

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI  
PROGRAMMA QUADRO 2000-2002

*Titolo del progetto*

**ANALISI DI SCENARIO NELLA LIGURIA OCCIDENTALE E  
SOLUZIONI PER LA CONSERVAZIONE DEI CENTRI STORICI**

*Attività condotta nel 1° anno*



**COORDINATORE SCIENTIFICO:**

LAGOMARSINO Sergio, Ordinario di *Tecnica delle Costruzioni*  
DISEG, Università di Genova, via Montallegro 1, 16145 Genova  
Tel. 010 3532521, Fax 010 3532534  
e-mail: lagomarsino@diseg.unige.it

Genova, 30 settembre 2001.

# INDICE

INTRODUZIONE	pag. 3
0 LA LIGURIA OCCIDENTALE E I TERREMOTI	5
0.1 I dati del catalogo CFTI/3	5
0.1.1 Dati di sintesi delle località d'interesse per questo studio revisionati dal CFTI/3	
0.1.2 Effetti dei terremoti negli edifici monumentali nelle province di Imperia e Savona	
0.2 Revisione ed integrazione dei dati del CFTI/3	6
0.2.1 Un contesto documentario complesso: amministrazioni centrali e periferiche	
0.3 Approfondimenti sul terremoto del 1831: effetti sui siti e danni ai monumenti	8
0.4 Effetti nei siti scelti	9
0.4.1 Taggia	
0.4.2 Castellaro	
0.5 Analisi degli effetti su complessi monumenti	14
0.5.1 Danni nella chiesa parrocchiale dei SS. Giacomo e Filippo di Taggia	
0.5.2 Danni alla chiesa parrocchiale di S. Pietro in Vincoli a Castellaro	
0.6 Bibliografia e fonti	15
0.6.1 Bibliografia generale	
0.6.2 Archivio delle fonti memorizzate	
0.6.3 Archivio iconografico	
0.7 Attività prevista per il secondo anno	18
1 SISMICITÀ E SISMOTETTONICA DELLA LIGURIA OCCIDENTALE	19
1.1 Introduzione	19
1.2 Leggi di scala per la magnitudo	19
1.3 Correlazioni sismotettoniche	22
1.4 Bibliografia	24
2 MOTO SISMICO, EFFETTI DI SITO ED INTERAZIONE	25
2.1 Attività prevista nel 2° anno (UR3)	28
2.2 Acquisizione e analisi di rumore sismico in Valle Argentina: risultati preliminari	28
2.2.1 Rapporti spettrali ed amplificazione	
2.3 Analisi probabilistica della pericolosità sismica	33
2.3.1 Uso congiunto di aree sismogenetiche e singole faglie nella stessa analisi	
2.3.2 Definizione, uso e propagazione dell'incertezza epistemica nei parametri sismici di input al modello probabilistico al fine di ottenere i percentili: a) della frequenza annuale di superamento al sito di predefiniti livelli di moto sismico b) del livello di moto sismico corrispondente ad una prefissata frequenza annuale di superamento	
2.3.3 Sviluppo di funzioni di amplificazione per parametri del moto sismico di interesse in funzione dell'intensità del moto al bedrock per alcuni siti campione mediante le suddette metodologie innovative	
3 CENSIMENTO A SCALA SUB-REGIONALE E ANALISI DI VULNERABILITÀ	39
3.1 Il costruito diffuso	39
3.1.1 La metodologia per l'analisi di vulnerabilità	
3.2 Il patrimonio monumentale	44
3.3 Attività prevista nel 2° anno	45

4	CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA E RILIEVO DEL COSTRUITO	47
4.1	Edifici in muratura: materiali e tecniche costruttive	47
4.1.1	Il comune di Taggia	47
4.1.1.1	Tipologie murarie	
4.1.1.2	Caso studio: il convento delle suore della visitazione e la chiesa di Santa Teresa	
4.1.2	Il comune di Baiardo	53
4.1.2.1	Caso studio: complesso di edifici nel centro storico di Baiardo	
4.1.3	Prove in situ	54
4.1.3.1	Indagini soniche	
4.1.4	Attività prevista nel 2° anno	57
4.2	Edifici in muratura: tipologie costruttive nei centri storici	58
4.2.1	Bussana Vecchia	58
4.2.1.1	Sismicità storica	
4.2.1.2	Fasi storiche dello sviluppo urbano	
4.2.1.3	Stato di fatto	
4.2.1.4	Tipi murari e loro resti	
4.2.1.5	Tipologie e planimetrie complessive	
4.2.1.6	Rilievo di un comparto	
4.2.1.7	Note complessive	
4.2.2	Taggia	63
4.2.3	Attività prevista nel 2° anno	64
4.3	Edifici in cemento armato: tipologie costruttive ricorrenti	68
4.3.1	Individuazione delle tipologie costruttive ricorrenti degli edifici in cemento armato, con particolare riferimento alla Liguria Occidentale	68
4.3.2	Applicazione preliminare e sviluppo di metodi per la valutazione della risposta sismica di edifici in c.a. sia a livello di dettaglio che a scala urbana o territoriale	68
4.3.3	Attività prevista nel 2° anno	70
4.4	Costruito monumentale: tipologie e vulnerabilità specifiche	71
4.4.1	La metodologia per l'analisi di vulnerabilità delle chiese	75
4.4.2	Attività prevista nel 2° anno	77
4.5	Beni artistici e storici	78
4.5.1	Attività prevista nel 2° anno	80
5	GESTIONE INFORMATICA DEI DATI	81
5.1	Attività svolta	81
5.1.1	Dati acquisiti	
5.1.2	Dati processati	
5.2	Attività prevista nel 2° anno	83
	ELENCO DELLE UNITÀ DI RICERCA	84
	ALLEGATO 1 – Scheda per il rilievo di vulnerabilità delle chiese (UR 7)	
	Esempio di scheda compilata per la chiesa dei SS. Giacomo e Filippo a Taggia	
	Abaco dei 28 meccanismi di collasso sismico	
	ALLEGATO 2 – Schedatura degli apparati decorativi nell'area di Taggia (UR 8)	

## INTRODUZIONE

Il progetto di ricerca è rivolto allo sviluppo di nuove metodologie per l'analisi di scenario sismico a scala territoriale, con particolare riferimento ad aree sub-regionali caratterizzate da insediamenti sparsi, sia centri storici sia zone di recente urbanizzazione. Tutto il progetto gravita intorno all'applicazione su un'area studio, la Liguria Occidentale, sia per individuare gli aspetti problematici e meritevoli di approfondimento, sia per validare gli strumenti che verranno predisposti. In particolare lo studio sarà sviluppato a due differenti livelli di dettaglio: 1) l'area vasta, costituita dalla provincia di Imperia e da parte della provincia di Savona (quella comprendente i comuni che in una recente proposta di riclassificazione sismica sono stati indicati a rischio sismico); 2) un territorio comunale, per analisi di maggiore dettaglio, individuato nel comune di Taggia.

La scelta di Taggia come area di approfondimento è risultata da una serie di aspetti concomitanti: 1) la presenza di un centro storico di grande interesse e valore storico (secondo per ampiezza in Liguria solo al centro storico di Genova), poco rimaneggiato e non ancora adeguatamente valorizzato; 2) la presenza di un'ampia area di recente urbanizzazione, sviluppatasi negli anni '60 e '70, prima della classificazione sismica, con edifici in c.a. anche di altezza significativa; 3) una significativa storia sismica, che testimonia sia il risentimento dei principali terremoti della Liguria Occidentale (con epicentro a mare), sia la presenza di un'attività sismogenetica locale (terremoto del 1931, con epicentro a Taggia); 4) una situazione geomorfologia molto interessante, con depositi alluvionali e diversificate situazioni morfologiche, tipiche di significativi effetti di amplificazione locale.

Per lo sviluppo della ricerca è quindi emerso come essenziale stabilire da subito uno stretto rapporto di collaborazione con le amministrazioni pubbliche ed altri enti, pubblici e privati, che operano nell'area. Da un lato è infatti fondamentale disporre dei dati di base per il lavoro (cartografia, dati demografici, consistenza del costruito, ecc.); inoltre, solo chi già da tempo opera sul territorio può indicare quali siano le priorità ed i nodi critici della zona. D'altra parte si desidera che i risultati della ricerca, oltre che delineare una possibile metodologia di approccio per lo studio di altre aree analoghe, siano immediatamente utilizzabili e, quindi, trasferibili agli enti locali.

Nel primo semestre sono stati avviati tutti i possibili canali di collaborazione. Il primo interlocutore è certamente la Regione Liguria, che dispone di un'ampia cartografia e di una buona banca dati informatizzata. Il progetto è stato presentato all'ing. Mario Fracchia, direttore generale del *Dipartimento Tutela dell'Ambiente ed Edilizia*. Contatti sono stati quindi avviati con diversi settori della Regione: la *Protezione Civile*, il *Dipartimento Pianificazione Territoriale, Paesistica e Ambientale*, il settore *Assetto del Territorio e Controllo Tecnico*, il settore *Servizio Informatico e Cartografia*. In particolare è stata acquisita la cartografia regionale di base, anche al fine di verificare la compatibilità tra il sistema informativo regionale ed i formati di archiviazione dei dati che si utilizzeranno nell'ambito di questo progetto.

In considerazione della particolare attenzione che questo progetto intende rivolgere al patrimonio monumentale ed ai centri storici minori, sono state contattate le soprintendenze: l'arch. Liliana Pittarello, soprintendente per i *Beni Ambientali e Architettonici* della Liguria; il dott. Germano Mulazzani, soprintendente per i *Beni Artistici e Storici* della Liguria. Anche su questo versante esiste un grande interesse e la massima disponibilità verso il progetto.

Al fine di coordinare le attività, il 16 marzo 2001 si è tenuta, presso gli uffici della Soprintendenza, una riunione congiunta con le Soprintendenze e la Regione Liguria. All'incontro hanno anche partecipato due funzionari dell'*Istituto Centrale per il Restauro* di Roma, ufficio del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, che stanno predisponendo, a livello nazionale, la Carta del Rischio per il patrimonio culturale; essi hanno dichiarato di seguire con interesse lo sviluppo del progetto e di essere disponibili ad acquisirne i risultati, sia a livello specifico di risultanze per l'area studiata, sia come metodologia per la successiva analisi in altre aree del paese.

L'elenco delle principali riunioni ed incontri (esclusi quindi i numerosi contatti telefonici e via e-mail) è di seguito riportato:

- 2 novembre 2000: presentazione progetto in Regione Liguria;
- 1 dicembre 2000: presentazione progetto in Soprintendenza;
- 13 dicembre 2000: incontro in Regione Liguria (servizi informatici);
- 6 marzo 2001: incontro in Soprintendenza (patrimonio vincolato);
- 16 marzo 2001: riunione tra Soprintendenza, Regione Liguria e ICR;
- 27 marzo 2001: incontro in Regione Liguria (Dipartimento Tutela dell'Ambiente ed Edilizia).

Ovviamente, contatti sono stati attivati anche a livello locale, nella Liguria Occidentale. In particolare il progetto è stato presentato all'Amministrazione Comunale di Taggia, il comune sul quale si intende sviluppare uno studio di maggiore dettaglio. Ciò ha consentito di stabilire un collegamento diretto e proficuo con il loro Ufficio Tecnico, che ha già messo a disposizione la cartografia di dettaglio e ha individuato un edificio storico, di proprietà comunale, sul quale fare un'approfondita sperimentazione diagnostica (complesso conventuale di S. Teresa).

Infine, è stata anche contattata l'ARTE di Imperia (*Azienda Regionale Territoriale per l'Edilizia*), che ha ovviamente molte proprietà nell'area, sia di tipo storico sia di recente edificazione; l'ARTE ha attivi diversi cantieri di recupero, al cui interno saranno possibili approfondimenti sulle tecniche costruttive tipiche della zona ed indagini diagnostiche sui materiali.

L'altro aspetto dell'attività svolta dal coordinatore in questo semestre è stato l'avviamento del lavoro delle diverse UR; ciò è stato fatto attraverso riunioni collegiali, incontri di lavoro con singole UR, sopralluoghi guidati nella Liguria Occidentale. Di seguito vengono elencate le date di alcuni incontri:

- 11 luglio 2000: riunione a Bologna con UR 2, presso SGA (sismicità storica);
- 14 luglio 2000: riunione a Genova con UR 8 (beni culturali);
- 18 luglio 2000: riunione a Genova con UR 1 e 3 (sismologia e pericolosità);
- 21 luglio 2000: riunione a Genova UR 4, 5, 6 e 7 (vulnerabilità del costruito);
- 19 ottobre 2000: riunione a Genova sul sistema GIS (Task 7);
- 23 novembre 2000: sopralluogo a Taggia con UR 8 (beni culturali);
- 29 gennaio 2001: incontro a Genova con UR 5 (vulnerabilità dei centri storici);
- 6 febbraio 2001: sopralluogo a Taggia con UR 1 e 3 (sismologia e pericolosità);
- 9 febbraio 2001: riunione a Milano con UR 4, 6 e 7 (vulnerabilità del costruito);
- 27 e 28 2001: sopralluogo a Taggia e Baiardo con UR 4 e 7 (centri storici);
- 29 marzo 2001: riunione a Bologna con UR 2, presso SGA (sismicità storica);
- 18 aprile 2001: sopralluogo a Taggia con UR 6 (costruzioni in c.a.);
- 20 giugno 2001: sopralluogo a Taggia con UR 4 e 5 (costruzioni in muratura).

Infine, è stato predisposto un server ftp, riservato per lo scambio dei dati tra le diverse unità di ricerca (<ftp://adic.diseq.unige.it>, utente GNDT2000), ed è in corso di elaborazione un sito Internet (<http://adic.diseq.unige.it/Ricerca/GNDT/Liguria.htm>), dove verranno presentati i risultati intermedi della ricerca.

## 0 LA LIGURIA OCCIDENTALE E I TERREMOTI

Unità di Ricerca 2 – Responsabile: Emanuela Guidoboni  
*Storia Geofisica Ambiente srl, Bologna*

Collaboratori: Cecilia Ciuccarelli, Dante Mariotti, Alberto Comastri, Martino Ferrarese

Lo studio e l'approfondimento degli effetti sismici nell'area della Liguria occidentale è stato articolato in tre fasi.

Innanzitutto sono stati selezionati e analizzati i dati riportati nel *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997* (Boschi *et al* 2000), d'ora in poi citato come CFTI/3: in particolare sono stati selezionati i parametri e i dati di sintesi dei terremoti che hanno colpito la Liguria occidentale; inoltre le informazioni contenute nel CFTI/3 sono state utilizzate per compilare un elenco degli edifici storici monumentali della Liguria occidentale che hanno subito danni sismici.

Nella fase successiva si è proceduto alla revisione delle fonti disponibili e utilizzate nel CFTI/3, una revisione che ha portato all'acquisizione di informazioni non note in precedenza.

Infine è stata avviata una ricerca archivistica in due sedi diverse: Archivio Centrale dello Stato (Roma) e Archivio di Stato di Torino. Di questa ricerca ancora in corso, si presentano in questa sede i primi risultati.

### 0.1 I dati del catalogo CFTI/3

I terremoti noti che hanno danneggiato l'area della Liguria occidentale sono avvenuti nel corso dell'Ottocento, in un arco temporale di circa settant'anni. Si tratta di 5 eventi sismici presenti nella letteratura sismologica e studiati nel CFTI/3 e precisamente:

<i>Data</i>	<i>ora</i>	<i>lat.</i>	<i>long.</i>	<i>Io</i>	<i>I<sub>max</sub></i>	<i>siti</i>	<i>Me</i>	<i>Area epicentrale</i>
1818 febbraio 23	18:10	43.82	7.65	7.0	8.0	46	5.8	Liguria occidentale-Francia
1819 gennaio 08	22:30	44.05	8.20	6.5	6.5	6	5.2	Liguria occidentale
1831 maggio 26	10:30	43.85	7.85	8.0	8.5	33	5.4	Liguria occidentale
1854 dicembre 29	01:45	43.82	7.55	7.5	7.5	86	5.8	Liguria occidentale-Francia
1887 febbraio 23	05:22	43.88	8.00	9.0	10.0	1517	6.4	Liguria occidentale

#### 0.1.1 Dati di sintesi delle località d'interesse per questo studio revisionati dal CFTI/3

Sulla base delle informazioni contenute nel CFTI/3, di questi 5 terremoti sono stati selezionati gli elenchi delle località per le quali è stata valutata l'intensità macrosismica secondo la scala MCS. Sono stati quindi redatte tabelle che presentano, per ciascun terremoto, l'elenco, in ordine di *Io*, delle località valutate.

#### 0.1.2 Effetti dei terremoti negli edifici monumentali nelle province di Imperia e Savona

I risultati dello studio di questi terremoti sono stati utilizzati per individuare gli edifici monumentali della Liguria occidentale che hanno subito danni sismici, avendo come base di riferimento l'elenco dei monumenti delle province di Imperia e Savona vincolati dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio della Liguria. Questo lavoro è stato spesso accompagnato da indagini finalizzate ad accertare la corrispondenza tra il nome attuale degli edifici e i nomi degli edifici citati dalle fonti coeve agli eventi sismici. Si tratta di un aspetto non trascurabile, se si considera la frequenza con cui gli edifici civili più importanti (come i palazzi) hanno cambiato nome secondo gli usi cui erano destinati o, passando di proprietà, hanno assunto il cognome dei diversi proprietari. Allo stesso modo anche i nomi degli edifici ecclesistici sono stati esaminati tenendo conto che un nuovo edificio può aver assunto il nome di uno

antico, o che, ad esempio nel caso delle chiese parrocchiali, il titolo può essere stato trasferito da un edificio a un altro.

Complessivamente sono stati attestati danni a 91 edifici, sui 1647 presenti nell'elenco fornito dalla Soprintendenza. Può essere interessante osservare che di questi 91 edifici, 10 hanno subito danni da due diversi terremoti, danni che in alcuni casi sono dello stesso tipo. Da questo punto di vista risultano significativi gli edifici di alcune località, quali Taggia, Castellaro Ligure, Badalucco, Pompeiana e Sanremo. Si riportano, a titolo d'esempio, i dati relativi al comune di Taggia.

<i>Comune</i>	<i>Monumento</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Effetti sismici</i>
TAGGIA	Chiesa dei Domenicani e zona di rispetto	chiesa	1831: danni non specificati al convento di S. Domenico
TAGGIA	Chiesetta dei SS. Giacomo e Filippo	chiesa	1831: spaccatura nell'arco sovrastante l'altare maggiore 1887: screpolature, fessure e spaccatura dell'architrave sull'altare maggiore, allargamento di una fenditura nella volta causata dal terremoto del 1831
TAGGIA	Ponte Medioevale sul torrente Argentina	ponte	1831: crollo di due archi del ponte
TAGGIA	Oratorio della SS. Trinità	oratorio	1887: distacco della facciata dal resto dell'edificio
TAGGIA	Chiesa della Confraternita di S. Sebastiano	chiesa	1887: gravi spaccature nella volta e nei muri laterali
TAGGIA	Ex Casa Ruffini	edificio	1887: crolli parziali nella antica casa Ruffini
TAGGIA	Palazzo sede del Municipio	palazzo	1831: danni non specificati
TAGGIA	Ospedale Carità ed edicola votiva	edificio	1831: danni non specificati all'ospedale
TAGGIA	Ex Chiesa di S. Caterina e locali annessi	chiesa	1831: danni non specificati al monastero
TAGGIA	Caserma Revelli	edificio	1831: danni non specificati

## **0.2 Revisione e integrazione dei dati del CFTI/3**

Il lavoro è stato successivamente indirizzato ad approfondire gli effetti dei cinque terremoti che hanno colpito la Liguria occidentale con effetti di danno. Lo studio ha avuto come base di partenza le fonti utilizzate nel CFTI/3, che sono state revisionate raccogliendo tutte le informazioni disponibili sui danni causati dai terremoti negli edifici e sull'ambiente dell'area colpita. Da questa revisione è emerso un quadro dei danni più dettagliato, in particolare per quanto riguarda gli effetti del terremoto del 26 maggio 1831. All'interno degli scenari sismici risultati dalla revisione è stato preso in esame il quadro degli effetti dei terremoti nelle due località di Taggia e Castellaro, scelte come località campione. Il quadro degli effetti di queste due località è, contestualmente, di altre 4 località della valle del torrente Argentina (Arma di Taggia, Triora, Molini di Triora, Badalucco) sono stati integrati con nuove fonti di informazioni. Sono inoltre emersi dati precedentemente non noti relativamente a danni in tre monumenti indicati dal gruppo di lavoro della UR 7:

1. Taggia: chiesa parrocchiale dei SS. Giacomo e Filippo;
2. Taggia: ponte medievale sul torrente Argentina;
3. Castellaro: chiesa parrocchiale di S. Pietro in Vincoli

Gli scenari emersi dalla revisione sono stati il punto di partenza per l'avvio di una ricerca archivistica che è tuttora in corso. La ricerca è finalizzata al reperimento di informazioni che consentano di dettagliare ulteriormente gli effetti sismici sugli edifici e il territorio delle località colpite, con particolare attenzione a Taggia, Castellaro e nei tre edifici monumentali sopra indicati.

