerca in ambito siciliano muove i primi passi dalla definizione dell'areale di riferimento individuato nei 43 comuni esistenti sulle pendici del vulcano Etna, in provincia di Catania. Definito il contesto geografico, lo studio ha intrapreso un censimento di tutti gli esemplari di torri campanarie di tipo tradizionale esistenti nell'areale etneo. Un primo utile strumento per l'individuazione di questi monumenti è rappresentato dalla banca dati georeferenziata *BEweb*², fornita dalla Conferenza Episcopale Italiana e consistente in un censimento work in progress del patrimonio architettonico promosso dalle diocesi italiane e dagli istituti culturali ecclesiastici sui beni di loro proprietà. Consultando il portale *BEweb* per ogni vicariato delle diocesi di Catania ed Acireale (cui le chiese del territorio appartengono) e confrontando i dati con gli annuari diocesani, è stato possibile individuare tutti gli edifici religiosi presenti nell'areale considerato. Da questo archivio sono state selezionate le chiese dotate di torri campanarie grazie all'ausilio della documentazione fotografica fornita da *BEweb* e dalle immagini satellitari. Tra le 210 chiese dotate di campanile, sono state estrapolate dall'elenco le sole 158 torri campanarie di fattura tradizionale, opportunamente individuate anche grazie ad una campagna speditiva di rilievo fotografico dei prospetti esterni³. Ognuno dei 158 campanili riconosciuti è stato classificato tipologicamente secondo i criteri proposti da F. Doglioni (1994) e A. Di Tommaso (2013) che distinguono le tipologie di torri campanarie in funzione della posizione rispetto alla chiesa di pertinenza.

Per affinare il processo di catalogazione e classificazione e riflettere su tecniche costruttive e materiali impiegati, oltre a considerazioni in merito ad osservazioni dirette dei paramenti murari esterni non intonacati e delle relative apparecchiature lapidee di facciata, si è fatto ricorso anche alla *Carta del Rischio del Patrimonio Culturale*⁴, un sistema informativo realizzato dall'Istituto Centrale per il Restauro. Nella Carta del Rischio del Patrimonio Culturale sono

2. Cfr. www.beweb.chiesacattolica.it

3. Il fattore discriminante nella selezione delle torri campanarie tradizionali è rappresentato non tanto dall'epoca di realizzazione del manufatto edilizio quanto dalle tecniche costruttive impiegate, distinguendo così quelle diffuse soprattutto nel secondo dopoguerra (ovvero le strutture intelaiate in calcestruzzo armato) e quelle tradizionali messe a punto nel corso dei secoli dalle conoscenze empiriche delle maestranze.

4. Cfr. § 1.1 della presente ricerca e <http://www.cartadelrischio.it>

contenute le schede, redatte tra il 2006 e il 2009, sulla *Vulnerabilità e Pericolosità sismica del patrimonio culturale della Regione Siciliana* che rappresentano un primo screening speditivo su alcune caratteristiche costruttive e i cinematismi di danno per tre diverse categorie di beni (quali 1-palazzi, 2-torri/campanili, 3-chiese/teatri/sistemi edilizi complessi), al fine di determinare nuovi modelli di calcolo del rischio sismico più aderenti alla realtà. Tali schede non coprono la totalità dei campanili rilevati dalla presente ricerca ma costituiscono in ogni caso un valido aiuto soprattutto per la possibilità di consultazione della documentazione fotografica di corredo, grazie alla quale è possibile osservare caratteristiche degli ambienti interni e delle tecniche costruttive di esemplari non facilmente accessibili⁵.

La selezione dei casi di studio prende spunto dalla classificazione tipologica degli esemplari censiti. Si è scelto di studiare casi emblematici che siano rappresentativi della tipologia di campanili più ricorrente.

Per ognuno di questi esemplari sono state condotte preliminari indagini storiche, bibliografiche ed archivistiche, per poi proseguire con una campagna di rilievo fotogrammetrico dei fronti esterni (attraverso procedure di *Structure from Motion*⁶) e di rilievo diretto degli ambienti interni. Grazie a questi rilievi è possibile ricavare fotopiani e carte base per le successive analisi di riconoscimento dell'apparecchiatura tecnico-costruttiva e delle eventuali manifestazioni visibili di degrado.

Sul primo di questi esemplari, dai rilievi interni e dalla nuvola di punti dell'involucro esterno, ottenuta grazie ai metodi SfM, è stato ricavato anche un modello BIM di riferimento per poter raccogliere all'interno della piattaforma HBIM tutte le informazioni ottenute nel corso delle indagini. Sempre su questo esemplare, al fine di valutare le maggiori criticità strutturali in caso di sisma anche dal punto di vista strettamente di calcolo strutturale di tipo globale, sono state condotte delle analisi statiche allo SLU, analisi statiche non lineari push-over e analisi modali del modello torre campanaria considerato come unico macroelemento isolato o come macroelemento vincolato alla chiesa di pertinenza⁷.

Sull'esemplare etneo allo stato di rudere i rilievi sono stati condotti attraverso

5. Le informazioni legate ai dati geometrici sono invece poco attendibili ai fini del presente studio a causa della mancanza di elaborati grafici di riferimento. Si specifica inoltre che la consultazione è avvenuta attraverso la modalità "Accesso al Sistema (Pubblico)", previsto dal sistema al sito sopracitato.

6. I software impiegati in questa sede sono stati *Recap Pro Photo* di Autodesk e *PhotoScan* di Agisoft.

7. Il software di riferimento per le analisi globali è stato *MIDAS* di CSPFea, utilizzato nell'ambito di una tesi di laurea magistrale in Ingegneria Civile Strutturale e Geotecnica dal titolo *Modellazione ed analisi non lineare di una costruzione ecclesiastica in muratura. La chiesa di San Giuseppe ad Acicastello*, nella quale l'autore del presente lavoro ha partecipato in veste di correlatore (Anzalone, 2018).

Laser Scanner Terrestre nell'ambito di una tesi di laurea sperimentale in Ingegneria Edile-Architettura sul *Reverse building information modeling* nella quale l'autore del presente lavoro ha partecipato in veste di correlatore (Garozzo, 2018).

In ambito spagnolo, sono stati selezionati un caso emblematico di torre campanaria ancora in funzione, mentre gli altri esemplari scelti sono costituiti da torri campanarie allo stato di rudere. Sui casi emblematici selezionati è stato seguito il medesimo iter indagativo, con l'ausilio di rilievi fotogrammetrici e omografici⁸ che hanno permesso di redigere le carte base e realizzare dei modelli tridimensionali⁹ dello stato di fatto e dello stato originario (quest'ultimo sulla scorta di fotografie d'epoca dalle quali è stato possibile ricavare anche informazioni sulla tessitura muraria e sull'evoluzione del quadro fessurativo della parte crollata).

La ricerca si articola in quattro parti distinte che ripercorrono il percorso metodologico intrapreso. La prima parte di inquadramento culturale raccoglie i risultati della ricerca sullo stato dell'arte. La seconda parte contiene gli studi condotti sulle torri campanarie siciliane, a partire dalla definizione dell'areale di riferimento, il censimento e la classificazione tipologica degli esemplari esistenti. Le altre sezioni della seconda parte contengono gli studi condotti sui singoli casi emblematici e l'analisi comparativa che sintetizza tutti i dati raccolti e delinea un quadro di informazioni su come le configurazioni geometriche e le tecniche costruttive rilevate incidono su eventuali criticità in queste fabbriche tradizionali. La terza parte è dedicata allo studio dei casi emblematici rilevati in Tierra de Campos e, analogamente a quanto fatto nella parte precedente, si analizzano aspetti formali, tecnico-costruttivi e manifestazioni visibili di degrado che concorrono a definire le criticità che minacciano la sopravvivenza di queste torri a causa del rischio di obsolescenza. L'ultima parte della ricerca rappresenta una sintesi che mette in comparazione i fattori di sensibilità che rendono vulnerabili le torri campanarie nei due areali al variare del rischio prevalente. In questa sezione si pongono in luce anche difficoltà e limiti di

8. Si è utilizzato l'applicativo *Homograf* realizzato dall'Università di Alicante.

9. Tali modelli tridimensionali sono stati realizzati in collaborazione con il professore J. I. Sánchez Rivera dell'Università di Valladolid.

questa ricerca e i suoi possibili sviluppi futuri.

A conclusione della ricerca sono allegati due appendici. Il primo appendice riassume con dettagli grafici e documentazioni fotografiche le più ricorrenti tecniche costruttive nelle torri campanarie tradizionali etnee. Il secondo appendice è costituito dall'atlante (o catalogo) delle torri campanarie etnee frutto del censimento svolto sul territorio, nel quale per ogni esemplare sono allegati informazioni quali fotografia di riferimento, localizzazione, eventuale esistenza di informazioni storiche, riferimenti alla Carta del Rischio, fattori di sensibilità nei confronti del rischio sismico.



Fig. 1. In alto, modello mesh tratto da nuvola di punti SfM del campanile di San Giuseppe ad Acicastello. In basso, ortofoto tratta dal modello di stessa tipologia nella torre di San Pedro a Villacarralon.

PARTE PRIMA

Inquadramento culturale

1 Rischio e beni architettonici ad elevata istanza culturale

1.1 Il rischio e i beni culturali: alcune definizioni e la Carta del Rischio

Nel trattare il tema dell'approfondimento della conoscenza di una determinata tipologia di emergenze architettoniche di fattura tradizionale, appartenenti al patrimonio storico-artistico nazionale ed europeo di frequente minacciato da fenomeni naturali che ne mettono in pericolo la sopravvivenza, non si può non introdurre alcune definizioni che permettano di disegnare lo sfondo sul quale si organizzano i diversi livelli del presente studio.

Nel dibattito internazionale, la più nota definizione di *rischio* è senza dubbio quella fornita da D. Crichton (1999), il quale, nel suo famoso *triangolo del rischio*, esplica il rischio (R) come funzione delle tre variabili di *pericolosità* (P), *vulnerabilità* (V) ed *esposizione* (E): $R=f(P,V,E)$.

In generale, si definisce rischio la probabilità che si verifichi o che venga superato un certo livello di danno o di perdita in termini economico-sociali in un prefissato intervallo di tempo ed in una data area, a seguito di un determinato evento fisico. La pericolosità è la probabilità che un determinato fenomeno naturale avvenga in un certo luogo con una certa intensità, in uno specifico intervallo di tempo. La vulnerabilità, riferita a persone, edifici, infrastrutture o attività economiche, è la propensione a subire danneggiamenti in conseguenza delle sollecitazioni indotte da un evento di una certa intensità; l'esposizione rappresenta infine il numero di unità, o "valore", di ognuno degli elementi soggetti a rischio e presenti in una data area¹⁰. Il rischio è dunque pari al prodotto di queste tre variabili: $R=P \cdot V \cdot E$.

Con riguardo ai beni culturali, gli *eventi naturali* che possono comportare danno o perdita di parte del patrimonio storico-artistico, come sottolineato dalla Direttiva MIBACT 23-04-2015, possono derivare sia da azioni *esogene* (*pioggia, neve, escursione termica, vento, piene, alluvioni, frane*) sia da azioni di tipo *endogeno* (*sisma, eruzione vulcanica*); tali fenomeni sono classificabili come

10. Cfr. <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischi.wp>

eventi calamitosi se inducono effetti straordinari per estensione o per magnitudo del danno¹¹.

Gli ultimi avvenimenti catastrofici di origine sismica che hanno colpito l'Italia centrale nel 2016, confermano ancora una volta come il rischio sismico costituisca il rischio potenzialmente più distruttivo per il patrimonio architettonico dei centri storici, tra tutte le tipologie esistenti di rischio connesso ad azioni naturali endogene ed esogene (rischi di tipo sismico, vulcanico, meteo-idrogeologico ed idraulico).

Relativamente a tale rischio, è opportuno definire in modo più dettagliato i diversi parametri della funzione rischio precedentemente citata.

La vulnerabilità sismica consiste nella propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello, a fronte di un evento sismico di una data intensità¹². Tale accezione del concetto di vulnerabilità è legata alla scala architettonica della singola unità edilizia e dei suoi componenti costruttivi e ha origine dagli studi condotti sulle tecniche costruttive degli edifici in muratura e sulla loro caratterizzazione meccanica. Ampliando la scala di riferimento, con particolare attenzione per i centri storici, la vulnerabilità sismica urbana può essere considerata in prima istanza come somma di singole vulnerabilità edilizie ma, come sottolineato da numerosi studiosi, è necessario superare tale significato per valutare l'interdipendenza tra gli edifici nella loro complessiva configurazione di insieme (Indelicato, 2010). Le fabbriche di fattura tradizionale, rappresentando una quota parte del patrimonio edilizio urbano, sono dunque caratterizzate da una vulnerabilità di tipo diretto, connessa alla propensione intrinseca a subire collasso; se poi si osservano gli aggregati edilizi, si deve anche prendere in considerazione la vulnerabilità sismica indotta, attribuibile alla contiguità di più edifici coinvolti nel collasso (Cremonini, 1999) e definibile in rapporto agli effetti di crisi generati indirettamente dal collasso di uno degli elementi fisici (es. crisi di tutto il sistema della mobilità indotto dall'ostruzione di un ramo) (Clementi, 1981).

L'esposizione al rischio sismico rappresenta così la dislocazione, consistenza, qualità e valore dei beni e delle attività presenti sul territorio che possono essere influenzate direttamente o indirettamente dall'evento sismico¹³.

11. Cfr. Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo. Direttiva 23 aprile 2015: Aggiornamento della direttiva 12 dicembre 2013, relativa alle «Procedure per la gestione delle attività di messa in sicurezza e salvaguardia del patrimonio culturale in caso di emergenze derivanti da calamità naturali». (15A05594) (GU Serie Generale n.169 del 23-7-2015).

12. Cfr. http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp

13. Cfr. Laboratorio di Sismologia Applicata, sezione del laboratorio SPRINT (Sicurezza e Protezione Intersettoriale, Università degli studi di Udine, Direttore prof. Stefano Grimaz): <http://sismolab.dgt.uniud.it/progetti>.

La *pericolosità sismica* indica la probabilità che si verifichi in un dato luogo o entro una data area e entro un certo periodo di tempo di un terremoto capace di causare danni¹⁴, o, in modo più specifico, la stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area (Bramerini et al., 2008).

Tra il 1992 e il 1996, l'Istituto Centrale per il Restauro¹⁵ (ICR) e il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, al fine di valutare le diverse tipologie di rischio alle quali sono esposti i beni culturali in funzione della loro reale consistenza, del relativo stato di conservazione e del territorio a cui essi appartengono (Bartolomucci and Cacace, 2008), hanno promosso la costruzione del Sistema Informativo Territoriale di banche dati definito *Carta del Rischio del Patrimonio Culturale* (CdR). Con tale strumento si è voluto fornire uno strumento di supporto per l'attività scientifica ed amministrativa agli Enti pubblici preposti alla tutela, salvaguardia e conservazione del patrimonio culturale¹⁶. Il progetto, nato sotto la direzione di Pio Baldi, sviluppa in larga scala l'idea di *manutenzione programmata* promossa a livello regionale da Giovanni Urbani già nel 1976 con il *Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria* (Petraroia, 2014) e affonda le proprie radici nel concetto di *restauro preventivo* di Cesare Brandi (1977), inteso come sistema di azioni che possono condurre a *prevenire il degrado della materia e, con ciò, la necessità del vero e proprio restauro, specie di quello d'urgenza* (Carbonara, 1997)¹⁷, assumendo il rischio di perdita del patrimonio culturale come criterio per l'individuazione delle priorità operative. Tale rischio viene definito da un punto di vista statistico come funzione della quantità di danno prodotto da un evento naturale su un bene censito e della probabilità che l'evento si possa verificare (Accardo et al., 2005).

Per valutare il rischio di perdita o di danno, la CdR mette in relazione il singolo bene, calcolando il relativo rischio di perdita in funzione dello stato di conservazione, e il territorio sul quale vengono calcolati i *Fattori di Rischio* che caratterizzano l'areale nel quale insiste il bene esaminato (Condorelli, 2012). Non essendo determinabile a priori in modo probabilistico l'evento dannoso

14. Ibidem.

15. Oggi divenuto *Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro*.

16. Cfr. <http://www.cartadelrischio.it>

17. «Dagli scorsi anni novanta al 2014 sono stati georiferiti su cartografia vettoriale e su ortofoto aeree oltre 95.000 monumenti sul territorio nazionale e sono stati raccolti nel sistema tutti i decreti di vincolo emessi dagli uffici statali dall'anno 1902 al 2005» (Cacace and Fiorani, 2014).

e il suo meccanismo di innesco, la CdR costruisce degli *Indicatori di Rischio* e degli *Indicatori dei Fattori di Rischio* rispettivamente relativi al bene analizzato e al territorio considerato, per descrivere il livello di rischio attraverso il calcolo di indici, indipendentemente da una loro possibile correlazione con una valutazione di probabilità.

Gli Indicatori di Rischio danno contezza della *Vulnerabilità Individuale* (V), una funzione che indica il livello di esposizione di un dato bene all'aggressione dei fattori territoriali ambientali, in base allo stato di conservazione. Gli Indicatori dei fattori di rischio si riferiscono invece alla *Pericolosità Territoriale* (P), funzione che indica il livello di potenziale aggressione caratteristico di una data area territoriale, indipendentemente dalla presenza o meno di beni (Accardo et al., 2005).

A V e P sono inoltre associati dei domini utili per la definizione dei Modelli di Rischio. I domini individuati per la Vulnerabilità, e quindi per il bene individuale, sono il dominio Ambientale-Aria V1 (definito dall'aspetto della superficie), il dominio Statico-Strutturale V2 (definito dalle caratteristiche costruttive e statico-strutturali), il dominio Antropico V3 (definito dall'uso e dalla sicurezza). I domini individuati per la Pericolosità Territoriale sono: il *dominio Ambientale-Aria* P1 (caratterizzato dai fattori climatici, microclimatici e gli inquinanti dell'aria), il *dominio Statico-Strutturale* P2 (definito dalle caratteristiche geomorfologiche del suolo e del sottosuolo), il *dominio Antropico* P3 (caratterizzato dalle dinamiche demografiche e socioeconomiche). In tal modo, la funzione del rischio R dipende solo da Vulnerabilità e Pericolosità, secondo la relazione¹⁸:

$$R = R (V1, V2, \dots Vn, P1, P2, \dots Pn).$$

Gli indicatori di Pericolosità così definiti individuano le tipologie di rischio alle quali possono essere soggetti i beni culturali di tipo architettonico. La pericolosità di tipo statico-strutturale fa riferimento a sei fenomenologie che influenzano la stabilità strutturale dei beni rispetto alle relative aree territoriali (pericolosità sismica, da frane e dissesti, da esondazioni, dinamica dei litorali, da valanghe e vulcanica). La pericolosità relativa al dominio ambiente-aria è definita da due ambiti chimico-fisici differenti che danno contezza dell'indice

18. Cfr. <http://www.cartadelrischio.it/ita/modellologico.asp>

di erosione e annerimento dei materiali e dell'indice di stress fisico dovuto all'interazione termica e igrometrica tra ambiente e materiale. La pericolosità antropica è invece relativa ai fenomeni antropici potenzialmente responsabili di effetti negativi sulla conservazione del patrimonio culturale; questi sono riconducibili a dinamiche di densità demografica (come spopolamento e sovrappopolamento), di pressione turistica e di suscettibilità al furto¹⁹.

Relativamente al rischio sismico, tra il 2006 e il 2009 è stato promosso un ulteriore miglioramento della CdR approfondendo tale tematica con il progetto *Carta del Rischio del Patrimonio Culturale – Dati sulla vulnerabilità e pericolosità sismica del patrimonio culturale della Regione Siciliana e della Regione Calabria*²⁰. Sono stati censiti 3150 beni, per ognuno dei quali è stato valutato il rischio sismico secondo due metodologie differenti. Il primo metodo di valutazione, di tipo *tradizionale* (Donatelli, 2010), definisce tre classi di rischio (alto, medio e basso) come combinazione dei parametri vulnerabilità, pericolosità ed esposizione; la vulnerabilità sismica in questo caso è espressa in termini qualitativi. Il secondo metodo, noto come *Sistema di Supporto alle Decisioni* (SSD), definisce i livelli di vulnerabilità e rischio in classi e la vulnerabilità sismica è individuata tramite indici numerici normalizzati (con valori tra 0 e 1), detti *livelli di fragilità*.

In entrambi i metodi i parametri di vulnerabilità sismica sono desunti da tre tracciati schedografici, ognuno dei quali formulato per una specifica categoria architettonico-costruttiva: *1-Palazzi, 2-Torri/Campanili, 3-Chiese/Teatri/Sistemi Edilizi Complessi* (Donatelli, 2010).

19. Cfr. <http://www.cartadelrischio.it/ita/pericolosita.asp>

20. Cfr. http://www.cartadelrischio.it/ita/dati_vuln.asp

1.2 La vulnerabilità sismica delle fabbriche tradizionali: l'approccio empirico

L'approccio di tipo cinematico sullo studio delle fabbriche di fattura tradizionale affonda le proprie radici nelle conoscenze empiriche delle patologie pregresse delle fabbriche tradizionali ed in quelle della statica delle murature, secondo i dettami della regola dell'arte pre-ottocentesca (Blasi, 2014). Lo stesso Gustavo Giovannoni, uno dei principali esponenti del *Restauro Scientifico*, già nel 1945 suggeriva minimi interventi di consolidamento su fabbriche di tipo tradizionale che puntassero a sfruttare gli «*schemi risorsa*» *formatisi nella statica dell'edificio senza alterarli; trattasi di stati di equilibrio con cui la fabbrica si è spontaneamente difesa, ma che durano da secoli per il contrasto e la solidarietà delle strutture murarie; il turbarli e l'avviare un diverso sistema di azioni porta talvolta alla necessità di rifare tutto*» (Giovannoni, 1945).

La continuità concettuale di questo principio nei contributi scientifici degli anni '80 e '90 del Novecento (Blasi, 2013; Doglioni and Bondanelli, 2009; Giuffrè, 1998) ha portato ad una meditata consapevolezza sull'utilità dell'approccio empirico nello studio della vulnerabilità sismica degli edifici storici dotati di elevata istanza culturale, al punto tale da essere riconosciuta anche a livello normativo dalle NTC08 e dalle Linee Guida del 2011.

Le teorie di A. Giuffrè (1998), uno dei maggiori sostenitori dell'utilità di tale approccio nello studio delle murature tradizionali, scaturiscono da quattro principi basilari secondo cui:

- *Le tipologie strutturali storiche presentano un'intrinseca resistenza al sisma, purché realizzate sin accordo con la «regola dell'arte»;*
- *La «regola dell'arte» ha la stessa funzione generalizzante del moderno calcolo strutturale: come il soddisfacimento delle verifiche di calcolo garantisce la sicurezza delle strutture moderne, così l'accordo con la «regola dell'arte» costituisce una base di sicurezza per l'architettura storica;*
- *Il confronto della situazione attuale con la «regola dell'arte» mette in evidenza le carenze di resistenza e suggerisce gli interventi di rinforzo. Con ottica manutentiva questi possono essere estratti dalla stessa «regola dell'arte» che la costruzione avreb-*

be dovuto soddisfare. (...) Il difetto di un edificio che non rispetta la «regola dell'arte» si ripara riconducendolo ad essa: ecco un criterio semplice, obiettivo, compatibile, filologico, conservativo, che fa da guida alla scelta delle tecniche di intervento nelle costruzioni storiche.

- *Nei casi in cui si scopre che una tipologia è intrinsecamente insufficiente, è chiaro che questa non può essere conservata. Tuttavia, se è il caso, gli interventi possono essere scelti all'interno di una logica muraria più vasta del campione in esame, apportando miglioramenti comunque coerenti con il linguaggio originale.*

Facendo tesoro del significato sperimentale delle fabbriche dissestate dai vari terremoti, A. Giuffrè (2006) ha sottolineato come il sisma non agisce sugli edifici tradizionali in modo disordinato, ma *al contrario seleziona le parti strutturali e le soluzioni tecnologiche più deboli provocando danni o collassi mediante meccanismi definibili in anticipo. La mancanza di connessione tra le parti che caratterizzano le costruzioni in muratura permette il verificarsi di collassi parziali.*

Concordi con C. Blasi, è bene sottolineare che l'*Empirismo* a cui si fa riferimento non vuole rappresentare una superficiale conoscenza "intuitiva" ma, al contrario, una rigorosa prassi operativa basata su profonde e meditate conoscenze sperimentali su un'ampia casistica (Blasi, 2014). Inoltre, la predilezione per le tecniche tradizionali dimostrata da A. Giuffrè non è una questione "*sentimentale*", ma *al contrario nasce dall'esigenza culturale di conservare le scelte storiche contenute nelle opere del nostro passato* (Giuffrè, 1993).

Il problema della vulnerabilità sismica dei manufatti storici, affrontato in questi termini, conduce quindi a suddividere ogni tipologia di edificio in macroelementi, per ciascuno dei quali sono stati individuati i meccanismi di danno più ricorrenti, catalogati in appositi abachi proposti anche nelle Linee Guida.

Il metodo empirico "alla Giuffrè" non è altro che un'applicazione del teorema cinematico secondo cui per dimostrare che una struttura è instabile, per un'assegnata distribuzione di forze esterne, è sufficiente individuare almeno un meccanismo cinematico che si innesca per quella distribuzione di forze e porta al collasso. La scelta del cinematismo di collasso più plausibile ricadrà quindi su

quello che si innescherebbe in corrispondenza del valore più piccolo delle forze esterne (Carocci and Tocci, 2009).

Proprio dall'osservazione attenta del comportamento degli edifici tradizionali soggetti ad azioni sismiche e del loro modo di discretizzarsi in parti macroscopiche, nascono le definizioni e le classificazioni dei macroelementi e dei meccanismi di danno ricorrenti delle fabbriche storiche.

Gli studi di Giuffrè e le esperienze del terremoto del Friuli (Doglioni et al., 1994) e di quello di Umbria e Marche (Lagomarsino, 2009) hanno permesso di indicare i *macroelementi* come parti del manufatto storico che sono riconoscibili costruttivamente come porzioni unitarie, non solo dal punto di vista architettonico ma anche sotto l'aspetto del comportamento cinematico. Tale suddivisione svolge una funzione convenzionale utile alla descrizione e alla comprensione del fenomeno di danno riconoscibile in ciascun macroelemento del manufatto (Doglioni and Bondanelli, 2009).

Se il *danno* è la manifestazione visibile con la quale si constata l'allontanamento del manufatto da una condizione iniziale o precedente (Brandonisio, 2007), per *meccanismo di danno* si intende il modello di rappresentazione cinematica che permette di descrivere il processo di discretizzazione del macroelemento e dei relativi spostamenti. Tale ricostruzione schematica del cinematismo ha la duplice funzione di interpretazione dinamica del dissesto e di previsione della possibile evoluzione dei meccanismi che potrebbero generare danni ulteriori. I meccanismi di danno possono essere influenzati da diversi aspetti che possono essere definiti come *vulnerabilità specifiche* di ogni singolo edificio, quali modalità costruttive originarie, processi di trasformazione edilizia che hanno potuto modificare lo schema statico, dissesti pregressi non sufficientemente consolidati che rappresentano vie preferenziali per il danno, degrado strutturale e inefficienza della manutenzione che diminuiscono la resistenza della muratura, interventi di consolidamento recenti eccessivamente invasivi o che hanno provocato conseguenze negative sul funzionamento strutturale delle pareti durante eventi sismici (Vallucci et al., 2014).

Uno studio cinematico di questo genere permette di determinare l'andamento dell'azione orizzontale del sisma che la struttura è progressivamente in grado

di sopportare all'evolversi del meccanismo fino al collasso che, come già aveva descritto Giuffrè, può avvenire in due modi differenti. Il *primo modo*, il più pericoloso ed il primo ad innescarsi, non dipende dalla resistenza della muratura e si verifica tramite il ribaltamento della struttura muraria fuori dal piano, a causa della componente dell'azione sismica ortogonale alla parete; il *secondo modo* è invece dovuto alla rottura a taglio della muratura a causa di azioni parallele al piano della parete e può provocare fessurazioni sul tessuto murario, le quali non sono necessariamente responsabili di un possibile collasso (Doglioni and Bondanelli, 2009).

La maturata convinzione che il collasso degli edifici storici in muratura avvenga prevalentemente per la perdita di equilibrio di macroelementi del corpo di fabbrica ha quindi portato a riconsiderare anche il concetto stesso di sicurezza, per la quale non è più richiesto un livello numerico minimo da raggiungere necessariamente. La sicurezza diventa così il risultato di un complessivo giudizio qualitativo nel quale confluiscono il riconoscimento empirico dei meccanismi di danno e il valore storico culturale del bene architettonico, affiancati alle comunque necessarie valutazioni numeriche quantitative del calcolo strutturale (Lagomarsino, 2009).

L'approccio empirico-sperimentale ha trovato impiego e ulteriori perfezionamenti in diversi studi che hanno preso in considerazione soprattutto interi tessuti edilizi storici. In ciascuno di questi casi applicativi è stata realizzata una sorta di check-list che, per ogni meccanismo di danno possibile, ha analizzato gli elementi strutturali e di danno che possono contribuire ad attivare il dissesto, con l'obiettivo di scegliere il modello interpretativo più corretto, suggerito dalle informazioni qualitative trovate ancor prima che da complicati calcoli di previsione (Blasi, 2013).

Uno dei più recenti programmi di ricerca nazionale, che affrontano le tematiche connesse all'approccio empirico cinematico sul costruito storico, è il PRIN finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca nel 2008 dal titolo Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela dal rischio sismico del patrimonio culturale in applicazione della Direttiva 12 ottobre 2007 (G.U. n.24 del 29/01/08), coordinato dal professore Carlo Blasi e

condotto dall'Unità di Ricerca costituita dal Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e dell'Architettura dell'Università degli Studi di Parma, dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Catania, dal Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito del Politecnico di Milano e dal Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino.

Obiettivo di questo progetto di ricerca è stato il recupero dell'unicità del processo di conservazione della fabbrica storica, contribuendo ad estendere il "percorso di conoscenza" dalla prassi operativa del restauro finalizzato alla conservazione delle superfici e della materia a quella della salvaguardia completa dei manufatti storici, che include necessariamente anche le operazioni atte a garantirne la stabilità, sempre nel rispetto del principio del "minimo intervento". Il tema di tale ricerca si coglie perfettamente già nell'introduzione ai risultati dello studio, pubblicati nel 2013:

«Se è indubbio che l'analisi storica strutturale e l'analisi della stabilità delle costruzioni storiche non siano state al centro dell'attenzione dei "restauratori", è altrettanto vero che tali metodologie non rientrano o sono marginali anche nei programmi didattici e nelle abitudini operative dei cosiddetti "strutturisti" (...). È pertanto opportuno che tutti coloro che si occuperanno di conservazione di manufatti storici, facciano uno sforzo per adeguarsi a questa maniera di operare nuova, ma in realtà antica, che dovrà lentamente essere assimilata» (Blasi, 2013).

Nell'ambito di questo programma, i risultati pubblicati da Blasi mostrano come le diverse unità di ricerca abbiano approfondito percorsi indagativi per alcune tipologie edilizie e soprattutto per interi aggregati urbani colpiti dai recenti terremoti, dedicando alcune pagine anche alle torri campanarie e a quelle civiche.

1.3 I beni culturali monumentali esposti a rischio sismico: dalle schede di rilevamento dei danni al percorso della conoscenza delle Linee Guida 2011

A partire dal citato terremoto del 1976 in Friuli e del 1980 in Irpinia, l'esigenza di una più attenta conoscenza degli edifici in muratura suscettibili di danno sismico si è sempre più rafforzata nel tempo, soprattutto nei periodi immediatamente successivi ai diversi terremoti che hanno vessato il territorio italiano negli ultimi quaranta anni. L'osservazione empirica dei danni causati dal sisma non solo ha alimentato la letteratura scientifica sul tema, ma ha contribuito a migliorare l'analisi dei dissesti nell'immediata emergenza e nella valutazione della vulnerabilità sismica.

In occasione al terremoto che colpì Umbria e Marche nel 1997, il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR ed il Servizio Sismico Nazionale (SSN) organizzarono i centri operativi di coordinamento per il rilievo dei danni e misero a punto dei modelli schedografici, che rappresentano l'evoluzione sia di modelli utilizzati sugli edifici dissestati friulani dopo il 1976 e in Irpinia nel 1980 sia di prototipi schedografici applicati alle chiese della Lunigiana e della Garfagnana (Angeletti et al., 1997). La scheda del GNDT (Lagomarsino et al., 1997) mirava al rilevamento speditivo degli edifici religiosi (stimandone l'eventuale danno strutturale e giudicandone l'agibilità) e all'indicazione degli interventi di messa in sicurezza per scongiurare ulteriori crolli. Si trattava di uno strumento utile nell'immediata urgenza di quantificare in modo definito i danni e le eventuali riparazioni. Per tali ragioni, la scheda suggeriva l'inserimento di dati tipologici e dimensionali (riportando in allegato gli elaborati grafici), il rilevamento dei danni a determinati elementi di valore storico-artistico e una serie di *indicatori* rappresentativi di sedici eventuali meccanismi di danno rilevabili sui diversi macroelementi delle chiese, schematizzati in un apposito abaco allegato (Brovelli et al., 1997). In questo modo la scheda determina il livello di danno subito, che comporta un giudizio sulla fruibilità del bene, e l'indice sulla possibile risposta nei confronti di ulteriori eventi sismici. La scheda del GNDT del 1997 dà indicazioni non solo sulla configurazione del macroelemento e sul livello di danno, ma anche sui difetti costruttivi che favoriscono il cinematismo. Tramite

21. I risultati di tali schedature sono stati successivamente integrati nella *Carta del Rischio* (Cfr. § 1.1) (Donatelli, 2010).

22. «La semplificazione porta in generale ad una maggiore affidabilità del dato, a condizione che la decisione di sintesi richiesta all'operatore (ossia il passaggio dalle caratteristiche estetiche alle caratteristiche comportamentali) sia ben guidata» (Baggio et al., 2009).

23. «Al fine di una più affidabile previsione del danno atteso, oltre ad alcune indicazioni dimensionali, la scheda mira ad individuare le carenze costruttive che favoriscono l'attivazione di ciascun meccanismo di danno; queste sono spesso legate a dettagli piuttosto che a considerazioni generali sulla fabbrica (presenza di catene, ammorsamenti, ecc.). Inoltre, il rilievo del danno pregresso rappresenta un'ulteriore preziosa informazione, in quanto i terremoti del passato lasciano segni che spesso non vengono cancellati e possono ancora oggi essere riconosciuti. Il risultato di questa analisi è ovviamente lo scenario di danno atteso a fronte del terremoto di riferimento per l'area. Questo può indirizzare le strategie di prevenzione a livello territoriale, ovvero tramite analisi costi-benefici definire come utilizzare al meglio le risorse disponibili per ridurre il rischio sismico, e suggerire, per il singolo manufatto, gli interventi di miglioramento che permettono di ottenere un'effettiva conservazione del bene, senza sottovalutare le problematiche della sicurezza» (Lagomarsino et al., 2007).

una combinazione normalizzata di punteggi, la scheda permette di calcolare l'indice di danno e l'indice di vulnerabilità attribuendo un valore variabile tra 0 e 1. Grazie alla scheda GNDT per le fabbriche ecclesiastiche furono elaborati appositi modelli calcolo, basati sull'analisi cinematica lineare per la valutazione del livello di sicurezza e per i possibili progetti di miglioramento sismico, che permette di individuare il meccanismo di danno più probabile e la relativa azione orizzontale di innesco²¹ (Donatelli, 2010).

Dopo il terremoto in Molise dell'ottobre 2002, il tema dell'approfondita conoscenza dei manufatti tradizionali a rischio sismico e della valutazione della vulnerabilità viene ancora migliorata attraverso la scheda di primo livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità nell'emergenza sismica *AeDES* (Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica), messa a punto dal GNDT e dal SSN per edifici ordinari non a tipologia specialistica e monumentale. Rispetto alle schede adoperate precedentemente, la scheda *AeDES* prevede uno snellimento della definizione della classificazione tipologica dei diversi elementi costruttivi, ritenuta troppo dettagliata e foriera di possibili errori. All'approccio *descrittivo* delle schede GNDT si passò ad un approccio di tipo *comportamentale*, poiché, si ritenne che, a fronte della varietà tipologica di uno stesso elemento strutturale, i cinematismi attesi durante un terremoto sono riconducibili a pochi²² (Baggio et al., 2009).

Contestualmente, per gli edifici di tipo monumentale e specialistici come le chiese, non essendo possibile semplificare eccessivamente la classificazione tipologico-costruttiva, nella fase di emergenza vennero messe a punto apposite schede che ripresero i modelli schedografici usati in Umbria e, in *post emergenza* (Donatelli, 2010) venne predisposta una apposita scheda di II livello per la valutazione del danno e della vulnerabilità che, a titolo esemplificativo, per la tipologia "Chiese" (*Modello A-DC*) tiene in considerazione ventotto possibili meccanismi di danno, rilevabili rispetto ai diciotto cinematismi catalogati nelle precedenti schede²³ (Cifani et al., 2005).

A partire da tali studi, il Modello A-DC per il rilievo dei danni delle chiese è stato sempre più implementato e ha trovato piena applicazione all'indomani del sisma abruzzese del 2009; in questa occasione, per le tipologie monumentali

“palazzi” e “chiese” sono state adoperate rispettivamente le schede del Modello B-DP e del Modello A-DC che sono state approvate con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 febbraio 2006. Prendendo a riferimento il Modello A-DC per le chiese in muratura²⁴ (Papa and Di Pasquale, 2011), la scheda prevede due sezioni conoscitive. Nella prima parte sono contenute informazioni di carattere generale come: la localizzazione geografica amministrativa, la destinazione d’uso attuale, le caratteristiche morfologiche del sito, il contesto urbano e la posizione del manufatto rispetto agli edifici vicini, la presenza di rischi naturali o antropici eventualmente esistenti e la tipologia di beni artistici presenti. La seconda sezione è costruita per descrivere lo stato di manutenzione generale e il giudizio dell’entità del danno (legato ai ventotto meccanismi di collasso caratteristici per i differenti macroelementi che compongono la fabbrica della chiesa), graduato su cinque livelli: *0-danno nullo; 1-danno lieve; 2-danno moderato; 3-danno grave; 4-danno molto grave; 5-crollo*, già utilizzati nelle schede GNDT di I livello. In questa sezione vengono indicati anche la valutazione di agibilità, sulla base dei dati acquisiti durante il rilievo, e la stima sommaria delle opere di pronto intervento (Papa and Di Pasquale, 2011).

Le esperienze dell’approccio empirico “alla Giuffrè”, il progressivo miglioramento dei sistemi di conoscenza dei beni architettonici dissestati da eventi sismici e le catalogazioni del patrimonio storico-artistico della Carta del Rischio costituiscono la base culturale sulla quale sono fondate le *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni*²⁵. redatte nel 2007 e aggiornate nella loro forma attuale nel 2011²⁶. Con questa direttiva, la normativa italiana ha cercato di regolamentare gli interventi sul costruito storico coniugando le istanze del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ribadendo l’esclusiva competenza del primo di questi in materia di progettazione di interventi sui beni culturali. Come sostenuto da C. Blasi (2013), la norma sottolinea come gli interventi di consolidamento, sismico o non sismico, debbano essere progettati e realizzati con le stesse regole e la stessa filosofia seguita dagli interventi di restauro

24. Per le chiese con scheletro portante in calcestruzzo armato, si fa invece riferimento alla scheda *AeDES* di primo livello.

25. Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 09 febbraio 2011 (Supplemento Ordinario n. 54 della G.U. 47 del 26/02/2011) “*Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008.*” La norma recepisce, con piccole modifiche necessarie per l’adattamento alle NTC 2008 (Blasi, 2013), la precedente Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 ottobre 2007, pubblicata in G. U. il 29 gennaio 2008: *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.*

26. Per facilità di lettura, nella presente trattazione si abbrevieranno le citate Linee guida con la sigla “LLGG 2011”.

volti alla conservazione , evitando qualsiasi approccio di tipo corporativo e tecnicistico nel rispetto dei caratteri di autenticità e delle istanze culturali del bene.

L'intento delle linee guida è esplicitamente dichiarato sin dall'articolo 1.1:

«... specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e progetto degli eventuali interventi, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, ma opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale».

Le LLGG 2011 impongono che le analisi strutturali, prima di qualsiasi modellazione, debbano seguire un *percorso della conoscenza* specifico per i beni culturali, che deve necessariamente passare attraverso l'approfondimento storico-archivistico sulle vicende costruttive della fabbrica e un approfondito rilievo geometrico e tecnico costruttivo. Tale processo conoscitivo²⁷ si delinea come un'indicazione operativa obbligatoria che, tuttavia, a causa della peculiarità unica dell'edificio monumentale, non necessita di seguire in modo cogente tutti i punti descritti dalla norma, lasciando alla responsabilità e sensibilità del progettista la scelta del grado di approfondimento da seguire per ottenere una valutazione qualitativa oltre che quantitativa (Blasi, 2013). Il percorso della conoscenza della singola fabbrica oggetto di studio viene "raccontato" attraverso apposite schede descritte negli allegati della direttiva.

Il primo passo di questo percorso è costituito dalla raccolta dei dati per *l'identificazione della costruzione* che deve comprendere la localizzazione sul territorio per individuare la sensibilità della fabbrica nei riguardi dei diversi rischi, le eventuali parti della fabbrica da scegliere come zone di sacrificio per le indagini ND e per gli interventi di miglioramento sismico, il rapporto tra l'edificio e il contesto descrivendo il *Complesso Architettonico (CA)*, *isolato o non isolato*, e la *caratterizzazione dei rapporti spaziali e funzionali tra l'edificio ed eventuali manufatti contermini*.

Importante è anche la *caratterizzazione funzionale dell'edificio e dei suoi spazi*, con la quale le LLGG 2011 suggeriscono anche l'approfondimento dell'evoluzione delle destinazioni d'uso dell'edificio nell'arco della propria storia, per una migliore comprensione delle trasformazioni geometriche e strutturali avvenute

27. Cfr. §4 LLGG 2011.

e motivare così eventuali segni o notizie di dissesti.

Raccolte tali informazioni, il percorso conoscitivo proposto si sofferma sull'importanza del *rilievo geometrico* che deve interessare la geometria complessiva dell'organismo edilizio e i rapporti con eventuali corpi di fabbrica addossati, rappresentati attraverso elaborati planimetrici, prospetti e sezioni e dettagli costruttivi. Da tale rilievo deve emergere la descrizione stereometrica dell'edificio, con le *caratteristiche plano-altimetriche degli elementi costitutivi*, con particolare riguardo per il rilievo degli elementi strutturali del corpus, non trascurando geometrie e spessori di volte, solai e paramenti murari, tipologia e orditura delle coperture e delle scale, la presenza di nicchie e cavità, impianti e canne fumarie e la tipologia delle fondazioni.

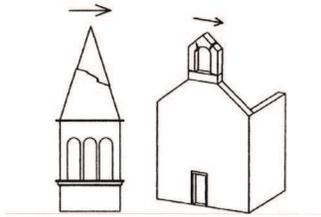
Grazie a tale rilievo, deve essere possibile l'immediato riconoscimento dello schema strutturale resistente della fabbrica, da utilizzare successivamente nelle analisi sismiche, con l'individuazione di vincoli, dei carichi agenti, dei punti significativi per la realizzazione dei modelli di calcolo (quali *imposte degli orizzontamenti e dei sistemi voltati, entità di appoggio degli stessi sulle murature d'ambito*).

Il rilievo deve comprendere anche una esatta descrizione delle deformazioni (quali fuori piombo abbassamenti o rigonfiamenti) e del quadro fessurativo, classificando le lesioni in base alla loro configurazione geometrica e ai cinematismi ai quali queste possono essere attribuite.

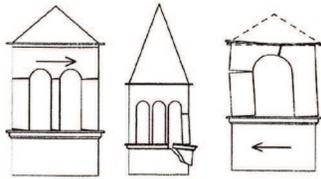
Come già accennato, oltre al rilievo, il percorso conoscitivo prevede la ricostruzione del regesto della fabbrica con un'*analisi storica* sulle fasi costruttive, sulle modifiche strutturali avvenute nel tempo, sugli eventi traumatici subiti (attraverso la consultazione sia di documenti che dei cataloghi sismici) e sull'evoluzione dei dissesti poiché *la storia di un edificio può anche essere utilizzata come uno degli strumenti di controllo e verifica della risposta dell'edificio*.

Di grande interesse riveste il *rilievo materico costruttivo e dello stato di conservazione* condotto facendo ricorso anche alle indagini non distruttive indirette e dirette debolmente distruttive, in particolari aree della fabbrica precedentemente selezionate, e possedendo *un'approfondita consapevolezza*

26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)



28 - CELLA CAMPANARIA



27 - TORRE CAMPANARIA

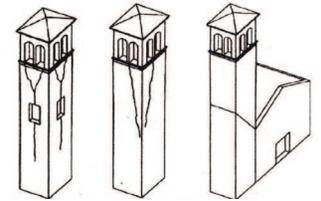


Fig. 2. Abaco dei meccanismi di danno di guglie, celle campanarie e torri campanarie secondo le LLGG 2011.

delle caratteristiche costruttive dei manufatti nell'area e nei diversi periodi storici. La qualità muraria dei paramenti che compongono la fabbrica oggetto di studio deve essere valutata in base all'individuazione della forma, tipologia e dimensioni dello scheletro lapideo, al riconoscimento della tessitura, dell'ingranamento degli elementi e della natura e dello stato di conservazione delle malte.

Il riconoscimento delle tecniche costruttive non deve trascurare l'individuazione e la valutazione della qualità dei nodi costruttivi tra pareti verticali e tra orizzontamenti o dell'efficienza degli architravi e degli archi di scarico sopra le aperture.

Le Linee guida 2011 sottolineano inoltre l'importanza del contributo del rilievo a vista e della conoscenza della regola dell'arte per la determinazione della qualità e dello stato di conservazione dei materiali base. In tal modo, grazie all'ausilio del giudizio qualitativo delle indagini ND indirette e del limitato impiego di prove distruttive è possibile procedere alla caratterizzazione meccanica dei diversi materiali, utile per la realizzazione dei modelli strutturali di analisi.

Come nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, anche per i beni culturali di fattura tradizionale a rischio sismico le Linee guida 2011 impongono al progettista l'utilizzo di specifici Fattori di Confidenza (F_c), in relazione all'approfondimento del rilievo geometrico e delle indagini materico-costruttiva, meccanica e sul terreno e le fondazioni.

Le LLGG 2011, rispetto alle NTC 2008, introducono per i beni culturali diversi stati limite di riferimento. L'acquisizione da parte di un bene architettonico, dotato di istanza culturale, di un sufficiente livello di sicurezza e protezione nei confronti del rischio sismico è assicurata da tre stati limite, due già previsti dalle NTC e uno specifico per i beni culturali.

Gli stati limite da considerare per lo studio di queste fabbriche tradizionali sono lo *Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV* (cioè lo stato limite ultimo da considerare per terremoti rari e di forte intensità con l'obiettivo di salvaguardare la vita degli occupanti dell'edificio), lo *Stato Limite di Danno SLD* (cioè lo stato limite di esercizio da considerare per terremoti meno intensi ma più frequenti con l'obiettivo di contemperare aspetti economici e funzionali)²⁸, e lo *Stato*

28. SLV e SLD sono definiti nel punto 3.2.1. delle NTC08.

Limite di danno per i beni Artistici SLA che è stato introdotto per tener conto della presenza di opere d'arte all'interno della fabbrica come affreschi o stucchi: «A seguito di un terremoto di livello opportuno (in genere quello preso in considerazione per lo stato limite di danno), i beni artistici contenuti nel manufatto, intesi come apparati decorativi, superfici pittoriche, elementi architettonici di pregio (altari, organi, balaustre, pavimentazioni, ecc.) nonché beni mobili pertinenziali (pale d'altare, fonti battesimali, statue, ecc.) subiscono danni di modesta entità, tali da poter essere restaurati senza una significativa perdita del valore culturale» (LLGG 2011).

Per la *valutazione della sicurezza sismica*, le LLGG 2011 prevedono tre livelli di valutazione differenti (LV1, LV2, LV3) che corrispondono ad analisi strutturali progressivamente più approfondite (Donatelli, 2010). Il primo livello di valutazione, LV1, consiste nell'applicare una *analisi qualitativa e una valutazione con modelli meccanici semplificati*. Tale livello di valutazione è molto semplificato, viene utilizzato per le analisi a scala territoriale su tutti i beni tutelati ed è connesso al progetto di monitoraggio che il MIBAC ha redatto per effettuare la schedatura di tutti beni del territorio nazionale. La LV1 fa riferimento a modelli semplificati in grado di stimare l'accelerazione al suolo corrispondente al raggiungimento dello Stato limite. *Il risultato di questa valutazione viene espresso in forma linguistica, attraverso un livello di vulnerabilità basso, medio o alto* (LLGG 2011).

Il livello di valutazione LV2 (*Valutazione su singoli macroelementi. Meccanismi locali di collasso*) viene utilizzato quando è necessario effettuare una valutazione della sicurezza sismica preventiva ad interventi che interessano porzioni strutturalmente autonome della costruzione, ovvero *porzioni che non modificano in modo sostanziale il funzionamento originale accertato*. Per tale valutazione le LLGG 2011 suggeriscono l'utilizzo di analisi cinematiche, lineari o non lineari, come strumento più agevole e soprattutto efficace, a condizione che vengano considerati molto attentamente i dettagli costruttivi come la presenza di catene, l'ammorsamento tra murature ortogonali, le condizioni di vincolo degli orizzontamenti e la tessitura muraria²⁹.

La valutazione di tipo LV3, *Valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto*, è una vera e propria valutazione di tipo globale che deve essere

29. «Per ciascun macroelemento analizzato, il confronto tra le accelerazioni allo stato limite ultimo prima e dopo l'intervento consente di esprimere un giudizio sul grado di miglioramento conseguito, evidenziando l'inutilità di alcuni interventi, nel caso in cui il margine di miglioramento fosse modesto rispetto al negativo impatto dell'intervento in termini di conservazione» (LLGG 2011).

utilizzata per la progettazione di interventi che modificano il comportamento strutturale originario di edifici di elevata istanza culturale e di importanza sociale. Questa valutazione non richiede necessariamente una modellazione di tipo globale perché può prevedere lo stesso approccio per macroelementi del livello LV2, ma con l'accortezza di eseguire l'analisi su tutti i macroelementi della fabbrica³⁰.

Individuate le tipologie specialistiche dei beni architettonici culturali, per ciascuna di esse le LLGG 2011 specificano in modo più tecnico e dettagliato i diversi modelli di valutazione³¹.

La norma compie così un importante passo per la regolamentazione e la gestione degli interventi sul costruito storico-artistico tutelato, per il quale si può andare in deroga e prevedere soltanto un miglioramento sismico piuttosto che un adeguamento.

Nonostante tutti i buoni propositi, molti studiosi hanno osservato alcune contraddizioni e debolezze che si spera vengano corrette con l'adeguamento alle nuove NTC 2018. C. Blasi (2013) sottolinea come nella norma, dopo aver ribadito più volte la poca affidabilità delle modellazioni numeriche globali e avere individuato nei meccanismi di dissesto locale i rischi maggiori, il modello semplificato LV1 per palazzi e ville a scala territoriale faccia riferimento a verifiche globali a taglio ipotizzando le masse globali uniformemente ripartite su tutti i piani pensati come se fossero tutti di uguale dimensione, continui e rigidi) e senza considerare i meccanismi locali di ribaltamento. In sede di prima valutazione delle fabbriche, il progettista è quindi costretto a ricorrere a modelli di valutazione di tipo LV2 o LV3 (Ientile et al., 2017). Ciò è legato alla convinzione ancora radicata che il calcolo globale possa fornire informazioni più precise di quelle ricavabili da sopralluoghi e rilievi finalizzati alla ricerca di criticità locali ricorrenti (Blasi, 2013).

30. «Confrontando i valori ottenuti nei diversi macroelementi si può evidenziare l'inutilità di alcuni interventi: a) se il margine di miglioramento è modesto rispetto all'impatto dell'intervento sulla conservazione; b) per l'eccessiva sicurezza fornita ad alcuni macroelementi rispetto agli altri» (LLGG 2011).

31. Le tipologie considerate sono: 1- Palazzi, ville ed altre strutture con pareti di spina ed orizzontamenti intermedi; 2- Chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi; 3- Torri, campanili ed altre strutture a prevalente sviluppo verticale; 4- Ponti in muratura, archi trionfali ed altre strutture ad arco (LLGG 2011).

2 Le torri campanarie tradizionali

2.1 Una costante nella storia dell'architettura e nel paesaggio italiano: origini ed evoluzioni

La tradizione cristiana attribuisce l'introduzione delle campane negli edifici di culto alla vita di San Paolino da Nola (355-431), primo vescovo a dotare una chiesa di una torre campanaria.

Più verosimilmente è l'ordine monastico benedettino ad utilizzare, già nel VI secolo, questo strumento per scandire le diverse fasi della vita liturgica, come è possibile leggere anche nella *Regula Monachorum* di San Benedetto del 534. Successivamente, Papa Sabiniano (Pontefice dal 604 al 606) ne ufficializza l'uso, dichiarando la campana *signum* cristiano da suonare per le ore dell'Ufficio divino e durante le celebrazioni eucaristiche. Come evidenziato anche da studiosi come Elisabetta Neri (2006), tra il VII e l'VIII secolo le campane si diffusero sia in Italia, ma specialmente nel nord-Europa, in chiese episcopali e pievane soprattutto in seguito al Concilio di Aquisgrana dell'816 che stabilì ufficialmente che gli edifici religiosi dovessero essere dotati di un numero di campane proporzionale al grado di importanza.

In letteratura, un saggio di Maria Teresa Como (2001) delinea una mappa diacronica dei più significativi esemplari di campanili in Italia, che ben riassume l'evoluzione nel tempo della torre campanaria nella storia dell'architettura italiana. Fabbriche turrette che ospitavano campane iniziarono ad essere costruite già nel VII secolo, anche per motivi difensivi e di avvistamento, di fianco alle prime basiliche cristiane. La testimonianza più antica e più antica di torre campanaria è rappresentata dal campanile della primitiva *Basilica di San Pietro* a Roma, a pianta quadrangolare, crollato intorno all'VIII secolo. In età carolingia ed ottoniana, il territorio nord-europeo era connotato da torri campanarie gemine ai lati dell'abside e ai lati della facciata delle cattedrali, dal grande valore simbolico, o in asse col portale di ingresso della chiesa. Come sottolineato dalla



Fig. 3. Cattedrale di San Nicola a Bari



Fig. 4. Sant'Apollinare Nuovo, Ravenna.

Como, le aree italiane più sensibili all'influenza della cultura nord-europea produssero esemplari simili (*Duomo di Ivrea*, 969-1002) che influenzarono anche la composizione architettonica in areali più distanti come quello pugliese della chiesa di San Nicola a Bari, costruita durante la dominazione normanna tra il 1087 e il 1197 con quattro torri agli angoli. Per il resto, nel medioevo italiano il modello di torre più diffuso rimase certamente quello isolato o affiancato ad un lato della chiesa di pertinenza, come gli esemplari costruiti nei primi monasteri benedettini.

Una particolare tipologia di campanili medievali è costituita dalle torri campanarie a pianta circolare o poligonale, soprattutto in area romagnola e risalenti al IX e X secolo. È questo il caso delle possenti moli delle torri cilindriche di *Sant'Apollinare Nuovo* e *Sant'Apollinare in Classe* a Ravenna, realizzate in muratura di mattoni e ritmate da ordini di aperture via via più ampie al progredire dell'altezza delle strutture fin ai trenta o trentasette metri di elevazione. L'influenza bizantina e longobarda di queste torri campanarie è evidente anche in molti edifici coevi delle regioni vicine: dall'Emilia (*Santa Maria Vecchia a Faenza*, a pianta ottagonale del IX secolo), al Veneto (*Duomo di Caorle*, XI secolo) fino in Umbria (*Duomo di Città di Castello*, XI secolo) e Toscana, regioni nelle quali lo stile ravennate si sposa con la tradizione romana delle torri poligonali fino al Rinascimento (*Duomo di Pienza*).

Nel periodo romanico si assiste ad una diffusione quasi capillare di torri campanarie su tutto il territorio italiano, che all'epoca appariva molto frammentato dal punto di vista politico; lo stile peculiare dei campanili romanici risponde così ai diversi caratteri regionali. Il modello di torre campanaria romanico-lombarda influenzerà comunque l'architettura turrata nazionale. A pianta quadrata in muratura di mattoni, con lesene e marcapiani ad archetti pensili, che suggeriscono una ripartizione in dadi dei fronti, e bifore e trifore in sommità, la *Torre dei Canonici* (XI secolo) della *Basilica di Sant'Ambrogio* a Milano rappresenta l'esemplare più emblematico di questa tipologia. In area emiliana, l'imponente torre campanaria dell'*Abbazia di Pomposa* (1063) rappresenta la sintesi tra le forme romanico-lombarde e l'esperienza ravennate della progressione verticale di monofore, bifore, trifore e quadrifore. In

ambito romano, lo stile lombardo viene invece contaminato da influenze più classicheggianti, che, ad esempio nella torre campanaria di *Santa Maria in Cosmedin* a Roma (XII secolo), si traducono in un impianto planimetrico quadrato ma scandito da ampie finestre in elevazione e numerosi marcadavanzali aggettanti sostenuti da mensole marmoree. Più a sud, in Campania i coevi campanili romanici seguono il prototipo dell'*Abbazia di Sant'Angelo in Formis* a Capua e del *Duomo di Capua* con suddivisione in alti dadi e bifore su colonnine. Caratteri più vicini ai coevi esemplari pugliesi sono infine quelli delle chiese romaniche siciliane, nelle quali gli stilemi bizantini ed islamici subiscono la contaminazione nordica dell'architettura normanna. Le torri gemine del *Duomo di Cefalù* rappresentano in questo senso l'esempio più aulico di fabbrica turrata dall'aspetto monolitico, senza fasce marcapiano, caratterizzato dalla presenza di quattro ordini di monofore e bifore su colonnine incorniciate da archi a sesto acuto.

Tra la fine del XII secolo e l'inizio del XIII, col diffondersi dello stile gotico in tutta Europa, i sagrati delle cattedrali si trasformano in piazze più ampie e le nuove torri campanarie iniziano ad assumere dimensioni rilevanti rispetto al passato; la sistemazione del fronte principale del *Duomo di Parma* è rappresentativa di tale tendenza architettonica, che apre le porte allo svettante stile gotico. Il campanile (1284-1294) di questa cattedrale presenta ancora gli stilemi del gotico lombardo negli archetti pensili marcapiano ma è caratterizzato da marcate paraste d'angolo concluse da pinnacoli piramidali di gusto francese.

Come anche sottolineato approfonditamente da J. Le Goff in numerosi studi (Le Goff, 1999, 2000, 2003, 2004), il Basso Medioevo vede l'affermarsi della nuova classe sociale dei mercanti, tesa ad enfatizzare il concetto di produttività del tempo, allontanandosi dalla scansione temporale di tipo stagionale del contadino e soprattutto da quella liturgica del chierico orante, *ritmato dagli uffici religiosi e dalle campane che li annunciano (...). A questo tempo della Chiesa, mercanti e artigiani sostituiscono il tempo più esattamente misurato dagli orologi meccanici, che scandiscono il giorno in ore tutte uguali, senza tenere conto del tempo liturgico o del ciclo delle stagioni* (Le Goff, 2000). È questo dunque il periodo in cui tutti i campanili e le torri civiche si dotano di orologi meccanici³²;



Fig. 5. Santa Maria in Cosmedin, Roma.

32. «Per citare alcune tra le prime notizie al proposito, possiamo ricordare un documento londinese del 1286 che nomina un orologiaio che si prenda cura di un meccanismo a ruota nella cattedrale; del 1314 è l'installazione di un orologio su una torre del ponte di Caen in Francia, del 1340 è un orologio da torre del chiostro di Cluny, del 1344 è un famoso orologio costruito in Padova da Giacomo Dondi» (Mascheretti, 1998).



Fig. 6. Basilica di San Francesco, Assisi.



Fig. 7. Campanile di Giotto, Firenze.

33. Come ad esempio si vedrà successivamente per quanto riguarda le torri campanarie in Spagna (Cfr. § 9.1).

il tempo si laicizza, ma le torri campanarie divengono punti di riferimento ancora più importanti per la collettività, soprattutto in assenza di vicine torri civiche.

Come sostenuto dalla Como, nel XIII secolo i cambiamenti sociopolitici che caratterizzarono l'Italia dei Comuni rivoluzionarono il precedente sistema policentrico cittadino (costituito da numerose torri campanarie, civiche e gentilizie) in un sistema urbano organico, in cui convivevano solo due poli simbolici di potere: *quello ecclesiastico e quello civile individuato dal campanile e dalla torre civica*. In questo contesto, le cattedrali o le chiese parrocchiali vennero dotate di nuovi campanili *con lo scopo di gerarchizzare intorno al campanile urbano tutte le altre emergenze architettoniche* (Como, 2001). Sono esempi di questo fenomeno la nuova torre campanaria del *Duomo di Siena* o quella della *Basilica di San Francesco* ad Assisi.

Le torri campanarie del XIV secolo in Italia tendono sempre più alla verticalità che, secondo la Como, trova paradigmatici esemplari *dell'apice e tramonto dell'epoca delle torri campanarie* nei campanili di *San Gottardo in Corte* a Milano e nel *Campanile di Giotto* in Santa Maria del Fiore a Firenze, con i suoi contrafforti angolari a base ottagonale che sottolineano la snellezza dell'architettura. Contrariamente a quanto accade in altre nazioni europee³³, nelle quali la centralità simbolica del campanile rimane una costante secolare, in epoca rinascimentale la torre campanaria in Italia perde progressivamente il ruolo protagonista nella composizione monumentale del complesso ecclesiastico per cedere alla realizzazione delle grandi cupole il carattere identitario dello skyline delle città. Nel XV secolo questa tendenza si amplifica e le nuove torri campanarie, perdendo la loro autonomia architettonica, vengono concepite sempre più come tipologie addossate alla chiesa di pertinenza.

Nel contesto storico della Controriforma cattolica in antitesi con la Riforma luterana di inizio Cinquecento, il XVI secolo vede la prima vera e propria "teorizzazione" ufficiale da parte della Chiesa Cattolica della composizione architettonica e funzionale delle torri campanarie nel capitolo XXVI dell'opera *Instructionum fabricae et suppellectilis ecclesiasticae* del 1577 (Barocchi, 1962; Della Torre, Marinelli, & Adorni, 2000) a firma di San Carlo Borromeo, vescovo

di Milano, che svolse le funzioni di segretario di papa Pio IV durante le sessioni finali del Concilio di Trento conclusosi nel 1563. Pur non avendo la valenza di un trattato di architettura, le indicazioni fornite dal Borromeo sull'edificazione dei nuovi edifici di culto e sugli elementi architettonici caratteristici costituiscono *l'unica applicazione del decreto tridentino al problema dell'architettura* (Bazoli & Daglio, 2000) e riepilogano in maniera sintetica le esigenze alle quali deve rispondere il progetto di un edificio di culto secondo le necessità di ordine pratico e di ordine ideologico dettate dalla committenza ecclesiastica della Controriforma³⁴ (Navoni, 2000).

In base a tali richieste, il campanile della chiesa controriformata deve possedere un impianto planimetrico preferibilmente quadrangolare e un'altezza proporzionale all'importanza dell'edificio ecclesiastico di pertinenza. Internamente, la torre è suddivisa in più piani, il primo e l'ultimo dei quali deve essere sormontato da sistemi voltati mentre i livelli intermedi possono essere caratterizzati da solai lignei. Ogni livello deve essere illuminato da apposite finestre, che nella cella campanaria devono necessariamente avere una luce maggiore con una forma che deve essere il risultato critico del *giudizio dell'architetto* e dei criteri compositivi dell'edificio (Della Torre et al., 2000). La torre campanaria deve essere coronata non da semplici tetti a falda ma da una cuspide conica o piramidale, sulla quale va posta una croce e l'insegna di un gallo (nel più classico dei casi riscontrabili in Europa, un anemometro), simbolo legato alle Sacre Scritture. I sistemi di collegamento verticale devono garantire una *comoda e sicura* risalita della torre ed essere realizzati a chiocciola quando possibile.

C. Borromeo suggerisce anche la posizione nella quale collocare le torri campanarie nei nuovi edifici ecclesiastici. Soprattutto nei casi più aulici, il campanile deve essere isolato e costruito di fianco all'atrio o al portico; in mancanza di spazio e di possibilità economiche adeguate, la torre può essere realizzata addossata alla chiesa, sempre in prossimità dell'ingresso di essa e preferibilmente *alla destra di chi entra*. Infine, vengono anche date indicazioni sulle campane, specificando che il numero di esse è funzione del grado di importanza della chiesa (da sette per la cattedrale a due per la parrocchia), e

34. Le *Instructiones* di C. Borromeo non sono norme tassative, ma vanno interpretate come suggerimenti che possano consentire il corretto svolgimento delle funzioni liturgiche secondo quanto stabilito dal Concilio di Trento. Alla figura dell'architetto viene lasciata possibilità di autonomia purché raggiunga in ogni caso l'obiettivo previsto (Bazoli & Daglio, 2000).

sulla consigliabile installazione di un orologio meccanico con quadrante esterno a sfera singola. Sottolineando l'importanza della funzione delle campane, la Controriforma ammise anche l'impiego di vele campanarie (*pilastrini in laterizio al posto del campanile*) in caso di ristrettezze economiche o in attesa di completare l'edificazione del campanile. Tali soluzioni progettuali più semplici furono seguite soprattutto nelle chiese francescane.

Le indicazioni borromee traducono così le tendenze architettoniche già sviluppate nel corso dei secoli precedenti e definiscono in modo dettagliato la tipologia campanaria cinquecentesca e seicentesca ricorrente. Il modello di torre addossata resterà una costante in epoca barocca, inserendosi plasticamente nella volumetria della chiesa per la definizione di plastiche scenografie d'insieme (Como, 2001).

2.2 Le torri campanarie tradizionali in Sicilia: lo stato dell'arte

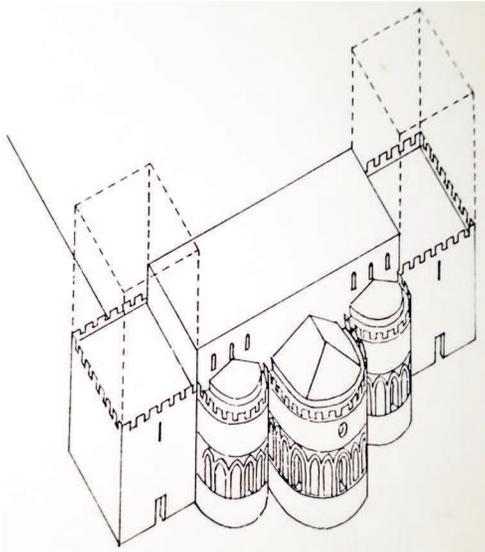


Fig. 8. Cattedrale normanna di Catania, schema assonometrico ed ipotesi di completamento (Fonte: M. Giuffrè, 1980).

La letteratura esistente in materia di torri campanarie tradizionali in Sicilia mostra un carattere frammentario e spesso episodico, legato a singoli aspetti storiografici e geometrico-stilistici. Nonostante ciò, alcuni rilevanti studi su determinati temi riguardanti campanili storici siciliani permettono di illustrare il contesto nel quale si inserisce la presente ricerca.

La conquista normanna della Sicilia, caduta sotto la dominazione islamica tra gli anni 827 e 1072, vede come naturale conseguenza del processo di latinizzazione del territorio la costruzione delle nuove cattedrali cristiane, *luoghi di preghiera e di culto, suggestiva materializzazione, agli occhi delle popolazioni, della fede cristiana e celebrazione delle capacità realizzatrici dei dominanti* (per l'appunto i Normanni) *nel rimodellamento dell'ambiente siciliano* (Basile, 1975). In un clima politico non ancora stabilizzato, le cattedrali normanne si presentano spesso come vere e proprie chiese-fortezza con caratteri formali e tecnico costruttivi tipici delle architetture difensive dell'epoca, che traducono le torri campanarie in ottimi punti di vedetta. In questo senso, non fa eccezione la *Cattedrale di Catania*, nella quale la parte normanna, rappresentata dal corpo delle tre monumentali absidi e delle adiacenti cappelle laterali, è la prova

dell'iniziale volontà di realizzare una vera e propria *ecclesia munita*³⁵ (Salemi, 2009); in essa, il carattere militare è sottolineato dai camminamenti di ronda sulle absidi con i coronamenti merlati, e soprattutto dai due corpi laterali a tre piani, *posti ai lati del transetto, per i quali la consistenza degli spessori murari e la compattezza delle superfici con feritoie sembra avvalorare l'interpretazione come parti basamentali di torri* (Basile, 1975; Giuffrè, 1980)³⁶.

Le torri campanarie addossate simmetricamente ai lati del fronte principale nel *Duomo di Cefalù* e in quello di *Monreale* riflettono l'integrazione dello stile austero normanno con il lessico architettonico locale, influenzato dalla cultura bizantina ed islamica (Como, 2001).

Il carattere difensivo di molte delle più antiche torri campanarie siciliane viene confermato anche nel più noto studio del primo Novecento su alcuni esemplari turrati a firma dell'ingegnere di origine tedesca Walther Leopold (Bologna 1882 – Sulzano 1976), il quale, per la redazione della propria tesi di dottorato in Scienza delle Costruzioni presso la Regia Università Tecnica di Sassonia a Dresda (Leopold, 1917), si recò nella Sicilia centro-orientale nell'inverno 1910-1911 per rilevare edifici medievali ancora poco noti alla comunità scientifica (Scarpignato, 2007). Per ognuna delle località visitate, tra le diverse tipologie architettoniche analizzate, W. Leopold descrive minuziosamente alcune torri campanarie medievali nelle quali spesso riconosce l'originaria funzione militare, come nei campanili del Carmine e di San Tommaso ad Enna (l'antica Castrogiovanni)³⁷. Studiando le architetture medievali siciliane, W. Leopold riconosce anche una tipologia di torre campanaria ricorrente in altri contesti europei e che si può considerare di "importazione" normanna, ovvero la "torre-portico" addossata alla facciata della chiesa di pertinenza, nella quale il portico esistente al livello inferiore del campanile funge da pronao del tempio. A conclusione dei suoi dettagliatissimi rilievi architettonici, per ciò che riguarda le torri campanarie medievali in Sicilia, W. Leopold sottolinea proprio lo stretto rapporto tra la navata delle chiese e le torri-portico riscontrabile sia ad Enna in San Giovanni e nella Chiesa Madre sia a Randazzo nella chiesa di Santa Maria³⁸. In riferimento alle altre tipologie di torri, lo studioso tedesco sottolinea come le torri campanarie analizzate non abbiano collegamenti organici con le chiese,

35. Anche il torrione occidentale della Cattedrale di Palermo svolgeva la doppia funzione campanaria e difensiva.

36. «Della chiesa antica non abbiamo, sostanzialmente, che la parte postica, comprendente le tre absidi e il transetto. Essa si lega organicamente a due ambienti laterali, la cui robusta struttura li farebbe considerare come la parte basamentale di due torri, collegabili all'esterno da un camminamento svolgente, lungo la periferia delle tre absidi, di uguale altezza. Questo sistema fortificato è solo ipotizzabile, ma non è contraddetto a priori dalle disposizioni strutturali originarie» (Basile, 1975).