### **0.2.1 Un contesto documentario complesso: amministrazioni centrali e periferiche**

Come per ogni ricerca archivistica, anche per questa è stato necessario analizzare preliminarmente la situazione politica e amministrativa dell'area nel periodo in cui sono accaduti i terremoti della Liguria occidentale e conseguentemente analizzare la produzione di documentazione da parte di istituzioni ed enti diversi, conservata nelle varie sedi di ricerca. Nel caso delle fonti documentarie relative a Taggia e Castellaro nell'Ottocento la situazione è piuttosto complessa. Infatti, nonostante l'arco cronologico in cui

sono avvenuti i terremoti in studio sia limitato a circa settant'anni (1818-1887), tuttavia in quel periodo di tempo sono avvenuti vari cambiamenti degli assetti istituzionali e politici dell'area interessata: ciò significa dover individuare e reperire i documenti prodotti da istituzioni diverse e conservati in sedi di ricerca diverse.

Dal punto di vista documentario tre sono gli ambiti d'indagine:

- 1) documentazione prodotta dalle istituzioni centrali;
- 2) documentazione prodotta dalle istituzioni locali;
- 3) documentazione prodotta dalle istituzioni ecclesiastiche.

In modo più specifico riguardo alla documentazione delle istituzioni del governo centrale occorre tener presente la cesura costituita dall'Unità d'Italia. Infatti, dalla fine del periodo napoleonico (1815) fino al 1860 il territorio della Repubblica Ligure fece parte del Regno di Sardegna. Pertanto la documentazione prodotta dalle magistrature centrali è conservata presso *l'Archivio di Stato di Torino*, e in questa sede si conservano documenti relativi ai terremoti del 1818, 1819, 1831 e 1854. La documentazione del periodo post-unitario è invece conservata presso *l'Archivio Centrale dello Stato* (Roma), sede di ricerca di documenti relativi al terremoto del 1887.

Anche per ciò che riguarda la documentazione delle istituzioni politiche locali, il 1860 è una data spartiacque. Prima di questa data, infatti, l'amministrazione di Taggia e Castellaro rientrava nelle competenze dell'*Intendenza di Sanremo*, il cui fondo archivistico è conservato presso la *Sezione di Sanremo* dell'*Archivio di Stato di Imperia* e costituisce campo d'indagine per i terremoti del 1818, 1819, 1831 e 1854. Nel 1860 il circondario di Sanremo, entrò a far parte della provincia di Porto Maurizio, istituita in quell'anno, che divenne nel 1923, in seguito all'unione con Oneglia, provincia di Imperia. La documentazione prodotta dagli organi provinciali è conservata presso *l'Archivio di Stato di Imperia*. Eventuali documenti sugli effetti del terremoto del 1887 a Taggia e a Castellaro afferiscono quindi a questa sede. Inoltre, a livello locale, un ulteriore campo d'indagine è *l'Archivio Storico Comunale* di Taggia.

Per quanto riguarda la documentazione ecclesiastica l'anno di cesura è il 1865: fino ad allora, infatti, Taggia e Castellaro erano comprese nella diocesi di Albenga, pertanto la documentazione anteriore a questo periodo, è conservata presso *l'Archivio Storico Diocesano di Albenga*. Nel 1865 Taggia entrò a far parte della diocesi di Sanremo e Ventimiglia, e la relativa documentazione ecclesiastica è conservata nell'*Archivio Storico Diocesano di Ventimiglia*.

Un quadro documentario così complesso e variegato presenta numerose possibilità d'indagine, ma rischia anche di rendere troppo frammentata la ricerca, per le inevitabili lacune che le cesure storico-amministrative hanno determinato. Pertanto in questa prima fase, dopo un'analisi generale, sono state delineate le tappe di lavoro.

In questa prima fase della ricerca è stata privilegiata l'indagine sui fondi archivistici dell'amministrazione centrale dello Stato, tenendo conto anche della prassi amministrativa consolidata, in base alla quale, in caso di terremoti, gli organi politici periferici inviavano alle autorità centrali relazioni e informazioni al fine di ottenere i mezzi per affrontare l'emergenza e di accedere ai fondi stanziati per la riparazione dei danni.

Sono dunque state avviate parallelamente due indagini:

- una all'Archivio di Stato di Torino, finalizzata al reperimento di documenti relativi ai terremoti avvenuti nella Liguria Occidentale prima dell'Unità d'Italia;
- una seconda all'Archivio Centrale dello Stato (Roma), per il terremoto del 1887.

In questa sede si rende conto nello specifico dei vagli archivistici finora compiuti. Tuttavia la ricerca sta proseguendo e molta documentazione è già stata individuata, ma non ancora completamente analizzata.

Archivio di Stato di Torino: l'indagine ha riguardato due fondi:

- a) *Paesi in genere*. In questo fondo è raccolta la documentazione relativa alle circoscrizioni provinciali del Regno di Sardegna e, per il Settecento e l'Ottocento, all'attività amministrativa degli Intendenti e alla loro corrispondenza con la Segreteria di Stato concernente gli affari interni. La documentazione

è suddivisa in serie sulla base delle singole circoscrizioni provinciali: nella serie *Paesi in genere per provincie* sono stati reperiti documenti utili alla ricerca.

b) *Paesi per A e B*. In questo fondo sono conservati i documenti concernenti singole località del Regno ordinati alfabeticamente per toponimi. Qui sono stati reperiti documenti relativi al terremoto del 26 maggio 1831.

Archivio Centrale dello Stato: è stato vagliato il fondo *Ministero Pubblica Istruzione, Direzione Generale Antichità e Belle Arti* per reperire documentazione relativa ai tre complessi architettonici oggetto di specifiche ricerche. Di questo fondo sono state considerate le descrizioni di documentazione con estremi cronologici compresi fra il 1860 e il 1912. All'interno di queste descrizioni sono state individuate buste contenenti documentazione relativa a Taggia, il cui vaglio ha portato al reperimento della documentazione sulla lunga pratica burocratica relativa alla riparazione dei danni del terremoto del 1887 nella chiesa e nel convento di S. Domenico e notizie sui danni causati dallo stesso terremoto nel palazzo Spinola-Curlo di Taggia.

### **0.3 Approfondimenti sul terremoto del 1831: effetti sui siti e danni ai monumenti**

In questa sede si presentano i dati e le informazioni risultanti dalla revisione delle fonti e dalla ricerca documentaria. In particolare sono state acquisite informazioni non note relativamente al terremoto del 26 maggio 1831, agli scenari sismici delle due località campione Taggia e Castellaro e di altre 4 località della valle del torrente Argentina (Arma di Taggia, Badalucco, Triora, Molini di Triora. Inoltre sono stati acquisiti nuovi dati sugli effetti sismici negli edifici storici monumentali.

La fonte principale per questo evento sismico è il rapporto sui danni del terremoto redatto dall'Intendente di Sanremo Alberto Nota, che il 28 maggio 1831, due giorni dopo la scossa principale, si recò a fare dei sopralluoghi nelle località più colpite. Questo documento è stato analizzato sia nella versione manoscritta (conservata all'*Archivio di Stato di Torino*) stilata pochi giorni dopo il terremoto, sia nella versione edita nel 1832, arricchita rispetto alla prima con particolari eruditi. I dati risultanti dalla relazione di Nota sono stati integrati con quelli forniti dalle fonti giornalistiche, in particolare dalla *Gazzetta di Genova*, che pubblicò le corrispondenze degli inviati nelle località colpite, contenenti numerose informazioni, che hanno contribuito a dettagliare gli effetti.

La revisione di questo terremoto ha portato ad acquisire nuovi dati riguardo a tre diversi aspetti:

- gli effetti negli edifici monumentali e nell'edilizia storica in genere;
- gli effetti cumulativi delle scosse;
- la cronologia della sequenza sismica a cui si deve il quadro complessivo dei danni, valutato in gradi di intensità.

Per quanto riguarda il punto a) la revisione ha innanzitutto consentito di acquisire ulteriori dettagli nella descrizione dei danni subiti. Sono inoltre emerse informazioni su danni a edifici storici monumentali, per i quali precedentemente non si avevano informazioni (si veda l'analisi descritta al punto 1.2). Infatti, dal CFTI/3 era risultato che il terremoto del 1831 aveva causato danni a 24 edifici monumentali fra quelli indicati come "vincolati". La revisione condotta ha portato a 34 il numero di questi edifici, aumentando quindi notevolmente lo stato delle conoscenze precedenti.

Questa revisione ha inoltre consentito di ottenere un'immagine più dettagliata delle numerose scosse susseguitesesi e dell'accumularsi dei danni rilevati dopo il terremoto del 26 maggio 1831. Questi nuovi elementi sono particolarmente interessanti per Taggia: infatti i dati quantitativi forniti sugli effetti nelle abitazioni nel rapporto dell'Intendente Nota, che visitò Taggia il 28 maggio 1831, riporta 70 case divenute inabitabili, di cui 13 dovettero essere demolite. Questo dato è inferiore a quello fornito dalla corrispondenza inviata da Taggia e pubblicata dalla *Gazzetta di Genova* del 20 giugno 1831, che riporta: 20 case crollate, più di 80 divenute inabitabili e almeno 200 che necessitavano di urgenti riparazioni.

È stata inoltre analizzata nel dettaglio la sequenza delle scosse sentite nelle località più colpite dal terremoto del 26 maggio 1831: le scosse si protrassero fino al gennaio del 1832. I risultati di questa



### 0.4.1 Taggia

Taggia è stata colpita da quattro eventi sismici distruttivi:

- 1818 febbraio 23;
- 1831 maggio 26;
- 1854 dicembre 29;
- 1887 febbraio 23.

Non tutti questi eventi sono ugualmente ben documentati. Sul primo evento, quello del 23 febbraio 1818, si hanno ancora pochissime informazioni locali e questo elemento sarà oggetto di ulteriori approfondimenti. Il secondo terremoto è accaduto alla distanza di soli 12 anni dal primo: riteniamo che questo elemento possa aver influenzato sensibilmente gli effetti di danno del terremoto successivo. Anche per gli ultimi due eventi distruttivi (1854 e 1887) si può ragionevolmente sospettare che il livello di vulnerabilità degli edifici fosse elevato per l'accumularsi di danni (crepe, lesioni, dissesti mal riparati). Questi aspetti verranno più specificamente presi in esame nella seconda parte della ricerca. Per quanto riguarda gli effetti generali dei terremoti nel centro abitato sono già emersi elementi di notevole importanza che possono interessare l'approccio geotecnico: sono infatti già ben rilevabili gli effetti differenziati all'interno dell'abitato. Infatti, come è evidenziato nella figura 0.3, l'area di Taggia in cui i terremoti causarono i danni più gravi è quella nord-occidentale: il terremoto del 1831 danneggiò molto gravemente l'estrema zona occidentale, chiamata 'Castello', e gravemente l'abitato sviluppatosi lungo via S. Dalmazzo; gli effetti del terremoto del 1887, furono diffusi in tutto l'abitato, ma l'area più danneggiata fu quella chiamata 'pantano', cioè quella corrispondente alla zona dell'attuale via Soleri, in passato chiamata appunto via Pantano.

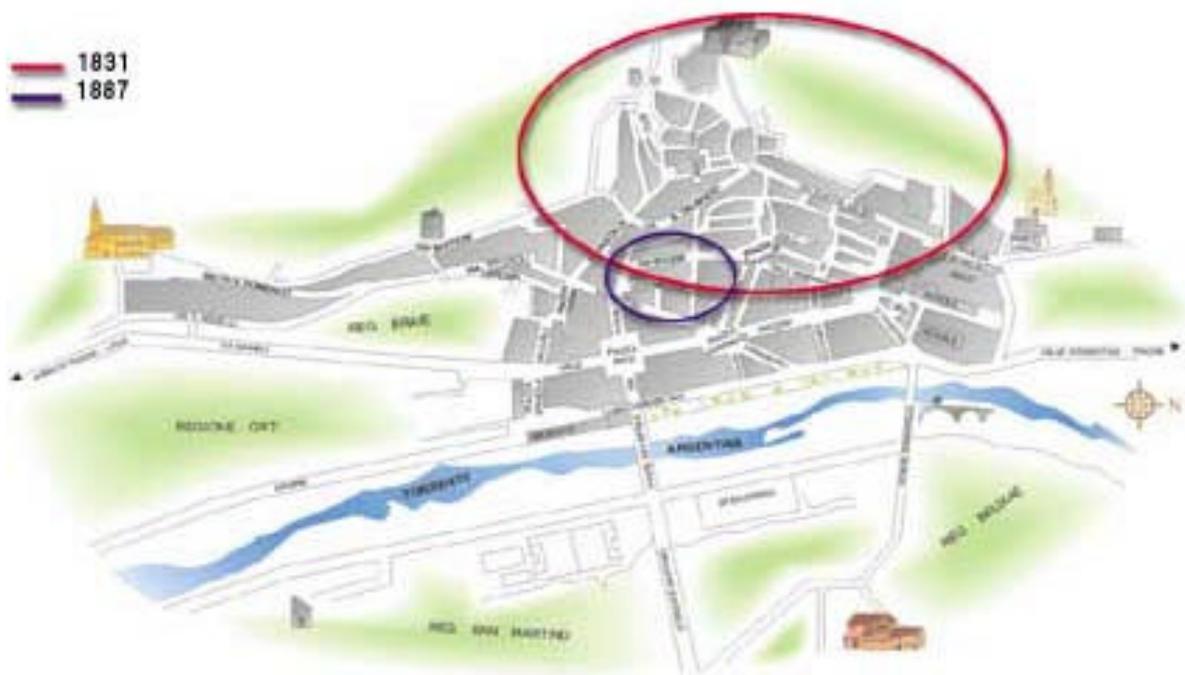


Figura 0.3. Pianta di Taggia con le aree più danneggiate dai terremoti del 1831 (rosso) e 1887 (blu).

#### 23 febbraio 1818 - VI-VII grado MCS

Il terremoto causò danni, ma le fonti non ne specificano la tipologia né l'entità.

## 26 maggio 1831 - VIII grado MCS

### *Effetti sugli edifici*

Quando avvenne il terremoto del 26 maggio 1831, Taggia era abitata da circa 4.000 persone: se, come suggeriscono gli studi di demografia storica, si considera una media di 4,5 componenti per nucleo familiare, si può verosimilmente ritenere che a Taggia ci fossero circa 900 case. Secondo la relazione dell'intendente Alberto Nota, che visitò la località il 28 maggio 1831, più di 70 case (ca.7,5%) risultarono inabitabili: 13 di queste, pericolanti, dovettero essere demolite. Fu rilevato però che tutti i fabbricati avevano subito danni. Nella parte antica della città, chiamata 'Castello', molte case furono distrutte e molte altre divennero "cadenti". Nella parte nuova di Taggia gli edifici ai lati di via S. Dalmazzo riportarono pericolose fenditure, strapiombi di muri e catene metalliche spezzate e dovettero essere puntellati. Furono osservati inoltre considerevoli danni, consistenti in spaccature, lesioni, strapiombi di muri e chiavi metalliche spezzate, nei seguenti edifici:

- monastero di S. Caterina
- convento di S. Domenico
- palazzo comunale
- caserma dei Carabinieri
- ospedale

Due corrispondenze giornalistiche del 17 e 20 giugno 1831, oltre un mese dopo il terremoto, forniscono un quadro dei danni in cui si rende conto degli effetti cumulativi delle numerose forti scosse accadute dopo quella principale del 26 maggio dello stesso anno.

In seguito alle numerose scosse erano crollate complessivamente 20 case (ca.2%), più di 80 (ca.9%) erano divenute inabitabili e almeno 200 (22%) necessitavano di urgenti e consistenti riparazioni. Le stesse fonti forniscono un quadro più dettagliato dei danni subiti da alcuni edifici monumentali:

- monastero di S. Caterina: crollo di una parte del lato nord; il resto dell'edificio divenne inabitabile;
- chiesa dei frati Cappuccini: si aprirono larghe lesioni nei muri e nella volta;
- chiesa della SS. Trinità: si aprirono larghe lesioni nei muri e nella volta;
- chiesa di S. Sebastiano si aprirono larghe lesioni nei muri e nella volta;
- campanile della chiesa di S. Sebastiano: crollo parziale;
- castello: crollo di un'altissima torre che distrusse due case sottostanti;
- palazzo comunale: si aprirono lesioni nei muri e nelle volte;
- casa prepositurale: fu lesionata;
- caserma dei Carabinieri: crollo pressoché totale;
- scuole pubbliche: gravemente danneggiate;
- chiesa parrocchiale (si veda oltre il punto 0.5.1);
- complesso conventuale di S. Domenico;
- ponte medievale sul torrente Argentina.

### *Effetti sull'ambiente*

Nel territorio di Taggia e nelle montagne circostanti si aprirono ampie crepe nel terreno: ma le fonti finora disponibili non localizzano queste spaccature.

Fu vista l'acqua del torrente Argentina alzarsi a zampilli. Nel piccolo lago formato dal torrente Argentina il giorno 9 giugno, senza che fosse accaduta una scossa, fu vista alzarsi una colonna d'acqua alta circa un metro, poi dissoltasi in una nube di fumo nero: si trattò probabilmente di emissioni gassose.

Nelle strade di Taggia si sentì per alcuni giorni odore di zolfo (emissioni di anidride carbonica).

## 29 dicembre 1854 - VII grado MCS

Il terremoto, sentito molto forte, causò danni non precisati a molte abitazioni.

## 23 febbraio 1887 - VIII grado MCS

### *Effetti sugli edifici*

Il terremoto causò molte rovine, crolli e gravi danni agli edifici. Per quanto riguarda la tipologia dei danni nell'abitato di Taggia le fonti attestano che crollarono parti più o meno estese di parecchi edifici, che i danni furono più gravi nei piani superiori degli edifici, mentre i piani terra ebbero danni minori. Fu osservato comunque che, in generale, i muri portanti subirono gravi lesioni, ma non crollarono.

Per quanto riguarda l'edilizia abitativa i danni più gravi si ebbero in particolare nella parte centrale dell'abitato, chiamata all'epoca 'pantano', l'area circostante l'attuale via Soleri, chiamata in passato proprio via Pantano. Quest'area era costituita da case di vecchia e scadente costruzione. Tali edifici erano per lo più molto alti, le loro strutture erano indebolite dalla presenza di numerose canne fumarie e di portici; le volte di queste case erano mal costruite e appesantite da terra e da pietre; molte di queste abitazioni erano state gravemente danneggiate dai passati terremoti e successivamente mal riparate. Nella zona meridionale del paese invece gli edifici, tra cui il convento di S. Domenico, subirono danni meno gravi.