37. Proprio sulle torri di Enna, ripercorrendo i passi del Leopold, M. Galizia ha condotto uno studio dei caratteri storici e geometrico-formali di questi che ancora oggi rappresentano elementi caratterizzanti il paesaggio urbanizzato della città, approfondendone la conoscenza grazie alle più moderne tecniche di rilevamento (Galizia, 2012).

38. In quest'ultimo caso il Leopold si riferisce alla torre campanaria originaria di Santa Maria a Randazzo, oggi non più esistente.



Fig. 9. Torre di San Giovanni, Enna.

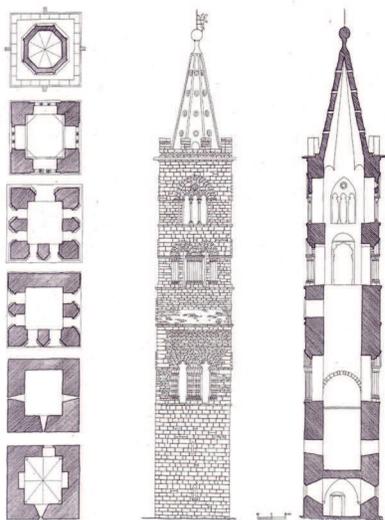


Fig. 10. Campanile di San Martino, Randazzo. Rilievi di W. Leopold.

alle quali risultano semplicemente addossate come nel caso della nota torre campanaria di San Martino a Randazzo per la quale egli ritrova riferimenti stilistici francesi del XII secolo nella bicromia del primo ordine di monofore accoppiate. Dal punto di vista degli spazi delle torri campanarie siciliane, W. Leopold è uno dei primi a descriverne, oltre ai caratteri formali ricorrenti, l'articolazione interna e a fornire empiriche giustificazioni sull'assenza dei tradizionali contrafforti dell'architettura gotica d'oltralpe e sull'entità degli spessori murari:

«La struttura dell'alzato è molto semplice: siccome generalmente solo il pianterreno ha una copertura a volta, mentre gli altri piani sono separati esclusivamente da assiti, un rafforzamento per mezzo di contrafforti è superfluo e la torre si innalza di solito direttamente sulla pianta quadrata; suo ornamento sono le finestre, i cornicioni, il coronamento merlato con la guglia: l'architettura in tal modo acquista una spetto compatto, ma spesso anche un po' troppo massiccio. Quando i piani superiori sono a volta, il muro viene eseguito di uno spessore tale da poter sostenere la spinta delle volte senza contrafforti»(Leopold, 2007, pag. 165).

M. Galizia (2012), partendo proprio dalle riflessioni del Leopold, ha condotto un'attenta indagine sulle principali torri campanarie di Enna dal punto di vista storico-archivistico e geometrico-formale attraverso nuove e specifiche campagne di rilievo, avvalendosi anche delle più moderne tecniche di rilevamento. Tale studio sottolinea l'importanza delle torri campanarie ennesi come segni identitari nel paesaggio della Sicilia centrale e, come già sostenuto da S. Boscarino (1997), interpreta la seicentesca torre-portico della Chiesa Madre come "prototipo" delle facciate campanile che si svilupparono in tutta la Sicilia a partire dal XVIII secolo.

Come sostenuto anche in un recente studio (Garozzo, 2017), il carattere difensivo, o più specificatamente di avvistamento e controllo del territorio, delle torri campanarie in Sicilia si è protratto anche nel XV e nel XVI secolo soprattutto in quelle città marittime *che può avere costituito un incentivo a caratterizzare e modernizzare le strutture verticali visibili a distanza*. È questo ad esempio il caso dell'antica torre campanaria della Cattedrale di Catania in prossimità dell'antico porto, realizzata nel 1388 per volontà del vescovo Simone del Pozzo

e sopraelevata nel 1630 fino a raggiungere un'altezza di circa novanta metri³⁹. Uno specifico filone di ricerca storiografica sulle torri campanarie poste in facciata nelle chiese siciliane del Settecento è quello percorso da D. Sutura (2013a, 2013b), la quale, coerentemente con gli altri studiosi citati, rintraccia le origini di questa tipologia *nella torre unica di facciata attuata nei münster gotici di area tedesca* (Sutura, 2013b) come diretta evoluzione delle torri binate del *westwerk* carolingio. D. Sutura evidenzia inoltre come il partito centrale turrato delle facciate delle chiese si sia progressivamente trasformato, dalla configurazione quadrangolare svettante oltre il primo ordine architettonico (vista in Enna e nello schizzo di T. Spannocchi (1578) ritraente il cinquecentesco fronte della Cattedrale di Siracusa crollata nel 1693) all'impianto planimetrico estroflesso rispetto al piano della facciata, dall'andamento concavo o convesso, delle nuove chiese di ricostruzione settecentesca dopo il sisma che colpì il Val di Noto del 1693. La ragione di questa evoluzione non è infatti da trovarsi soltanto nelle influenze borrominiane ma, soprattutto, nella ricerca di configurazioni che potessero essere più resistenti al sisma. A monte di questi empirici criteri compositivi antisismici vi era la constatazione della solida sopravvivenza delle absidi curvilinee di molte chiese normanne (come quelle del Duomo di Catania). Espressione massima di questa concezione e di *ibridazione* della facciata-torre con l'impianto a tre ordini decrescenti e andamento curvilineo è il fronte principale del Duomo di Ragusa Ibla (1744) a firma dell'architetto Rosario Gagliardi (Sutura, 2013b)⁴⁰.

S. Boscarino (1997), nel suo noto studio sull'architettura barocca siciliana, individua alcuni schemi tipologici peculiari delle chiese settecentesche in Sicilia: campanili staccati e affiancati alla chiesa di riferimento⁴¹, campanili emergenti dalla trabeazione del secondo ordine e le già citate facciate a torre, ottenute per sovrapposizione di volumetrie progressivamente più piccole.

Infine, ulteriori studi su particolari aspetti tecnico costruttivi delle torri campanarie siciliane sono stati condotti da S. Fiorilla (1989) e proseguiti da A. Fatta e C. Vinci (2018; 2007, 2015) sulle configurazioni geometriche e le tecniche costruttive delle cuspidi maiolicate⁴².



Fig. 11. Duomo di Ragusa Ibla.

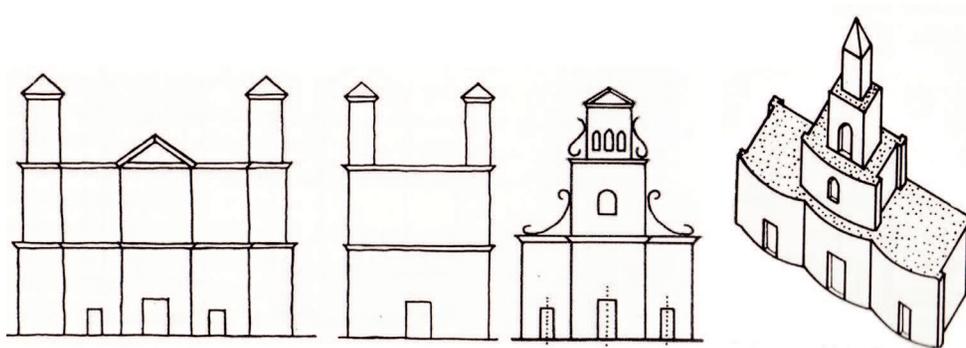
39. La torre campanaria del Duomo di Catania crollò durante il terremoto del 1693. Cfr. § 4.1.

40. Un altro esemplare indagato da D. Sutura è la facciata campanaria della Chiesa Madre di Salaparuta (Trapani), completata nel 1761 nella quale giocarono un ruolo fondamentale le riflessioni appena citate e il sisma del 1740. La torre campanaria sul partito centrale, dalla forma concava, era delimitata da due massicci contrafforti *ruotati di 45° con funzione di irrigidimento lungo la parete muraria e in corrispondenza dei punti sottoposti a maggiore sollecitazione. La conformazione di facciata con concavità centrale offriva una migliore stabilità persino rispetto all'opposta opzione convessa.* La chiesa crollò inesorabilmente in seguito al violento terremoto del Belice nel 1968 (Sutura, 2013a, 2013b).

41. In questa configurazione, i campanili presentano struttura indipendente rispetto al corpo centrale della navata.

42. Cfr. § 8.2.

Fig. 12. Schemi tipologici delle chiese barocche in Sicilia (Fonte, S. Boscarino, 1997).



2.3 Le fabbriche tradizionali snelle a rischio

2.3.1 Esperienze empiriche in Friuli

La prima ricerca organica sull'osservazione empirica dei cinematismi rilevabili in edifici ecclesiastici disestati dai terremoti è stata condotta da Doglioni, Moretti e Petrini dal 1989 al 1994, sulle chiese colpite dal sisma del Friuli nel 1976 (Doglioni, Moretti, & Petrini, 1994).

Si può affermare che questo studio sia alla base di tutte le analisi e le ricerche condotte negli ultimi venti anni, ad ulteriore dimostrazione del fatto che il tema trattato risulta di grande attualità.

Il fine di questa ricerca consisteva nell'individuazione di future strategie possibili di intervento condizionate da comportamenti meccanici delle strutture prevedibili in caso di nuove azioni sismiche, raccogliendo così le basi necessarie alla valutazione della vulnerabilità sismica in modo qualitativo. In tal modo, anche Doglioni, Moretti e Petrini dimostrano come non sia possibile tradurre in termini puramente numerici i parametri costruttivi delle fabbriche tradizionali (Donatelli, 2010). Alla luce di ciò, gli autori evidenziano l'importanza dell'anamnesi storica dei singoli manufatti non solo per la valutazione del ruolo delle modifiche apportate alla fabbrica nel corso dei secoli, ma *anche per riconoscere le "cicatrici" lasciate da eventi traumatici che hanno colpito la*

struttura. In quest'ottica, i terremoti passati rappresentano non solo un *ausilio all'interpretazione dei fenomeni avvenuti*, ma anche uno *strumento per la previsione dei comportamenti futuri*. L'anamnesi storica, secondo Doglioni, si è dunque dimostrata predominante rispetto a tutti gli altri parametri considerati nella diagnosi della vulnerabilità (Doglioni et al., 1994).

Dopo un breve inquadramento geologico dell'area in esame ed aver descritto gli eventi sismici del 1976, viene definito il campione studiato, che consta di 45 chiese e singoli macroelementi di altri edifici di culto. Tale campione è stato classificato secondo un sistema schedografico elaborato per la caratterizzazione strutturale e la registrazione del danno sismico in edifici ecclesiastici. Successivamente alla fase di raccolta dei dati, sono stati esaminati i danni subiti dai vari tipi di macroelementi al fine di porre in evidenza le possibili relazioni tra tipo e forma della parte danneggiate ed i meccanismi di danno.

Lo studio mostra come «*determinate caratteristiche tipologiche dei macroelementi siano fondamentali nell'evoluzione dei vari modi del danno sismico (...). I meccanismi considerati sono stati individuati in base ad una lettura preventiva sistematica di tutto il materiale documentale che ha consentito di individuare alcuni meccanismi fondamentali che, mediante la loro sovrapposizione sul macroelemento, concorrono a determinare il quadro fessurativo complessivo; essi risultano quindi dei tipi che possono presentarsi singolarmente o in compresenza con altri*»-

I campanili delle chiese analizzati in questa ricerca sono stati classificati tipologicamente sia in base alla distribuzione delle aperture sui quattro lati della torre campanaria, sia in base alle relazioni con gli edifici contigui⁴³. Secondo quest'ultima classificazione, sono state individuate torri campanarie isolate, addossate ed accorpate, distinguendo per queste ultime due categorie il numero di lati a contatto con altre fabbriche contigue. La tipologia di campanili più diffusa in Friuli è quella addossata (similmente a quanto rilevato nell'areale etneo).

La definizione dei meccanismi deriva da una classificazione dei quadri fessurativi in base a 12 tipi di danno interpretati con 6 meccanismi (Doglioni et al., 1994).

In base alla classificazione tipologica proposta da F. Doglioni, i principali

43. Classificazione risultata più incline a dimostrare le correlazioni tra tipo, danno e meccanismi cinematici.

meccanismi di danno per il macroelemento torre, registrati dall'ampia casistica empirica, sono (Doglioni, 1994, Brandonisio, 2007):

- *Rotazione verso l'esterno della parte superiore della torre campanaria dovuta ad azioni fuori piano, con formazione di una cerniera cilindrica ad asse orizzontale o di cerniera sferica in corrispondenza di un punto di uno spigolo:* il meccanismo evolve in entrambi i casi nel collasso della parte sommitale della torre;
- *Traslazione della parte superiore della torre campanaria, seguita da rotazione della stessa:* è un meccanismo dovuto principalmente a lesioni incrociate a causa di sollecitazioni attribuibili ad azioni fuori dal piano e due ad azioni sul piano;
- *Rotazione verso l'esterno di una o più angolate con asse di rotazione orizzontale parallelo al lato o alla diagonale:* il meccanismo si innesca a causa della presenza di lesioni ad andamento verticale su due o più lati della torre;
- *Rotazione della parte superiore della torre mediante combinazione attorno ad un asse verticale ed uno orizzontale:* i quattro lati della torre presentano lesioni oblique;
- *Rotazione verso l'esterno di ambiti di angolata, attorno ad un punto di cerniera formata sull'angolata stessa:* il meccanismo è dovuto all'interazione tra la cella campanaria e la torre ed è caratterizzato da lesioni oblique, limitate alla parte sommitale del fusto;
- *Traslazione della parte superiore della torre:* si manifestano lesioni ad andamento orizzontale su tutti i lati della torre, in corrispondenza di preesistenti piani di discontinuità.

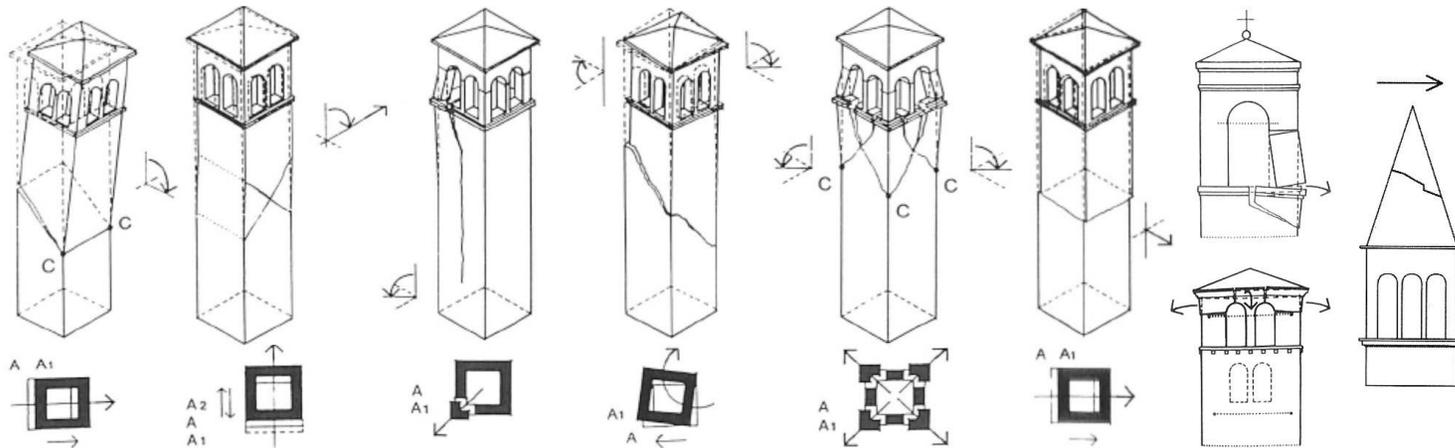
Per quanto riguarda le celle campanarie, queste sono spesso il risultato di modifiche apportate al manufatto originario in epoca successiva alla data di costruzione, in seguito ad interventi di sopraelevazione del campanile. Tali strutture, essendo caratterizzate da ampie finestre sui lati, si comportano come un vero e proprio telaio seppur non in calcestruzzo armato.

I principali meccanismi di danno riscontrati sono imputabili alla presenza di coperture pesanti e/o spingenti spesso associati all'eccessiva snellezza dei piedritti (Blasi, 2013).

Si possono infatti verificare:

- *Ribaltamenti con lesioni alle estremità dei piedritti per rotazione o scorrimento, soprattutto in corrispondenza dei giunti di malta alla base dei ritri;*
- *Ribaltamenti per cinematicismo dell'arco, con lesioni orizzontali sui piedritti e inclinate sugli archi;*
- *Ribaltamenti delle parti sommitali delle guglie coniche e piramidali, o per rottura a taglio (con lesioni a 45 gradi) o per rottura a pressoflessione (con lesioni orizzontali).*

Fig. 13. Meccanismi di danno per i macroelementi "torri" e "celle campanarie" (Doglioni et al, 1994).



È interessante sottolineare i risultati che questo studio ha conseguito riguardo alle torri campanarie addossate dissestate (Doglioni et al., 1994):

- Si evidenzia l'importanza del ruolo dei vincoli nella formazione del danno e conseguentemente il ruolo di questi nell'attivazione dei vari meccanismi. Si constata che in assenza di vincoli in prossimità della base, costituiti dai corpi di fabbrica addossati, prevale la presenza del meccanismo di traslazione e rotazione mono o biassiale della parte sommitale della torre, mentre alla comparsa progressiva dei vincoli corrisponde una minor frequenza dello stesso meccanismo e un accrescimento proporzionale della presenza del

meccanismo di rotazione biassiale fuori piano della parte sommitale.

- Il macroelemento Torre dei campanili isolati è caratterizzato soprattutto da *Traslazione della parte superiore della torre campanaria, seguita da rotazione della stessa.*
- Il macroelemento Torre dei campanili addossati è interessato soprattutto da due diversi meccanismi:

1) Rotazione verso l'esterno della parte superiore della torre campanaria dovuta ad azioni fuori piano, con formazione di una cerniera cilindrica ad asse orizzontale o di cerniera sferica in corrispondenza di un punto di uno spigolo.

Il meccanismo si manifesta nella parte svettante della torre campanaria con discretizzazione obliqua che ha termine a quota inferiore in corrispondenza del contatto con il corpo contiguo. Questo punto costituisce cerniera nella rotazione fuori piano dalla parte superiore della torre. Nei casi in cui il fenomeno è maggiormente evidente, le lesioni, caratterizzate dall'assetto a "V", presentano lembi maggiormente distanziati nella parte superiore. La formazione del meccanismo è determinata dalla presenza su un lato di un vincolo costituito dal corpo di fabbrica a contatto il quale è in grado di contrastare lo spostamento fuori piano della torre.

2) Rotazione verso l'esterno di una o più angolate con asse di rotazione orizzontale parallelo al lato o alla diagonale. Tale meccanismo è quello più fortemente influenzato dalla presenza di corpi di fabbrica contigui. L'eventuale presenza di fori ed aperture nel fusto, provoca in questo caso lesioni diagonali a croce di S. Andrea nei pannelli di muratura posti al di sopra delle aperture. Ciò fa pensare ad una evoluzione del comportamento delle pareti della torre campanaria: in una prima fase la singola parete reagisce globalmente alle azioni flessionali e taglianti; successivamente, con il formarsi di lesioni da taglio tra le aperture il sistema evolve verso una situazione nella quale ogni angolata reagisce come elemento strutturale indipendente.

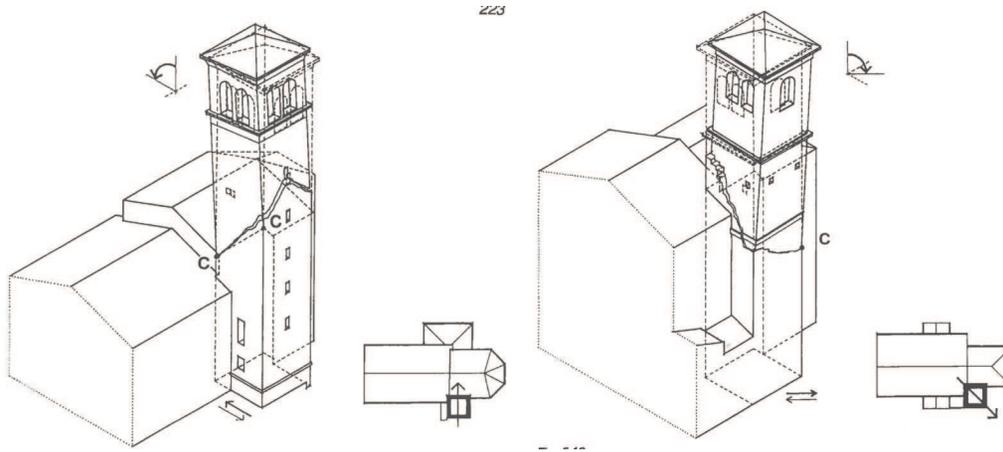


Fig. 14. Meccanismo di ribaltamento della parte sommitale della torre addossata conseguente ad azioni di contrasto (figura a sinistra) svolta dai vincoli al contorno; analogo cinematismo (figura a destra) ma conseguente ad azioni di ritegno (Rosso e Spizzo, 1994).

- Per quanto riguarda il meccanismo di Rotazione della parte superiore della torre risultante dalla combinazione di una rotazione intorno ad un asse verticale e di una rotazione intorno ad un asse orizzontale, si rileva una progressiva presenza *al variare delle condizioni di vincolo al contorno, determinato dalla maggiore presenza di corpi di fabbrica a contatto con la torre campanaria. Si ritiene che, durante l'azione sismica, la presenza di asimmetrie nel sistema strutturale (i corpi adiacenti hanno funzione di contatto e ritegno), condizioni il moto oscillatorio della torre e determini l'insorgere di una componente torcente crescente con la quota; ne deriva uno spostamento della parte sommitale della torre con rotazione massima della sezione estrema.*
- Per quanto riguarda il macroelemento *Cella campanaria*, il tipo di danno sembra essere condizionato più dalle caratteristiche della muratura che dagli aspetti tipologici:
 1. *Nei casi in cui si constata la presenza di ritti realizzati con l'impiego di blocchi in pietra squadrata di grossa pezzatura, si osserva un quadro di danno che investe per lo più l'intero ritto con la sconnessione degli e-elementi che lo costituiscono. Si ritiene dunque che nella evoluzione*

del dissesto sia determinante il ruolo dei materiali impiegati nella realizzazione dell'elemento.

- 2. Nei casi in cui si ha la perdita di sede del ritto, la struttura giunge al collasso generale con il crollo dell'intero elemento. Le lesioni che interessano i traversi sono riconducibili alla combinazione di due fattori: tipo murario e conformazione del foro.*
- 3. Nelle fenomenologie di danno osservate sul campione si intravede un contributo non trascurabile della struttura di sostegno delle campane. Nel caso in cui la struttura gravi completamente sulla parte sommitale della cella, si ritiene che l'insieme delle masse eccentriche possono contribuire all'insorgere di una componente torcente che investe l'intera cella campanaria, accentuando il dissesto in corrispondenza dei ritti.*

2.3.2 L'esperienza delle torri campanarie di Venezia

Un esempio completo di catalogazione e analisi della vulnerabilità sismica specifica delle torri campanarie storiche, come accennato precedentemente, è rappresentato dallo studio su *Tecniche costruttive, dissesti e consolidamenti dei campanili di Venezia*, i cui risultati sono stati pubblicati da A. Lionello nel 2011 e a cui ha partecipato anche F. Doglioni. L'obiettivo di questa ricerca è consistito principalmente nell'arricchire le conoscenze sull'efficienza strutturale e sullo stato di conservazione di questa tipologia di edifici che caratterizza lo skyline della città lagunare. Tale studio ha evidenziato l'importanza della schedatura degli ottantacinque campanili veneziani come strumento preliminare di conoscenza ed ha cercato di individuare i dati più rappresentativi per descrivere lo stato di salute delle torri campanarie. Per ciascun campanile sono state redatte quattro schede anagrafiche (Lionello, 2011):

Nella scheda A sono stati raccolti dati di carattere generale quali la denominazione, la localizzazione, la possibilità di accesso, i principali dati storici, i rilievi e le altre documentazioni esistenti, la collocazione dell'edificio rispetto agli edifici adiacenti e un giudizio sullo stato di manutenzione generale. Nella scheda B sono stati rilevati i caratteri tipologici del campanile rispetto

alla base, al fusto e alla copertura, indicando anche l'eventuale presenza di lesene in facciata, volte e solai intermedi e scale. In questa scheda sono presenti anche informazioni sulla caratterizzazione dei materiali, ricavabili dalla sola osservazione diretta di ogni elemento costruttivo.

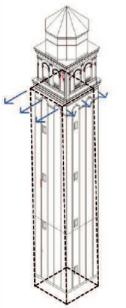
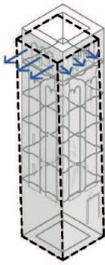
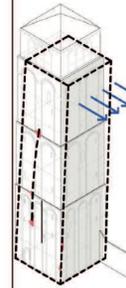
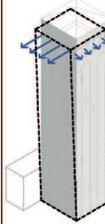
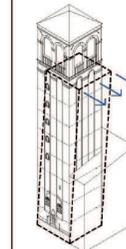
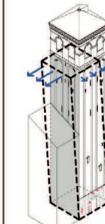
Nella scheda C sono stati riportati i più importanti dati geometrici e dimensionali per eseguire le valutazioni di carattere quantitativo.

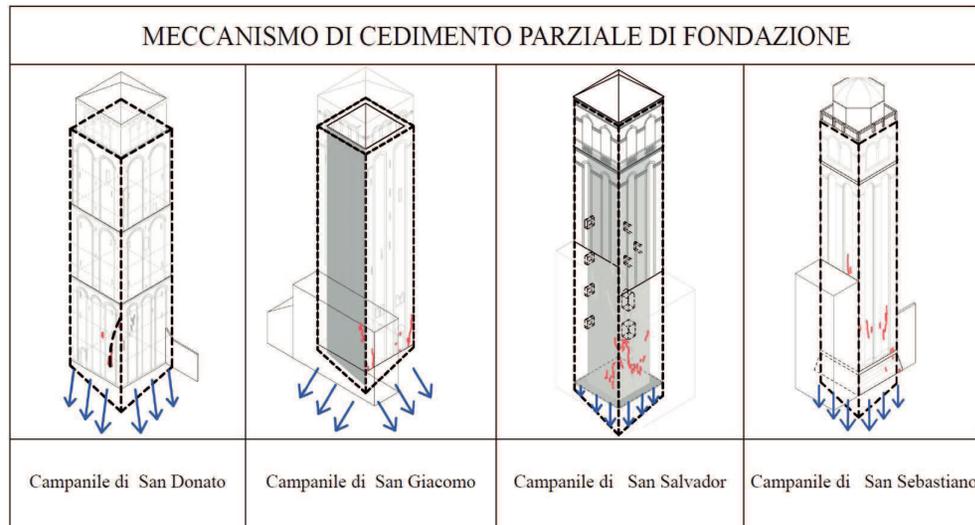
Nella scheda D è stata indicata l'esistenza o meno di elementi di rinforzo, sostituzioni e integrazioni, oltre che le manifestazioni visibili di degrado e di dissesto, con particolare attenzione al rilievo della verticalità e alla misurazione degli strapiombi.

Tali schedature costituiscono un quadro conoscitivo di partenza per la valutazione dell'indice di pericolosità e di quello di vulnerabilità. I dati raccolti nella fase di schedatura sono stati inseriti in un data base relazionale che ha permesso di archiviare in modo logico i valori rilevati e che darà la possibilità ad aggiornamenti progressivi grazie a future campagne di rilievo. Il data base è stato anche implementato da un sistema informativo *web gis* che ha permesso la localizzazione e l'identificazione nel territorio.

Il fine ultimo della ricerca è stato quello di identificare in una prima fase le strutture maggiormente a rischio rimandando ad una fase successiva lo studio su un numero limitato di campanili più significativi, classificandoli per tipologia e indentificando le cause e le possibili azioni di contrasto (Lionello, 2011). Rilevati i quadri fessurativi, lo studio veneziano ha puntato al riconoscimento del meccanismo di danno in grado di fornire una spiegazione cinematica dei fenomeni di dissesto. Tali meccanismi sono stati desunti leggendo soprattutto i quadri fessurativi della superficie interna del fusto delle torri campanarie, spesso meno interessata dai fenomeni di degrado atmosferico e da rappezzi ed integrazioni successive all'epoca di realizzazione. Costituendo una fase di pre-diagnosi, i meccanismi individuati interpretano sia le letture dei quadri fessurativi che quelle dei quadri deformativi caratterizzati da fenomeni di fuori piombo e configurazioni geometriche irregolari. Le schematizzazioni grafiche che descrivono i meccanismi di danno mirano *a rappresentare il meccanismo come un comportamento di insieme, più che a spiegarne le cause o le condizioni,*

che possono essere più d'una e diverse da caso a caso. Un "ribaltamento" (meccanismo di rotazione a corpo rigido) può essere dovuto alla presenza di una base preesistente e consolidata su un lato oppure a un carico non uniforme su un terreno omogeneo: un dato meccanismo non precisa di per sé la "causa" che lo ha prodotto. In alcuni casi rappresenta la presa d'atto di una sollecitazione accentuata rispetto alla resistenza dei materiali (lo schiacciamento), in altri poco più che uno schema unificante dei fenomeni, ancora lontano dal suggerirne il rapporto causa-effetto, ma descrivendone il "modo" e la configurazione, come nel caso del formarsi delle discontinuità angolari, o dell'effetto "enthasis", il lesionarsi come rigonfiandosi nella parte a circa un terzo dell'altezza (Lionello, 2011). Per tali motivi, i ricercatori sottolineano anche come i meccanismi di danno siano quindi *ibridi*, di natura sia statica che sismica. Questi meccanismi rilevati sono riassumibili in alcuni cinematismi ricorrenti che costituiscono delle vere e proprie categorie all'interno delle quali sono stati classificati i diversi campanili censiti. Sinteticamente, nella città lagunare, le torri campanarie sono quindi interessate da quadri di danno dovuti a (Doglioni & Trovò, in Lionello 2011):

RIBALTAMENTO (MECCANISMO DI ROTAZIONE A CORPO RIGIDO)						
						
Campanile dei Carmini	Campanile della Misericordia	Campanile di San Donato	Campanile di San Giacomo	Campanile di San Silvestro	Campanile di San Stae	Campanile di San Sebastiano



- *Meccanismo di rotazione/ribaltamento (a corpo rigido)*: Nella valutazione della pericolosità dei campanili esso rappresenta l'unico meccanismo stimato anche per le valutazioni di I livello e di II livello. In rapporto alla verticalità del fusto o alla presenza di rotazioni rigide legate a cedimenti differenziali di fondazione, a seguito delle quali il campanile va in strapiombo, e all'altezza/snellezza del fusto (altezza critica), viene valutata la percentuale residua di ulteriore possibile incremento fino al raggiungimento della instabilità.
- *Meccanismo di cedimento parziale di fondazione*: È osservabile in quei casi in cui la parte basamentale del campanile subisce un cedimento differenziale di fondazione che la discretizza, formando su di essa lesioni e deformazioni riconoscibili, con componenti di traslazione orizzontale e/o di rototraslazione con componenti verticali.
- *Discretizzazione verticale condizionata e/o angolare su buona parte del fusto*: Costituisce uno dei modi di danneggiamento più diffusi nei campanili osservati. Si denomina come "condizionata" la discretizzazione che segue il tracciato di minor resistenza offerto dalla presenza di aperture, allineate o meno in verticale, sovente favorito anche dalla presenza interna di volte spingenti. Si distingue convenzionalmente dall'effetto entasis per

l'interessamento esteso anche alle parti più elevate del fusto.

- *Meccanismo di schiacciamento a compressione - effetto creep*: Riguarda la presenza e diffusione di lesioni verticali brevi e ravvicinate, attribuibili all'effetto creep, ossia alla azione prolungata di carichi consistenti. Si manifesta soprattutto nelle murature con mattoni di recupero e malta di qualità mediocre, notevolmente caricate.
- *Effetto enthasis con discretizzazione nella metà inferiore del fusto e imbozzamento*: Si manifesta attraverso lesioni verticali con assetto a fuso nella parte centrale e inferiore del fusto, come innesco di presso-flessione con deformazione verso l'esterno delle murature maggiormente caricate.
- *Fenomeni/meccanismi con interessamento del fusto (e/o della cella) di probabile origine sismica*: Si motiva con il fatto che i danni, anche se antichi, hanno prodotto discontinuità e deformazioni solo in parte riparate, determinando quindi una perdita di efficienza della struttura.
- *Fenomeni/meccanismi con interessamento della cella di probabile origine sismica*: Si motiva con il fatto che i danni, anche se antichi, hanno prodotto discontinuità e deformazioni solo in parte riparate, determinando quindi una perdita di efficienza della struttura.

In questo contesto, sono stati individuate anche alcune forme locali di danno, come la laminazione, la separazione mediana dei paramenti murari e la separazione angolare (tipo *creep* orientato).

2.4 Classificazioni tipologiche dei campanili tradizionali

La letteratura sull'architettura campanaria vede classificare queste fabbriche tradizionali secondo diverse modalità. Come osservato in M. T. Como, la classificazione diacronica e per stili architettonici è una caratteristica peculiare del campo disciplinare prettamente storico.

Una tesi di Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Architettonici (Fiorino, 2005, 2007) ha affrontato lo studio delle torri campanarie tradizionali in Sardegna riconoscendo nel sistema torre-chiesa un unico sistema strutturale, data la funzione di contrafforte attribuita alla torre per contrastare le spinte

degli archi maestri delle coperture della navata. Questa ricerca ha individuato nel “tipo” uno strumento di razionalizzazione (più che di omologazione) delle conoscenze di un vasto territorio quale quello sardo. Per tali ragioni, D. Fiorino ha condotto una classificazione tipologica fondata sulle caratteristiche geometriche delle coperture, identificando campanili con: *coronamento “piano” (TA)*; *coronamento “a guglia” (TB)*; *coronamento con cupola “a duomo” (TC)*; *coronamento con cupolino “a cipolla” o “a corona imperiale” (TD)*.

Altri studi si soffermano invece sui caratteri geometrici delle articolazioni degli spazi interni, come, a titolo esemplificativo, è indicato da J. I. Sánchez (2014) nelle analisi sulle torri portico in Castilla y León distinte in base alla presenza o meno di livelli intermedi, all’interno della canna del fusto, al di sopra del portico del piano terra. F. Doglioni (1994), in prima analisi, individua tipologicamente le torri campanarie friulane in base alla configurazione planimetrica di base quadrangolare o di altra forma. In seconda battuta, nell’ambito della stessa ricerca viene proposta una classificazione tipologica che considera la posizione del corpo di fabbrica rispetto alla chiesa di pertinenza, in modo più congeniale alle osservazioni di carattere empirico sulla valutazione delle vulnerabilità. Tale classificazione è stata condivisa anche da altri studiosi i quali hanno contribuito a migliorarne la definizione e le casistiche (Di Tommaso & Casacci, 2013):

- *Campanili isolati*, senza alcun contatto con il relativo edificio di culto o altro corpo di fabbrica (Doglioni et al., 1994);
- *Campanili addossati*, con zone di contatto estese a massimo due lati del macroelemento (Doglioni et al., 1994);
- *Campanili accorpati* nell’edificio di culto, con zone di contatto estese a tre o a tutte le zone di contatto del macroelemento (Doglioni et al., 1994);
- *Campanili sovrapposti* al corpo di fabbrica dell’edificio di culto (Di Tommaso & Casacci, 2013).

2.5 L'analisi strutturale dei campanili storici

L'attualità del tema trattato è dimostrata dalla copiosa letteratura in materia di analisi strutturale globale sulle torri campanarie tradizionali tra le quali è possibile annoverare alcuni contributi esemplificativi.

2.5.1 Il metodo VULNeT di V. Sepe

In merito alla valutazione della vulnerabilità di torri storiche in muratura, il gruppo di ricerca guidato da V. Sepe (Sepe, Speranza, & Viskovic, 2008) è stato uno dei primi ad affrontare la tematica della valutazione della vulnerabilità delle torri in muratura, riprendendo le indicazioni sulla valutazione di vulnerabilità del GNDT-CNR e iniziando a considerare le analisi modali tra i parametri da esaminare. Nel 2008 è stato messo a punto un metodo di valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture snelle (VULNeT), che parte dalla presa di coscienza della soggettività e dell'approssimazione nella scelta dei parametri rappresentativi del comportamento strutturale nelle analisi a larga scala di edifici storici e di torri in particolare. Come già indicato da A. Giuffrè e F. Doglioni, il team sottolinea l'importanza della validazione dei metodi esistenti per le valutazioni sismiche attraverso l'analisi di dati su danni rilevati in torri colpite da eventi sismici. Il metodo VULNeT proposto precorre le indicazioni delle LLGG 2011 e suggerisce una valutazione della vulnerabilità di torri storiche secondo due livelli di accuratezza differenti, a seconda della disponibilità di informazioni desumibili, cercando di tenere in considerazione anche le caratteristiche dinamiche comunemente trascurate dai metodi semplificati. Il metodo VULNeT prevede la compilazione di schede di rilevamento di informazioni a diverse scale di approfondimento, che possano confluire in un database accessibile da parte delle pubbliche amministrazioni e utile per valutare non solo la vulnerabilità ma anche lo stato di conservazione del monumento.

La prima sezione della scheda fornisce informazioni anagrafiche e permette l'analisi degli aspetti architettonici e geometrici della torre in esame. Sono presi in considerazione: la datazione, le caratteristiche geomorfologiche del

terreno, la posizione rispetto agli edifici circostanti, l'accessibilità dell'area, la configurazione geometrica dell'impianto planimetrico, la presenza di scale e la loro posizione, la configurazione geometrica in elevazione con il numero di orizzontamenti e delle aperture sui muri d'ambito e la presenza di elementi dal valore storico-artistico elevato. La seconda sezione della scheda raccoglie dati di tipo costruttivo e strutturale: tipologia costruttiva degli orizzontamenti e delle coperture, caratterizzazione della tessitura muraria dal punto di vista tecnico costruttivo e del livello di coesione delle malte, esistenza di ammorsature e presidi di rinforzo. Nella terza sezione la scheda ha il compito di identificare eventuali meccanismi di danno in atto che devono essere segnalati solo in caso di evidente innesco attivato. Per questo tipo di riconoscimento si fa riferimento a schemi di meccanismi di danno ricorrenti nei macroelementi degli edifici turriti in modo del tutto analogo ai meccanismi graficizzati da Doglioni nel 1994. In aggiunta ai noti meccanismi di danno, vengono segnalati anche eventuali collassi di volte e solai interni e di disgregazione locale delle murature. Qualora i meccanismi non siano immediatamente riconoscibili o siano tali da non permettere di fornire un giudizio affidabile, la scheda permette al compilatore di descrivere il danno complessivo ad elementi strutturali e non strutturali come intonaci e altri apparati decorativi.

Qualora le informazioni raccolte dalle schede non siano molto accurate, VULNeT prevede una valutazione approssimativa della vulnerabilità secondo un "Livello 1" di conoscenza, seguendo i metodi proposti dal GNDT-CNR nel 2001 per i monumenti insistenti all'interno dei Parchi regionali italiani. Secondo questo criterio, la vulnerabilità sismica dipende da tre variabili quali l'utilizzabilità dell'edificio, lo stato di conservazione e l'intensità sismica in scala Mercalli misurata dopo la data di costruzione o di restauro. Il metodo di livello 1, applicato a 107 esemplari di torri in muratura, ha dimostrato come maggiore sia il livello di conservazione e minore sia la vulnerabilità calcolata, come supposto empiricamente, ma non prende in considerazione il parametro della snellezza. Il metodo VULNeT di "Livello 2", applicato dal gruppo di ricerca a otto delle torri analizzate con il metodo di livello 1, prevede una maggiore accuratezza utilizzando la maggior parte dei dati presenti nelle schede conoscitive ed è

ispirato al metodo del GNDT di II livello considerando undici parametri. Ogni parametro definisce un particolare fattore considerato decisivo per la risposta sismica opportunamente pesato in relazione alle prestazioni strutturali delle torri e sulla base di dati statistici su danni occorsi in edifici simili sottoposti ad azioni sismiche. Tra i parametri considerati, si tiene conto dell'eventuale presenza di elementi spingenti nelle strutture di copertura, la presenza di torrette, guglie, elementi appesi come le campane.

Il gruppo di ricerca ha dimostrato come i due modelli proposti siano confrontabili, seppur con livelli di conoscenza differenti, e che il metodo di livello 1, sottostimando del 30% la vulnerabilità calcolata col secondo livello, potrebbe rappresentare una prima analisi preliminare delle torri.

Il gruppo si è riproposto di indagare successivamente le torri campanarie che risultano più snelle della tipologia delle case-torri e delle torri civiche. La ricerca si riproponeva anche di formulare fattori correttivi da introdurre nei modelli VULNeT e che tenessero conto del comportamento dinamico delle strutture snelle, migliorando o peggiorando il comportamento complessivo e in modo da calibrare l'indice di vulnerabilità. VULNeT ha quindi avuto anche l'obiettivo di condurre un'analisi parametrica su strutture reali e su modelli numerici con diverse caratteristiche geometriche e meccaniche, allo scopo di classificare le torri in base alle principali caratteristiche del loro comportamento dinamico (frequenze, coefficienti di smorzamento e forme modali). Il confronto di queste analisi vuole descrivere le anomalie e le peculiarità della struttura in esame, fornendo così suggerimenti, prescrizioni e parametri correttivi dell'indice di vulnerabilità. L'analisi dinamica mira all'identificazione delle forme di modi di vibrazione naturale (globali o locali), i quali possono essere associati a meccanismi di danno ricorrenti

2.5.2 Il gruppo del Politecnico di Milano

Un gruppo di ricerca del Politecnico di Milano da qualche anno sta conducendo analisi e verifiche strutturali su torri in muratura, al fine di perfezionare i

modelli di calcolo e comprendere quale possa essere l'influenza degli aspetti geometrici sulla risposta sismica degli edifici di questa tipologia.

Tali studi sono stati intrapresi su una serie di casi ritenuti emblematici per l'Italia nord-orientale, mai posti a confronto precedentemente, e trovano motivo d'essere nei risultati ottenuti dagli studi su torri e campanili dissestati dai terremoti recenti e non, a partire da una rassegna significativa su modelli computazionali esistenti in letteratura e dalle ricerche effettuate dal prof. Doglioni (Doglioni et al., 1994). Grazie alle indagini in situ e alle osservazioni empiriche, gli studiosi del PoliMi fondano le basi delle proprie ricerche su alcune considerazioni (Casolo, Milani, Uva, & Alessandri, 2013):

«Nei campanili isolati, le manifestazioni dei danni sono distribuite frequentemente lungo tutta l'altezza, anche se sono di solito più evidenti alla base. Ciò suggerisce di approfondire l'importante questione degli effetti combinati delle azioni di flessione e di taglio.

Durante forti terremoti, talvolta si osservano fessure verticali di taglio. In questo caso, la riduzione della rigidità della sezione trasversale (cioè la perdita di validità dell'ipotesi Eulero-Bernoulli) durante il processo di deformazione può avere un ruolo fondamentale sulla risposta complessiva della struttura.

Si può sostenere che l'evoluzione del danno durante una sollecitazione dinamica svolge un ruolo cruciale nella riduzione della geometria resistente della struttura, attivando così modi di vibrazione più elevati che sembrano essere associati al danneggiamento della parte superiore, in particolare al coronamento e alla cella campanaria».

Nei casi di studio esaminati, le torri di fattura tradizionale vengono spesso considerate come edifici isolati per enfatizzare l'influenza della geometria della fabbrica nella risposta sismica.

Nel 2013 sono state comparate le analisi di dieci torri in muratura esistenti nell'areale della Pianura Padana, con configurazioni geometriche differenti e assumendo come proprietà meccaniche della muratura quelle fornite in letteratura per edifici della stessa tipologia. Su queste torri sono state condotte analisi dinamiche non lineari utilizzando un modello di tipo *Rigid Body and Spring Model (RBSM)*, basato su una discretizzazione 2D ottenuta assemblando

elementi quadrangolari rigidi e connessi tra loro con molle non lineari assiali e di taglio, che presentano una dissipazione energetica più realistica se sottoposte a cicli di carico, al fine di avere una visione quantitativa degli effetti globali del danno da taglio. Anche con una mesh non molto densa e con un basso sforzo computazionale da parte del calcolatore, il modello RBSM è in grado di descrivere comportamenti dinamici affidabili corrispondenti a realistici accelerogrammi. Sulla base dei dati geometrici viene costruita una rete equivalente 2D, dove vengono assegnati diversi spessori agli elementi adiacenti, se necessario, per tenere in debito conto il comportamento effettivo della struttura in un approccio 2D. Ai modelli 2D sono stati applicati quattro accelerogrammi orizzontali artificiali ed è stata così analizzata la risposta sismica in termini di meccanismi di collasso e di spostamenti.

I legami costitutivi sono stati assegnati con un approccio euristico semplificato in grado di riprodurre alcuni caratteri peculiari delle murature nel campo anelastico quali: resistenza a trazione molto bassa; ortotropia post-elastica significativa; differenti regole per i danni assiali e di taglio post-elastici; differente dipendenza della resistenza a taglio su componenti di sollecitazione assiale verticali e orizzontali; dissipazione isteretica dovuta al carico ciclico.

Per analizzare il comportamento dinamico delle strutture solo in funzione della geometria, la muratura a sacco di queste torri è stata considerata come materiale isotropico sotto carichi assiali orizzontali e verticali, a causa dell'influenza del materiale disordinato presente nel nucleo interno, mentre è stata prevista una lieve risposta ortotropica in caso di taglio verticale e orizzontale in corrispondenza dei paramenti esterni.

Determinati problemi geometrici possono essere rilevanti (come ad esempio la presenza di campane, irregolarità interne ed eventuali inclinazioni dovute a cedimenti differenziali di fondazione) e far variare notevolmente il flusso dei carichi verticali. In condizioni di irregolarità nella geometria o nella discretizzazione della maglia, le torri possono presentare spostamenti orizzontali diversi da zero anche in presenza di carichi verticali. Intuitivamente, per le torri più alte, piccole irregolarità nella base possono provocare spostamenti percepibili in cima.

Dalle analisi dettagliate sugli spostamenti nella parte superiore delle torri e alla base della cella campanaria, sull'energia isteretica dissipata durante l'evento sismico simulato, sulle deformate risultanti e sulla distribuzione verticale dello sforzo alla fine delle simulazioni, è stato possibile stabilire un criterio per stimare danni moderati e gravi, collasso parziale o totale, meccanismi di danno attivi. Dai risultati delle simulazioni si è dedotto che in tutte le torri la snellezza e la sezione di base soggetta a taglio svolgono un ruolo cruciale sulla vulnerabilità sismica. Le torri molto snelle risultano essere più vulnerabili perché caratterizzate generalmente da sezioni trasversali di piccolo spessore. Tali studi dinamici sembrano confermare le intuizioni di tipo empirico secondo cui le torri più tozze si comportano meglio delle torri snelle o di quelle caratterizzate da una presenza diffusa di aperture, variazioni dello spessore o distribuzioni irregolari di pareti interne, anche in zone a basso rischio sismico. Il gruppo di ricerca ha anche calcolato l'indice di vulnerabilità degli esemplari presi in considerazione, secondo quanto previsto dalle LLGG 2011, e ha dimostrato come le analisi statiche e gli indici semplificati forniscano previsioni sintetiche verosimili sulla vulnerabilità delle torri; tuttavia esse non sono in grado di dare informazioni esatte in generale sui meccanismi di danno o e sulle porzioni della fabbrica più soggette a dissesti. Al fine di una specifica ed efficace progettazione di consolidamento e riduzione della vulnerabilità, secondo il gruppo di ricerca si devono effettuare analisi dinamiche più sofisticate, che tengano conto dei diversi modi di danno, quali combinazioni di danno a taglio e a flessione, crolli parziali di celle campanarie e zone vicine alle aperture interne.

2.5.3 Il gruppo dell'Università di Firenze

Un gruppo di ricerca dell'Università di Firenze, sta conducendo uno studio simile al precedente sulle torri del centro storico di San Gimignano, valutando la loro vulnerabilità sismica attraverso le indicazioni date dalle LLGG 2011 secondo i tre livelli di conoscenza proposti (Bartoli, Betti, & Monchetti, 2017a, 2017b). Alle analisi cinematiche del LV2 gli studiosi affiancano le analisi globali di livello LV1 e LV3, ponendole a confronto e cercando di valutare l'influenza degli edifici

addossati alle torri sul comportamento strutturale di queste ultime. Per tale motivo, ogni torre considerata è stata analizzata secondo due configurazioni limite di torre isolata e torre addossata.

Gli indici di sicurezza (fattore di accelerazione e indice di sicurezza sismica), ottenuti con il metodo LV3, confermano generalmente i risultati ottenuti con LV1 anche se gli indici di sicurezza LV3 sono sempre maggiori di quelli ottenuti con il modello LV1. L'analisi LV1 non rivela spesso situazioni critiche ed è mirata prevalentemente alla valutazione comparativa dell'indice di sicurezza a scala territoriale. Secondo questo approccio, infatti, la torre è considerata come una trave a sbalzo e il collasso può verificarsi solo a causa di un modo di danno flessionale, con sezione "critica" in corrispondenza della sezione di base. Inoltre, l'approccio non tiene conto della presenza di irregolarità geometriche o della presenza di campane. La coerenza ottenuta qui tra i risultati LV1 e LV3 deve quindi essere associata all'omogeneità tipologica di torri studiate.

Con l'analisi non lineare push-over LV3 si nota in maniera più evidente come la presenza di edifici adiacenti, e quindi di un vero e proprio vincolo per l'altezza libera della torre, può condizionare anche in modo drammatico la risposta sismica della struttura. Se infatti la torre viene considerata isolata, questa nelle simulazioni è in grado di resistere all'azione sismica (grazie alla sua capacità di spostamento sufficientemente elevata più che per la sua resistenza); non appena il confinamento offerto dagli edifici adiacenti si considera efficace, la capacità di spostamento non può essere più adeguata a resistere alla sollecitazione sismica. I risultati ottenuti sono ritenuti abbastanza condivisibili per tutto il campione di edifici studiato e ciò sottolinea ancora di più l'influenza spesso negativa della presenza di costruzioni adiacenti sulle prestazioni di queste torri.

3 Il rilievo e la catalogazione dei beni architettonici ad elevata valenza culturale

3.1 Il rilievo a supporto della conoscenza delle fabbriche tradizionali

Lo studio sulle fabbriche tradizionali, soprattutto se caratterizzate da un'elevata istanza culturale, non può prescindere da un attento percorso metodologico indagativo, che rappresenta ormai un consolidato e ampiamente condiviso atto propedeutico a qualsiasi progetto di intervento di restauro e recupero. Tale percorso metodologico si dipana attraverso la triplice declinazione del rilievo (geometrico, tecnologico e del degrado) per giungere ad una *prediagnosi* che, tramite il successivo progetto di specifiche indagini non distruttive⁴⁴, conduce alla formulazione della diagnosi e alle più opportune terapie riabilitative per il *corpus* edilizio (Moschella, 2012).

Dopo le necessarie ricostruzioni del regesto della fabbrica, attraverso le analisi diacroniche delle diverse vicende costruttive che possono aver interessato il monumento, il momento del rilievo costituisce il primo approccio analitico con il manufatto. In questi termini, il rilievo si manifesta di basilare importanza perché può fornire informazioni fondamentali di tipo *globale* sulla forma e sullo stato di salute dell'organismo edilizio (Salemi, 2000), così come richiesto anche dalle citate Linee Guida 2011⁴⁵.

Attraverso il rilievo è infatti possibile costruire quello che S. F. Musso (2016) definisce *telaio di riferimento*, la carta base (Salemi, 2000) che, *nel rigore dell'informazione metrica, fornisce una prima occasione di reale diagnosi dello stato di fatto dell'edificio e alla quale possono essere ancorati ulteriori indagini di varia natura e finalità* (Musso, 2016). Tale carta base è dunque il risultato del rilievo di tipo geometrico spaziale, che ha come obiettivo la restituzione grafica, alle opportune scale metriche, dell'impianto architettonico e distributivo della fabbrica oggetto di studio nella sua consistenza fisica senza trascurare anche i dettagli ornamentali presenti (Salemi, 2000).

44. Le indagini non distruttive sono dette anche "prove ND" o "non-destructive testing method" (NDT). Per prova non distruttiva, relativamente alle indagini sul patrimonio edilizio esistente, «si intende un processo sperimentale tendente ad indagare sulle qualità prestazionali e/o sulla struttura di un oggetto edilizio che non altera né le caratteristiche fisico-chimiche né il comportamento statico-funzionale del campione indagato» (Salemi, 2000).

45. Cfr. §2.

Essendo il rilievo un processo di discretizzazione della realtà (Bertocci and Bini, 2012), attraverso l'utilizzo delle carte base è possibile riprodurre su di esse appositi tematismi che costituiscono il rilievo tecnologico del manufatto, ovvero il risultato dell'osservazione diretta e del riconoscimento dell'*apparecchiatura tecnico-costruttiva*⁴⁶ del *corpus* della fabbrica tradizionale. Il rilievo di tale apparecchiatura permette così l'identificazione dello schema statico-strutturale e delle eventuali irregolarità costruttive che possono provenire da difetti di progettazione ed esecuzione o da successive trasformazioni strutturali (Salemi, 2000). Nel percorso della conoscenza della fabbrica, il riconoscimento del sistema tecnologico acquisisce così una valenza documentale, descrivendo l'oggetto edilizio come la testimonianza di una determinata *cultura materiale premoderna*, che si cela dietro i manufatti tradizionali; per tale motivo, il rilievo tecnico-costruttivo può contribuire anche alla determinazione del periodo di costruzione o a documentare la sovrapposizione stratigrafica di differenti fasi costruttive (Moschella, 2012).

Sulla base del rilievo geometrico e di quello tecnologico, si possono successivamente redigere apposite mappature tese al rilevamento dei dissesti statici e delle manifestazioni visibili di degrado, contenenti tutte le informazioni necessarie per riconoscere e delimitare i fenomeni di decadimento fisico e prestazionale di materiali e componenti edilizi, esistenti al tempo "t", ovvero al momento in cui si effettua lo studio sul manufatto (Moschella, 2012; Salemi, 2000).

3.2 Metodologie di rilevamento

A livello metodologico, le categorie di rilievo qui descritte sinteticamente possono prevedere tecniche di rilevamento differenti, che generalmente tendono ad integrarsi per ottenere informazioni il più possibile esaustive sulla fabbrica. Ciò perché la scelta tra un metodo di rilievo e un altro non è semplicemente funzione della strumentazione necessaria, considerata un *garante a priori della qualità degli esiti*, ma va operata in base alla natura fisica e alle istanze culturali dell'oggetto da rilevare (Garello, 2016).

46. «Si definisce apparecchiatura tecnico-costruttiva l'insieme dei componenti edilizi, nonché dei vari materiali base presenti che, accoppiandosi tra di loro, danno vita all'oggetto edilizio» (Salemi, 2000).

3.2.1 Rilievo a vista e rilievo diretto

Il primo contatto con l'oggetto edilizio da rilevare è sempre rappresentato da una fase preliminare che si può definire *rilievo a vista* e che rappresenta il momento nel quale viene compiuta una *discretizzazione degli innumerevoli dati che formano l'oggetto stesso*; vengono così scelte le metodologie più opportune da seguire e si procede con una selezione delle qualità e delle grandezze da rilevare (Bertocci and Bini, 2012), quali proporzioni fra le parti, nodi strutturali, consistenza degli ornati e rapporti della fabbrica col contesto.

In questa fase di "pre-rilievo" è dunque necessario prendere contatto con l'opera da rilevare, *progettando una serie di eidotipi cioè schizzi di studio, su cui apporre le misure* (Cigola, 2001).

Il rilievo di tipo *diretto*, o longimetrico, prevede una campagna di misurazioni che avvengono a stretto contatto con la fabbrica da analizzare e per tale ragione il metodo diretto permette una verifica immediata dei valori metrici registrati (Bianchini, 2008). Le attrezzature adoperate per il rilevamento consistono in semplici longimetri, quali la rotella metrica o il nastro graduato, che misurano distanze tra punti, e da un apparato accessorio di fili a piombo e livelle ad acqua. A tali strumenti si affiancano poi le attrezzature dedicate alla restituzione grafica, quali i tradizionali matita e compasso o software più avanzati di disegno automatico CAD (Garello, 2016).

3.2.2 Rilievo strumentale-topografico

Nel rilevamento strumentale le misurazioni necessarie sono eseguite attraverso strumentazioni topografiche, quali stazioni totali, tacheometri, teodoliti e distanziometri. Si ricorre generalmente al suo impiego per rilevamenti di precisione, come integrazione di altri metodi, per rilevare andamenti planimetrici di grande estensione (soprattutto quando i punti da rilevare risultano inaccessibili) e per collegare l'oggetto rilevato nel contesto topografico urbano (Cigola, 2001).

Il rilevamento topografico prevede l'acquisizione di due tipologie differenti di

grandezze, rappresentate da angoli e distanze; dalla loro combinazione dipende la determinazione della posizione nello spazio di particolari punti dell'edificio non facilmente accessibili con rilevamento diretto, ma raggiungibili grazie ad un raggio visuale o traggurabili con un mezzo di collimazione come il teodolite. Gli strumenti topografici sono destinati alla misurazione degli angoli, mentre i distanziometri a raggi laser o infrarossi misurano le distanze (la stazione totale utilizza congiuntamente entrambi gli strumenti) (Garello, 2016).

3.2.3 Rilevamento laser scanning

Se con i metodi finora descritti il manufatto edilizio veniva prima studiato e poi rilevato, con lo sviluppo delle moderne tecnologie digitali e l'affermarsi delle tecniche laser scanning l'approccio al manufatto è esattamente opposto, poiché la fase di rilevamento in loco si completa molto velocemente, acquisendo milioni di informazioni sotto forma di coordinate di punti fisici nello spazio (una *nuvola di punti* o *pointcloud*) in tempi brevi e lasciando la fase di restituzione e discretizzazione dei dati alla post-produzione in laboratorio (Battini, 2016).

«Sono considerati scanner 3D tutti quegli strumenti in grado di acquisire le coordinate spaziali di una data regione o della superficie di un oggetto, in modo automatico, sistematico, e con un'alta velocità» La strumentazione laser scanner 3D più utilizzata in ambito architettonico è costituita dai laser scanner *TOF* (*time of flight*), capaci di calcolare la distanza tra il punto oggetto di rilievo ed il trasmettitore attraverso il tempo di volo, ovvero il tempo che impiega il segnale luminoso emesso a ritornare allo strumento (Sgrenzaroli and Vassena, 2007). Il laser scanner combina due metodologie distinte: quella dei distanziometri a luce polarizzata, utilizzati per misurare le distanze, e quella della scansione con la quale si fa in modo di "ricoprire" con il raggio luminoso l'oggetto in esame proprio come farebbe uno scanner piano (Andreozzi, 2003).

Conclusa la campagna di rilievo strumentale tramite l'utilizzo dello scanner, inizia la fase di elaborazione dei dati ottenuti, fondamentale per ottenere un database pulito ed interrogabile al fine di giungere alla restituzione finale del rilievo. In prima battuta, è necessario filtrare le nuvole di punti acquisite

eliminando con appositi software eventuali rumori o punti non appartenenti all'oggetto edilizio, per scongiurare successive difficoltà alla restituzione degli elaborati finali del rilievo. Poiché da ogni singola postazione di ripresa effettuata si ottengono le coordinate spaziali di milioni di punti, è necessario unire, in fase di *registrazione*, le singole nuvole di punti così da stabilire un unico sistema di riferimento globale e ricomporre le nuvole acquisite in un database unico. Per l'ottenimento di ortofoto da poter utilizzare per la realizzazione di elaborati grafici come prospetti o sezioni, è possibile ricavare immagini ad alta risoluzione della pointcloud o modelli di superfici tridimensionali texturizzati (*mesh*) dalle molteplici utilità (per l'ottenimento sia di sezioni verticali e orizzontali sia di modelli architettonici per visioni tridimensionali in realtà aumentata in campo museale o di modelli per la stampa 3D di prototipi) (Battini, 2016).

3.2.4 Rilievo fotogrammetrico: le tecniche SfM e il metodo omografico

La fotogrammetria è una tecnica *image based* che, nell'ambito del rilievo strumentale indiretto, consente di definire posizione, forma e dimensioni degli oggetti sul terreno, utilizzando informazioni contenute in opportune immagini fotografiche che ritraggono gli oggetti stessi, riprese da punti diversi (Cannarozzo et al., 2014; Foschi, 2015). La fotogrammetria classica è basata sulle regole della visione stereoscopica, tipica dell'occhio umano (ovvero la percezione del rilievo di un oggetto che si ha in conseguenza della visione binoculare), e sui principi della geometria proiettiva attraverso la quale è possibile indagare le relazioni biunivoche che si instaurano tra una realtà tridimensionale ed una sua rappresentazione bidimensionale (non necessariamente piana, *ma anche cilindrica o sferica*) (Paris, 2012). In base ciò, un oggetto reale in un fotogramma è proiettato in prospettiva su un piano bidimensionale. Di conseguenza, un qualsiasi punto dell'oggetto fotografato, indipendentemente dalla sua posizione nello spazio, è posizionato lungo il raggio che partendo dal centro ottico della macchina fotografica si prolunga all'infinito. Quando il medesimo oggetto è visibile su due fotogrammi diversi, lo stesso punto sull'oggetto si troverà così all'intersezione dei due raggi corrispondenti (detti *omologhi*). A partire

da due fotogrammi con posizione e orientamento relativi conosciuti, grazie alla fotogrammetria è possibile ritrovare un qualsiasi punto nello spazio, a condizione che questo sia presente in entrambe le fotografie (De Luca, 2011; Sammartano and Spanò, 2017).

Per le riprese stereoscopiche, gli strumenti tradizionali sono apparati fotografici, detti camere metriche, costituiti da un cavalletto sul quale è posto un'asta calibrata in posizione orizzontale alle cui estremità sono poste due camere da presa (garantendo così il parallelismo tra due assi ottici e la perpendicolarità di questi rispetto alla base del piedistallo). Attraverso opportuni restitutori, è così possibile ricostruire forma e dimensione dell'oggetto ripreso e produrre ortofoto ed elaborati grafici che descrivono esattamente l'oggetto di studio.

I progressi compiuti dalla fotogrammetria digitale negli ultimi anni hanno fatto evolvere tale disciplina nella *fotomodellazione*, coniugando la tecnica della fotogrammetria con la *computer vision* che ha sviluppato algoritmi capaci di trasformare immagini bidimensionali in modelli tridimensionali (Filippucci, 2010).

In particolare, la tecnica di *range imaging* chiamata *Structure from Motion* (SfM) *permette di stimare la posizione 3D di punti rappresentati in molteplici immagini, ricostruendo la geometria dell'oggetto rappresentato ("structure") e la posizione delle prese ("motion") anche quando non si è in possesso di definiti parametri di calibrazione della camera* (Sammartano and Spanò, 2017). Tale tecnica è in rapida diffusione perché rappresenta un metodo di rilevamento fotogrammetrico low cost, potendo sfruttare l'utilizzo di una semplice fotocamera amatoriale, piuttosto che di camere fotogrammetriche specifiche e costose. Grazie allo sviluppo di algoritmi, gli errori legati alle aberrazioni dell'obiettivo, al piano di proiezione e alla camera vengono riconosciuti dal software e corretti in autocalibrazione.

«Il processo di fotomodellazione interessa ciascun fotogramma, da intendersi nella sua nuova accezione di matrice digitale di dati numerici: attraverso un confronto sono individuate le corrispondenze dei dati e da qui, sulla base della geometria epipolare che sostiene i principi della fotogrammetria monoscopica, è stimata la mutua posizione di ciascun pixel caratterizzato poi da un colore che

determina la texture del modello» (Filippucci, 2010).

La procedura di SfM segue diverse fasi, la prima delle quali è l'acquisizione delle immagini. Il rilievo fotografico, ovvero la creazione del *dataset*, è dunque fondamentale per l'ottenimento di modelli dettagliati e attendibili. La presa dei fotogrammi deve essere condotta ritraendo l'oggetto da rilevare in ogni fotogramma con una sovrapposizione di più del 70% (Inzerillo et al., 2014)⁴⁷. Contestualmente a tale fase, è necessario effettuare alcuni rilevamenti diretti o una battuta di rilievo topografico per rendere possibile la successiva messa in scala del modello ottenuto.

Caricati i fotogrammi sul software, in modo automatizzato, nella fase di *matching* gli algoritmi individuano i punti omologhi in modalità automatica o semiautomatica e, attraverso il processo di *camera calibration*, si stimano i parametri necessari alla correlazione tra i punti sull'oggetto reale e i punti corrispondenti nell'immagine⁴⁸. Il software estrae dalle fotografie alcuni elementi caratteristici denominati *tie-points*, punti corrispondenti in immagini differenti attraverso il riconoscimento delle differenze radiometriche dell'intorno dei punti. A ricerca dei *tie points* conclusa, è possibile generare una nuvola di punti densa (*dense cloud*) che rappresenta la morfologia della superficie fotografata (Sammartano and Spanò, 2017). La nuvola di punti così ottenuta risulta essere analoga ai risultati che si conseguirebbero con l'ausilio di laser scanner 3D a tempi e costi elevati (Inzerillo et al., 2014). Da tale nuvola di punti sarà possibile ottenere una mesh poligonale alla quale estrarre ortofoto dei prospetti, per ricavare minuziosi rilievi bidimensionali, mappature dei quadri fessurativi e delle manifestazioni visibili di degrado o individuare più facilmente anomalie nelle configurazioni geometriche.

La gestione della mesh o della nuvola permette di attenzionare così molti aspetti del manufatto edilizio più comodamente in una fase di post-elaborazione successiva al sopralluogo. Le potenzialità di questo strumento hanno permesso il rilievo di danni sismici in edifici storici aquilani colpiti dal terremoto del 2009 (Bartolomucci and Trizio, 2015; Giannangeli et al., 2015), nei quali era fondamentale operare rapidamente ed in condizioni di massima sicurezza. Trattandosi di una procedura a costo zero, quasi completamente automatizzata

47. Alcuni software, come *Photoscan di Agisoft*, richiedono una sovrapposizione dell'80% per una modellazione più accurata, soprattutto in caso di riprese aeree effettuate con il drone.

48. Questi parametri sono ricavati considerando le coordinate dei punti ripresi dall'apparecchio fotografico, l'orientamento interno ed esterno dell'apparecchio fotografico, le distorsioni radiali e tangenziali dell'immagine dipendenti dalle lenti dell'obiettivo (Garozzo, 2018).

ed affidata all'elaborazione di immagini fotografiche, il risultato finale è condizionato dalle caratteristiche della fotocamera digitale ed è raggiungibile attraverso un preventivo progetto di rilievo fotografico.

Nell'ambito del rilievo di architetture turrette, il rilievo fotografico speditivo, condotto senza l'ausilio di droni, fornisce immagini con sovrapposizione più ravvicinata nella parte inferiore del fusto e con una definizione minore delle parti sommitali delle celle campanarie e delle cuspidi, a causa delle riprese effettuate da lontano e di scorcio (Mirabella Roberti, 2017). Ciò comporta la realizzazione di modelli che presentano un dettaglio maggiore nella parte bassa dei campanili e una relativa approssimazione in alto. Nonostante ciò, il rilievo tridimensionale che si può ottenere risulta molto utile per raccogliere informazioni geometriche sull'involucro, potendo anche sezionare orizzontalmente il modello, acquisire i profili esterni dell'impianto planimetrico e, ad esempio, verificare la reciproca ortogonalità dei muri d'ambito. Bisogna però sottolineare due criticità. Gli algoritmi SFM non sono in grado di ricostruire fedelmente le cosiddette "zone d'ombra", ovvero le parti non visibili dai punti di ripresa delle foto che di conseguenza nel modello risulteranno assenti o non attendibili; non è inoltre agevole effettuare un rilievo fotografico di questo tipo per torri campanarie site in strade eccessivamente strette a causa dell'impossibilità di girare intorno all'edificio in modo adeguato e perché l'utilizzo di lenti focali eccessivamente grandangolari comporterebbero aberrazioni nei fotogrammi.

Per sopperire alle eventuali zone d'ombra o alla mancanza di definizione delle ortofoto di modelli tridimensionali di edifici particolarmente alti come le torri campanarie, alcuni studi condotti in Spagna (Merino Gómez, 2011; Sánchez Rivera, 2016; Sánchez Rivera et al., 2014) hanno integrato la fotomodellazione SfM, o il rilevamento tramite laser scanner, con un algoritmo, *Homograf*, (utilizzabile in ambiente CAD) basato sulle regole della geometria proiettiva e sviluppato dall'Università di Alicante (Irles Mas et al., 2005; Maestre López-Salazar and Irles Mas, 2000).

Si importa su CAD un fotogramma⁴⁹ che ritrae (più o meno frontalmente o di scorcio) l'oggetto edilizio da rilevare e si ricalcano su di esso i dettagli

49. Il fotogramma va preventivamente corretto dalle aberrazioni e distorsioni dovute alla lente dell'apparato fotografico.

architettonici della facciata. Su questo disegno “prospettico” si individuano quattro punti distanti tra loro e dei quali si possono dedurre le distanze reali attraverso misurazioni dirette o misurando il modello della *point cloud*. Fornendo all’algoritmo *Homograf* le dimensioni reali del quadrilatero individuato dai quattro punti, l’applicativo trasforma in vera forma e grandezza il disegno ricalcato sulla foto ed inscritto nel quadrilatero. Con tale metodo è possibile sopperire al rilevamento delle parti sommitali degli edifici o a particolari casi che rendono impossibile l’impiego di laser scanner o fotomodellazione.

PARTE SECONDA

Torri campanarie tradizionali in areale etneo

4 Studi a Scala territoriale: censimento e classificazione tipologica

4.1 La scelta dell'areale etneo come caso di studio tra rischio sismico e vulcanico

La Sicilia Orientale rappresenta un territorio che da sempre convive con una serie di problematiche legate ai frequenti eventi sismici, il più rovinoso dei quali, come già detto, si è abbattuto nel 1693. A questo rischio continuo, se si considera l'areale etneo si aggiunge anche la presenza del vulcano più alto d'Europa e le violente eruzioni che nei secoli hanno cancellato interi centri urbani, soprattutto durante il 1669 quando l'imponente colata lavica raggiunse



Fig. 15. L'antica torre campanaria della Cattedrale di Catania. Affresco di G. Platania (1672).



Fig. 16. Incisione di Willelm Schellinks (1669-678): l'antica torre campanaria della Cattedrale di Catania (Pagnano, 1992)

la città ed il litorale catanese.

Nonostante la storica esposizione ai rischi sismici e vulcanici, il territorio etneo è sempre stato caratterizzato dalla presenza di numerosissime torri campanarie, come è anche facilmente dimostrabile grazie alle numerose cartografie e rappresentazioni dell'areale precedenti alle due citate catastrofi. In queste raffigurazioni i diversi centri abitati etnei sono caratterizzati dal segno inconfondibile di svettanti campanili che trovavano un paradigma di riferimento nella torre campanaria della Cattedrale del capoluogo. Come già accennato, il campanile della Cattedrale di Sant'Agata a Catania fu realizzato per volere del vescovo Simone del Pozzo nel 1388 a nord della navata quasi in linea col fronte principale (Scaglione, 2010). Originariamente, la torre, a pianta quadrata di lato pari a 14 metri, era alta 70 metri ma tra il 1622 e il 1630 fu sopraelevata e sormontata da una svettante cuspide fino a raggiungere l'altezza di 90 metri (Calogero, 2004). La configurazione della torre così completata è riscontrabile nel celebre affresco della Sacrestia della Cattedrale ad opera di Giacinto Platania del 1672 e, tra le altre, nel disegno di Willelm Schellinks realizzato tra il 1669 e il 1678 (Calogero, 2004; Pagnano, 1992; Scaglione, 2010). Questa altissima torre crollò rovinosamente in direzione sud sfondando il tetto delle navate della chiesa e provocando la morte dei cittadini riunitisi all'interno per pregare dopo la prima scossa (Boschi & Guidoboni, 2001)⁵⁰.

Date tali premesse, l'architettura tradizionale dell'areale etneo rappresenta efficacemente il continuo rapporto di simbiosi e lotta tra l'uomo e la natura. Questo contesto ha certamente influenzato la "buona regola dell'arte" delle maestranze locali per la costruzione di tutte le fabbriche tradizionali, e quindi anche delle chiese e delle torri campanarie, che caratterizzano i centri storici dell'area catanese. Si è dunque scelto di circoscrivere il campo di riferimento per lo studio delle torri campanarie tradizionali ad un areale comprendente il territorio dei 43 comuni che orbitano attorno al vulcano Etna.

Se dal punto di vista politico-amministrativo i comuni considerati appartengono tutti alla Città Metropolitana di Catania, per ciò che riguarda l'ordinamento territoriale diocesano, l'areale è invece suddiviso in vicariati appartenenti a due differenti diocesi: l'Arcidiocesi di Catania (eretta nel III secolo d.C.) e la Diocesi

50. Si dovette aspettare l'incarico affidato dal vescovo Felice Regano all'ingegnere Carmelo Sciuto Patti nel 1852 per realizzare un nuovo campanile, questa volta di dimensioni molto più ridotte e sovrapposto alla cappella del SS. Crocifisso (la stessa cappella che F. Basile, M. Giuffrè e A. Salemi individuavano come possibile basamento di una delle due torri campanarie dell'ecclesia munita normanna. Cfr. § 2.2).

suffraganea di Acireale, resasi autonoma da quella catanese nel 1844.

4.2 Il censimento e la classificazione tipologica delle torri campanarie in areale Etneo

Il censimento condotto sul territorio di riferimento ha prodotto un risultato numerico rilevante, individuando ben 210 chiese dotate di campanile, a prescindere dall'epoca di costruzione. Come già accennato precedentemente⁵¹, da questo elenco è stato estrapolato il sottoinsieme costituito dalle sole torri campanarie di fattura tradizionale. L'indagine ha evidenziato così la presenza di 158 campanili tradizionali nell'areale etneo.

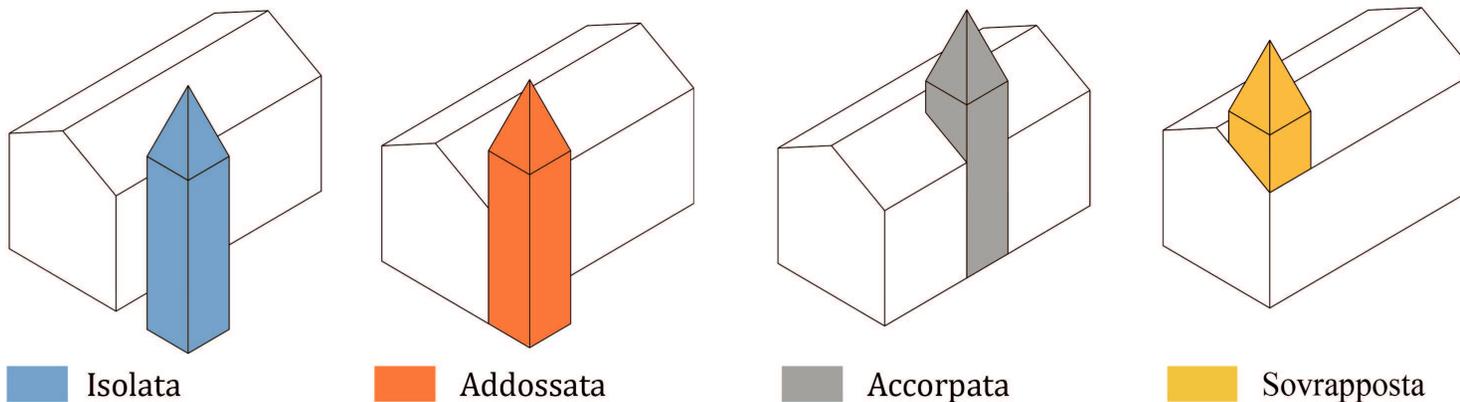
51. Cfr. § *Metodologia e organizzazione della ricerca*.



Fig. 17. Territorio di riferimento: paesi della Città metropolitana di Catania di area etnea.

Considerando le epoche di realizzazione dei campanili tradizionali, la distribuzione nel territorio etneo non risulta omogenea; ciò incide di conseguenza sia sugli aspetti stilistici che su quelli tecnico-costruttivi. Il violento sisma del 1693 rappresenta per il territorio studiato uno spartiacque non solo temporale ma anche fisico, definendo due aree connotate da fabbriche con caratteristiche differenti. Quelle risparmiate dal terremoto, situate lungo il versante nord-occidentale dell'Etna, sono contraddistinte da torri campanarie risalenti anche al XIII secolo, come ad esempio l'artistica torre campanaria di San Martino a Randazzo, mentre i territori ad est e a sud del vulcano sono soprattutto provvisti di esemplari del XVIII e XIX secolo, risultato della successiva ricostruzione post sisma.

Fig. 18. Schematizzazione delle tipologie di torri campanarie



Definito il campione di studio, si è svolta una classificazione tipologica delle torri campanarie, facendo riferimento al criterio della relazione tra campanile e chiesa di riferimento proposto negli studi di F. Doglioni (Rosso & Spizzo, 1994) e Di Tommaso (Di Tommaso & Casacci, 2013)⁵²:

- *Torri campanarie isolate*, senza alcun contatto con il relativo edificio di culto o altro corpo di fabbrica;
- *Torri campanarie addossate*, con zone di contatto estese a massimo due lati del macroelemento;
- *Torri campanarie accorpate* all'edificio di culto, con zone di contatto

52. Cfr. § 2.4.

estese a tre o a tutte le zone di contatto del macroelemento;

- *Torri campanarie sovrapposte* al corpo di fabbrica dell'edificio di culto.

Le analisi tipologiche su questo vasto campionario rivelano come il 69% degli esemplari esistenti sia costituito da campanili addossati all'edificio di culto di appartenenza (109 casi), quelli sovrapposti rappresentano solo il 21% (33 casi) e quelli accorpati appena l'10% (16 casi), mentre non esistono torri campanarie isolate di fattura tradizionale.

La grande presenza di torri campanarie addossate e l'assenza di esemplari isolati è giustificabile considerando due fattori diacronici importanti. In prima analisi, è necessario considerare che la maggioranza delle torri censite è stata realizzata dopo il terremoto del 1693; l'esperienza del sisma ha sicuramente influenzato la ricostruzione dei centri urbani ed un esempio lampante da questo punto di vista è costituito dalla Cattedrale di Catania, nella quale, come si è già detto, non fu ricostruita l'alta torre campanaria che si era abbattuta sopra la navata della chiesa. Inoltre, bisogna anche valutare i registi delle fabbriche, le quali nel corso dei secoli hanno potuto subire trasformazioni e modifiche tali da rendere addossato il campanile originariamente isolato, ad esempio per aggiunta di navate laterali come nel caso della torre campanaria della Basilica di San Filippo di Agira ad Aci San Filippo⁵³. A questa casistica si aggiungono anche alcuni esemplari nati originariamente per assolvere funzioni di tipo militare e solo in un secondo momento trasformati in campanili, addossando ad essi le fabbriche delle chiese. Sono questi i casi della torre costiera di avvistamento nel borgo marinaro di Ognina a Catania (XIV – XV secolo), poi adattata in campanile della chiesa di Santa Maria, o della torre campanaria di Santa Maria dell'Idria a Paternò, originariamente nata come avamposto militare utilizzato dai falconieri nel XIV secolo.

Simili considerazioni su successive modifiche degli edifici ecclesiastici nel corso dei secoli possono essere condotte anche per la tipologia dei campanili accorpati alla chiesa di riferimento. Un esempio di tale tipologia è quello del campanile di San Nicolò al Borgo a Catania (XVIII secolo); originariamente addossata alla chiesa in posizione leggermente arretrata al fronte principale della chiesa, la

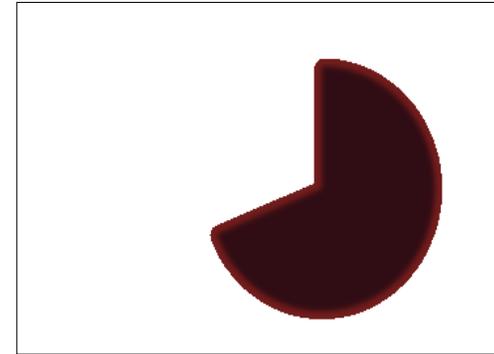


Fig. 19. Distribuzione delle tipologie di torri campanarie tradizionali in areale Etneo.



Fig. 20. Aci San Filippo, Basilica di San Filippo di Agira.

⁵³. Frazione del comune di Aci Catena.

torre campanaria è oggi a tutti gli effetti un campanile di tipo accorpato a causa delle aggiunte successive dei corpi di fabbrica dell'oratorio annesso. Tra le torri accorpate è possibile annoverare anche l'antico campanile settecentesco della chiesa di San Biagio nella frazione di Viscalori a Viagrande⁵⁴, ormai privo di cuspide e della sua funzione campanaria, con le monofore della cella murate e nascosto dal corpo di fabbrica della antistante e più alta facciata ottocentesca. I campanili di tipo sovrapposto al corpo di fabbrica della chiesa sono spesso il risultato di sopraggiunte esigenze liturgiche in templi originariamente sprovvisti di torri campanarie vere e proprie. Spesso si tratta di turrette celle campanarie che vengono costruite sopra la prima campata delle navate laterali della chiesa, come per esempio nel caso del Santuario dei Santi Martiri Alfio Filadelfo e Cirino a Trecastagni, nella quale la cella campanaria fu realizzata solo nel 1857 in corrispondenza della navata sinistra⁵⁵. Torri campanarie sovrapposte all'impianto planimetrico dell'aula possono essere considerate anche i campanili gemini che ornano soprattutto i fronti delle chiese frutto della ricostruzione settecentesca post-sismica; tra queste si annoverano le torri campanarie della chiesa della Santissima Trinità (1746-1751), la cui facciata è attribuita all'architetto Francesco Battaglia (1701 - 1788) e di San Francesco d'Assisi all'Immacolata (XVIII secolo) a Catania.

54. Cfr. Zappalà, G. (2013). *Il Borgo di Viscalori e la chiesa dedicata a San Biagio*. Acireale-Roma: A&B Editrice.

55. Cfr. <https://tinyurl.com/y9fny2ct>



Fig. 21. Torri campanarie tradizionali etnee: Paternò, S. M. dell'Idira; Viscalori, S. Biagio; Catania: SS. Trinità e S. Francesco d'Assisi all'Immacolata

La classificazione tipologica mostra dunque una maggioranza netta di esemplari addossati al corpo di fabbrica della chiesa di pertinenza e inoltre, analizzando in modo più approfondito tale tipologia di campanili, si possono individuare due ulteriori sottocategorie:

- “Tipo A”: torri addossate nelle quali è la sola cella campanaria a staccarsi in elevazione dall’edificio adiacente, sporgendo oltre il profilo della copertura della chiesa;
- “Tipo B”: torri addossate nelle quali è anche parte del fusto a staccarsi in elevazione dall’edificio adiacente, sporgendo oltre il profilo della copertura della chiesa.

Delle 109 torri campanarie addossate, la ricerca ha censito 92 esemplari di Tipo A (84%) e solo 17 casi di Tipo B (16%), rilevando così una più elevata diffusione di campanili addossati con sola cella campanaria non confinata. Grazie a questa analisi censuale e tipologica, si può pertanto considerare emblematica per l’areale etneo la tipologia delle torri campanarie addossate alla chiesa di pertinenza con cella campanaria non confinata.

Alla luce degli studi condotti da Doglioni (Doglioni et al., 1994), data l’importanza rivestita in caso di sisma dalle interazioni tra macroelemento torre e macroelemento facciata della chiesa, al fine di dettagliare il più possibile l’indagine speditiva, sono stati anche individuati i sottoinsiemi di torri addossate complanari alla facciata principale del tempio e torri addossate poste in posizione sfalsata rispetto al fronte della chiesa, evidenziando una netta maggioranza di esemplari di tipo complanare (84%)⁵⁶.

56. Le analisi svolte da F. Doglioni in territorio friulano sulle chiese distrutte dal sisma hanno distinto anche tra campanili affiancati alla facciata della chiesa in continuità muraria con quest’ultimo macroelemento e campanili costruiti su muri d’ambito laterali. Nel contesto etneo tale distinzione non è sempre di agevole rilevamento e per tale motivo questo aspetto delle analisi va indagato caso per caso in sede di valutazione con livello di approfondimento maggiore.

4.3 Scelta dei singoli casi di studio

Alla luce del censimento condotto e della classificazione tipologica delle torri campanarie tradizionali etnee, si è deciso di selezionare alcuni casi emblematici per l'areale e rappresentativi della tipologia più ricorrente, ovvero la tipologia di torri campanarie addossate.

Si sono scelti dunque esemplari posti su due versanti opposti, ad Acicastello e Bronte, e un esemplare allo stato di rudere nel sito archeologico dell'antica Misterbianco.

5 Il campanile della chiesa di San Giuseppe ad Acicastello

5.1 Inquadramento e indagini storico-archivistiche

La chiesa di San Giuseppe, sorge nel piccolo centro storico del paese di Acicastello⁵⁷. Il centro urbano è posto a nord-est della città di Catania, come sua naturale appendice sul litorale ionico. Tradizionalmente noto come villaggio di pescatori, la storia del borgo è legata al maniero normanno da cui prende anche il nome e che fu costruito a picco sul mare intorno al 1076.

Le prime notizie ufficiali sulla chiesa di San Giuseppe ad Acicastello risalgono al 1748, anno in cui in una richiesta di scomunica conservata presso l'Archivio storico della Diocesi di Acireale si cita espressamente la *nova* chiesa di San Giuseppe (Blanco, 1999).

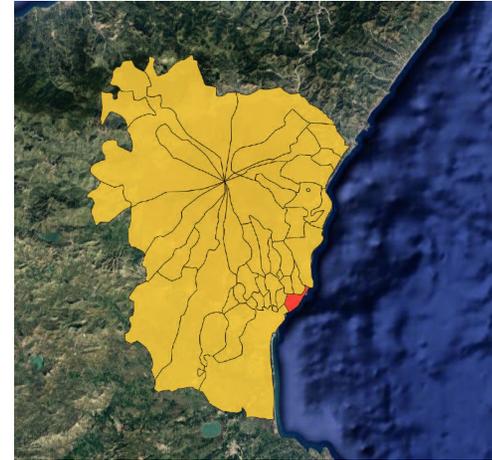


Fig. 22. Il territorio comunale di Acicastello (in rosso) nell'areale etneo.

57. O anche detta "Aci Castello".



Fig. 23. La chiesa di San Giuseppe nel tessuto urbano di Acicastello. Ortofoto



Fig. 24. La chiesa e la torre di San Giuseppe. Vista prospettica.

Si può quindi ritenere che la fabbrica fu costruita intorno agli anni 40 del Settecento, anche se alcuni storici locali sostengono anche che il luogo di culto sia stato edificato sulle rovine di una precedente chiesa cinquecentesca, distrutta da un terremoto nel 1547 (Castorina, 2002, 1999).

Il tempio settecentesco fu realizzato a spese e per volere del Cappellano della Chiesa Madre di Acicastello don Andrea Cavalli, il quale vi fu sepolto nel 1776. In un periodo nel quale la ricostruzione post-sisma 1693 era in pieno fervore in tutto l'areale etneo, la chiesa sorse ai margini del centro abitato, in prossimità dell'allora carcere ospitato all'interno del Castello Normanno, in una zona isolata probabilmente sia per motivi militari che per la presenza del primo cimitero del paese nell'attuale piazza prospiciente la fortificazione e confinante con il fronte settentrionale della chiesa.

L'epoca di costruzione è confermata anche dagli affreschi esistenti sulla volta del presbiterio e del catino absidale, attribuiti all'artista palermitano Giambattista Piparo che operò nell'areale catanese tra gli anni 30 e 50 del XVIII secolo. La torre campanaria di San Giuseppe ospitò presto l'unico orologio comunale del paese a partire dal 1759⁵⁸ e l'inventario dei beni della chiesa del 1779 dimostra la presenza di tre campane all'interno del campanile⁵⁹.

Le vicende della fabbrica sono strettamente connesse alla funzione sepolcrale che essa ebbe sin da subito, essendo legata alla confraternita del SS. Sacramento *Sub S. Mauri Titolo*; la cripta realizzata in corrispondenza di abside e presbiterio fu infatti utilizzata come luogo di sepoltura per confrati e notabili dell'areale, come è anche possibile leggere in una lastra tombale datata 1762. Il fenomeno si accentuò con le diverse epidemie di colera che colpirono la popolazione soprattutto tra il 1865 e il 1867, anni durante i quali vennero realizzate diverse fosse comuni sotto il piano di calpestio della navata.

Danneggiata dal terremoto del 1818, da un fulmine nel 1840 (che provocò il crollo parziale di un piedritto della cella campanaria) e continuamente rimaneggiata al suo interno per ospitare nuove sepolture, nel 1867 la chiesa fu privata dell'orologio, espiantato e installato nel campanile della Chiesa Madre; nel 1877, essendo ormai la chiesa in un precario stato di conservazione, la Prefettura di Catania vietò le celebrazioni religiose all'interno di essa a causa

58. Un atto notarile del marzo 1759 trovato da E. Blanco (1999) presso l'Archivio di Stato di Catania documenta l'acquisto da parte dell'Amministrazione comunale di un orologio per il campanile di San Giuseppe.

59. *Inventario della Chiesa di S. Giuseppe di Acicastello, 1779*. Archivio Storico Diocesano di Acireale, Fondo Diocesi di Acireale, Fondo Antico, Busta 36, Carpetta 3, pp.112-113: «(...) Campana grande del Campanile e due piccole (...)».

dell'ambiente insalubre dovuto alle numerose e recenti sepolture, sancendone così la chiusura definitiva fino all'inaugurazione del nuovo cimitero comunale alla fine del XIX secolo. Ai danni provocati dal fulmine del 1840 potrebbe risalire l'intervento di cerchiatura e incatenamento ancora visibile sulla cella campanaria.

Nei primi mesi del 1908, in seguito al sopralluogo di un funzionario del Genio Civile e molto prima del sisma che a dicembre coinvolse Sicilia e Calabria, la Giunta comunale deliberò la demolizione della cuspide maiolicata della torre campanaria (Blanco, 1999).

Negli anni 10 del Novecento, grazie anche alla riscoperta del paese da parte della borghesia catanese, che vi si trasferì soprattutto per la villeggiatura estiva, la chiesa di San Giuseppe venne riaperta al culto e fu abbellita con la realizzazione dei nicchioni soprastanti gli altari laterali e degli stucchi ornamentali.

Durante il secondo conflitto mondiale, il 21 luglio 1943 la Chiesa Madre di Acicastello venne distrutta durante un bombardamento anglo-americano che risparmiò il solo campanile. Da quella data e fino al luglio del 1961, la chiesa di San Giuseppe assunse le funzioni di chiesa principale della cittadina⁶⁰, venne sostituito l'altare maggiore con quello del Sacro Cuore proveniente dalla chiesa distrutta e venne realizzata una nicchia nell'abside, al fine di ospitare il simulacro del santo patrono del paese, San Mauro⁶¹.

Come dimostrato dalla documentazione conservata presso l'Archivio Progetti della Soprintendenza ai BBCC della Provincia di Catania, nel corso del '900 la fabbrica di San Giuseppe fu interessata da tre interventi di restauro, il primo dei quali coinvolse la sola torre campanaria nel 1968. In quell'anno il Parroco della Chiesa Madre comunicò alla Soprintendenza di voler eseguire opere di consolidamento del campanile, presentando elementi lapidei pericolanti e diverse lesioni. Il Soprintendente, l'ingegnere G. Di Geso, approvò i lavori sulla torre ma, essendo questa vincolata grazie alla legge nazionale 1089 del 1939, diede precise indicazioni affinché si rispettasse l'istanza storico artistica. Vennero così risarcite lesioni esistenti lungo i prospetti e messi in sicurezza gli elementi lapidei di cantonali e cornici.

Si riportano di seguito le indicazioni progettuali dell'ingegnere G. Di Geso nella



Fig. 25. La chiesa di San Giuseppe vista dal Castello Normanno.

60. A tale scopo, intorno al 1950 venne edificato un salone parrocchiale collegato al presbiterio sul fronte meridionale della fabbrica (Blanco, 1999).

61. Notizia ricavata dalla Relazione tecnica per i Lavori di Restauro del 1994.

nota n. 3728 del 12-06-1968:

«(...) i lavori relativi al restauro della torre campanaria della chiesa di S. Giuseppe in Acicastello dovranno essere eseguiti in modo da evitare ogni alterazione dell'aspetto architettonico del monumento in oggetto, di notevole interesse storico artistico, sottoposto alle disposizioni della legge 1-6-1939 n. 1089.

In relazione a quanto sopra si comunica che:

1°) potranno essere rafforzati i pezzi pericolanti delle cornici e dei cantonali - in pietra da taglio - ancorandoli alla muratura esistente; i pezzi mancanti potranno essere reintegrati con altri del medesimo materiale e dell'identica forma;

2°) la copertura dovrà essere consolidata senza alterare l'attuale forma, impiegando tegole uguali a quelle esistenti;

3°) le lesioni sulla facciata est dovranno essere risarcite con muratura a scuci-cuci eseguita con scaglie laviche previo iniezioni di cemento liquido.

4°) i piccoli incassi quadrati esistenti sulle pareti del campanile non possono essere otturati perché essi rappresentano una peculiare caratteristica delle costruzioni dell'epoca in quanto servivano per l'appoggio delle travi per i ponteggi. Pertanto, essi potranno essere soltanto quadrati nell'interno con malta molto resistente in modo di evitare eventuali infiltrazioni di acqua e gli inconvenienti dovuti ai colombi che ivi trovano ricovero (...).

Su progetto del 1976, la Soprintendenza intervenne una seconda volta nel 1979 con lavori di restauro e consolidamento della chiesa che prevedero opere di rifacimento della struttura portante lignea di copertura di aula e abside, riconfigurazione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche, risarcitura di lesioni, sostituzione di intonaci interni ed esterni e ripavimentazione della chiesa con lastre quadrate in marmo bianco di Carrara e grigio bardiglio⁶². Nel 1994, venne eseguito un ulteriore intervento di restauro che comprese la sostituzione della malta sfiorita dalle murature a vista affette da umidità ascendente⁶³, la revisione del manto di copertura della navata e del campanile, il rifacimento dell'intonaco esterno del prospetto principale, la rimozione della nicchione absidale realizzato nel 1950, la pulitura degli elementi lapidei, il restauro degli affreschi, la tinteggiatura interna e la sostituzione degli infissi. Nel 2017, delle grondaie in rame sono state aggiunte alla copertura della navata per scongiurare ulteriori infiltrazioni di acque meteoriche all'interno dell'aula.

62. Dal computo metrico si evince che la pavimentazione preesistente fosse in formelle di cemento pressato.

63. La stilatura dei giunti venne eseguita con malta di calce (probabilmente idraulica), «inerti lavici e cocchiopesto con additivo impermeabilizzante».

5.2 La lettura diretta della fabbrica: ipotesi su origini e preesistenze

Come già accennato, S. Castorina (2002), in merito a reperti archeologici ceramici ritrovati nelle vicinanze del Castello, cita una preesistente «*chiesa cinquecentesca crollata a causa degli eventi sismici del 1547 e il cui rudere era conosciuto come "la crisiazza"*»⁶⁴. La notizia non è suffragata da fonti certe, né risulta documentato alcun evento sismico o vulcanico nel 1547 nell'Archivio Storico Macrosismico Italiano a cura dell'INGV (Guidoboni et al., 2018)⁶⁵. E. Blanco (1999) ipotizza un'ulteriore congettura, dallo stesso definita troppo debole, secondo la quale la chiesa di San Giuseppe sarebbe stata costruita da Andrea Cavalli per completare l'opera, iniziata da un sacerdote suo antenato all'inizio del Settecento, di un luogo di culto dedicata dei Sette dolori⁶⁶.

Entrambe le ipotesi si basano sulla somiglianza stilistica del campanile con le architetture cinquecentesche. La mancanza di fonti attendibili che possano documentare l'esatta datazione della fondazione della chiesa porta così ad una fisiologica ricerca e lettura dei segni che la fabbrica, intesa come documento di pietra, può ancora rilevare sul proprio passato.

Il basamento a scarpa della torre campanaria ha delle evidenti analogie con il basamento delle torri di avvistamento che erano disseminate lungo tutta la costa siciliana e che vennero descritte nel censimento e nei progetti di nuova edificazione redatti alla fine XVI secolo dagli ingegneri militari spagnoli T. Spannocchi e C. Camilliani (Mazzamuto, 1986). La posizione arretrata rispetto all'alta rupe vulcanica del Castello e le proporzioni esigue del campanile possono fare escludere una originaria funzione di torre di avvistamento. La base strombata è un elemento che ricorre in numerosi campanili etnei, soprattutto di impianto preterremoto 1693 e solo in pochi casi, come quello della torre della Basilica di San Filippo di Agira ad Aci Catena, tali torri avevano avuto funzioni militari di controllo del territorio.

64. Anche la relazione tecnica della Soprintendenza ai BBCC della Provincia di Catania, allegata ai lavori di restauro del 1994, parla di una preesistenza cinquecentesca ma non riporta alcuna fonte bibliografica a riguardo.

65. Più probabilmente si potrebbe trattare del violento sisma che nel 1542 colpì il siracusano e la Sicilia sud-orientale (Guidoboni et al., 2018).

66. La congettura troverebbe una flebile corrispondenza nel titolo dato ad uno degli altari della nuova fabbrica (Blanco, 1999).

5.3 La lettura diretta della fabbrica: la cuspide demolita

Il luogo di culto e il suo campanile, proprio grazie alla vicinanza col Castello Normanno è stato ritratto in diverse incisioni e acquerelli firmati da molti dei viaggiatori del Settecento. Tra queste opere, le più dettagliate che ritraggono la configurazione originaria della torre campanaria completa di cuspide sono i guazzi e le incisioni dell'artista viaggiatore Jean-Pierre Houël realizzate alla fine del XVIII secolo e conservate al Louvre di Parigi (Pinault, 1991) e all'Ermitage di San Pietroburgo.

A conferma della fedeltà della rappresentazione alcune fotografie di fine Ottocento ritraggono la torre campanaria coronata da un alto tamburo su cui si impostava la cuspide conica maiolicata. Ai quattro angoli del coronamento della cella campanaria erano presenti quattro pinnacoli svettanti.

Le proporzioni della torre rispetto alla fabbrica della chiesa erano dunque ben diverse da quelle attuali.

Fig. 26. La cella campanaria.

Fig. 27. Guazzo e incisione di Jean-Pierre Houël (Le promontoire et une partie de la ville de Castel d'Iaci, in Pinault 1990)



5.4 Descrizione geometrico-spaziale

La torre campanaria della chiesa di San Giuseppe ad Aci Castello appartiene alla categoria dei campanili addossati al tempio di pertinenza, avendo in comune con essa solo una superficie di contatto (Doglioni et al., 1994).

La fabbrica ha un impianto planimetrico ad aula unica rettangolare con asse orientato da ovest ad est e abside poligonale alle spalle della limitrofa strada litoranea panoramica. Il fronte principale si affaccia ad ovest sulla via Savoia e presenta una semplice facciata a capanna, delimitata da due lesene con capitello tuscanico e caratterizzata da un portale architravato in pietra calcarea; il fronte settentrionale, non intonacato, prospetta sull'ampia Piazza Castello, ha un piccolo portale arcuato in pietra lavica e denuncia i volumi estroflessi del campanile, della nicchia dell'altare laterale di San Giuseppe e del contrafforte (in corrispondenza dell'arco trionfale interno del presbiterio).

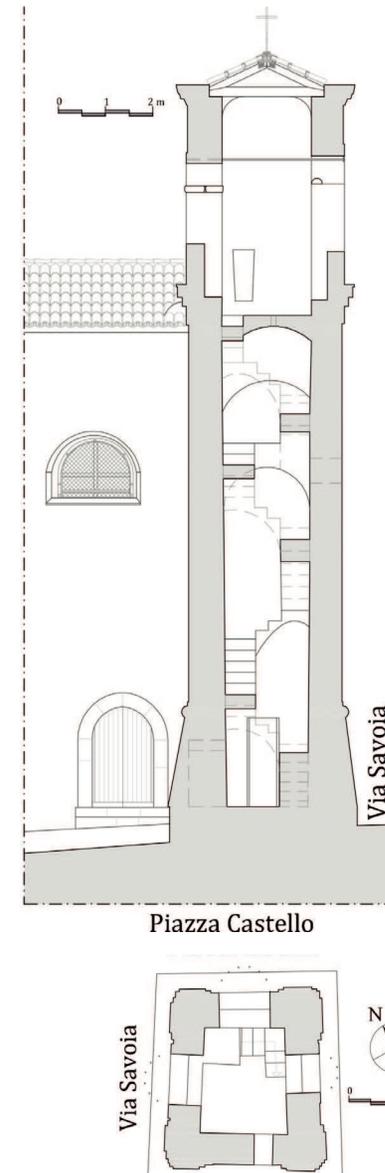
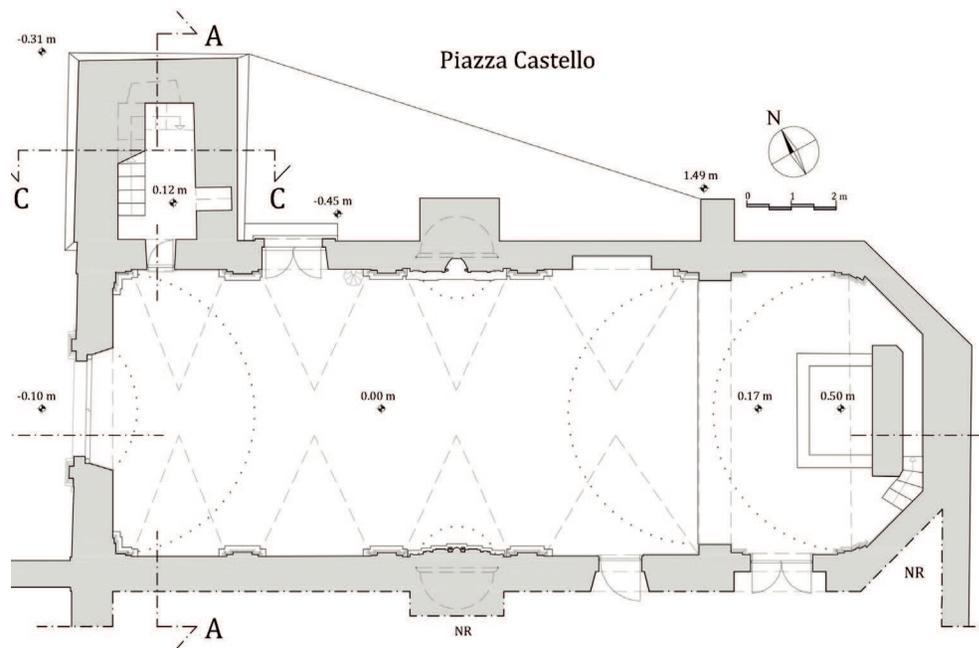


Fig. 28. La chiesa di San Giuseppe. Planimetria del piano terra, planimetria della cella campanaria e sezione CC. Rilievo architettonico.

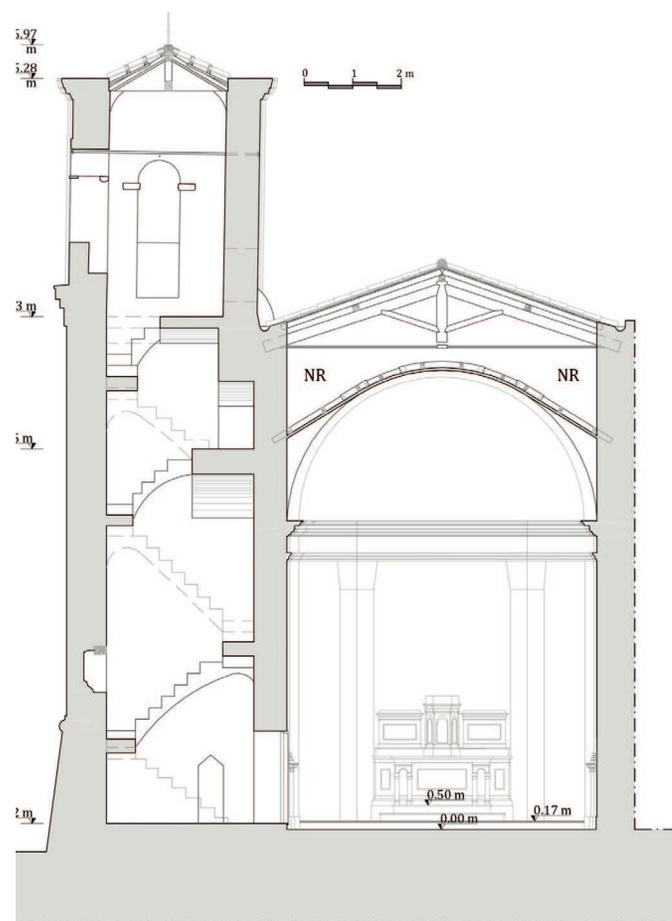
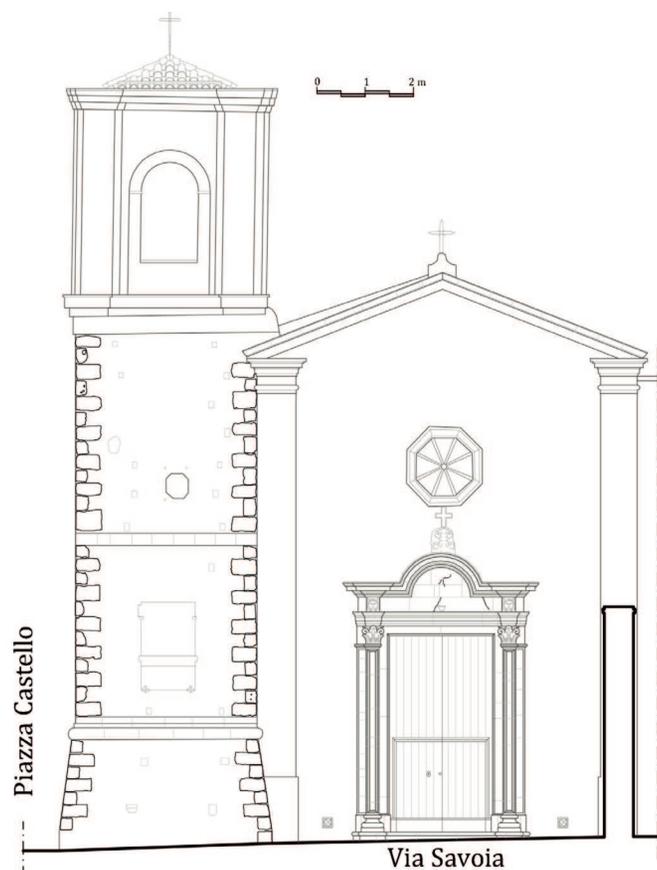


Fig. 29. La chiesa di San Giuseppe. Prospetto ovest su Via Savoia. Rilievo architettonico.

Fig. 30. La chiesa di San Giuseppe. Sezione trasversale. Rilievo architettonico.

La torre campanaria è posta nell'angolo nord-occidentale della chiesa, in linea con il prospetto principale e addossata al paramento settentrionale della navata. Con un'elevazione pari a poco meno di 16.00 metri, nella sua configurazione attuale il campanile si può classificare come addossato di "tipo A", sporgendo solo 5.55 metri dal profilo della chiesa.

La volumetria della torre, a pianta rettangolare, presenta un basamento a scarpa alto circa 2.60 metri, le cui dimensioni esterne alla base sono 4.40 m per 4.00 m e si rastremano fino all'altezza del primo marcapiano modanato.

Il fusto ha un'elevazione di circa 10.50 metri e dimensioni planimetriche esterne pari a 3.75 metri per 3.26 metri che si mantengono costanti fino all'ultimo marcapiano tripartito, alto 80 centimetri, sul quale si imposta la cella campanaria. Quest'ultima è alta 4.20 m, ha un profilo planimetrico esterno rettangolare di dimensioni pressoché simili a quelle del fusto ed è conclusa da un coronamento, anch'esso a semplice geometria squadrata e tripartita sul quale è impostata la copertura a falde a padiglione, stilisticamente sorretto da lesene poco aggettanti.

Le superfici dei fronti sono tutte intonacate, ma basamento e fusto sono delimitati da cantonali lapidei. Un marcapiano modanato con toro e listelli separa il basamento a scarpa dal volume del fusto che è ulteriormente suddiviso in due parti da un marcapiano retto alla quota di circa 6.16 metri.

Il campanile è accessibile esclusivamente dall'ingresso posto sul paramento settentrionale dell'aula. Al piano terra, l'angusto spazio interno rettangolare ha dimensioni pari a 3.00 metri per 1.70 metri, con una rastremazione verso l'alto quasi impercettibile, ed è sormontato da una volta a botte ad arco ribassato il cui intradosso si trova a quota 10.00 metri. La canna della torre è occupata da una scala a pozzo su volte rampanti, costituita da dieci rampe larghe circa 64 centimetri, con pedate ampie tra 23 e 46 centimetri e alzate variabili tra 17 e 25 centimetri; le sei rampe più lunghe hanno mediamente sei gradini, mentre quelle intermedie tra i pianerottoli sono costituite da soli tre gradini. I pianerottoli intermedi sono piccoli e quadrangolari, aventi lati pari alla luce delle rampe, ad esclusione del settimo pianerottolo, pari a 1.27 metri per 1.80 metri alla quota di 7.63 metri, che è costituito dall'estradosso di un grande archivolt occupante l'intero paramento sud e quasi metà della luce della canna della torre.

L'estradosso della volta a botte ribassata funge da piano di calpestio della cella campanaria, che, al contrario della canna del fusto, presenta un impianto planimetrico interno di tipo più quadrangolare con lati di 2.40 metri e 1.82 metri.

Escludendo una piccolissima finestra rettangolare sul fronte occidentale del fusto a quota 6.80 metri, le uniche aperture esistenti nella torre sono rappresentate dagli archivolti a tutto sesto in posizione centrale nei fronti nord,



Fig. 31. Il basamento a scarpa con cantonali.



Fig. 32. Vista interna del piano terra della torre.



Fig. 33. Arco alla cappuccina in apertura murata dalla giustapposizione della scarpa al fusto.

est ed ovest della cella campanaria; l'archivolto più grande è quello del fronte ovest con luce di 1.18 metri e altezza in chiave di 2.05 metri, l'archivolto più piccolo ha una luce di 90 centimetri e altezza in chiave di 1.70 metri. Sul fronte sud della cella è stata praticata una piccola apertura rettangolare che si affaccia sulla falda del tetto a capanna della navata della chiesa.

Il paramento orientale interno della canna presenta al piano terra una nicchia conclusa superiormente da un "arco alla cappuccina" (De Meo, 2006) e larga 52 centimetri e con altezza massima in chiave pari a 1.40 metri. Un'altra nicchia sguinciata, di forma rettangolare di 1.20 metri per 0.80 metri, si trova sul paramento interno nord, in corrispondenza della terza rampa di scale alla quota di 2.66 metri dal piano di calpestio.



Fig. 34. La scala a pozzo su volte rampanti. Vista iposcopica.



Fig. 35. Archivolto su cui poggia il paramento sud della cella campanaria.



Fig. 36. Piedritti della cella campanaria.

5.5 Analisi tecnico-costruttiva

Il riconoscimento di materiali e tecniche costruttive impiegati nella fabbrica della torre campanaria di San Giuseppe è stato possibile anche grazie all'ausilio delle foto dei cantieri di restauro svolti nel 1979 e nel 1994.

Per quanto riguarda le strutture portanti verticali, dall'osservazione dei paramenti interni, sotto un sottile strato di rinzaffo, è facilmente riconoscibile un solido murario con scheletro lapideo in pietrame lavico informe, di pezzatura molto variabile, rinzeppato con elementi basaltici minuti, rincocciato con frammenti di laterizio sui paramenti e tenuto insieme da malta di calce e *azolo*, un inerte di natura vulcanica molto utilizzato nell'areale. Alcune porzioni non intonacate mostrano la presenza di ciottoli basaltici arrotondati facilmente recuperabili lungo le coste della zona, confermando così la provenienza autoctona dei materiali impiegati in fase di cantiere.

Ad intervalli variabili di 0.80 metri e 1.20 metri si riscontra la presenza di ripiani di regolarizzazione in frammenti di laterizio o mattoni pressati e malta di *ghiara*⁶⁷ In prossimità dei nodi d'angolo, si intravedono pezzature leggermente più grandi ma non è stato possibile accertare l'efficacia delle ammorsature d'angolo.

Il basamento a scarpa ha uno spessore massimo di 1.20 metri, mentre le sezioni murarie in elevazione nei quattro paramenti della torre variano tra 0.70 metri e 0.80 metri.

Nella zona di contatto tra la chiesa e la torre addossata, il setto murario meridionale del fusto è in comune con quello della navata fino alla quota di imposta della copertura a falde dell'aula. Il setto murario meridionale della cella campanaria non è stato realizzato sul solido murario sottostante ma è impostato, in falso, su un archivoltto addossato al suddetto paramento meridionale della torre.

I piedritti della cella campanaria sono caratterizzati da una muratura più eterogenea, nella quale lo scheletro lapideo basaltico è costituito da pietrame informe misto ad elementi rozzamente sbozzati e a mattoni pressati e rincocciato con frammenti minuti di calcarenite. Il piedritto dell'angolo nord-occidentale



Fig. 37. dettaglio della ghiara di pignaletti in basalto bolloso dell'archivoltto che sostiene parte della cella campanaria.

67. La *ghiara* è un prodotto naturale di colore rosso, untuoso al tatto, generato dallo scorrimento delle lave ad elevatissima temperatura su un terreno vegetale (Barbera, 1998; Randazzo, 1988).



Fig. 38. Rincocciatura in frammenti di laterizio nei paramenti interni del fusto.

68. Il basalto bolloso, localmente chiamato in modo improprio “pomice” sin dal XVIII secolo, è una pietra lavica, resa molto porosa dalla presenza di gas in fase di raffreddamento, che presenta un peso specifico notevolmente più basso rispetto al basalto lavico vero e proprio (mediamente Kg/mc 1400 contro Kg/mc 1900) (Barbera, 1998).

presenta una base costituita interamente da mattoni pressati e spessi ricorsi in malta di calce e ghiara, probabile frutto del rifacimento inseguito al fulmine che colpì la fabbrica nel 1780. La fascia muraria al di sopra dei piedritti e degli archivolti ha una muratura molto simile a quella del fusto ma con una percentuale di rincocciature in frammenti di tegole, maioliche e pietra da taglio maggiore.

Come già accennato, il paramento meridionale della cella campanaria è sostenuto da un archivolto ad arco ribassato con una profondità di circa 70 centimetri; l'archivolto è realizzato a concrezione, con elementi lapidei in basalto bolloso⁶⁸, detti pignaletti, delle dimensioni di circa 25x17x5 cm sistemati a costituire una ghiera e legati da malta di calce e azolo.

Pur essendo intonacato, si può ipotizzare che l'archivolto che costituisce il pianerottolo intermedio più grande del sistema di scale su volte rampanti segua la stessa tecnica costruttiva, ma da alcune lacune è possibile scorgere anche frammenti di laterizio posti a contrasto.

Gli archivolti della cella campanaria sono costruiti a concrezione, con frantumi lapidei vulcanici e frammenti di laterizio legati da abbondante malta di calce e azolo.

La nicchia presente al piano terra sul paramento orientale del fusto è caratterizzata da un “arco alla cappuccina”, ovvero formato dalla disposizione a doppio spiovente di due blocchi basaltici inclinati (De Meo, 2006). La nicchia rettangolare presente a quota sul paramento interno nord è conclusa superiormente da un architrave ligneo costituito da due travi in legno di castagno di luce pari a quella dell'intero paramento (1.70 metri) e sezione rettangolare pari a 13x17 cm.

L'unico orizzontamento esistente nella torre campanaria di San Giuseppe è costituito dalla volta a botte di definizione superiore del fusto. Questa è costituita da un guscio concrezionale ad arco ribassato, spesso in chiave circa venti centimetri, con uno scheletro in pignaletti di basalto bolloso e un getto molto fluido di malta di calce e azolo.

La struttura portante della copertura della cella campanaria è molto semplice ed è caratterizzata da una capriata lignea senza monaco e quattro falsi puntoni

posti in diagonale sul quadrilatero di base. Sopra questi elementi trovano posto alcuni correntini e il manto in coppi e canali alla siciliana.

Il sistema di scale su volte rampanti della torre è formato da una struttura costituita da gusci concrezionali in pietra pomice e malta di gesso con una sezione variabile tra i 10 ed i 15 centimetri. Su queste volte rampanti poggiano i gradini delle rampe, realizzati in muratura di mattoni pressati e malta di calce e azolo, con giunti e comenti che possono anche raggiungere lo spessore di 3 o 4 centimetri. Le pedate sono rivestite da lastre quadrangolari in calcarenite tenera di lato pari a 25 centimetri. La ringhiera lignea della scala è costituita da semplici montanti infissi nella muratura dei gradini, anche grazie all'ausilio di cravatte in ferro, e da correntini inchiodati ai montanti che fungono da corrimano.

I paramenti murari esterni della torre campanaria sono rivestiti interamente da una superficie intonacata che sembra avere uno strato di rinzafo e sestato a base cementizia ed una tonachina di finitura in malta di calce, inerti lavici e cocchiopesto.

L'apparecchiatura lapidea di facciata del campanile di San Giuseppe è molto semplice e consta solo di pochi elementi. Il marcapiano che conclude il basamento a scarpa è caratterizzato da conci modanati (toro e due listelli) in pietra lavica dalla lunghezza variabile tra i 60 e gli 80 centimetri. Il marcapiano intermedio che divide in due campi i fronti del fusto è costituito da semplici conci squadrati in pietra lavica, alti 25 centimetri, spessi circa 30 centimetri e con lunghezza media di 40 centimetri. Il coronamento del fusto, alla base della cella campanaria, e quello apicale sono invece realizzati in malta cementizia, probabilmente con uno scheletro di sostegno in mattoni pressati.

Il basamento a scarpa ed il fusto sono connotati da cantonali in conci squadrati di pietra lavica, alti 25 centimetri, spessi circa 30 centimetri e con lunghezza media di 40 centimetri. Le lesene della cella campanaria sono realizzate in malta, come il coronamento apicale. Le mostre degli archivolti della cella campanaria sono in malta, prive di modanature.

Internamente, i paramenti del fusto della torre presentano uno strato di arriccio a base di malta di calce e azolo, privo di strato di finitura. L'intradosso delle



Fig. 39. Pennacchi "sferici" e il sistema di copertura della cella campanaria attuale. Vista iposcopica.

volte rampanti è caratterizzato da uno strato di arriccio e sestato in malta di calce e azolo e finitura a base di malta di calce e ghiara che dà alla superficie un caratteristico colore rossastro. L'interno della cella campanaria non risulta inonacato, escludendo lo strato di arriccio a base di malta di calce e azolo posto al centro del paramento meridionale in corrispondenza dell'archivolto murato. Il pavimento del piano terra della torre è costituito da formelle di cemento pressato, mentre il piano di calpestio della cella campanaria è costituito da un massetto in calcestruzzo.

La cella campanaria presenta una cerchiatura premoderna realizzata con fasce metalliche, parzialmente nascoste dall'intonaco, che cingono esternamente i quattro fronti subito sopra la chiave degli archivolti. Le fasce dei fronti est e ovest e dei fronti sud e nord sono anche collegate con due catene di diametro pari a 3 e 4 millimetri.

5.6 Criticità riscontrate

La fotomodellazione digitale e il rilievo diretto degli interni della torre hanno messo in luce alcune anomalie relative alla configurazione in falso del fronte sud della cella campanaria, che, come detto, è retto da un archivolto interno alla fabbrica e non poggia dunque sulla muratura del paramento sud della chiesa. A causa dell'eccessivo carico, probabilmente un tempo aggravato dalla pesante struttura soprastante demolita nel 1908, la cella campanaria presenta una condizione di leggero fuori piombo rispetto al fusto.

Note le fotografie d'epoca già citate, è possibile ricostruire, graficamente ed in modo qualitativo, la probabile volumetria originaria della cella campanaria prima della demolizione della cuspide. A partire dalle poche fotografie d'epoca, purtroppo molto sfocate, grazie all'ausilio del metodo fotogrammetrico omografico⁶⁹ descritto al Capitolo 3, sono state sovrapposte al rilievo dello stato di fatto le sagole del sistema originario di muro d'attico, pinnacoli, tamburo e cuspide maiolicata.

In tal modo si è potuto constatare che, a fronte degli attuali 16 metri di altezza della fabbrica, fino al 1908 la torre era alta circa 23 metri e che tamburo e cuspide

69. Applicando Homograf alle due fotografie d'epoca, si sono ottenuti risultati molto simili a prova dell'attendibilità dei fotogrammi.

superiore dovevano svettare per quasi 8 metri, con conseguente incremento di carico sul paramento sud della cella campanaria (un tempo con una monofora oggi tamponata) e sull'archivolto sottostante di sostegno della cella. È così probabile che la demolizione della cuspid, oltre che da attribuirsi al proprio precario stato di conservazione, sia da imputare anche all'eccessivo peso che gravava sull'archivolto del piano inferiore.

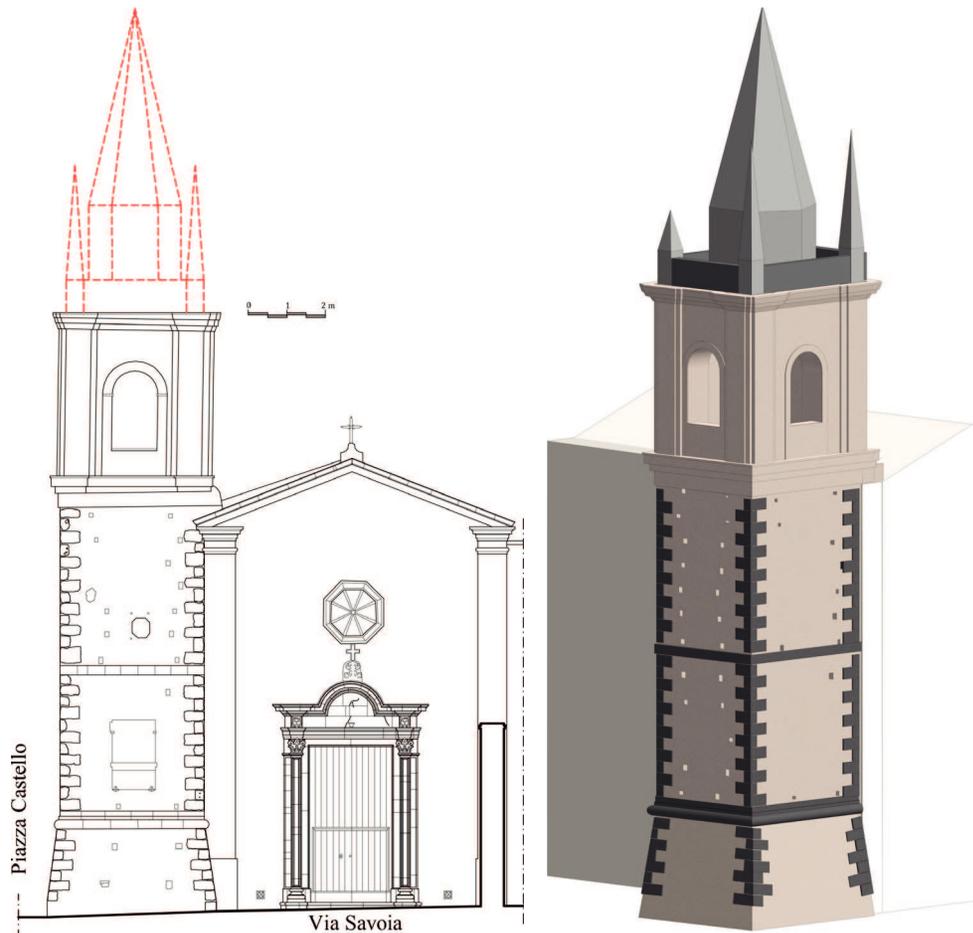


Fig. 40. Schematizzazione grafica e modello 3D su ambiente H-BIM della cuspid nella configurazione originaria.



Fig. 41. Foto di fine '800 (fonte: gruppi pro-loco Facebook),

5.7 Analisi strutturale agli elementi finiti per l'individuazione del comportamento globale

Come visto in precedenza⁷⁰, in letteratura lo studio di modelli strutturali di tipo globale di torri campanarie è condotto di frequente prendendo in considerazione l'edificio come se fosse isolato. Messi a disposizione i rilievi geometrici e tecnico-costruttivi della chiesa di San Giuseppe condotti nell'ambito di questa ricerca, una tesi di laurea magistrale in Ingegneria civile strutturale e geotecnica ha intrapreso lo studio del comportamento strutturale globale del complesso ecclesiastico con una modellazione agli elementi finiti, sfruttando il software *Midas Fea* (Anzalone, 2018). La tesi ha voluto quindi indagare il comportamento della torre campanaria attraverso il confronto tra le analisi modali del campanile considerato, in prima battuta, come se fosse isolato e, in seconda battuta, addossato alla chiesa.

5.7.1 La modellazione strutturale

Il comportamento non lineare della struttura è stato preso in considerazione attraverso la scelta di un legame costitutivo fondato sulla meccanica della frattura non lineare continua, con un modello di tipo *Fixed crack* che è implementato nel codice di calcolo MidasFEA e al quale è associato un approccio che considera la deformazione totale del materiale e utilizza una legge tensione-deformazione sia per il comportamento a trazione (includendo la fessurazione) che a compressione (*Total Strain Model*).

A causa dell'assenza di prove sperimentali capaci di fornire un'esatta caratterizzazione meccanica delle strutture portanti della chiesa e della torre campanaria, secondo normativa⁷¹ è possibile effettuare i calcoli strutturali utilizzando i valori tabellati delle proprietà meccaniche delle più ricorrenti tipologie di murature diffuse nel territorio italiano. Poiché l'attendibilità delle analisi strutturali è strettamente relazionata alla definizione più realistica dei parametri meccanici delle strutture murarie, come definito anche dalla normativa tecnica, è necessario fare riferimento ad uno dei livelli di conoscenza

70. Cfr. § 2.4.

71. Cfr. Circolare 02/02/ 2009 n. 617 *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*, Appendice C.8.

limitata, adeguata o accurata (LC1, LC2 o LC3), selezionati in base alle informazioni raccolte in fase di indagine storico-archivistica, di sopralluogo in situ, di rilievo e di eventuali prove sperimentali sui materiali costituenti la fabbrica tradizionale. Essendo in possesso delle sole conoscenze raccolte tramite il rilievo diretto, si è scelto di utilizzare un livello di conoscenza LC1. A tale livello di conoscenza limitata, come coefficiente parziale di sicurezza per considerare le carenze nella conoscenza dei parametri, è stato affiancato inoltre un fattore di confidenza $FC=1,35$.

Tab.1 Caratteristiche meccaniche della muratura della Chiesa di San Giuseppe

MODULO DI YOUNG [N/mm ²]	COEFFICIENTE DI POISSON	DENSITÀ [kN/m ³]	LIVELLI DI CONOSCENZA	FATTORE DI CONFIDENZA (FC)
2800	0.3	22	LC1	1.35

L'analisi dei carichi è stata eseguita singolarmente per i tre macroelementi della chiesa, quali abside, navata e torre campanaria, sulla base del rilievo tecnico-costruttivo condotto dalla presente ricerca. I carichi determinati per ciascun elemento costruttivo, espressi in kN/m³, sono stati ripartiti sulla sola porzione di muratura a cui compete l'assorbimento del carico proveniente dalla copertura (poiché nell'analisi agli elementi finiti i carichi sono stati applicati come *pressure*), mentre il carico assorbito dalle capriate lignee e dalla trave di colmo, modellate in MidasFEA come linee e non come solidi, è stato calcolato per unità di lunghezza.

La modellazione strutturale sul software MidasFEA ha visto in prima battuta l'importazione di un modello solido 3D della chiesa e del campanile realizzato in ambiente CAD. I pannelli murari sono stati importati come *elementi solidi*, mentre le strutture portanti lignee della copertura (capriate e trave di colmo) sono costituite da *linee*. Al modello sono stati applicati i vincoli di tipo incastro alla base degli elementi verticali ed il peso proprio (con valore in direzione Z

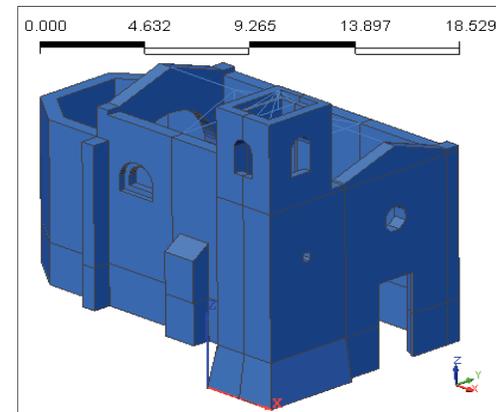


Fig. 42. Modello solido in MidasFEA.

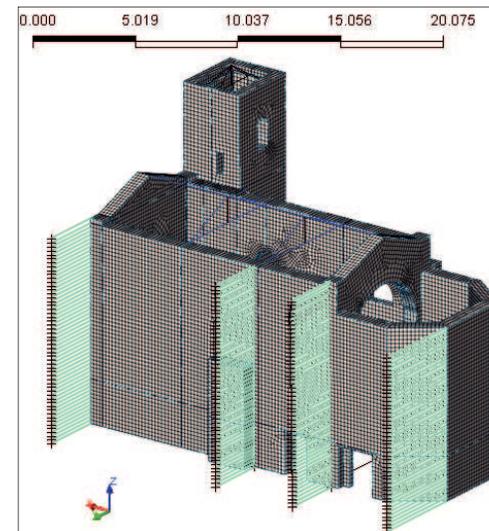


Fig. 43. Localizzazione nel modello delle molle d'interfaccia.

del *gravitational force factor* pari a -1), per poi processare i pannelli murari discretizzandoli attraverso una griglia di *mesh* esaedriche (*HEXD*) di dimensioni $0.2 \times 0.2 \text{ m}^2$ (per una migliore distribuzione dei carichi in fase di analisi), mentre gli elementi lineari sono stati discretizzati in elementi *beam*.

ANALISI GEOMETRICA TORRE								
Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza torre [m]	Spessore muri [m]	Inclinazione tetto [°]	Interasse Correntini [m]	Interasse travicelli [m]	Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]
2.4	1.7	15.28	0.70	22	0.50	0.50	1.68	1.02
<i>Analisi geometrica torre Chiesa San Giuseppe</i>								
CARICO PERMANENTE STRUTTURALE (MEZZA FALDA)								
Stratigrafia	Altezza [m]	Spessore [m]	Lunghezza [m]	Area [m ²]	Volume [m ³]	Materiale	Peso unitario [kN/m ³]	Peso [kN]
Monaco	0.15	0.15	1.4	0.02	0.032	Legno	10	0.32
Catena	0.10	0.15	1.2	0.02	0.018	Legno	10	0.18
Puntoni	0.15	0.15	1.7	0.02	0.038	Legno	10	0.38
<i>Carico permanente strutturale calcolato su mezza falda (Capriata)</i>								
CARICO PERMANENTE STRUTTURALE A m ² DI FALDA								
Stratigrafia	Altezza [m]	Spessore [m]	Area [m ²]	Peso unitario [kN/m ³]	Peso per m ² [kN/m ²]			
Travicelli	0.08	0.08	0.006	10	0.128			
Correntini	0.03	0.06	0.002	10	0.036			
				W	0.164 kN/m ²			
				W/Cos α	0.177 kN/m ²			
				q _{m1}	0.164 kN/m ²			
				q _{m2}	0.141 kN/m ²			
<i>Carico permanente strutturale a m² di falda (Finitura tetto)</i>								

Al modello così discretizzato sono stati applicati i carichi agenti sotto forma: di pressione normale (*pressure*) distribuita sulla superficie dell'elemento in direzione verticale ed orizzontale; di forza puntuale sul nodo (*force*) per il carico delle capriate e della trave di colmo in direzione z; di forza su unità di linea (*element beam load*) per il carico applicato agli elementi *beam*. Infine, sono state generate le masse sismiche e le relative combinazioni sismiche.

La modellazione strutturale del complesso ecclesiastico di San Giuseppe

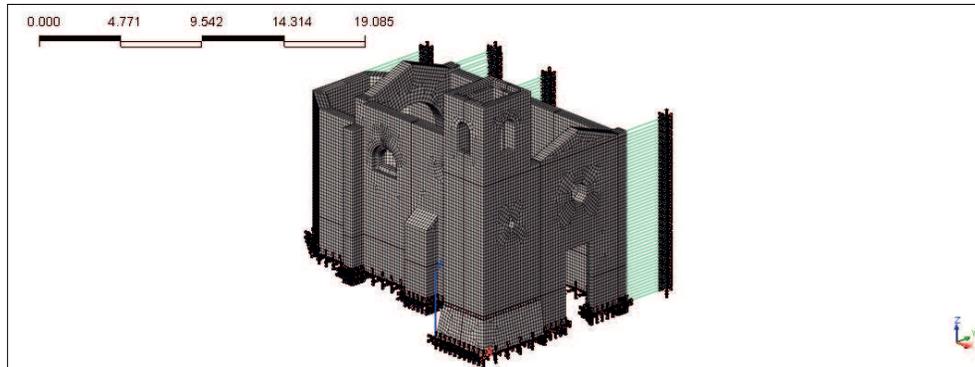


Fig. 44. Discretizzazione della struttura della chiesa San Giuseppe. Modello completo.

ad Acicastello, nella sua forma più completa, è stata concepita prendendo in considerazione il vincolo rappresentato dal corpo di fabbrica dell'oratorio addossato al fronte sud della chiesa. In mancanza di informazioni dettagliate su questo edificio contiguo, la tesi ne ha simulato la presenza attraverso la modellazione di elementi di interfaccia sul lato meridionale della chiesa. Tale interfaccia è stata pensata come un letto discreto di molle, ad ognuna delle quali è attribuito il ruolo di modellare una fibra di muratura in relazione alla specifica area di influenza ed al comportamento meccanico da simulare. Le proprietà delle molle di interfaccia dipendono dalle caratteristiche della muratura di entrambi i pannelli a contatto e la rigidità K di ogni pannello, tenendo conto del contributo delle azioni di taglio, è stata considerata secondo due differenti ipotesi, ognuna delle quali corrisponde nel modello a due tipologie di link: una prima ipotesi considera che le rotazioni di estremità del pannello siano impedito dagli orizzontamenti del corpo di fabbrica contiguo, mentre una seconda ipotesi considera le strutture orizzontali come se fossero incapaci di limitare le rotazioni flessionali alle estremità delle pareti, configurando così il comportamento di queste ultime come mensole incastrate alla base. Tale seconda ipotesi è uno schema limite che risulta essere molto più gravoso. Dal confronto tra i risultati ottenuti simulando le azioni dei link su due semplici modelli incastrati alla base e sottoposti ad uno spostamento unitario in testa, si nota la maggiore influenza della lunghezza della molla nel modello a link elastici e dunque si è ritenuto di utilizzare tali link per le elaborazioni successive sul modello della chiesa, in

modo da scegliere un modello riferimento quanto più vicino possibile alla realtà sperimentale.

5.7.2 Le analisi di tipo globale

Completata la modellazione del complesso ecclesiastico, sono state eseguite le analisi strutturali di tipo statico lineare, dinamico lineare (*modale*), statico non lineare e dinamico non lineare (*push-over*). Con particolare riferimento alla torre campanaria, sono state condotte le analisi su due modelli differenti; un primo modello considera la torre campanaria isolata, mentre il secondo modello, più completo, considera la torre campanaria addossata alla fabbrica della chiesa. In tal modo si è cercato di evidenziare come l'edificio adiacente alla torre possa contribuire al comportamento strutturale del campanile.

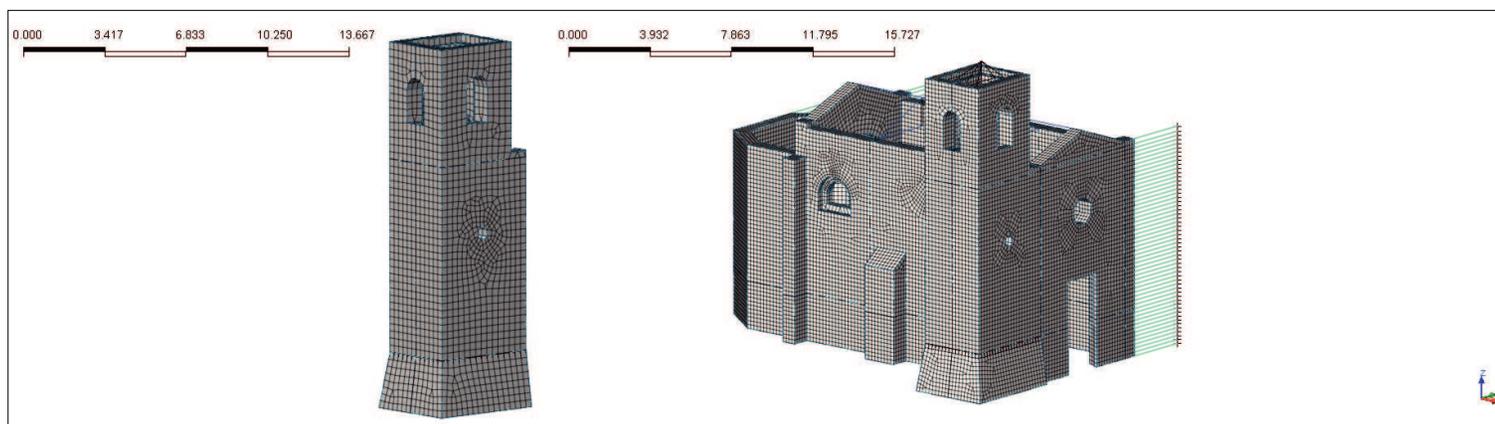


Fig. 45. I modelli Torre isolata e Chiesa+Torre.

Per quanto riguarda l'analisi dinamica lineare, o modale, i risultati ottenuti dimostrano che il modo di vibrare 1 è principale per la *Torre isolata* e coinvolge una massa partecipante pari al 57,61% nella direzione X (direzione parallela all'asse longitudinale della navata); nella direzione Y il modo principale è il 2 con una massa partecipante pari a 56,88%.

Considerando il modello *Chiesa+Torre*, in direzione X il modo di vibrare 2 è il principale con massa partecipante di 10,96% e in direzione Y il modo 3 è il principale con massa partecipante pari al 13,80%.

Per frequenze confrontabili, ($f = 4,054$ cycle/sec per la *Torre isolata* ed $f = 5,343$ cycle/sec per il modello *Chiesa+Torre* e $f = 10,407$ cycle/sec per la *Torre isolata*, ed $f = 10,298$ cycle/sec per il modello *Chiesa+Torre*) per le due strutture in esame, è stato studiato, in accordo con il sistema di riferimento in *MIDAS*, lo spostamento in direzione X e Y.

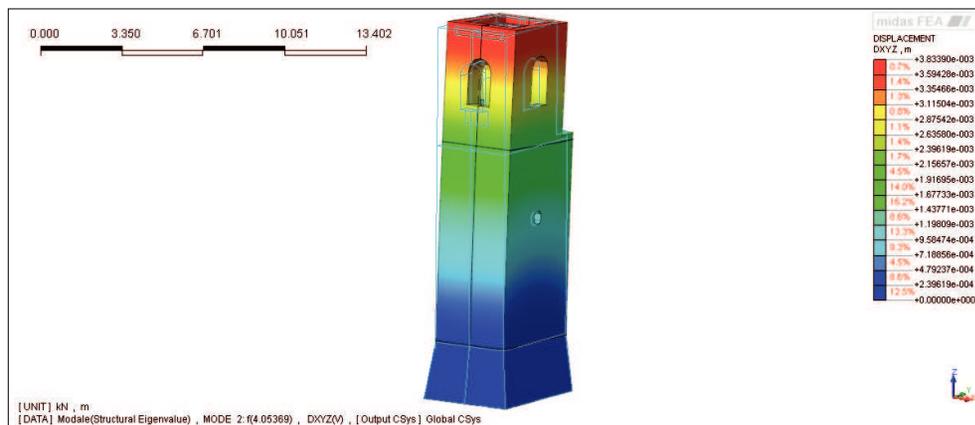


Fig. 46. Analisi modale. Modo 2 ($f = 4.054$ [cycle/sec]) Modello Torre isolata.

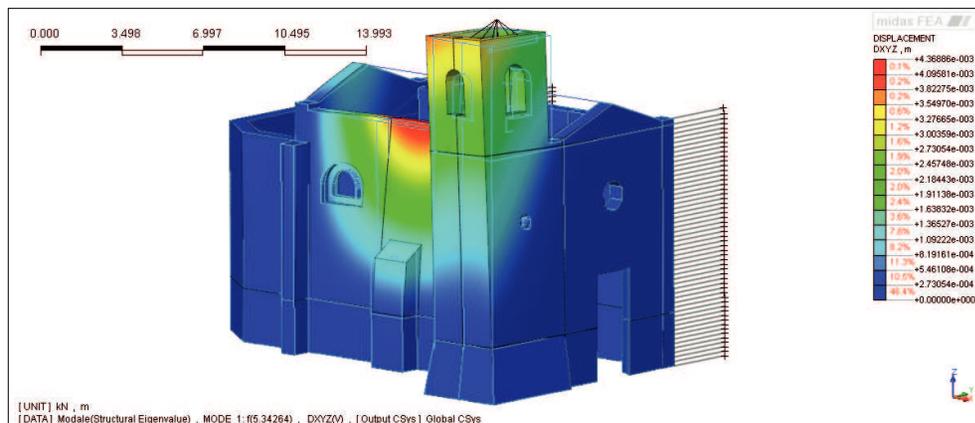


Fig. 47. Analisi Modale. Modo 1 ($f = 5.343$ [cycle/sec]) Modello Chiesa + Torre

Considerando lo stesso punto sui due modelli, in corrispondenza dell'interfaccia tra chiesa e campanile ai piedi della cella campanaria, a parità di frequenza, si nota come la cella campanaria, se la torre fosse isolata, subirebbe una traslazione lungo l'asse Y, mentre nel modello *Chiesa+Torre* lo stesso punto ruoterebbe uniformemente insieme al resto dell'aula. All'aumentare della frequenza, lo stesso punto nei due modelli subirebbe rotazioni differenti.