Sono attestati danni ai seguenti edifici civili abitativi:

- Casa Ruffini, di antica costruzione: crollo della parte in cui si trovavano il salotto e la libreria.
- Palazzo Ricca-Nuvoloni, edificio di tre piani, giudicato dalle fonti di buona costruzione. Due muri di direzione est-nord-est si distaccarono dal resto dell'edificio; nei lati nord e sud alcuni muri subirono gravi lesioni; in uno di questi muri, non meglio specificato, ci furono due profonde spaccature inclinate circa 50°, una in direzione est e l'altra in direzione ovest; al primo piano ci fu l'apertura di una spaccatura in un muro del lato ovest; tale spaccatura era continua e interessava anche il pavimento, che si trovò ad avere un dislivello di 2 cm; in una camera posta all'angolo nord-ovest il pavimento si distaccò dai muri; crollò un fumaiolo.
- Palazzo Spinola, definito dalle fonti "robustissimo": nel lato sud crollò il cornicione e parte del tetto sovrastante; nei lati nord e sud i muri subirono lesioni verticali.
- Via Simone Pasqua: in una casa di tre piani, non meglio specificata, l'angolo nord-ovest subì un distacco dal resto dell'edificio a causa di due lesioni verticali, che interessarono l'intera altezza dell'edificio.

Sono attestati danni ai seguenti edifici pubblici:

- ospedale: gravi danni ("sfasciato");
- asilo: gravi danni ("sfasciato");
- ponte medievale sul torrente Argentina.

Sono attestati danni nei seguenti edifici religiosi:

- chiesa di S. Sebastiano: gravi spaccature nella volta e nei muri laterali; uno dei quattro pilastri del campanile si spostò di alcuni centimetri;
- oratorio della SS. Trinità: la facciata si distaccò dal resto dell'edificio;
- chiesa di S. Caterina: leggeri danni;
- casa parrocchiale: i muri dei lati ovest e nord subirono danni più gravi rispetto agli altri muri, che pure furono danneggiati; il secondo piano subì danni più del primo;
- chiesa parrocchiale (si veda oltre il punto 0.5.1);
- complesso conventuale di S. Domenico.

### **0.4.2 Castellaro**

Castellaro fu colpita da due terremoti distruttivi:

- 26 maggio 1831;
- 23 febbraio 1887.

Allo stato attuale delle conoscenze le fonti non consentono di individuare l'area più danneggiata dal terremoto del 1831. Per il terremoto del 1887, invece, le testimonianze coeve indicano chiaramente che la parte del paese che subì i danni maggiori fu quella più bassa, situata a ovest-sudovest.

### **26 maggio 1831 - VIII-IX grado MCS**

#### *Effetti sugli edifici*

Crollarono 52 case e altre 49 risultarono pericolanti. Vi furono 5 vittime e 16 feriti gravi. Le abitazioni del sacerdote Siffredi, del sindaco Anselmi, del segretario comunale Arnaldi divennero pericolanti per le lesioni riportate. Sono attestati danni nei seguenti edifici monumentali:

- palazzo Gentili: fu lesionato tanto da divenire pericolante;
- oratorio dell'Assunta, attiguo alla chiesa parrocchiale: si aprirono spaccature nei muri che resero inagibile la struttura e crollò la sacrestia;
- santuario di Nostra Signora di Lampedusa: subì sconnessioni ai muri e la rottura di molte chiavi metalliche murarie che lo resero inagibile;
- l'unica struttura ecclesiastica agibile per le funzioni religiose e non danneggiata, fu la cappella di S. Bernardo. Sulla base di questa informazione si possono ipotizzare danni ad altri edifici di culto esistenti a Castellaro, quali oratorio del Carmine e chiesa di S. Michele, per cui però, allo stato delle conoscenze, non esistono descrizioni specifiche;
- chiesa parrocchiale (si veda oltre al punto 0.5.2)

#### *Effetti sull'ambiente*

Nel versante occidentale del colle su cui sorge il paese si aprirono delle crepe nel terreno, i muretti di confine e di sostegno rovinarono lungo la scarpata. Alcune spaccature furono osservate anche sul terreno del piano vicino alla chiesa parrocchiale. Nel colle delle Gracie, fra Castellaro e Taggia, si attivò una frana. Vari testimoni dichiararono che dalle alture presso Castellaro si staccarono grossi massi che rotolarono a valle.

In seguito al terremoto le acque delle fontane pubbliche si intorbidirono. In località Vinetta 2 fonti asciutte da 2 anni ripresero a scaturire acqua, una 10 giorni e l'altra 24 giorni dopo la prima scossa.

### **23 febbraio 1887 - VIII grado MCS**

#### *Effetti sugli edifici*

Il terremoto causò molte rovine e danneggiò diffusamente l'abitato. I danni più gravi si ebbero nella parte più bassa del paese, quella posta a ovest e sudovest, dove i danni più frequenti consistettero nel crollo di soffitti e tramezzi. Nella parte nord del paese invece i danni furono più leggeri. Le case costruite sui pendii subirono danni maggiori rispetto a quelle costruite su un terreno piano.

Sono attestati danni ai seguenti edifici monumentali:

- l'oratorio dell'Assunta, attiguo alla chiesa parrocchiale: si aprirono profonde lesioni nella facciata, disposta parallelamente ai muri laterali della chiesa parrocchiale; crollò parzialmente il campanile di questo oratorio;
- oratorio di Nostra Signora di Lampedusa: gravi danni, riparabili con un'ingente somma di denaro;
- chiesa parrocchiale (si veda oltre al punto 0.5.2).

#### *Effetti sull'ambiente*

Dietro la chiesa parrocchiale il terremoto causò l'apertura di una spaccatura nel suolo, che aveva direzione nord-sud.

In qualche punto, non meglio specificato, dai banchi di molassa posti a est del paese si attivarono frane di una certa importanza.

Sulle alture adiacenti la località, in particolare nelle zone più scoscese, il terremoto causò l'apertura di spaccature nel terreno e di distaccamenti di parti di terreno. Questi fenomeni si verificarono soprattutto nella zona chiamata Costa del Vecchio.

Sul monte Rocce Crovare, tra Taggia e Castellaro, si aprirono fessure larghe pochi millimetri e poco profonde; sempre sul monte Rocce Crovare si abbassò ulteriormente un grande sprofondamento nel terreno di forma ellittica, lungo 50-60 m, largo 7-8 m e profondo pochi metri, formatosi a causa del terremoto del 26 maggio 1831.

## **0.5 *Analisi degli effetti su complessi monumentali***

L'approfondimento dell'indagine è stato mirato a 4 monumenti, scelti d'accordo con le altre unità di ricerca coinvolte nel progetto: chiesa dei SS. Giacomo e Filippo di Taggia; ponte medievale sul torrente Argentina a Taggia; complesso conventuale di S. Domenico di Taggia; chiesa di S. Pietro in Vincoli a Castellaro. A titolo di esempio si riportano i risultati relativi a due di essi.

### **0.5.1 *Danni nella chiesa parrocchiale dei SS. Giacomo e Filippo di Taggia***

La chiesa, fu costruita tra il 1675 e il 1681, su una preesistente chiesa romanica, andata distrutta nel 1660. Il progetto dell'edificio è attribuito al Bernini. L'edificio è a un'unica navata con volta a botte.

Le fonti consentono di ricostruire la "storia sismica" di questo edificio. In generale si può osservare che l'edificio subì i danni di due terremoti — 26 maggio 1831 e 23 febbraio 1887 — e lo stesso tipo di danno interessò le stesse parti dell'edificio, dato che fa ipotizzare carenze di tipo strutturale o riparazioni frettolose e male realizzate.

#### **26 maggio 1831**

Quando avvenne il terremoto del 26 maggio 1831 alcuni muratori che stavano lavorando agli stucchi della chiesa raccontarono di aver visto al momento della scossa aprirsi e poi richiudersi la volta della chiesa; essi riferirono che questo fenomeno fu accompagnato da un "terribile schianto".

In un grande arco portante sovrastante l'altare maggiore, il terremoto aprì una larga spaccatura: l'entità di tale danno fu tale che la parte sottostante dovette essere subito transennata perché si temevano crolli. Subirono danni non meglio specificati dalle fonti coeve finora disponibili altre parti dell'edificio, tra cui la volta e gli stucchi.

Dalle testimonianze raccolte dopo il terremoto del 23 febbraio 1887, risultò che il terremoto del 1831 aveva causato l'apertura di una spaccatura che percorreva trasversalmente la volta in prossimità della facciata. Questa lesione, non riparata, si allargò a causa del terremoto del 1887.

#### **23 febbraio 1887**

Questo terremoto causò danni diffusi nell'edificio. In particolare le fonti attestano danni alle seguenti parti della chiesa:

- facciata: fu interamente lesionata ("fessurata da cima a fondo"). Anche la lapide posta sulla sommità della facciata recante l'iscrizione "Divis Jacobo et Philippo apostolis" subì lesioni;
- architrave sopra l'altare maggiore: si aprì una spaccatura nel mezzo; si tratta di un danno già causato dal terremoto del 1831;
- volta: si allargò la lesione trasversale in prossimità della facciata, causata dal terremoto del 1831 e all'epoca non riparata; un'altra lesione trasversale, più leggera della precedente, si aprì al centro della volta; caddero stucchi e calcinacci;
- numerosi pilastri in muratura appoggiati sulla volta della chiesa per contrastare l'armatura: molti di questi pilastri si ruppero, alcuni spezzandosi alla base, o si spostarono;

- muro portante di direzione ovest-nord presso la sagrestia: si aprirono molte lesioni oblique inclinate circa 55°; questo muro aveva lo spessore di un metro e fu giudicato di buona costruzione;
- sagrestia: si aprirono lesioni, le più gravi delle quali furono quelle all'angolo sud-est;
- campanile: si aprirono due spaccature verticali, una nel lato est-sud-est, l'altra nel lato ovest-nord-ovest.

### **0.5.2 *Danni alla chiesa parrocchiale di S. Pietro in Vincoli a Castellaro***

La chiesa fu costruita tra il 1619 e il 1634. Subì gli effetti dei terremoti del 26 maggio 1831 e del 23 febbraio 1887.

#### **26 maggio 1831**

Le fonti coeve attestano che questo terremoto causò danni che interessarono varie parti dell'edificio.

- il tetto e la volta della chiesa furono sfondati da una pesante voluta staccatasi dalla sommità dell'adiacente campanile;
- si spezzarono quattro chiavi metalliche, di cui le fonti non specificano la localizzazione; per l'urto della scossa una di queste chiavi uscì fuori dal muro in cui era fissata;
- nella facciata si aprirono lesioni verticali;
- negli altri muri si aprirono delle lesioni; la chiesa dovette essere chiusa al culto.

#### **23 febbraio 1887**

Questo terremoto causò il crollo della volta dell'edificio: dalle fonti emergono alcune informazioni che risultano interessanti per comprenderne la dinamica. La volta era costruita con pezzi squadrati di travertino; i sismologi Giuseppe Mercalli e Torquato Taramelli, che visitarono Castellaro dopo il terremoto, osservarono che il peso e le dimensioni di questi pezzi erano eccessivi, e imputarono a questa caratteristica costruttiva una delle cause che avrebbero concorso a determinarne il crollo. Un anziano presente in chiesa durante la scossa del 23 febbraio 1887, sostenne che la volta aveva cominciato a cedere presso l'angolo ovest-nord-ovest sovrastante i gradini dell'altare maggiore, cioè secondo i suoi ricordi, l'angolo crollato a causa del terremoto del 1831. In realtà quello che l'anziano testimone ricordava come un crollo, era lo sfondamento causato nel 1831 dalla caduta della voluta dell'adiacente campanile, il quale infatti è collocato nell'angolo nord-ovest dell'edificio. Le fonti ricordano anche che la parte della volta sfondata dal terremoto del 1831 era stata in seguito rifatta, ma sembrano avanzare l'ipotesi che tale rifacimento non fosse stato di buona fattura.

I muri portanti della chiesa rimasero in piedi ma in essi si aprirono molte lesioni che non furono giudicate gravi. Anche la facciata subì lesioni.

Subì danni anche l'adiacente campanile: si aprirono lesioni nei muri laterali nord e sud; caddero parti del cornicione, in particolare nell'angolo sud-ovest.

## **0.6 *Bibliografia e fonti***

### **0.6.1 *Bibliografia generale***

La bibliografia, non riportata in questa relazione per esigenze di sintesi, si compone di due parti:

1. Bibliografia delle fonti manoscritte reperite nel corso della ricerca
2. Bibliografia relativa ai singoli terremoti: è tratta dal CFTI/3, revisionata e selezionata.

Boschi et al. 2000, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997*, ING-SGA, *Annali di Geofisica*, 43, 4.

### 0.6.2 *Archivio delle fonti memorizzate*

Sono stati resi disponibili, non riportati in questa relazione, i testi integrali di parte delle fonti utilizzate: si tratta della documentazione finora reperita presso l'Archivio Centrale dello Stato (Roma).

### 0.6.3 *Archivio iconografico*

Si riportano nel seguito alcune delle immagini finora reperite, di interesse per la presente ricerca.



Figura 0.4. Castellaro al tempo del terremoto del 1887.



Figura 0.5. Taggia: la medievale via S.Dalmazzo, in una foto degli anni Quaranta del Novecento.



Figura 0.6. Taggia: la caratteristica piazza della SS. Trinità, negli anni Quaranta del Novecento.

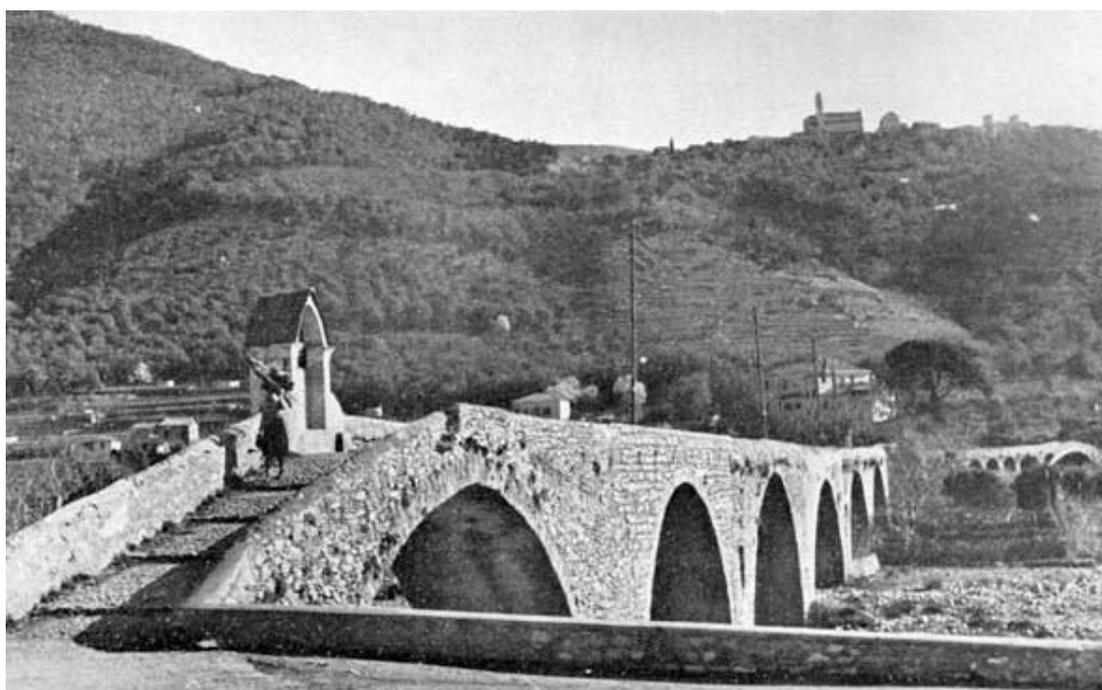


Figura 0.7. Taggia: il ponte medievale sul torrente Argentina, negli anni Quaranta del Novecento (in alto sulla cresta, la chiesa parrocchiale di S. Pietro in Vincoli a Castellaro).

## 0.7 Attività prevista per il secondo anno

Per il secondo anno di ricerca gli argomenti da approfondire sono i seguenti:

- effetti del terremoto del 1818 a Taggia;
- effetti del terremoto del 1831 a Taggia e a Castellaro;
- elementi generali dell'edilizia storica in relazione ai danni sismici;
- analisi della documentazione reperita, in particolare di quella conservata presso l'Archivio di Stato di Torino, relativa soprattutto al terremoto del 26 maggio 1831;
- proseguimento della ricerca archivistica finalizzata al reperimento di informazioni che integrino gli scenari sismici delle località di Taggia e Castellaro in generale e dei tre edifici monumentali oggetto di approfondimento. A tale scopo si prevede di vagliare altri fondi conservati presso *l'Archivio Centrale dello Stato*: in particolare il fondo *Culto* e il fondo in cui si conserva la documentazione prodotta dalla Commissione Reale, istituita il 31 maggio 1887 allo scopo di erogare i fondi per la riparazione dei danni del terremoto avvenuto in quell'anno;
- pur tenendo conto che i percorsi della ricerca sono in parte subordinati alla documentazione progressivamente reperita, sono previsti approfondimenti mediante la consultazione dei fondi archivistici conservati presso *l'Archivio di Stato di Imperia* e/o dell'*Archivio Storico Comunale di Taggia*;
- è inoltre previsto il proseguimento della ricerca iconografica e cartografica storica, per altro già iniziata anche in vista della formazione della monografia programmata.

# 1 SISMICITÀ E SISMOTETTONICA DELLA LIGURIA OCCIDENTALE

Unità di Ricerca 1 – Responsabile: Claudio Eva

*DIPTERIS, Università di Genova, Genova*

Collaboratori: Elena Eva, Daniele Spallarossa

## 1.1 *Introduzione*

La Liguria occidentale è costantemente soggetta ad una sismicità di livello medio-basso anche se nel passato è stata interessata da eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. Gli eventi più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 ( $M_s=5.9$ ), di cui in verità si conosce ancora abbastanza poco e quello ben studiato del 23 Febbraio 1887 ( $M_s=6.4$ ) con probabile epicentro in mare (Capponi et al., 1985; Eva e Rabinovich, 1997), la sequenza del Luglio del 1963 con due eventi di  $M_s=5.9$ . Tra i terremoti minori, ma fortemente risentiti localmente, possiamo ricordare anche l'evento del 1831, che interessò l'area dell'imperiese occidentale con un'intensità dell'VIII ° MCS. Al di fuori di quest'ultimo evento, con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da scriversi ad aree sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure. La sismicità più recente, messa in luce dalla rete sismica operante in Liguria e Piemonte a cura della sezione Geofisica del DIPTERIS, pur mettendo in luce le caratteristiche della microsismicità che interessa la parte più interna, ha evidenziato l'esistenza di importanti aree attive lungo il margine continentale del bacino ligure (Figura 1.1).

Nel primo anno del progetto, per una precisa analisi della pericolosità sismica dell'area è apparso prioritario eseguire delle correlazioni tra sismicità e strutture partendo dalla revisione della sismicità della Liguria Occidentale ed utilizzando i dati geologico-strutturali rilevati sia tramite la geologia di superficie sia da profili sismici a riflessione off-shore, nell'ipotesi che la sismicità attuale, anche di bassa energia, possa essere indice delle strutture responsabili anche dei grandi terremoti.

La revisione della sismicità ha interessato sia la rilocalizzazione degli eventi più significativi con l'utilizzo di modelli di propagazione più corretti per l'area in esame sia una revisione delle magnitudo dei terremoti partendo dalle forme d'onda registrate dalle stazioni a tre componenti e ad alta dinamica della rete ligure-piemontese.

## 1.2 *Leggi di scala per la magnitudo*

In studi precedenti, i ricercatori del DIPTERIS avevano già avviato studi inerenti l'analisi di leggi di scala Momento/ magnitudo applicati ai terremoti di modesta magnitudo verificatisi in un settore delle Alpi Marittime.

Ricordando che un sismogramma è composto dalla convoluzione di più fattori che riguardano la sorgente, il percorso ed il sito, oltre che la risposta strumentale, utilizzando quindi i sismogrammi della rete TGRS si è cercato di rimuovere, con tecniche di deconvoluzione, sia gli effetti di propagazione sia quelli di registrazione per isolare il contenuto in frequenza dovuto alla sola sorgente. Questo permise di indagare su due significativi parametri quali il momento e le dimensioni di rottura dei terremoti analizzati. Chiaramente mentre con questa metodologia si cercava di evidenziare l'effetto di sorgente rimuovendo l'effetto di sito, è possibile viceversa, una volta conosciuta la funzione sorgente, isolare gli effetti di sito utili per le applicazioni ingegneristiche.

Già in questa sede, però, si rilevò che una certa incertezza sui risultati poteva in qualche modo anche dipendere da errori contenuti nelle stime di magnitudo. Tali errori venivano anche evidenziati in alcune determinazioni di completezza e di analisi probabilistiche sull'occorrenza dei terremoti. Da ciò ne derivò la necessità di una revisione delle scale di Magnitudo da utilizzarsi per la nostra regione.

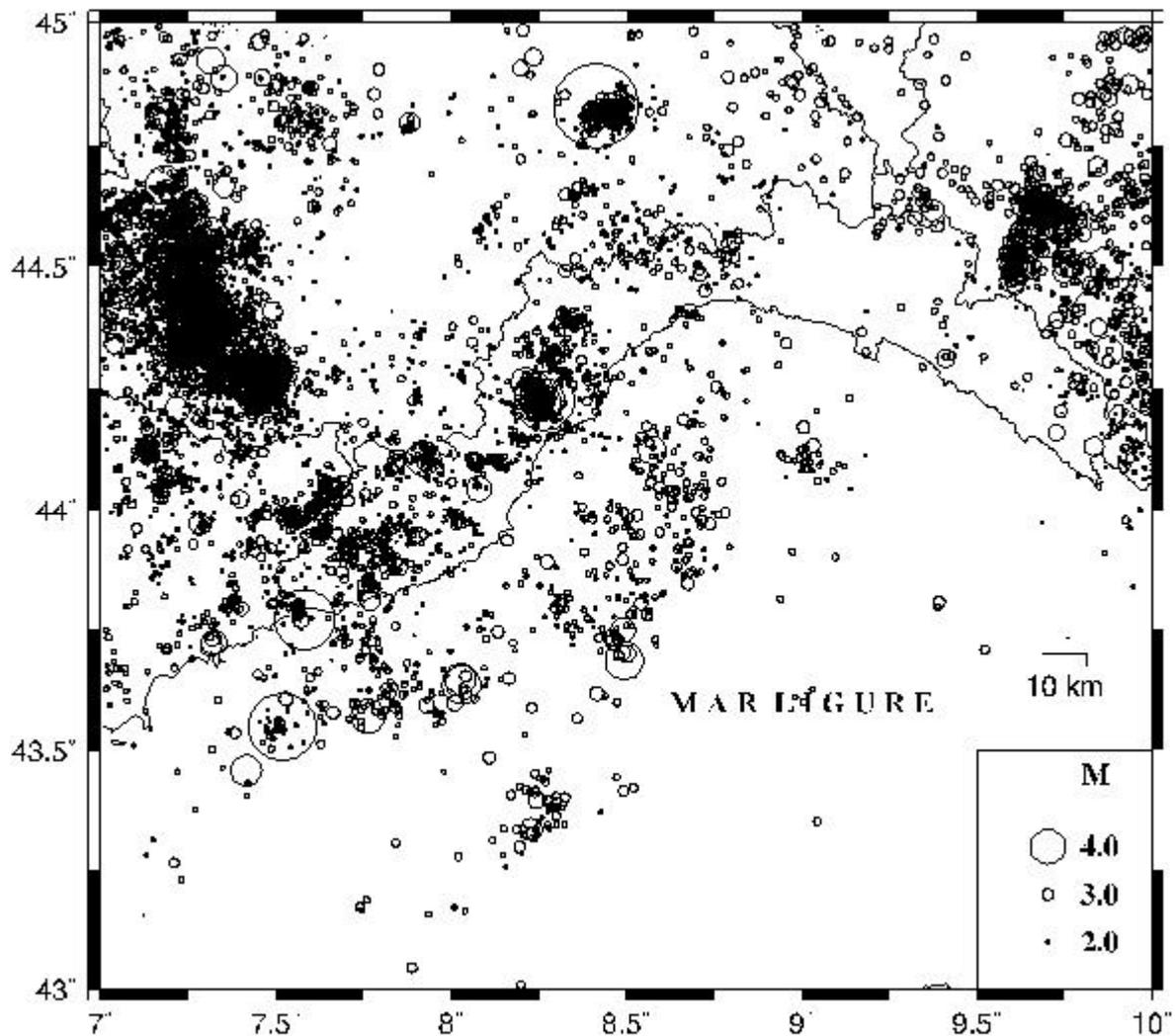


Figura 1.1. Sismicità registrata della rete ligure piemontese nel periodo 1982-2000.

Nella sua conformazione iniziale, che utilizzava strumentazione a bassa dinamica con conseguente saturazione delle tracce per gli eventi più energetici, la rete ha consentito utilizzare a livello routinario relazioni che permettevano la determinazione della Magnitudo di durata ( $M_d$ ). Tale magnitudo che si basa sulla durata temporale della perturbazione del moto del suolo registrata sul sismogramma può comportare, per effetto di disturbi nelle registrazioni o per errori di valutazione sulla fine della perturbazione, delle discrepanze tra diverse stime di  $M$  che possono essere dell'ordine di 0.1-0.3.

La possibilità quindi di poter utilizzare un data base, di registrazioni non sature, come quello ottenuto dalla rete ad alta dinamica attualmente funzionante, completo in un intervallo di  $M$  piuttosto elevato ( $1 < M_L < 5.5$ ) ha consentito di rivedere con notevole accuratezza le scale di magnitudo locale e ricavare relazioni in termini di  $M_{wa}$  ( $M_{wa}$  = magnitudo Wood-Anderson equivalente) (Spallarossa et al., 2001).

Usando, quindi, le registrazioni ottenute da 17 stazioni per circa 2600 eventi verificatisi a distanze crescenti da 10 a 300 km, è stata avviata una completa revisione della scala di Magnitudo.

La funzione di attenuazione più appropriata per la grandezza di riferimento ( $-\log A_0$ ), le correzioni di stazioni e la magnitudo locale sono state determinate con l'utilizzo del metodo dei minimi quadrati. La correzione parametrica risultante in funzione della distanza è risultata essere della forma:

$$-\log A_0 = 1.144 \log(R/100) + 0.00476 (R-100) + 3$$

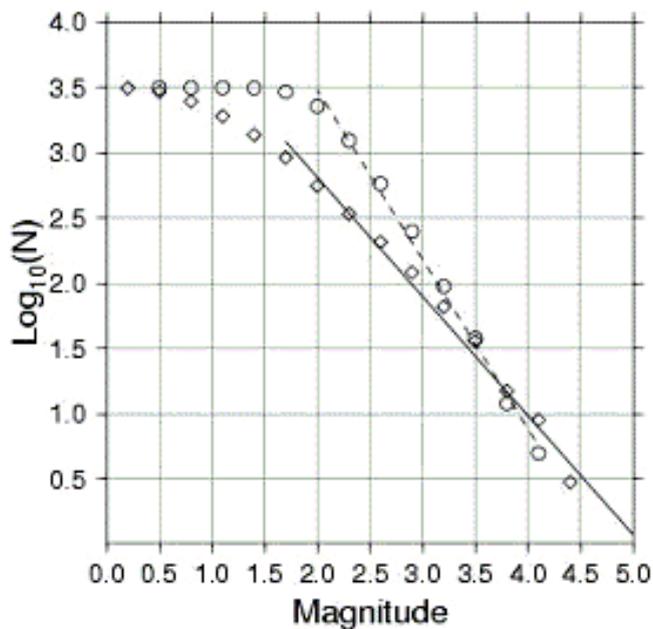
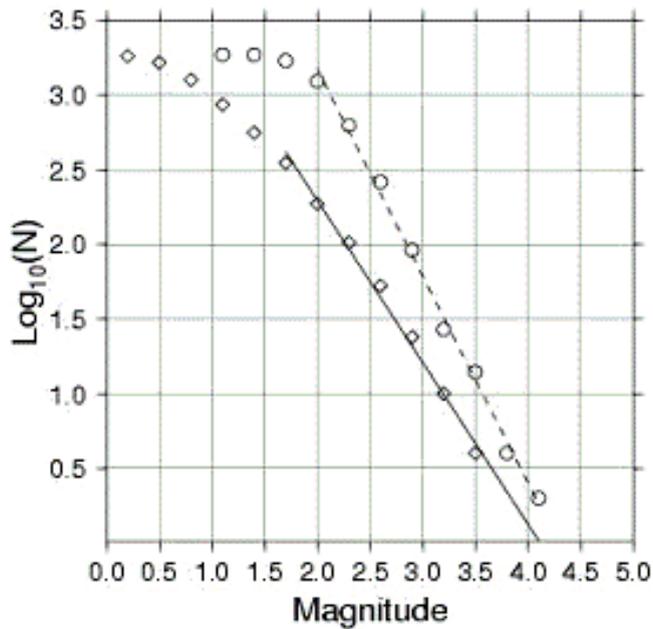


Figura 4.2. Relazioni Magnitudo/frequenza dei terremoti: Confronto fra i risultati ottenuti utilizzando Md (cerchi vuoti) e MI (losanghe). La Figura in alto è relativa a tutto il catalogo (1996-2000) per l'Italia Nord Occidentale. Il grafico più basso è relativo alle Alpi Occidentali e Liguria Occidentale.

L'applicazione di tali risultati ai terremoti verificatisi nel periodo 1996-2000 ha permesso di rivedere tutte le magnitudo dei terremoti registrati dalla rete ed anche di rivedere i tassi di sismicità alle diverse magnitudo, condizione questa che potrebbe migliorare anche le revisioni delle stime di pericolosità.

I due diagrammi di Fig.2, pongono a confronto i risultati ottenuti con l'utilizzo delle due diverse stime di Magnitudo. In entrambi vengono riportate, per lo stesso intervallo temporale (1996-2000), le distribuzioni cumulate del numero di terremoti rispetto la magnitudo.

I diagramma in alto è relativo a tutto il catalogo(1996-2000)per l'Italia Nord Occidentale. Il grafico più basso è relativo alle Alpi Occidentali e Liguria Occidentale. Le distribuzioni in Md ed in MI sono indicate rispettivamente con cerchi e losanghe.

Come si può notare la statistica in MI è meglio approssimata da una distribuzione lineare rispetto a quella in Md. Le pendenze delle distribuzioni appaiono altresì divergenti, maggiori per la Md. Tale divergenza è chiaramente più evidente nel catalogo più limitato (Alpi Occidentali) rispetto a quello più esteso, ciò chiaramente è dovuto all'aumento di numero di eventi considerati.

Di particolare rilevanza è mettere in luce che nel periodo considerato si ha un deciso incremento del numero di piccoli e piccolissimi eventi ( $M < 0.5$ ) rilevati, ciò è dovuto essenzialmente al miglioramento dei sistemi di acquisizione.

### 1.3 Correlazioni sismotettoniche

Le aree di maggiore attività sismica sono circoscritte alla parte centrale del Mar Ligure ed ad una o più fasce in corrispondenza della scarpata e del piede di scarpata continentale (Fig. 3). In terra, il più significativo allineamento, con andamento NW-SE, si estende dalla costa sino al limite meridionale del Massiccio dell'Argentera. Gli eventi rilevanti più recenti (sequenza del luglio 1963, di cui una delle due scosse principali viene riportata nel catalogo dei forti terremoti (NT4) con un  $M_s = 5.9$ ) furono localizzati (Bossolasco & Eva, 1965) in quel cluster di attività che viene a trovarsi a circa 60-70 km dalla costa ligure, nella parte centrale del Mar Ligure.

Le localizzazioni indicano una maggiore superficialità (mediamente  $h < 7$  km) degli eventi in terra mentre mostrano degli approfondimenti sino a 15-20 km in prossimità del margine continentale (Cattaneo et al., 1999b).

Gli eventi localizzati in terra possono essere associati alla fascia di attività che si estende dalla costa sino al Massiccio dell'Argentera. Ciò quindi sta a dimostrare che la microsismicità registrata negli ultimi vent'anni, almeno per l'area in esame, può essere un indicatore delle principali strutture attive.

Il catalogo utilizzato per gli studi di sismicità è formato da tutti i dati rilevati nel periodo 1983-2001 dalla rete sismica regionale, gestita dell'Università di Genova (Eva et al., 1992, pagina web <http://www.dipteris.unige.it/geofisica/>), e da quelli forniti dalle reti circostanti e temporanee. Per l'area considerata il database è composto in totale da oltre 7000 eventi con  $1.5 < M < 5.0$ . Per le analisi sismotettoniche, sono stati utilizzati solo gli eventi di migliore qualità, localizzati con almeno sei stazioni e con errori massimi di localizzazione (verticali e orizzontali) minori di 5 km. Questo limiti sono sembrati sufficienti per garantire un sufficiente grado di omogeneità tra i dati da utilizzare nelle correlazioni strutture-sismicità.

Le caratteristiche morfologiche e morfotettoniche del bacino del Mar Ligure e del suo margine continentale sono state studiate tramite rilievi sismici eseguiti durante campagne oceanografiche sia italiane che francesi (CROP-mare, ECORS e Maligu I e II).

Secondo le analisi dei profili, la struttura della scarpata continentale del Mar Ligure, che presenta notevoli pendenze, è caratterizzata da un sistema di faglie a gradino (step faults), dovute ai processi distensivi che hanno interessato l'intera area nei periodi pre-Pliocenici e causarono la migrazione del blocco Corso-Sardo verso Sud- Est. (Eva et al., 1993; Chamillon et al. 1994). Le strutture più vecchie vengono intersecate da un sistema di faglie più recenti perpendicolare alla costa. Queste faglie, talora con pareti quasi verticali, delimitano canyons che incidono profondamente il margine continentale.

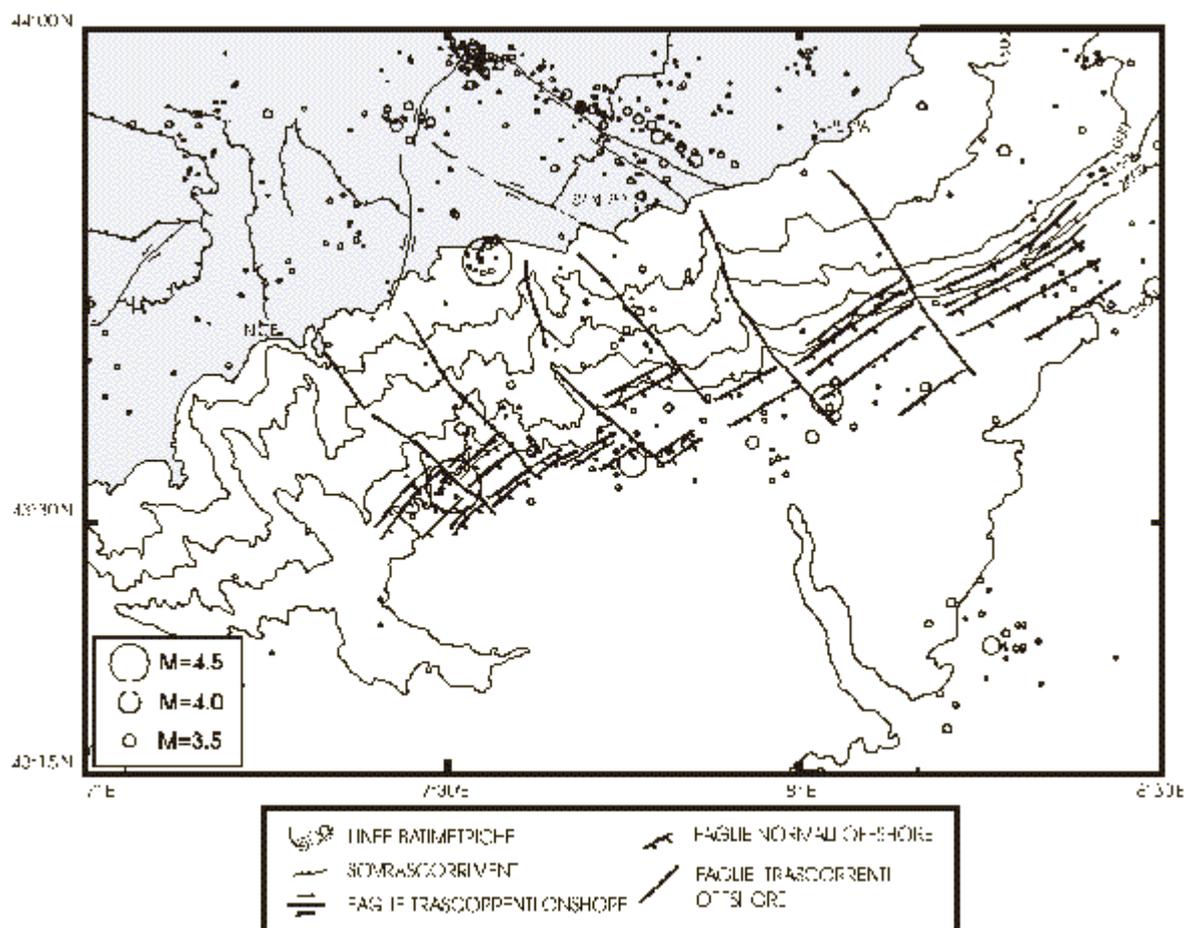


Figura 1.3. Mappa strutturale del margine Nord-Occidentale del Mar Ligure e mappa della sismicità.

Le caratteristiche morfologiche e morfotettoniche del bacino del Mar Ligure e del suo margine continentale sono state studiate tramite rilievi sismici eseguiti durante campagne oceanografiche sia italiane che francesi (CROP-mare, ECORS e Maligu I e II).

Secondo le analisi dei profili, la struttura della scarpata continentale del Mar Ligure, che presenta notevoli pendenze, è caratterizzata da un sistema di faglie a gradino (step faults), dovute ai processi distensivi che hanno interessato l'intera area nei periodi pre-Pliocenici e causarono la migrazione del blocco Corso-Sardo verso Sud-Est. (Eva et al., 1993; Chamillon et al. 1994). Le strutture più vecchie vengono intersecate da un sistema di faglie più recenti perpendicolare alla costa. Queste faglie, talora con pareti quasi verticali, delimitano canyons che incidono profondamente il margine continentale.

Al di là di questi due sistemi di faglie, che sono legati alle parti più superficiali, i profili sismici mettono in evidenza che il sistema di faglie più significativo è quello legato al piede del margine continentale. Questo sistema di faglie ad andamento quasi verticale pone in contatto una crosta continentale con coperture sedimentarie che raggiungono spessori di alcune migliaia di metri (3-4 km). Tali accumuli sedimentari presentano i massimi spessori in corrispondenza dei canyons sottomarini. Il sistema di faglie posto al piede della scarpata interessa la totalità della crosta superiore e parte di quella inferiore della parte continentale e rappresenta uno svincolo estremamente netto tra la parte continentale da quella oceanica del Mar Ligure (Finetti 1999, comm. personale).

È da sottolineare che la sismicità recente appare concentrarsi al piede del margine continentale e, in particolare, gli eventi maggiori si vanno a collocare in corrispondenza dei nodi dei due sistemi di faglia presenti (Augliera et al., 1996).

A terra è possibile mettere in evidenza solo due sistemi tettonici attivi: la linea Saorge-Taggia e la Breil-Sospel-Monaco. La Saorge-Taggia (ST) è un complesso fascio di faglie, con orientazione NO-SE a trascorrenza destra (Giammarino et al., 1978). Questo sistema si estende dal Mar Ligure sino ad intersecare, verso nord, la faglia Breil-Sospel-Monaco (BSM), con trascorrenza sinistra, considerata lo svincolo orientale dell'arco di Nizza.

La dinamica attuale della zona continentale prossima al confine francese, imputabile al plio-quaternario, è determinata da numerosi sistemi di faglie attive, di cui la linea Breil-Sospel-Monaco, attiva dal Miocene medio-superiore, e la Saorge-Taggia, attiva dal Pliocene (Campredon *et al.*, 1977) rappresentano le principali espressioni.

La sismicità strumentale (1985-2001), che è caratterizzata da scosse di bassa energia e da brevi sequenze, viene ad ubicarsi prevalentemente lungo i due lineamenti BSM e ST e si nota una forte concentrazione a N-E della BSM e nel punto di intersezione tra i due sistemi di faglia. Anche se nel periodo considerato, la magnitudo degli eventi è compresa tra 1.5 e 3.5 ed i massimi valori di energia corrispondono ai main shocks di alcune sequenze, risulta molto evidente la correlazione tra la microsismicità e l'andamento della ST (Spallarossa et al., 1997).