Fig. 48. Analisi modale. Modo 3 ($f = 10.407$ [cycle/sec]) Modello Torre isolata.

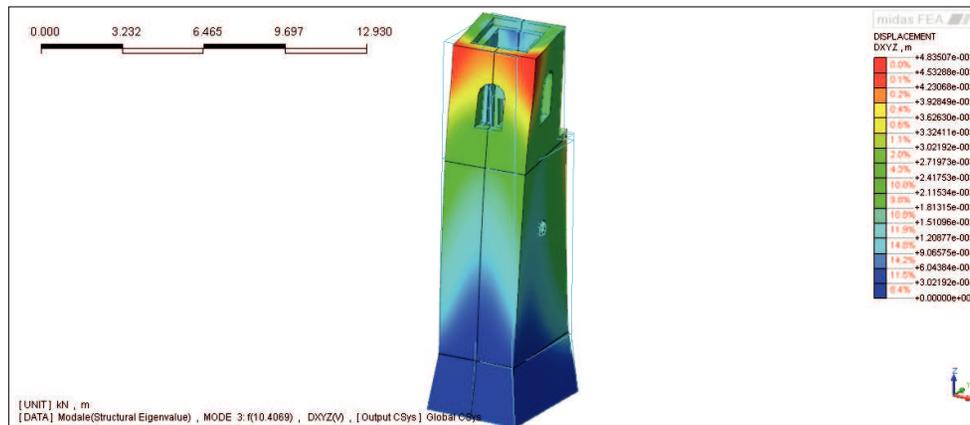
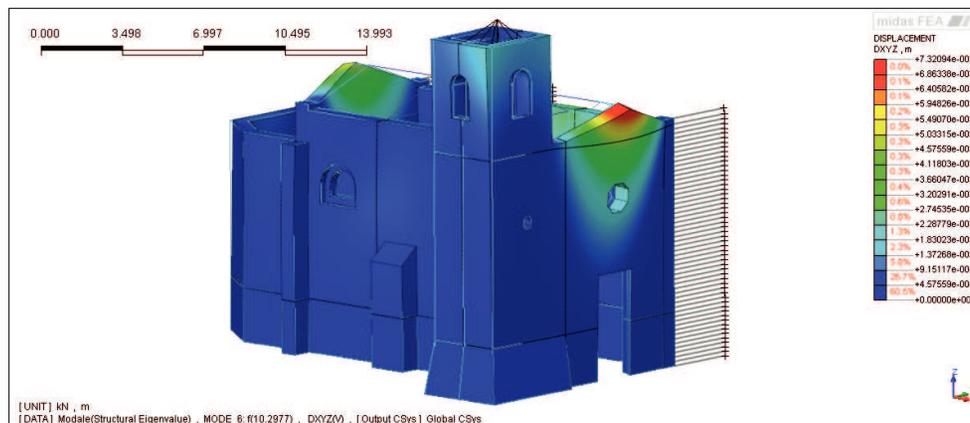


Fig. 49. Analisi modale. Modo 6 ($f = 10.298$ [cycle/sec]) Modello Chiesa + Torre.



Per comprendere quale sia l'accelerazione massima che subirebbe la struttura vibrante in esame, è stata condotta una *analisi modale con spettro di risposta* (RSA), inserendo nel programma di calcolo lo spettro di progetto smorzato⁷² all'8% in riferimento al sito di interesse:

a_g [g]	F_0	T_c [s]	S_s	C_c	S_t	q	$1/q$	T_c [s]	T_b [s]	T_d [s]	ξ	$\eta^{8\%}$
0.25	2.46	0.35	1.15	1.35	1.00	2.80	0.36	0.48	0.16	2.61	8.00	0.88

Parametri sismici Acicastello

I risultati ottenuti dalla RSA, considerando una serie di punti di controllo al piede della cella campanaria e combinando i modi risultanti da un'analisi con spettro di risposta in direzione Y, dimostrano come gli spostamenti della torre isolata sarebbero maggiori (spostamento massimo di 3.61 mm) rispetto a quelli della stessa struttura vincolata alla chiesa (spostamento massimo di 1.67 mm). In ognuno dei due casi lo spostamento maggiore si avrebbe in corrispondenza dell'angolata nord-orientale.

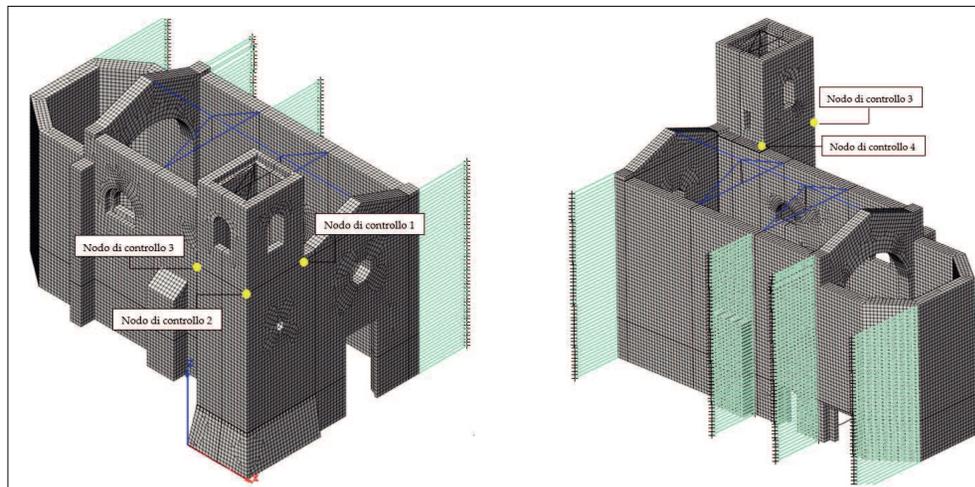


Fig. 52. Punti di controllo chiesa + torre analisi RSA.

72. «Tale operazione si esegue perché è possibile assegnare diversi valori di smorzamento ai vari modi di vibrare e in particolar modo il programma assegna il valore dell'ordinata spettrale corrispondente ad ogni modo di vibrare» (Anzalone, 2018).

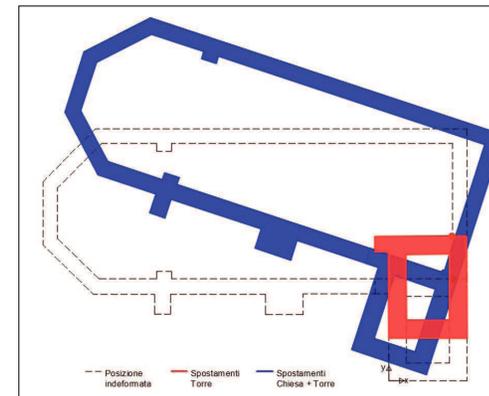


Fig. 50. Rappresentazione spostamenti modello Torre isolata e modello Chiesa+Torre ($f = 4,054$ cycle/sec per la torre isolata ed $f = 5,343$ cycle/sec per il modello chiesa + torre).

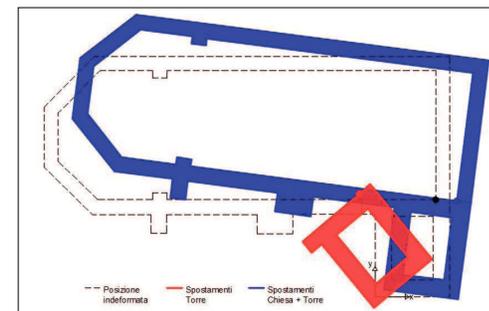


Fig. 51. Rappresentazione spostamenti modello Torre isolata e modello Chiesa+Torre ($f = 10,407$ cycle/sec per la torre isolata, ed $f = 10,298$ cycle/sec per il modello chiesa + torre).

Fig. 53. Spostamenti Dxyz modello torre isolata (RSA).

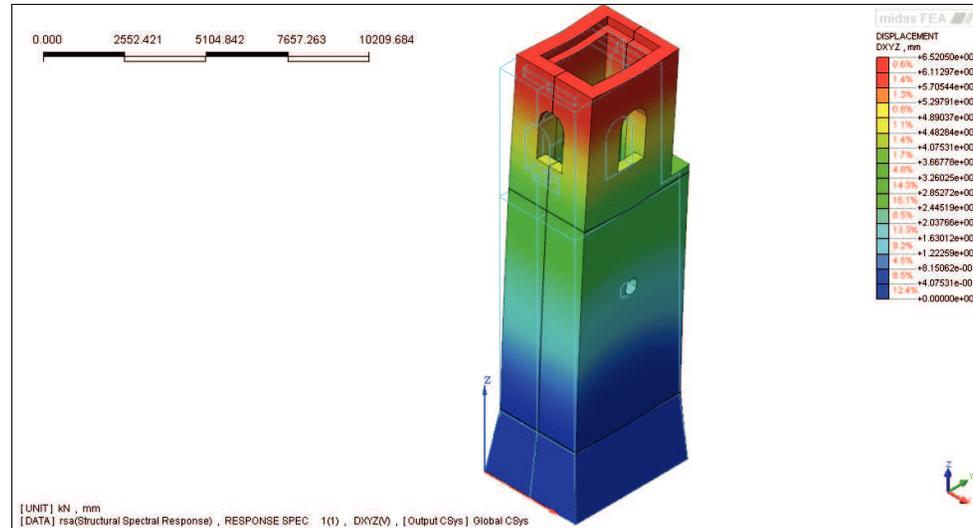
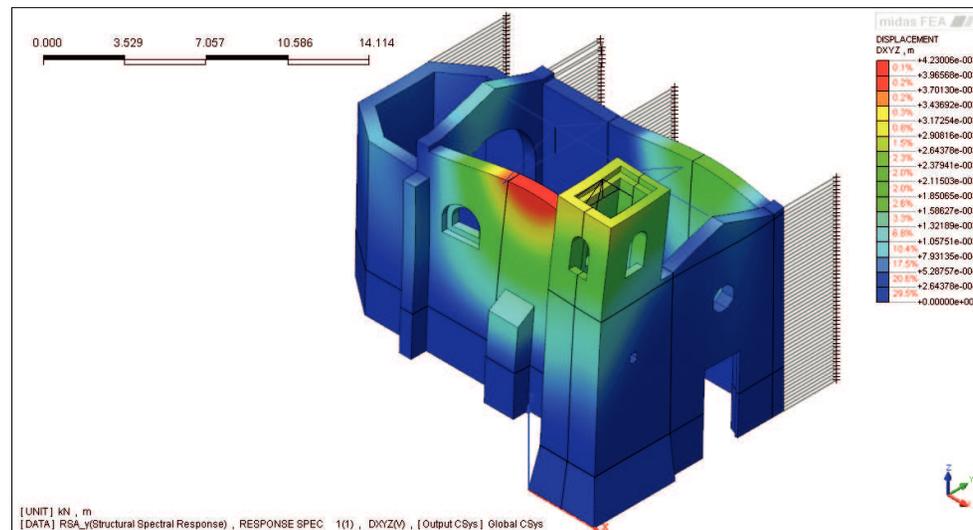


Fig. 54. Spostamenti Dxyz modello chiesa + torre (RSA).



Considerando più punti di controllo sulla struttura della chiesa e sulla torre e rappresentando in pianta gli spostamenti di questi punti, si noterà come la parte sommitale della cella campanaria, come prevedibile, subirà gli spostamenti

maggiori nel caso di modello di *Torre isolata*.

Tab.2 Spostamenti DXYZ dei modelli analizzati

MODELLO SOLO TORRE			
Spostamenti nodali DXYZ [mm]			
Nodo di controllo 1 (nodo:1774)	Nodo di controllo 2 (nodo:1680)	Nodo di controllo 3 (nodo:259)	Nodo di controllo 4 (nodo:7)
3.489620	3.587089	3.611451	3.489073
<i>Spostamenti DXYZ modello "solo torre"</i>			
MODELLO CHIESA+TORRE			
Spostamenti nodali DXYZ [mm]			
Nodo di controllo 1 (nodo:16533)	Nodo di controllo 2 (nodo:16514)	Nodo di controllo 3 (nodo:5735)	Nodo di controllo 4 (nodo:5655)
0.817921	1.434095	1.676034	1.195022
<i>Spostamenti DXYZ modello "Chiesa + torre"</i>			

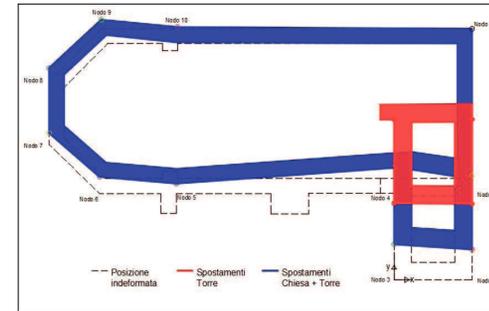


Fig. 55. Spostamenti modello torre isolata e modello chiesa + torre analisi (RSA).

Tab.3 Spostamenti DXYZ modello "Chiesa + torre".

CHIESA + TORRE			
Spostamenti nodali DXYZ [mm]			
Node 1	Node 2	Node 3	Node 4
0.817921	1.434095	1.676034	1.195022
Node 5	Node 6	Node 7	Node 8
0.482082	0.800188	0.560535	0.634498
Node 9	Node 10	Node 11	
0.435137	0.076346	0	

La tesi ha poi condotto una *analisi statica non lineare per carichi sismici*⁷³ per analizzare il progressivo comportamento della struttura, cogliendo il comportamento inelastico e l'evoluzione del danno (cracking) dovuto all'incremento dei carichi orizzontali nella direzione X e Y.

Sono stati rappresentati gli stati di fessura totalmente aperta in fase di carico; gli stati di fessura totalmente aperta in fase di scarico; gli stati di fessura parzialmente aperta in fase di carico; gli stati di fessura parzialmente aperta in fase di scarico; gli stati di fessura chiusa; gli stati di non fessurati.

73. Cfr. NTC08 §7.3.4.1

Fig. 56. Grafico che descrive gli stati fessurativi.

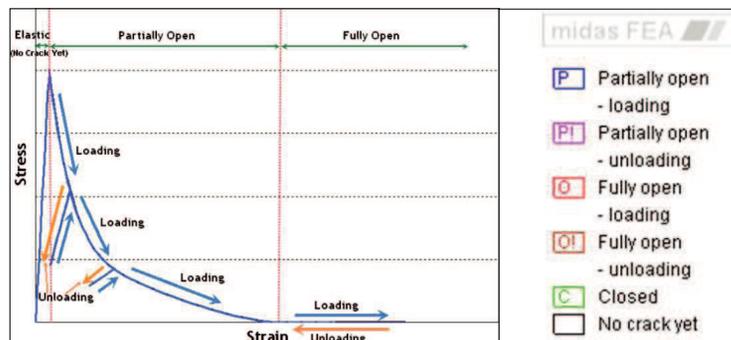
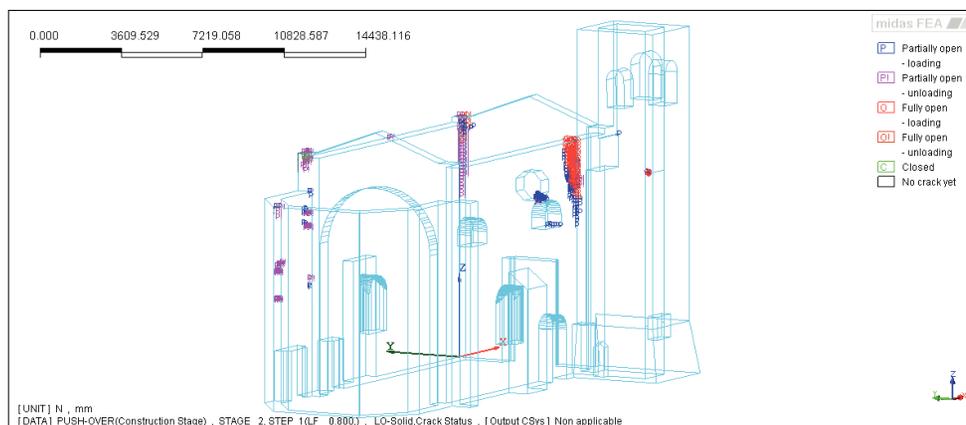


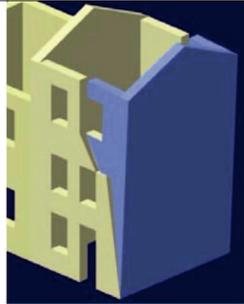
Fig. 57. Vista della totale e parziale apertura delle fessurazioni per sisma in direzione x+0.3 sisma y (LF 0.8).



L'analisi non ha determinato possibili meccanismi di collasso in corrispondenza dei paramenti murari della torre campanaria, ma ha evidenziato lesioni in corrispondenza della connessione tra il muro est della torre (al piede della cella) e il paramento murario settentrionale della chiesa. Queste analisi confermano così non solo la suscettibilità al danno della cella campanaria, ma anche il possibile martellamento delle strutture verticali della torre sulle murature della navata.

Infine, è stata condotta l'analisi cinematica relativa ad alcuni cinematismi dedotti in base all'analisi non lineare, verificando la possibile attivazione del ribaltamento composto di parete con trascinamento di cuneo diagonale e il ribaltamento del cantonale. Tali verifiche risultano soddisfatte.

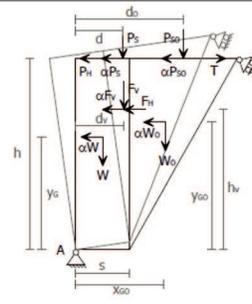
Ribaltamento composto di parete con trascinamento di cuneo diagonale:



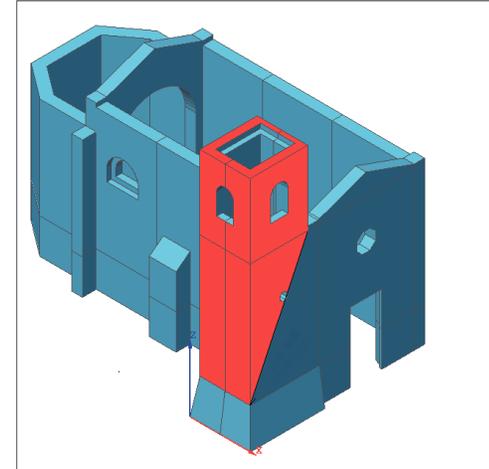
Rappresentazione 3D
ribaltamento composto



Esempio ribaltamento composto



Schema statico ribaltamento composto



Momento stabilizzante:

$$M_{s(A)} = W \frac{s}{2} + F_v d_v + W_o x_{GO} + P_{S1} d + P_{SO} d_o + Th \quad (94)$$

Momento ribaltante:

$$M_{R(A)} = \alpha [W y_G + W_o y_{GO} + F_v h_v + P_S h + P_{SO} h] + F'_H h_v + P_H h \quad (95)$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{W \frac{s}{2} + F_v d_v + W_o x_{GO} + P_S d + P_{SO} d_o + Th - F'_H h_v + P_H h}{W y_G + W_o y_{GO} + F_v h_v + P_S h + P_{SO} h} \quad (96)$$

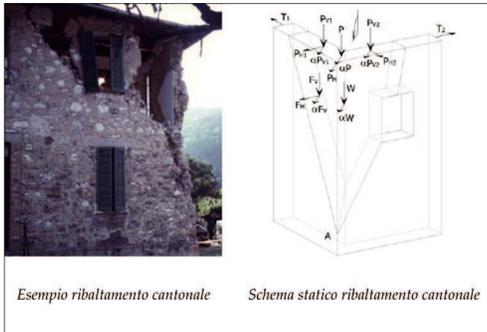
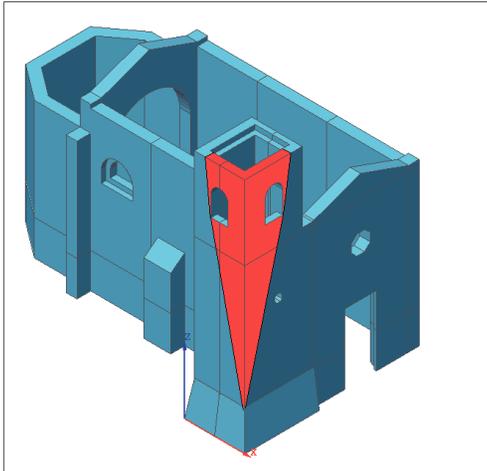
RIBALTAMENTO COMPOSTO DI PARETE CON TRASCINAMENTO DI CUNEO DIAGONALE

b	b _{cuneo}	h	t	w	W	W _o	F _v	F _H	P _s	P _{so}	P _H	d _v
[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
3.35	3.83	12.97	0.85	22	812.51	464.46	0	0	0.00	0	0	0
h _v	d	d _o	x _{co}	y _G	y _{co}	T	M _{s(A)}	M _{R(A)}	α			
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	kN	kN				
0	0.71	0	2.13	6.485	8.64	0	1333.09	898.61	0.144			

Ribaltamento composto

Per il valore del moltiplicatore di collasso pari a 0.144, la verifica è soddisfatta.

Ribaltamento del cantonale:



Esempio ribaltamento cantonale

Schema statico ribaltamento cantonale

Momento stabilizzante:

$$M_{s(A)} = Wx_G + F_V d_V + P d_P + P_{V1} d_1 + P_{V2} d_2 + (T'_1 + T'_2) h \quad (99)$$

Momento ribaltante:

$$M_{R(A)} = \alpha [W y_G + F_V d_V + (P + P_{V1} P_{V2}) h] + F'_H h_V + (P'_H + P'_{H1} + P'_{H2}) h \quad (100)$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{E}{W y_G + F_V h_V + (P + P_{V1} P_{V2}) h} \quad (101)$$

RIBALTAMENTO DEL CANTONALE DELLA TORRE

b	b _{cuneo}	h	t	w	W	F _V	F _H	F' _H	P	P _{V1}	P _{V2}	P _H
[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
3.35	3.83	12.97	0.85	22	464.5	0	0	0	0.38	1.018	1.018	0
P' _{H1}	P' _{H2}	d _v	d _p	d ₁	d ₂	h _v	x _G	y _G	T' ₁	T' ₂	E	α
[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]		
0	0	0	0.71	0.85	1.2	0	2.13	8.65	0	0	991.7	0.245
D	d	a	d _x									
[m]	[m]	[m]	[m]									
1.20	0.85	0.3	1.59									

Ribaltamento cantonale della torre

RIBALTAMENTO SEMPLICE PARETE TORRE NTC08

λ	M* [ton]	e*	FC	a ₀	a _(SLV)	VERIFICA
0.066	82.82	1	1.35	0.476	0.104	SODDISFATTA

Ribaltamento semplice parete torre

6 Il Campanile della chiesa di San Giovanni a Bronte

6.1 Inquadramento territoriale ed analisi diacronica

Il paese di Bronte sorge sul versante nord-occidentale dell'Etna, a 760 metri sul livello del mare. La sua conformazione urbana ha origine nel XVI secolo, epoca in cui l'imperatore Carlo V d'Asburgo ordinò agli abitanti dei ventiquattro villaggi rurali del territorio di trasferirsi in un unico "casale", esistente già nel Medioevo (Radice, 1928).

Questo centro urbano è stato vessato sin dall'antichità da violente eruzioni vulcaniche che, solo per citarne una, tra il 1651 e il 1654 cancellarono parte del paese e delle torri campanarie lì esistenti (De Luca, 1883; Radice, 1928).

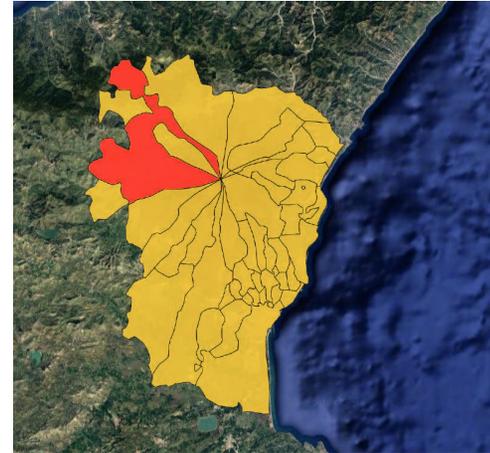


Fig. 58. Il territorio comunale di Bronte (in rosso) nell'areale etneo.



Fig. 59. La chiesa di San Giovanni nel tessuto storico urbano di Bronte. Ortofoto.

Fig. 60. Catasto borbonico: "Pianta dell'abitato di Bronte" - Anonimo senza data (In Caruso, Nobili, 2001).



Fig. 61. La chiesa di San Giovanni.
Prospetto principale.



Fig. 62. Ingresso al campanile. Architrave in pietra lavica che riporta la data di costruzione della torre (1614).

74. Cfr. § 2.1.

Il fitto tessuto del centro storico è contraddistinto da minuti aggregati edilizi, in parte frutto di pesanti ed inappropriate sostituzioni del secondo dopoguerra, che si contrappongono alla verticalità monumentale delle cinquecentesche emergenze architettoniche chiesastiche. Molte di queste sono distribuite lungo il Corso Umberto I, asse viario principale tracciato a mezzacosta in direzione nord-sud (E. D. Sanfilippo, 1993). Ad ovest del Corso si diramano inoltre le sinuose discese della Via Annunziata e della Via Matrice che conducono rispettivamente al Santuario di Santa Maria Annunziata e alla Chiesa Matrice della SS. Trinità, massimi e storici punti di riferimento per la comunità locale. La chiesa di San Giovanni Evangelista sorge nel cuore dell'antico nucleo abitato di Bronte, lungo l'asse principale del Corso Umberto I e chiude in testata occidentale l'isolato definito a nord da via P. Calanna, ad est dalla via R. Imbriani, a sud dalla via San Giovanni Battista e ad ovest dal corso Umberto I.

6.2 Descrizione geometrico-spaziale

La seicentesca e monumentale torre campanaria della chiesa di San Giovanni sembra rispondere alle indicazioni sulle modalità di progettazione delle chiese di nuova edificazione promosse dal Concilio di Trento e specificate da Carlo Borromeo qualche anno prima della costruzione di questa fabbrica (Borromeo, 1962)⁷⁴. Situato a destra della navata (nell'angolo sud-ovest) in posizione leggermente avanzata rispetto al profilo della facciata principale, l'impianto planimetrico della torre è di tipo quadrangolare. Al campanile si accede esclusivamente dal vestibolo di ingresso della chiesa. L'ambiente del piano terra, con dimensioni pari a 2.60 per 2.64 metri quadri e sormontato da una volta a crociera, ospita la scala a pozzo che conduce ai settori soprastanti del fusto ed è illuminato da piccole monofore incastonate in archivolti strombati sui lati prospettanti il corso Umberto I e la via San Giovanni Battista. Il piano superiore, di 2.73 per 2.75 metri quadri ad una quota di 6.40 metri rispetto al piano di calpestio del piano terra, permette di accedere alla cantoria dell'aula posta sopra il vestibolo ed è superiormente concluso dal solaio al di sopra del quale si trova la cella campanaria. Lo spazio è illuminato da tre monofore

rettangolari all'interno di archivolti strombati che si affacciano sulle due strade e sulla cupola della cappella laterale di Santa Rosalia. Da questo ambiente, una piccola rampa di scale porta alla cella campanaria a quota 11.00 metri.

La cella campanaria è dominata dalla presenza della grande campana appesa a due travi lignee che attraversano l'intera stanza, più ampia degli spazi sottostanti (3.92 per 3.97 metri quadri). Ogni lato della cella è dotato di una monofora ad arco a tutto sesto, la maggiore delle quali si trova sul fronte occidentale ed è ampia 1.35 metri con un'altezza in chiave di quasi 2.00 metri. Sopra le monofore dei fronti laterali nord e sud sono presenti altre due piccole finestre quadrate, probabilmente pensate per una suddivisione dei settori interni non corrispondente alla configurazione attuale.

La cella campanaria è coperta da un soppalco ligneo che, a quota 15.70 metri, occlude la visuale sulla cuspide soprastante; impostata su pennacchi sferici, quest'ultima presenta una geometria piramidale su base ottagonata, con diametro di 3.98 metri e un'altezza di 6.55 metri all'intradosso.

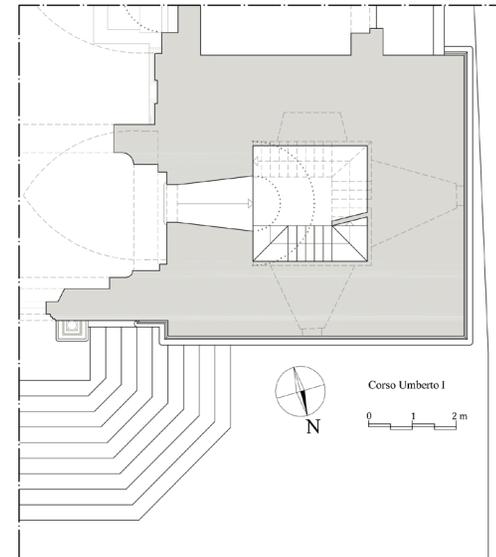


Fig. 63. Planimetria del piano terra del campanile di San Giovanni.

Fig. 64. Interno del piano terra. Vista dall'alto.



Fig. 65. Volta del piano terra.



Fig. 66. Solaio in putrelle e tavelloni a conclusione superiore del primo livello.



Fig. 67. Cella campanaria. La campana centrale e la scala lignea del soppalco superiore.

Nel corso del sopralluogo effettuato, sull'impalcato di questo solaio sono stati ritrovati parti meccaniche riconducibili a quelle dell'antico orologio della chiesa. La presenza dell'ingranaggio dell'orologio in questo ambiente soprastante la cella campanaria spiegherebbe così il motivo dell'esistenza stessa del soppalco ligneo, altrimenti superfluo. All'esterno, in corrispondenza di questo solaio, il semplice fastigio semicircolare sul muro d'attico del fronte principale (per il quadrante dell'orologio) e il castelletto esterno in ferro battuto con altre due piccole campane potrebbero quindi confermare l'ipotesi dell'esistenza di un antico orologio installato sulla torre di San Giovanni, con l'ingranaggio meccanico posto sotto la cuspide e quadrante sul muro d'attico⁷⁵. In questo modo, l'ambiente posto al primo piano potrebbe avere avuto anche la funzione di ospitare i pesi pendenti dell'orologio, così come si vedrà nel capitolo 9 per le torri campanarie spagnole.

L'aspetto monolitico del monumentale campanile di San Giovanni è enfatizzato dal piedistallo su cui esso è impostato, alto 3.30 metri, e dal rivestimento in conci di pietra lavica che ricopre quasi interamente la superficie del fusto e della cella campanaria. Orizzontalmente i fronti, larghi 6.00 metri, sono scanditi da un marcapiano modanato, a quota 12.80 metri, che separa il volume del fusto da quello della cella campanaria. Quest'ultima è completata da un coronamento che presenta un sottile architrave lapideo modanato, un fregio piano intonacato e una cornice lapidea modanata sommitale, al di sopra della quale trovano posto i caratteristici merli a coda di rondine ed i pinnacoli piramidali ai quattro angoli. L'altezza complessiva della fabbrica, considerando anche la cuspide sommitale è pari a poco meno di 26 metri.



Fig. 68. Il coronamento e il castelletto campanario esterno.

75. Dell'orologio di questo campanile parla anche lo storico locale B. Radice all'inizio del Novecento ricollegandosi alla leggenda popolare che leggeva nell'orologio di San Giovanni un segno di "estrosità", suonando "a capriccio" (Radice, 1928). L'attuale orologio della chiesa risale invece al XX secolo e si trova sopra il portale architravato dell'ingresso principale.



Fig. 69. Intradosso della cuspide. Vista dal basso (soppalco cella campanaria).

6.3 Il sistema tecnologico

L'esame visivo dei paramenti interni della fabbrica non permette un fedele rilievo diretto dell'apparecchiatura muraria delle strutture verticali, a causa di uno strato di malta cementizia stesa a spruzzo sulla muratura a vista. Nonostante ciò, il rilievo fotografico dello spazio non intonacato tra l'ultimo solaio e la cuspide e le immagini riportate nella carta del rischio relativa alla chiesa di San Giovanni⁷⁶ permettono di classificare con certezza il sistema murario. Si è notato così che le murature del campanile non sono infatti dissimili da quelle dei setti della navata (esternamente non intonacati). Il masso murario è caratterizzato da uno scheletro in pietrame informe di media grandezza, rinzeppato con elementi basaltici minuti, rincocciato con frammenti di laterizio sui paramenti e tenuto insieme da malta di calce e *azolo*⁷⁷.

76. Cfr. <http://www.cartadelrischio.it> (Istituto Centrale per il Restauro, 2006)

77. *Azolo* è un inerte piroclastico di colore grigio scuro, dal diametro medio di 0.2-2.00 mm, proveniente dall'attività eruttiva dell'Etna (Randazzo, 1988).

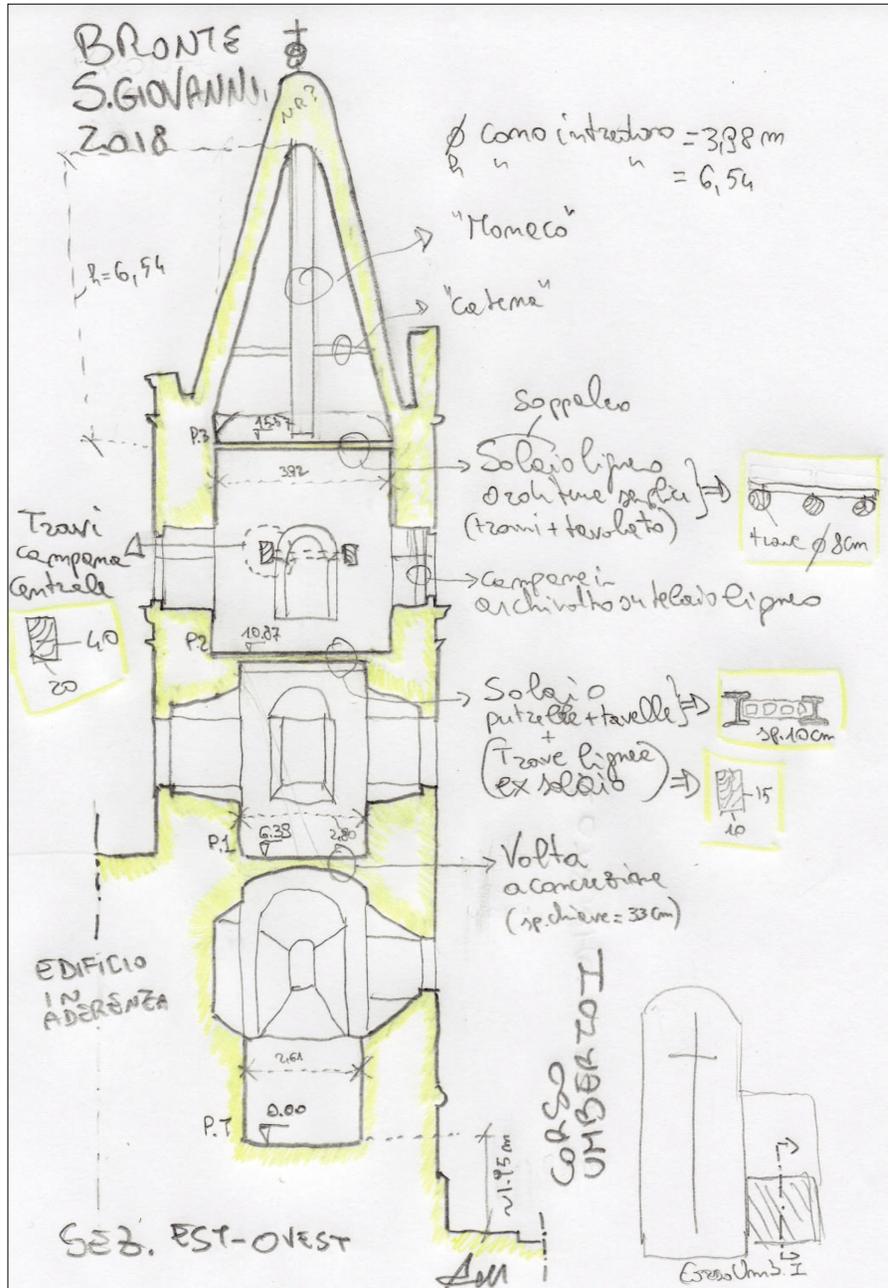


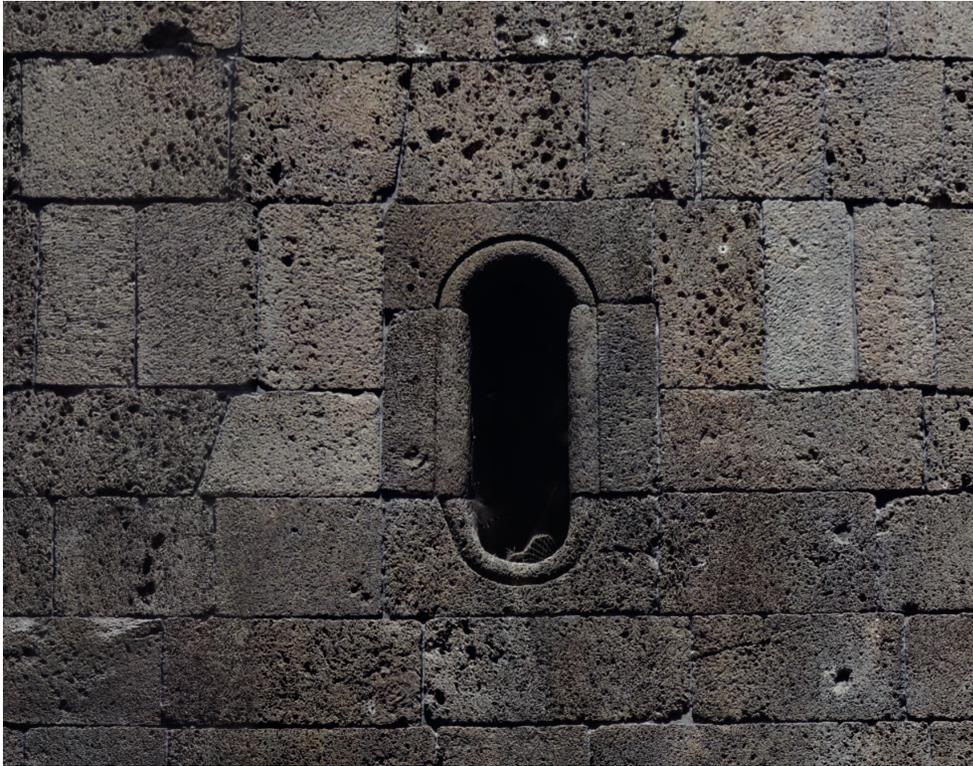
Fig. 70. Eidotipo di rilievo diretto. Sezione verticale.

La sezione trasversale diminuisce ad ogni piano del campanile. Tra i quattro paramenti di ogni settore, lo spessore complessivo rilevato varia tra 2.00 metri e 1.70 metri al piano terra, 1.63 e 1.70 metri al primo piano e 1.03 metri nella cella campanaria.

L'apparecchiatura lapidea di facciata è fortemente contraddistinta dal rivestimento esterno che ricopre quasi tutto il volume della torre campanaria; tale paramento è realizzato in muratura di blocchi basaltici squadrati⁷⁸, disposti a giunti alterni asimmetrici e a filari orizzontali non isometrici; i conci dei filari hanno altezze variabili tra 27 e 60 centimetri, lunghezze tra 50 e 140 centimetri e spessori variabili tra 15 e 40 centimetri. Tale soluzione formale, non comune in torri campanarie seicentesche dell'areale etneo, ricorda il rivestimento basaltico tardomedievale della chiesa di Santa Maria nel vicino paese di Randazzo. Come in Santa Maria, seppur con minore frequenza, alcuni conci lapidei presentano riseghe o lati obliqui che garantiscono il muto incastro con gli elementi contigui intagliati in modo analogo e speculare. Lungo i filari si possono osservare alcuni elementi lapidei più corti che potrebbero essere dei veri e propri diatoni di collegamento tra rivestimento e paramento murario retrostante. Soprattutto in corrispondenza della finestra rettangolare del secondo livello si possono distinguere nettamente anche piccoli elementi lapidei quadrangolari che chiudono vuoti o irregolarità nella tessitura. Come osservato da G. Sanfilippo in Santa Maria (2008), anche in San Giovanni si potrebbe escludere che tali tassellature siano riconducibili alla chiusura di buche pontai e del cantiere o di fori praticati per fissare perni metallici, poiché non si riscontra alcuna regola nella distribuzione sul paramento. Queste soluzioni, in parte frutto di possibili rimaneggiamenti del rivestimento lapideo nel corso dei secoli, garantiscono una maggiore compattezza della muratura grazie al reciproco bloccaggio (Breyman, 2003).

Il rivestimento in pietra lavica è presente in tutto il fronte ovest della cella campanaria, mentre gli altri fronti della cella sono rivestiti solo parzialmente. Le modanature di una finestra laterale e lo strato di malta steso per completare la finitura di questa parte apicale indicano l'intento incompiuto di rivestire tutti i prospetti della torre.

78. *L'analisi petrografica macroscopica delle lave del campanile*, allegata al recente progetto di restauro e riuso ha rilevato, sugli elementi lapidei del rivestimento, «bollosità di forma circolare e dalle dimensioni prevalentemente inferiori a 0.5 cm (...). La presenza di bollosità indica che si tratta della parte più superficiale della colata verso cui tendono a raccogliersi tutte le componenti volatili del magma durante il processo di degassazione che avviene sull'interfaccia magma-aria. In tutti i blocchi del campanile sono state riscontrate bollosità simili che fanno dedurre che i blocchi sono stati ottenuti dalla frantumazione dello stesso affioramento». Queste osservazioni sono state condotte anche su un masso di lava affiorante proprio dietro il campanile che ha portato agli stessi risultati; ciò dimostra come il materiale basaltico utilizzato per la costruzione della fabbrica sia stato estratto e lavorato in situ (Archivio Progetti Soprintendenza BBCC della Provincia di Catania, 2003).



L'apparecchiatura lapidea di facciata in conci di pietra lavica si compone inoltre di mostre modanate delle monofore dei primi due ordini, mostre semplici delle monofore a tutto sesto della cella campanaria, marcapiani e modanature del coronamento.

Per quanto concerne gli orizzontamenti, gli archivolti delle monofore, la volta che sormonta il piano terra del campanile ed i pennacchi sferici sui quali è impostata la cuspide sono costituiti da gusci concrezionali, secondo la regola dell'arte etnea, con piccoli elementi lapidei informi in basalto bolloso⁷⁹ sistemati a costituire ghiera concentriche e legati da malta di calce e azolo. Anche la cuspide è realizzata a concrezione, ma il materiale lapideo è disposto secondo filari orizzontali concentrici che seguono la geometria ottagonale di base della piramide.



Fig. 71. Il rivestimento lapideo esterno e monofora del primo livello (da ingrandimento ortofoto ottenuta da modello fotogrammetrico SfM).

Fig. 72. Il corpo di fabbrica del campanile. Vista prospettica.

79. Il basalto bolloso, localmente chiamato in modo improprio "pomice" sin dal XVIII secolo, è una pietra lavica, resa molto porosa dalla presenza di gas in fase di raffreddamento, che presenta un peso specifico notevolmente più basso rispetto al basalto lavico vero e proprio (mediamente Kg/mc 1400 contro Kg/mc 1900) (Barbera, 1998).

Il solaio di calpestio della cella campanaria, frutto di sostituzione, è costituito da putrelle metalliche e tavelloni in laterizio (con uno spessore complessivo di 10 centimetri), ma al di sotto di esso sono ancora esistenti le quattro travi principali in legno di castagno del solaio originario. Il soppalco posto tra la cella campanaria e l'intradosso della cuspide è in legno a doppia orditura.

Per quanto concerne le scale presenti all'interno del campanile, il sistema a pozzo è costituito da rampe in putrelle metalliche e tavelloni con gradini in calcestruzzo; la rampa di scale di accesso alla cella campanaria è in acciaio, mentre quella che conduce al soppalco è ancora quella originale in legno.

Degni di nota sono infine gli originari sistemi di sostegno delle campane principale posta al centro della cella campanaria, appesa a due grandi travi di castagno, di sezione rettangolare pari a 40x20 centimetri, saldamente incastrate nella muratura della cella.



Fig. 73. Il Corso Umberto I tra il campanile di San Giovanni (a destra) e la chiesa dalla chiesa di Santa Maria del Rosario (a sinistra).

7 Il rudere della torre campanaria dell'ex chiesa madre dell'antica Misterbianco

7.1 Indagini storico-archivistiche

Probabilmente risalente al XVI secolo e sopraelevato nel 1631, il campanile sopravvisse all'imponente eruzione vulcanica del 1669 che seppellì sotto decine di metri di basalto la chiesa e l'intero paese ma crollò parzialmente a causa del sisma del 1693, rappresentando fino ai nostri giorni un baluardo isolato al centro della *sciara* di contrada *Campanarazzu*, a nord-est dell'attuale insediamento di Misterbianco. Gli scavi condotti a partire dal 2002 dalla Soprintendenza BB.CC. AA. di Catania hanno riportato alla luce l'intera chiesa, liberando dal banco di lava anche la parte ancora integra del campanile (Garozzo, 2018; Santagati et al., 2017).



Fig. 76. L'antica chiesa madre di Santa Maria delle Grazie a Misterbianco in contrada Campanarazzu. Vista del fronte principale con a sinistra il rudere della torre campanaria.



Fig. 74. Il territorio comunale di Misterbianco (in rosso) nell'areale etneo.

Fig. 75. Ortofoto dell'area archeologica in Contrada Campanarazzu Misterbianco.



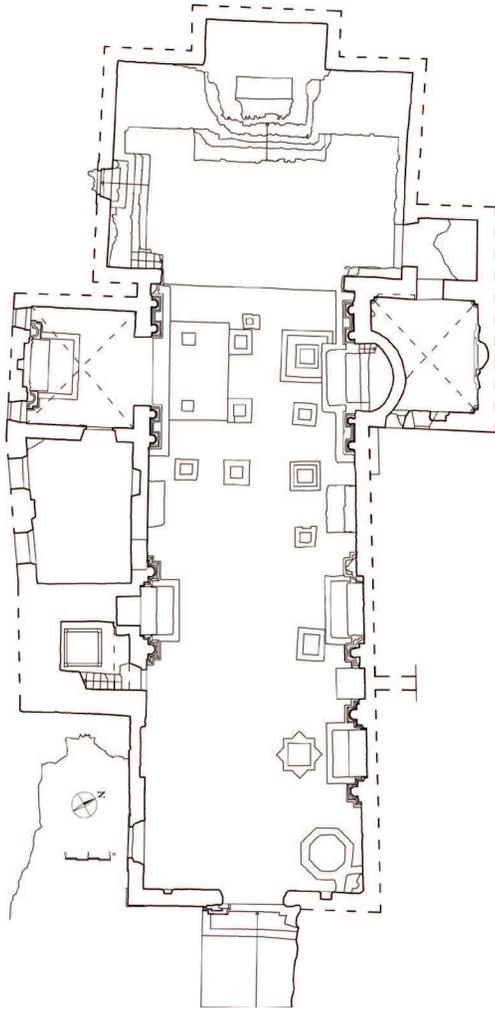


Fig. 77. Planimetria generale della chiesa (Garozzo, 2018).

80. In base alle visite pastorali e ai *registra litterarum* risalenti al XVII secolo e conservati presso l'Archivio Diocesano di Catania, la destinazione d'uso di questo ambiente attiguo al campanile potrebbe essere stata anche quella di sede dell'Oratorio della Confraternita del SS. Sacramento (Garozzo, 2018).

7.2 Descrizione geometrico-spaziale

L'antica chiesa di Santa Maria delle Grazie e la sua torre campanaria sorgono in contrada Capanarazzu, in un'area poco edificata, di recente espansione urbana e fortemente caratterizzata dall'ampia presenza di distese di banchi lavici risalenti alla colata che nel 1669 inghiottì l'antico paese di Misterbianco. La fabbrica, proprio perché un tempo sommersa dal magma, si trova adesso in posizione semi-ipogea, a circa 14 metri più in basso rispetto al piano stradale attuale della via Capanarazzu. La chiesa presenta un impianto planimetrico ad unica navata, ampia $26,5 \times 9 \text{ m}^2$, con asse longitudinale est-ovest e presbiterio rettangolare di dimensioni pari a $9,05 \times 13,1 \text{ m}^2$. Il rudere della torre campanaria è addossato al lato meridionale dell'aula, in posizione arretrata di quasi 8.30 metri rispetto al fronte principale posto ad est. L'impianto planimetrico della fabbrica è quadrangolare, di lati esterni pari a $5,48 \times 4,86 \text{ m}^2$.

La condizione semi-ipogea della fabbrica si riscontra in modo molto evidente proprio in prossimità di questo campanile. La torre è infatti ancora parzialmente circondata dal banco lavico su due dei quattro lati e per tale ragione non è possibile stabilire la configurazione geometrica del basamento della fabbrica che si trova ancora al di sotto delle rocce. Il fronte orientale è coperto per un'altezza pari a 2.10 m rispetto al piano di calpestio del sagrato della chiesa, mentre il fronte meridionale è addossato al banco lavico fino ad un'altezza di 8 m.

Il paramento occidentale rappresenta l'unico prospetto totalmente libero dalla roccia basaltica, essendo uno dei muri d'ambito della sacrestia⁸⁰ ricavata negli anni '30 del XVII secolo tra il corpo di fabbrica della cappella del SS. Crocifisso e la torre campanaria.

In elevazione, il rudere spicca di circa 6 metri rispetto al piano di calpestio del sagrato sul fronte orientale, mentre le parti superstiti dei prospetti sud e ovest arrivano fino ad un'altezza media di circa 10 metri.

L'ingresso del campanile è posto di fianco all'altare laterale dedicato a Sant'Antonio Abate, sul paramento meridionale della navata che la chiesa condivide con la torre. All'interno di essa sono ancora esistenti le prime tre

rampe della scala a pozzo che conduceva alla cella campanaria, verosimilmente posta a quota 11 metri, al di sopra della volta a botte che sormontava il piano terra. La quarta rampa delle scale costeggiava il paramento meridionale della navata ed era impostata al di sopra di un arco a tutto sesto con luce pari all'intero lato della canna del campanile.



Fig. 78. Ingresso alla torre campanaria nella parete sud della navata.

Fig. 79. Prospetto supertite della torre campanaria. A sinistra il banco lavico che ancora lambisce la fabbrica.



Fig. 80. In alto, dettaglio di “Veduta dell’Etna con l’Eruzione del 1669 nella sua fase iniziale”, disegno di anonimo siciliano, marzo 1669 (Pagnano, 1992).
Fig. 81. In basso, “Incendio della Montagna di Mongibello”, stampa di F. Collignon, 1670 circa (Pagnano, 1992).



Fig. 82. Il paramento murario della torre visto dall’Oratorio del SS. Sacramento.



Fig. 83. Vista interna del rudere della torre campanaria.

7.3 La lettura del rudere e delle macerie: il sistema tecnologico

Oltre ad alcune antiche raffigurazioni schematiche dell’edificato urbano dell’originario paese di Misterbianco, che miravano a rendere l’idea simbolica di una torre campanaria più che a fornire un’esatta rappresentazione della realtà, non si hanno notizie certe sulla composizione architettonica dei livelli superiori

non più esistenti. Nonostante ciò, grazie al ritrovamento di molti elementi lapidei venuti giù a seguito dell'evento sismico del 1693, è possibile suggerire alcune deduzioni, analizzando il sistema tecnologico ed i materiali base della fabbrica superstite.

Per quanto concerne le strutture verticali, le murature portanti della torre sono caratterizzate da uno scheletro in pietrame lavico informe di pezzatura molto variabile, con una consistente quantità di malta di calce e azolo, e da ripianamenti regolarizzatori in embrici e frammenti vari di laterizio; tali ripianamenti sono presenti alle diverse quote ad intervalli variabili tra i 40 e i 60 cm in corrispondenza delle buche pontaiie ancora visibili. Le sezioni murarie del piano terra risultano spesse anche un metro perché ai muri d'ambito della torre sono addossate le prime tre rampe della scala a pozzo, realizzate interamente in muratura, mentre nel paramento comune alla navata e in quelli in elevazione lo spessore non supera i 70 cm.

La sezione muraria della parte alta del setto meridionale della torre dà la possibilità di registrare la presenza di elementi lapidei che, seppur in modo poco efficace, garantivano l'ammorsatura al paramento trasversale. Tale ammorsatura era costituita da una serie di tre lunghi conci basaltici allineati, i quali, annegati nella muratura irregolare, fungevano da ortostati per il lato meridionale e veri e propri diatoni per il paramento orientale crollato.

I gradini della scala sono realizzati in conci squadrati di pietra lavica. L'ultimo gradino della prima rampa ed il primo della rampa parallela sono leggermente aggettanti sul pozzo e presentano una vera e propria asola⁸¹ nella quale era inserito il montante in legno del corrimano della seconda rampa.

Il vano ricavato nella muratura per l'ingresso al campanile è incorniciato da mostre semplici squadrate in conci di pietra lavica con architrave monolitico; altri elementi basaltici squadrate costituiscono l'architrave per l'intero vano porta. L'unica finestra ancora esistente, ma coperta dal banco lavico è una feritoia rettangolare strombata con architrave realizzata in blocchi di pietra lavica, collocata in corrispondenza del secondo pianerottolo della scala a pozzo. Il sistema voltato che sormontava l'alto ambiente interno del piano terra, seppur non più esistente, è ancora leggibile grazie ad alcuni chiari elementi superstiti,



Fig. 84. Paramenti murari superstiti e macerie del campanile.

81. Soltanto quest'ultima asola è ancora integra. Come appreso durante il sopralluogo, l'altro gradino è stato danneggiato, durante un tentativo di furto, dalla caduta della campana installata dopo la conclusione degli scavi su una struttura in acciaio che occupa l'intera canna del fusto.



Fig. 85. Gradini in pietra lavica della scala.



Fig. 86. Parte superstite della volta a botte a concrezione con la traccia della stuoia di canne.

quali la traccia della generatrice della volta a botte esistente sul paramento meridionale della torre, il moncone ancora integro dell'imposta della volta sul paramento occidentale e numerose macerie che circondano la fabbrica. Questa struttura voltata segue la tradizione costruttiva locale ed è di tipo concretizio, con uno scheletro composto da pignoletti in basalto bolloso legati da una malta a base di calce ed azolo. Sulla superficie intradossale del moncone e di alcune macerie è ancora ben visibile la traccia della stuoia di canne posta tra le centine lignee adoperate per la costruzione della volta.

Per ciò che riguarda l'apparecchiatura lapidea di facciata, nelle angolate superstite sono ancora visibili i cantonali in conci di pietra lavica squadrati, paria a circa $35 \times 55 \times 20 \text{ cm}^3$ ciascuno. I conci basaltici modanati trovati intorno al rudere e gli elementi ancora incastonati nella muratura del fusto, permettono di ipotizzare l'esistenza di un marcapiano in pietra lavica, alto circa 60 cm, che potrebbe anche aver avuto la funzione di marcadavanzale per le monofore collocate in uno dei lati crollati. La presenza di numerose mensole di basalto ritrovate ai piedi della torre potrebbe inoltre far pensare ad un coronamento sommitale caratterizzato da un muro d'attico sorretto proprio da questi modiglioni, come è stato possibile riscontrare in altri esemplari censiti nell'areale e nella famosa rappresentazione del campanile del Duomo di Catania nell'affresco di Platania del 1679. Inoltre, come quasi tutti i campanili siciliani di fattura tradizionale, la torre campanaria dell'antica Misterbianco doveva essere coronata da una guglia piramidale a base ottagonale, probabilmente realizzata a concrezione come negli altri esemplari dell'areale. Di tale cuspide oggi restano solo alcuni elementi dell'apparecchiatura lapidea decorativa, quali i conci della cornice basamentale e quello sommitale in pietra lavica, di forma troncopiramidale e alto 40 cm, sul quale era verosimilmente posto il tradizionale globo con la relativa croce e ventarola.

7.4 La lettura del rudere e delle macerie: possibili meccanismi di danno

L'osservazione diretta delle macerie e del manufatto allo stato di rudere e l'acquisizione della nuvola di punti mediante TLS, nonostante la presenza



Fig. 87. Sopra: Viste della parte alta superstite della torre campanaria. Sotto: aramento interno della torre campanaria. In primo piano i ripianamenti della muratura. Frammenti lapidei della cuspide.



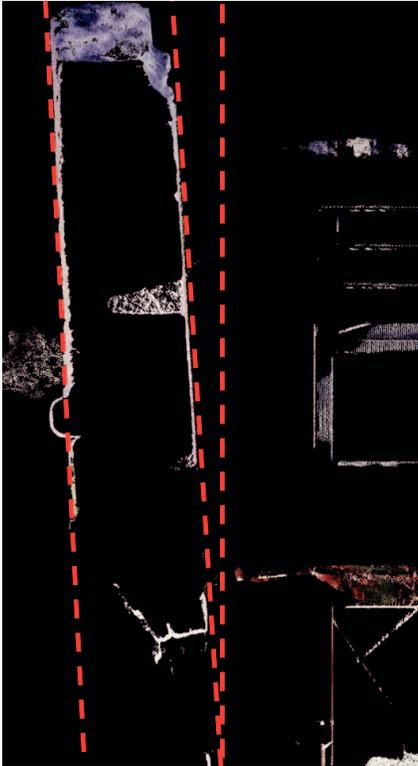


Fig. 88. Il ribaltamento semplice del paramento murario della torre campanaria.

82. Pari a 4 gradi rispetto alla verticale.

della nuova struttura in acciaio all'interno della torre, consentono di poter intraprendere alcune considerazioni sui possibili meccanismi di danno che hanno provocato il crollo del campanile presumibilmente nel 1693.

Come già accennato, sommersi dalla lava il paese e la Chiesa Madre nel 1669, la torre campanaria rimase a svettare in mezzo al nuovo deserto basaltico fino al sisma che interessò tutta la Sicilia Orientale solo ventiquattro anni più tardi. Sebbene il campanile appartenesse alla tipologia di torri addossate, nella nuova configurazione assunta dal 1669 al 1693 è possibile considerare la parte risparmiata dall'eruzione vulcanica come un campanile di tipo isolato, schematizzando idealmente come una mensola incastrata alla base la fabbrica rimasta libera dalla morsa della roccia lavica sottostante.

Difficile risulta stabilire con certezza quale meccanismo abbia innescato il crollo, non essendo del tutto nota la composizione architettonica della parte non più esistente. Le azioni orizzontali del sisma, hanno esercitato probabilmente un ribaltamento della parte alta della cuspide, come è possibile notare dal concio sommitale rinvenuto. Le testimonianze fotografiche precedenti all'intervento di consolidamento del rudere dimostrano inoltre come sia stato probabile un meccanismo di espulsione delle angolate, forse in corrispondenza della zona di contatto tra marcadavanzale della cella campanaria e cantonali del fusto.

Collassati la cella campanaria e parte dei cantonali, i restanti paramenti non più vincolati reciprocamente hanno subito un ribaltamento semplice fuori piano, così come dimostrerebbero anche i pannelli murari rinvenuti tra le macerie e che sono crollati mantenendosi integri tra un ripianamento e l'altro. Proprio i piani regolarizzatori e l'ingente quantità di malta che lega il pietrame informale hanno permesso alla muratura della torre di discretizzarsi in pannelli murari e l'osservazione diretta sul rudere e l'analisi della nuvola di punti hanno permesso così di rilevare attentamente l'inclinazione del lato sud della torre superstite⁸², individuando anche la posizione della cerniera cilindrica orizzontale generatasi lungo un ripianamento in corrispondenza del pianerottolo della seconda rampa di scale.

8 Analisi comparativa sulle torri campanarie etnee

8.1 Configurazioni geometriche ricorrenti

L'insieme dei dati raccolti attraverso il rilievo fotografico speditivo, l'indagine tipologica e i rilievi diretti su singoli casi di studio ha permesso di delineare alcuni caratteri morfologici ricorrenti nelle torri campanarie dell'intero areale etneo.

8.1.1 Articolazione spaziale interna

Come visto anche nei casi di studio esaminati, gli impianti planimetrici delle torri campanarie etnee sono nella quasi totalità dei casi di tipo quadrangolare, con forme quadrate o rettangolari. Altre configurazioni planimetriche sono molto rare; se si esclude la già citata torre di Santa Maria di Ognina a Catania, risultato dell'adeguamento in campanile di una torre medievale di avvistamento dalla forma cilindrica, esistono solo due esemplari di impianto circolare, ovvero Santa Maria di Loreto a San Giovanni la Punta e Santa Maria della Consolazione al Borgo a Catania, risalenti alla fine del XIX secolo.

Configurazioni trapezoidali si riscontrano solo a Catania nelle celle campanarie delle chiese di Santa Maria dell'Ogninella e di San Michele Arcangelo ai Minoriti, forse a causa dello spazio di risulta che tali volumi occuparono all'interno di corpi di fabbrica già realizzati.

Alcune celle campanarie, realizzate successivamente al primitivo impianto planimetrico del fusto della torre, hanno una forma ottagonale; tra queste si annoverano la cella campanaria di Santa Maria di Monserrato a Catania e quella della chiesa dei Santi Alfio, Filadelfo e Cirino a Trecastagni.

Le carte del rischio e i sopralluoghi effettuati dimostrano come l'articolazione interna delle torri sia incardinabile all'interno di due categorie differenti.

Un primo tipo di configurazione vede l'assenza di orizzontamenti all'interno



Fig. 89. La torre di avvistamento a pianta circolare della chiesa di Santa Maria di Ognina a Catania (Fonte: Carta del Rischio).

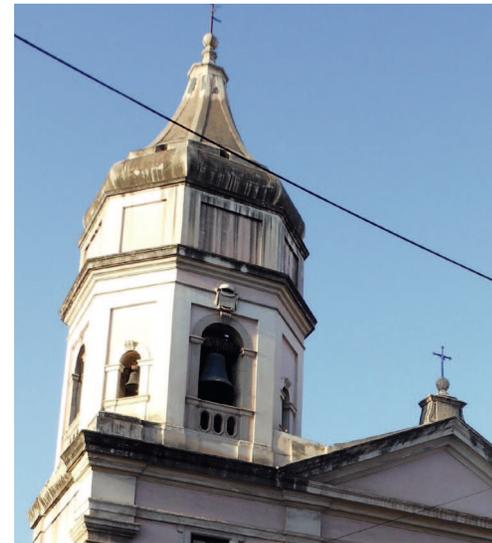


Fig. 90. Cella campanaria ottagonale in Santa Maria di Monserrato a Catania.



Fig. 91. Scale a pozzo nella torre campanaria di Santa Maria dell'Aiuto a Catania (Fonte: Carta del Rischio).



Fig. 92. Scale a pozzo nella torre campanaria di Santa Maria della Catena a Bronte.

83. Tali trasformazioni interne sono attribuibili agli anni '60 del Novecento, epoca nella quale venne costruito il Seminario cittadino addossando la nuova fabbrica alla chiesa di *S. Maria della Catena* (Associazione Bronte Insieme Onlus, 2018).

della canna del campanile. In questo caso, come quello analizzato ad Acicastello, il fusto ospita al suo interno la scala a pozzo che conduce alla cella campanaria ed è concluso superiormente da una volta o da un solaio di definizione inferiore della cella. Altri esempi di questa tipologia possono essere considerati la torre campanaria di Santa Maria dell'Aiuto a Catania o quella dello Spirito Santo a Nicolosi. In tali esemplari, i pesi dell'eventuale orologio meccanico e le corde delle campane pendono al centro dell'occhio delle scale. Il modello a canna vuota potrebbe anche essere frutto di "recenti" trasformazioni nell'ambito di ponderosi interventi di riconfigurazione che non permettono più una lettura diretta dell'impostazione originaria del manufatto, come nel campanile della chiesa di Santa Maria della Catena a Bronte⁸³. A canna vuota sono anche quei campanili nei quali è presente una scala a chiocciola lapidea che occupa l'intero spazio interno disponibile, come nel caso della chiesa di San Giuseppe a Nicolosi o dei predetti campanili cilindrici.

L'organizzazione distributiva molto più frequente vede invece un piano terra sormontato da una volta a botte (come nel caso del Campanarazzu) o a crociera (come in San Giovanni a Bronte) forata da un lato per permettere alla rampa di una scala di raggiungere il livello soprastante. In base all'altezza del manufatto, possono sussistere uno o più orizzontamenti intermedi, generalmente piani, l'ultimo dei quali funge da piano di calpestio della cella campanaria. Lo spazio sottostante la cella campanaria, che può anche non essere illuminato da finestre o feritoie, doveva avere la funzione di ospitare i pesi pendenti dell'orologio meccanico e, nel caso di torre addossata di "Tipo A" complanare al fronte della chiesa, permetteva anche l'accesso all'eventuale cantoria o al sottotetto dell'aula. In tutte e due le categorie analizzate, sono ormai rari gli esemplari che presentano ancora, sopra la cella campanaria, un ulteriore soppalco che ospitava l'ingranaggio meccanico dell'orologio. Ciò è più ricorrente in particolar modo dove sono presenti cuspidi o cupole di definizione superiore, come in Sant'Antonio Abate a Pedara, in Sant'Agata al Borgo a Catania, in San Giovanni a Bronte o in Santa Maria di Monserrato a Catania (in quest'ultimo caso, il solaio non è più esistente ma sono ancora presenti le travi lignee poste in opera).



Fig. 93. A sinistra, Orizzontamento dell'ultimo livello di Sant'Agata al Borgo a Catania (Fonte Carta del Rischio). A destra, travi principali del solaio non più esistente nell'ultimo livello di Santa Maria di Monserrato Catania (Fonte Carta del Rischio).

8.1.2 Analisi macroscopica dei caratteri formali ricorrenti nella composizione esterna dei fronti

Il repertorio offerto dal vasto campione di torri campanarie censite consente di individuare alcuni caratteri morfologici ricorrenti nell'impaginato architettonico dei fronti esterni, che rendono i campanili riconoscibili e simbolicamente rappresentativi del paesaggio urbano etneo. Nonostante tali aspetti formali siano parte integrante della cultura tecnica costruttiva locale e non si possa prescindere dall'analizzare contemporaneamente tutte le componenti del lessico esistente, quali geometrie, materiali e tecniche realizzative, è possibile tracciare alcuni schemi che caratterizzano il campanile tradizionale "tipo".

Gli elementi che connotano fortemente i fronti delle torri campanarie tradizionali etnee sono essenzialmente il basamento, i cantonali, il coronamento e la cuspide terminale.

Per quanto riguarda la prima categoria, l'elemento architettonico che definisce l'attacco a terra di queste fabbriche è presente solo nel 50% dei casi addossati e accorpati censiti. Esso può essere formalmente declinato in tre diverse modalità. Un primo caso è costituito da una semplice e bassa zoccolatura di base, di forma quadrata e più o meno sporgente.

Il basamento più diffuso, che si può definire di tipo "retto" o classico, è



Fig. 94. Basamento e fusto della torre campanaria della chiesa di San Mauro ad Acicastello.

caratterizzato di frequente da una zoccolatura e un dado soprastante, più o meno alto, sul quale si imposta il fusto della torre, come nel campanile della Chiesa Madre di San Mauro ad Acicastello. Nei casi meno aulici, lo zoccolo può anche non esistere ma, negli esemplari più riccamente decorati, il raccordo tra zoccolo e dado è risolto attraverso una cornice modanata.

Una variante del basamento classico è il basamento a scarpa, nel quale il dado squadrato è rastremato verso l'alto, come già visto nel campanile di San Giuseppe ad Acicastello. Tale soluzione architettonica si riscontra priva di zoccolatura soprattutto nelle fabbriche realizzate precedentemente al terremoto del 1693 nel versante nord-occidentale, mentre la declinazione del basamento nei diversi elementi quali zoccolo, dado rastremato e cimasa ricorre nell'impaginato architettonico dei campanili di ricostruzione delle chiese madri dei paesi etnei del versante orientale come Mascali, Nicolosi e Pedara.



Fig. 95. Basamenti a scarpa in Santa Maria Annunziata a Bronte (a sinistra) e Sant'Agata al Borgo a Catania (a destra).

La funzione di irrigidire la base del campanile con una geometria rastremata, che aumenta lo spessore murario della parte inferiore della torre e distribuisce i carichi verticali su una superficie più ampia della sezione quadrangolare del fusto, è certamente una soluzione traslitterata dal lessico tipico delle torri costiere di avvistamento che caratterizzavano il sistema difensivo costiero siciliano nel Cinquecento⁸⁴.

Le ricorrenti soluzioni d'angolo che costituiscono gli elementi di definizione verticale dei fronti sono formate prevalentemente da cantonali lapidei o in malta⁸⁵, che diventano vere e proprie lesene in presenza di piedistalli e capitelli, generalmente dorici o tuscanici. Negli esemplari più aulici, soprattutto nelle celle campanarie delle monumentali chiese barocche, sono presenti lesene tripartite o vere e proprie colonne con capitelli ionici o corinzi.

Cantonali e lesene sostengono, nella maggioranza dei casi, coronamenti con trabeazioni o semplici cornici modanate sotto-gronda. Non mancano soluzioni più elaborate con trabeazioni e modiglioni o coronamenti con archi pensili su beccatelli, testimonianze di stilemi medievali e quattrocenteschi⁸⁶, come nel campanile della Chiesa Madre di Pedara o nella chiesa del SS. Salvatore ad Adrano.

Di frequente, soprattutto negli esemplari dotati di cuspidi, i coronamenti sono sormontati da muri d'attico che nascondono canalette interne per lo smaltimento delle acque meteoriche e sono arricchiti da merlature, pinnacoli o guglie agli angoli. Le merlature, esistenti soprattutto negli esemplari più antichi del versante occidentale dell'Etna⁸⁷, possono essere squadrate, dette anche "guelle", oppure a coda di rondine o "ghibelline" (Pevsner, Fleming, & Honour, 2011).

I pinnacoli e le guglie d'angolo hanno spesso un aspetto piramidale su un piedistallo cubiforme e sono sormontati da piccole sfere. Significativi per dimensioni e forme sono i pinnacoli piramidali del campanile della chiesa dei SS. Pietro e Paolo ad Acireale o quelli a fiamma della chiesa di Santa Maria della Misericordia a Trecastagni.



Fig. 96. Cantonali e trabeazione ai piedi della cella campanaria di San Nicolò a Randazzo.

84. Una descrizione grafica di queste tipologie di torri è esposta in uno studio di A. Mazzamuto (1986) che illustra i rilievi e i progetti condotti a metà XIV secolo dagli ingegneri militari T. Spannocchi e C. Camilliani sul sistema delle torri di difesa della Sicilia per conto del Regno di Spagna.

85. Cfr. § 8.2.3.

86. Si veda a titolo esemplificativo l'affresco di Giacinto Platania nella sacrestia della Cattedrale di Catania, in cui è rappresentato il medievale campanile del Duomo (Cfr. § 2).