Si può dire, quindi, che la linea ST rappresenta un esempio di quasi perfetta sovrapposizione tra l'attività sismica recente e le evidenze strutturali di tale lineamento.

## 1.4 Bibliografia

- Bossolasco M., Eva C. (1965): Il terremoto del 19 luglio 1963 nel Mar Ligure. *Geofis. e Meteor.*, 14: 6-18.
- Capponi G., Cattaneo M., Merlanti F. (1985): The Ligurian Earthquake of february 23, 1887. PFG-CNR, *Atlas of isoseismal maps of Italian Earthquakes*: 100-103.
- Cattaneo M., Augliera P., Parolai S., Spallarossa D. (1999): Anomalous deep earthquakes in Northwestern Italy. *Journal of Seismology*, 3 (4) : 421-435.
- Chaumillon E., Deverchere J., Rehault J.P., Gueguen E. (1994): Reactivation tectonique et flexure de la marge continentale ligure (Mediterranee Occidentale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319: 675-682.
- Comprendon R., Franco M., Giannerini G., Gigot P., Irr F., Lanteaume M., Spini H, Tapoul J.F. (1977) : Les deformation de conglomerats pliocenes de l'arc de Nice. *C.R. Somm. Soc. Geol. Fr.*, 2: 75-77.
- Eva C., P. Augliera, M. Cattaneo, S. Pastore, A. Tomaselli (1992): Sismotettonica dell'Italia Nord-Occidentale. *Atti del Convegno GNDT*, Pisa 25-27 Giugno 1990, 1, Zonazione e riclassificazione sismica: 35-51.
- Eva C., Rabinovich, A.B. (1997): The February 23, 1887 tsunamis recorded on the Ligurian coast, Western Mediterranean. *Geophys. Res. Lett.*, 24 : 2211-2214.
- Eva E., Chaumillon E., Deverchere J. (1993): Thickness of post-messinian sediments along the western Ligurian margin. *Atti 12° Conv. Naz. GNGTS-CNR*, Roma 24-26/11/1993: 549-558.
- Giammarino S., Giuffrè A., Cortesesi D., Scappini G. (1978): Dati preliminari sulla neotettonica di parte del Foglio 102 (San Remo) In: *Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia*. PFG-CNR, Pubbl. 155: 381-390.
- Spallarossa D., Eva E., Solarino S., Eva C. (1997): La linea Saorge-Taggia: esempio di correlazione tra elementi tettonici e sismicità. *Il Quaternario*, 10, 343-348.
- Spallarossa D., Bindi D., Augliera P., Cattaneo M. (2001). The  $M_L$  scale in North-Western Italy. Submitted to BSSA.

## 2 MOTI SISMICI, EFFETTI DI SITO ED INTERAZIONE

Unità di Ricerca 3 – Responsabile: Ezio Faccioli

*DIS, Politecnico di Milano, Milano*

Collaboratori: Luisa Frassinè, Vera Pessina

L'attività del primo anno di ricerca ha riguardato principalmente la generazione in ambiente GIS di scenari (deterministici) di scuotimento sismico del suolo, sia a scala sub-regionale che a scala urbana.

Per il territorio in esame e per alcuni terremoti di riferimento sono state create mappe digitali di scuotimento in termini di accelerazioni massime attese del suolo e spettri di risposta. Secondo le indicazioni derivanti dall'analisi della sismicità storica, si è individuato come principale terremoto di scenario il sisma che colpì la Liguria occidentale il 23 febbraio 1887. Tale scelta è stata dettata, oltre che dalla severità ed estensione dei danni che l'evento ha causato, anche dalla disponibilità di dati. L'evento del 1887 può essere associato alla frattura di un segmento di faglia normale, appartenente alla struttura sismogenetica principale localizzata nel mar Ligure, avente andamento parallelo alla costa (C.Eva, comunicazione personale). Il segmento si sviluppa per una lunghezza di circa 20 km e la sua rottura completa è compatibile con la magnitudo 6.3 assegnata al terremoto in esame.

La relazione di attenuazione impiegata nelle analisi è quella di Ambraseys et al. (1996), calibrata su dati europei. In attesa di poter impiegare una relazione a carattere regionale opportunamente elaborata, verranno svolte analisi su altre relazioni di attenuazione al fine di saggiare quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area in esame.

Per tenere conto delle condizioni geologiche locali negli studi di scenario, si è fatto uso della mappa geologica in scala 1:500.000 informatizzata dal Servizio Geologico Nazionale (Figura 2.1a). Si sono riclassificate le unità geologiche in classi geotecniche aventi presumibilmente pari comportamento sismico, come si vede in figura 2.1b, distinguendo fra roccia e terreni rigidi (alluvioni terrazzate e sabbie) da un lato, e terreni soffici (depositi alluvionali e spiagge) dall'altro. In figura 2.1c si mostra la mappa dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo simulata per un terremoto come quello del 1887: si è assunto di rappresentare il valore medio predetto dalla relazione di attenuazione aumentato di uno scarto quadratico medio (percentile 84.1), che risulta meglio correlato con il piano quotato delle intensità macrosismiche relativo allo stesso evento.

A scala urbana sono stati creati scenari di scuotimento per il comune di Taggia ipoteticamente colpito dallo stesso evento, usando anche in questo caso la relazione di attenuazione di Ambraseys et al. (1996). Per soddisfare le esigenze di maggior risoluzione delle analisi, si è cercato di caratterizzare il comportamento geotecnico dell'area in esame a partire dalle informazioni contenute nel foglio Taggia della mappa geologica a scala 1:10.000 della Regione Liguria, fornita dalla U.R. Genova. In figura 2.2 viene riportato il risultato della classificazione geotecnica ottenuta dalla mappa geologica e la mappa di scuotimento in termini di accelerazione massima (percentile 84.1) dell'evento del 1887. In figura 2.3 per due siti di riferimento, uno su roccia e l'altro su terreni più deformabili, si riportano gli spettri di risposta di accelerazione ( $S_A$ , smorzamento = 0.05) ottenute attraverso la relazione di Ambraseys et al. (1996). Per questi siti, come pure per tutti quelli in cui la U.R. di Genova ha effettuato misurazioni, si faranno prossimamente dei confronti con i dati registrati.

Studi circa l'influenza di effetti amplificativi locali, dovuti principalmente al rilievo accentuato nell'area in esame, sono stati elaborati e presentati a livello nazionale (Frassinè e Faccioli, 2001<sup>1</sup>). Grazie al confronto tra le osservazioni storiche del danneggiamento di alcuni centri abitati e i valori di scuotimento da scenario è stato individuato uno scostamento di valori significativo per molti dei centri localizzati sulle creste.

---

<sup>1</sup> Frassinè L. e Faccioli E. (2001), Effetti della localizzazione sfavorevole di centri abitati sulla distribuzione regionale dello scuotimento: indagini preliminari sul terremoto ligure del 1887, *X Congresso Nazionale L'Ingegneria Sismica in Italia*, Potenza-Matera, 9-13 Settembre 2001.

In figura 2.4 sono evidenziati i centri in cui osservazioni macrosismiche e valori stimati presentano differenze maggiori di un grado in termini di intensità MCS; inoltre sono segnalate quelle località che sorgono su creste o su alture isolate. Già da questa prima analisi appare chiara l'influenza esercitata dalla particolare condizione morfologica di alcuni centri rispetto al livello di danno subito.

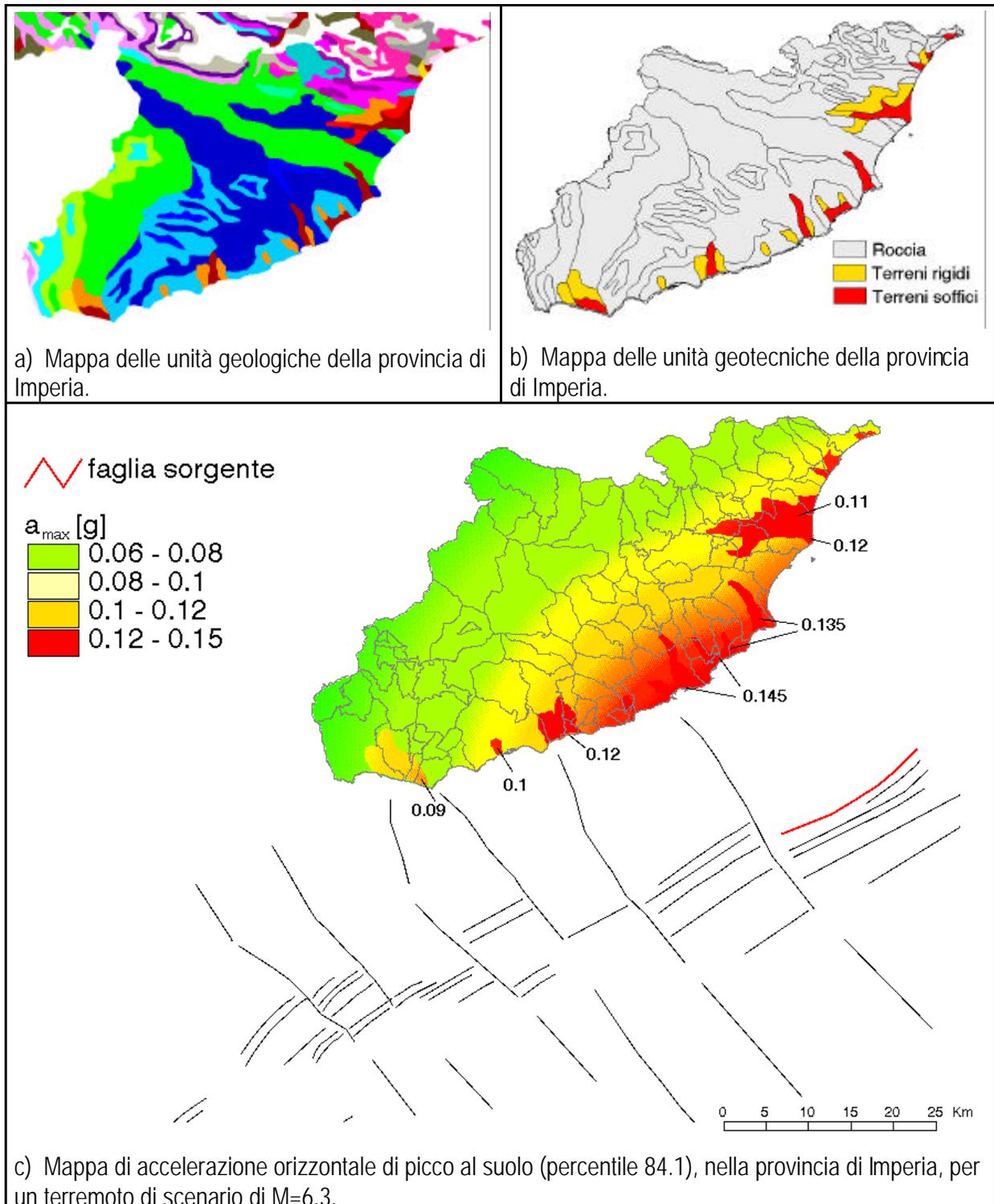


Figura 2.1. Scenario di scuotimento a scala provinciale: mappe geologica, geotecnica e di accelerazione.

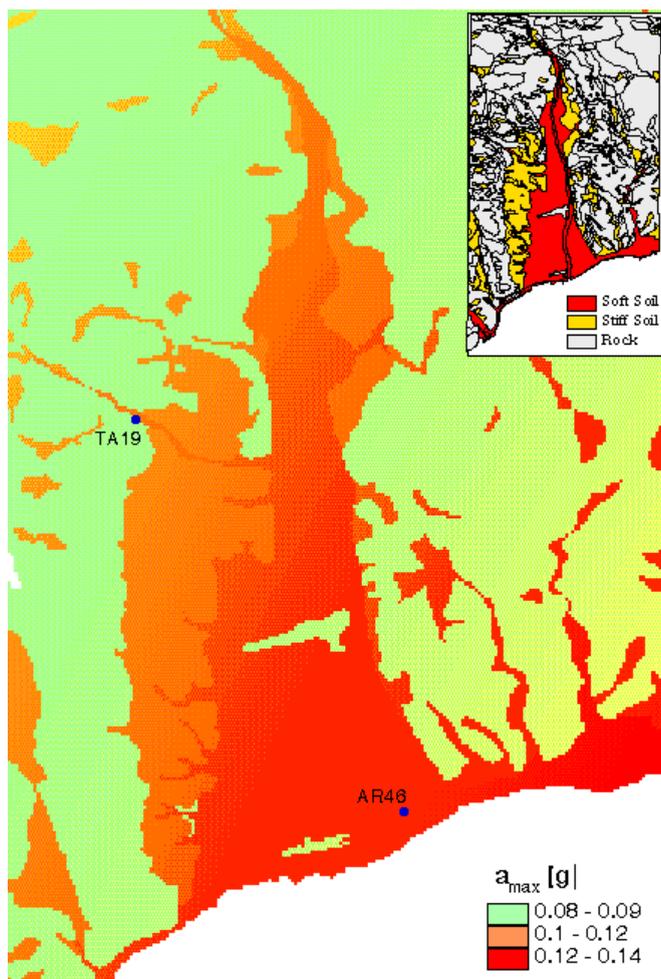


Figura 2.2. Mappa di accelerazione di picco del suolo (percentile 84.1) per l'area del comune di Taggia. Nel riquadro in alto a destra è riportata la classificazione in unità geotecniche dell'area stessa.

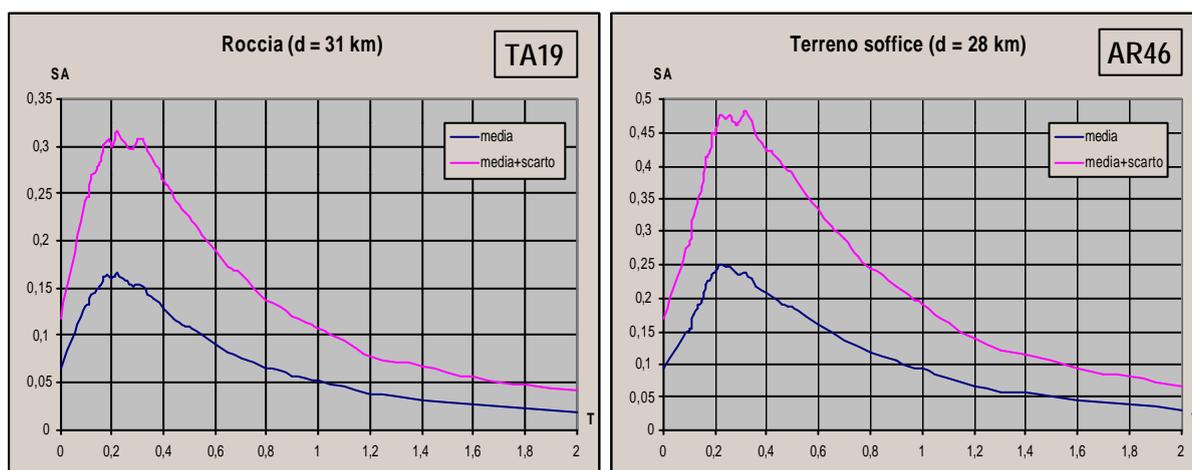


Figura 2.3. Spettri di accelerazione (Ambraseys, 1996) per i due siti strumentati evidenziati in figura 2.2.

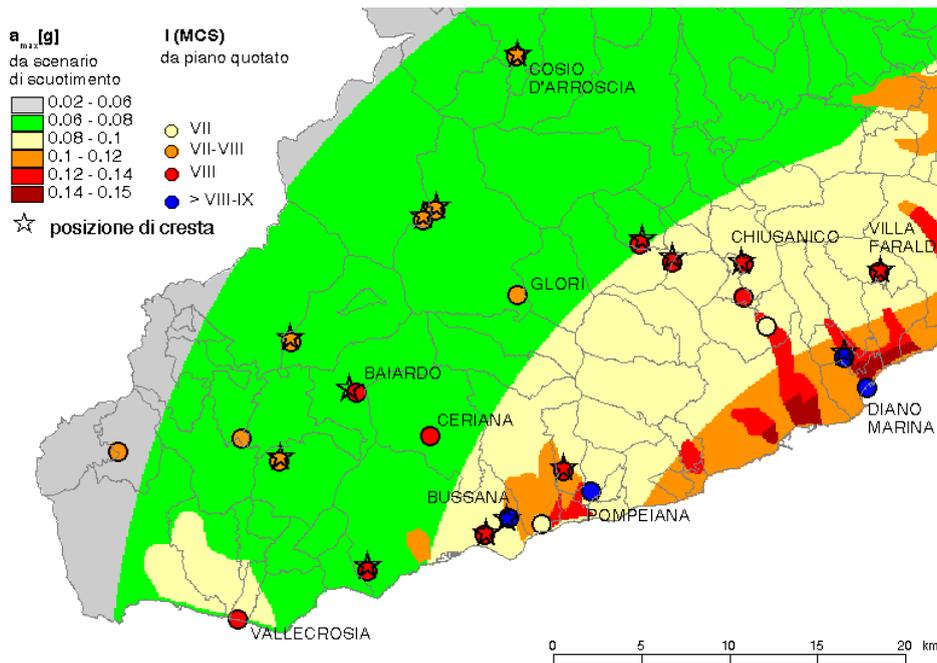


Figura 2.4. Località nelle quali l'intensità macrosismica osservata differisce almeno di un grado rispetto a quanto valutato attraverso lo scenario di scuotimento.

## 2.1 Attività prevista nel 2° anno (UR 3)

Le attività programmate per il prossimo anno prevedono approfondimenti per l'analisi sia a scala regionale che locale. In particolare:

*A scala sub-regionale:*

- analisi comparativa fra diverse relazioni di attenuazione (anche proposte *ad hoc* per la regione in esame), stima della sensitività dei parametri, generazione di mappe di scuotimento per diversi terremoti di scenario (con localizzazioni di sorgente anche a terra),
- indagine probabilistica da affiancare all'analisi deterministica svolta e confronto dei risultati.

*A scala locale (zona di Taggia):*

- sintesi degli elementi necessari alla creazione di modelli avanzati di propagazione locale per le simulazioni di scosse sismiche di scenario, e prime simulazioni con i modelli stessi.

Infine si procederà alla definizione di possibili fattori amplificativi di carattere topografico a scala regionale: si affronterà il tema della validazione dello scuotimento previsto con il grado di danneggiamento risentito nei terremoti presi a riferimento.

## 2.2 Acquisizione e analisi di rumore sismico in valle Argentina: risultati preliminari

Contributo a cura di Daniele Spallarossa - Unità di Ricerca 1

DIPTERIS, Università di Genova, Genova

Lo studio del rumore sismico in Valle Argentina è stato finalizzato ai seguenti scopi:

- preliminare individuazione delle aree maggiormente suscettibili a fenomeni di amplificazione utilizzando il metodo di analisi proposto da Nogoshi e Nakamura;
- analisi della stabilità ed affidabilità delle curve di amplificazione in funzione delle condizioni di acquisizione, dei sistemi di registrazione e delle procedure di analisi;
- individuazione dei siti idonei all'installazione di una rete temporanea accelerometrica o velocimetrica.

La fase di acquisizione è stata principalmente sviluppata nei mesi di Settembre-Dicembre 2000 utilizzando la strumentazione messa a disposizione dal DipTeRis-GS. In relazioni agli obiettivi dello studio sono state utilizzate diverse tecniche di misura:

- acquisizione contemporanea di rumore sismico con velocimetri (Lennartz 3D/5 ) ed accelerometri (Altus K2);
- acquisizione di rumore sismico ripetuta nei medesimi punti misura ma in relazione a condizioni ambientali-metereologiche differenti;
- acquisizione di rumore sismico lungo profili trasversali e longitudinali rispetto all'asse delle Valle Argentina.

Limitatamente ai dati velocimetrici, la fase di acquisizione ha consentito di disporre di un data-set costituito da 158 registrazioni di rumore sismico di circa 30 minuti ciascuna. La fase di elaborazione delle registrazioni è stata sviluppata secondo le note procedure:

- suddivisione dell'intera registrazione di 30 minuti in finestre temporali di lunghezza costante per ogni componente del segnale registrato;
- spettro di Fourier su ogni "finestra" di segnale;
- "smoothing" degli spettri di Fourier;
- rapporti spettrali tra la componente Nord-Sud (NS) e la componente verticale (Z), e tra la componente Est-Ovest (EW) e la verticale.

Le analisi effettuate utilizzando diverse procedure di "smoothing" e diversi valori di finestre temporali, hanno consentito di definire una lunghezza ottimale per ogni spezzona di rumore pari a 40 sec e due diversi schemi di "smoothing": Hanning e Konno-Ohmachi. Questi due schemi si differenziano in quanto il primo agisce su scala lineare e, conseguentemente, consente una maggiore risoluzione per i picchi di amplificazione sulle alte frequenze, diversamente lo schema di Konno-Ohmachi, agendo su scala logaritmica rende agevole il riconoscimento di picchi di amplificazione al di sotto di 1Hz, a scapito di una perdita di risoluzione per frequenze al di sopra di 10 Hz.

In particolare, la procedura di Hanning è stata applicata scegliendo un'ampiezza della finestra di "smoothing" pari a 1Hz, mentre per la procedura di Konno-Ohmachi è stato utilizzato un valore di  $b$  pari a 20. Un esempio dei risultati ottenuti attraverso l'elaborazione del rumore sismico è riportato in figura 2.5 dove vengono mostrati i rapporti spettrali per la stazione 3SE1.

In tale figura la curva media è riportata in rosso mentre i limiti corrispondenti a  $\pm 3\sigma$  sono riportati in verde. Questi rapporti spettrali sono stati effettuati su registrazioni acquisite a ridosso dell'argine sinistro del Torrente Argentina in un'area il cui i terreni superficiali sono costituiti da alluvioni di fondo valle e delle pianure più estese appartenenti al Quaternario. La funzione di amplificazione mostra un andamento pressoché piatto nell'intervallo di frequenze 0,2-2 Hz, mentre mostra un picco di amplificazione di valore massimo 3 tra 2,2-5 Hz. Non si notano differenze significative tra la componente NS/Z e quella EW/Z.

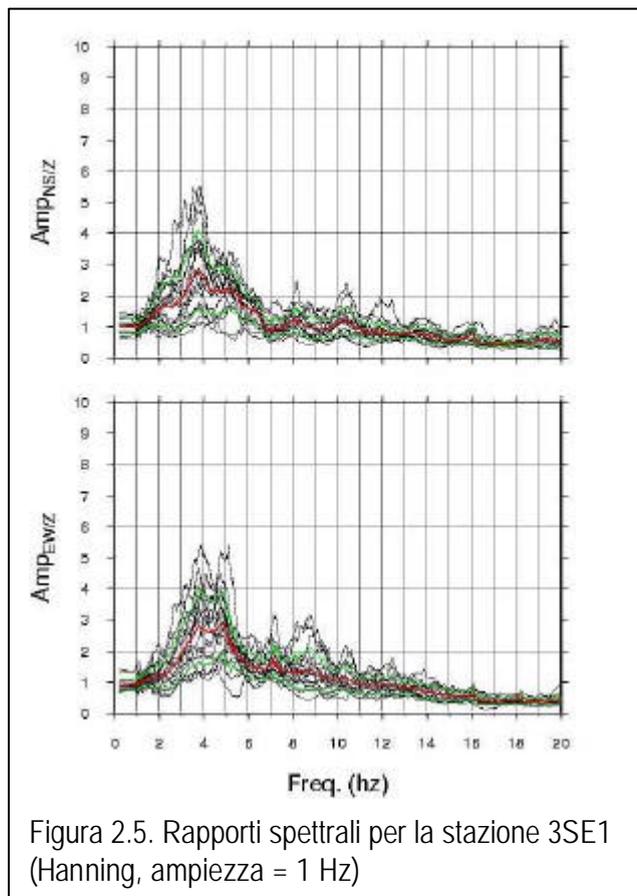


Figura 2.5. Rapporti spettrali per la stazione 3SE1 (Hanning, ampiezza = 1 Hz)

## 2.2.1 Rapporti spettrali ed amplificazione

L'interpretazione dell'intero data-set è risultata abbastanza agevole: per frequenze maggiori di 1 Hz la maggior parte dei rapporti spettrali ha evidenziato singoli picchi di risonanza ben definiti compresi tra 1.5 e 5 Hz. In figura 2.6 i rapporti spettrali per la stazione AR28 evidenziano un picco estremamente ben definito per frequenze di circa 1.8 Hz ed una dispersione molto ridotta (in questo caso l'area in grigio rappresenta l'intervallo  $\pm 3$ ). Le misure effettuate in aree presumibilmente interessate dai calcari del flysh ("rock site") hanno confermato un andamento pressoché piatto dei rapporti spettrali (Figura 2.7).

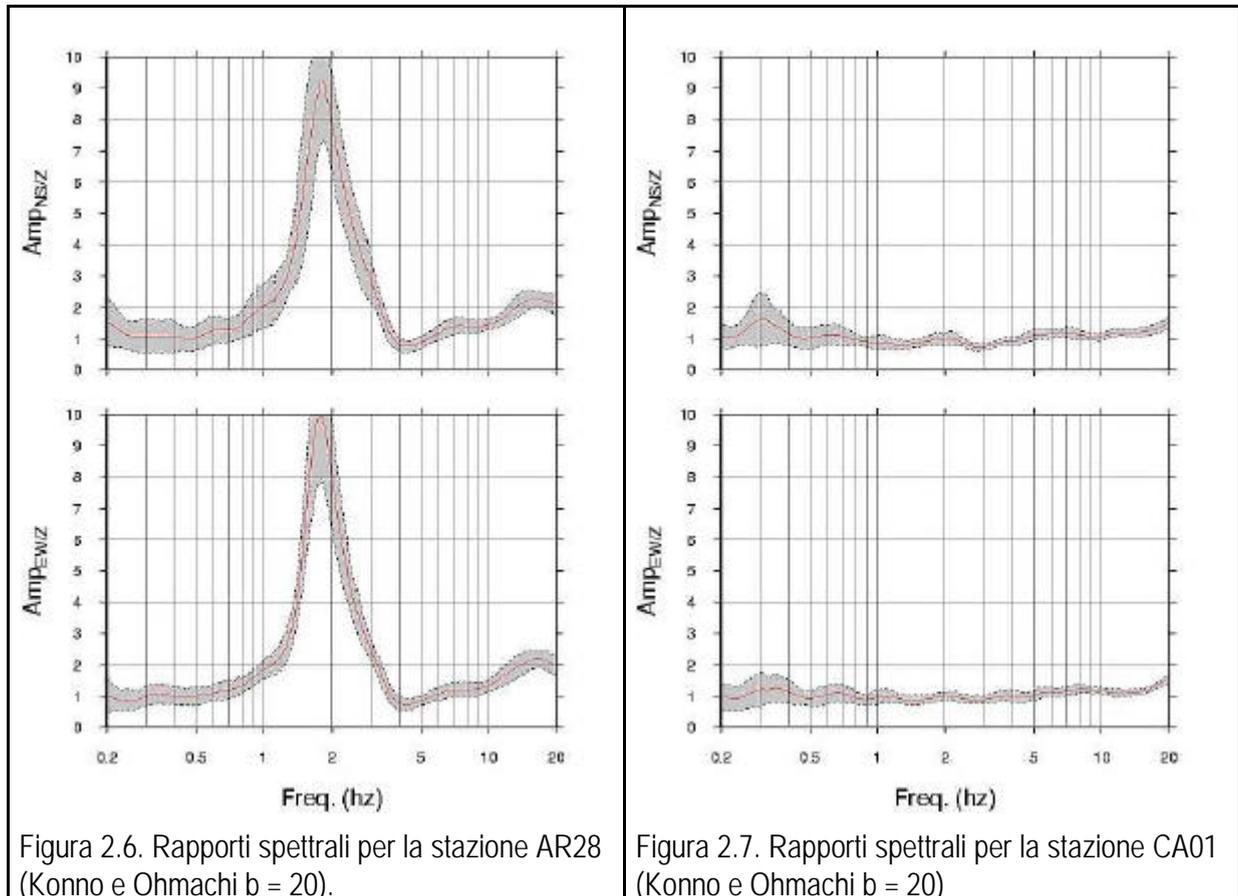


Figura 2.6. Rapporti spettrali per la stazione AR28 (Konno e Ohmachi  $b = 20$ ).

Figura 2.7. Rapporti spettrali per la stazione CA01 (Konno e Ohmachi  $b = 20$ ).

Per alcune stazioni sono stati individuati comportamenti anomali di difficile interpretazione. In particolare, per frequenze inferiori ad 1 Hz, sono stati osservati rapporti di amplificazione estremamente elevati ( $>10$ ) non associati a dei picchi di risonanza ben definiti. Inoltre, considerando i dati geologico-geotecnici relativi alla Valle Argentina, tali frequenze di amplificazione appaiono difficilmente giustificabili dal punto di vista sismologico. Un esempio di tale comportamento è visibile in figura 2.8.

Nell'ambito di questo studio preliminare, finalizzato ad una analisi di microzonazione sismica, il comportamento a frequenze minori di 1 Hz potrebbe essere tralasciato: tuttavia si è ritenuto utile cercare di isolare le possibili cause sismologiche e/o sismometriche responsabili di tale comportamento.

Le possibili cause di tale comportamento sono:

- amplificazione effettivamente causata dalle condizioni geologico-geotecniche;
- influenza della procedura di analisi del dato sismico (procedura di "smoothing");
- esistenza di microsismi, fortemente polarizzati orizzontalmente, dovuti all'effetto del moto ondoso;
- influenza delle condizioni meteorologiche (pioggia e vento) che possono in generale creare dei disturbi a bassa frequenza prevalentemente sulla componente orizzontale;

- disturbi legati al sistema di acquisizione: per esempio disturbi dovuti all'oscillazione del cavo del sensore che deve essere ricollegato ogni volta che si effettua una nuova misura; oppure disturbi dovuti al non perfetto equilibrio della massa all'interno del sensore.

In primo luogo si è deciso di studiare più in dettaglio queste due ultime tipologie di disturbi. A tal fine sono stati elaborati e confrontati i dati relativi al rumore sismico acquisito nel medesimo sito ma in giorni diversi. Inoltre sono stati ricalcolati nuovamente i rapporti spettrali, considerando ancora finestre di 40 sec, ma eliminando i primi minuti (5, 10 e 15) di registrazione del segnale: in effetti l'intervallo di tempo tra l'installazione della stazione e l'inizio dell'acquisizione è stato probabilmente troppo breve (<5 min) rispetto al tempo necessario al sensore per raggiungere l'equilibrio.

In figura 2.9 sono riportati i risultati relativi alla stazione AR26: la posizione di tale stazione è coincidente con la posizione della stazione CA10 (figura 2.8). In particolare la registrazione della stazione AR26 è stata eseguita in giorni successivi in condizioni di tempo sereno e con poco vento, a differenza della stazione CA10 che è stata acquisita in una giornata ventosa e di pioggia. Si può notare che l'andamento dei rapporti spettrali resta sostanzialmente invariato per frequenze maggiori di 2 Hz: nel caso di AR26 si assiste ad una diminuzione l'amplificazione relativa al picco principale di risonanza e ad una diminuzione della dispersione statistica delle curve. Per frequenze minori di 2 Hz si ha un cambiamento sostanziale: nel caso di AR26 si assiste alla scomparsa completa dei valori elevati di amplificazione e l'andamento dei rapporti spettrali nell'intervallo di frequenze 0.2-1-0 Hz assume una andamento circa costante pari ad uno.

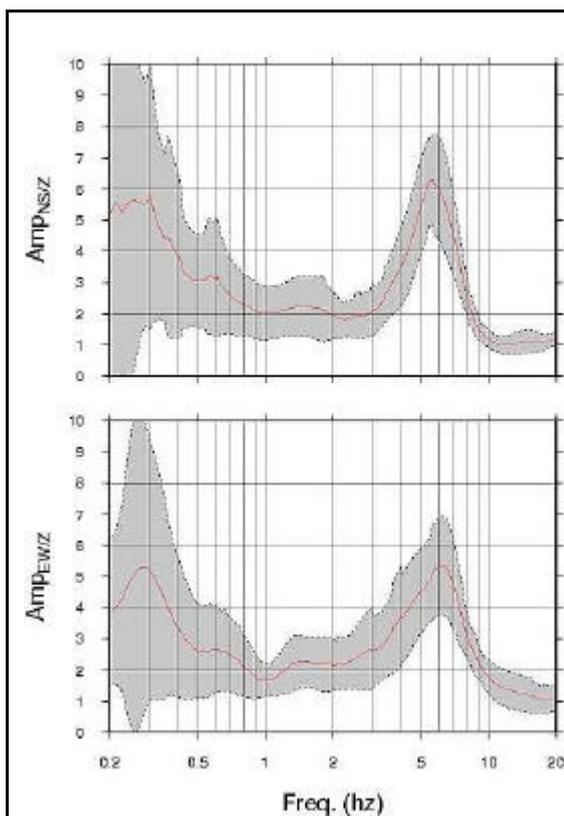


Figura 2.8. Rapporti spettrali per la stazione CA10 (Konno e Ohmachi  $b = 20$ ).

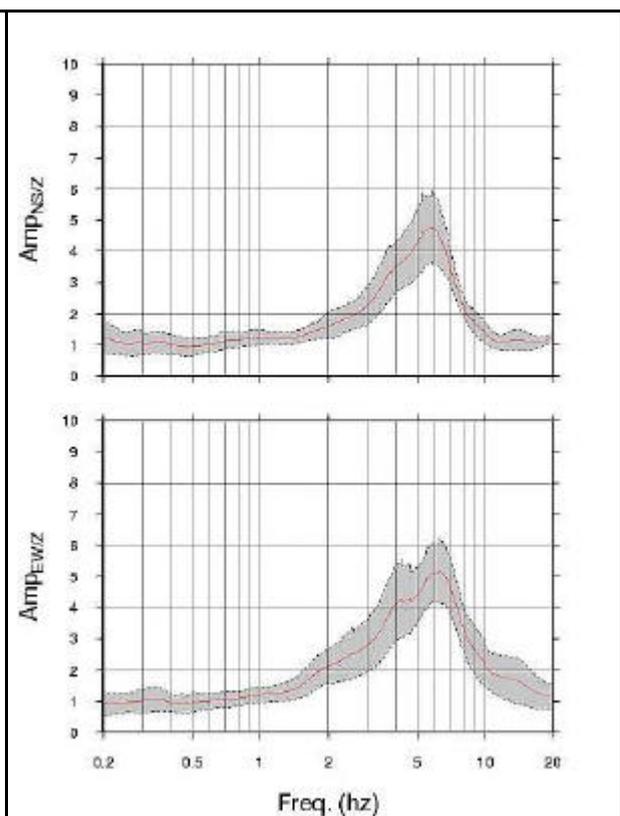


Figura 2.9. Rapporti spettrali per la stazione AR26 (Konno e Ohmachi  $b = 20$ ).

Anche i risultati (non riportati in questo studio) delle analisi effettuate su microtremore eliminando i primi minuti di registrazione hanno evidenziato una stabilità dei rapporti spettrali per frequenze maggiori di 1.5 Hz; per frequenze minori a tale valore le forti amplificazioni tendono a diminuire al crescere dei minuti di registrazione non considerati nell'analisi.

In definitiva, l'insieme delle analisi comparative porta ad escludere che la causa del comportamento a bassa frequenza sia individuabile nelle caratteristiche di sito: è plausibile che a determinare tale comportamento concorrano sia le condizioni meteorologico-ambientali sia le caratteristiche dell'installazione della stazione di misura. In particolare, l'azione del vento, della pioggia o del personale in prossimità del punto misura, potrebbero esasperare in modo determinante i disturbi attribuibili ad una installazione non ottimale (sensore non interrato e non coperto, cablaggio non propriamente fissato, etc.).

L'interpretazione dei rapporti spettrali ha condotto all'elaborazione della mappa in figura 2.10, dove sono riportate le frequenze fondamentali in base ai rapporti spettrali EW/Z e la carta geologica.

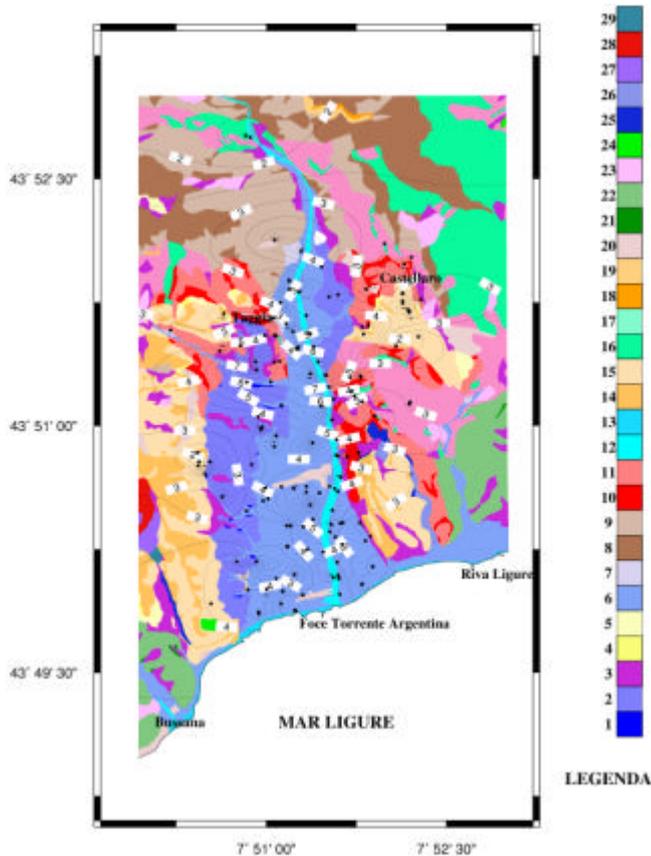


Figura 2.10. Mappa delle frequenze di risonanza relative ai rapporti spettrali EW/Z.

Limitatamente all'area interessata dalle alluvioni del Torrente Argentina (riferimento 6 nella carta geologica), una lettura speditiva della mappa, evidenzia, all'altezza del centro urbano di Taggia, valori di frequenza di risonanza tra i 5 e i 7 Hz; tali frequenze tendono poi a diminuire verso la foce del Torrente Argentina a conferma dell'ispessimento delle alluvioni. L'andamento delle frequenze in direzione ortogonale alla direzione del torrente, pochi km a nord dalla foce, sembra essere caratterizzato da valori di 2-3-4 Hz nel settore Occidentale (Arma di Taggia), mentre in corrispondenza della zona centrale della valle, sulla sponda destra dell'attuale percorso del torrente, si osservano valori elevati che, in alcuni casi, (ad esempio in prossimità della nuova stazione di Arma di Taggia) raggiungono gli 8-9 Hz. Nel settore Orientale le frequenze assumono nuovamente valori di circa 2-3 Hz. In particolare, l'area caratterizzata da frequenze elevate, si estende in direzione circa Nord-Sud, sub-parallela al torrente Argentina, poco a sud rispetto alla nuova stazione Ferroviaria. La presenza di questa area potrebbe essere una ulteriore conferma della complessità della geometria del "bedrock". Sondaggi geoelettrici commissionati dal comune di Arma di Taggia a scopi idrogeologici, hanno evidenziato una geometria del "bedrock" caratterizzata da due paleo-alvei separati da un'eminanza del substrato che viene a collocarsi esattamente in corrispondenza della zona "anomala" caratterizzata da alte frequenze.

## **2.3 Analisi probabilistica della pericolosità sismica**

Contributo a cura di Geodeco S.p.A.

*Contrattista dell'Unità di Ricerca 1 – DIPTERIS, Università di Genova, Genova*

In questa breve nota vengono descritte le attività svolte da Geodeco S.p.A. nel corso del 2001, nel quadro del progetto di ricerca: "Analisi di scenario nella Liguria occidentale e soluzioni per la conservazione dei centri storici". In particolare l'attenzione è stata rivolta innanzitutto alla messa a punto degli strumenti informatici per il prosieguo delle attività, e conseguentemente tramite i suddetti strumenti sono iniziate le valutazioni tramite modelli per la verifica delle metodologie teoriche innovative che rappresentano un altro aspetto fondamentale delle attività in corso da parte di Geodeco.