87. Il centro storico con la più alta concentrazione di torri campanarie merlate (ben sei casi su otto) è quello del paese di Bronte, i cui esemplari, come già visto, risalgono tutti alla metà XVI secolo e l'inizio del XVII secolo.



Fig. 97. Coronamenti della torre della SS. Trinità a Bronte (a destra) e del SS. Salvatore ad Adrano (a sinistra).

L'elemento emblematico e più riconoscibile delle torri etnee è senza dubbio la copertura. Quasi il 60% degli esemplari è contraddistinto da una cuspide terminale che può assumere geometrie differenti. La cuspide più diffusa (41 casi su 88) è quella piramidale, seguita dalla cuspide bulboide o "a cipolla" (27 esemplari) e quella a padiglione e quella conica (10 esemplari per ciascuna delle due configurazioni geometriche); i restanti campanili presentano invece cupolini emisferici (17 casi), falde tradizionali a padiglione (25 casi) o coperture piane (24 casi).

Inoltre, in soli 24 casi la cuspide è impostata su un piccolo tamburo che può avere forma circolare o ottagonale.

Per quanto concerne le aperture, 125 torri su 158 presentano monofore ad arco a tutto sesto nella cella campanaria, mentre le bifore e le trifore non sono molto diffuse nel territorio e presenti soltanto nei casi più monumentali, come in San Martino a Randazzo, Santa Maria della Catena a Bronte o nel Duomo di Acireale. I fusti delle torri sono spesso caratterizzati da monofore o da feritoie rettangolari o a tutto sesto o veri e propri vani finestrati rettangolari. Oculi e rosoni circolari, che ospitano il quadrante dell'eventuale orologio, caratterizzano indistintamente fusti e celle campanarie.



Fig. 98. Cuspidi in (da sinistra, S. Antonio Abate e S. Caterina a Pedara, SS. Sacramento al borgo a Catania, Chiesa Madre di Gravina di Catania).

8.2 Tecniche costruttive ricorrenti

Il riconoscimento delle tecniche costruttive ricorrenti è stato condotto seguendo la gerarchica classificazione proposta da E. Mandolesi (1978), ma adattata ai sistemi tecnologici tipici della cultura costruttiva tradizionale⁸⁸.

8.2.1 Strutture verticali

Fondazioni

In assenza di indagini strumentali e di specifiche informazioni documentali relative ai singoli manufatti, facendo riferimento alla tradizione costruttiva dell'areale etneo (Barbera, 1998; Randazzo, 1988; Salemi, 2000), si può ragionevolmente ipotizzare che le fondazioni delle torri campanarie etnee non

88. Si è così pensato di raggruppare in macrocategorie le strutture portanti in: Strutture verticali, Strutture orizzontali e Strutture inclinate.

siano differenti dalle fondazioni di altre tipologie di fabbriche coeve.

Le fondazioni erano costituite da setti murari continui interrati, con uno spessore leggermente maggiore delle murature in elevazione⁸⁹, pari a dieci o trenta centimetri in più per lato. La tecnica costruttiva seguiva quella delle murature soprastanti, anche se generalmente i materiali lapidei utilizzati presentano dimensioni più grandi. Tale accorgimento, come sottolineato anche da S. Barbera (1998), soprattutto nel Settecento non era dettato da motivazioni puramente statiche ma da esigenze di cantiere, per le quali si prediligeva impiegare materiale di grande pezzatura prevalentemente nelle parti inferiori delle fabbriche a causa della difficoltà di trasportare sui ponteggi i pesanti “balatoni” e “cannarozzoni” squadrati in pietra lavica⁹⁰. La malta utilizzata era a base di calce ed inerti vulcanici, come nelle murature in elevazione, o, più scadente, a base di calce e terreno vegetale⁹¹.

89. «La formazione delle fondazioni come semplice allargamento della base delle murature rappresenta la quasi totalità della casistica riscontrata nell’area etnea» (Barbera, 1998, pag. 94).

90. Un’altra tipologia di fondazione presente nell’areale, poco diffusa e riscontrata solo in grandi edifici monumentali come l’ala nord del Palazzo dell’Università di Catania, prevedeva la realizzazione di archi di scarico rovesci in pietra lavica (Barbera, 1998, pag. 94).

91. «Tale terreno, detto anche “di fossa”, per la cui estrazione si usava approfondire lo scavo al di sotto dello strato di terreno vegetale superficiale, è per tale consuetudine assimilabile alla terra “fossica” utilizzata dai Romani (Cfr. Rondelet, *Arte di edificare*, Caranenti Ed., Mantova 1832)» (Randazzo, 1988, pag. 117).

92. Come riscontrato da A. Salemi (2000, pag. 138) in simili murature presenti in altre tipologie di fabbriche settecentesche, si riscontrano elementi lapidei legati da malta anche all’interno degli spessori murari; ciò sta a significare che il pietrame era murato realmente con la malta e che tale tipologia costruttiva non può essere quindi «assimilata né per modalità realizzativa, né per resistenza meccanica, alla muratura “a sacco”».

Murature in elevazione

I sopralluoghi effettuati nelle fabbriche analizzate e l’esame del materiale fotografico allegato alle Carte del Rischio redatte per le torri campanarie di alcuni paesi etnei, permettono di individuare una sola categoria ricorrente nelle strutture murarie delle torri campanarie tradizionali etnee.

Come già osservato nei casi di studio, la tecnica muraria più ricorrente, sia negli esemplari di realizzazione precedente al terremoto del 1693 sia in quelli costruiti dopo il sisma, è costituita da uno scheletro di pietrame lavico informe di varia pezzatura, che può raggiungere anche i 50 centimetri nella dimensione maggiore dell’elemento lapideo (Randazzo, 1988), legato da malta di calce e azolo. La buona regola dell’arte prevedeva l’utilizzo di una quantità maggiore di malta all’aumentare dell’irregolarità degli elementi lapidei e dell’apparecchio murario. Il pietrame lavico informe è collocato in opera a contrasto con materiale lapideo minuto e frammenti di laterizi, che costituiscono la cosiddetta *rinzeppatura*, e *rincocciato* sui paramenti esterni con altri frammenti di natura lapidea o di laterizio⁹².

A intervalli regolari, variabili tra i sessanta e i cento centimetri, nei casi



analizzati si sono riscontrati sia le buche pontai e delle impalcature di cantiere sia i ripianamenti realizzati con coppi in laterizio e frantumi lapidei che regolarizzano i corsi di muratura e ridistribuiscono in modo omogeneo i carichi. In tali apparecchi murari, le rinzeppature rilevano spesso la presenza di materiale lapideo reperibile facilmente in prossimità del cantiere; nei casi brontesi, è stato possibile rilevare l'esistenza di ciottoli di fiume, mentre ad Acicastello è possibile notare anche frammenti calcarei.

L'utilizzo di pietrame informe nelle murature è molto diffuso sia nelle fabbriche del XVI e XVII secolo che in quelle realizzate a partire dal XVIII secolo. Per i manufatti più antichi, ciò è dovuto alla già citata facilità di reperimento del materiale base in sede di cantiere e di sbancamento del terreno di sedime e all'elevato onere legato alla lavorazione della pietra lavica per la realizzazione di blocchi squadrati o rozzamente sbazzati. Tali elementi erano utilizzati solo in prossimità degli angoli dei vani delle aperture o nei cantonali o per realizzare

Fig. 99. A sinistra, cella campanaria e muratura a vista in San Giovanni a Bronte prima del restauro. A destra, Muratura del primo settore della torre destra di San Francesco all'Immacolata a Catania (Fonte: Carte del Rischio).



Fig. 100. Muratura in blocchi di basalto informi, ciottoli di fiume e ripianamenti in frammenti di laterizio nella SS. Trinità a Bronte.

ammorsature, quest'ultime disposte però in modo poco razionale come visto nel rudere del *Campanarazzu*. Nelle fabbriche ricostruite dopo il sisma del 1693, la diffusione di tale tecnica costruttiva è incentivata anche dalla convenienza e dalla necessità di un rapido riutilizzo delle macerie.

Gli spessori che si sono potuti rilevare nelle fabbriche analizzate variano tra i settanta centimetri nel caso del campanile di San Giuseppe ad Acicastello, al metro e quaranta della torre campanaria di San Giovanni a Bronte.

Vani aperture

I vani aperture delle torri campanarie sono generalmente costituiti da archivolti ricavati nei paramenti della torre e che ospitano le monofore o le bifore della cella campanaria o del fusto. Come da tradizione etnea, questi archivolti sono realizzati o a concrezione, con conci basaltici appena sgrossati messi a contrasto da frammenti di laterizio e pietrame minuto (Salemi, 2000), oppure con semplici ghiere in mattoni pressati.

In alcuni casi si è riscontrata la coesistenza di più tecniche costruttive nello stesso spessore murario. La parte a diretto contatto con le cornici delle monofore è spesso realizzata con architravi lignee, mentre la parte che volge verso l'interno della torre è un vero e proprio archivolto a concrezione. Un esempio di questo tipo è rappresentato dalla chiesa della SS. Trinità a Bronte, anche se nel caso specifico l'archivolto concretizio non è più percepibile a causa degli interventi di consolidamento in calcestruzzo armato. Per tale ragione, è doveroso citare anche gli esemplari che hanno subito interventi di consolidamento nella seconda metà del Novecento nei quali si possono trovare anche architravi in calcestruzzo armato di sostituzione.

8.2.2 Strutture orizzontali

Solai

Come osservato nei casi studio analizzati, gli orizzontamenti piani sono spesso il frutto di una sostituzione di solai originari in legno.

La tipologia di solaio più ricorrente è costituita da solai in profilati metallici di tipo *Normal Profilo* con profilo a doppia T e tavelloni in laterizio. L'intervallo tra le putrelle così formate oscilla tra i 50 e gli 80 centimetri (Randazzo, 1988). Superiormente non è quasi mai presente una vera e propria pavimentazione ma più di frequente si trova un sottile massetto in calcestruzzo. Lo spessore complessivo del pacchetto non supera i 10 centimetri. Una variante più antica prevede, al posto dei tavelloni in laterizio, un riempimento realizzato a concrezione in pietra pomice e malta di gesso.

Dalle tracce rilevate nei campanili brontesi e dalle foto allegate alle Carte del Rischio consultate, è possibile dedurre che i solai lignei utilizzati all'interno delle torri campanarie sono di frequente costruiti secondo la tradizionale tecnica ad orditura semplice che prevede l'impiego di una serie di travicelli principali (tessuti parallelamente al lato più corto della pianta) sui quali è posto il tavolato privo di pavimentazione superiore. Il numero di travicelli è funzione della relativa sezione e della luce da coprire, mentre il tavolato è caratterizzato da tavole lignee semplicemente accostate senza alcun tipo di risega di giunzione (si veda a titolo esemplificativo l'ultimo orizzontamento del campanile di San Giovanni a Bronte, di Sant'Antonio Abate a Pedara o di Sant'Agata al Borgo a Catania). La presenza di alcune antiche travi di sezione più ampia⁹³ ancora esistenti al di sotto dei nuovi solai in putrelle e tavelloni, più che far pensare ad una vera e propria doppia orditura (non comune e troppo costosa per essere utilizzata nelle torri campanarie seicentesche dell'areale), potrebbe essere giustificata dalla necessità di rinforzare gli appoggi dei travicelli molto più esili. Originari sistemi di orizzontamenti lignei, ormai non più esistenti ma documentati in alcune foto d'archivio della Soprintendenza risalenti al 1966, prevedevano anche solai ad orditura semplice e semplici tavolati di calpestio,



Fig. 101. Solaio dell'ultimo livello del campanile di Sant'Antonio Abate a Pedara.

93. Le sezioni rettangolari rilevate in queste travi in San Giovanni a Bronte presentano lato maggiore pari anche a 30 cm.



Fig. 102. Foto (del 1966) di dettaglio dell'impalcatura lignea non più esistente nella torre campanaria della SS. Trinità a Bronte (Archivio fotografico della Soprintendenza ai BBCC di Catania).

poggiati su pilastri in legno posti ai quattro angoli interni della torre e debolmente ancorati alla muratura tramite staffe metalliche e capichave esterni.

Volte

La tipologia di volte più diffusa nell'areale catanese presenta uno scheletro in pietra pomicea dell'Etna, cementato da un legante in malta gessosa. La tecnica costruttiva prevedeva l'uso di un materiale lapideo minuto molto leggero, pietra pomice o basalto bolloso, con una pezzatura costante che veniva solidarizzato da un getto molto fluido di malta. Si realizzava così, sopra una cassaforma lignea, una struttura voltata a concrezione, avente uno spessore mediamente pari alla dimensione della pietra utilizzata per la formazione dello scheletro. Il processo, quindi veniva ripetuto più volte, formando diversi strati sovrapposti, sino ad ottenere la necessaria superficie resistente in corrispondenza della sezione chiave della volta (Randazzo, 1988; Salemi, 2000).

Cuspidi

Le cuspidi terminali sono solitamente costituite da un guscio concretizio, con uno scheletro di pomici legato da malta a base di calce e azolo. Il materiale lapideo è disposto secondo filari orizzontali concentrici che seguono la geometria di base della cuspide, sia essa conica, piramidale o bulboida. Si possono inoltre trovare cuspidi con apparecchio ad archi orizzontali in laterizi, soprattutto se in presenza di risarciture frutto di riparazioni o di geometrie bulboidi più articolate, come nel campanile di Santa Maria di Monserrato a Catania. Chiamata a sormontare la cella campanaria di impianto quadrangolare, la "cuspide tipo" è impostata sui quattro lati della cella e su approssimati pennacchi angolari. Tali elementi di raccordo possono essere assimilabili a pennacchi sferici, realizzati con ghiera concentriche in pignaletti di basalto bolloso e malta di calce e azolo. In alternativa, come nel caso della cuspide bulboida di Santa Maria dell'Aiuto a Catania, il raccordo angolare è risolto attraverso una semplice mensola lapidea squadrata in pietra lavica posta in posizione angolare.



Fig. 103. A sinistra, mensola lapidea posta a 45°, ai piedi dell'intradosso della cuspide bulboide in Santa Maria dell'Aiuto a Catania (Fonte: Carta del Rischio). A destra, pennacchio di imposta della cuspide della SS. Trinità a Bronte.

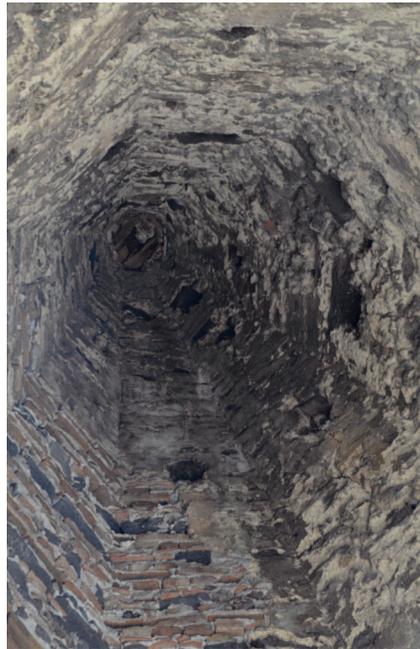


Fig. 104. Cuspide della chiesa di Santa Maria della Catena a Bronte. Estadosso e Intradosso.
Fig. 105. Ibidem. Dettaglio dei probabili elementi maiolicati della originaria cuspide, oggi posti a decorazione del coronamento.

94. Alle sette cuspidi censite, si devono aggiungere altri due esemplari non più esistenti, rappresentate dalla citata cuspide del campanile di San Giuseppe ad Acicastello e dalla cuspide del campanile di Santa Maria della Catena a Bronte. In quest'ultimo caso, a fare ipotizzare l'esistenza di un precedente esemplare maiolicato sono gli elementi fittili policromi e cuneiformi posti a decorazione del muro d'attico del coronamento. La torre campanaria subì infatti un primo rimaneggiamento intorno al 1891 ed è quindi probabile che la cuspide originaria, forse fatiscante, sia stata demolita e ricostruita a concrezione; alcuni elementi maiolicati della cuspide siano stati così conservati e applicati al coronamento come semplice decorazione.

95. «Numerosi esempi di cuspidi maiolicate, insieme a numerosi riferimenti archivistici, testimoniano l'esistenza di una tradizione costruttiva lontana dall'essere arcaica e ricorrente per molti secoli. A giudicare dagli esempi trovati in una vasta area che copre gran parte della Sicilia sud-orientale, si può confermare che nel corso dei secoli le variazioni di forma e dimensione del mattone maiolicato siano così minime che si potrebbe pensare che siano legati agli artigiani di Caltagirone in tutti quei casi in cui la loro origine non è documentata» (Di Paola, Fatta, & Vinci, 2018).

96. Cfr. § 8.3 per una trattazione più estesa sulle ossature lignee all'interno delle cuspidi ricostruite dopo il sisma del 1818.

Sette cuspidi censite nell'areale etneo si differenziano dalle restanti ottantuno perché costituite da mattoni policromi maiolicati⁹⁴. Tali elementi fittili invetriati, prodotti da maestri artigiani nel vicino areale di Caltagirone⁹⁵, sono cuneiformi (spesso internamente cavi) e possono avere sia funzione decorativa di rivestimento, solo parzialmente strutturale, sia funzione portante se utilizzati come vera e propria apparecchiatura muraria (Fatta & Vinci, 2007; Fiorilla, 1989)

Sia le cuspidi concretizie che quelle maiolicate sono di frequente caratterizzate all'intradosso o da elementari tralici di irrigidimento in legno o da vere e proprie armature in ferro disposte con l'empirico intento di contrastare sia le azioni orizzontali dovute ai sismi o al vento. Tali spinte si generano soprattutto in corrispondenza dei piani di imposta delle guglie, soprattutto se le celle campanarie sono caratterizzate da aperture ad arco che demandano l'azione stabilizzante alla sola muratura presente agli spigoli del campanile. Le armature metalliche più elaborate sono disposte verticalmente lungo le generatrici della cuspide conica, sono fissate tramite zanche chiuse esternamente da capichave e si prolungano al di sotto del piano di imposta della cuspide per collegarla meglio alla muratura della cella campanaria. Le armature verticali sono spesso collegate tra loro tramite cerchiature in ferri piatti disposte a diverse quote della superficie di intradosso delle guglie. Nei casi più elementari non si trovano armature ma sono presenti tiranti costituiti da barre metalliche o singole o disposte a croce a diverse quote e collegate da un'asta centrale verticale collegata all'estremità della cuspide (Fatta & Vinci, 2015).

Gli irrigidimenti lignei⁹⁶ più semplici che sono stati rilevati nelle cuspidi etnee presentano una semplice catena e un monaco collegato alla sfera lapidea sommitale.

All'estradosso, le cuspidi concretizie risultano sempre intonacate e possono essere presenti fasce a rilievo e realizzate in malta per rimarcare gli spigoli della geometria piramidale. In alcuni casi, come nel caso della torre campanaria del SS. Salvatore ad Adrano, la cuspide può essere decorata con piccoli elementi lapidei basaltici disposti a spirale ad enfatizzare la verticalità dell'elemento.

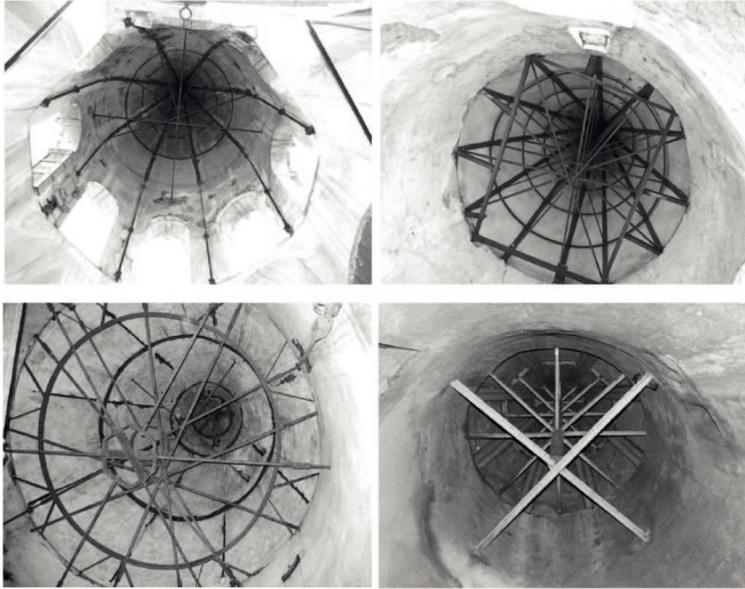


Fig. 106. Sistemi di irrigidimento intradossale di alcune guglie di torri campanarie dell'area pedemontana etnea: Duomo di Acireale, Pedara S. Caterina; Mascalucia Chiesa Madre (Fonte: Fatta & Vinci, 2015).

8.2.3 Strutture inclinate

Tetti

Le coperture a falde più ricorrenti nelle torri campanarie etnee, come già detto, hanno geometria a padiglione. L'orditura lignea portante è caratterizzata da un sistema di quattro falsi puntoni diagonali, a volte coadiuvati da una capriata, come nel caso del campanile di San Giuseppe ad Acicastello. Sopra questa semplice ossatura lignea è posto o un sistema di correntini su cui poggia il manto in coppi e canali alla siciliana oppure, come nel caso delle torri campanarie catanesi del Crocifisso di Majorana e di San Nicolò al Borgo, un tavolato disposto parallelamente alla linea di gronda sul quale è poi posto il manto in coppi e canali.



Fig. 107. Scala a pozzo su volte rampanti. Pedara, Santa Caterina (Fonte: Carta del Rischio).



Fig. 108. Scala a chiocciola "a caracol de husillo" in conci di pietra lavica. Nicolosi, San Giuseppe (Fonte: Carta del Rischio).

Scale

Come per i solai, anche i sistemi di collegamento verticale sono stati oggetto di sostituzioni frequenti. Le scale più ricorrenti hanno infatti una configurazione geometrica a pozzo e sono realizzate o con rampe in calcestruzzo armato o con rampe in profilati metallici NP e tavelloni in laterizio su cui sono posti i gradini in calcestruzzo.

Gli esemplari con scala a pozzo che mantengono ancora il sistema originario sono caratterizzati da scale impostate su archi, come nel caso dell'ultima rampa superstite del Campanarazu, o su sistemi voltati rampanti. In questo caso, visto già in San Giuseppe ad Acicastello, le volte rampanti sono realizzate a concrezione, in pomice e malta di gesso, e dunque presentano le stesse caratteristiche tecnologiche degli altri sistemi voltati già citati. La pezzatura degli elementi lapidei basaltici varia in funzione della grandezza della torre. Se infatti in San Giuseppe sono stati rilevati spessori molto ridotti (pari a circa 15 centimetri) in altre torri come quella della Chiesa Madre di Pedara, le fotografie presenti nella Carta del Rischio dimostrano l'impiego di *pignaletti* e *scarde* di dimensioni maggiori. In ogni caso, i gradini sono realizzati in muratura di mattoni pressati, con finitura della pedata in lastre quadrangolari di calcarenite o in cotto.

I parapetti delle scale a pozzo, nei sistemi voltati, possono essere in legno, con montanti ancorati alla faccia laterale delle pedate (San Giuseppe ad Acicastello, Santa Maria dell'Aiuto a Catania) o in muratura con corrimano in conci modanati in calcarenite (Chiesa Madre di Pedara). Nei sistemi in calcestruzzo armato o putrelle, i corrimani sono realizzati in ferro (Santa Maria delle Catena a Bronte). Le scale interamente in muratura, limitate di solito alla prima o alla seconda rampa, sono caratterizzate da gradini in conci di pietra lavica quadrati.

I gradini monolitici di questo tipo, in prossimità dei pianerottoli, presentano una sagoma tondeggianti atta ad accogliere il montante del parapetto ligneo; esempio di tale tipologia è stata rilevata nelle scale del rudere del campanile di Campanarazu. Altre volte, come in San Giuseppe in Acicastello, i parapetti lignei presentano montanti ancorati alla parte resistente della scala tramite

apposite staffe metalliche.

Le scale elicoidali esistenti sono realizzate in pietra o in ferro. Gli esemplari lapidei riscontrati appartengono a due tipologie costruttive differenti, entrambe di chiara origine ispanica e nelle quali ogni elemento risponde a precise regole di stereotomia.

Il sistema elicoidale più diffuso è quello a *chiocciola gotica con nucleo centrale*, noto nella trattatistica spagnola cinquecentesca come “*caracol de husillo*” (Agnello & Cannella, 2008; Bares, 2013). In queste scale, i gradini sono costituiti da mensole intagliate in pietra lavica (o in arenaria in qualche caso, ad esempio a Castiglione di Sicilia), incastrate nei muri d’ambito e sovrapposte l’una sull’altra in modo da creare al centro una colonna di sostegno sull’asse verticale del vano scala.

La seconda tipologia, rilevata attraverso le Carte del Rischio nel campanile del SS. Sacramento al Borgo a Catania, è costituita dalla tipica scala spagnola elicoidale ad occhio aperto, detta anche “*caracol de Mallorca*”, molto diffusa nelle fabbriche chiesastiche della Sicilia Orientale ricostruite nel XVIII secolo dopo il sisma del 1693⁹⁷. Rispetto ad esempi più aulici, come la scala che conduce alla cupola vaccariniana della Badia di Sant’Agata a Catania, in questo esemplare i gradini, in conci di calcarenite compatta, sono incastrati alla muratura perimetrale del vano scala ma non presentano la modanatura esterna che in genere costituisce il tipico cordolo ad elica, *disposto all’estremità che affaccia sul vuoto* (Bares, 2013).

Di evidente sostituzione sono poi gli esemplari di chioccioline in ferro con colonna centrale, come le scale poste all’interno dei campanili del SS. Crocifisso di Majorana⁹⁸ a Catania e dell’Annunziata a Bronte.

Negli esemplari di torri campanarie con orizzontamenti piani intermedi, le rampe delle scale sono di frequente in legno, o sostituite con analoghe strutture in profilati in acciaio. Come osservato in San Giovanni a Bronte, le originarie rampe lignee sono costituite da due tavole lignee laterali, dette *cosciali*, appoggiate ai travetti del solaio, e da pedate formate da tavole incassate in apposite sedi intagliate nei cosciali (De Felice & Pugliano, 2006). I parapetti sono realizzati in modo rudimentale con montanti costituiti da tavole inchiodate ai cosciali e un



Fig. 109. Scala a chiocciola “*caracol de Mallorca*”. Catania, SS. Sacramento al Borgo (Fonte: Carta del Rischio).

97. «Una tale soluzione, denominata dalla trattatistica spagnola “*caracol de Mallorca*” e da quella francese “*vis a jour*” o “*suspendu*”, non appare, per quei tempi, innovativa o sensazionale, ma si innesta in un panorama di uso e consuetudine che risulta sparso in tutto il territorio. (...) È molto probabile che anche nel Val di Noto siano state costruite, già nel Quattrocento, scale di questo tipo. È questa infatti l’area geografica nella quale si è data maggiore attenzione alla stereotomia e dove sono attivi numerosi artefici provenienti dai domini aragonesi» (Bares, 2013, pag. 73 e 78).

98. Nella torre campanaria del SS. Crocifisso di Majorana a Catania, la scala a chiocciola in ferro è poggiata su una trave IPE in acciaio, che scarica il peso della colonna centrale della scala sulle murature laterali senza gravare in modo concentrato sulla chiave di volta che sormonta il piano terra.



Fig. 110. Scala in legno in San Giovanni a Bronte.

corrimano costituito da una tavola inchiodata ai montanti.

In campanili molto piccoli, o in esemplari ormai privi delle originarie rampe in legno, sono presenti scale a pioli, in legno o ferro, appoggiate ai solai intermedi (come nel campanile della chiesa di Santa Maria del Rosario a Bronte o Sant'Antonio abate a Pedara).

8.2.4 Apparecchiatura lapidea di facciata

Basamento

Quando il basamento presenta esclusivamente la zoccolatura, le soluzioni tecnologiche più ricorrenti sono costituite da esemplari o in lastre rettangolari di pietra lavica disposte verticalmente⁹⁹ o in malta di calce e azolo (soluzione frequentemente sostituita da zoccolature in malta cementizia in seguito a interventi di risanamento e restauro).

Per quanto riguarda i basamenti "classici" più ricorrenti, tripartiti in zoccolo, dado e cimasa, questi sono realizzati solitamente con una muratura a vista con conci ben squadri di pietra lavica disposti a giunti alterni e legati da sottili giunti e comenti di malta di calce e azolo. Tale elemento architettonico è ammorsato al paramento murario retrostante e ne assume le funzioni di un vero e proprio rivestimento.

Lo stesso procedimento costruttivo, con conci basaltici ben squadri e intagliati, caratterizza i basamenti a scarpa di molti campanili etnei come quelli di Sant'Agata al Borgo a Catania o quelli delle chiese madri dei paesi del versante orientale del vulcano come Mascalucia, Nicolosi e Pedara. Nei casi meno aulici, come quello visto nella torre campanaria di San Giuseppe ad Acicastello, il basamento a scarpa è realizzato con la stessa tecnica costruttiva della muratura in elevazione e presenta una finitura intonacata con cantonali in conci di pietra lavica a vista. La medesima soluzione di San Giuseppe ad Acicastello è presente anche nella torre campanaria del Santuario di Santa Maria Annunziata a Bronte, nella quale durante gli ultimi interventi di restauro, ai conci lapidei dei cantonali sono stati aggiunti lastroni rettangolari in pietra lavica come rivestimento delle

99. Tali elementi lapidei, che possono raggiungere anche uno spessore di 20 cm, venivano chiamati "balate" (Sciuto, 2002).

facce precedentemente intonacate della scarpa basamentale.

Cantonali

I cantonali più ricorrenti nelle torri etnee sono realizzati con conci squadrati di pietra lavica disposti a giunti alterni in filari con altezze non sempre regolari. Questi elementi garantiscono una maggiore resistenza della soluzione d'angolo delle murature delle torri che, come si è già osservato, presentano murature con scheletri lapidei fortemente irregolari.

L'apparecchiatura lapidea dei cantonali è di solito in leggero sovrasquadro rispetto alla superficie intonacata del piano della facciata, anche se non mancano casi in cui i conci sono posizionati a filo intonaco.

Quando sono dotati di piedistallo e di capitelli, i cantonali, vere e proprie paraste d'angolo, possono avere larghezza costante in elevazione, se seguono l'ordine gigante con capitello posto al di sotto del coronamento. Se i cantonali sono interrotti da marcapiani e trabeazioni, o il profilo della torre presenta una cella campanaria di luce minore rispetto a quella del fusto, i cantonali dei partiti architettonici del fusto hanno larghezze maggiori rispetto a quelli della cella campanaria (si vedano a titolo esemplificativo, il campanile di San Pietro ad Adrano e il campanile di Sant'Antonio a Castiglione di Sicilia).

Una variante molto diffusa è poi il cantonale costituito da un piedistallo in conci squadrati in pietra lavica e un fusto e capitello in malta. Questa soluzione tecnologica è ricorrente anche nei casi di torri campanarie accorpate, dove non esistono veri e propri cantonali ma gli elementi di definizione verticali della fabbrica sono costituiti da lesene (si vedano, per esempio, i campanili di Santa Maria degli Ammalati a Catania e di Santa Maria della Catena a Bronte).

Soprattutto negli esemplari realizzati dopo il 1693, il mutato gusto stilistico contribuisce ad introdurre un'ulteriore tipologia di cantonale, formata da piedistallo in conci squadrati di pietra lavica e fusto in conci o lastre di calcarenite compatta¹⁰⁰ e coronato da capitelli in calcarenite tenera. In questo caso il fusto può anche essere riquadrato, come in Sant'Orsola o in Sant'Agata al Borgo a Catania.



Fig. 111. Torre campanaria di Santa Maria dell'Annunziata a Bronte.

In primo piano, i cantonali.

100. Oltre alla pietra lavica, infatti, nell'areale etneo è molto diffuso l'uso della "pietra bianca", per la facile lavorabilità. Questa pietra proviene di solito dai ricchi giacimenti iblei nelle sue svariate combinazioni cromatiche e tessiturali (pietra di Priolo, di Melilli, di Noto, pietra di Comiso, di Modica, pietra giuggiolena) (Salemi, 2018).

Negli esemplari di questo tipo, la cella campanaria presenta l'intera apparecchiatura lapidea di facciata realizzata in lastre di pietra calcarea che ben si presta ad assumere le forme più svariate di lesene e capitelli. Da questo punto di vista, gli esempi più aulici di cantonali, lesene e colonne in calcarenite sono rappresentati dalle grandi chiese monumentali barocche come San Francesco d'Assisi a Catania, Santi Pietro e Paolo e San Domenico ad Acireale, o dal campanile del SS. Sacramento al Borgo per il fusto delle paraste bugnato al primo ordine e riquadrato negli ordini superiori.

Emblematici, seppur non diffusi nell'areale, sono i cantonali realizzati con conci squadrati di pietra lavica disposti sui filari in modo alterno, di testa e di fascia, nei campanili di San Giuseppe ad Acicastello e di Santa Maria Annunziata a Bronte; altri casi sono quelli delle celle campanarie dei campanili del Duomo di Acireale, di Santa Maria dell'Itria a Paternò e della Chiesa Madre di Pedara, nelle quali i cantonali di gusto rinascimentale sono caratterizzati dall'alternarsi di filari in conci di pietra lavica e conci di calcarenite compatta.

Marcapiani e marcadavanzali

I marcapiani e i marcadavanzali che scandiscono soprattutto i fronti del fusto e delle celle campanarie degli esemplari più antichi, come quelli rilevati ad Acicastello, Bronte e Campanarazu, sono generalmente realizzati con conci modanati in pietra lavica non molto aggettanti.

Come per i cantonali, negli esemplari realizzati a partire dal XVIII secolo sono molto diffusi marcapiani modanati o interi sistemi trabeati in conci e lastre di calcarenite. Nei casi meno aulici, i marcapiani sono costituiti da uno scheletro in muratura di mattoni pressati rivestito da malta.

Coronamenti

Le trabeazioni di coronamento seguono le stesse regole costruttive dei marcapiani. Architrave, e cornice sono di frequente realizzati in conci di pietra lavica o calcarenite tenera, mentre il fregio piano è composto prevalentemente

da lastre di calcarenite. Non mancano analoghe soluzioni interamente in malta con scheletro in mattoni pressati.

Coronamenti di tipo più semplice sono costituiti da singole cimase o cornici modanate, in malta o in conci lapidei sia basaltici che calcarenitici. Nei principali esemplari brontesi, tra due cornici a forma di toro è presente un fregio piano realizzato in lastre di pietra arenaria (SS. Trinità) o di pietra lavica (Santa Maria Annunziata) o semplicemente intonacato (San Giovanni). A volte, in casi come la torre campanaria della Chiesa Madre di Nicolosi, di Santa Maria di Licodia o di San Pietro ad Adrano, la cimasa è sorretta da modiglioni in pietra lavica intagliata, simili a quelli ritrovati anche tra le macerie del Campanarazzu.

Significativi sono inoltre i coronamenti più aggettanti rappresentati da muri d'attico o parapetti sostenuti da archi pensili su beccatelli o modiglioni in pietra lavica. Questi archi possono essere realizzati in conci sagomati di pietra lavica, come nel caso dei coronamenti dei due ordini della cella campanaria della Chiesa Madre di Pedara o di Mascalucia o del campanile del SS. Salvatore ad Adrano. Tali archi possono anche essere rivestiti in malta, come nel campanile della chiesa di Santa Maria della Catena a Bronte; in questo caso è probabile che essi siano costituiti da una ghiera in mattoni pressati o da piccole scarde in pietra lavica bollosa legate da malta di calce e azolo.

Merli, pinnacoli e guglie

Fanno inoltre parte dei coronamenti anche i muri d'attico, costruiti in analogia con le murature sottostanti e che possono essere decorati da cimase modanate in pietra calcarea, lavica o malta. Al di sopra di questi muretti si trovano spesso i citati merli guelfi o ghibellini. Tali elementi sono ricorrentemente costruiti in muratura, come è evidente in San Martino a Randazzo, ed intonacati come in Santa Maria della Catena a Bronte. Sempre a Bronte, ciascuno degli esili merli della torre campanaria della SS. Trinità è costituito da un elemento monolitico in pietra lavica o arenaria che funge da rivestimento della retrostante parte in muratura intonacata.

I pinnacoli d'angolo e le guglie caratterizzano molti dei coronamenti delle celle

campanarie. Gli esemplari più ricorrenti sono realizzati in pietra lavica o in calcarenite, ma esistono anche casi di pinnacoli e guglie in muratura, costituita da materiale lapideo minuto e laterizi e intonaco di rivestimento.

Pinnacoli e guglie, formalmente identici, si differenziano per la funzione statica dei primi e quella meramente estetica delle seconde. Infatti, i pinnacoli, posti sopra i piedritti degli archi a tutto sesto delle monofore delle celle campanarie, stabilizzano il piedritto contribuendo con la loro massa inerte a ridurre le spinte degli archi.

Rivestimenti di facciata

I rivestimenti lapidei sui paramenti esterni delle torri campanarie etnee non sono molto ricorrenti; nonostante ciò, sono da citare i significativi casi di rivestimenti in conci di pietra lavica della torre campanaria di Santa Maria di Randazzo e in lastroni di pietra lavica del già citato campanile di San Giovanni a Bronte. In conci calcarei sono poi i rivestimenti delle celle campanarie del Duomo di Acireale. A questi rivestimenti in conci perfettamente squadrati, si devono poi aggiungere i partiti architettonici delle basiliche barocche interamente rivestiti da lastre e conci in calcarenite tenera nelle parti finemente scolpite e in calcarenite compatta nelle parti squadrate.

Mostre e cornici

Le aperture che caratterizzano l'impaginato architettonico delle torri campanarie tradizionali, come già detto, sono sempre definite e ornate da cornici e mostre di materiale lapideo vario. Molto frequente è l'utilizzo dei conci di pietra da taglio (calcareniti) che più si presta alla lavorazione dell'ornato. Ciò non esclude le grandi capacità espressive raggiunte dalle maestranze locali nell'uso dei conci in pietra lavica (soprattutto nelle torri campanarie pre-terremoto 1693), che, ad esempio, trova l'apice dell'espressione artistica nelle bifore con capitello corinzio della cella campanaria di S. M. della Catena.

Nei casi più modesti, come visto in San Giuseppe ad Acicastello, le cornici delle



Fig. 112. Particolare della bifora in pietra lavica in Santa Maria della Catena a Bronte.

monofore possono essere *realizzate con laterizi pressati posti leggermente al di fuori del piano costituente il paramento esterno, rivestiti da un intonaco che simula la pietra bianca* (Salemi, 2018).

Balaustre

Soprattutto nelle già citate basiliche barocche, e nelle celle campanarie dei campanili realizzati subito dopo il terremoto, il parapetto delle monofore o il muretto d'attico di coronamento sono spesso arricchiti da balaustre realizzate in conci di pietra calcarea modanata.

8.2.5 Sistemi di supporto delle campane

I sistemi di supporto delle campane (*ceppi*) riscontrabili nelle torri campanarie tradizionali etnee variano in funzione della grandezza delle campane e della posizione all'interno delle celle campanarie. In base agli esemplari visitati e quelli presenti nelle Carte del Rischio, non sembrano essere presenti campane di tipo basculante. Le campane esistenti sono generalmente di tipo fisso, suonate tramite la percussione del battaglio interno o di martelli esterni elettrificati (Cuzzoni, 2016). Le campane di dimensioni maggiori (come ad esempio quella di San Giovanni a Bronte, con diametro massimo pari a circa un metro) sono poste al centro della cella campanaria, appese ad un ceppo ligneo sorretto da un sistema di travature ligneo o in acciaio. Negli esemplari più antichi, o che non hanno subito recenti trasformazioni, il ceppo con la campana centrale è sorretto o da due travi lignee¹⁰¹ incastrate nella muratura della cella al di sopra degli archivolti. Una variante è costituita da una trave lignea fissata ad un sistema di quattro travi in legno poste a perimetro della cella che sono ancorate alla muratura tramite staffe metalliche e che fungono anche da catene per i quattro paramenti murari. Laddove invece sono stati automatizzati i meccanismi di attivazione delle campane, esistono veri e propri castelletti costituiti da travi in acciaio incastrate nella muratura o appese ad apposite strutture di sostegno in



Fig. 113. Bronte, travi lignee di supporto della campana centrale in Santa Maria della Catena a Bronte.

101. Nel campanile di San Giovanni a Bronte, la campana principale è posta al centro, appesa a due grandi travi di castagno, di sezione rettangolare pari a 40x20 centimetri, saldamente incastrate nella muratura della cella campanaria.



Fig. 114. Scheletro portante in c.a.
nella torre della SS. Trinità.

acciaio. Le campane ospitate all'interno degli archivolti delle celle sono invece di dimensione più piccola e sono agganciate, tramite perni metallici posti alle estremità del ceppo ligneo, ad apposite mensole in pietra lavica nei piedritti, al di sotto del piano di imposta degli archivolti (come nel caso di San Giuseppe ad Acicastello). In assenza di mensole lapidee, le campane sono fissate a piccole travi in acciaio incastrate nei piedritti. In esemplari più antichi si possono anche ritrovare appositi telai lignei atti ad ospitare due campane nello stesso archivolto.

8.2.6 Sistemi di irrigidimento

Scheletro portante in c.a.

Alcuni interventi di consolidamento effettuati nella seconda metà del Novecento hanno introdotto in alcune torri campanarie intelaiature in calcestruzzo armato costituite da travi e pilastri realizzati in aderenza ai paramenti interni del fusto e della cella. Su queste intelaiature si agganciano o solo sistemi di scale per raggiungere l'ultimo livello della torre (Torre dei Falconieri a Paternò) o anche solai intermedi costituiti da piastre in calcestruzzo armato (SS. Trinità a Bronte).

Catene e cerchiature

Gli eventuali incatenamenti tradizionali dei paramenti murari, soprattutto in corrispondenza della cella campanaria sono realizzati con barre in ferro (o meno frequentemente con travi lignee) bloccati esternamente attraverso i tipici capichiave metallici con cunei ad Y. Gli incatenamenti frutto di interventi recenti sono realizzati con barre in acciaio e capochiavi con piastre rettangolari. Nella cella campanaria di San Giuseppe ad Acicastello è stato rilevato un sistema di cerchiatura esterna costituito da fasce in ferro opportunamente incernierate agli angoli e parzialmente celate dall'intonaco.

8.3 Tecniche costruttive ed empirici presidi antisismici negli interventi di ricostruzione e consolidamento nel XVIII e XIX secolo nell'areale etneo

Si è già detto che le torri campanarie di fattura tradizionale hanno un valore testimoniale elevatissimo, perché frutto di una lunga storia costruttiva composta da diverse fasi di edificazione, trasformazioni e consolidamenti che sono ormai parte integrante della fabbrica. Per tale motivo, al fine di indagare sempre più attentamente le tecniche e i materiali tradizionali impiegati in queste emergenze architettoniche, diventa importante anche conoscere come in epoca “premoderna” si interveniva per presidiare, consolidare e conservare tali strutture. Gli interventi progettuali empirici, documentati in modo sempre più pertinente soprattutto nel corso del XIX secolo a seguito di diversi eventi sismici, nel tentativo di recuperare l'efficienza degli elementi costruttivi attraverso le buone prassi tradizionali, spesso risultavano invasivi per le fabbriche ma hanno permesso a queste di giungere fino ai nostri giorni.

Occasione per approfondire questo tema è stata rappresentata dalla possibilità di consultare il dettagliatissimo carteggio custodito presso l'Archivio di Stato di Catania¹⁰², relativo al terremoto che colpì l'areale etneo tra il 20 febbraio ed il 18 marzo 1818 e che provocò ingenti danni a gran parte del patrimonio architettonico esistente, senza tuttavia raderlo interamente al suolo.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia attribuisce al sisma del 20 febbraio 1818 un'intensità pari al IX e X grado della scala Mercalli (MCS) in corrispondenza dell'entroterra acese, dove si registrarono i danni maggiori soprattutto nelle frazioni del territorio di Aci Catena. Anche a Catania, in cui l'intensità del terremoto può essere classificata pari al VII grado MCS, si registrarono gravi danni sia al patrimonio edilizio civile che a quello monumentale ecclesiastico (Guidoboni et al., 2018).

L'amministrazione borbonica mise a punto uno specifico apparato (Iachello, 2000), allo scopo di finanziare, appaltare ed eseguire gli interventi di riparazione e consolidamento, che produsse un'ingente mole documentaria non ancora adeguatamente indagata soprattutto per quanto concerne le soluzioni tecnologiche proposte e/o adottate dai professionisti incaricati dalla

102. Cfr. Archivio di Stato di Catania (ASCT), Fondo *Commissione pe' tremuoti di Catania 1818*. Serie 1: Unità 2 *Suppliche di diverse persone e rapporti dell'ing. Zahra Buda*; Unità 4 *Tremuoti 1818*; Serie 3: *Copie conformi di atti rilasciate dal notaio Euplio Maccarrone*. Fondo *Intendenza Borbonica*, buste 4211-4.213; Fondo *III Versamento Notarile*, busta 6598.

Commissione pe' Tremuoti (Lo Faro & Salemi, 2009). Questa commissione ebbe l'onere di verificare gli effetti del sisma su tutto il territorio pedemontano e, considerando la sola città di Catania, intervenne su circa 2280 edifici residenziali e 73 immobili tra ospedali e reclusori, chiese e complessi conventuali¹⁰³. Si è potuto intraprendere un'analisi approfondita della copiosa documentazione costituita da moltissime suppliche di intervento, perizie di parte e rapporti tecnici a firma dei protagonisti del programma di recupero, tra i quali spicca la figura dell'ingegnere Salvatore Zahra Buda (1770-1832). Nonostante la complessità e la vastità del materiale documentale, è possibile intraprendere una lettura incrociata dei dati acquisiti, tentando di collocare tutte le informazioni all'interno di un quadro sinottico che metta in relazione interventi proposti, macroelementi e meccanismi di danno. In questo modo il dato documentale assume un valore bivalente, perché permette di comprendere meglio le modalità costruttive e la cultura tecnica dei professionisti dell'epoca e di ricostruire la storia clinica dei singoli manufatti non solo in sede di archivio ma anche attraverso il confronto diretto con l'oggetto costruito.

Dalle ricerche condotte si denota una rilevante quantità di interventi volti a mettere in sicurezza le torri campanarie addossate alle chiese. In esse si assistette spesso alla sostituzione delle volte reali dei piani intermedi con chiusure orizzontali più leggere quali solai lignei a semplice orditura, come ad esempio nel campanile della chiesa di Aci Bonaccorsi. In molti altri casi, la rinnovata sensibilità "antisismica" e le migliorate conoscenze tecnologiche, documentate anche dalla manualistica dell'epoca, si tradussero nel frequentissimo uso di catene in ferro di Svezia impiegate per contrastare le spinte delle volte reali e computate quasi sempre in base al numero di elementi utilizzati e solo raramente in base al peso di ciascuna catena.

Per contrastare meccanismi di ribaltamento dei paramenti murari, un intervento abbastanza frequente fu quello di realizzare controfacciate e speroni addossati alle fabbriche superstiti. Proprio nella Chiesa Madre di Santa Maria dell'Indirizzo ad Aci Bonaccorsi, tempio di origine cinquecentesca, nel 1819 fu realizzata una controfacciata sul fronte principale a firma dell'ingegnere Carlo Pulejo. All'originaria sezione muraria di circa novanta centimetri, venne

103. «Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni» (Guidoboni et al., 2018).

addossato un paramento murario di pari spessore e alto trentaquattro palmi (circa otto metri), in corrispondenza del primo ordine architettonico. La muratura portante del secondo ordine fu di conseguenza demolita e ricostruita in linea con il lato interno del paramento murario sottostante, ma con uno spessore leggermente inferiore. L'impaginato architettonico del fronte subì una necessaria riconfigurazione in grado di celare la non complanarità della parte superiore attraverso una teoria di lesene che sorregge l'alta trabeazione del primo ordine architettonico. La stessa tipologia di intervento fu adottata anche sul fronte laterale dell'adiacente campanile, nel quale, per ovviare ad un probabile meccanismo di ribaltamento, in accordo con le maestranze impegnate nel cantiere della nuova facciata, l'architetto Francesco Crisafulli, delegato dello Zahra Buda, fece realizzare un ulteriore contromuro ortogonale al primo. Nascosto oggi da un corpo di fabbrica addossato al tempio tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX, questo paramento presentava una fondazione profonda otto palmi (circa due metri) con una sezione di quasi un metro e mezzo (cinque palmi); in elevazione il contromuro era caratterizzato da un profilo rastremato, con una sezione alla base di 3.6 palmi (circa un metro) e all'estremità superiore di un palmo.

Sul macroelemento *cella campanaria* di molte torri campanarie si ricorse spesso alla demolizione degli archivolti che ospitavano le campane, verosimilmente a causa di meccanismi di rotazione o scorrimento delle estremità dei piedritti degli archi. Per scongiurare il ripetersi di questi cinematismi, i tecnici consigliavano di realizzare archi con luci minori in mattoni pressati e piedritti costruiti con conci di basalto squadrato.

Le cuspidi coniche o piramidali poste a coronamento delle celle, generalmente realizzate a concrezione con uno scheletro di pomici o in muratura di laterizi maiolicati (come già visto), vennero rinforzate con catene lignee o metalliche e risarcite nelle lesioni più evidenti. In alternativa, esse potevano essere anche demolite e ricostruite riproponendo la tecnica costruttiva a concrezione ma predisponendo delle vere e proprie centine lignee a perdere che fungevano da intelaiatura all'interno del guscio conico.

Due esempi significativi di questa tipologia di intervento, che rappresenta quindi

un empirico presidio antisismico assimilabile ai già citati muri a graticcio, sono rappresentati dalle cuspidi della chiesa madre dello *Spirito Santo* di Nicolosi e della basilica dei *Santi Apostoli Pietro e Paolo* ad Acireale.

Nel primo esempio, secondo i dettagliatissimi dati documentali reperiti e coerentemente con le soluzioni costruttive della regola dell'arte locale, nell'ottobre 1818 lo Zahra Buda ordinò di ricostruire la cuspide conica riutilizzando i materiali ricavati dalla demolizione della precedente. Egli dispose inoltre tredici travetti in legno di castagno, che dovevano fungere da generatrici del cono e che erano a sezione quadrata di lato pari ad 8 once (circa sedici centimetri) e lunghi 22 palmi (circa cinque metri); per irrigidire e collegare le travi generatrici diametralmente opposte erano inoltre previste otto catene lignee, quattro delle quali non furono realizzate perché ritenute superflue dallo stesso Zahra Buda in fase di cantiere. Per tali catene, l'ingegnere prescrisse di reimpiegare le già esistenti catene in rovere, oltre che alcune catene aggiuntive in ferro. A completamento di questa struttura lignea venivano posti dei *graticci*, probabili stuoie di canne, che definivano la superficie conica dando la forma al getto di malta. Le dimensioni dell'attuale cono, del tutto coerenti con le descrizioni dell'ingegnere Zahra Buda, e le catene in legno che si possono osservare ancora oggi all'interno della cuspide dimostrerebbero l'effettiva realizzazione di questa membratura lignea.

Una struttura analoga, *ricoperta di 500 pomici e malta di calce*, fu prevista per la ricostruzione della cuspide del campanile della basilica dei Santi Pietro e Paolo ad Acireale dal capo mastro ingegnere Michele Sciacca nel 1820 .

Si veda l'appendice 1 per il dettaglio costruttivo della cuspide progettata da S. Zahra Buda a Nicolosi.

8.4 Criticità legate a caratteri geometrici, tecnico-costruttivi e possibili meccanismi di danno

Noti i citati meccanismi di danno più ricorrenti¹⁰⁴ e i risultati delle indagini tipologiche e tecnico-costruttive svolte in questa sede sulle torri campanarie tradizionali etnee, è possibile incrociare questi dati per delineare un quadro di possibili criticità insite in questi manufatti ed ascrivibili sia ad aspetti puramente geometrici sia ad aspetti tecnico costruttivi di alcuni elementi di fabbrica.

Dal punto di vista geometrico e tipologico, la configurazione addossata che caratterizza la maggioranza dei campanili tradizionali etnei incide fisiologicamente sulla risposta sismica del sistema di fabbriche chiesa-torre campanaria. Il tipo addossato, essendo vincolato al corpo della chiesa fino ad una certa quota, non è libero di oscillare a seguito di sollecitazioni di tipo orizzontale, quali sono le azioni sismiche.

Come confermato nei citati studi, il cinematismo di danno più ricorrente e attivabile nei campanili addossati è proprio il **ribaltamento fuori piano** della parte del fusto della torre che si stacca in elevazione rispetto alla fabbrica della chiesa. Tale ribaltamento è strettamente legato alla sola configurazione geometrica della torre campanaria ed è di solito dovuto alla formazione di cerniere cilindriche lungo un lato del fusto o di cerniere sferiche in corrispondenza di uno spigolo, le quali determinano la rotazione del macroelemento. La parte svettante della torre, nei casi di innesco più conclamati, presenterà lesioni ad andamento obliquo, *che ha termine a quota inferiore in corrispondenza del punto di contatto con il corpo contiguo* (Rosso & Spizzo, 1994b).

Nei casi censiti in territorio etneo, tale meccanismo è innescabile soprattutto negli esemplari di “tipo B”, molto più slanciati di quelli appartenenti alla tipologia “A”. Il corpo di fabbrica contiguo costituisce infatti un *vincolo asimmetrico*¹⁰⁵ in grado di contrastare la rotazione fuori piano della torre campanaria addossata (Rosso & Spizzo, 1994b). A tali cinematismi sono legate infatti anche le azioni di **martellamento reciproco** tra i differenti corpi di fabbrica. In base alla direzione dell’azione del sisma, il corpo di fabbrica contiguo alla torre può svolgere una pericolosa azione di contrasto¹⁰⁶ oppure, nel caso in cui

104. Analizzati da F. Doglioni (1994) e riproposti nelle Linee Guida 2011. Cfr. § 2.3.1

105. Cfr. LLGG 2011, pag. 161.

106. Intesa come reciproca opposizione al ribaltamento.

sia garantito il collegamento tra i due edifici attraverso buona ammorsatura o incatenamenti, un'azione di ritegno che cerca di trattenere il ribaltamento fuori piano della parte alta della torre. Altrettanto pericolosa è poi l'ipotesi nella quale i campanili etnei di "tipo A", come quelli analizzati nei capitoli precedenti, presentino un paramento murario in comune con la navata della chiesa. In questa configurazione, le condizioni di vincolo tra la parete della navata e i setti ortogonali della torre risultano fondamentali e andrebbero dunque indagati con specifiche indagini ND e debolmente distruttive.

La grande presenza di campanili addossati di "tipo A", in cui è la sola cella campanaria a staccarsi in elevazione dal resto della fabbrica ecclesiastica di riferimento, richiama l'attenzione sui possibili meccanismi di danno innescabili all'interfaccia tra i due macroelementi fusto e cella campanaria. In questi casi, si è visto come il cinematismo più ricorrente fosse la **rotazione verso l'esterno di una o più angolate**, con la formazione di lesioni pseudo-verticali su due lati contigui della torre; ogni coppia di lesioni discretizza i due pannelli murari in macroelementi verticali angolari liberi di ruotare verso l'esterno.

Come già detto, nelle torri campanarie tradizionali etnee, caratterizzate da una muratura con scheletro lapideo informe e nelle quali la soluzione d'angolo è risolta con cantonali in conci squadrati di pietra lavica (siano essi a vista o celati dall'intonaco), la differenza di tessitura muraria si può tradurre in una diversa rigidità tra pannello murario e cantonale (Blasi, 2013); queste difformità possono agevolare i meccanismi di espulsione delle angolate.

L'articolazione interna del fusto può contribuire all'innescamento di tale cinematismo se, come visto in San Giuseppe ad Acicastello, l'orizzontamento che costituisce il piano di calpestio della cella campanaria è un sistema voltato, oppure un solaio di sostituzione molto rigido che produce azioni di martellamento sui paramenti murari. Come sottolineato nello studio di F. Doglioni (Rosso & Spizzo, 1994b), il meccanismo è fortemente influenzato anche dalla presenza di vuoti nel paramento murario; di conseguenza, tutti gli esemplari in cui il fusto è caratterizzato da una serie di aperture allineate risultano più esposti all'innescamento del cinematismo.

Per quanto riguarda i meccanismi che possono interessare le celle campanarie,

ognuno dei cinematismi noti per tale macroelemento è di probabile attivazione data la varietà di configurazioni geometriche e soluzioni tecnologiche presenti. L'esperienza friulana dimostra come i meccanismi di danno inerenti al macroelemento cella siano legati più alle specifiche tecniche costruttive che non agli aspetti tipologici o alla distribuzione delle aperture (Rosso & Spizzo, 1994a).

Il cinematismo di rotazione delle angolate descritto per il macroelemento torre può "trascinare" i ritti degli archivolti della cella soprastante provocando un ribaltamento della stessa. Tale condizione può generarsi nei campanili tradizionali etnei quando le celle campanarie, come ad esempio in San Giuseppe ad Acicastello, sono il risultato di sopraelevazioni che non garantiscono una corretta continuità muraria tra estremità superiore del fusto e base di imposta della cella. Proprio per tale ragione, spesso i setti murari delle celle campanarie sono caratterizzati da murature di qualità inferiore rispetto a quelle sottostanti e sono concentrati esclusivamente in corrispondenza degli angoli. Da ciò segue che le masse sopportate dai ritti, quali coronamenti, cuspidi, coperture spingenti e pinnacoli pesanti, possono indurre espulsione delle angolate in caso di sollecitazioni orizzontali dovute a terremoti (con le modalità di rotazione già citate). Questo si verifica soprattutto quando gli archivolti hanno ampia luce e i ritti risultano particolarmente esili¹⁰⁷, con muratura in pietrame lavico informe mista a parti in mattoni pressati (quest'ultima forse frutto di riparazioni).

Infine, la presenza di numerosi esempi di cuspidi censite non può escludere a priori i cinematismi di ribaltamento delle parti sommitali di queste coperture, legati ad azioni di taglio o di pressoflessione, soprattutto nei casi privi di irrigidimenti interni.

Come dimostrato dal campanile di San Giuseppe ad Acicastello, nel quale la fase settecentesca di completamento della fabbrica ha portato all'errata scelta progettuale di costruire "in falso" uno dei quattro lati della cella campanaria (sulla quale gravarono fino al 1908 tamburo, pinnacoli e l'alta cuspidi maiolicata), le differenti fasi costruttive dell'organismo edilizio incidono intrinsecamente sulla vulnerabilità sia in termini di errate configurazioni geometriche sia in termini di discontinuità di tipo tecnico-costruttivo.

107. In questo senso, celle campanarie come quella di San Giovanni a Bronte risultano maggiormente resistenti essendo dotate di archivolti di luce modesta rispetto alle dimensioni dei setti murari circostanti. Quest'ultima configurazione è anche dovuta all'empirica volontà di attribuire maggiore resistenza ai paramenti murari nei quali sono incastrate le grandi travi sulle quali è appesa la campana principale (Cfr. § 6.3).

Ciò vale non solo per le vicende di epoca premoderna ma anche per gli interventi di trasformazione e di consolidamento che possono aver interessato le torri campanarie nella seconda metà del XX secolo. Come già detto precedentemente e sostenuto anche da A. Giuffrè (1998, 2006) o da F. Doglioni, *tutti i processi di trasformazione edilizia determinano nella fabbrica la presenza di eterogeneità che contribuiscono ad allontanare la fabbrica reale, se non da un ipotetico modello ideale, quanto meno da un edificio costruito a regola d'arte sotto il profilo dell'omogeneità e della continuità strutturale* (Doglioni, 1994). A tale allontanamento dal “modello ideale”, F. Doglioni associa un aumento della vulnerabilità definita come un vero e proprio *scadimento rispetto alla continuità e omogeneità costruttiva originale* che difficilmente in passato ha garantito ammorsature e tecniche compatibili con la struttura originaria.

Nei casi etnei, questo è osservabile in modo diretto in molti esemplari. Come già detto, il campanile di Santa Maria della Catena a Bronte, ad esempio, presenta all'interno della canna del fusto una scala a pozzo in calcestruzzo armato che non porta alla cella campanaria¹⁰⁸ ma all'ultimo livello di un edificio contiguo e che è frutto di una trasformazione radicale del complesso ecclesiastico avvenuta negli anni '60 del Novecento. Tale trasformazione ha introdotto dunque ulteriori vulnerabilità localizzate che sono da tenere in considerazione necessariamente per qualsiasi valutazione strutturale.

108. Contestualmente a tale intervento di sostituzione delle originarie scale, forse fatiscenti, è stato anche sostituito l'orizzontamento che fungeva da piano di calpestio della cella campanaria con la realizzazione di un nuovo solaio (probabilmente anch'esso in c.a. o in putrelle metalliche e tavelloni).

109. Cinematismo osservabile soprattutto in campanili isolati e per questo liberi di oscillare. Le lesioni in mezzeria sono dovute essenzialmente alle oscillazioni in fase, dovute ad azioni di taglio e controfase, dovute a sollecitazioni di trazione. «*Nel corso di un evento sismico, entrambi i fenomeni possono manifestarsi in funzione delle frequenze forzanti che cambiano ogni istante*» (Coisson, 2013a).

Un altro esempio brontese è costituito dal campanile della chiesa madre SS. Trinità (torre addossata di “tipo B”). Come descritto precedentemente, la fabbrica presentava un sistema voltato al piano terra ed un'impalcatura lignea debolmente ancorata alle murature, che permetteva di raggiungere la cella campanaria posta al quarto ordine. L'originaria assenza di efficaci elementi di incatenamento tra i quattro paramenti della torre, unitamente alla non elevata qualità della muratura in pietrame lavico informe e ciottoli di fiume, aveva prodotto evidenti lesioni pseudo-verticali che collegavano in mezzeria le monofore dei diversi ordini, sintomo di un incipiente cinematismo di **suddivisione in macroelementi verticali**¹⁰⁹ (Coisson, 2013a). Le opere di consolidamento realizzate alla fine del secolo scorso hanno sostituito l'impalcatura lignea con un sistema di sottili piastre in calcestruzzo armato,

sorrette da uno scheletro portante intelaiato che sostiene anche le travi in acciaio alle quali sono appese le campane della cella sommitale. In caso di sisma di tipo distruttivo, strutture intelaiate in c.a. realizzate in aderenza alla scatola muraria tradizionale, trasformata in un semplice involucro, possono subire azioni di compenetrazione con conseguente disgregazione delle murature in aderenza.

Le riflessioni qui condotte sottendono necessariamente l'ipotesi nella quale i paramenti murari delle torri campanarie tradizionali si possano comportare in modo rigido, discretizzandosi in macroelementi riconoscibili. Bisogna tuttavia tenere in considerazione anche le cosiddette *vulnerabilità non quantificabili*, ovvero quelle caratteristiche intrinseche e quegli elementi che, pur non essendo presi in considerazione dai modelli di calcolo¹¹⁰ a causa della difficoltà di tradurre numericamente la loro pericolosità, mettono in serio rischio la pubblica incolumità. Ognuna di queste vulnerabilità va necessariamente indagata, con specifiche indagini e sopralluoghi e anche disgiuntamente dalla costruzione dei modelli di calcolo, per evitare di trascurare immediati pericoli per la sicurezza degli abitanti dei centri storici (Coisson, 2013b). A tali vulnerabilità, considerando le torri campanarie tradizionali, si potrebbero ascrivere le murature dal *comportamento non monolitico* e la presenza di *elementi di finitura e decoro* potenzialmente pericolosi, soprattutto se in posizione aggettante.

In generale, alla prima categoria appartengono quelle tipologie murarie nelle quali, a causa di tessitura irregolare o qualità scadente della malta, in occasione di eventi sismici di tipo disastroso, possono disgregarsi ancor prima di discretizzare eventuali macroelementi con ribaltamenti fuori piano o collassi nel piano. In prima battuta, in sede di censimento e di rilievo speditivo dei casi analizzati, alcune caratteristiche che potrebbero far pensare a comportamenti di questo tipo possono essere costituite dall'esistenza di ciottoli di fiume nello scheletro informe di piccola pezzatura delle murature brontesi.

Un'ulteriore vulnerabilità intrinseca, che però non compromette il comportamento monolitico del paramento, potrebbe essere individuata nell'irregolarità della tessitura dello scheletro lapideo informe, alla quale si pone rimedio attraverso grandi quantità di malta di calce e azolo e ripianamenti

110. « o, più in generale, da chi deve quantificare il livello di sicurezza sismico di un edificio» (Coisson, 2013b).

in frammenti di laterizio e mattoni pressati. Come visto nel rudere del Campanarazzu, la buona qualità della malta ha fatto discretizzare la muratura in fasce di piano comprese tra due ricorsi di ripianamenti; i ribaltamenti fuori piano e le relative cerniere si sono innescati proprio in corrispondenza di tali ricorsi. Nei casi delle basiliche barocche interamente rivestite in conci e lastre di calcarenite tenera, lo scheletro murario interno è caratterizzato di frequente da elementi di grande pezzatura che assicurano efficienti prestazioni per i carichi verticali. I sottilissimi ripianamenti di malta, rinzeppati con piccoli frammenti, possono in questo caso innescare la creazione di cerniere cinematiche difficilmente localizzabili preventivamente.

Spesso trascurati dalle considerazioni di tipo strutturale ma importanti ai fini della sicurezza dell'incolumità pubblica, infine, sono gli elementi di finitura e decoro rappresentati in questa sede da una serie di elementi dell'apparecchiatura lapidea di facciata. Trabeazioni modanate aggettanti in conci calcarenitici, mostre e cornici di monofore e marcapiani, pinnacoli terminali e sfere sommitali sopra le cuspidi, se non ben vincolate alla muratura possono distaccarsi anche a causa di deboli eventi tellurici.

Inoltre, se si pensa anche alle analisi di carattere globale svolte sul campanile di Acicastello (Anzalone, 2018), si è già visto come in caso di sisma le celle campanarie costituiscano il macroelemento maggiormente soggetto a spostamenti rigidi e rotazioni. I relativi coronamenti sono caratterizzati spesso da merlature (monolitiche o in muratura), in alcuni casi poste anche in posizione aggettante grazie a modiglioni, archetti pensili e beccatelli di supporto. Alla luce di ciò, tutti questi elementi precedentemente descritti possono costituire un pericolo in caso di sisma.

A questo lungo elenco sono poi da aggiungere anche le campane appese sulle mensole lapidee, poste in cima ai piedritti degli archivolti delle monofore delle celle, ed i castelletti campanari in ferro battuto, posti spesso esternamente in copertura e che rappresentano un ulteriore elemento di pericolo di caduta nell'eventualità dell'insorgere di cinematismi di ribaltamento.

In conclusione, tutte le considerazioni fin qui esposte portano alla specificazione di quelli che le LLGG 2011 definiscono come *indicatori di vulnerabilità*, ovvero *quei particolari tipologici e costruttivi che giocano un ruolo fondamentale nella risposta sismica del manufatto*¹¹¹ (Cfr. Tabelle).

Per gli aspetti geometrici, nel macroelemento torre gli indicatori di vulnerabilità da valutare sono legati innanzitutto a fattori di ordine tipologico, considerando gli eventuali edifici contigui come vincoli asimmetrici per il macroelemento. Gli studi empirici hanno dimostrato anche come la configurazione geometrica interna possa influire sul comportamento strutturale, soprattutto se sono presenti sistemi voltati o, al contrario, manchino orizzontamenti intermedi e la canna del fusto del campanile risulta essere vuota. La presenza di aperture considerevoli, allineate ai differenti livelli, può contribuire all'innescio di suddivisioni verticali del fusto. Nella cella campanaria, dal punto di vista geometrico incide senza dubbio l'ampiezza degli archivolti, ovvero la snellezza dei piedritti, e l'eventuale esistenza di porzioni murarie in falso.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnologici, ripercorrendo in grandi linee la stessa gerarchia dei diversi elementi di fabbrica (Mandolesi, 1978) seguita nell'analisi dei casi studio, è possibile individuare indicatori di vulnerabilità in alcuni degli elementi costruttivi funzionali. Come detto, per ciò che riguarda le strutture verticali, costituiscono indicatori di vulnerabilità l'inefficace collegamento tra i paramenti (in termini di ammorsature o di incatenamenti) e le caratteristiche della tipologia muraria che, se non conformi alla regola dell'arte, costituiscono delle vulnerabilità non quantificabili. Per le strutture orizzontali, sono indicatori gli orizzontamenti rigidi, come i solai latero-cementizi, soprattutto in abbinamento ad eventuali strutture intelaiate in calcestruzzo armato realizzate in aderenza alle strutture verticali in muratura. Possono essere considerati potenziali indicatori di vulnerabilità gli elementi aggettanti dell'apparecchiatura lapidea di facciata come cornici e marcapiani.

Nel macroelemento cella campanaria, le strutture verticali sono rappresentate dai piedritti in muratura che costituiscono indicatori di vulnerabilità qualora presentino eterogeneità nello scheletro lapideo della muratura (*vulnerabilità non quantificabile*) o inefficaci collegamenti con la muratura sottostante

111. Cfr. LLGG 2011, pag. 36 (in riferimento al livello di valutazione LV1).

112. Nel presente studio, le *vulnerabilità non quantificabili* sono state considerate come indicatori "potenziali".

del macroelemento torre. Tra gli indicatori di vulnerabilità nelle strutture orizzontali, si annoverano gli orizzontamenti rigidi o le strutture portanti spingenti dell'eventuale copertura lignea. Agli elementi aggettanti di finitura già citati per il macroelemento torre e gli altri elementi caratteristici dei coronamenti sommitali, si aggiungono agli indicatori potenziali di vulnerabilità le campane appese agli archivolti ed i castelletti campanari sui muri d'attico.

Per tener conto di tutte queste considerazioni, il *Catalogo delle torri campanarie tradizionali etnee*, posto in appendice¹¹³, oltre ad elencare e localizzare tutti gli esemplari esistenti sul territorio, riassume le informazioni di carattere tipologico, dei principali *indicatori di vulnerabilità* e degli eventuali *presidi antisismici* esistenti¹¹⁴ desumibili dai rilievi a vista e dalla consultazione delle Carte del Rischio.

113. Cfr. Appendice B.

114. In accordo con le LLGG 2011.

MACROELEMENTO	INDICATORE DI VULNERABILITÀ GEOMETRIA	CINEMATISMI INNECABILI			
		RIBALTAMENTO	MARTELLAMENTO	SUDDIVISIONE VERTICALE	ROTAZIONE ANGOLATE
TORRE	VINCOLO ASIMMETRICO	✓			
	VOLTA PIANO TERRA	✓	✓		✓
	CANNA VUOTA	✓		✓	✓
	ALLINEAMENTO APERTURE	✓		✓	✓
CELLA CAMPANARIA	PIEDRITTI SNELLI	✓			✓
	STRUTTURE VERTICALI IN FALSO	✓			✓

Fig. 115. Indicatori di Vulnerabilità
connessi alle configurazioni geometriche
delle torri campanarie.