### **2.3.1 Studio sull'uso congiunto di aree sismogenetiche e singole faglie all'interno della stessa analisi**

In questo periodo Geodeco ha iniziato la modifica del programma di Probabilistic Seismic Hazard Analysis –PSHA per permettere l'uso congiunto di faglie e di aree sismogenetiche all'interno della stessa analisi. Le applicazioni verranno sviluppate nelle fasi future del progetto.

### **2.3.2 Definizione, uso e propagazione dell'incertezza epistemica nei parametri sismici di input al modello probabilistico al fine di ottenere, per una serie di siti campione, una stima dei percentili: a) della frequenza annuale di superamento al sito di predefiniti livelli di moto sismico b) del livello di moto sismico corrispondente ad una prefissata frequenza annuale di superamento**

L'analisi di pericolosità sismica (PSHA) considera essenzialmente due diverse sorgenti di incertezza. La prima è un'incertezza di tipo aleatorio (cioè random), ad esempio riguardante la magnitudo e la localizzazione dei terremoti futuri. La PSHA considera questo tipo di incertezza mediante integrazione (cioè mediante enumerazione di tutti i possibili eventi futuri con associate frequenze di occorrenza). La seconda è di tipo epistemico cioè dovuta ad una conoscenza imperfetta dei valori dei parametri fondamentali che ci consentono di calcolare la pericolosità sismica al sito. Infatti, nonostante il livello sempre crescente di conoscenza riguardo alla posizione geografica delle faglie attive e di altri parametri quali ad esempio il corrispondente tasso di sismicità, la magnitudo massima di un possibile evento futuro prodotto da una faglia specifica e l'intensità del moto sismico generato in un sito specifico da un terremoto ad una distanza prefissata e di data magnitudo, i modelli matematici adottati ci forniscono solo stime dei "veri" valori di tali parametri. Molti sono i possibili modelli scientifici plausibili ed una analisi di pericolosità sismica di tipo moderno ne deve necessariamente tenere conto.

La considerazione della sola incertezza aleatoria fornisce una stima della pericolosità sismica al sito senza nessuna informazione sull'accuratezza della stessa. In pratica, il risultato della PSHA in questo caso è, ad esempio, una singola curva di pericolosità sismica per un parametro del moto sismico di interesse quale la PGA. Solitamente (ma non sempre) tale stima è vicina al vero valore medio ma di quanto se ne discosta e, soprattutto, quale sia la dispersione attorno a tale curva dovuta all'incertezza dei parametri sismici di input, è noto soltanto se si considera l'incertezza epistemica in modo adeguato. Se l'incertezza epistemica è inclusa nell'analisi, questa fornisce non una ma molteplici stime (tutte plausibili) della curva di pericolosità per la PGA sopra menzionata. Metodi statistici ci permettono di individuare la curva di pericolosità media, quella mediana e qualsiasi curva percentile di interesse (ad esempio quella del 5% e del 95%). La differenza tra queste ultime rappresenta l'intervallo di confidenza che è necessario in qualsiasi analisi di vulnerabilità strutturale di tipo avanzato.

La versione attuale delle mappe di pericolosità sismica prodotte dal United States Geological Survey (USGS) tramite il Seismic Hazard Mapping Program contiene solo l'incertezza aleatoria. Nella versione in preparazione che verrà resa disponibile al pubblico nel 2002 anche l'incertezza epistemica verrà considerata.

Dal punto di vista metodologico l'incertezza epistemica viene trattata tramite una struttura ad albero logico. Il numero delle biforcazioni di tale albero dipende dal numero di parametri che sono considerati come variabili random e il numero di rami di ciascuna biforcazione dipende dal numero di valori alternativi che ogni parametro assume. (Una lista indicativa di tali parametri è riportata al paragrafo precedente). L'albero logico contiene anche la probabilità che ciascuno dei valori dei parametri considerati possa essere quello "corretto". Pertanto, ad ogni combinazione possibile di parametri viene automaticamente assegnato un "peso" e la somma di tutti i pesi di tutte le combinazioni considerate è uguale ad uno. Per ogni combinazione di tali parametri viene eseguita l'intera analisi di pericolosità sismica che fornisce quindi una curva di pericolosità per, ad esempio, PGA con relativo peso.

Una procedura informatica in grado di implementare questa metodologia è in corso di sviluppo al fine di eseguire in modo automatizzato le analisi per una maglia di siti in cui viene suddivisa l'area indagata. Per quanto riguarda le stime di hazard da realizzarsi specificatamente per la Liguria Occidentale, gli studi effettuati sono stati indirizzati per individuare i parametri principali della procedura PSHA a cui associare una incertezza di tipo epistemico. In particolare, alla radice della struttura ad albero logico vi saranno le biforcazioni relative ad i modelli sismotettonici alternativi (diverse zonazioni sismotettoniche, zone sismotettoniche + faglie, ecc ecc), successivamente le biforcazioni rifletteranno le possibili scelte per le leggi di attenuazione ed infine interverranno le biforcazioni relative ai parametri sismici delle zone sismogenetiche o delle faglie. Una preliminare applicazione della PSHA che sia comprensiva dell'incertezza epistemica ha comportato la costruzione di un albero logico costituito da alcune migliaia di biforcazioni ed ha consentito, limitatamente alla PGA, di ottenere le famiglie di curve di pericolosità per alcuni settori della Liguria.

La famiglia di curve di pericolosità sismica ottenute per ogni sito sul territorio considerato permettono di produrre mappe di pericolosità non convenzionali. Oltre a mappe di pericolosità media, si possono infatti produrre mappe che riportano non la media ma diversi percentili della pericolosità quali la mediana, il 5% o il 95%. Questo significa che per un certo livello di pericolosità (o di periodo medio di ritorno che ne è il reciproco) si possono produrre una famiglia di mappe. Si noti che la famiglia di curve di pericolosità sismica ottenuta per ogni sito può essere analizzata in maniera duale per fornire mappe che invece di fissare la probabilità di superamento (o il periodo medio di ritorno) fissano il valore del parametro del moto sismico (PGA).

### ***2.3.3 Sviluppo di funzioni di amplificazione per parametri del moto sismico di interesse in funzione dell'intensità del moto al bedrock per alcuni siti campione mediante le suddette metodologie innovative***

Uno dei parametri fondamentali per la progettazione di nuovi edifici o la stima della risposta sismica di edifici esistenti è il moto sismico alla superficie del deposito di terreno al sito. Vista la natura dei terremoti il problema deve essere affrontato in campo probabilistico. L'effetto di amplificazione al sito viene solitamente affrontato in modo empirico mediante l'uso di leggi di attenuazione sviluppate sulla base di registrazioni ottenute su diversi tipi di terreno. Poiché diverse tipologie di terreno sono incluse nello stesso database di registrazioni, il risultato che se ne ottiene è valido per un deposito di terreno "generico" mediamente denso e la stima del moto sismico che ne deriva è più o meno accurata a seconda di quanto le specifiche condizioni del suolo al sito si discostano da queste condizioni medie. Un altro approccio sempre di tipo empirico è quello suggerito dalle norme NEHRP che prevedono l'uso di fattori di amplificazione che variano a seconda della tipologia del suolo. Quest'ultima è definita in termini di velocità delle onde di taglio nei primi 30m del deposito. La procedura NEHRP fornisce valori di amplificazio-

ne medi per alcuni valori di accelerazione spettrale (ad esempio, 0.5Hz, 1Hz, 2Hz, ecc.) che dipendono dall'intensità del moto incidente il substrato roccioso.

Il metodo adottato in questo studio è simile concettualmente al metodo NEHRP ma la procedura adottata è fondatamente differente in due aspetti. In primo luogo questo studio fa uso diretto delle proprietà del terreno per valutare la funzione di amplificazione in termini di accelerazione spettrale mediante analisi non lineari dinamiche della colonna di terreno soggetta all'azione di accelerogrammi reali. La colonna di terreno per le analisi dinamiche è modellata in modo monodimensionale mediante una versione modificata del programma di calcolo SUMDES, in grado di modellare il terreno saturo come mezzo bifase tenendo conto di eventuali fenomeni di liquefazione o di mobilità ciclica. In secondo luogo questo studio considera in maniera esplicita l'incertezza esistente sia nei parametri del terreno sia nel contenuto in frequenza e durata dell'accelerogramma incidente il substrato roccioso. La prima sorgente di incertezza è modellata tramite simulazione di Monte Carlo delle caratteristiche del terreno nei vari strati con particolare attenzione alla correlazione inter- e intra-strato tra esse. Per modellare la seconda viene utilizzato un ampio database di accelerogrammi reali registrati in roccia.

Queste due differenze sostanziali rendono possibile la stima della mediana (cioè la curva che ha il 50% di probabilità di essere superata) e la dispersione attorno ad essa della funzione di amplificazione in funzione della frequenza spettrale e dell'intensità del moto sismico in roccia per la colonna di terreno specifica analizzata. Queste informazioni sulla mediana e relativa dispersione della funzione di amplificazione possono essere incorporate nella procedura per la valutazione probabilistica del moto alla superficie in due maniere sostanzialmente equivalenti:

1. Direttamente nella legge di attenuazione del moto sismico in roccia (ad esempio quella sviluppata da Sabetta e Pugliese) per ottenere una legge di attenuazione specifica per la colonna di terreno.
2. Mediante convoluzione con i risultati probabilistici del moto al substrato roccioso.

Nel primo anno Geodeco ha concentrato gli sforzi nelle seguenti attività:

- Modifica del programma SUMDES per incorporare la simulazione delle colonne di terreno sulla base delle distribuzioni di probabilità dei parametri del terreno in ogni strato della stessa.
- Modifica del programma SUMDES per la lettura in cascata di molteplici accelerogrammi di input.
- Modifica del programma SUMDES per ottenere la graficazione automatica di alcune quantità fondamentali al variare della profondità per ognuno degli accelerogrammi di input: l'accelerazione laterale massima, la deformazione e lo sforzo di taglio massimi, la variazione di pressione interstiziale massima, il rapporto tra la pressione interstiziale massima e la tensione verticale efficace iniziale. Tali grafici sono particolarmente utili per valutare se la colonna di terreno si è liquefatta o ha subito effetti di mobilità ciclica durante il moto sismico.
- Modifica del programma SUMDES per ottenere gli spettri di risposta dell'accelerogramma alla base e alla superficie della colonna di terreno, la storia temporale del moto alla superficie per ognuno degli accelerogrammi di input, e la funzione di amplificazione,  $AF(f)$ . Quest'ultima è rappresentata dal rapporto tra lo spettro di risposta per l'accelerazione alla superficie e quello alla base.
- Sviluppo di un programma di postprocessing che ottenga, per ognuna delle frequenze spettrali di interesse,  $f$ , (da 0.25Hz a 100Hz, cioè "peak ground acceleration" -- PGA), una relazione tra  $AF(f)$  e il valore dei parametri fondamentali della registrazione di input al substrato roccioso (ad esempio, l'intensità dell'accelerazione spettrale alla stessa frequenza  $f$ , PGA, la magnitudo  $M$  del terremoto che l'ha generata, la distanza  $R$  tra il sito di registrazione e la sorgente sismica, la durata dello "strong motion", ecc.) e relativa dispersione attorno al valore mediano. Queste relazioni sono ottenute mediante regressioni nonlineari che individuano il modello predittivo più idoneo.
- Applicazione della metodologia per la valutazione della funzione di amplificazione ad un caso illustrativo. La colonna di terreno è stata definita in base a sondaggi ed altre informazioni stratigrafiche al momento disponibili nell'area di Arma di Taggia. E' stata modellata una colonna di terreno composta da sabbia mediamente addensata con substrato roccioso collocato a 50m di profondità. Il livello di falda è stato posto a 6m di profondità dal piano di campagna. L'analisi è stata condotta utilizzando

come input 78 diversi accelerogrammi reali, tutti registrati in roccia, estratti dal nostro database. Nella Figura 2.11 è riportata, a titolo di esempio, la regressione della funzione di amplificazione AF nei confronti dell'accelerazione spettrale alla base della colonna di terreno per  $f=1.5\text{Hz}$ . Sempre a titolo di esempio, nelle Figure 2.12-13-14 sono riportati alcuni dei risultati ottenuti per uno dei 78 accelerogrammi utilizzati. In particolare nella Figura 2.12 sono visibili gli accelerogrammi alla base (input) ed alla superficie (output) della colonna di terreno, mentre la Figura 2.13 mostra l'andamento della PGA al variare della profondità. Nella Figura 2.14, infine, è riportato lo spettro di risposta in superficie ottenuto nel corso dell'analisi.

- Sviluppo di un programma che esegua la convoluzione delle curve di pericolosità sismica alla base del substrato (ottenute mediante un programma che esegua la Probabilistic Seismic Hazard Analysis – PSHA – per il sito come se fosse in roccia) con le funzioni di amplificazione ottenuta per la colonna di terreno specifica. Questa operazione ci permette di ottenere le curve di pericolosità del moto sismico alla superficie per le varie frequenze spettrali di interesse.
- Modifica del programma di PSHA per permettere l'analisi di pericolosità sismica per una griglia di siti.

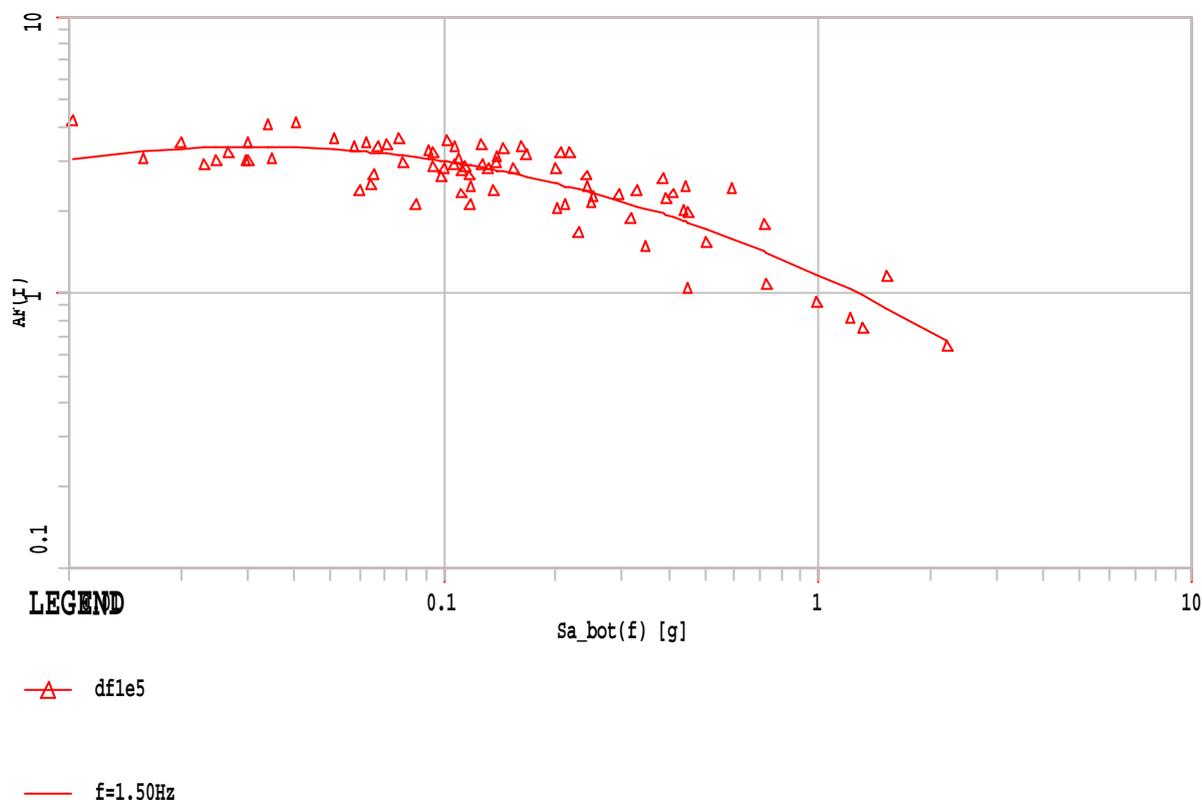


Figura 2.11. Regressione della funzione di amplificazione AF nei confronti dell'accelerazione spettrale alla base della colonna di terreno per  $f = 1.5 \text{ Hz}$ .

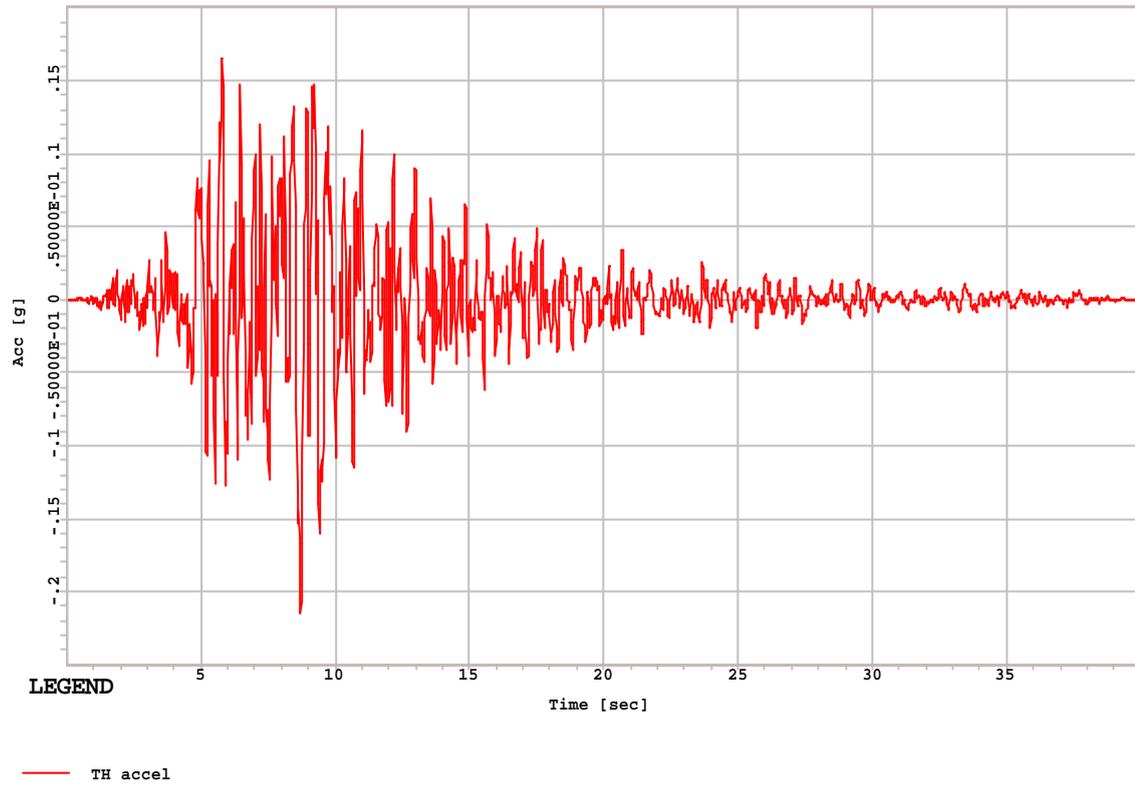


Figura 2.12a. Accelerogramma ottenuto in superficie.