MACROELEMENTO	SISTEMA TECNOLOGICO	INDICATORE DI VULNERABILITÀ <i>TECNICHE COSTRUTTIVE</i>	CINEMATISMI INNESECCABILI				VULNERABILITÀ NON QUANTIFICABILI
			<i>RIBALTAMENTO</i>	<i>MARTELLAMENTO</i>	<i>SUDDIVISIONE VERTICALE</i>	<i>ROTAZIONE ANGOLATE</i>	
TORRE	STRUTTURE VERTICALI	INEFFICACE COLLEGAMENTO	✓			✓	
		MURATURA INFORME CON CIOTTOLI					✓
	SCHIELETRO PORTANTE	SISTEMI INTELAIATI IN C. A.		✓			
	STRUTTURE ORIZZONTALI	ORIZZONTAMENTO RIGIDO	✓	✓			
	APPARECCHIATURA LAPIDEA DI FACCIAIA	CORNICI E MARCAPIANI AGGETTANTI					✓

Fig. 116. Indicatori di Vulnerabilità connessi alle tecniche costruttive nel macroelemento Torre.

MACROELEMENTO	SISTEMA TECNOLOGICO	INDICATORE DI VULNERABILITÀ - TECNICHE COSTRUTTIVE	CINEMATISMI INNESECCABILI				VULNERABILITÀ NON QUANTIFICABILI
			RIBALZAMENTO	MARTELLAMENTO	SUDDIVISIONE VERTECALE	ROTAZIONE ANGOLATE	
CELLA CAMPANARIA	STRUTTURE VERTICALI	INEFFICACE COLLEGAMENTO	✓			✓	
		DISCONTINUITÀ COSTRUTTIVA	✓			✓	✓
	STRUTTURE ORIZZONTALI	ORIZZONTAMENTO RIGIDO	✓	✓			
	STRUTTURE INCLINATE	COPERTURA SPINGENTE/DEBOLMENTE SPINGENTE	✓			✓	
	SCHIELETRO PORTANTE	SISTEMI DI IRRIGIDIMENTO IN C. A.		✓			
	APPARECCHIATURA LAPIDEA DI FACCIATA	CORNICI AGGETTANTI					✓
		MODIGLIONI E BECCATELLI					✓
		PINNACOLI					✓
		MERLATURE					✓
	CAMPANE	CAMPANE IN MONOFORE					✓
CASTELLETTI CAMPANARI ESTERNI						✓	

Fig. 117. Indicatori di Vulnerabilità
connessi alle tecniche costruttive nel
macroelemento Cella campanaria.

PARTE TERZA

Torri campanarie tradizionali in Castilla y León

9 Le torri campanarie tradizionali in Castilla y León: il rischio di obsolescenza naturale

9.1 Le torri campanarie tradizionali in Spagna: lo stato dell'arte

In Spagna come in Italia, la letteratura in materia di torri campanarie tradizionali si divide spesso tra approfondimenti di tipo strutturale globale e di tipo storico-artistico. Tra le ricerche svolte negli ultimi anni, si distinguono alcuni studi che, nell'intento di documentare le istanze della fabbrica sia formali e geometriche che tecnico-costruttive, hanno affrontato uno studio più organico prendendo in considerazione il patrimonio storico-architettonico di uno specifico areale di riferimento.

9.1.1 Studi nel territorio valenciano

Una tesi di dottorato, discussa nel 2015 da E. García González, affronta lo studio di torri campanarie del XVIII secolo esistenti nell'areale di Alicante dal punto di vista geometrico e tecnico costruttivo: *Campanarios del siglo XVIII en el Bajo Segura. Construcción y geometría* (García González, 2015).

La ricerca parte da una selezione di casi emblematici presenti nel territorio del Bajo Segura (Alicante), appartenenti ai diversi vicariati della diocesi di Alicante e risalenti al XVIII secolo e non crollati a causa del terremoto del 1829 e realizzati in muratura di mattoni pressati, materiale tipico dell'areale. Lo studio architettonico-costruttivo ha previsto un rilievo diretto dei diversi campanili e la classificazione degli elementi costruttivi caratterizzanti queste fabbriche quali le configurazioni planimetriche, la posizione rispetto alla chiesa di pertinenza, le altezze, le finestre e altre aperture, gli elementi di comunicazione verticale, la presenza di orologi ed eventuali presidi antisismici esistenti. Tutti i dati raccolti

sono stati messi a sistema in un software di tipo statistico, al fine di operare un confronto tra le diverse torri campanarie per individuare caratteri comuni e differenze e verificare se e in quale misura tali campanili hanno soddisfatto i requisiti imposti dalle indicazioni divulgate dal Concilio di Trento per la realizzazione di nuove chiese (Indicazioni di Carlo Borromeo nel 1577 e del vescovo di Valencia Isidoro Aliaga nel 1631), seguendo o meno un medesimo modello progettuale e costruttivo.

9.1.2 Studi in Castilla y León

Da molti anni, l'Università di Valladolid, e soprattutto J. I. Sánchez Rivera, indaga sull'ingente numero di esemplari di torri campanarie tradizionali esistenti in Castilla y León risalenti al XV e XVI secolo, approfondendone i caratteri geometrico formali e le problematiche legate alla loro rappresentazione grafica intesa come fondamentale strumento per la documentazione di questo patrimonio.

La tradizione campanaria spagnola affonda le proprie radici nella cultura romanica e gotica. La presenza di torri campanarie nelle cattedrali e nelle chiese parrocchiali dei paesi della Castilla y León resta una costante anche nei secoli successivi. La fine del XV secolo rappresenta per la Spagna un periodo di grande sviluppo economico e politico che coincide con l'unificazione delle corone di Castiglia e di Aragona grazie al matrimonio, nel 1474, tra Isabella di Castiglia e Ferdinando II d'Aragona, i *Reyes Católicos*. Sotto il regno di Isabella infatti viene annessa anche la corona di Granada, si rafforza il potere aragonese in Italia meridionale e si apre la grande epoca dell'espansione americana. In Castilla y León tutto ciò si traduce in un discreto aumento demografico con il conseguente sviluppo del settore manifatturiero e degli scambi commerciali dei mercanti di lana con il nord Europa, area dalla quale provennero numerosi artisti che portarono un'aria di rinnovamento nell'austerità gotica castigliana dell'epoca (Sánchez Rivera, 2011). Da questo punto di vista, numerose sono le chiese parrocchiali che in questo periodo vengono ampliate e che vengono

dotate di grandi campanili, in sostituzione delle più modeste vele campanarie. I caratteri ricorrenti delle torri campanarie precedenti al XV secolo si riassumono essenzialmente in impianti planimetrici quadrati, fusto della torre “liscio” con eventuale presenza di contrafforti negli angoli, coppia di finestre in corrispondenza del piano della cella campanaria, scale a chiocciola semi-incassate nelle grandi murature e coronamento merlato, che denuncia la funzione prevalentemente difensiva di queste strutture. Ne è un esempio la torre campanaria della chiesa di *San Esteban* a Los Balbases (Burgos).

Per quanto riguarda le torri del periodo dei *Re Cattolici*, secondo J. I. Sánchez Rivera è possibile distinguere sei diverse tipologie (Sánchez Rivera, 2011):

- La prima tipologia è rappresentata da torri a pianta quadrata con contrafforti posti lungo i lati della struttura. I fronti di queste torri campanarie sono scanditi verticalmente dai contrafforti ed orizzontalmente da marcapiani modanati (Esempio: torre campanaria della *Colegiata de Ampudia*).
- La seconda tipologia (torri a pianta quadrata con contrafforti angolari) è molto simile alla precedente ma presenta i contrafforti in corrispondenza degli spigoli, disposti in modo ortogonale rispetto alle diagonali del quadrato di base, allo scopo di controbilanciare le spinte delle nervature della volta a crociera posta a chiusura intermedia dell’ambiente del primo livello della torre, di solito una cappella (Esempio: torre campanaria della chiesa parrocchiale di Villaconancio, Palencia).
- Il tipo di torre campanaria più diffuso è poi quello a pianta quadrata senza contrafforti. Queste fabbriche si distinguono per la presenza di marcapiani modanati che suddividono orizzontalmente i prospetti e dissimulano la progressiva diminuzione della sezione muraria all’aumentare dell’altezza della torre. Questi esemplari presentano spesso scale a chiocciola con occhio centrale, semi-incassate nella muratura e facilmente riconoscibili dall’esterno perché ospitate in volumi semicilindrici detti “*garitónes*”; muretti d’attico celano il sistema di copertura a quattro falde e sono spesso decorati con pinnacoli e doccioni riproducenti figure animalesche (“*gárgolas*”). Le uniche finestrate si trovano nel piano della cella campanaria (Esempio: *Nuestra Señora de la Asunción* a Canalejas de Peñafiel).



Fig. 118. La chiesa fortificata di San Esteban a Los Balbases (Burgos).



Fig. 119. Torre a pianta quadrata con contrafforti, Colegiata de Ampudia (Palencia).



Fig. 120. Torre a pianta quadrata con contrafforti angolari, chiesa parrocchiale di Villaconancio (Palencia).



Fig. 121. Torre di proporzione doppia, Nuestra Señora en Pinillos de Esgueva (Burgos).

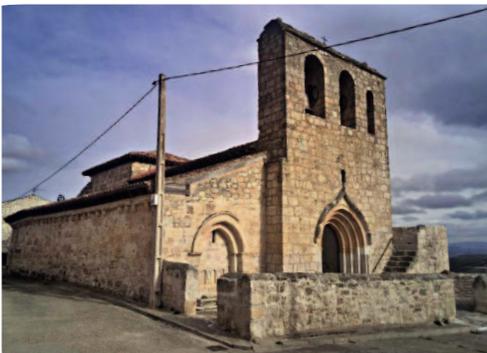


Fig. 122. Torre espadaña, San Miguel en Aza (Burgos).

nei pressi di Valladolid).

- Le torri di “*proporzione doppia*” non sono altro che la naturale evoluzione di originarie vele campanarie nelle quali i pannelli murari sono stati ispessiti fino a creare un vero e proprio volume a pianta rettangolare posta in genere all’inizio della navata della chiesa (Esempio: *Nuestra Señora* en Pinillos de Esgueva, Burgos).
- La “*torre espadaña*”, ovvero la torre-vela campanaria, ha caratteristiche comuni sia alla precedente tipologia citata che alle semplici vele campanarie. È presente nelle chiese meno monumentali e si contraddistingue grazie ad un corpo turrato che funge da ingresso della chiesa stessa ed è coronata da una vela campanaria alla quale si accede solo dall’esterno dell’edificio (Esempio: *San Miguel en Aza*, Burgos).
- La sesta ed ultima tipologia è quella della “*torre portico*”, che alle caratteristiche delle prime quattro categorie aggiunge la funzione di vero e proprio portico al piano terra, permettendo o il passaggio su strada o l’ingresso in chiesa.

Superata l’epoca isabellina, il Cinquecento vide progredire ancora di più lo sviluppo dell’esportazione della lana e della produzione cerealicola in Castilla y León, in particolar modo nella provincia di Burgos grazie alla posizione strategica lungo la via dei mercanti diretti verso Bilbao alla volta del nord Europa. Insieme all’economia del paese crebbe l’esigenza per la popolazione di edificare nuove chiese parrocchiali, soprattutto per la sepoltura, e con esse anche nuove torri campanarie.

Delle sei tipologie individuate nel secolo precedente, nel XVI secolo si continuò ad adottare soltanto quelle a pianta quadrata, con contrafforti che assomigliano sempre di più a pilastri, e le torri portico. Se nelle torri isabelline alle scansioni in campi orizzontali dei prospetti esterni non corrispondeva internamente una suddivisione in ambienti differenti, le fabbriche realizzate in questo periodo presentano spesso fronti “lisci” che tuttavia celano all’interno una articolata scansione di ambienti collocati a diverse quote: sottocoro, coro, “*cámara oculta*”, cella campanaria e camera dell’orologio (Sánchez Rivera et al., 2014). Le scale che mettono in comunicazione questi spazi sono molto spesso a chiocciola con

occhio centrale (*caracol de Mallorca*), con senso di salita antiorario ed ospitate in “*garitónes*” sempre più evidenti all’esterno e concluse con cupole o guglie coniche.

Le torri della provincia di Burgos risalenti a questo periodo storico sono di sovente poste all’inizio della navata della chiesa. Per rispondere alle esigenze di una popolazione in continua crescita, tali strutture sono messe in comunicazione con gli spazi liturgici. Al piano terra, la torre ospita infatti il “sottocoro” (voltato a crociera con arco ribassato) nel quale si trova la cappella battesimale o il portico di ingresso. Al piano superiore trova posto il coro, la cantoria voltata a crociera con nervature a vista e che si affaccia sulla navata grazie ad una balaustra riccamente decorata.

La cosiddetta “*cámara oculta*” non è messa in comunicazione con la chiesa ed è posizionata tra il coro e la cella campanaria. Questo spazio rappresentava un locale tecnico che ospitava i pesi pendenti dell’orologio posto ai piani superiori. Maggiore era l’altezza di tale camera, maggiore era il tempo necessario al meccanismo dell’orologio per scaricarsi facendo risalire il peso e minori erano le volte in cui era necessario l’intervento del sacrestano per ricaricare l’orologio. La presenza di questo ambiente evitava forti variazioni di temperatura per far passare le corde con i pesi pendenti dell’orologio.

La cella campanaria è collocata sopra la camera nascosta ed è caratterizzata da coppie di finestre su ogni lato della torre. Ognuna di esse ospita le pesanti campane e per tale motivo tali aperture presentano piedritti molto robusti.

Sopra la cella campanaria, nei campanili cinquecenteschi compare l’orologio meccanico che segna sia il tempo della preghiera che quello della vita cittadina. Questo meccanismo era spesso nascosto da muri d’attico e pinnacoli.

Oltre agli studi di J. I. Sánchez sulle torri campanarie in Castilla y León, si segnala una tesi di dottorato del 2011, sulle *Torres medievales en la Baja Moraña* (Merino Gómez, 2011), a nord della provincia di Ávila, sorte probabilmente in seguito alle minacce di invasione musulmana e alle guerre tra León e Castiglia intorno al XII e XIII secolo. La tesi si concentra soprattutto sull’analisi degli aspetti geometrico-formali rilevati attraverso raddrizzamenti omografici e ricostruzioni tridimensionali ottenute grazie a software di fotomodellazione.



Fig. 123. Torre portico, Santa Eugenia en Villegas.



Fig. 124. Coro e sottocoro della torre di San Martín a Mota del Marqués (Valladolid).



Grazie all'osservazione diretta ed al rilievo digitale, lo studio ricava anche informazioni sui materiali, sulle tecniche costruttive, sull'effettiva epoca di realizzazione e soprattutto sulla funzione originaria di questi edifici che, seppur affiancati alle chiese, spesso nascevano per svolgere funzioni difensive.



9.2 Areale di riferimento e scelta dei casi emblematici: la Tierra de Campos vallesolitana

La Castilla y León, comunità autonoma più grande dello stato spagnolo a nord-ovest della penisola iberica, è una terra ricca di arte e storia che, come illustrato nel paragrafo precedente, fu teatro di un grande sviluppo economico e culturale durante il XV secolo sotto il dominio dei *Reyes Católicos*, con l'unificazione delle corone di Castiglia e di Aragona e la scoperta dell'America; ciò determinò lo sviluppo urbanistico dei centri abitati che ampliarono le proprie chiese parrocchiali, veri e propri centri di potere, dotandole anche di nuove torri campanarie o trasformando quelle romaniche preesistenti.

La provincia della capitale del regno, Valladolid, rappresenta dunque un territorio contraddistinto da un considerevole numero di centri urbani e piccoli villaggi (si contano infatti 225 comuni), ognuno dei quali è caratterizzato da uno o più esemplari di torri campanarie di fattura tradizionale. Nell'areale vallisoletano si distinguono gli antichi borghi della comarca della *Tierra de Campos*, un tempo fiorenti per la produzione cerealicola e oggi soggetti ad un ingente decremento demografico.

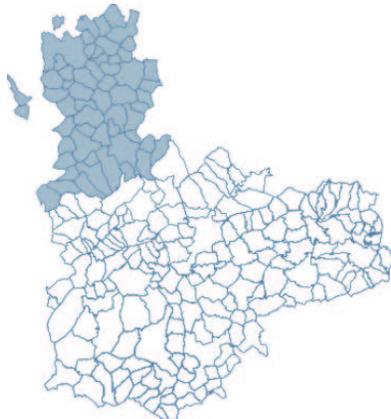


Fig. 125. Localizzazione geo-politica della comarca della Tierra de Campos (Provincia di Valladolid).

La comarca della *Tierra de Campos*¹¹⁵ è una zona pianeggiante al centro dell'altopiano della *Meseta* castigliana. Nota anticamente come *Campi Gothorum* (Cubero Garrote and Hernández García, 2017), la comarca fu colonizzata a partire dal X secolo, dopo duecento anni nel corso dei quali il territorio rimase deserto perché punto di confine tra i regni cristiani del nord e quello dei Mori a sud. A partire dalla sistematica ripopolazione promossa dalla *Reconquista* cristiana, sorsero nell'area piccole città, paesi e villaggi ognuno dei quali dotati di mura difensive, castelli e un fitto tessuto urbano nel quale la fabbrica della chiesa poteva essere o inserita occupandone un isolato oppure sorgere ai margini del costruito (Sáinz Guerra, 2010).

In questo contesto, la presente ricerca ha inteso indagare alcuni esemplari di torri campanarie tradizionali rappresentative di tale tipologia specialistica nell'areale vallesolitano della Tierra de Campos. Per far ciò, si è deciso di analizzare in prima battuta una torre campanaria ancora in uso in un centro urbano di media grandezza quale è Villalba de los Alcores, per poi spostare l'attenzione sulle torri ridotte allo stato di rudere in diversi borghi quasi del tutto spopolati, che, purtroppo, rappresentano una considerevole parte del territorio dell'altopiano.

115. In realtà, oltre che nella provincia di Valladolid, la comarca della Tierra de Campos insiste parzialmente anche nelle provincie di Palencia, Valladolid, Zamora y León.

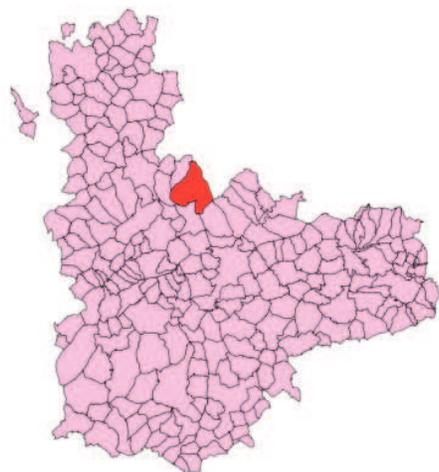


Fig. 126. Il territorio comunale di Villalba de los Alcores nella provincia vallesolitana.



Fig. 127. La chiesa di Santiago nel contesto urbano di Villalba.

116. Coordinate geografiche decimali
WGS84: 41.864461°, -4.861018°.

9.3 La torre campanaria di Santiago Apóstol a Villalba de los Alcores

Il paese di *Villalba de los Alcores* si trova nella parte nord della provincia di Valladolid, al confine tra le Comarche dei *Montes Torozos* e della *Tierra de Campos*. Le origini del centro abitato risalgono al X secolo, a seguito delle campagne militari della *Reconquista* cristiana e della successiva ripopolazione del territorio rurale. Durante la seconda metà del XII secolo, la cittadina fu scenario dei conflitti tra i Regni di León e di Castiglia, fu legata all'Ordine dei Templari (Cobos Guerra and De Castro Fernández, 1998; Parrado del Olmo, 2002), i quali fondarono la chiesa di *Santa María de Templo* chiusa al culto dal 1818, e crebbe attorno alla chiesa parrocchiale di *Santiago Apóstol*¹¹⁶.

La fabbrica della parrocchia è caratterizzata da un impianto planimetrico che segue un orientamento ovest-est, con fronte principale sul lato longitudinale esposto a sud sulla Plaza Major. L'edificio è connotato da diverse fasi costruttive non ben documentate e non del tutto indagate in letteratura. La parte più antica è rappresentata dall'abside semicircolare del XIII secolo, di chiaro stile tardoromanico e sormontata da una volta a vela protogotica. Intorno al 1500, forse per problemi strutturali o per rispondere ai mutati canoni estetici che prediligevano ampiezza e diafanità, lo spazio liturgico venne riformato realizzando tre navate di pari altezza concluse da un sistema di volte a crociera ogivali nervate su pilastri a sezione ottagonale (Castán Lanaspá, 1998). Alla fine del XVIII secolo, al fronte meridionale della chiesa furono addossati un portico e una grande sacrestia in stile tardo-barocco.

Ai piedi della navata centrale sorge la relativa torre, la cui cella campanaria, risalente al XVI secolo, è stata attribuita ad un esponente dell'architettura classicista castigliana, Alonso de Tolosa (1549-1588) (Bustamante García, 1983), il quale, insieme al padre Pedro, fu impegnato anche nella costruzione della Cattedrale di Valladolid e del Monastero dell'*Escorial* (Sánchez Esteban, 1991).



Fig. 128. A sinistra, la chiesa di Santiago Apóstol a Villalba de los Alcores. Vista del prospetto principale sulla piazza del paese. In basso, dettaglio del prospetto della cella campanaria.

9.3.1 Caratteri geometrico-formali

Il volume della torre campanaria è addossato al lato occidentale del tempio, è alto circa ventidue metri e presenta una pianta quadrangolare, di lati esterni pari a circa 7.20 e 6.20 metri e lati interni di 4.30 e 3.60 metri. Esternamente, il fusto è connotato da un austero aspetto monolitico privo di aperture significative, fatta eccezione per gli accessi posti al piano terra in corrispondenza dei fronti ovest e sud e per il medaglione circolare del fronte ovest, che probabilmente ospitava il quadrante dell'orologio. La torre poggia su una sottile zoccolatura ed è scandita orizzontalmente da un marcapiano retto, all'altezza di 8.70 metri, che suddivide in due blocchi distinti il fusto, e da un ulteriore marcapiano in stile classicista posto a quota 15.18 metri, che segna la separazione tra fusto e soprastante cella campanaria rinascimentale. Sul fronte orientale, al di sotto del marcapiano classicista si trovano due grandi finestre ogivali, oggi murate e parzialmente nascoste dall'attuale copertura a falde della navata. I fronti della cella campanaria mostrano un chiaro riferimento alle serliane palladiane con le finestre concluse da archi a tutto sesto in posizione centrale tra nicchie



rettangolari trabeate. Le semplici lesene che delimitano i prospetti sorreggono un muro d'attico di coronamento dietro al quale si cela la copertura a padiglione e sui cui quattro angoli sono posti dei pinnacoli a sfera, ornamento ricorrente anche nel Monastero dell'*Escorial*.

Come accennato precedentemente, alla torre si accede solo attraverso i due ingressi sud ed ovest. Al suo interno (Fig. 6) la fabbrica presenta un primo ambiente alto 10.47 metri, illuminato solo da una piccola finestra rettangolare sul prospetto ovest. Sulla parete orientale è ancora visibile l'innesto di una volta a botte ogivale, non più esistente, sopra la quale è collocato il solaio dell'ambiente soprastante.



Fig. 129. Vista del prospetto settentrionale della torre.

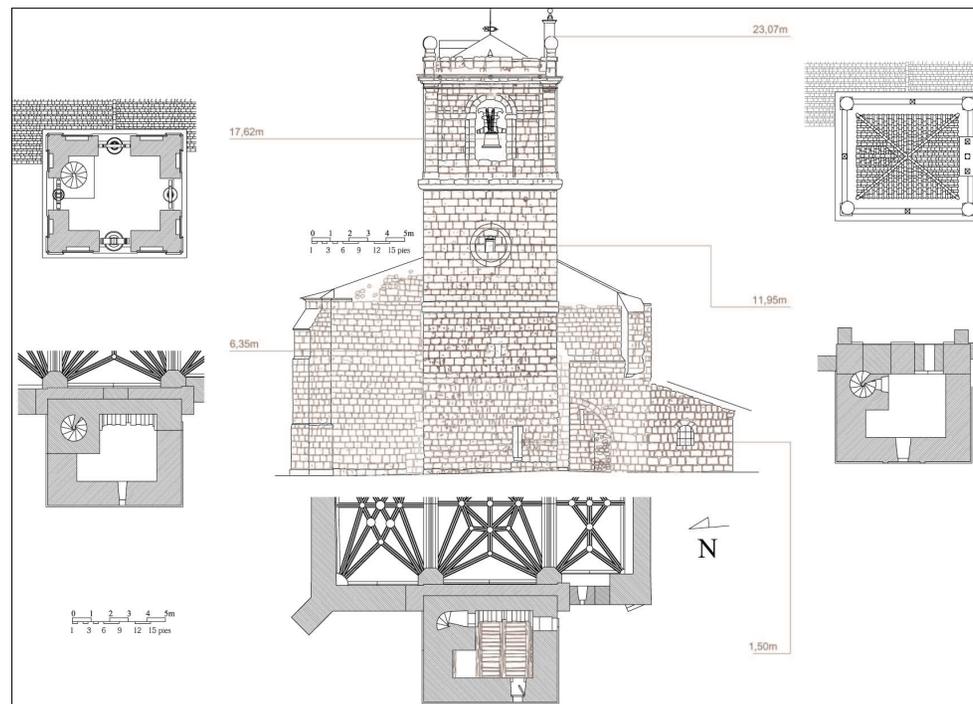


Fig. 130. Rilievo architettonico della torre. Prospetto nord, planimetrie e vista iposcopica.

La scala a chiocciola addossata e semi-incassata al lato nord-orientale della torre garantisce l'accesso ai piani superiori ed è illuminata da fenditure sul fronte nord. L'edificio consta dunque di altri due spazi sovrapposti: la camera *oculta*, che ospitava generalmente i pesi pendenti dell'orologio meccanico (Sánchez Rivera et al., 2014) e dalla quale è possibile accedere anche al sottotetto della navata, e la cella campanaria alla quota di 15.42 metri. Attraverso una botola sul solaio di copertura della cella (a 20.68 metri di altezza) si raggiunge la camera dell'orologio e la balaustra del muro d'attico dove, sul lato sud, trova posto anche una piccola vela campanaria.

9.3.2 Riconoscimento del sistema tecnologico

In assenza di specifiche indagini strumentali, per analogia con le tecniche costruttive ricorrenti nelle torri campanarie, e più in generale nelle architetture monumentali, medievali e rinascimentali dell'areale vallisoletano, è possibile affermare con ragionevole certezza che le strutture murarie della torre di Villalba de los Alcores sono realizzate a sacco, con un sistema a *tres hojas* (tre fogli)¹¹⁷. I paramenti esterni ed interni, non intonacati, sono costituiti infatti da una muratura in conci di calcarenite a giunti alterni, mentre il nucleo interno dovrebbe essere caratterizzato da un agglomerato in pietrame calcareo informe misto a malta di calce e terra argillosa. Lo spessore di tali strutture murarie è variabile. Per quanto riguarda il fusto, il lato orientale addossato alla navata presenta una sezione muraria pari a 1.40 metri; il lato meridionale e quello occidentale hanno uno spessore di circa 1.30 metri, mentre il lato settentrionale, che ospita anche il volume della scala semi-incassata, ha una sezione muraria di 1.60 metri. La cella campanaria è caratterizzata da uno spessore murario inferiore, pari a circa 1.10 metri.

L'apparecchiatura lapidea ornamentale delle cornici e dei marcapiani della fabbrica è realizzata in conci modanati di calcarenite. Anche gli archivolti dell'ingresso meridionale e delle finestre della cella campanaria sono costituiti da blocchi squadrati calcarei ad unica ghiera.



Fig. 131. Scorcio dell'interno della torre. Primo livello.

117. Questa tecnica costruttiva tradizionale era infatti di uso molto comune tra le maestranze castigliane medievali e rinascimentali e si diffuse in differenti zone della penisola iberica per le torri campanarie (Chamorro Trenado, 2009; García Ortega, 2009).

Fig. 132. Rilievo architettonico.

Sezione verticale.



Fig. 133. La scala a chiocciola.

118. Cfr. § 8.2.

Le aperture architravate sono realizzate con travi lignee, per quanto riguarda l'accesso alla torre posto sul fronte ovest, mentre i vani d'accesso alla scala chiocciola ai vari piani sono conclusi da un architrave lapideo monolitico.

Per quanto riguarda gli orizzontamenti interni di tipo tradizionale, la porzione superstite di volta a botte ogivale è realizzata in conci di calcarenite, mentre al di sopra è presente un solaio ligneo ad orditura semplice caratterizzato da tre coppie di travi principali e un tavolato superiore. Di recente sostituzione sono poi il solaio che sormonta la camera *oculta*, di tipo latero-cementizio, e la cella campanaria, in putrelle metalliche e tavelloni. La scala a chiocciola, diversamente dalle scale elicoidali spagnole cinquecentesche ad occhio libero, è realizzata in conci di pietra calcarea sagomati a cuneo e sovrapposti a ventaglio in modo da formare un pilastro centrale (*caracol de husillo*¹¹⁸).

Infine, lo smaltimento delle acque meteoriche sulla copertura a padiglione della torre avviene in modo indiretto tramite un sistema costituito da una



canaletta interna perimetrale, retrostante il muro d'attico, e da piccoli doccioni in calcarenite posti sul coronamento aggettante.

Il raddrizzamento omografico dei singoli paramenti esterni della torre campanaria e del lato occidentale della navata ha inoltre permesso di analizzare anche determinate caratteristiche della tessitura muraria, legate senza dubbio a differenti fasi costruttive della fabbrica. Il corpo inferiore del fusto presenta una muratura con conci di pezzatura variabile (alti tra 26 e 40 cm e lunghi tra 40 e 60 cm) fino all'altezza di circa 5,00 m, a partire dalla quale la parte restante del fusto presenta due sottili filari di ripianamento e una pezzatura più omogenea superiormente (con conci alti circa 35-40 cm e lunghi circa 70 cm). La presenza discontinua nei filari di conci con lunghezze ridotte, pari a circa 30 cm, potrebbe fare pensare a diatoni che legano trasversalmente il paramento esterno al nucleo interno della muratura. La cella campanaria rinascimentale è caratterizzata da una tessitura molto regolare con elementi lapidei di altezza pari a 30 centimetri



Fig. 134. A sinistra, il solaio che sormonta il primo livello. a destra, la cella campanaria e gli archivolti delle monofore.



Fig. 135. Archivolti ogivali murati in corrispondenza della camera occulta.

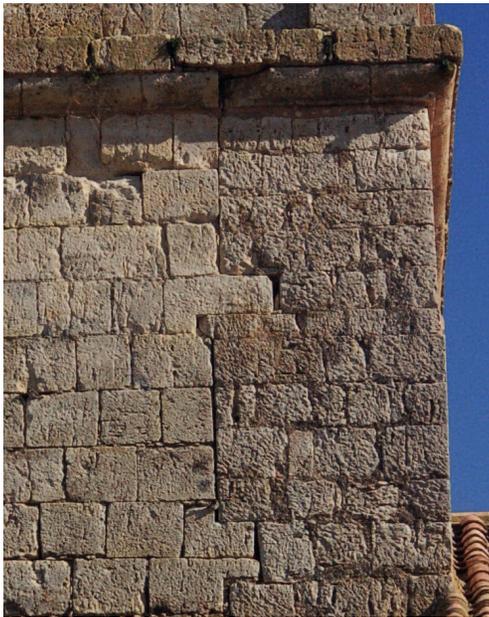


Fig. 136. Connessione tra i due paramenti di epoche differenti (prospetto sud)

circa. Il lato est della torre, connotato dalle finestre ogivali murate, è ammorsato ai lati trasversali attraverso apposite riseghe molto evidenti sui paramenti nord e sud, in corrispondenza delle quali i filari non risultano isometrici. Si può così supporre che questi paramenti siano stati addossati al lato orientale in epoche differenti. Ciò è anche avvalorato dalla tessitura meno regolare e con giunti non ben sfalsati della parte destra del fronte sud della torre. Infine, è possibile notare come i paramenti esterni ed interni della torre non siano ammorsati al paramento esterno della navata.

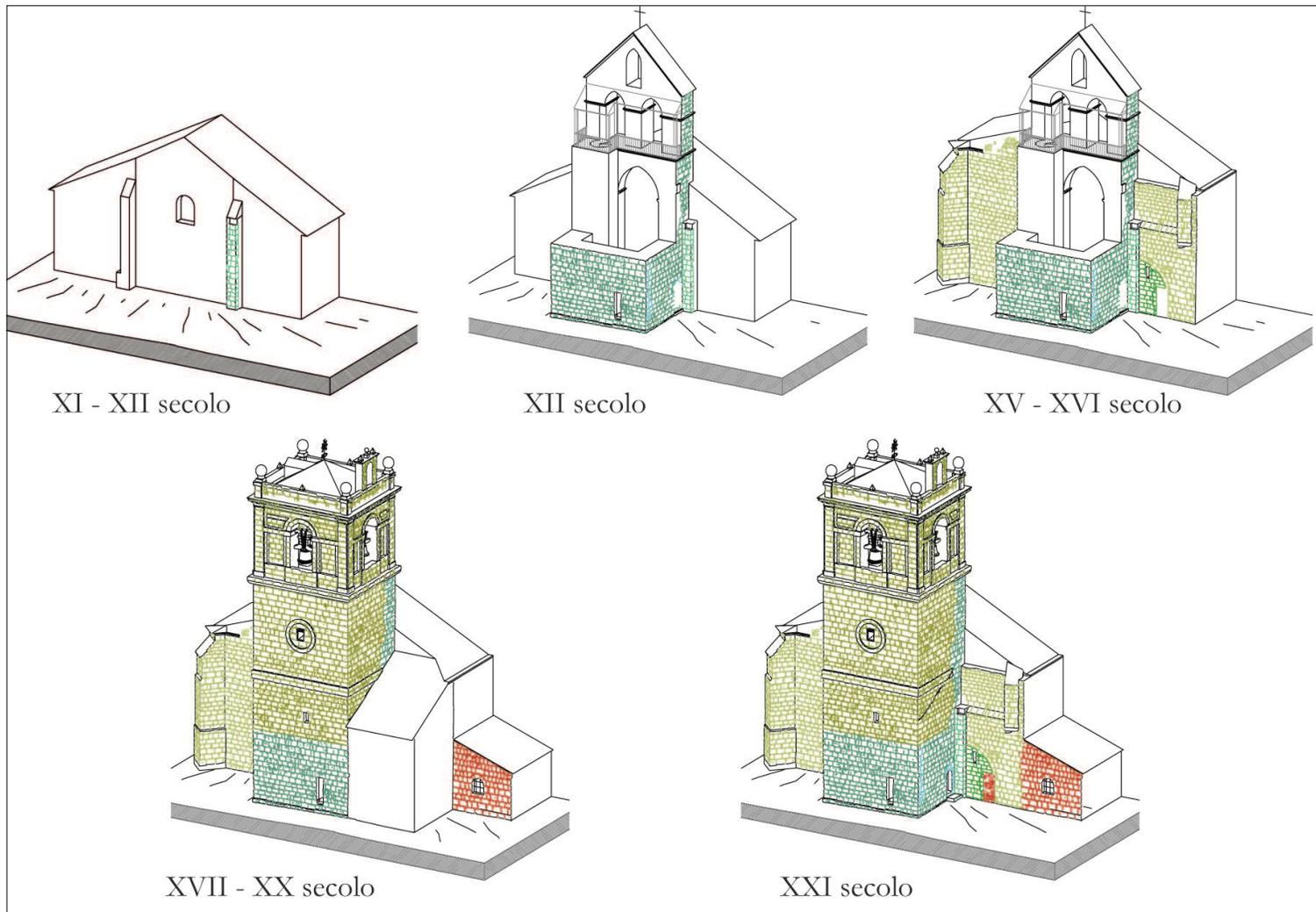
La lettura della fabbrica: ipotesi sull'evoluzione della torre nei secoli

Alla luce di tutto ciò, l'osservazione diretta, i rilievi fotogrammetrici e le analisi tecnico-costruttive e stratigrafiche hanno dato così la possibilità di formulare anche alcune ipotesi sull'evoluzione della fabbrica della chiesa e della torre. Intorno al 1200, il tempio non presentava torri campanarie e probabilmente seguiva un tradizionale impianto basilicale romanico. In analogia con altri esemplari coevi della *Castilla y León* (ad esempio, con la chiesa di *San Millán Abad* a Cocolina, Burgos) è verosimile che, a metà XIII secolo, l'antica chiesa si dotò inizialmente di una vela campanaria monumentale *espadaña* di tradizione cistercense ai piedi della nave, raggiungibile attraverso la scala a chiocciola ancora esistente (Sánchez Rivera, 2016). Questa ipotesi è avvalorata dalla presenza delle due finestre gotiche con arco a sesto acuto sul fronte est della torre attuale, oggi murate ma che all'epoca della costruzione dovevano ospitare le campane. A tale periodo dovrebbe risalire anche il corpo inferiore del fusto della torre attuale; non si hanno tuttavia notizie certe sulla motivazione, forse economica, legata alla scelta di edificare una vela piuttosto che una vera e propria torre.

Le poche fonti archivistiche rinvenute datano la trasformazione delle navate della chiesa tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo. Di conseguenza, la configurazione attuale, nella quale i tre setti murari della torre si innestano nella struttura dell'originaria *espadaña*, risale così al XVI secolo, insieme alla

realizzazione della cella campanaria (alcune fonti documentano anche la presenza di una cuspide in copertura, oggi non più esistente). Sui conci calcarei del paramento esterno meridionale della torre è possibile osservare ancora la traccia della falda di copertura di un altro corpo di fabbrica addossato e demolito nel corso del XX secolo.

Fig. 137. Evoluzione diacronica della fabbrica, in base alla lettura delle tessiture murarie.



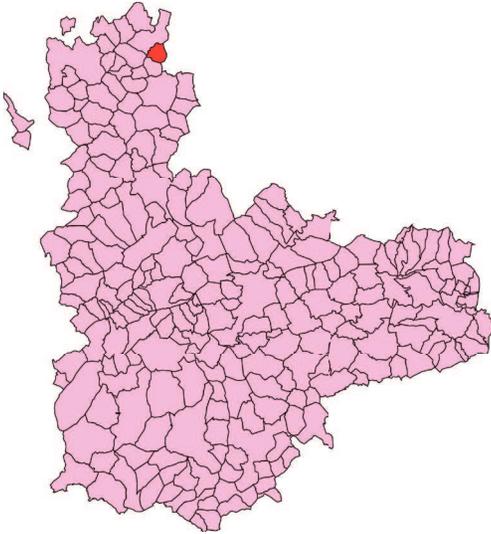


Fig. 138. Il territorio comunale di Villacarralón nella provincia vallesoletana.

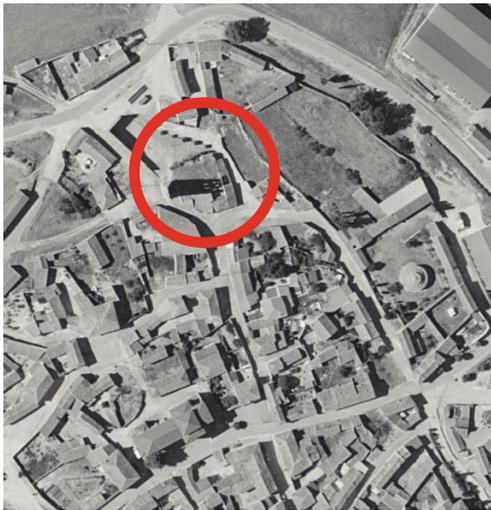


Fig. 139. Localizzazione nel contesto urbano.

Fig. 140. La torre di San Pedro. Il rudere.
Viste prospettiche dell'interno.

9.4 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di San Pedro a Villacarralón

Villacarralón è un paese di 88 abitanti, noto già nel X secolo. A nord del nucleo urbano, si trovava la chiesa di *San Pedro*, parzialmente demolita nel XIX secolo per destinare l'area a cimitero. La torre fu risparmiata dall'abbattimento ma collassò alla fine dello stesso secolo (Ortega Rubio, 1895). Come riporta un'iscrizione sul paramento interno del fronte superstite, la torre di San Pedro fu costruita nel 1559: "*Año de 1559 siendo cu[ra] Fran[cis]co Elin se com[enz]o esta torre*".



9.4.1 Caratteri geometrico-formali

La torre di San Pedro¹¹⁸ raggiunge i 28.05 metri di altezza, era posta ai piedi della navata della chiesa non più esistente e conserva ancora il fronte occidentale e parte dei primi tre ordini dei fronti nord e sud; il fronte orientale è andato perduto e si affacciava sulla navata del tempio. La fabbrica era connotata esternamente da quattro sottili marcapiani modanati che scandivano il volume in cinque corpi, ciascuno dei quali di larghezza leggermente ridotta rispetto a quello sottostante; ciò conferisce al rudere ancora oggi un aspetto “scalettato”. Alla configurazione monolitica dei primi tre ordini, privi di aperture se non per poche fenditure, si contrappongono le finestre ad arco a tutto sesto presenti negli ultimi due ordini. Tali aperture, due per lato nel quarto e tre per lato nel quinto ordine, sono inquadrare all’interno di nicchie rettangolari sormontate dal caratteristico fregio in *esquinillas* (ottenuto con sei filari sovrapposti di mattoni pressati disposti a 45 gradi rispetto al piano della facciata). La fabbrica risponde ad un modello tipologico ricorrente nell’areale, con i primi ordini in pietra e gli ultimi due in laterizio arricchiti da stilemi decorativi tipici della tradizione *mudéjar*, come ad esempio a *Villacreces* (Fernández Martín et al., 2014; Sánchez Rivera, 2012). L’interno della torre è molto più complesso del caso precedente ed anche qui è possibile leggerne l’articolazione grazie al fronte meridionale mancante. L’impianto planimetrico era rettangolare, con lati esterno del primo ordine pari a 7.60 per 7.90 metri. L’ambiente voltato a botte posto al piano terra, ovvero il sottocoro, doveva ospitare una cappella funeraria direttamente collegata con la navata; superiormente, a quota 5.70 metri, era presente il coro, affacciato sulla nave e concluso da una volta a crociera ogivale costolonata. Sopra trovavano posto la camera *oculta*, per alloggiare i pesi dell’orologio a quota 14.30 metri (Sánchez Rivera et al., 2014), la cella campanaria del quarto ordine a circa 18 metri e quella del quinto ordine a 23.30 metri. I vari livelli della torre erano collegati da una scala a chiocciola con pilastro centrale, semi-incassata nell’angolo sud-occidentale della fabbrica in un corpo cilindrico sormontato da una piccola cupola.

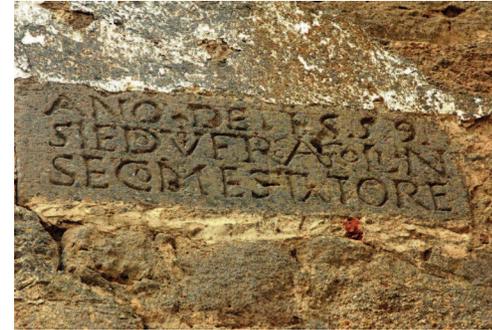


Fig. 141. Lapide che riporta la data di costruzione della torre: 1559.



Fig. 142. Dettaglio della sezione muraria. 119. Coordinate geografiche decimali WGS84: 42.190835, -5.043524.

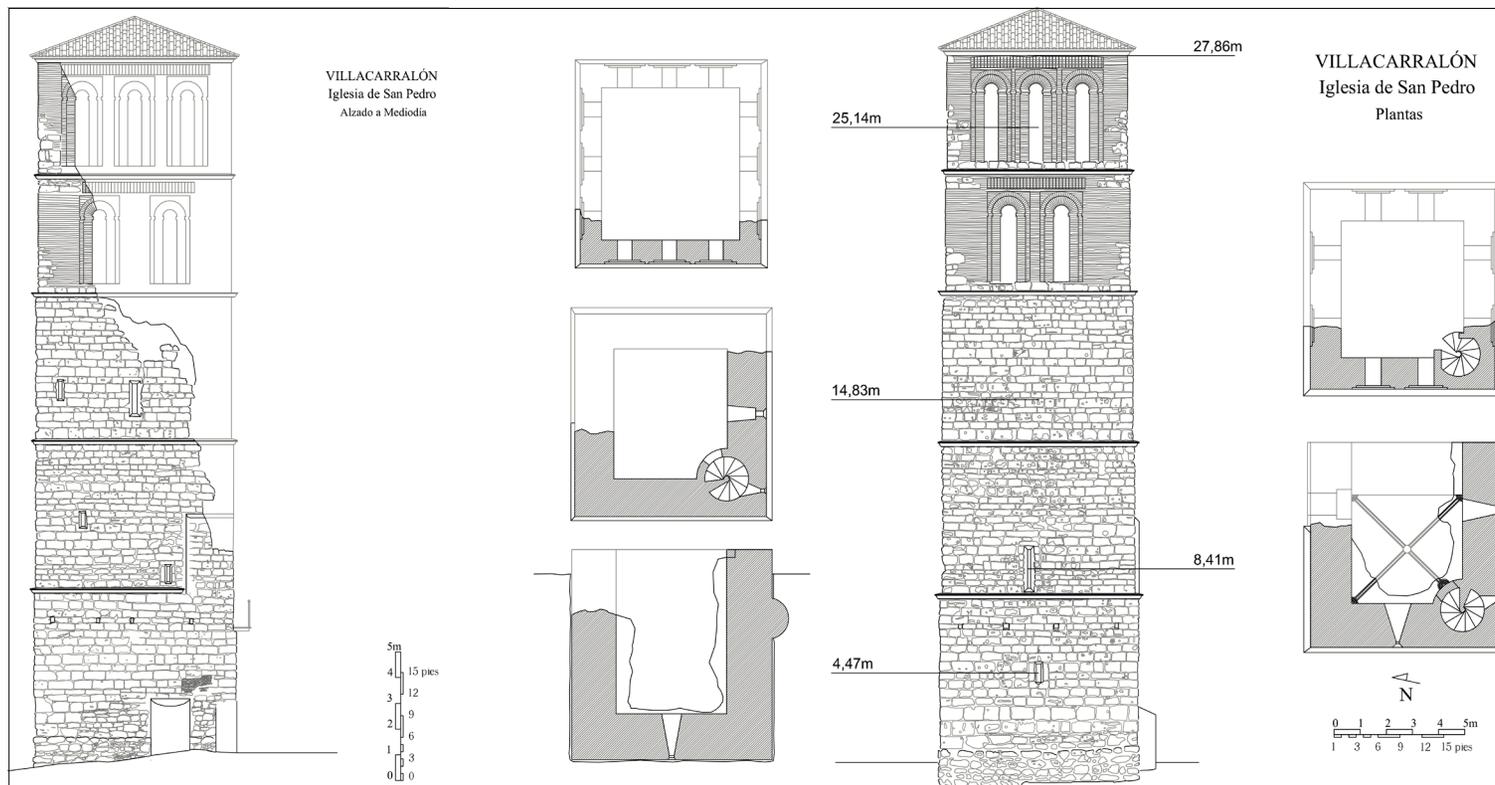


Fig. 143. Rilievo architettonico con ricostruzione delle volumetrie originali e della copertura non più esistente.



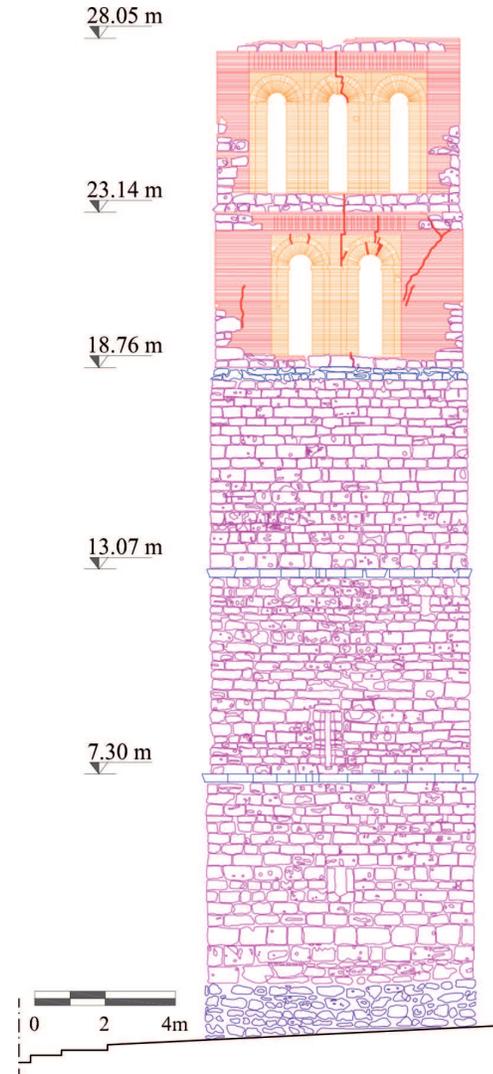
Fig. 144. archivolti dell'ultimo ordine in mattoni pressati.

9.4.2 Riconoscimento del sistema tecnologico

Le murature d'ambito della chiesa di San Pedro erano realizzate secondo le tecniche costruttive della tradizione rurale in terra cruda gettata in opera in apposite cassaforme di legno (*tapial*). Ciò ha probabilmente contribuito a determinarne la scomparsa e la citata riconversione del sito. Al contrario, la torre segue le tradizionali soluzioni tecnologiche con murature a tre fogli. In questo caso però i cinque ordini della fabbrica sono posti sopra un basamento in muratura di pietrame calcareo informe e blocchi calcarei rozzamente squadrati. I paramenti murari dei primi tre livelli sono caratterizzati da un nucleo con una presenza maggiore di pietrame informe misto ad una malta ricca di argilla e due paramenti esterni in conci di tufo calcareo, con sezione trasversale totale di circa 1.70 metri per il primo ordine, 1.60 metri per il secondo ordine e 1.50 metri per il terzo. Gli ultimi due corpi, come già accennato, hanno strutture murarie in mattoni pressati (con sezioni pari a 1.22 metri al quarto ordine e circa 80 centimetri al quinto) su marcapiani in conci lapidei.

La volta a botte del piano inferiore era in conci di calcarenite, mentre la crociera del coro era realizzata in mattoni pressati disposti a coltello con finitura intradossale in intonaco di calce e gesso, ancora leggibile in alcuni lacerti. I livelli superiori al coro erano conclusi orizzontalmente da solai lignei, come è possibile dedurre dalle buche pontae presenti sul paramento murario interno. La scala a chiocciola è in conci calcarei, ma il suo volume cilindrico e la relativa cupoletta di definizione, in corrispondenza del quarto ordine, sono realizzati in laterizio.

Fig. 145. Rilievo geometrico e analisi delle tecniche costruttive del prospetto ovest. Si distinguono le murature del basamento, dei primi tre ordini e quelle in laterizio degli ultimi due.



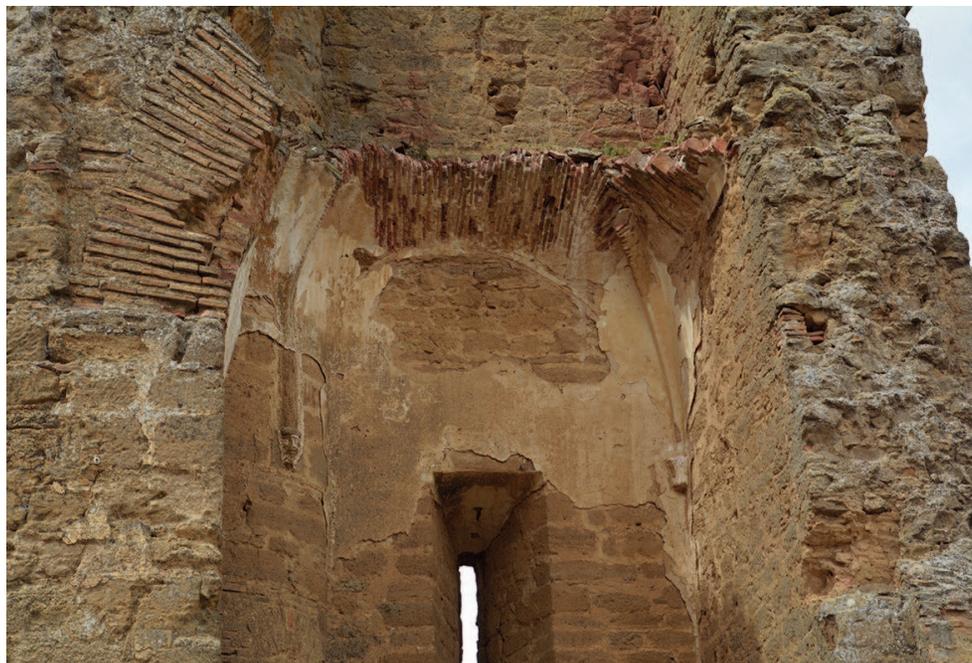


Fig. 146. In alto a sinistra, la scala a chiocciola; in alto a destra la volta e le sezioni murarie. A lato, dettaglio del fregio con “esquinillas” tra penultimo e ultimo ordine.



9.5 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di Nuestra Señora de la Esperanza a Villaesper

Il villaggio di *Villaesper* è una frazione del comune di *Villabrágima*. La piccola località oggi conta solo 19 abitanti ma, grazie alla ricca produzione di grano, dal X al XVII secolo rappresentò un punto di riferimento per l'areale e la monumentale chiesa parrocchiale era considerata *la perla de Castilla*, anche se adesso è in abbandono. Posta all'estremo limite nord-orientale del paese, la chiesa di *Nuestra Señora de la Esperanza*¹²⁰ è un edificio ad aula unica con asse planimetrico SO-NE. La parte più antica del tempio dovrebbe risalire alla prima metà del XVI secolo ed è costituita da presbiterio e abside semicircolare, anche se le relative volte a crociera ogivali e nervate sono state completate solo nel 1563. La navata è invece classicista, progettata dal noto architetto gesuita *Juan de Tolosa* tra il 1596 e il 1597; questo spazio è caratterizzato da pareti longitudinali scandite da lesene ed archi che incorniciano le nicchie degli altari laterali e sorreggono il claristorio. È del 1600 la notizia della demolizione della navata di una chiesa preesistente e l'inizio della costruzione della nuova aula terminata con la realizzazione della volta intorno al 1630 (Parrado del Olmo, 2002). La torre campanaria sembra essere più antica della chiesa attuale. Nella parte bassa del fusto insiste infatti un portale con arco ogivale, tipico dell'architettura tardo-medievale, ed un'apertura superiore ad arco ribassato, soluzione architettonica del XV secolo. Il coronamento della fabbrica presenta un paramento esterno con conci di dimensioni differenti rispetto a quelli della parte inferiore, segno di una fase costruttiva successiva. All'interno, nell'angolo in alto a sinistra, si trova una mensola lapidea che ricorda la nervatura di una volta a crociera gotica posta a definizione superiore della cella campanaria, forse non realizzata o smontata per la costruzione dell'attico di coronamento. A questa fase potrebbero riferirsi le opere menzionate nei registri del 1589: "*por sacar piedra para hacer la torre*" (Parrado del Olmo, 2002). Non è possibile sapere con certezza se il portale ogivale annettesse la torre di epoca medievale alla chiesa demolita. Nonostante ciò, nel 1582 si menziona una *torre vieja*, forse una vela campanaria (*espadaña* (Sánchez Rivera, 2011)), dopo la cui demolizione

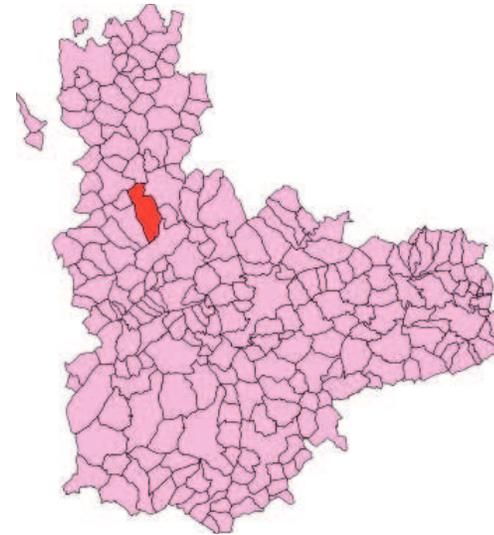


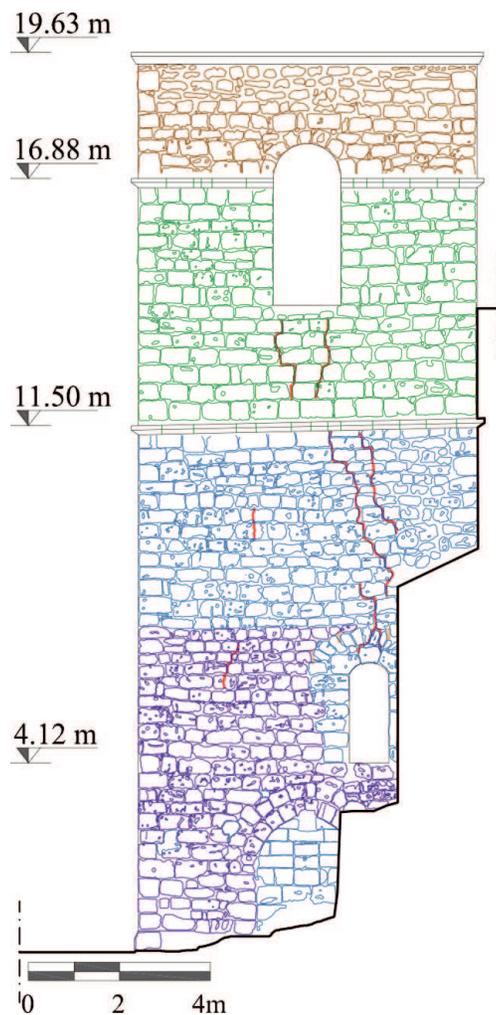
Fig. 147. Il territorio comunale di Villabragima nella provincia di Valladolid.



Fig. 148. Localizzazione della chiesa di Villaesper, al di fuori del piccolo centro "disabitato".

120. Coordinate geografiche decimali WGS84: 41.876285°, -5.147280°.

Fig. 149. A sinistra, rilievo geometrico e analisi sincronica dell'apparecchiatura lapidea del fronte N-E (In viola: tessitura di epoca medievale; in blu: rimaneggiamenti del XV secolo; in verde e marrone: interventi del XVI sec).



venne abbattuto anche il timpano dell'antica chiesa (Parrado del Olmo, 2002).



Fig. 150. A, destra, il rudere della chiesa e della torre campanaria. Vista prospettica.

9.5.1 Caratteri geometrico-formali

Il tempio, in rovina e senza copertura, presenta ancora i muri perimetrali ritmati esternamente da una teoria di pilastri-contrafforti, i resti della tribuna del coro ai piedi della nave ma non i sistemi voltati. L'ingresso della chiesa è posto lateralmente, sul fronte sud-orientale, ed è presente anche un accesso secondario in corrispondenza del sottocoro.

La torre campanaria, a pianta quadrangolare di lato esterno pari a 7.45 metri e lato interno pari a 3.95 metri, si trova in corrispondenza dell'angolo sud-est della chiesa, parzialmente addossata ad essa. Dall'osservazione diretta si comprende infatti come il volume della chiesa e quello della torre rappresentino corpi totalmente indipendenti e soltanto accostati.

L'unico fronte integro di questo corpo di fabbrica è quello nord-orientale, mentre quello opposto è andato interamente perduto; dei prospetti laterali si conserva poco meno della metà dell'intera superficie muraria. Alta circa venti metri, la torre presenta una bassa zoccolatura basamentale e un fusto liscio scandito da una cornice modanata marcapiano, ad un'altezza di 11.30 metri, e da un'altra

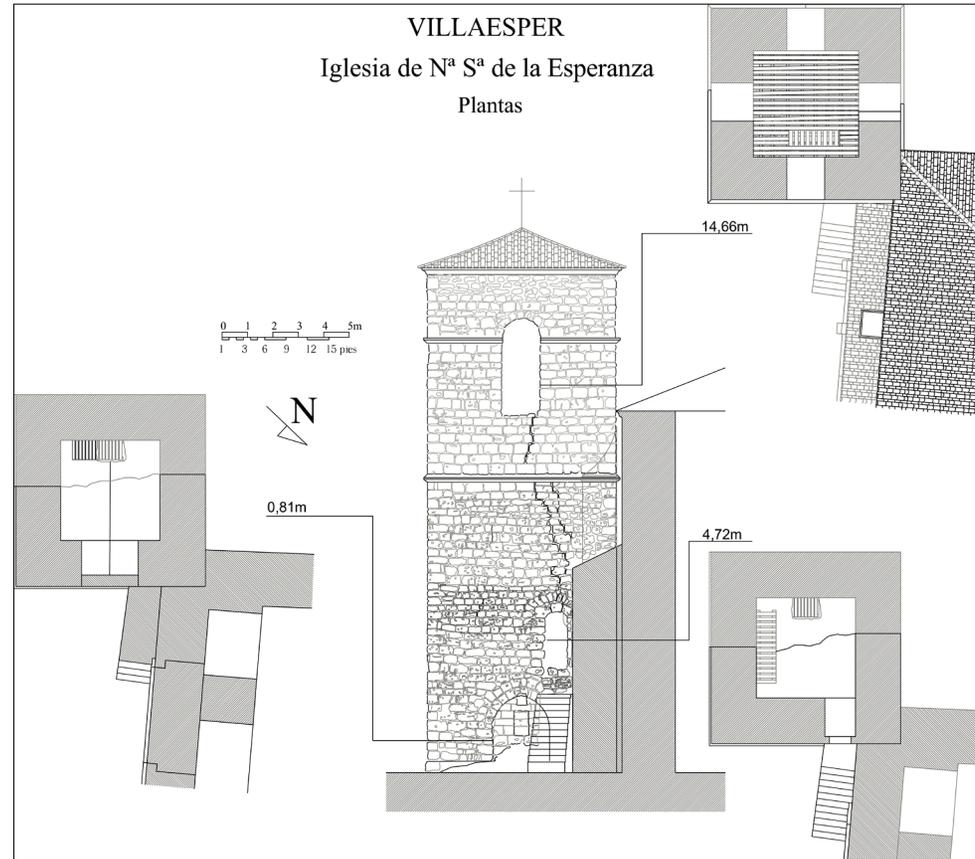
Fig. 151. Viste interne del rudere della chiesa e della torre campanaria.



Fig. 152. Rilievo architettonico con ricostruzione delle volumetrie originali e della copertura non più esistente.



Fig. 153. Dettaglio del portale murato



cornice posta in corrispondenza dell'imposta degli archivolti a tutto sesto delle finestre (a circa 16.68 metri) che ospitavano le campane e che si trovavano ognuna su ciascun lato dell'edificio in posizione centrale. A conclusione superiore della torre era inoltre presente un coronamento modanato con gola dritta e listello, sul quale si impostava un tetto a falde a padiglione oggi non più esistente. Il prospetto superstite nord-orientale denuncia la semplicità compositiva della costruzione, tipica del periodo gotico castigliano. Sulla parte inferiore di esso è possibile riconoscere un portale con arco ogivale, in seguito chiuso e sostituito da una piccola finestra rettangolare oggi murata. Questo portale sembra ricordare quello presente nelle cosiddette *torri portico* esistenti

in altre zone della *Castilla y León*. In esse, due portali contrapposti permettevano il passaggio su strada o, come è più probabile in questo caso, fungevano da portico di ingresso per l'antica chiesa poi demolita e ricostruita lateralmente alla torre campanaria (Sánchez Rivera, 2011; Sánchez Rivera et al., 2014).

Ad un primo esame stratigrafico della tessitura muraria superstite, non sembra essere mai esistito un collegamento di passaggio interno tra la torre e la chiesa attuale. Al livello inferiore era presente un vano voltato a botte, l'originario "portico" chiuso successivamente e probabilmente trasformato in cappella funebre gentilizia. Sempre su questo fronte, addossata alla parete sud-orientale della chiesa, insiste una stretta rampa di scale in muratura che permette di raggiungere l'ambiente al piano superiore direttamente dall'esterno del tempio e della torre. Il volume di questa scala occlude parzialmente il portale ogivale e ciò fa supporre che la rampa addossata al muro della chiesa e il varco di accesso al primo livello siano stati realizzati successivamente alla chiusura del portale ogivale. Dai fori presenti sul paramento murario interno si deduce che da questo vano partiva una scala in legno che conduceva al piano della cella campanaria a quota 10.70 metri. È anche probabile che sopra la cella campanaria si trovasse un ulteriore ambiente, forse la camera dell'orologio meccanico (Sánchez Rivera et al., 2014) come lascerebbe supporre la risega esistente nello spessore murario dell'ultimo ordine della torre a quota 17.00 metri.

9.5.2 Riconoscimento del sistema tecnologico

Il rudere permette una lettura molto efficace sia del sistema tecnico-costruttivo della fabbrica sia dei possibili meccanismi di danno ancora in atto o che hanno determinato il crollo. Come in molti esemplari dell'areale, la struttura muraria della torre di Villaesper conferma l'ipotesi formulata in Villalba de los Alcores per le tecniche costruttive tradizionali castigliane del sistema a tre fogli, qui di sezione pari a circa 1.75 metri. Il nucleo interno è infatti composto da pietrame calcareo informe, costipato con una malta di calce e argilla; i paramenti esterni sono realizzati in muratura in conci di calcarenite. Esaminando le sezioni

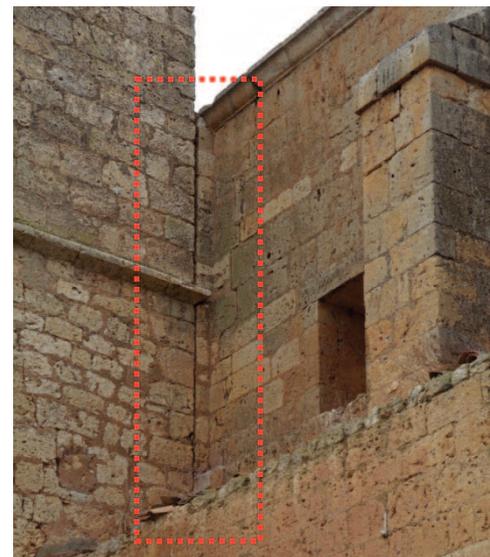


Fig. 154. Dettaglio della sezione muraria e del giunto tra torre e navata della chiesa.



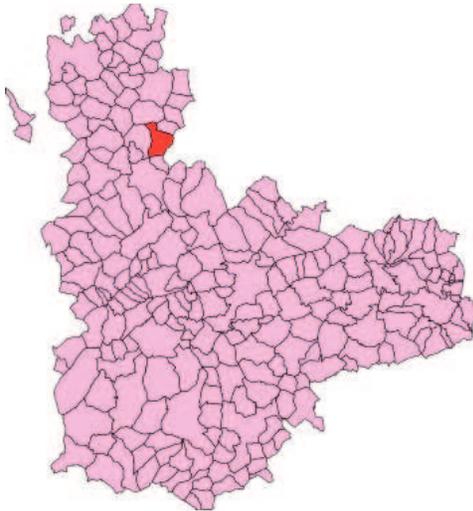
Fig. 155. Confronto tra lo stato di rudere attuale e una foto del 1960 (circa).

trasversali dei setti murari, non sembra che fossero presenti diatoni in grado di collegare efficacemente i due paramenti esterni attraversando il nucleo di materiale costipato, né effettive ammorsature tra i muri d'ambito. La pezzatura dei conci varia probabilmente in funzione delle differenti fasi costruttive della torre. Questi elementi lapidei evidenziano infatti una regolarità dimensionale costante solo nella parte basamentale e al di sopra del primo marcapiano, mentre la parte compresa tra le due zone è caratterizzata da configurazioni più disordinate, attribuibili agli interventi di realizzazione della scala esterna e dell'apertura al primo livello. A differenza dei marcapiani lapidei modanati, il coronamento è in malta con scheletro portante in mattoni pressati. L'unico elemento voltato esistente è quello del vano al livello inferiore ed è realizzato con una semplice ghiera di conci calcarei squadrate, sopra i quali è posto il ripianamento per il piano di calpestio del livello superiore. Sopra la cella campanaria, doveva essere presente da un solaio ligneo a semplice orditura.

Fig. 156. Confronto tra lo stato di rudere attuale e una foto del 1960 (circa).



9.6 Le torri allo stato di rudere: la torre campanaria di San Juan Bautista a Tamariz de Campos



Il paese di Tamariz de Campos è un piccolo centro urbano della Tierra de Campos di 57 abitanti, a 53 km a nord-ovest di Valladolid, situato su un piccolo altopiano in prossimità della sponda sinistra del fiume Sequillo. Nonostante le origini siano molto antiche, le prime notizie sul borgo risalgono al secolo XI e visse il periodo di maggior sviluppo tra il XV e il XVI secolo.

Proprio alla metà del XVI secolo risale l'ex chiesa parrocchiale di *San Juan Bautista*¹²¹, posta all'estremo sud del paese. La chiesa aveva un impianto planimetrico (orientato secondo l'asse SO-NE) a tre navate separate da arcate impostate su due colonne, era realizzata in terra cruda (*tapiál*) rivestita esternamente in muratura di mattoni pressati (Arias Madero, 2013) ed era sormontata da un tradizionale soffitto ligneo cassettonato (Pérez García, 1886). Nel 1801, la chiesa subì un radicale intervento di restauro interno.

Anche la relativa torre campanaria risale alla metà del XVI secolo, ma le informazioni sulla sua storia clinica sono molto limitate. La torre subì alcuni interventi di restauro nel 1761, dopo essere stata colpita da un fulmine, ma,

Fig. 157. Localizzazione geografica di Tamariz nel contesto vallisoletano e della chiesa di San Juan ai margini del paese.

Fig. 158. Vista del prospetto sud superstito

121. Coordinate geografiche decimali WGS84: 41.974555, -5.024593.

Fig. 159. Viste prospettive e di dettaglio del rudere della torre di San Juan.

122. Opera evidentemente mai realizzata.

123. Secondo Parrado del Olmo (2002), l'ultima visita pastorale che registra la chiesa di San Juan come chiesa parrocchiale risale al 1902.

124. <http://tamariz.es/historia.htm>

secondo i registri parrocchiali, nel 1776 minacciava ancora rovina e si iniziò a pensare alla costruzione di una nuova torre¹²²; altri interventi di riparazione di vario genere interessarono la torre in corrispondenza del coro nel 1798.

Secondo le poche notizie recuperate¹²³, negli anni '40 del XX secolo il governo locale decise di far trasferire tutte le celebrazioni liturgiche nella più centrale chiesa di San Pedro, elevata a parrocchia dopo il 1902, abbandonando la chiesa di San Juan ancora integra ma considerata periferica¹²⁴. Crollate per prime le navate, la torre campanaria sopravvisse fino agli anni '70 per poi subire i progressivi collassi che l'hanno portata all'attuale configurazione di rudere. Della navata rimane oggi soltanto parte del fronte nord-occidentale con il portale in pietra calcarea finemente decorato in stile plateresco, risalente al 1553 e attribuito allo scultore rinascimentale Miguel de Espinosa (Parrado del Olmo, 2002); della torre restano invece i soli fronti nord-occidentale e sud-occidentale.



9.6.1 Caratteri geometrico-formali

La torre campanaria di San Juan era addossata alla chiesa di pertinenza e posta ai piedi della navata. Di pianta rettangolare, con lati esterni pari a 8,61 per 8,78 m², la fabbrica è alta circa 25,60 m. I fronti superstiti della fabbrica sono scanditi orizzontalmente da un basamento alto 1,70 m e da due sottili marcapiani modanati (uno a quota 12,60 m e uno a quota 19,00 m) che suddividono il volume della torre in tre parti distinte.

Il primo ordine esibiva su ognuno dei fronti esterni un portale ogivale, segno di una originaria configurazione “a portico” della torre¹²⁵. Dei due fronti superstiti, solo il portale del lato nord è aperto, mentre quello sul fronte ovest è cieco; una traccia dell’imposta e dei primi conci della ghiera dell’arco del terzo portale è rilevabile anche sulla piccola parte rimasta in piedi del prospetto sud. Il secondo e il terzo ordine della torre sono caratterizzati dalla presenza di una serie di monofore che rompono l’aspetto monolitico dell’impaginato architettonico. Nel secondo ordine ogni lato è caratterizzato da due monofore affiancate; nel terzo ordine il lato occidentale, più ampio, è connotato da tre monofore allineate, mentre il lato settentrionale è analogo al sottostante ordine e presenta solo due monofore. Un coronamento modanato sommitale conclude la composizione architettonica dei fronti superstiti.

L’articolazione interna degli spazi della torre campanaria di San Juan, pur essendo facilmente rilevabile grazie alla condizione ruderale della fabbrica, non è di semplice comprensione a causa di evidenti sovrapposizioni e trasformazioni interne che questa ha subito nel corso dei secoli. Se, come si è detto, la configurazione originaria prevedeva un portico aperto su tre lati, in una fase costruttiva successiva fu chiuso il portale settentrionale e inserita nell’angolo ovest una scala a chiocciola con pilastro centrale all’interno di un corpo cilindrico su un alto basamento cubico. Questa scala doveva condurre alla prima cella campanaria illuminata dalle monofore del secondo ordine; superiormente trovava posto un’ulteriore cella campanaria caratterizzata dalle tre monofore sui lati sud-ovest e nord-est non più esistente.

Come si può intuire da alcuni scorci fotografici d’epoca, è probabile che il fronte

125. Configurazione analoga a quella originaria della torre campanaria di Villaesper.

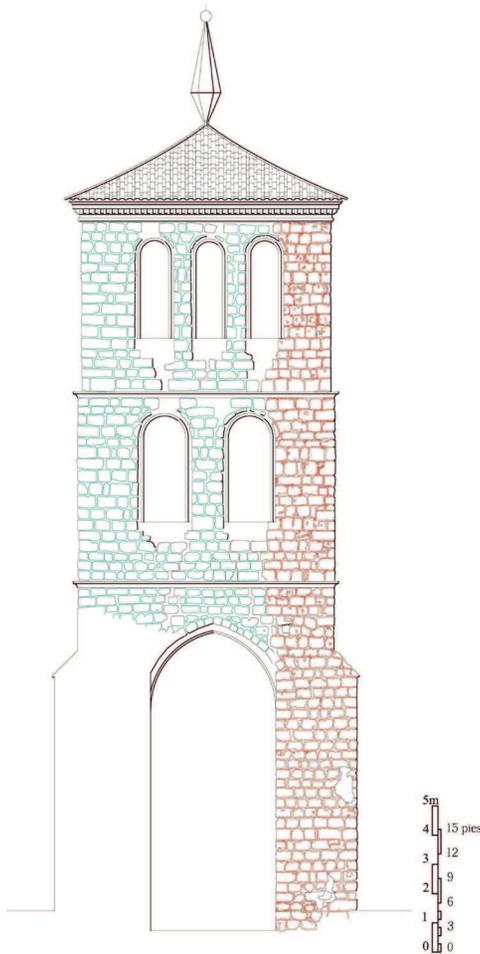
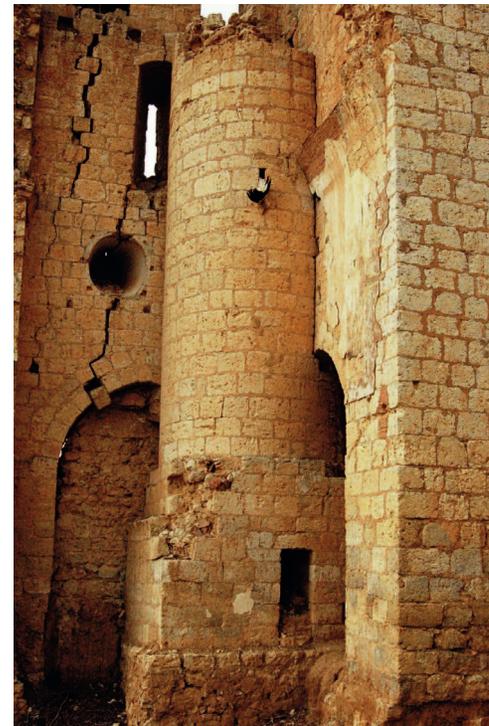


Fig. 160. Ricostruzione grafica del prospetto che si affacciava sulla navata della chiesa.

In rosso, la tessitura muraria superstite, in blu la tessitura muraria ricavata omograficamente da una foto d'epoca.

Fig. 161. Il portale parzialmente occluso dal volume della scala a chiocciola. In basso, il volume cilindrico della scala.

nord-orientale che si affacciava sulla navata fosse caratterizzato da un grande arco ogivale a doppio ordine che incorniciava il sottocoro al piano terra e la superiore tribuna del coro, come riscontrato in molte delle torri della vicina provincia di Burgos (Sánchez Rivera et al., 2014). Il sistema voltato a botte che sormontava in coro, intercettato dal volume della scala a chiocciola, è parzialmente visibile sul paramento interno del fronte nord-occidentale. Il coro era illuminato da una stretta feritoia strombata, posta in posizione centrale sul paramento sud-occidentale che interrompe il primo marcapiano. Sempre su questo fronte, è anche presente una finestra circolare, murata con tamponatura in mattoni pressati, sopra il portale ogivale ma in posizione asimmetrica, forse realizzata in un secondo momento per alloggiare il quadrante di un orologio. La copertura non più esistente della torre campanaria era a padiglione e in posizione centrale sveltava un'esile guglia ornamentale.



9.6.2 Riconoscimento del sistema tecnologico

Le strutture verticali portanti sono costituite come nei precedenti casi da una muratura a tre fogli molto più simile a quella di Villaesper che agli altri esemplari analizzati. Le sezioni murarie in elevazione nei due paramenti superstiti sono pari a circa 1,75 m in corrispondenza del primo ordine e pari a circa 1,65 m nelle celle campanarie. I “fogli” esterni hanno uno spessore pari allo spessore dei conci calcarei di circa 30 cm e non sembrano essere dotati di diatoni trasversali. L'altezza dei corsi di muratura in conci squadrati varia tra i 35 e i 40 cm, ma ad intervalli non regolari in elevazione si trovano ricorsi con altezze minori (circa 25 cm) che potrebbero far pensare a ripianamenti corrispondenti alle diverse giornate di lavoro durante il cantiere o diverse fasi di costruzione della fabbrica. Il nucleo interno della muratura è fortemente caratterizzato da elementi calcarei molto irregolari, di pezzatura simile a quella dei conci esterni, misti a frammenti e scaglie e tenuti insieme da una malta molto ricca di argilla. In analogia con le strutture murarie, gli archivolti delle monofore sono caratterizzati da una semplice ghiera esterna in conci calcarei sagomanti e un nucleo interno con materiale lapideo minuto costipato insieme a malta e argilla. Il sistema voltato che sormontava il coro era costituito da una volta a botte in mattoni pressati disposti a coltello. Sugli angoli nord e sud dei paramenti interni della cella campanaria superiore sono presenti delle mensole di imposta di costoloni di un sistema voltato, forse mai realizzato come avvenuto a Villaesper, le cui decorazioni a sfera sono tipiche della tradizione scultorea del periodo dei Re Cattolici.

Gli orizzontamenti non più esistenti che definivano i piani di calpestio delle due celle campanarie sovrapposte dovevano essere costituiti da solai lignei ad orditura semplice, come è possibile riscontrare dai fori rettangolari di alloggio delle travi ordite parallelamente al lato più corto dell'impianto planimetrico rettangolare. Alcuni fori presenti nel sottocoro ed alcune le tracce di intonaco al di sotto dell'imposta dell'arcone ogivale fanno supporre l'esistenza di un solaio ligneo che costituiva il piano di calpestio del coro.

La struttura lignea che sosteneva le falde a padiglione era realizzata secondo



Fig. 162. Dettaglio della sezione muraria del paramento superstite.

la tradizione della carpenteria spagnola con un dormiente perimetrale su cui erano posti i puntoni diagonali sostenuti anche da traversi angolari (Nuere Matauco, 2003).



Fig. 163. Foto d'epoca della torre di Tamariz prima del collasso definitivo (1960-1980).



9.7 Considerazioni comparative: l'evoluzione delle patologie ed il rischio di obsolescenza

9.7.1 Manifestazioni visibili di degrado nelle torri tradizionali analizzate e l'evoluzione del rischio materico

Le patologie ricorrenti nelle torri campanarie analizzate sono legate a stretto giro alle caratteristiche del masso fondale argilloso che subisce ciclicamente fenomeni di ritiro e rigonfiamento continui mal sopportati dalle murature a sacco tipiche dell'areale. Questa tipologia di dissesti espone maggiormente le fabbriche al rischio di patologie dovute agli agenti atmosferici che contribuiscono ad accelerare i fenomeni di decadimento degli elementi costruttivi di queste fabbriche tradizionali.

L'analisi dello stato di conservazione della torre di *Santiago Apóstol* a **Villalba de los Alcores** evidenzia la presenza di differenti tipologie di manifestazioni visibili di degrado sui paramenti esterni. Dal punto di vista strutturale, ciò è facilmente riscontrabile in corrispondenza delle finestre dei prospetti della cella campanaria, dalle quali scaturiscono evidenti lesioni che si diramano lungo il blocco inferiore del fusto. In particolare, al di sotto delle finestre nord e sud, le fratture presentano un ventre visibile anche ad occhio nudo (pari a circa 30 mm) e i conci sottostanti sembrano essere del tutto distaccati e disallineati. Sul lato sinistro del fronte sud è anche evidente una lesione lungo la connessione con il paramento esterno del fronte ovest del fusto. Sulla parte inferiore del fusto è possibile rilevare erosione meccanica dei conci, probabilmente provocata dall'antico gioco della *pelota*¹²⁶. Il fronte nord, a causa del suo orientamento sfavorevole che non permette alla pioggia battente di asciugarsi velocemente sulla superficie muraria, è il prospetto più interessato da fenomeni di patina biologica, croste ed alterazione cromatica del fusto. Negli altri fronti, patina biologica e croste sono presenti soprattutto sui marcapiani aggettanti e sul coronamento. Tutti i prospetti della cella campanaria, a causa di un errato dimensionamento dei doccioni, sono affetti da fenomeni di croste sottosquadro,

126. Il gioco della *pelota* o della pallacorda in tempi non recenti veniva praticato contro il muro della chiesa.

dilavamento, alveolizzazione ed erosione dei conci calcarei (soprattutto in corrispondenza dei capitelli delle lesene). Il dilavamento lungo il muro d'attico provoca anche la sfioritura delle malte di giunti e comenti del coronamento, che per questo motivo è stato rivestito con una scossalina metallica.

La parte alta dei paramenti interni della cella campanaria presenta alterazione cromatica ed erosione dei conci lapidei, insieme a disgregazione delle malte di giunti e comenti, forse dovute ai problemi di umidità discendente per il cattivo smaltimento delle acque meteoriche in copertura. Guano e deposito superficiale affliggono tutti i piani di calpestio e la scala a chiocciola, a causa della mancanza di reti protettive e dissuasori contro la nidificazione delle cicogne, considerevolmente presenti in tutta la Castilla y León.

Considerando poi gli esemplari ridotti in condizioni di rudere, proprio i fenomeni di ritiro e rigonfiamento del terreno argilloso hanno provocato il collasso delle strutture della torre campanaria di *San Pedro a Villacarralón*.

La parte superstite del rudere mostra lesioni in chiave negli archivolti in laterizio degli ultimi due ordini del prospetto superstite occidentale e di una feritoia del terzo ordine sul fronte meridionale. I marcapiani ed i piani di imposta in tufo del quarto e del quinto corpo presentano molti conci alveolizzati o erosi, mettendo a rischio soprattutto la stabilità degli esili piedritti degli archivolti dell'ultimo ordine. Tutti i paramenti sono caratterizzati da patina biologica e deposito superficiale, che conferiscono alla fabbrica una colorazione scura. Le sezioni lungo le quali è avvenuto il crollo parziale dei fronti nord e sud sono soggette a dilavamento e disgregazione delle malte. I corpi in laterizio, maggiormente esposti agli agenti atmosferici, presentano giunti e comenti con malta sfiorita anche in profondità. Lo spessore maggiore delle murature degli ordini inferiori e le differenti soluzioni costruttive del quarto e quinto ordine espongono questi ultimi a rischi di collasso maggiori rispetto al resto del fusto del rudere. Nel quinto ordine in modo particolare, i meccanismi di danno che, con il peggioramento dello stato di conservazione, si potrebbero ancora innescare sono il ribaltamento o lo scorrimento dei piedritti degli archivolti e i cinematismi dell'arco. Ad aggravare la situazione contribuisce anche una grave erosione e disgregazione degli elementi lapidei del basamento, a causa di

fenomeni di umidità di risalita.

Data l'altezza rilevante della torre di Villacarralón, i relativi corpi superstiti in laterizio, più esili, sono gravemente minacciati dagli agenti atmosferici ancor più che nella torre campanaria di *Nuestra Señora de la Esperanza* a **Villaesper**. In quest'ultima, la superficie dell'apparecchiatura lapidea dei fronti esterni superstiti non mostra manifestazioni visibili di degrado¹²⁷ preoccupanti, se non cenni di alveolizzazione sui conci del prospetto nord-orientale. I fronti interni sono invece caratterizzati da vistosi fenomeni di patina biologica e di deposito dovuto al guano prodotto dalle cicogne che nidificano in cima al setto di nord-est. Le sezioni murarie esposte agli agenti atmosferici sono soggette a continui dilavamenti che contribuiscono ad indebolire il nucleo interno, disgregando la malta ricca di argilla. Ciò aggrava anche le evidenti lesioni passanti che partono dal coronamento e giungono fino al concio di chiave del varco di accesso del primo livello.

Mettendo a confronto foto d'epoca risalenti al 1966¹²⁸, i rilievi diretti e fotogrammetrici condotti durante la presente ricerca e gli studi di ricostruzione tridimensionale della fabbrica originaria, si può ben osservare l'evoluzione del dissesto che ha condotto al collasso della torre.

La ciclicità del fenomeno di rigonfiamento e ritiro del terreno argilloso ha progressivamente formato delle lesioni che, seguendo il percorso preferenziale dei giunti e comenti di malta dei paramenti esterni in conci calcarei, hanno raggiunto le parti più deboli della struttura rappresentate dagli archivolti. Gli agenti atmosferici hanno contribuito ad impoverire il nucleo dell'apparecchio murario e il collasso dell'archivolto è stato così inevitabile. Una volta mancato il collegamento tra i due ritti dell'arco, la lesione verticale sottostante si è sempre più allargata fino a dividere letteralmente in due macroelementi distinti l'intera fabbrica e a far cedere la copertura. Il collasso definitivo si è verosimilmente verificato per instabilità del macroelemento verticale che ha così subito un ribaltamento.

Ripetendo un analogo ragionamento, la torre campanaria di *San Juan Bautista* a **Tamariz de Campos**, una foto d'epoca¹²⁹ dimostra un quadro fessurativo simile che, ancora oggi, va sempre più aggravandosi. A causa del movimento del

127. «Le patologie edilizie possono assimilarsi a "malattie" presenti o passate insorte nella fabbrica. Ma poiché il "corpus" del manufatto non è altro che la sua apparecchiatura tecnico-costruttiva, si intenderà per "degrado" la diminuzione di una prestazione (di natura statica, di confort, di estetica, ecc.) in un qualunque suo materiale-base o elemento di fabbrica» (Salemi, 2000a).

128. <https://www.verpueblos.com/castilla+y+leon/valladolid/villaesper/foto/82217/>

129. Foto probabilmente risalente agli anni '60 del Novecento.

terreno argilloso, sul prospetto nord-orientale, in corrispondenza dell'arcone ogivale l'andamento delle lesioni ha seguito il flusso delle pressioni dei carichi verticali della muratura soprastante circondando l'arco e ricollegandosi alle monofore degli ordini superiori perfettamente allineate. Tale allineamento delle aperture e la loro prossimità ai cantonali hanno discretizzato il fronte in tre macroelementi verticali che sono progressivamente collassati per ribaltamento. Una volta collassato il lato nord-orientale, è collassato il lato sud-orientale lasciando ancora in piedi gli altri due paramenti murari che presentano le stesse problematiche. Si possono così riscontrare lesioni passanti con ampio ventre di frattura (variabile tra 5 e 18 cm) che, partendo dal coronamento, attraversano gli archivolti delle monofore e si diramano verso gli archi ogivali dei portali dell'ex portico. Gli archivolti presentano un chiaro scivolamento dei conci per via del meccanismo di rottura a taglio. Le fratture sul prospetto sud-orientale, discretizzando la fabbrica in macroelementi verticali, hanno prodotto un evidente fuori-piombo dell'angolata meridionale che sta ancora subendo un cinematismo di ribaltamento al quale contribuisce anche lo scivolamento dell'archivolto di una monofora del secondo ordine che sta trascinando con sé anche la monofora superiore.

In questi due esemplari per i quali è stato possibile comparare configurazione originaria e stato di fatto, risulta palese che oltre al problema del masso fondale argilloso, il ribaltamento sia anche facilitato dall'inefficace presenza di incatenamenti o orizzontamenti capaci di contrastare tale comportamento.

9.7.2 Le torri campanarie tradizionali in Castilla y León tra progetto e difetti costruttivi

In una regione sismicamente inattiva, i rischi "originari", che maestranze ed architetti erano chiamati a contrastare nella costruzione di fabbriche tradizionali di tipo monumentale, erano essenzialmente legati alla stabilità della struttura, empiricamente controllata dallo studio delle proporzioni che tali manufatti dovevano seguire.

Ancor più che in Italia, e in Sicilia in particolar modo, nel XV e XVI secolo in Spagna la costruzione di edifici specialistici come le chiese o le torri campanarie alimentava (e allo stesso tempo ne recepiva l'influenza) una copiosa trattatistica. Proprio da questi trattati si può cercare di ricavare informazioni utili su regole e criteri seguiti per la realizzazione dei manufatti studiati in questa sede, alla ricerca di possibili criteri preventivi seguiti per conferire stabilità e durabilità a tali fabbriche tradizionali.

Tra i trattati spagnoli cinquecenteschi e seicenteschi, l'opera dell'architetto Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577)¹³⁰ rappresentò un caposaldo seguito dalle maestranze e dagli altri architetti castigliani. Rodrigo Gil de Hontañón scrisse infatti, tra il 1544 e il 1554 un trattato di architettura che fu poi allegato da Simón García nel 1681 nel suo *Compendio de Arquitectura* (García, 1681; Huerta, 2016). In questo scritto, R. Gil de Hontañón dà indicazioni grafiche sulle proporzioni della fabbrica di una torre sfruttando l'analogia col corpo umano¹³¹ inserendo un "homunculus" senza braccia all'interno del prospetto di una torre per illustrare le proporzioni necessarie da seguire in un progetto. Ripercorrendo in sequenza ciò che scrive R. Gil de Hontañón, il modulo di base è rappresentato dalla testa del corpo umano; la larghezza di una torre "ben costruita" deve essere pari a due teste e l'altezza pari a otto teste, ovvero l'altezza di una torre dovrebbe essere proporzionale alla sua larghezza secondo il rapporto 4:1. Proporzionalmente, l'altezza per il coronamento, sia esso una cuspide o un pinnacolo, deve essere pari a 5/3 del modulo base, ovvero 5/6 del lato della torre. Le fondazioni della fabbrica devono essere profonde 1/3 della testa, ovvero 1/6 del lato della torre, e realizzate in muratura con elementi lapidei informi posati a mano (*mampostería*). Per quanto riguarda lo spessore delle murature d'ambito, l'architetto non spiega esplicitamente una regola predeterminata¹³², ma inserisce la pianta di una torre accanto all'homunculus. Da questo disegno si comprende così che lo spessore del muro deve essere pari a 1/5 del lato della torre.

Trattati coevi, come quello del Frate Lorenzo de San Nicolás (1639) dettano regole molto simili e confermano una pratica costruttiva molto diffusa e condivisa nella penisola ispanica. Secondo Frate Lorenzo, lo spessore del muro

130. Rodrigo Gil de Hontañón, figlio dell'architetto Juan Gil de Hontañón (1480-1526), fu uno dei più prolifici, versatili ed importanti architetti del XVI secolo in Spagna. Ereditò dal padre la maestria costruttiva gotica e durante la sua vita assorbì l'influenza dell'architettura rinascimentale europea. Partecipò alla costruzione delle nuove cattedrali di molte città, quali Salamanca, Segovia e Santiago, e progettò numerose chiese parrocchiali ed edifici civili (Huerta, 2016).

131. Cfr. García, 1681, pagg. 9r-9v. In tal modo, l'architetto sembra applicare regole "vitruviane" rinascimentali alle architetture ispaniche ancora progettate in stile gotico (Sanabria, 1982).

132. Per lo spessore dei muri d'ambito della chiesa gotica egli indica invece una formula algebrica pari a $\frac{1}{2}$ della radice quadrata dell'altezza complessiva del muro (Huerta, 2012).

di una torre doveva essere pari a $\frac{1}{4}$ del lato di base, e l'altezza poteva raggiungere al massimo quattro volte tale lato. Per poter realizzare una torre ancora più alta, era necessario accostare, internamente o esternamente, opportuni pilastri contrafforti (previsti anche nei disegni di R. Gil de Hontañón) (Huerta, 2004). Come osservato da J. I. Sánchez Rivera (2014), alcune di queste regole proporzionali sono riscontrabili nelle torri campanarie del XV e XVI secolo in Castilla y León dove gradualmente il modello di torre con contrafforti lascia il posto al modello con fusto liscio.

Nei casi analizzati in questa sede, tra le varie proporzioni costruttive, lo spessore dei muri è quello che risponde meglio alle regole descritte. Tale dimensione è infatti sempre pari a $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{5}$ della larghezza di base della torre campanaria. Per R. Gil de Hontañón e per i suoi contemporanei la stabilità di una torre campanaria era garantita da regole proporzionali che legavano altezze, basi planimetriche e spessori murari. Ciò mette in evidenza la convinzione dei professionisti del XV e XVI secolo che seguire la buona regola dell'arte, standardizzata anche nei trattati, mettesse al riparo da qualsiasi pericolo di collasso. Da questo punto di vista la storia dell'architettura locale conferma tale teoria se si pensa come fabbriche progettate e realizzate nel Cinquecento con una determinata configurazione vennero poi sopraelevate con esiti non sempre positivi a causa del sovraccarico delle murature preesistenti¹³³ (si veda ad esempio il caso della torre classicista della chiesa di Herrera de Valdecañas, in provincia di Palencia, costruita su una struttura gotica e crollata per eccesso di carico intorno al 1950).

Alla luce di tutti questi ragionamenti, è dunque possibile individuare nelle torri campanarie tradizionali della Castilla y León alcune criticità costruttive.

In prima battuta, le testimonianze dei trattati e l'evidenza dei casi ruderali analizzati dimostrano uno scorretto dimensionamento delle fondazioni di queste fabbriche che le espone ai rischi di dissesto precedentemente illustrati. Inoltre, un'altra criticità molto importante è rappresentata dalla tipologia costruttiva dei setti murari. Le murature a sacco, a *tres hojas*, della Tierra de Campos sono caratterizzate da un nucleo interno realizzato con una quantità minima di calce, sostituita molto spesso da argilla e fango. L'utilizzo di terra cruda

133. R. Gil de Hontañón nel suo trattato indica anche quali criteri si dovrebbero seguire per sopraelevare un edificio preesistente (García, 1681).

come legante o come vero e proprio materiale da costruzione nelle fabbriche tradizionali della comarca è infatti molto diffuso e legato alla natura geologica dell'area, pianeggiante, povera di pietre e formata da sedimenti argillosi che provengono dall'erosione delle catene montuose confinanti (Sáinz Guerra, 2010). Un nucleo murario realizzato con questo tipo di malta e elementi lapidei calcarei informi risulta quindi molto sensibile all'acqua e va necessariamente protetto da fenomeni di umidità sia risaliente che discendente. Escludendo i casi ruderali nei quali le sezioni murarie sono direttamente esposte agli agenti atmosferici, nelle fabbriche ancora integre le sconessioni dei conci di rivestimento nelle parti apicali sono spesso dovute all'infiltrazione di acque meteoriche in lesioni pregresse o in giunti e comenti con malte sfiorite. Anche il sistema di smaltimento delle acque meteoriche può così rivelarsi fatale se non viene accuratamente mantenuto.

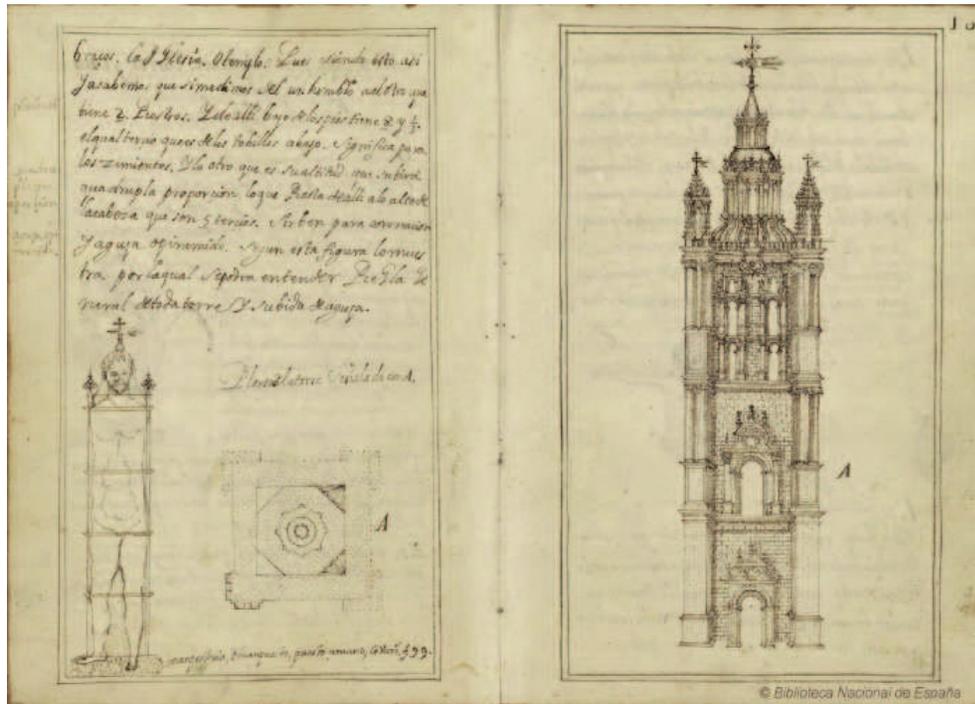


Fig. 164. La torre campanaria “tipo” secondo R. Gil de Hontañón.

Ciò avviene soprattutto nei casi in cui la cella campanaria è di stile classicista con muri d'attico e balaustre che nascondono una canaletta interna collegata a dei doccioni, come nel caso analizzato a Villalba de los Alcores.

9.7.3 Le cause profonde del degrado: il rischio di obsolescenza delle torri campanarie tradizionali di Castilla y León

Le cause scatenanti di una patologia edilizia possono essere distinte in due macrocategorie differenti rappresentate da cause intrinseche ed estrinseche. Alla prima categoria appartengono sia le cause relative a *“difetti” esistenti (od in nuce) nell'apparecchiatura costruttiva*, sia quelle derivanti da *eventuali deficienze prestazionali offerte dall'intorno fisico-ambientale* (Salemi, 2000b). Proprio l'interazione tra terreno e struttura e le caratteristiche delle apparecchiature murarie rappresentano la causa che si è vista essere la fonte delle patologie intrinseche che affliggono le torri campanarie analizzate.

Tuttavia, considerando poi le cause estrinseche, provocate da eventi naturali o di tipo antropico *verificatisi dopo la realizzazione del manufatto* (Salemi, 2000b), bisogna prendere atto del fatto che le patologie intrinseche diagnosticate hanno un potente elemento catalizzatore estrinseco che è rappresentato dalla assoluta mancanza di manutenzione, ordinaria e straordinaria, di tali fabbriche tradizionali. Tale assenza manutentiva è imputabile soprattutto al progressivo esodo da parte della popolazione dei piccoli centri rurali verso i grandi centri industrializzati, dovuto al fenomeno socioeconomico del *Desarrollismo* tra gli anni '50 e '70 del Novecento¹³⁴. Questa migrazione si somma inoltre alla riduzione demografica ancora in corso, se solo si pensa che la popolazione dell'intera Castilla y León tra il 2007 e il 2017 è diminuita di circa centomila abitanti (Escribano, 2018). In Tierra de Campos ciò è molto evidente nei piccoli centri nei quali sorgono le torri campanarie analizzate. Come si è visto, il paese di Villacarralón oggi conta solo 88 abitanti, Tamariz del Campos solo 57 e la frazione di Villaesper ha appena 19 abitanti; in tutte queste località si è registrato un decremento demografico pari al 50% negli ultimi venti anni

134. «(...) si produssero importanti movimenti migratori dalle regioni arretrate verso quelle più avanzate, i cui grandi protagonisti furono le famiglie rurali che si spostavano in ambito urbano. Le cause dello spopolamento rurale possono raggrupparsi in due grandi blocchi. Da una parte l'emigrazione fu una risposta degli abitanti rurali al lento, o a volte inesistente, progresso del cambio occupazionale nelle loro comunità d'origine. (...) Oltre alle cause occupazionali dello spopolamento, se ne può individuare un secondo blocco nelle difficoltà di accesso della popolazione rurale a tutta una serie di strutture e servizi che, in particolare dalla metà del XX secolo in poi, incisero sul livello di vita medio, diventando parte integrante delle aspirazioni standard del cittadino spagnolo» (Acín et al., 2007).

(Instituto Nacional de Estadística, 2017). Gli stessi abitanti censiti spesso non risiedono stabilmente in questi luoghi ma tornano in paese solo nei mesi estivi. La conseguenza di ciò è che per la maggior parte dell'anno queste località sono totalmente abbandonate.

L'obsolescenza alla quale sono pericolosamente esposte le torri campanarie in Castilla y León è dunque un'obsolescenza di tipo naturale, detta anche *obsolescenza fisica*¹³⁵, che determina il graduale abbassamento dei requisiti prestazionali di materiali base ed elementi costruttivi che compongono il *corpus* della fabbrica tradizionale, pregiudicando *l'affidabilità, la funzionalità o, in ultima analisi, l'agibilità di un edificio* (Arbizzani and Di Giulio, 1995). Tale obsolescenza è composta sia dal prevedibile *invecchiamento naturale* di un'unità tecnologica sia dal *degrado patologico* che si manifesta con tempi e modi molto variabili¹³⁶.

La mancata manutenzione espone le emergenze architettoniche tradizionali dall'elevato valore storico-culturale quali sono le chiese parrocchiali e le relative torri campanarie, al non trascurabile rischio di obsolescenza che può portare alla scomparsa di queste testimonianze, soprattutto se si pensa che le architetture civili in terra cruda presenti sono ormai distrutte e che, sia a Tamariz che a Villacarralón, le stesse chiese parrocchiali abbandonate (costruite in *tapial*) sono letteralmente disgregate.

A completare il quadro fin qui descritto si deve anche sottolineare come in centri un po' più popolati e in cui gli edifici ecclesiastici hanno un conclamato valore storico-artistico (per la preziosità degli elementi architettonici e per la documentata attribuzione a grandi maestri dell'architettura spagnola) le torri campanarie analoghe a quelle fin qui studiate per tipologia, tecnica costruttiva e patologie sono più interessate da interventi di restauro e consolidamento strutturale. È questo il virtuoso caso della chiesa parrocchiale di *San Martín* a Mota del Marquès, paese a 38 km da Valladolid con 373 abitanti nominali. L'edificio, progettato da Rodrigo Gil de Hontañón tra il 1540 e il 1548, è stato oggetto di una grande e recente opera di restauro e consolidamento strutturale dell'aula a tre navate su pilastri cilindrici e della torre campanaria edificate su un masso fondale argilloso che ne stava pregiudicando la conservazione.

135. In generale, oltre all'obsolescenza fisica, legata alle prestazioni fisiche chimiche e meccaniche di materiali base e componenti edilizi, in edilizia esistono altre due forme di obsolescenza. Una di queste è di tipo "tecnologico", che *incide sulla prestazione del sistema, in quanto è dovuta all'obsolescenza di uno dei componenti del sistema attribuibile all'avanzamento tecnologico e all'introduzione sul mercato di nuovi componenti*; l'altra è di tipo "funzionale", che *incide sul grado di soddisfazione dell'utenza, in quanto è dovuta a un disagio in termini di attese e di bisogni che si verifica quando il sistema non garantisce più l'ottimale svolgimento delle funzioni per il quale è stato progettato o lo garantisce con un livello inferiore di soddisfazione* (Celucci and Di Sivo, 2016).

136. «*Gran parte delle patologie edilizie sono la conseguenza di forme naturali di obsolescenza che, in assenza di interventi di manutenzione, portano ad un abbassamento delle prestazioni di un componente tale da pregiudicarne la resistenza all'azione degli agenti di degrado*» (Di Giulio, 1999).



Al contrario, a poca distanza da Mota, a Benafarces, paese di appena 71 abitanti nominali a 45 km ad ovest di Valladolid, la torre campanaria della chiesa cinquecentesca di *Nuestra Señora de la Asunción* è crollata tra il 1999 e il 2000, alterando la configurazione geometrica della chiesa ancora in uso e cancellando un'importante testimonianza e un punto di riferimento nel paesaggio castigliano.



Fig. 165. La torre della chiesa di San Martín a Mota del Marquès e le rovine della torre della chiesa di Nuestra Señora de la Asunción a Benafarces.

PARTE QUARTA

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

10 Sintesi e considerazioni a valle degli studi condotti

10.1 Gli areali a confronto: tecnologia e forma tra rischio sismico e rischio di obsolescenza

Il tema della conservazione delle torri campanarie di fattura tradizionale nei centri storici europei torna ciclicamente alla ribalta popolare soprattutto a causa degli eventi sismici che hanno colpito il territorio italiano negli ultimi decenni e che vedono tra le prime “vittime” del disastro proprio le architetture turre, in virtù della loro configurazione snella. La sopravvivenza di questi edifici è spesso minacciata anche in circostanze differenti, “più silenti” ma non per questo meno pericolose, nelle quali la totale assenza di interventi manutentivi può condurre anche al collasso questi campanili, testimonianza storica e culturale che assurge ad emblema iconemico delle comunità che popolano i centri storici. Nasce così l’esigenza della salvaguardia preventiva delle torri campanarie di fattura tradizionale, che deve porsi a metà strada tra la conservazione dei caratteri peculiari dell’istanza storica e artistica della fabbrica e la messa in sicurezza dal punto di vista strutturale. Per raggiungere questo fine, secondo una procedura cognitiva ormai condivisa ampiamente dagli specialisti del restauro architettonico e dalle normative sui beni culturali, la premessa fondamentale è un’adeguata conoscenza di questi manufatti dal punto di vista del regesto della fabbrica, delle configurazioni geometriche e delle tecniche costruttive. Nonostante ciò, la letteratura in materia approfondisce spesso o solo aspetti storico-artistici o temi di modellazione strutturale, trascurando lo studio sulle specifiche configurazioni geometriche e sulle tecniche costruttive.

Per contribuire a colmare questo “gap”, la ricerca ha aperto un focus sugli aspetti formali e tecnico-costruttivi delle torri campanarie di fattura tradizionale scegliendo due distinti areali di riferimento, con una matrice culturale comune ma con declinazioni di *forma e tecnica* differenti al variare del rischio prevalente: il territorio etneo in Sicilia Orientale e la comarca della Tierra de

Campos in Castilla y León. I secoli di dominazione spagnola in Sicilia infatti hanno certamente influenzato professionalità e maestranze siciliane se si pensa soprattutto al governo viceregio che diresse la ricostruzione post sisma 1693 per conto dell'amministrazione centrale di Valladolid. Inoltre, la presenza in Castilla y León di numerosissimi esemplari di torri campanarie tradizionali caratterizzate da differenti livelli di conservazione (fino allo stato di rudere) permette di considerare questo territorio come un vero e proprio osservatorio sperimentale a cielo aperto.

In ambito siciliano, definito il territorio di riferimento nell'areale etneo, zona storicamente soggetta al rischio sismico e vulcanico, la ricerca ha potuto verificare e catalogare l'esatta consistenza del patrimonio campanario tradizionale etneo, mai censita e studiata in modo organico precedentemente, e analizzarne le caratteristiche tipologiche, le configurazioni geometriche e le soluzioni tecnologiche più ricorrenti (avvalendosi anche delle consultazioni delle Carte del Rischio dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro). Per tale ragione, sono stati studiati anche alcuni esemplari eletti a casi emblematici e particolarmente rappresentativi per l'ambito territoriale considerato e appartenenti a differenti centri storici, attraverso metodologie integrate di rilevamenti diretti e fotogrammetrici del sistema formale-architettonico e tecnico-costruttivo.

Il violento sisma del 1693 è per l'areale uno spartiacque non solo temporale ma anche fisico, definendo due zone connotate da fabbriche con caratteristiche formali differenti. Le aree risparmiate dal predetto terremoto, situate lungo il versante nord-occidentale dell'Etna, sono contraddistinte da torri campanarie per la maggior parte dei casi risalenti al XV e XVI secolo (ma con alcuni esemplari risalenti anche al XIII secolo) mentre i territori ad est e a sud del vulcano sono soprattutto provvisti di esemplari del XVIII e XIX secolo, risultato della successiva ricostruzione post sisma.

La tipologia di torri campanarie tradizionali più diffusa è quella del campanile addossato alla chiesa di pertinenza e, pertanto, tra i 158 esemplari censiti, i casi studio sono stati selezionati nell'ambito della tipologia prevalente.

In analogia con la suddivisione in macroelementi universalmente condivisa per lo studio del comportamento cinematico degli edifici tradizionali in muratura (e suggerita anche dalle Linee guida 2011 per la valutazione della vulnerabilità sismica dei beni culturali), la torre campanaria può essere suddivisa in due macroelementi fondamentali, quali la torre propriamente detta, intesa come solo fusto, e la cella campanaria. In base a questa distinzione, la ricerca ha individuato due sottocategorie di torri campanarie addossate: “tipo A”, categoria più ricorrente nella quale a staccarsi in elevazione rispetto alla fabbrica della chiesa è la sola cella campanaria, e “tipo B”, più snella e svettante, in cui anche parte del fusto si sviluppa in altezza oltre la copertura della chiesa di pertinenza. Le configurazioni geometriche dei fronti esterni sono generalmente declinate con basamenti, cantonali, marcapiani, monofore e coronamenti che rappresentano gli esiti stilistici dell’epoca di costruzione; l’articolazione interna delle torri prevede o casi in cui la canna del fusto è vuota per ospitare una scala a pozzo o ambienti definiti al piano terra da sistemi voltati e ai piani superiori da solai intermedi fino alla cella campanaria sormontata molto spesso da una cuspidale piramidale su base ottagonale. Le torri campanarie addossate analizzate nell’areale presentano un paramento in comune con la chiesa di pertinenza, sul quale si imposta anche il setto murario della cella campanaria soprastante.

I caratteri tecnico-costruttivi sono pienamente incardinati nella tradizione costruttiva locale, nella quale il basalto lavico è il materiale base protagonista, utilizzato sia nelle murature che nelle decorazioni degli esemplari più antichi, insieme alla calcarenite, regina dell’apparato decorativo negli esemplari della ricostruzione settecentesca. Gli studi condotti dimostrano l’impiego di strutture verticali portanti con scheletro in pietrame lavico informi di media pezzatura e frammenti lapidei di rinzeppatura legato con malta di calce e inerti vulcanici, il tutto contraddistinto da sottili ripianamenti in frammenti di laterizio e di mattoni pressati. Contrariamente a quanto si sarebbe potuto immaginare, l’adozione di questa soluzione tecnica resta una costante tipica di queste fabbriche tradizionali anche dopo il terremoto del 1693 (costante probabilmente incentivata anche dalla necessità di reimpiego delle macerie prodotte del catastrofico evento). Solo nella realizzazione delle nuove basiliche

barocche si può assistere all'utilizzo di pietrame informe di grande pezzatura disposto in modo più regolare e all'esterno rivestito interamente con lastre e conci intagliati di calcarenite.

L'analisi dei caratteri geometrici e tecnico-costruttivi desunti dalla catalogazione e dallo studio dei casi emblematici, posta in relazione ai più ricorrenti meccanismi di danno delle torri campanarie tradizionali osservati nei terremoti degli ultimi quarant'anni in Italia, mette in evidenza come le maggiori criticità per i campanili etnei nei confronti del rischio siano legate a due differenti categorie.

Da un lato, le configurazioni geometriche errate, quali setti murari in falso o non sufficientemente sostenuti da archivolti, come osservato ad esempio nella cella campanaria di San Giuseppe ad Acicastello, o aperture allineate in fusti a canna vuota sono veri e propri fattori preferenziali per l'innescò di cinematismi dei macroelementi in caso di sisma. Dall'altro lato, se si considerano le tecniche costruttive, le criticità si riscontrano ogni qual volta il caso in esame si discosta dalla regola dell'arte della tradizione costruttiva locale. La presenza di insufficienti ammorsature, la mancanza di incatenamenti o orizzontamenti capaci di garantire un comportamento scatolare o tessiture murarie in pietrame minuto informe con grandi quantità di malta possono rappresentare vere e proprie vulnerabilità intrinseche non sempre quantificabili, soprattutto se si pensa alla difficoltà di tradurre in coefficienti numerici queste caratteristiche costruttive nelle verifiche strutturali di tipo globale. Ad incidere sulla durabilità delle torri campanarie tradizionali in areale etneo possono anche contribuire le trasformazioni che hanno portato allo sfondamento e sostituzione di orizzontamenti o di sistemi di comunicazione verticale e all'alterazione del comportamento strutturale della fabbrica turrata tradizionale con invasivi interventi di consolidamento e inserimento di scheletri portanti in calcestruzzo armato.

A meno di alcuni eclatanti quadri fessurativi evidenti, se esistono dissesti negli esemplari etnei, essi non sono tali da manifestare decadimenti nell'involucro esterno, sempre rivestito da intonaci o elaborate apparecchiature lapidee di facciata, grazie alla saltuaria manutenzione dei fronti esterni degli edifici

ecclesiastici o ai citati interventi di trasformazione. Le labilità descritte si manifesteranno in modo evidente all'attivazione dei cinematismi di danno o di crolli e distacchi localizzati soltanto in caso di eventi sismici di tipo distruttivo. La ricerca ha messo così in luce le labilità specifiche delle torri etnee esplicitando i potenziali *indicatori di vulnerabilità* contemplati nei modelli schedografici di valutazione della vulnerabilità presenti nelle Linee Guida 2011. In ragione di ciò, è stato predisposto un catalogo schedografico di tutti i 158 esemplari censiti.

In territorio spagnolo, la ricerca ha inteso analizzare le torri campanarie tradizionali monumentali esistenti in Castilla y León selezionando alcuni casi emblematici nella provincia di Valladolid. In questo areale, la comarca della *Tierra de Campos*, zona che si sviluppò a partire dal X secolo e che vide il periodo di massimo sviluppo tra il XV e il XVI secolo, è caratterizzata da piccoli centri urbani con chiese parrocchiali ognuna delle quali dotata di torre campanaria "ai piedi" della navata. Sono stati scelti dei casi studio che, pur appartenendo allo stesso areale, presentano differenti stati di conservazione (una torre integra e ancora in uso e altre tre ridotte allo stato di rudere) che permettono di leggere così in modo molto chiaro le configurazioni geometriche degli spazi interni le soluzioni tecnologiche e l'evoluzione del dissesto nel tempo di queste tipologie architettoniche specialistiche.

Dall'aspetto esternamente monolitico ritmato solo negli ultimi livelli dalle monofore della cella campanaria, l'articolazione spaziale interna vede spesso un ambiente voltato al piano terra, di sovente con funzione di portico o cappella gentilizia, sopra al quale insiste un ambiente intermedio che serve per ospitare i pesi dell'orologio meccanico posto nel sottotetto superiormente alla cella campanaria. La tecnica costruttiva delle strutture verticali è sempre caratterizzata dal sistema a *tres hojas* (con l'utilizzo dei pochi materiali base a disposizione nell'areale), ovvero da una muratura a sacco con nucleo in pietrame calcareo e malta di calce mista ad argilla e due paramenti esterni in muratura di conci squadrate in calcarenite.

Se dunque in Sicilia orientale, specificatamente in ambito etneo, la tradizione costruttiva delle torri campanarie convive da sempre con il rischio sismico e le

problematiche relative a consolidamenti ed irrigidimenti, l'areale vallisoleitano presenta caratteristiche costruttive immutate nel tempo che tradiscono l'assoluto affidamento dei manufatti alla buona regola dell'arte derivante dall'ampia trattatistica rinascimentale alla quale la cultura tecnica spagnola, più di quella siciliana, ha sempre fatto riferimento senza però considerare i problemi legati all'errato dimensionamento delle fondazioni. Pertanto, le torri campanarie di fattura tradizionale in Tierra de Campos sono realizzate seguendo regole predeterminate che assicuravano "sul momento" la stabilità della fabbrica, ma che non potevano garantire il prolungamento della vita utile senza un'assidua opera di manutenzione. I fenomeni di rigonfiamento e ritiro dei massi fondali argillosi e il nucleo delle murature a sacco, ricco di terra e povero di malta di calce, rappresentano dunque i più grandi pericoli per queste fabbriche a causa dell'assenza di manutenzione dovuta allo spopolamento delle cittadine cinquecentesche della Tierra de Campos, ormai quasi del tutto abbandonate, esponendo gli edifici ecclesiastici all'elevato rischio di obsolescenza fisica, con il depauperamento delle prestazioni fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali base e componenti edilizi.

Se il rischio sismico non trova motivo d'essere nelle torri campanarie castigliane, il rischio di obsolescenza, al contrario di quanto si potrebbe immaginare, è concretizzabile anche nei manufatti dei centri etnei, seppur densamente popolati.

Come si è detto già nell'introduzione, in Sicilia il campanile è considerato semplice appendice della chiesa di pertinenza. I sopralluoghi effettuati ed il materiale fotografico della Carta del Rischio dimostrano quanto detto. Spesso considerata alla stregua di un deposito, alla torre campanaria si accede occasionalmente per la manutenzione degli orologi o per suonare le campane non comandate elettricamente in occasione di annuali feste patronali. Tutto questo si traduce così nella mancanza di programmati interventi di manutenzione che mette in pericolo l'integrità e la vita utile dei diversi componenti edilizi.

All'interno di queste torri campanarie sono spesso i corpi scala a subire i primi segni di decadimento. Proprio in San Giuseppe ad Acicastello le sottili volte

rampanti concrezionali della scala presentano in alcuni punti malta sfiorita e distacco degli elementi pomicei, con conseguente e notevole riduzione della sezione resistente della rampa. Se poi si pensa che le originali scale di molti campanili etnei sono state di sovente sostituite con strutture in calcestruzzo armato, si potrebbe imputare all'obsolescenza fisica degli originari sistemi di comunicazione verticale anche la causa dell'inserimento di una criticità intrinseca, tale da esporre maggiormente la fabbrica a danni dovuti al rischio sismico. Così, in Castilla y León la perdita del patrimonio monumentale turrato è graduale ed osservabile nella sua evoluzione. Al contrario, in Sicilia le torri campanarie tradizionali presentano uno stato di salute apparentemente migliore ma resta latente e, purtroppo, reale la possibilità di danni dovuti ad eventuali eventi sismici a causa di tali vulnerabilità intrinseche della fabbrica.

10.2 Riflessioni sulla metodologia seguita e criticità riscontrate

La ricerca condotta, nel perseguire l'obiettivo di individuare le diverse declinazioni di tecnologia e forma nelle torri campanarie al variare del rischio prevalente, ha raggiunto in modo naturale alcuni obiettivi specifici e intermedi ma ugualmente importanti, incardinando i risultati ottenuti nel filone di ricerca sulla documentazione ai fini della conservazione e della salvaguardia dei beni architettonici dall'elevato valore storico-culturale.

L'approfondimento dello stato dell'arte, recuperando utili informazioni che potessero delineare il quadro dei danni degli eventi sismici sui campanili di fattura tradizionale, analizzando il caso emblematico del Friuli (Doglioni et al., 1994), ha permesso di comprendere l'importanza di indirizzare le classificazioni tipologiche verso criteri che tenessero conto del rapporto tra fabbriche contigue. In quest'ottica, l'approfondimento di modellazione strutturale di tipo globale della torre campanaria di San Giuseppe ad Acicastello ha voluto mettere in evidenza come possa influire il corpo di fabbrica della chiesa addossata sui modi di vibrare della torre, simulando idealmente anche il comportamento del campanile isolato.

Le metodologie di rilievo applicate in questa ricerca confermano la grande

potenzialità delle tecniche di rilevamento fotogrammetrico di tipo digitale per le torri campanarie. Le difficoltà insite nel rilevare in modo diretto manufatti dalle configurazioni geometriche così particolari vengono superate senza dover necessariamente ricorrere a specifiche ed onerose strumentazioni. Soprattutto in ambito vallisoletano, la tecnica della Structure from Motion, combinata con il rilevamento omografico, ha permesso un agevole rilievo delle rovine delle torri in totale sicurezza, scongiurando la necessità di avvicinarsi eccessivamente ai manufatti pericolanti. In questo modo, la fase di studio ex-post (a video) dei modelli mesh e point cloud texturizzati hanno consentito l'attenta osservazione della fabbrica ed il riconoscimento delle tecnologie impiegate in assoluta sicurezza. A partire dalla nuvola di punti acquisita con queste tecnologie digitali, la possibilità di realizzare un modello parametrico informativo BIM attendibile, che si inquadri nell'ambito ancora poco esplorato (soprattutto in Sicilia) del BIM applicato ai beni culturali (H-BIM), permette di trasformare il modello realizzato in un vero e proprio "contenitore" informativo di tutte le conoscenze acquisite sul manufatto, dalle indagini storiche, alla documentazione fotografica, fino all'analisi materica e delle manifestazioni visibili di degrado. In questo modo il modello realizzato può diventare un utile strumento per i necessari interventi volti al consolidamento e al restauro conservativo del bene.

Non si può non negare la difficoltà di rilevamento delle parti apicali delle torri, che nei modelli SfM restano meno dettagliate. A questi problemi, nel produrre gli elaborati grafici tradizionali di rilievo si è sopperito con le tecniche omografiche di raddrizzamento di alcuni scatti fotografici, ottenendo così informazioni attendibili anche per questi aspetti. La condizione di rudere e le murature a vista dei manufatti spagnoli consentono una più agevole lettura del "documento di pietra", che sopperisce alle lacunose notizie storiche trovate in bibliografia.

D'altro canto, in ambito siciliano, solo il rilievo diretto degli ambienti interni delle torri campanarie può permettere un'approfondita conoscenza sui manufatti, dei quali, altrimenti, è possibile acquisire dati dei soli aspetti "epidermici".

A tal proposito, lo studio condotto si è dovuto fortemente scontrare con la non sempre facilità di accesso all'interno delle torri campanarie, per motivazioni di diversa natura, quali la conclamata non agibilità delle scale, l'assenza di

sacerdoti o sacrestani in edifici ecclesiastici di tipo confraternale e filiale o la poca disponibilità alla collaborazione.

10.3 Possibili sviluppi futuri

Come si è già detto più volte, gli studi intrapresi in questa ricerca rappresentano una piccola tessera di quello che si potrebbe definire un “mosaico della conoscenza” sulle torri campanarie di fattura tradizionale. Ciò è vero soprattutto se si pensa che gli esemplari studiati negli areali scelti non sono mai stati presi in considerazione precedentemente in specifiche trattazioni che potessero mettere in correlazione analisi formali e stilistiche con quelle tecnico-costruttive.

Le conoscenze acquisite contribuiscono a migliorare lo stato dell’arte su tali manufatti. Ciò conferma come lo studio condotto su un’intera categoria architettonica e culturale in un determinato areale possa aiutare a riconoscere non solo le peculiarità di una cultura costruttiva, della quale tali manufatti sono il prodotto, ma anche quelle intrinseche criticità da tenere in considerazione per poter agire in regime di tutela piuttosto che in condizioni di emergenza. In questo senso, la ricerca condotta può rappresentare l’esempio per una replicabilità del processo, laddove ancora una documentazione iniziale sul patrimonio architettonico campanario non sia stata affrontata svolgendo campagne di rilievo tecnico-costruttivo oltre che censuarie.

Un possibile, quanto fisiologico, sviluppo futuro di questa ricerca può essere visto nella costruzione di una banca dati che veda censimento, catalogazione e studi sugli esemplari emblematici inseriti in una piattaforma georeferenziata disponibile alla consultazione sia dei professionisti di settore che dell’opinione pubblica, nell’ottica della più ampia diffusione dell’informazione culturale, sia per quanto riguarda l’areale siciliano che per quello spagnolo. Tale rete GIS, potrebbe così implementare le due piattaforme già esistenti ma fra loro non interfacciate, della *Carta del Rischio dei Beni Culturali* del MIBAC e del sistema *BEweb* della CEI.

Si è già accennato precedentemente alla limitazione che ha caratterizzato il presente studio in ambito siciliano sui campanili tradizionali censiti e catalogati



Fig. 166. Stato di avanzamento di modellazione in ambiente H-BIM della torre campanaria di San Giuseppe ad Acicastello, a partire dalla nuvola di punti SfM e dai rilievi diretti condotti all'interno della fabbrica.

basato in molti casi sulla sola lettura della “epidermide” della fabbrica. Il prosieguo della ricerca potrà prevedere un ulteriore livello di approfondimento grazie alla progettazione di specifiche campagne di indagini strumentali non distruttive (ND) o debolmente distruttive (quali termografie, indagini ultrasoniche ed endoscopie) capaci di confermare o meno le deduzioni sul riconoscimento delle tecniche costruttive e sullo stato di conservazione del corpus di questi manufatti. In tal modo, il catalogo delle torri campanarie qui redatto si arricchirebbe di ulteriori utili informazioni.

L'attenzione ai temi che mettono in evidenza le criticità insite in configurazioni geometriche e soluzioni tecnologiche di questi edifici monumentali abbraccia certamente tematiche inerenti a diverse discipline specialistiche, quali la storia dell'architettura, il rilievo, l'architettura tecnica tradizionale, il restauro architettonico e il consolidamento strutturale.

Proprio per tale motivo, questo studio sta già procedendo verso la realizzazione di un modello che rappresenti una sintesi delle analisi fin qui intraprese e il punto di partenza per nuovi studi a carattere interdisciplinare. Come già detto prima, lo strumento che attualmente si presta meglio a generare tali considerazioni è certamente il *Building Information Modelling* applicato al patrimonio architettonico storico (H-BIM), con cui operare una modellazione parametrica e informativa della fabbrica in termini di caratteri geometrico formali, tecnico-costruttivi, strutturali e storici.

Un esempio di tale tecnica è rappresentato dal modello del campanile di San Giuseppe ad Acicastello, ottenuto a partire dai rilievi diretti e dalla nuvola di punti SfM. Su tale modello, la realizzazione di *famiglie nidificate* parametriche, che indichino la stratigrafia esatta di tutti i componenti del corpo di fabbrica, forma un vero e proprio database consultabile e modificabile, in cui far confluire gli studi tecnico-costruttivi, le informazioni sul registro del bene culturale. Ogni professionalità di settore potrà così attingere e aggiornare le informazioni del modello in qualsiasi momento.

In sintesi, come sottolineato da studiosi e, soprattutto, professionisti di chiara fama, quali G. Carbonara, A. Giuffrè e S. Boscarino, le diverse discipline dovrebbero integrarsi tra loro senza percorrere strade parallele, perché

tale distinzione settoriale «*può essere ammessa solo per comodità pratica di riflessione e discussione, ma (...) in realtà non esiste*» (Boscarino, 1984).

Così, se questo studio ha cercato di integrare i temi di rilevamento architettonico e riconoscimento delle tecniche costruttive con l'osservazione empirica delle possibili labilità esistenti, un auspicabile passo successivo dovrebbe prevedere la ricerca di una maggiore integrazione tra le conoscenze tecnico-costruttive e la analisi globali per le valutazioni di vulnerabilità e per i progetti di miglioramento sismico. Ciò affinché la conoscenza esatta degli elementi costituenti il *corpus* della fabbrica tradizionale incida maggiormente nelle modellazioni strutturali, che, per quanto raffinate, non riescono facilmente a tradurre numericamente un intero bagaglio di conoscenze storiche, culturali e tecnologiche.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

INTRODUZIONE, METODI E PARTE PRIMA

- Accardo, G., Cacace, C., & Rinaldi, R. (2005, giugno). Il sistema informativo territoriale della «Carta del Rischio». *Arkos. Scienza e restauro dell'architettura*, VI(10), 43–52.
- Andreozzi, L. (2003). *Il laser scanner nel rilievo di architettura: la nostra esperienza*. Enna: Il lunario.
- Angeletti, P., Ferrini, M., & Lagomarsino, S. (1997). Rilievo e valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese: un esempio in Lunigiana e Garfagnana. In *L'Ingegneria Sismica in Italia. Atti dell'8° Convegno Nazionale L'Ingegneria Sismica in Italia. Taormina 20-24 Settembre 1997* (Vol. 2, pagg. 1077–1084). Palermo.
- Anzalone, Y. (2018). *Modellazione ed analisi non lineare di una costruzione ecclesiastica in muratura. La chiesa di San Giuseppe ad Acicastello* (Tesi di Laurea in Ingegneria Strutturale e Geotecnica). Università degli Studi di Catania.
- Baggio, C., Bernardini, A., Cocozza, R., Corazza, L., Della Bella, M., Di Pasquale, G., ... Zuccaro, G. (A c. di). (2009). *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)* Carlo Baggio, Alberto Bernardini, Riccardo Colozza, Livio Corazza, Marianna Della Bella, Giacomo Di Pasquale, Mauro Dolce, Agostino Goretti, Antonio Martinelli, Giampiero Orsini, Filomena Papa, Giulio Zuccaro. Roma: Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della protezione civile.
- Barocchi, P. (A c. di). (1962). Carlo Borromeo. *Instructionum fabricae et supellectilis ecclesiasticae*. In *Trattati d'arte del Cinquecento: fra manierismo e Controriforma* (Vol. 3, pagg. 1–123). Bari: Gius. Laterza & Figli. Recuperato da <https://archive.org/details/222BarocchiTrattati3Si261>
- Bartoli, G., Betti, M., & Monchetti, S. (2017a). Bartoli G, Betti M, Monchetti S, Analisi del rischio sismico del Campanile della Collegiata di Santa Maria Assunta a San Gimignano (Siena). *Bollettino ingegneri*, LXV, 3–20.
- Bartoli, G., Betti, M., & Monchetti, S. (2017b). Seismic Risk Assessment of Historic Masonry Towers: Comparison of Four Case Studies. *Journal of performance of constructed facilities*, 31(5), 1–16.
- Bartolomucci, C., & Cacace, C. (2008). La Carta del rischio del patrimonio culturale: normalizzazione delle tipologie degli edifici nella banca dati del Sistema informativo territoriale. *Bollettino ICR - Nuova Serie*, (16–17), 69–77.
- Bartolomucci, C., & Trizio, I. (2015). Dal rilievo del danno sismico al disegno per il progetto di restauro: un'applicazione di documentazione speditiva in condizioni di emergenza. *Disegnare Con*, 8(14), 24.1-24.8.
- Basile, F. (1975). L'architettura della Sicilia normanna. *Quaderno del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università degli Studi di Catania*, 6.

- Battini, C. (2016). Rilievo con scanner tridimensionali. In S. F. Musso, *Recupero e restauro degli edifici storici: guida pratica al rilievo e alla diagnostica* (IV, pagg. 179–182). Roma: EPC Libri.
- Bazoli, F., & Daglio, L. (2000). Le chiese del Borromeo e le chiese latinoamericane. Un'ipotesi di lettura. In S. Della Torre, M. Marinelli, & F. Adorni (A c. Di), *Instructionum fabricae et suppellectilis ecclesiasticae: Libri II Caroli Borromei (1577)* (pagg. 376–385). Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana - Axios Group.
- Bertocci, S., & Bini, M. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: Città Studi Edizioni.
- Bianchini, C. (2008). *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*. Roma: Aracne.
- Blasi, C. (2013). *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia.
- Blasi, C. (2014). Sicurezza e responsabilità: due termini da ripensare alla luce delle norme vigenti per la salvaguardia degli edifici storici. *Bollettino ingegneri*, 6, 5–10.
- Boscarino, S. (1984). *Aspetti tecnici nel restauro dei monumenti*. Simposio sul tema: Prospettive della ristrutturazione e consolidamento dei monumenti siciliani, Siracusa, 15 marzo 1984, ASSIRCO, dattiloscritto (Cfr. Carbonara G., 1997).
- Boscarino, S. (1997). *Sicilia barocca. Architettura e città 1610-1760* (3° ed.). Roma: Officina edizioni.
- Boscarino, S. (1998). Sicilia e Spagna: architettura e città nel Seicento. In L. Trigilia (A c. Di), *Annali del Barocco in Sicilia. La città del Seicento tra Italia e Spagna* (Vol. 5, pagg. 19–21). Roma: Gangemi Editore.
- Bramerini, F., Di Pasquale, G., Naso, G., & Severino, M. (2008). *Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* (Vol. 1). Roma: Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della protezione civile. Recuperato da http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/MS_VOLUME_1.pdf
- Brandi, C. (1977). *Teoria del Restauro*. Torino: Einaudi.
- Brandonisio, G. (2007). *Analisi di edifici a pianta basilicale soggetti ad azioni sismiche* (Tesi di Dottorato). Seconda Università degli Studi di Napoli, Napoli.
- Brovelli, E., Brun, S., Carassale, L., Lagomarsino, S., Lemme, A., Patrignani, I., ... Stagno, G. (1997). Il rilievo del danno e della vulnerabilità sismica delle chiese in Umbria. *Recupero e Conservazione*, 21, 24–35.
- Cacace, C., & Fiorani, D. (2014). Centri storici, vulnerabilità, rischio e gestione della conservazione. Una proposta d'implementazione dello strumento "Carta del rischio". In S. Della Torre (A c. Di), *Proceedings of the International Conference Preventive and Planned Conservation Monza, Mantova - 5-9 May 2014. Protezione dal rischio sismico* (Vol. 3, pagg. 107–117). Firenze: Nardini Editore.
- Cannarozzo, C., Cuccarini, L., & Meschieri, W. (2014). *Misure, rilievo, progetto per costruzioni, ambiente e territorio* (IV, Vol. III-Modulo on-line, Unità

T1). Zanichelli editore S.p.A.

- Carbonara, G. (1997). *Avvicinamento al restauro: teoria, storia, monumenti*. Napoli: Liguori.
- Carocci, C., & Tocci, C. (2009). *Sicurezza e conservazione degli edifici storici monumentali. La chiesa di San Nicolò l'Arena a Catania*. Roma: Gangemi Editore.
- Casolo, S., Milani, G., Uva, G., & Alessandri, C. (2013). Comparative seismic vulnerability analysis on ten masonry towers in the coastal Po Valley in Italy. *Engineering Structures*, 49, 465–490.
- Cifani, G., Lemme, A., & Podestà, S. (A c. di). (2005). *Beni monumentali e terremoto: dall'emergenza alla ricostruzione*. Roma: DEI.
- Cigola, M. (2001). Il rilevamento per la conoscenza del costruito Arturo Gallozzi Maria Teresa Longo Leonardo Paris. In M. Cigola, A. De Sanctis, A. Gallozzi, M. T. Longo, & L. Paris (A c. Di), *Metodi e tecniche della rappresentazione* (pagg. 15–38). Cassino: Università degli studi di Cassino.
- Clementi, A. (1981). Il contributo della progettazione urbanistica alla riduzione della vulnerabilità alla scala urbana. In *CNR-Nsf, US-Italy, Workshop on Earthquake Disaster Mitigation. Roma, 12-16 Ottobre 1981*. Roma.
- Como, M. T. (2001). Il Restauro dei Monumenti a Torre in Muratura. In *Restauro - Quaderni di Restauro dei Monumenti e di Urbanistica dei Centri Antichi* (Vol. 152-153/2000, pagg. 5–144). Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.
- Condorelli, F. (2012). *Proposta metodologica di rilevamento speditivo e mappatura GIS per la valutazione dello stato di conservazione delle cortine edilizie. Applicazione al centro storico di Catania* (Tesi di Dottorato di ricerca in Progetto e Recupero Architettonico Urbano e Ambientale. XXIV Ciclo). Università degli Studi di Catania, Catania.
- Cremonini, I. (1999). *Analisi preliminare e valutazione dell'esposizione e vulnerabilità sismica dei sistemi urbani*. Bologna: Regione Emilia Romagna.
- Crichton, D. (1999). The Risk Triangle. In J. Ingleton (A c. Di), *Natural Disaster Management* (pagg. 102–103). London.
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica*. Dario Flaccovio Editore.
- Della Torre, S., Marinelli, M., & Adorni, F. (A c. di). (2000). *Instructionum fabricae et supellectilis ecclesiasticae: Libri II Caroli Borromei (1577)*. Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana - Axios Group.
- Di Paola, F., Fatta, G., & Vinci, C. (2018). Wedge-shaped bricks spires and domes. Construction and decorative aspects. In C. Gambardella (A c. Di), *XVI International Forum of Studies "Le Vie dei Mercanti" WORLD HERITAGE and KNOWLEDGE Representation | Restoration | Redesign | Resilience* (pagg. 594–605). Roma: Gangemi Editore spa.
- Di Tommaso, A., & Casacci, S. (2013). Sopravvivenza di torri e campanili in ambiente sismico (pagg. 95–118). Presentato al Seminario Internazionale sull'evoluzione nella sperimentazione per le costruzioni (CIAS 2013), Creta (Grecia). Recuperato da <https://core.ac.uk/download/pdf/16377982.pdf>

- Doglioni, F., & Bondanelli, M. (2009). Il comportamento strutturale. Modi e forme del danno. In M. Bondanelli, *Problematiche strutturali dell'edilizia storica in zona sismica. Contributi al Seminario di Studi, Problematiche strutturali dell'edilizia storica in zona sismica, Ferrara, 01-22 ottobre 2009* (pagg. 15–35). Ferrara.
- Doglioni, F., Moretti, A., & Petrini, V. (1994). *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*. Trieste: Edizioni LINT.
- Donatelli, A. (2010). *Terremoto e architettura storica. Prevenire l'emergenza*. Roma: Gangemi Editore.
- Fatta, G., & Vinci, C. (2007). Cuspidi maiolicate nell'architettura religiosa «minore» in area siciliana. In C. Aymerich, A. C. Dell'Acqua, G. Fatta, P. Pastore, G. Tagliaventi, & L. Zordan (A c. Di), *Architettura di base* (pagg. 493–500). Firenze: Alinea Editrice.
- Fatta, G., & Vinci, C. (2015). Armature e complementi in ferro nelle cuspidi maiolicate dei campanili in Sicilia. In G. Biscontin & G. Driussi (A c. Di), *Scienza e Beni Culturali XXXI 2015: metalli in architettura: conoscenza, conservazione, innovazione, Bressanone, 30 giugno - 4 luglio 2015* (pagg. 327–337). Marghera-Venezia: Edizioni Arcadia Ricerche.
- Filippucci, M. (2010). Nuvole di pixel. La fotomodellazione con software liberi per il rilievo d'architettura. Pixel clouds. Free photomodelling software for architectural survey. *Disegnare Con*, 3(6), 50–63.
- Fiorilla, S. (1989). Campanili con cuspidi maiolicate nella Sicilia sud-orientale (pagg. 275–289). Presentato al XIX Convegno internazionale della Ceramica. La ceramica graffita. Albisola, 30 maggio - 4 giugno 1986, Albisola: Centro ligure per la storia della ceramica.
- Fiorino, D. R. (2005). *Censimento, catalogazione e monitoraggio per la conservazione : morfologia, sistemi costruttivi e materiali delle torri campanarie in Sardegna dall'eredità medievale al sopralzo barocco e alle realizzazioni eclettiche* (Tesi di Dottorato di ricerca in Conservazione dei beni architettonici XVI ciclo). Politecnico di Milano.
- Fiorino, D. R. (2007). Le tecniche costruttive nelle torri campanarie della Sardegna (XI-XIX sec.) a confronto con i contemporanei modelli italiani e spagnoli. In M. Arenillas Parra, C. Segura Graíño, F. Bueno Hernández, & S. Huerta Fernández (A c. Di), *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos, 7-9 junio 2007* (Vol. 1, pagg. 295–303). Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEdHC, CICC, CEHOPU.
- Foschi, R. (2015). La fotomodellazione per il rilievo architettonico: metodologie, potenzialità e criticità. *Ingenio*, (36). Recuperato da <https://www.ingenio-web.it/4812-la-fotomodellazione-per-il-rilievo-architettonico-metodologie-potenzialita-e-criticita>
- Galizia, M. (2012). *Il disegno delle torri medievali di Enna nel paesaggio urbano tra passato e presente* (2° ed.). Catania: Giuseppe Maimone Editore.
- Garello, G. (2016). Metodi a confronto: rilievo longimetrico, topografico e fotogrammetrico. In S. F. Musso, *Recupero e restauro degli edifici storici: guida pratica al rilievo e alla diagnostica* (IV, pagg. 77–93). Roma: EPC Libri.
- Garozzo, A. (2017). *Il rinnovamento dei campanili nel Cinquecento: i casi di Venezia, Siviglia, Messina* (Dottorato di ricerca in Architettura, Arti e Pianificazione Indirizzo Storia dell'Arte e dell'Architettura XIX ciclo). Università degli Studi di Palermo, Palermo. Recuperato da <http://hdl.handle.net/10447/242075>
- Garozzo, R. (2018). *La chiesa madre dell'antica Misterbianco in contrada Campanarazzu. Reverse building information modeling per un progetto*

integrato di conoscenza (Tesi di Laurea in Ingegneria edile - Architettura). Università degli Studi di Catania, Catania.

- Giannangeli, A., Marchetti, A., & Trizio, I. (2015). SISMA 2009 - Dalla fotogrammetria digitale ai Pdf 3D: considerazioni sulle potenzialità offerte dalle metodologie di rilievo speditivo basate sullo SfM. Presentato al XVI Convegno ANIDIS, L'Aquila.
- Giovannoni, G. (1945). *Il Restauro dei Monumenti*. Roma.
- Giuffrè, A. (1998). *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Roma: Kappa.
- Giuffrè, A. (A c. di). (2006). *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico* (5° ed.). Roma: Editori Laterza.
- Giuffrè, M. (1980). *Castelli e luoghi forti di Sicilia. XII-XVII secolo*. Palermo: Vito Cavallotto Editore.
- Ientile, R., Devoti, C., Sammartano, G., Spanò, A., Naretto, M., Lupo, F., & Dezzi Bardeschi, M. (2017). *Architetture verticali e vulnerabilità sismica. Torri e campanili in Piemonte*. Firenze: Altralinea Edizioni.
- Indelicato, D. (2010). *Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi nei centri storici. Il caso di Villa Sant'Angelo* (Dottorato di ricerca in Progetto e recupero architettonico, urbano e ambientale. XXIII ciclo). Università degli Studi di Catania.
- Inzerillo, L., Santagati, C., & Galizia, M. (2014). Il Portico meridionale della Cattedrale di Palermo: sperimentazioni di rilievo attraverso l'utilizzo di tecniche Structure from Motion. In P. Giandebiaggi & C. Vernizzi (A c. Di), *Italian survey & International experience* (pagg. 877-886). Roma: Gangemi Editore.
- Irles Mas, F., Jimenez, L. M., Oliva, M. A., & Velasco, E. (2005). Homograf, un programa para la resolución de homografías 2D en autocad v.2002. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 9(2), 3-12.
- Irles Mas, Francisco, Maestre López-Salazar, R., & De La Fuente, J. (2003). *Levantamiento de planos de fachadas a partir de una fotografía*. Murcia: Universidad de Alicante.
- Lagomarsino, S. (2009). Saggio Introduttivo. In C. Carocci & C. Tocci, *Sicurezza e conservazione degli edifici storici monumentali. La chiesa di San Nicolò l'Arena a Catania*. Roma: Gangemi Editore.
- Lagomarsino, S., Curti, E., Podestà, S., & Lemme, A. (2007). Metodologia per la valutazione del danno e della vulnerabilità e manuale della scheda chiese di II livello. In C. Civerra, A. Lemme, & G. Cifani (A c. Di), *Strumenti per il rilievo del danno e della vulnerabilità sismica dei beni culturali* (pagg. 13-66). Campobasso: Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Soprintendenza per i Beni Architettonici, per il Paesaggio e per il Patrimonio Storico, Artistico e Etnoantropologico del Molise.
- Lagomarsino, Sergio, Brencich, A., Bussolino, F., Moretti, A., Pagnini, L., & Podestà, S. (1997). Una nuova metodologia per il rilievo del danno alle chiese: prime considerazioni sui meccanismi attivati dal sisma. *Ingegneria sismica*, XIV (3), 70-92.
- Le Goff, J. (A c. di). (1999). *L'uomo medievale* (13° ed.). Bari: Editori Laterza.

- Le Goff, J. (2000). *Tempo della Chiesa e tempo del mercante e altri saggi sul lavoro e la cultura nel Medioevo*. Torino: Einaudi. Recuperato da <https://books.google.it/books?id=ryg3AAAACAAJ>
- Le Goff, J. (2003). Città. In J. Le Goff & J. C. Schmitt (A c. Di), *Dizionario dell'Occidente medievale* (Vol. 1, pagg. 235–252). Torino: Giulio Einaudi editore.
- Le Goff, J. (2004). Tempo. In J. Le Goff & J. C. Schmitt (A c. Di), *Dizionario dell'Occidente medievale* (Vol. 2, pagg. 1145–1156). Torino: Giulio Einaudi editore.
- Leopold, W. (1917). *Sizilianische Bauten des Mittelalters in Castrogiovanni, Piazza Armerina, Nicosia und Randazzo*. Berlin: Wasmuth.
- Leopold, W. (2007). *Architetture del Medioevo in Sicilia a Castrogiovanni, Piazza Armerina, Nicosia e Randazzo. Traduzione di Annamaria Leopold. Contributi di Annamaria Leopold et al.* Enna: Il lunario.
- Lionello, A. (2011). *Tecniche costruttive, dissesti e consolidamenti dei campanili di Venezia*. Venezia: Corbo e Fiore editori.
- Mandalà, G. (1997). *Il vescovo e la Chiesa locale*. Caltanissetta- Roma: Salvatore Sciascia Editore.
- Mascheretti, P. (1998). La Misura del Tempo: prospettiva storica. In G. Giuliani (A c. Di), *Le grandezze fisiche e la loro misura* (pagg. 33–109). Pavia: La Goliardica Pavese.
- Mazzamuto, A. (1986). *Architettura e stato nella Sicilia del '500. I progetti di Tiburzio Spannocchi e di Camillo Camilliani del sistema delle torri di difesa dell'isola*. (E. Guidoni, A c. Di). Palermo: S. F. Flaccovio.
- Merino Gómez, E. (2011). *Torres Medievales en la Baja Moraña (Ávila): análisis constructivo, histórico y artístico a partir de su documentación gráfica* (Tesi di Dottorato). Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior De Arquitectura, Valladolid.
- Mirabella Roberti, G. (2017). Diagnosi dei dissesti e conoscenza costruttiva dell'edificio: una dialettica produttiva. In A. Grimoldi (A c. Di), *Conoscenza dell'edificio: metodo e contenuti* (pagg. 390–397). Roma: Edizioni Quasar.
- Moschella, A. (2012). *Organismi di pietra. Argomenti per la qualificazione del processo diagnostico*. Acireale-Roma: Bonanno Editore.
- Musso, S. F. (2016). *Recupero e restauro degli edifici storici: guida pratica al rilievo e alla diagnostica* (IV). Roma: EPC Libri.
- Navoni, M. (2000). Tentativo di lettura liturgico-teologica delle «Instructiones fabricae». In S. Della Torre, M. Marinelli, & F. Adorni (A c. Di), *Instructionum fabricae et supellectilis ecclesiasticae: Libri II Caroli Borromei (1577)* (pagg. XI–XXII). Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana - Axios Group.
- Neri, E. (2006). *De campanis fundendis: la produzione di campane nel Medioevo tra fonti scritte ed evidenze archeologiche*. Milano: V&P. Recuperato da https://books.google.it/books?id=e5JlerUu_R0C
- Pagnano, G. (1992). *Il disegno delle difese: l'eruzione del 1669 e il riassetto delle fortificazioni di Catania*. Catania: C.U.E.C.M.

- Papa, S., & Di Pasquale, G. (2011). *Manuale per la compilazione della scheda per il rilievo del danno ai beni culturali, Chiese MODELLO A – DC*. Roma: Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della protezione civile.
- Paris, L. (2012). Fotogrammetria e/o fotomodellazione. In A. Casale (A c. Di), *Geometria descrittiva e rappresentazione digitale. Memoria e innovazione* (Vol. II, pagg. 55–62). Roma: Edizioni Kappa.
- Petraroia, P. (2014). Carta del rischio: linee guida e normativa recente. Una lettura critica. *Economia della Cultura*, XXIV (3–4), 303–320.
- Salemi, A. (2000). *Il rilievo delle patologie della fabbrica tradizionale. Le indagini non distruttive*. Catania: Dipartimento di Architettura e Urbanistica. Università degli Studi di Catania.
- Salemi, A. (2009). Il «corpus» della Cattedrale: materiali e tecniche costruttive. In A. Salemi, C. Signorello, G. Spampinato, & Vitella Maurizio, *La Cattedrale di Catania* (pagg. 145–164). Catania: Edizioni Arcidiocesi Catania.
- Sammartano, G., & Spanò, A. (2017). Metodi fotogrammetrici speditivi e low-cost per la generazione di modelli 3D di strutture verticali. In R. Ientile, C. Devoti, G. Sammartano, A. Spanò, M. Naretto, F. Lupo, & M. Dezzi Bardeschi, *Architetture verticali e vulnerabilità sismica. Torri e campanili in Piemonte* (pagg. 24–40). Firenze: Altralinea Edizioni.
- Sánchez Rivera, J. I. (2016). La representación tridimensional: herramienta de análisis sobre la evolución de edificios históricos. *Estudios del Patrimonio Cultural*, (14), 45–57.
- Sánchez Rivera, J. I., San José Alonso, J. I., & Fernández Martín, J. J. (2014). *Ocho torres: análisis sobre la evolución de campanarios del siglo XVI en la provincia de Burgos*. Valladolid: Ediciones Universidad de Valladolid.
- Scarpignato, G. (2007). Walther Leopold e l'architettura del medioevo in Sicilia a Enna, Piazza Armerina, Nicosia e Randazzo. Contributo biografico e critico. In W. Leopold, *Architetture del Medioevo in Sicilia a Castrogiovanni, Piazza Armerina, Nicosia e Randazzo. Traduzione di Annamaria Leopold. Contributi di Annamaria Leopold et al.* (pagg. 29–73). Enna: Il lunario.
- Sepe, V., Speranza, E., & Viskovic, A. (2008). A method for large-scale vulnerability assessment of historic towers. *Structural Control and Health Monitoring*, Éditeur John Wiley & Sons, Ltd, 15(3), 389–415.
- Sgrenzaroli, M., & Vassena, G. (2007). *Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner* (Vol. 1). Brescia: Starrylink Editrice.
- Sutera, D. (2013a). *Ricostruire: storia e rappresentazione. Prospetti chiesastici nella Sicilia del Settecento*. Palermo: Edizioni Caracol.
- Sutera, D. (2013b). Terremoti e monumenti in Sicilia: la facciata campanile tra continuità, catastrofi e “ottimizzazioni” (XII-XVIII secolo). In C. Conforti & V. Gusella (A c. Di), *AID Monuments Conoscere Progettare Ricostruire* (Vol. 1, pagg. 392–401). Roma: Aracne Editrice.
- Trigilia, L. (1998). Sicilia, Spagna e la città del Seicento. In L. Trigilia (A c. Di), *Annali del Barocco in Sicilia. La città del Seicento tra Italia e Spagna* (Vol. 5, pagg. 7–17). Roma: Gangemi Editore.
- Vallucci, S., Quagliarini, E., & Lenci, S. (2014). *Costruzioni storiche in muratura. Vulnerabilità sismica e progettazione degli interventi*. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia.

PARTE SECONDA

- Agnello, F., & Cannella, M. (2008). Tre scale. In F. Avella, G. Girgenti, R. Pistone, & S. Rugino (A c. Di), *Eksédra 2008. Disegno rilievo progetto comunicazione visiva* (pagg. 15–26). Palermo: Edizioni Caracol.
- Anzalone, Y. (2018). *Modellazione ed analisi non lineare di una costruzione ecclesiastica in muratura. La chiesa di San Giuseppe ad Acicastello* (Tesi di Laurea in Ingegneria Strutturale e Geotecnica). Università degli Studi di Catania.
- Archivio Progetti Soprintendenza BBCC della Provincia di Catania. (2003). Progetto di Restauro e Riuso della chiesa di San Giovanni Evangelista in Bronte.
- Associazione Bronte Insieme Onlus. (2018). Recuperato 26 agosto 2018, da <http://www.bronteinsieme.it>
- Barbera, S. (1998). *Recuperare Catania. Studi per il riuso di ventuno complessi architettonici del centro storico*. Roma: Gangemi Editore.
- Bares, M. M. (2013). Le scale elicoidali con vuoto centrale: tradizioni costruttive del Val di Noto nel Settecento. In G. Antista & M. M. Bares (A c. Di), *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo* (pagg. 73–92). Palermo: Edizioni Caracol.
- Barocchi, P. (A c. di). (1962). Carlo Borromeo. Instructionum fabricae et supellectilis ecclesiasticae. In *Trattati d'arte del Cinquecento: fra manierismo e Controriforma* (Vol. 3, pagg. 1–123). Bari: Gius. Laterza & Figli. Recuperato da <https://archive.org/details/222BarocchiTrattati3Si261>
- Blanco, E. (1999). *Chiesa e vita nella terra e nel territorio del Castello di Aci*. Aci Castello: Parrocchia San Mauro Abate - Aci Castello.
- Blasi, C. (2013). *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela*. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia.
- Boschi, E., & Guidoboni, E. (2001). *Catania terremoti e lave: dal mondo antico alla fine del Novecento*. Bologna: Editrice compositori.
- Breyman, G. A. (2003). *Muri: costruzioni in mattoni ed in pietre artificiali e naturali*. Roma: Librerie Dedalo.
- Calogero, S. (2004). La ricostruzione della Cattedrale di Catania dopo il terremoto del 1693. *Synaxis*, 22(1), 113–148.
- Caruso, E., & Nobili, A. (2001). *Le mappe del catasto borbonico di Sicilia: territori comunali e centri urbani nell'archivio cartografico Mortillaro di Villarena (1837-1853)*. Palermo: Regione Siciliana.
- Castorina, S. (1999). *Arte e fede nelle Chiese di Acicastello*. Acicastello: Congregazione San Mauro Abate.
- Castorina, S. (2002, giugno). Sotto il piano del castello. *Agorà*, (IX), 16–20.

- Coisson, E. (2013a). Torri e campanili. In C. Blasi, *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela* (pagg. 79–89). Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia.
- Coisson, E. (2013b). Vulnerabilità non quantificabili. In C. Blasi, *Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela* (pagg. 90–97). Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia.
- Cuzzoni, M. (2016). *Restauro strutturale dei campanili. Manuale pratico per la manutenzione, il consolidamento e il ripristino*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- De Felice, G., & Pugliano, A. (2006). Il lessico costruttivo dell'edilizia storica. In A. Giuffrè (A c. Di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico* (5° ed., pagg. 69–99). Roma: Editori Laterza.
- De Luca, G. (1883). *Storia della città di Bronte*. Milano: Tipografia di San Giuseppe.
- De Meo, M. (2006). *Tecniche costruttive murarie medievali: la Sabina*. Roma: L'erma di Bretschneider.
- Di Paola, F., Fatta, G., & Vinci, C. (2018). Wedge-shaped bricks spires and domes. Construction and decorative aspects. In C. Gambardella (A c. Di), *XVI International Forum of Studies "Le Vie dei Mercanti" WORLD HERITAGE and KNOWLEDGE Representation | Restoration | Redesign | Resilience* (pagg. 594–605). Roma: Gangemi Editore spa.
- Di Tommaso, A., & Casacci, S. (2013). Sopravvivenza di torri e campanili in ambiente sismico (pagg. 95–118). Presentato al Seminario Internazionale sull'evoluzione nella sperimentazione per le costruzioni (CIAS 2013), Creta (Grecia). Recuperato da <https://core.ac.uk/download/pdf/16377982.pdf>
- Dogliani, F. (1994). Osservazioni su fattori specifici che condizionano la vulnerabilità e il danno. In F. Dogliani, A. Moretti, & V. Petrini, *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*. Trieste: Edizioni LINT.
- Dogliani, F., Moretti, A., & Petrini, V. (1994). *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*. Trieste: Edizioni LINT.
- Fatta, G., & Vinci, C. (2007). Cuspidi maiolicate nell'architettura religiosa «minore» in area siciliana. In C. Aymerich, A. C. Dell'Acqua, G. Fatta, P. Pastore, G. Tagliaventi, & L. Zordan (A c. Di), *Architettura di base* (pagg. 493–500). Firenze: Alinea Editrice.
- Fatta, G., & Vinci, C. (2015). Armature e complementi in ferro nelle cuspidi maiolicate dei campanili in Sicilia. In G. Biscontin & G. Driussi (A c. Di), *Scienza e Beni Culturali XXXI 2015: metalli in architettura: conoscenza, conservazione, innovazione, Bressanone, 30 giugno - 4 luglio 2015* (pagg. 327–337). Marghera-Venezia: Edizioni Arcadia Ricerche.
- Fiorilla, S. (1989). Campanili con cuspidi maiolicate nella Sicilia sud-orientale (pagg. 275–289). Presentato al XIX Convegno internazionale della Ceramica. La ceramica graffita. Albisola, 30 maggio - 4 giugno 1986, Albisola: Centro ligure per la storia della ceramica.
- Garozzo, R. (2018). *La chiesa madre dell'antica Misterbianco in contrada Campanarazzu. Reverse building information modeling per un progetto integrato di conoscenza* (Tesi di Laurea in Ingegneria edile - Architettura). Università degli Studi di Catania, Catania.

Giuffrè, A. (1998). *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Roma: Kappa.

Giuffrè, A. (A c. di). (2006). *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico* (5° ed.). Roma: Editori Laterza.

Guidoboni, E., Ferrari, G., Mariotti, D., Comastri, A., Tarabusi, G., Sgattoni, G., & Valensise, G. (2018). CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Recuperato da <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>

Iachello, E. (2000). *La politica delle calamità. Terremoto e colera nella Sicilia borbonica*. Catania: Maimonde Editore.

Istituto Centrale per il Restauro. (2006, 2009). Carta del Rischio del Patrimonio Culturale – Dati sulla vulnerabilità e pericolosità sismica del patrimonio culturale della Regione Siciliana e della Regione Calabria. Recuperato da <http://www.cartadelrischio.it>

Lo Faro, A., & Salemi, A. (2009). Cultura tecnica e sisma nella Sicilia Orientale: il terremoto del 1818. In O. Fiandaca & R. Lione (A c. Di), *Il Sisma: ricordare, prevenire, progettare* (Vol. 1, pagg. 109–122). Firenze: Alinea Editrice.

Mandolesi, E. (1978). *Edilizia* (1991° ed., Vol. 1). Torino: UTET.

Mazzamuto, A. (1986). *Architettura e stato nella Sicilia del '500. I progetti di Tiburzio Spannocchi e di Camillo Camilliani del sistema delle torri di difesa dell'isola*. (E. Guidoni, A c. Di). Palermo: S. F. Flaccovio.

Pagnano, G. (1992). *Il disegno delle difese: l'eruzione del 1669 e il riassetto delle fortificazioni di Catania*. Catania: C.U.E.C.M.

Pevsner, N., Fleming, J., & Honour, H. (2011). *Dizionario di architettura*. (R. Pedio, A c. Di). Torino: Einaudi.

Pinault, M. (1991). *Houël, voyage en Sicile : 1776-1779*. (Musée du Louvre, A c. Di). Paris: Herscher, Ministère de la culture, de la communication, des grands travaux et du bicentenaire, Réunion des musées nationaux.

Radice, B. (1928). *Memorie storiche di Bronte*. Bronte: Stabilimento tipografico sociale.

Randazzo, G. (1988). Le strutture murarie negli edifici del centro storico di Catania. In L. Margani & A. Salemi, *Materiali e tecniche costruttive della tradizione siciliana. Tre studi su Catania*. Catania.

Rosso, F., & Spizzo, M. (1994a). Il macroelemento cella campanaria. In F. Doglioni, A. Moretti, & V. Petrini, *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione* (pagg. 225–232). Trieste: Edizioni LINT.

Rosso, F., & Spizzo, M. (1994b). Il macroelemento torre campanaria. In F. Doglioni, A. Moretti, & V. Petrini, *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione* (pagg. 202–224). Trieste: Edizioni LINT.

- Salemi, A. (2018). *Le cortine del centro storico di Catania. Materiali, forma e immagine urbana*. Roma: Edizioni Efestò.
- Salemi, A. (2000). La conoscenza come premessa per la salvaguardia: la chiesa della SS. Trinità. In *Quaderno del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università degli studi di Catania* (pagg. 115–140). Roma: Gangemi Editore.
- Sanfilippo, E. D. (1993). La costruzione del paesaggio antropico etneo. In S. Agati (A c. Di), *Etna: il vulcano e l'uomo* (pag. 209). Catania: Giuseppe Maimone Editore.
- Sanfilippo, G. (2008). *Una chiesa di lava. Santa Maria di Randazzo tra storia, tecniche costruttive e restauri*. Catania: Giuseppe Maimone Editore.
- Santagati, C., Mondello, A., & Garozzo, R. (2017). La Chiesa di Santa Maria delle Grazie dell'antica Misterbianco: la conoscenza della fabbrica tra rilievo, rappresentazione e documentazione. *TECNICA E RICOSTRUZIONE, LXVII*, 50–55.
- Scaglione, S. (2010). *Cartografia tematica della città di Catania tra xvi e xix secolo* (Tesi di Dottorato di ricerca in Storia (Storia della cultura, della società e del territorio in età moderna) XXIII ciclo). Università degli Studi di Catania, Catania.
- Sciuto, G. (2002). *La pietra lavica nell'architettura*. Enna: Il lunario.
- Zappalà, G. (2013). *Il Borgo di Viscalori e la chiesa dedicata a San Biagio*. Acireale-Roma: A&B Editrice.

PARTE TERZA

- Acín, J. L., Collantes, F., Pinilla, V., & Saéz, L. A. (2007). Spopolamento rurale in Spagna. Il caso Aragona. *Spola, 2*, 152–159.
- Arbizzani, E., & Di Giulio, R. (1995). Obsolescenza degli edifici e programmazione della manutenzione. In *Manuale di progettazione edilizia. Fondamenti, strumenti, norme* (Vol. 6, pagg. 586–594). Milano: Ulrico Hoepli.
- Arias Madero, J. (2013). La estrategia del tapial en la arquitectura religiosa de Tierra de Campos. In F. Jové Sandoval & J. L. Sáinz Guerra (A c. Di), *Construcción con Tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2012* (pagg. 53–60). Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. Recuperato da <https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2013/04tr-arias.pdf>
- Bustamante García, A. (1983). *La arquitectura clasicista del foco vallisoletano (1561-1640)*. Valladolid: Institución Cultural Simancas.
- Castán Lanaspá, J. (1998). *Arquitectura gótica religiosa en Valladolid y su Provincia*. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid.

- Celucci, C., & Di Sivo, M. (2016). *Habitat contemporaneo. Flessibilità tecnologica e spaziale*. Milano: Franco Angeli.
- Chamorro Trenado, M. A. (2009). Los campanarios góticos de las comarcas gerundenses. In S. Huerta Fernández (A c. Di), *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pagg. 329–338). Valencia: Instituto Juan de Herrera. Recuperato da http://www.sedhc.es/biblioteca/paper.php?id_p=341
- Cobos Guerra, F., & De Castro Fernández, J. J. (1998). *Castilla y León. Castillos y Fortalezas*. León: Edilesa.
- Cubero Garrote, J., & Hernández García, R. (2017). La tierra y el hombre en la Tierra de Campos vallisoletana a mediados del siglo XVIII. *Investigaciones históricas. Época moderna y contemporánea*, (37), 381–420.
- Di Giulio, R. (1999). *Manuale di manutenzione edilizia: valutazione del degrado, programmazione e interventi di manutenzione*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.
- Escribano, S. (2018, aprile 14). Castilla y León pierde 102.606 habitantes entre 2007 y 2017. *El Norte de Castilla*. Recuperato da <https://www.elnortedecastilla.es/castillayleon/castilla-leon-pierde-20180414114002-nt.html>
- Fernández Martín, J. J., San José Alonso, J. I., & Sánchez Rivera, J. I. (2014). Torres de tierra en Castilla y León: Evolución desde la torre maciza al recubrimiento cerámico. In J. L. Sáinz Guerra & F. Jové Sandoval (A c. Di), *Construcción con Tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI 2013. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos* (pagg. 135–146). Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. Recuperato da <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2014/135-146-fernandez.pdf>
- García González, E. (2015). *Campanarios del siglo XVIII en el Bajo Segura. Construcción y geometría* (Tesi di Dottorato). Universidad de Alicante. Departamento de Edificación y Urbanismo, Alicante (Spagna). Recuperato da <http://hdl.handle.net/10045/69178>
- García Ortega, A. J. (2009). Diseño y construcción de muros en el primer gótico cordobés. *Informes de la Construcción*, 61(516), 37–52.
- García, S. (1681). *Compendio de arquitectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría recoxido de dibersos autores naturales y estrangeros por Simón Garçía, architecto natural de Salamanca*. Manoscritto, Salamanca. Recuperato da <http://bdh.bne.es/bnearch/detalle/bdh0000042291>
- Huerta, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Huerta, S. (2012). Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design. In U. Hassler, C. Rauhut, & S. Huerta (A c. Di), *Construction Techniques in the Age of Historicism. From Theories of Gothic Structures to Building Sites in the 19th Century* (pagg. 162–195). Munich: Hirmer.
- Huerta, S. (2016). La ciencia medieval de las estructuras. In R. Fernandes Póvoas & J. Mascarenhas Mateus (A c. Di), *2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira. Culturas Partilhadas* (Vol. 1, pagg. 17–32). Porto: Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo. Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

- Instituto Nacional de Estadística. (2017). Cifras oficiales de población a 1 de enero de 2017. Recuperato 10 gennaio 2018, da <http://www.ine.es/>
- Lorenzo de San Nicolás. (1639). *Arte y uso de arquitectura con el primer libro de Euclides traducido en castellano. Primera parte* (4 (1786)). Madrid: D. Placido Barco Lopez. Recuperato da <http://bdh.bne.es/bnearch/detalle/bdh0000044111>
- Merino Gómez, E. (2011). *Torres Medievales en la Baja Moraña (Ávila): análisis constructivo, histórico y artístico a partir de su documentación gráfica* (Tesi di Dottorato). Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior De Arquitectura, Valladolid.
- Nuere Matauco, E. (2003). *La carpintería de armar española* (3° ed.). Madrid: Instituto Español de Arquitectura, Universidad de Alcalá.
- Ortega Rubio, J. (1895). *Los pueblos de la Provincia de Valladolid*. Valladolid: Imprenta y encuadernación del Hospicio Provincial. Recuperato da <http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=1132>
- Parrado del Olmo, J. M. (2002). *Catálogo Monumental de Valladolid. Antiguo Partido Judicial de Medina de Ríoseco* (2° ed., Vol. XVI). Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid.
- Pérez García, A. (1886). *El libro de Cuenca de Campos: apuntes geográfico-históricos acerca de dicha villa (Valladolid) por Andrés Pérez García*. Villalón: Imp. y Encuadernación de Juan Guerra. Recuperato da <http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=7365>
- Sáinz Guerra, J. L. (2010). El urbanismo medieval en Tierra de Campos y la arquitectura de tierra. In *La arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación* (pagg. 37-46). Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. Recuperato da http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p037-046_sainz.pdf
- Salemi, A. (2000a). *Il recupero e la conservazione delle fabbriche tradizionali. Le patologie da umidità*. Gangemi Editore.
- Salemi, A. (2000b). La conoscenza come premessa per la salvaguardia: la chiesa della SS. Trinità. In *Quaderno del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università degli studi di Catania* (pagg. 115-140). Roma: Gangemi Editore.
- Sanabria, S. L. (1982). The Mechanization of Design in the 16th Century: The Structural Formulae of Rodrigo Gil De Hontañón. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 41(4), 281-293.
- Sánchez Esteban, N. (1991). Pedro y Alonso de Tolosa: un plano y nuevos datos. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, III, 53-64.
- Sánchez Rivera, J. I. (2011). Métrica y proporción de las torres en el tiempo de los Reyes Católicos. *Estudios del Patrimonio Cultural*, (7), 55-68.
- Sánchez Rivera, J. I. (2012). Torres mudéjares de Valladolid. In *Conocer Valladolid 2011/2012. V Curso de patrimonio cultural* (Vol. 5, pagg. 61-76). Ayuntamiento de Valladolid y Real Academia de Bellas Artes de la Purísima Concepción. Recuperato da http://realacademiaconcepcion.multilingualforums.com/index_files/pub4.htm
- Sánchez Rivera, J. I. (2016). La representación tridimensional: herramienta de análisis sobre la evolución de edificios históricos. *Estudios del Patrimonio Cultural*, (14), 45-57.

Sánchez Rivera, J. I., San José Alonso, J. I., & Fernández Martín, J. J. (2014). *Ocho torres: análisis sobre la evolución de campanarios del siglo XVI en la provincia de Burgos*. Valladolid: Ediciones Universidad de Valladolid.

FONTI ARCHIVISTICHE CONSULTATE

Archivio Storico Diocesano di Catania.

Archivio Storico Diocesano di Acireale.

Archivio di Stato della Provincia di Catania.

Archivo General de Simancas (España).

Archivio progetti e Archivio Fotografico della Soprintendenza ai BB. CC. AA. Di Catania.

Archivio fotografico del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura - Università degli studi di Catania.

Biblioteca Regionale Universitaria Giambattista Caruso di Catania.

Biblioteca del Dipartimento di Architettura - Università degli studi di Catania.

Biblioteca del Dipartimento di Scienze Umanistiche - Università degli studi di Catania.

Biblioteca della Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad de Valladolid (España)

STATI DI AVANZAMENTO

In itinere, nel corso dei tre anni di svolgimento di questa ricerca, alcuni stati di avanzamento sono stati pubblicati nei seguenti contributi:

- Lo Faro, A., Mondello, A., Salemi, A. (2018). For the construction an “expert” memory: the earthquake of 1818. *TEMA* 4(2), 91-108. <https://doi.org/10.17410/tema.v4i2.192>
- Salemi, A., Mondello, A., Sánchez Rivera, J. I. & Sáiz Virumbrales, J. L. (2018). Le torri campanarie tradizionali a rischio in Castilla y León. Anamnesi di due casi emblematici. In Luis Villegas Ignacio Bombillo Haydee Blanco Yosbel Boffill (A c. Di), *Rehabend 2018. Construction Pathology, Rehabilitation Technology And Heritage Management (7th REHABEND Congress) (Digital Book of Articles)* (pagg. 173–182).
- Salemi, A., Sánchez Rivera, J. I., Mondello, A., Capuana, S. S., Seminara, R. & Sáiz Virumbrales, J. L. (2018). La torre campanaria della Chiesa di Santiago Apóstol a Villalba de Los Alcores. Analisi di un caso emblematico nell’areale vallisoletano. In Fabio Minutoli (A c. Di), *ReUSO 2018. L'intreccio dei saperi per rispettare il passato interpretare il presente salvaguardare il futuro* (pagg. 917–928). Roma - ITA: Gangemi Editore.
- Mondello, A. (2018). Architetture verticali tradizionali a rischio in Sicilia orientale. Indagini speditive sul caso emblematico del centro storico etneo di Bronte. In Fabio Minutoli (A c. Di), *ReUSO 2018. L'intreccio dei saperi per rispettare il passato interpretare il presente salvaguardare il futuro* (pagg. 731–742). Roma - ITA: Gangemi Editore.
- Mondello, A. (2017). Traditional bell towers: knowledge and safety in two compared areas. *TEMA*, 3(2), 124–135. <https://doi.org/10.17410/tema.v3i2.147>
- Lo Faro, A., Mondello, A., Salemi, A. (2017). La lezione del terremoto nella Sicilia orientale: presidi antisismici, riparazioni e trasformazioni delle fabbriche tradizionali. The earthquake lesson in Eastern Sicily: anti-seismic devices, repairs and transformations of the traditional buildings. In: (a cura di): Gabriele Bernardini; Elisa Di Giuseppe, *Colloqui.ATe 2017 DEMOLITION OR RECONSTRUCTION?*. p. 78-91, MONFALCONE (GORIZIA): EdicomEdizioni.
- Santagati, C., Mondello, A. & Garozzo, R. (2017). La Chiesa di Santa Maria delle Grazie dell’antica Misterbianco: la conoscenza della fabbrica tra rilievo, rappresentazione e documentazione. *TECNICA E RICOSTRUZIONE*, LXVII, 50–55.
- Mondello, A. (2016a). Una ricerca a supporto del metodo empirico sperimentale per lo studio delle torri campanarie in Sicilia orientale e in Castilla y León. In *Reuso 2016 Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica* (Vol. unico, pagg. 294–303). Firenze - ITA: Edifir Edizioni Firenze.
- Mondello, A. (2016b). Torri campanarie storiche tra conoscenza e sicurezza. Historic bell towers between knowledge and safety. In *Colloqui.ATe 2016 MATER(i)A: Materials, Architecture, Technology, Energy/Environment, Reuse, (Interdisciplinary), Adaptability* (Vol. unico, pagg. 1061–1070). Roma - ITA: Gangemi Editore.

Foto e grafici contenuti nel presente lavoro di tesi sono frutto di elaborazioni dell'autore, a meno di citazioni ed attribuzioni espressamente indicate in didascalia.

Nel Capitolo 9, i rilievi e le successive elaborazioni grafiche sono stati condotti congiuntamente dall'autore e dal Professore J. I. Sánchez Rivera presso la sede della ETSAVA Universidad de Valladolid.

APPENDICE_1

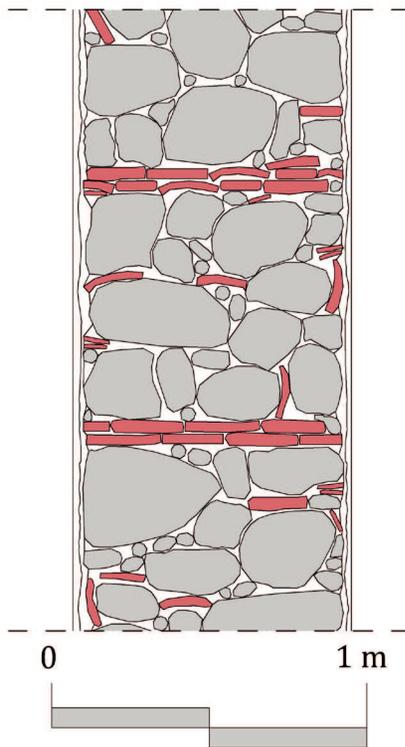
Tecniche costruttive ricorrenti nelle torri campanarie tradizionali etnee

1_STRUTTURE VERTICALI

Murature in elevazione

Muratura in blocchi informi di basalto, rinzeppata da elementi lapidei più minuti o frammenti di laterizio e malta di calce e azolo, con ripianamenti in mattoni pressati e frammenti di laterizio

VARIANTI: eventuale presenza di ciottoli di fiume o frammenti calcarenitici

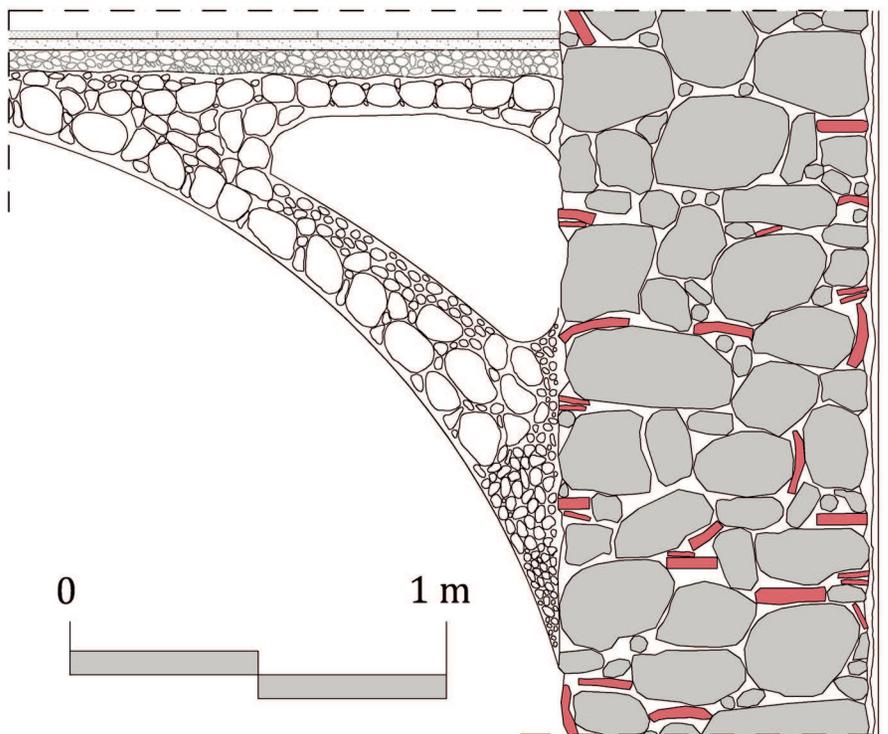


2_STRUTTURE ORIZZONTALI

Volte a concrezione

Volte a concrezione in pietra pomice o basalto bolloso e malta di calce e azolo

VARIANTI: malta di calce e gesso



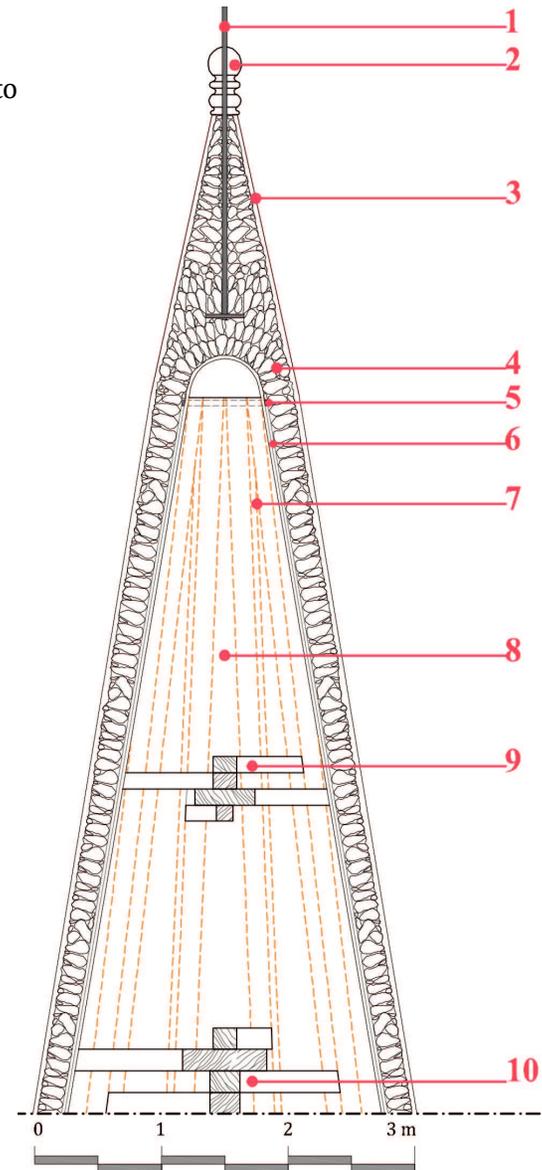
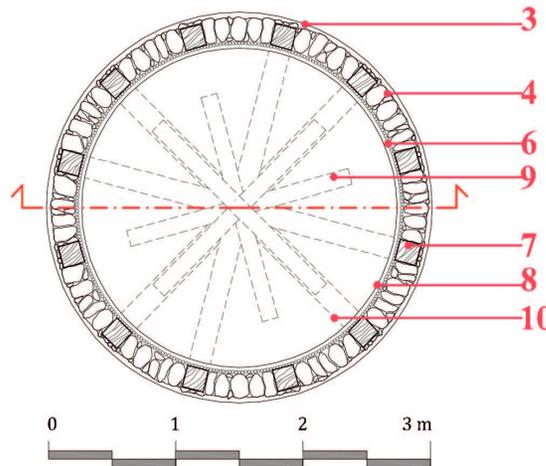
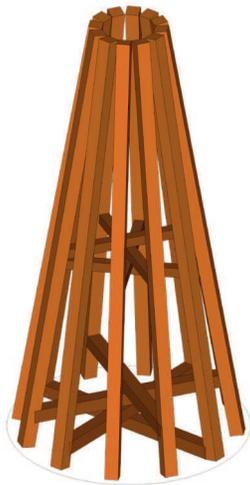
2_STRUTTURE ORIZZONTALI

Cuspidi a concrezione

Cuspidi con ghiere orizzontali a concrezione in pietra pomice o basalto bolloso e malta di calce e azolo

VARIANTI: irrigidimenti con travicelli lignei o barre in ferro

1. Asta della croce in ferro
2. Pinnacolo in pietra lavica
3. Intonaco esterno in malta di calce e azolo
4. Riempimento concrezionale in pomici e malta di calce e azolo
5. Cerchiatura in ferro (presunta)
6. Stuoia in canne
7. Travetti in legno di castagno (lunghi 22 palmi, sez. 8x8 onces)
8. Intonaco interno di malta di calce e ghiara
9. Catene in rovere (lunghe 7 palmi, sez. 6x6 onces)
10. Catene in rovere (lunghe 12 palmi, sez. 8x8 onces)



2_STRUTTURE ORIZZONTALI

Solai in legno ad orditura semplice



Solai in profilati NP e tavelloni

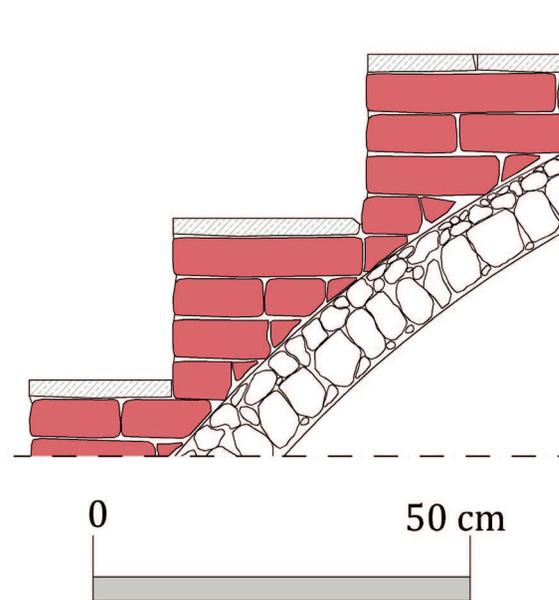


3_ STRUTTURE INCLINATE

Scale su volte rampanti

Scale su volte rampanti a concrezione in pietra pomice o basalto bolloso e malta di calce e gesso.
Gradini in muratura di mattoni pressati e pedate in lastre di calcarenite

VARIANTI: Pedate in formelle di cotto



2_STRUTTURE INCLINATE

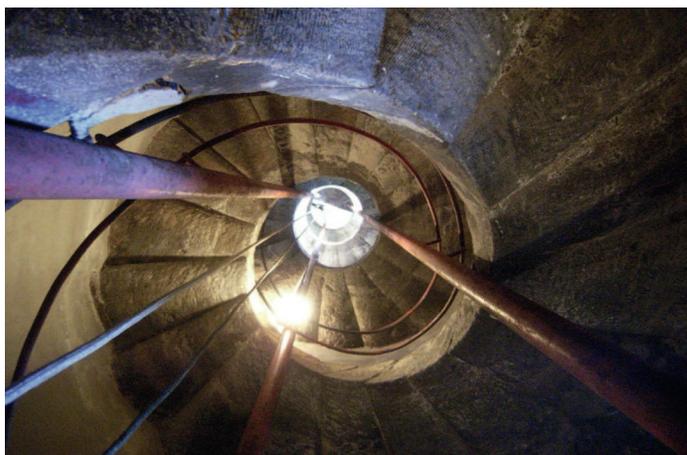
Scale in legno



Scale "a caracol de husillo"



Scale "a caracol de Mallorca"



APPENDICE_2

Catalogo delle torri campanarie etnee

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
ACI BONACCORSI - Diocesi di Acireale						
1_SANTA MARIA DELL'INDIRIZZO (XV-XIX sec.)	Aci Bonaccorsi, Via Etnea 40 37.598188, 15.108077	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allienate 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di irrigidimento in c.a. 	
2_SANT'ANTONIO ABATE (XVIII sec)	Aci Bonaccorsi, Piazza Bellini 37.599120, 15.107838	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Campane in archivolti 			
ACICASTELLO -Diocesi di Acireale						
3_SAN MAURO (1767)	Acicastello, Via Re Martino 37.555486, 15.146697	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Marcapiano aggettante • Pinnacoli • Campane in archivolti • Castelletti campanari esterni 	<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Scale in c.a. 	
4_SAN GIUSEPPE (1740 circa)	Acicastello, Via Savoia 37.554155, 15.148108	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Murature in falso • Cella fuori piombo 	<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità costruttiva • orizzontamento rigido in cella campanaria 	
5_IMMACOLATA CONCEZIONE (XX sec)	fraz. Cannizzaro, Via Firenze 84	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 		<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di irrigidimento in c.a. 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
6_SANTA MARIA IMMACOLATA	fraz. Ficarazzi, Via S. Gregorio, 64 37.560577, 15.125243	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
ACI CATENA -Diocesi di Acireale						
7_BASILICA DI SAN FILIPPO D'AGIRA (1588 CIRCA)	Fraz. Aci San Filippo, Piano San Filippo 37.587609, 15.141077	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Castelletto campanario esterno 			
8_MARIA SS.MA DELLA CATENA	Aci Catena, Piazza Matrice 37.600606, 15.142826	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
9_SAN GIACOMO	Aci Catena, Via S. M. del Sangue angolo Via San Giacomo 2 37.602707, 15.137672	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 			
10_SAN GIUSEPPE (1763, arch. Francesco Battaglia)	Aci Catena, Via S. Giuseppe Centro 37.599011, 15.139761	Addossati (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
11_SAN NICOLÒ	Fraz. San Nicolò, Via S. Nicolò 80 37.576001, 15.135838	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante • Campane in archivolti 			
ACI SANT'ANTONIO - Diocesi di Acireale						
12_SAN MICHELE ARCANGELO	Aci Sant'Antonio, Piazza Maggiore 37.576001, 15.135838	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate • Piedritti esili 		
13_SANTA MARIA LA STELLA (XX sec)	Aci Sant'Antonio, Via S. Giovanni, 73 37.625742, 15.131846	Accorpato				
14_SANT'ANTONIO DI PADOVA	Fraz. Monterosso Etneo, Via Provinciale Monterosso, 82 37.644996, 15.092301	Addossato (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico • Piedritti esili 		
ACIREALE - Diocesi di Acireale						
15_BASILICA DEI SANTI PIETRO E PAOLO	Acireale, Piazza Duomo 37.612690, 15.166348	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazioni aggettanti • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili • Aperture allineate 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
16_ MARIA SS. ASSUNTA - CATTEDRALE (dx: 1544 sx: 1887-1889 arch. Sebastano Ittar)	Acireale, Piazza Duomo 37.613142, 15.165927	Addossati (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Modiglioni aggettanti • Archi pensili su beccatelli • Castelletti campanari esterni 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili • Aperture allineate 		
17_ GESÙ E MARIA	Acireale, Via Dafnica 26 37.610511, 15.162660	Addossati (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico • Piedritti esili • Aperture allineate 		
18_SAN DOMENICO	Acireale, Piazza San Domenico 37.613314, 15.162880	Addossati (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazioni aggettanti • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili • Aperture allineate 		
19_ SANTA MARIA DELLA PURITÀ (Filippini)	Acireale, Via Angelo Raffaele 1 37.611697, 15.166739	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
20_ SANTA MARIA DELLE GRAZIE	Acireale, Via Madonna delle Grazie 24 37.595770, 15.171158	Addossato (Tipo A)				

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
21_ SANT'ANTONIO DI PADOVA	Acireale, Via Vittorio Emanuele II, 144 37.610240, 15.165491	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Volta a piano terra • Aperture allineate • Piedritti esili 		
22_ MARIA SANTISSIMA IMMACOLATA (1889)	Fraz. Guardia, Via Sperlinga, 52-54 37.666982, 15.165934	Sovrapposti		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
23_ SANTA MARIA DEL CARMELO (XIX - XX sec)	Fraz. Pennisi, Via Torretta 221 37.646905, 15.125437	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
24_ SANTA MARIA DEL MONTE CARMELO	Fraz. Aciplatani, Piazza IV Settembre 37.598689, 15.152227	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolto 	<ul style="list-style-type: none"> • Serliana 		
25_ SANTA MARIA della Misericordia (XIX - XX sec)	Fraz. Piano d'Api, Via Ispica 10 37.628800, 15.144151	Addossato (Tipo B)		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
26_ Santa Maria la Scala	Fraz. Santa Maria la Scala, Via Valguarnera, 11 37.617485, 15.172423	Addossato (Tipo A)			<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità costruttiva 	
ADRANO - Diocesi di Catania						
27_MARIA SANTISSIMA DEL ROSARIO	Adrano, Via del Rosario 37.664190, 14.833271	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto • Cornonamento aggettante 			
28_ SAN FRANCESCO	Adrano, Piazza San Francesco 37.665501, 14.828794	Accorpato				
29_SAN GIUSEPPE	Adrano, Piazza San Giuseppe 37.665420, 14.832276	Sovrapposto				
30_SAN LEONARDO	Adrano, Piazza San Leonardo 37.665981, 14.833236	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto • Castelletto campanario esterno 		<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità costruttiva 	

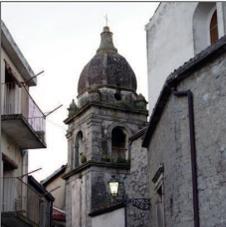
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
31_ SAN PAOLO (SANTA MARIA DELL'UDIENZA)	Adrano, Via San Paolo 30 37.670315, 14.832776	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto 			
32_ SAN PIETRO (1734)	Adrano, Via San Pietro 37.664169, 14.832578	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Castelletto campanario esterno 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
33_ SAN SEBASTIANO (fine XIX sec)	Adrano, Piazza SS. Cristo -Via della Torre, 2 37.664891, 14.828196	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno 			
34_ SANT'AGOSTINO	Adrano, Piazza Sant'Agostino 37.663505, 14.836162	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto 		<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità costruttiva 	
35_ Santa Chiara - Santa Maria Ausiliatrice	Adrano, Piazza Santa Maria Ausiliatrice 37.663811, 14.831591	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
36_ SANTA LUCIA VERGINE E MARTIRE	Adrano, Via Roma 37.662917, 14.833604	Sovrapposti	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Trabeazioni aggettanti 			
37_ Santi Apostoli Filippo e Giacomo	Adrano, Piazza Leone XIII 37.668333, 14.835742	Sovrapposti	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti snelli 		
38_ SS. SALVATORE (1588)	Adrano, Piazza Collegio Zangara 37.664737, 14.834664	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Modiglioni e archetti pensili 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
Belpasso - Diocesi di Catania						
39_ CRISTO RE	Belpasso, Piazza Dante 37.590099, 14.978133	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature 			
40_ SANTA MARIA IMMACOLATA	Belpasso, Piazza Duomo 37.586511, 14.977050	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
41_ SANT'ANTONIO ABATE	Belpasso, Via Roma ang. III Traversa 37.581294, 14.977847	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolti 			
42_ SAN GIUSEPPE	fraz. Borrello, Via Vittorio Emanuele III 287 37.596770, 14.984257	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante • Castelletto campanario 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
43_ SAN ROCCO	fraz. Borrello, Via Vittorio Emanuele III 131 37.593416, 14.980705	Sovrapposto		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
44_ SANTA ANNA (ricostruito 1920-30)	fraz. Borrello, Via Sant'Anna 37.599468, 14.986154	Addossato (Tipo A)				
45_ SANTA MARIA DELLA GUARDIA (ricostruito 1933)	fraz. Borrello, Piazza Stella Aragona	Addossato (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		

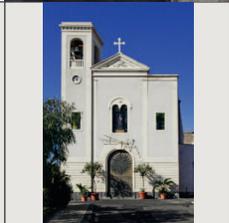
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Biancavilla - Diocesi di Catania						
46_ BASILICA DI SANTA MARIA DELL'ELEMOSINA (arch. Sada 1899)	Biancavilla, Piazza Roma 37.645317, 14.863672	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Statue • trabeazioni aggettanti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili • Aperture allineate 		
Bronte - Diocesi di Catania						
47_ MARIA SANTISSIMA ANNUNZIATA (1625)	Bronte, Piazza Gagini 37.785314, 14.828900	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Merlature • Castelletto campanario esterno • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Volta a piano terra 	<ul style="list-style-type: none"> • Scale in c.a. • Orizzontamento rigido 	
48_ SAN GIOVANNI EVANGELISTA (1614)	Bronte, Corso Umberto I 37.784732, 14.832015	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno • Merlature • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Volta a piano terra • Vincolo asimmetrico 		
49_ SAN SILVESTRO	Bronte, Piazza Spedalieri 37.787234, 14.834361	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Castelletto campanario esterno • Merlature 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabili sistemi di irrigidimento in c.a. 	
50_ SANTA MARIA DEL ROSARIO	Bronte, Piazza Rosario 37.785456, 14.831975	Addossato (Tipo A)			<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamento rigido • Sistemi di irrigidimento in c.a 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
51_SAN VITO	Bronte, Piazza San Vito 37.783296, 14.833479	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 			
52_SANTA MARIA DEL SOCCORSO (1580)	Bronte, via San Pietro 37.785134, 14.830395	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 	<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamento rigido 	
53_SANTA MARIA DELLA CATENA	Bronte, corso Umberto I 37.783479, 14.831099	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Merlature • Coronamento aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Canna "vuota" Vincolo asimmetrico • Aperture allineate 	<ul style="list-style-type: none"> • Scala in c.a. • Orizzontamento rigido 	
55_SS. TRINITA' (1579)	Bronte, Piazza Matrice 37.784114, 14.830355	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Volta a piano terra • Aperture allineate 	<ul style="list-style-type: none"> • Scheletro portante in c.a. • Orizzontamento rigido 	
Calatabiano - Diocesi di Catania						
56_GESÙ E MARIA (XVII sec)	Calatabiano, Piazza Gesù e Maria 37.823982, 15.227056	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto • Fregio a vela 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		

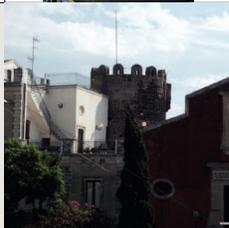
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
57_ SS. CROCIFISSO (SAN FILIPPO) (1484)	Calatabiano, Via Crujllas 37.827613, 15.227844	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Campana in archivolto 			
Camporotondo etneo - Diocesi di Acireale						
58_ SANT'ANTONIO ABATE	Camporotondo, Piazza Sant'Antonio 37.567592, 15.004398	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazioni aggettanti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 	<ul style="list-style-type: none"> • probabile cella campanaria in c.a. 	
Castiglione di Sicilia - Diocesi di Acireale						
59_ SANTA MARIA DELLA CATENA	Castiglione di Sicilia, Via Edoardo Pantano, 44 37.883697, 15.121922	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campana in archivolto 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritto esile 		
60_ Madonna di Lourdes	Castiglione di Sicilia, Via Marconi 37.878398, 15.119346	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Coronamento aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibile orizzontamento rigido 	
61_ MARIA SANTISSIMA DEL CARMELO	Castiglione di Sicilia, Via Carmine 13 37.880120, 15.124396	Addossato (Tipo A)				

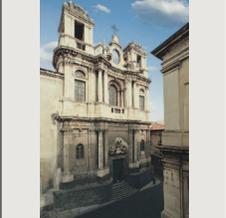
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
62_ SACRO CUORE DI GESÙ (1948)	Fraz. Solicchiata, Via Nazionale 91 37.864738, 15.072920	Addossato (Tipo A)			<ul style="list-style-type: none"> • Probabile cella campanaria in c.a. 	
63_ SAN GIOVANNI DI DIO (Ex ospedale)	Castiglione di Sicilia, Via Arciprete Cali 63 37.883584, 15.124249	Addossato (Tipo A)				
64_ SAN MARCO	Castiglione di Sicilia, Via San Marco 21	Sovrapposto		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
65_ Sant'Antonio	Castiglione di Sicilia, Piazza Sant'antonio Abate 37.882756, 15.123271	Addossato (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
66_ SANTI PIETRO E PAOLO - CHIESA MADRE (sopra l'abside)	Castiglione di Sicilia, Via Quattro Novembre 14 37.882163, 15.123010	Sovrapposto	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Impianto planimetrico semicircolare 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Catania -Diocesi di Catania						
67_ CAPPELLA DELL'ISTITUTO DEI CIECHI "ARDIZZONE GIOENI"	Catania, Via Etnea 595 37.524566, 15.081173	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Merlature 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
68_ CATTEDRALE DI SANT'AGATA	Catania, Piazza Duomo 37.502702, 15.088421	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Lanterna • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Impianto circolare su corpo quadrangolare voltato 		
69_ SAN CAMILLO DEI CROCIFERI	Catania, Via dei Crociferi 37.505760, 15.084304	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
70_ SAN FRANCESCO D'ASSISI ALL'IMMACOLATA	Catania, Piazza San Francesco 37.502808, 15.084903	Sovrapposti	<ul style="list-style-type: none"> • Statue • Pinnacoli • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili • Canna vuota per presenza di ascensore (campanile destro) 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabili irrigidimenti in c.a. nel campanile dx 	
71_ SAN FRANCESCO DI PAOLA	Catania, Piazza San Francesco di Paola 37.502273, 15.094435	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 		<ul style="list-style-type: none"> • Probabili discontinuità costruttive 	

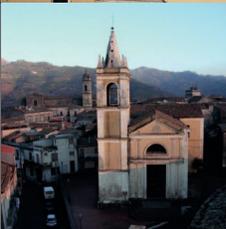
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
72_ SAN GIOVANNI BATTISTA	Fraz. San Giovanni Galermo, Piazza Chiesa Madre 37.551650, 15.050478	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Castelletti campanari esterni • Campane in archivolti 			
73_ SAN MICHELE ARCANGELO AI MINORITI	Catania, Via Etnea angolo via Minoriti 37.506031, 15.085948	Sovrapposto				
74_ SAN NICOLÒ AL BORGO	Catania, Via Antonino Longo 37.515897, 15.082610	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto 	<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico • Volta a piano terra 		
75_ SANTA LUCIA (1944)	Catania, Via Policastro 146 37.526976, 15.106040	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
76_ SANTA MARIA DEGLI AMMALATI (fine XVIII)	Catania, Piazza Bovio 37.510663, 15.093618	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
77_ SANTA MARIA DELLA CAVA (chiesa bombardata 1943)	Catania, Via Rotonda 28 37.503755, 15.082631	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
78_ Santa Maria della Consolazione al Borgo	Catania, Via Consolazione angolo Via Calatabiano 37.518111, 15.079268	Addossato (tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Impianto circolare • Piedritti esili 		
79_ SANTA MARIA DELLA GUARDIA (XX sec)	Catania, Piazza Santa Maria della Guardia 37.519093, 15.105453	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Coronamento aggettante • Statua su cuspide 	<ul style="list-style-type: none"> • Volta a piano terra 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabile struttura in c.a. o mista 	
80_ SANTA MARIA DELLAIUTO	Catania, Via Consolato della Seta 52 37.500672, 15.081576	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • campana in archivolto 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
81_ SANTA MARIA DELL'OGNINELLA (1759)	Catania, Piazza Ogninella 37.504108, 15.088097	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamento rigido 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
82_ SANTA MARIA DI MONSERRATO	Catania, Via Monserrato 37.517118, 15.087526	Addossato (tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità geometrica • Aperture allineate 		
83_ SANTA MARIA DI OGNINA (1548 torre costiera)	Catania, Piazza Santa Maria di Ognina	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature 	<ul style="list-style-type: none"> • Pianta circolare 		
84_ SANT'AGATA AL BORGO	Catania, Piazza Cavour 37.518088, 15.083423	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Castelletti campanari esterni • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture Allineate 	<ul style="list-style-type: none"> • Scala in c.a. (presunto) • Orizzontamento rigido (presunto) 	
85_ Sant'Orsola	Catania, Piazza Scammacca 37.503896, 15.088851	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
86_ SS. Angeli Custodi (1882)	Catania, Via Santi Angeli Custodi	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
87_ SS. Crocifisso dei Miracoli	Catania, Via Umberto 135 37.512106, 15.090754	Accorpata				
88_ SS. Crocifisso della Buona Morte (1935)	Catania, Piazza Falcone 37.506812, 15.094646	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campana in archivolto 			
89_ SS. Crocifisso di Majorana	Catania, Piazza SS. Crocifisso di Majorana 37.500021, 15.074089	Accorpato		<ul style="list-style-type: none"> • Volta piano terra • Canna vuota superiore 		
90_ SS. Sacramento al Borgo	Catania, Piazza Cavour 37.516906, 15.083721	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 			
91_ SS. Trinità	Catania, Via Vittorio Emaunele II 346 37.502159, 15.080823	Addossato (tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Fiumefreddo di Sicilia - Diocesi di Acireale						
92_Maria Santissima Immacolata	Fiumefreddo, Via Umberto 45 37.791931, 15.207804	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Statua su cuspide 			
Giarre - Diocesi di Acireale						
93_Sant'Isidoro Agricola	Giarre, Piazza Duomo 37.726376, 15.183891	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
Gravina di Catania - Diocesi						
94_Sant'Antonio di Padova	Gravina di Catania, Via Etnea 362 37.560607, 15.061113	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Castelletti campanari esterni • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
Linguaglossa - Diocesi di Acireale						
95_Maria Santissima del Carmelo	Linguaglossa, Piazza Sant'Antonio 37.844179, 15.138257	Addossato (tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
96_ San Francesco di Paola (1610)	Linguaglossa, Piazza Municipio 37.840774, 15.144026	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 			
97_Santa Maria delle Grazie - Chiesa Matrice (1896)	Linguaglossa, Piazza Matrice 37.844033, 15.141364	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante • Castelletto campanario esterno 	• Vincolo asimmetrico		
98_ Sant'Egidio	Linguaglossa, Largo Sant'Egidio 37.844023, 15.139857	Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	• Piedritti esili		
99_ SS. Annunziata (1718)	Linguaglossa, Piazza Annunziata 3 37.842038, 15.142641	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 	• piedritti esili		
Maletto - Diocesi di Catania						
100_ SS. Cuori di Gesù e Maria - Chiesa Madre	Maletto, Via Matrice 37.827612, 14.867586	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature 			

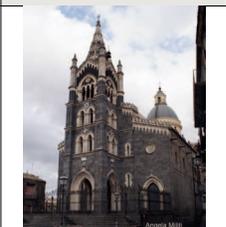
NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
101_ San Michele Arcangelo	Maletto, Corso Umberto 37.828110, 14.865923	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 	<ul style="list-style-type: none"> • Portico al piano terra 		
Mascali - Diocesi di Acireale						
102_ Gesù e Maria (XIX sec)	fraz. Sant'Antonio, Via S. Antonio, 3 - Piazza Sant'Antonio 37.758581, 15.182567	Addossato (Tipo B)				
103_ Maria SS. della Pietà (XIX sec)	fraz. Fondachello, Via Spiaggia 105 A 37.761153, 15.215545	Addossato (Tipo B)		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabile discontinuità costruttiva 	
Mascalucia - Diocesi di Catania						
104_ Maria SS Annunziata	fraz. Massannunziata, Via Mompilieri 4 37.591894, 15.038484	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature 			
105_ Santa Maria della Consolazione	Mascalucia, Via Chiesa Madre 1 37.574746, 15.049528	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante • Campane in archivolti 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Misterbianco - Diocesi di Catania						
106_Campanarazzu ex Chiesa Madre (Rudere pre 1669)	Misterbianco, contrada Campanarazzu 37.540121, 15.030839	ex Addossato (Tipo B)	<ul style="list-style-type: none"> • Paramento già inclinato 	<ul style="list-style-type: none"> • Angolata "aperta" 	<ul style="list-style-type: none"> • Ammorsature esigue 	
107_San Giuseppe	Misterbianco, Piazza San Giuseppe 37.517385, 15.009869	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
108_San Nicolò	Misterbianco, Via San Nicolò 119 37.519098, 15.010260	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno 			
109_Santa Lucia e Sant'Orsola	Misterbianco, Via Matteotti 40 37.515910, 15.006692	Addossato (Tipo A)			<ul style="list-style-type: none"> • Possibile orizzontamento rigido 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Motta Sant'Anastasia - Diocesi di Catania						
110_ Santa Maria del Rosario - Chiesa Matrice	Motta Sant'Anastasia, Via Castello 37.512126, 14.970566	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti • Castelletto campanario esterno 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
Nicolosi - Diocesi di Catania						
111_ San Francesco di Paola (1897)	Nicolosi, Via Calvario 2 37.613919, 15.021450	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • Campane in archivolti 			
112_ San Giuseppe	Nicolosi, Via Roma 37.614740, 15.027841	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
113_ Spirito Santo - Chiesa Matrice	Nicolosi, Piazza Vittorio Emanuele 37.614017, 15.025925	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Castelletto campanario esterno • Coronamento aggettante 		<ul style="list-style-type: none"> • Scala in c.a. 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Paternò - Diocesi di Catania						
114_ San Francesco di Paola	Paternò, Piazza San Francesco di Paola 37.567588, 14.897467	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 			
115_ San Gaetano (1736)	Paternò, Piazza San Gaetano 37.568775, 14.897442	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 			
116_ San Giacomo	Paternò, Via Provvidenza Virgillito Bonaccorsi 37.563164, 14.895456	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
117_ Sant'Antonio Abate (1866)	Paternò, Piazza Vittorio Veneto 37.564863, 14.899645	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 		<ul style="list-style-type: none"> • Possibile orizzontamento rigido 	
118_ Santa Caterina d'Alessandria	Paternò, Piazza della Concordia	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
119_ Santa Margherita	Paternò, Via Santa Margherita 37.565719, 14.898497	Addossato (Tipo A)				
120_ Santa Maria dell'Itria - Torre dei Falconieri (XIV sec)	Paternò, Piazza S. Maria dell'Itria 37.564594, 14.897115	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlature • coronamento aggettante 		<ul style="list-style-type: none"> • Scheletro portante in c.a. • scala in c.a • orizzontamento rigido 	
121_ Santa Maria di Valle di Josaphat (XI sec)	Paternò, Via Gangea 37.565770, 14.894921	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
Piedimonte Etneo - Dicoesi di Acireale						
122_ Sant'Ignazio	Piedimonte Etneo, Via Mazzini 37.806055, 15.179240	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Coronamento aggettante 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
Ragalna -Diocesi di Catania						
123_ Santa Maria del Carmelo - Chiesa Matrice	Ragalna, Piazza Cisterna 37.636284, 14.951162	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti • Castelletto campanario esterno 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Randazzo - Diocesi di Acireale						
124_ Beata Maria Vergine del Monte Carmelo (1943)	Randazzo, Piazza Rabatà 1 37.878469, 14.953921	Addossato (Tipo B)		• Piedritti esili	• Orizzontamento rigido	
125_ San Bartolomeo (1637)	Randazzo, Via Garibaldi 37.875811, 14.944228	Addossato (Tipo A)	• Pinnacoli • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante	• Piedritti esili		
126_ San Martino	Randazzo, Piazza San Martino 37.876799, 14.943433	Addossato (Tipo B)	• Merlature	• Volta a piano terra • Aperture allineate		
127_ San Nicolò da Bari (1783)	Randazzo, Piazza San Nicolò da Bari 37.878705, 14.945866	Addossato (Tipo A)	• Campane in archivolti • Trabeazione aggettante			
128_ Santa Maria Assunta	Randazzo, Piazza della Basilica 37.879051, 14.949049	Addossato (Tipo A)	• Castelletto campanario esterno • Pinnacoli	• Portico al piano terra		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
129_ SS. Annunziata	Randazzo, Piazza Loreto 37.877831, 14.950406	Accorpato	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Merlature 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate • Vincolo asimmetrico 		
Riposto - Diocesi di Acireale						
130_ San Giuseppe (1914-1922)	Riposto, Via Gioeni 18 37.729937, 15.201625	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante • Statue 			
San Giovanni La Punta - Diocesi di Catania						
131_ Santa Maria di Loreto (XIX sec)	San Giovanni La Punta, via Fisichelli 37.588512, 15.088566	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • impianto planimetrico circolare 		
132_ Santa Maria delle Grazie (1892)	San Giovanni La Punta, via Roma 37.579264, 15.095815	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 			
133_ Maria Santissima del Rosario e San Rocco (XIX - XX sec)	fraz. Trappeto, Piazza Regina Elena 18 37.564682, 15.089541	Addossato (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabile orizzontamento rigido 	

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
San Pietro Clarenza - Diocesi di Catania						
134_ Santa Caterina Vergine e Martire	San Pietro Clarenza, Via Umberto 106 37.572153, 15.025324	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
135_ Santa Maria delle Grazie (XVIII - XIX sec)	San Pietro Clarenza, Via Pietre Rosse 1 37.573644, 15.026965	Addossato (Tipo A)		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 	<ul style="list-style-type: none"> • Probabile orizzontamento rigido 	
Santa Maria di Licodia - Diocesi di Catania						
136_ Santissimo Crocifisso - Chiesa Matrice (1143)	Santa Maria di Licodia, Piazza Umberto 37.616287, 14.887389	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Merlaturae 			
Sant'Agata Li Battiati - Diocesi di Catania						
137_ Maria Santissima Annunziata - Chiesa Matrice (XIX sec)	Sant'Agata Li Battiati, Piazza Chiesa Madre 37.558951, 15.081761	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno 		<ul style="list-style-type: none"> • Possibile orizzontamento rigido 	
Trecastagni - Diocesi di Catania						
138_ San Nicolò di Bari - Chiesa Matrice	Trecastagni, Piazzale Matrice 37.614245, 15.080119	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti • Trabeazione aggettante 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
139_ Santa Caterina Vergine e Martire	Trecastagni, Piazza Libertà 37.607130, 15.080832	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno 		<ul style="list-style-type: none"> • orizzontamento rigido 	
140_ Santa Maria della Misericordia o Chiesa del Bianco	Trecastagni, Largo del Bianco 37.616087, 15.080504	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Aperture allineate 		
141_ Sant'Antonio Abate o del Purgatorio	Trecastagni, Via Vittorio Emanuele 37.611889, 15.080777	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli 			
142_ Santi Martiri Alfio Filadelfo e Cirino	Trecastagni, Piazza Sant'Alfio 37.622156, 15.080002	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità geometrica 		
Tremestieri Etneo- Diocesi di Catania						
143_ Maria Santissima della Pace	Tremestieri Etneo, Via Roma 11 37.575599, 15.074741	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti • Castelletto campanario esterno 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
144_ Maria Santissima Immacolata	Tremestieri Etneo, Via Etnea 88 37.567980, 15.075417	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 		<ul style="list-style-type: none"> • Possibile presenza di strutture in c.a. 	
145_ Sant'Antonio di Padova	Tremestieri Etneo, Via Etnea 219 37.573713, 15.074345	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnacoli • Campane in archivolti 			
146_ Santa Maria delle Grazie	fraz. Piano d'Archi, Piazza Regina Margherita 37.587212, 15.066883	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
Valverde - Diocesi di Acireale						
148_ Santa Maria della Misericordia	Valverde, Corso Vittorio Emanuele ang. Via del Santuario 37.579659, 15.126234	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 			
149_ Santa Maria delle Grazie	Fraz. Maugeri di Valverde, Via Maugeri 105 37.590788, 15.125387	ACCORPATO		<ul style="list-style-type: none"> • Vincolo asimmetrico • Piedritti esili 		

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
150_ Santuario Santa Maria di Valverde	Valverde, Piazza del Santuario 37.579295, 15.125529	Addossato (Tipo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno • Campane in archivolti 			
Viagrande - Diocesi di Catania						
151_ San Biagio	Fraz. Viscalori, Piazza San Biagio 6 37.605957, 15.090509	Accorpato				
152_ San Vito	Viagrande, Via Garibaldi 357 37.618846, 15.099234	Addossato (Tipo A)				
153_ Santa Maria dell'Idria (1924, arch. Filadelfo Fichera)	Viagrande, Piazza San Mauro 37.610715, 15.096886	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Castelletto campanario esterno • Campane in archivolti • Pinnacoli 			

NOME	LOCALIZZAZIONE	TIPOLOGIA	I. V. POTENZIALE	I. V. GEOMETRICO	I. V. TECNICO-COSTR.	FOTO
Zafferana Etnea - Diocesi di Catania						
154_ Maria Santissima delle Grazie	Zafferana Etnea, Via Garibaldi 37.694399, 15.106095	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Trabeazione aggettante 		<ul style="list-style-type: none"> • Orizzontamento rigido 	
155_ San Giuseppe	Fraz. Pisano, Via Armando Diaz 170 37.664507, 15.110532	Sovrapposto		<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		
156_ Santa Maria della Provvidenza - Chiesa Matrice (1897-1928)	Zafferana Etnea, Via Roma 317 37.692609, 15.105909	Sovrapposto	<ul style="list-style-type: none"> • Campane in archivolti 	<ul style="list-style-type: none"> • Piedritti esili 		