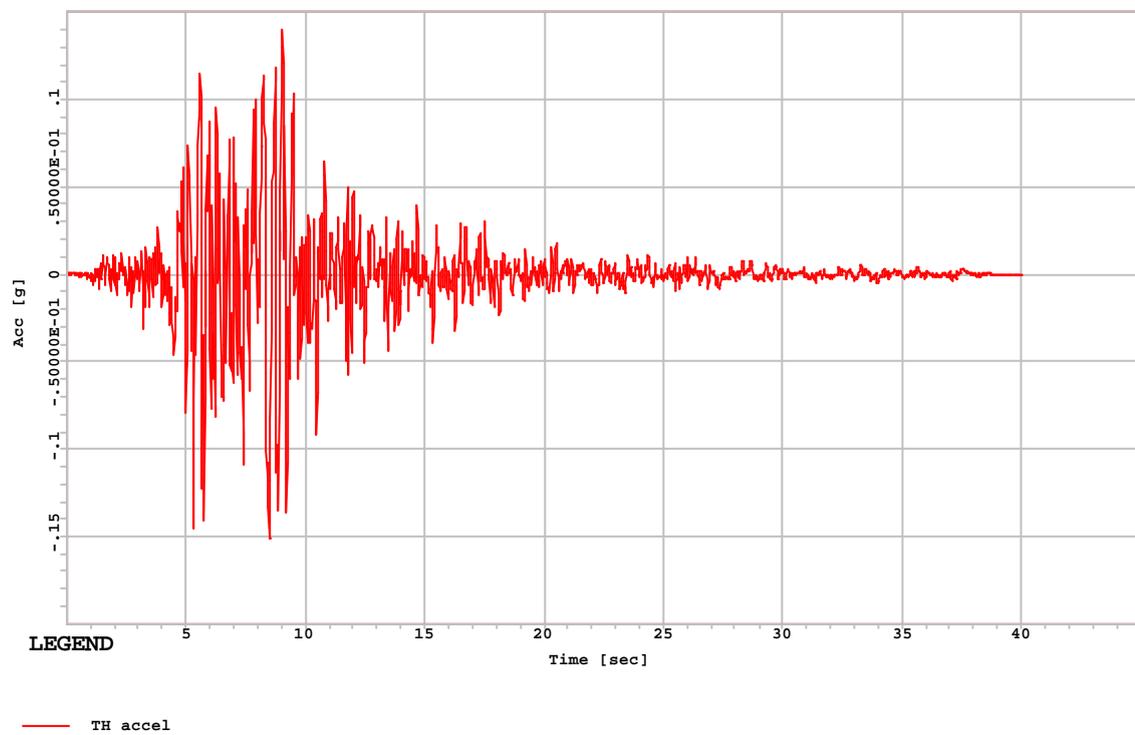


Figura 2.12b. Accelerogramma applicato alla base della colonna di terreno.

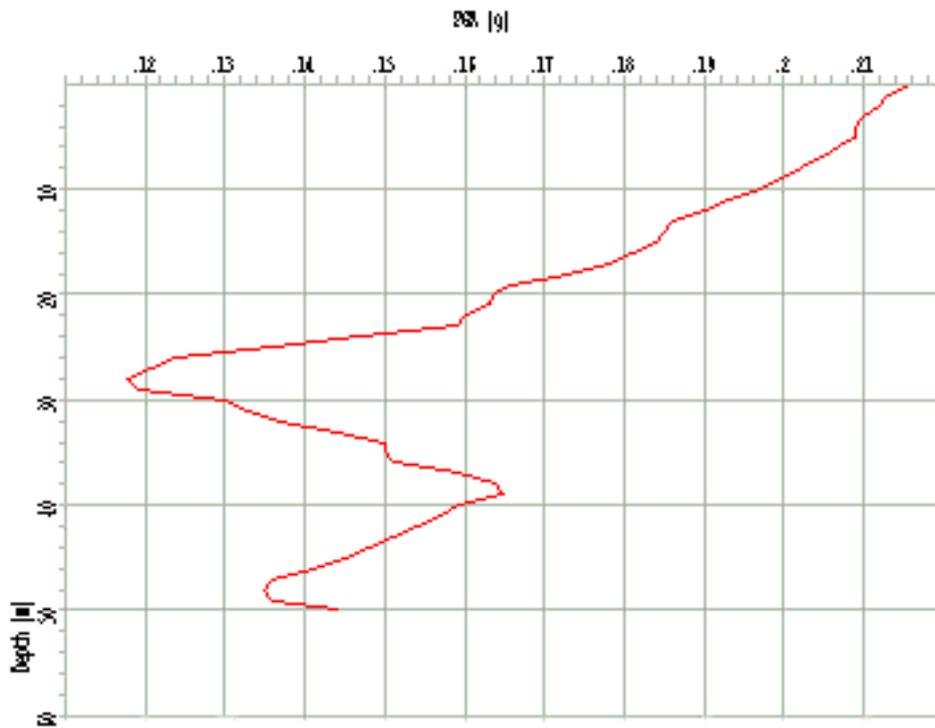


Figura 2.13. Valore massimo dell'accelerazione al variare della profondità della colonna di terreno.

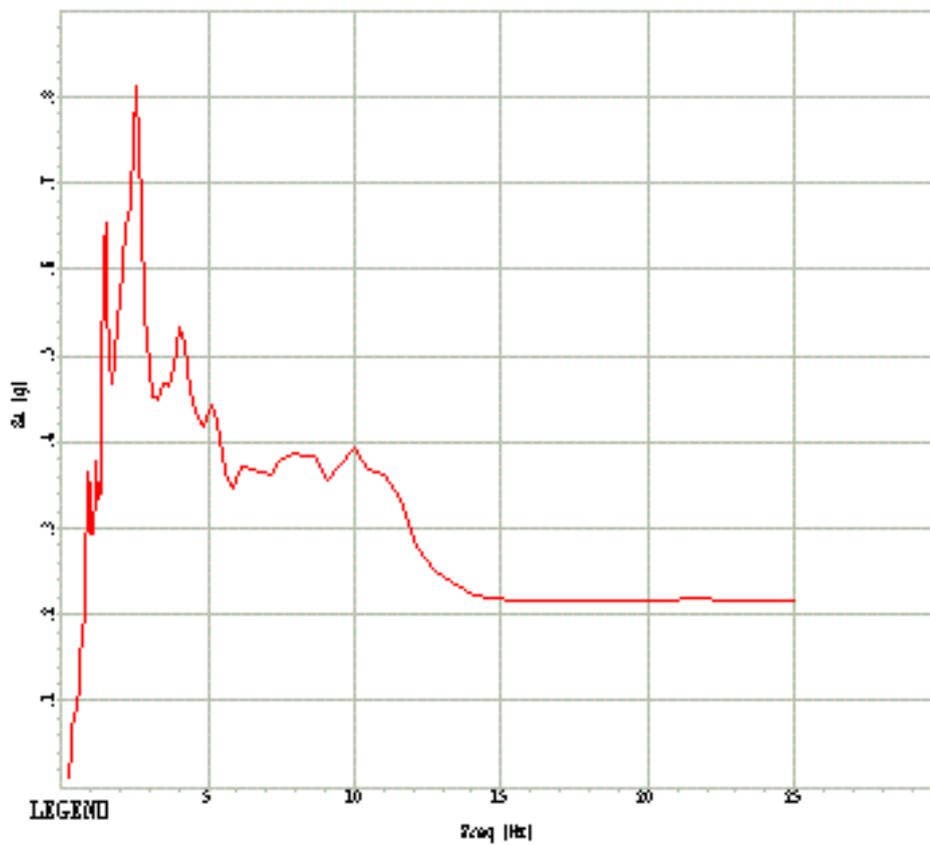


Figura 2.14. Spettro di risposta in superficie.

### 3 CENSIMENTO A SCALA SUB-REGIONALE E ANALISI DI VULNERABILITÀ

Unità di Ricerca 7 – Responsabile: Sergio Lagomarsino  
DISEG, Università di Genova, Genova

Collaboratori: Sonia Giovinazzi, Laura Maggiolo, Andrea Penna, Fabrizio Tavaroli

#### 3.1 *Il costruito diffuso*

Eseguire un'analisi di vulnerabilità significa valutare la consistenza del costruito diffuso in una data area, sia in termini quantitativi che qualitativi, ed in particolare stimare la sua propensione ad essere danneggiato dal sisma. Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità deve quindi precisare come eseguire il censimento, più o meno dettagliato, del costruito e delle sue caratteristiche e definire opportuni modelli che correlino la severità del moto sismico con gli effetti in termini di danneggiamento fisico e di perdite, economiche o intangibili.

Eseguita quindi l'analisi di vulnerabilità e nota la pericolosità sismica dell'area in esame, ovvero le caratteristiche del moto sismico atteso nella regione, opportunamente differenziate a livello locale per considerare gli effetti di amplificazione (microzonazione), è possibile stimare la distribuzione dei danni al costruito. Qualora lo studio di pericolosità sia condotto in termini probabilistici, anche le conseguenze strutturali ed economiche saranno espresse probabilisticamente: tale approccio configura quella che viene denominata un' *analisi di rischio*. Nel caso invece in cui la sismicità sia studiata su base deterministica, o estraendo da un catalogo di sismicità storica i terremoti più significativi o simulando con modelli teorico-numeriche i meccanismi di sorgente e la propagazione delle onde nella crosta terrestre, si esegue un' *analisi di scenario*, ovvero si valutano gli effetti sul territorio a seguito di uno specifico evento sismico.

La scelta tra analisi di rischio e analisi di scenario dipende dalle finalità dello studio. Nel caso di uno studio del territorio a fini preventivi, l'analisi di rischio è preferibile in quanto cumula gli effetti di tutte le potenziali sorgenti sismiche dell'area e fornisce una valutazione comparabile tra i diversi comuni interessati dallo studio. Per analizzare invece gli aspetti di gestione dell'emergenza legati alla Protezione Civile è più significativa un'analisi di scenario, in quanto riproduce una distribuzione realistica degli effetti sul territorio, fatto che consente di elaborare strategie per il post-terremoto; il rischio in alcune aree dello studio è tuttavia sottostimato, in quanto ci si riferisce ad un unico ben preciso evento.

In entrambi i casi, tuttavia, si possono utilizzare gli stessi modelli per l'analisi di vulnerabilità sul costruito ordinario; questa, se eseguita a scala territoriale, comporta valutazioni su campioni di grande numero, quindi l'uso del calcolo strutturale è improponibile sia per la difficoltà di individuare modelli semplici ma affidabili, sia per la quantità di dati che sarebbe necessario rilevare sul campo. Le metodologie disponibili devono quindi basarsi su pochi parametri empirici e la loro validazione non può prescindere dall'osservazione dei danni prodotti da terremoti reali.

In Italia sono tradizionalmente utilizzate due distinte metodologie, denominate di I e II livello, sviluppate nell'ambito delle attività del GNDT (*Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti*) negli ultimi venti anni.

La metodologia di I livello GNDT individua all'interno del costruito ordinario diverse tipologie edilizie e definisce alcune classi di vulnerabilità (A, B e C), per ciascuna delle quali viene precisata la relazione tra input sismico e danno, attraverso matrici di probabilità di danno - DPM (*Damage Probability Matrix*). Viene quindi stabilita una corrispondenza diretta tra tipologia edilizia e classe di vulnerabilità. Si tratta di un metodo tipologico, che in Italia possiede una robusta validazione sperimentale; la distribuzione probabilistica dei danni, indicata per ciascuna classe di vulnerabilità per i diversi livelli dell'intensità sismica, è stata ottenuta sulla base dei danni effettivamente rilevati a seguito dei principali eventi sismici che hanno interessato il territorio nazionale, ed in particolare del terremoto dell'Irpinia (novembre 1980), il più significativo per quantità dei dati e livelli di intensità sismica.

La metodologia di II livello GNDT è basata su una scheda che raccoglie informazioni tipologiche e costruttive su ogni singolo edificio; queste vengono combinate attraverso punteggi indipendenti per definire un indice di vulnerabilità  $I_v$ , che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento (metodologia semeiotica). Ad ogni valore di  $I_v$  è associata una curva, che correla il fattore di danno (rapporto tra il costo dell'intervento di riparazione ed il valore dell'opera) al picco di accelerazione dell'input sismico atteso.

In questi ultimi anni si è cercata una revisione critica di queste metodologie<sup>2,3</sup>, sia per verificare l'applicabilità delle DPM ricavate dai dati irpini alle altre regioni italiane<sup>4</sup>, sia per confrontare i due metodi<sup>5,6</sup>, che appaiono a prima vista incomparabili nell'approccio, nella definizione dell'input sismico e nella descrizione del danno.

Infatti, il primo non fornisce una valutazione sul singolo fabbricato, ma semplicemente lo enumera all'interno di un insieme di edifici della stessa classe di vulnerabilità, rappresentativa di tipologie diverse e variegate; il terremoto è considerato in termini di intensità macrosismica ed il danno è descritto attraverso livelli qualitativi, associati all'evidenza di particolari stati lesionativi o di collasso parziale o totale.

Il secondo giunge ad una valutazione specifica, attraverso un indice numerico calcolato a partire da undici indicatori indipendenti, a ciascuno dei quali è attribuito un peso nel computo totale e differenti punteggi a seconda delle caratteristiche (secondo quattro classi di vulnerabilità); il danno è previsto in termini economici, attraverso una famiglia di relazioni trilineari in funzione della PGA (*peak ground acceleration*).

In realtà tali differenze non sono così sostanziali. La valutazione di II livello, anche se eseguita su ogni singolo manufatto, rappresenta un valore medio della risposta di edifici di quelle caratteristiche. Inoltre, la scelta della PGA come parametro sismico è legata alla volontà di utilizzare un parametro continuo (diversamente dall'intensità) e di più chiaro significato meccanico, ma tali curve derivano da dati di osservazioni sperimentali in intensità, tradotti attraverso una ben precisa legge di correlazione.

Alcune recenti esperienze hanno già percorso la possibilità di un approccio misto. Nel Progetto Catania<sup>7</sup>, svolto nell'ambito delle attività del GNDT nel Triennio 1996-99, si è scelto di operare con il II livello, volendo descrivere la pericolosità attraverso misure meccaniche del moto sismico (PGA). Tuttavia la scheda di II livello è stata semplificata per renderla applicabile a livello territoriale; il rilievo sul campo è stato eseguito solo su una parte del territorio comunale, mentre per l'altra si sono utilizzati "dati poveri" (provenienti da altri censimenti non mirati alla vulnerabilità sismica) e sono stati stimati indici di vulnerabilità medi per le diverse tipologie edilizie.

Nell'ambito delle attività dei Lavori Socialmente Utili, è stato svolto un progetto per lo studio della vulnerabilità in molte aree del Mezzogiorno, attraverso una vasta campagna di schedatura; in questo ambito è stato possibile valutare, nelle diverse regioni, la distribuzione dell'indice  $I_v$ , come definito dal II livello GNDT, all'interno delle classi di vulnerabilità (A, B e C) del I livello GNDT<sup>8</sup>.

---

<sup>2</sup> Dolce, M. 1997. La valutazione della vulnerabilità per le analisi di rischio e gli scenari di danno. *Atti 8° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Taormina, pp. 217-226.

<sup>3</sup> Bernardini, A. 2000. *La vulnerabilità degli edifici - Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR-GNDT, Roma.

<sup>4</sup> Zuccaro, G. & Baratta, A. 1999. Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità degli edifici ordinari. *Atti 9° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Torino (CD-ROM).

<sup>5</sup> Di Pasquale, G., Dolce, M. & Martinelli, A. 2000. Analisi della vulnerabilità, in *Censimento di vulnerabilità a campione dell'edilizia corrente dei centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia* (Progetto Lavori Socialmente Utili), Dipartimento della Protezione Civile, Roma, pp. 76-106.

<sup>6</sup> Meroni, F., Petrini, V. & Zonno, G. 2000. Distribuzione nazionale della vulnerabilità media comunale. in A. Bernardini (ed), *La vulnerabilità degli edifici*, CNR-GNDT, Roma, pp.105-131.

<sup>7</sup> Faccioli, E. & Pessina, V. 1999. *The Catania Project: earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean*, CNR-GNDT Roma.

<sup>8</sup> Di Pasquale, G., Dolce, M. & Martinelli, A. 2000. Analisi della vulnerabilità, in *Censimento di vulnerabilità a campione dell'edilizia corrente dei centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia* (Progetto Lavori Socialmente Utili), Dipartimento della Protezione Civile, Roma, pp. 76-106.

### 3.1.1 La metodologia per l'analisi di vulnerabilità

Nell'ambito di questo progetto è stata sviluppata una nuova metodologia che considera le molteplici esperienze svolte in questi anni in Italia e consente di eseguire l'analisi di vulnerabilità con un approccio unitario, graduato a diversi livelli a seconda della qualità dei dati e dell'estensione del territorio<sup>9</sup>.

Pur se consapevoli dei notevoli sviluppi della ricerca nell'ambito della modellazione dei meccanismi di sorgente, della propagazione delle onde e della microzonazione sismica, che consentono una definizione della pericolosità in termini fisico-meccanici (PGA, spettri di spostamento e accelerazione, accelerogrammi sintetici), il parametro di input più naturale per un'analisi di vulnerabilità resta l'intensità macrosismica. Infatti nella definizione stessa di intensità macrosismica è contenuta una quantificazione dei danni provocati dal terremoto, in termini di distribuzione statistica degli effetti su una popolazione di fabbricati; inoltre, l'intensità resta un parametro di riferimento importante anche negli studi di pericolosità, in quanto solo attraverso di essa è possibile far tesoro delle indispensabili informazioni contenute nei cataloghi di sismicità storica.

Se le antiche scale di intensità facevano un riferimento molto generico alla distribuzione dei danni per i diversi gradi di severità del terremoto, senza alcuna distinzione nei riguardi della tipologia costruttiva (praticamente il costruito era tutto in muratura), le moderne scale contengono una descrizione sempre più precisa della distribuzione dei danni alle diverse tipologie edilizie. In particolare, la scala MSK-76 e la recente EMS-98 (*European Macroseismic Scale*)<sup>10</sup> contengono una chiara definizione delle tipologie e della distribuzione dei danni correlati a ciascun grado di intensità. In altre parole, le moderne scale macrosismiche, che si propongono di misurare la severità di un terremoto dall'osservazione dei danni subiti dagli edifici, contengono implicitamente il modello di vulnerabilità, anche se non perfettamente definito; il problema diventa quindi quello di avere una stima della pericolosità in intensità, parametro con il quale, tuttavia i sismologi devono già fare i conti per utilizzare le informazioni storiche. L'obiezione, da molti avanzata, che l'intensità non sia un valido parametro per caratterizzare l'input sismico, in quanto grandezza discreta, può essere superata tenendo presente che anche valori intermedi, concettualmente privi di significato in un rilievo macrosismico, possono essere utilizzati in un'analisi di rischio.

La metodologia qui proposta fa riferimento alla scala EMS-98, non solo perché la più recente e probabilmente quella che sarà utilizzata nel futuro a livello europeo, ma specialmente per la qualità ed il dettaglio con i quali sono definite le tipologie costruttive, le classi di vulnerabilità e le quantità di edifici danneggiati per ciascun grado di intensità.

Le diverse relazioni tra input sismico (in termini di intensità) e danno fisico (descritto dal parametro  $d$  - danno medio - della distribuzione binomiale dei 5 livelli di danno), relative ai metodi di I e II livello GNDT (ricavate a partire dalle DPM irpine<sup>11</sup> e dalle curve di fragilità Benedetti-Petrini<sup>12</sup>), sono state confrontate con quelle ricavabili dalla stessa definizione della scala EMS-98. Il risultato è stato la definizione attraverso una semplice espressione analitica di curve di vulnerabilità, che correlano l'intensità macrosismica  $I$  al danno medio  $d$  al variare di un indice di vulnerabilità  $I_v$ , che corrisponde a quello ottenibile dalla scheda di secondo livello ma che può essere definito con modalità e dati differenti, anche a partire dal solo inquadramento tipologico:

$$d = 0.5 + 0.45 \left\{ \arctan \left[ 0.55 (I - 10.2 + 0.05 I_v) \right] \right\} \quad 0 \leq d \leq 1$$

---

<sup>9</sup> Giovanizzi, S. & Lagormarsino, S. 2001. Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica del costruito, *Atti del 10° Convegno Nazionale: L'Ingegneria Sismica in Italia*, Potenza-Matera, 9-13 settembre 2001.

<sup>10</sup> Grunthal, G. 1998. European Macroseismic Scale 1998. *Chaiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Volume 15, Luxembourg.

<sup>11</sup> Braga, F., Dolce, M. & Liberatore, D. 1982. A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the M.S.K.-76 scale, *Proc. of the 7th European Conference on Earthquake Engineering*, Atene.

<sup>12</sup> Benedetti, D. & Petrini, V. 1984. On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure. *L'Industria delle Costruzioni*, vol. 18, pp. 66-78.

La figura 3.1 mostra tali curve, ponendole a confronto con i dati relativi alle classi di vulnerabilità EMS-98 e con le curve di fragilità del metodo di II livello.

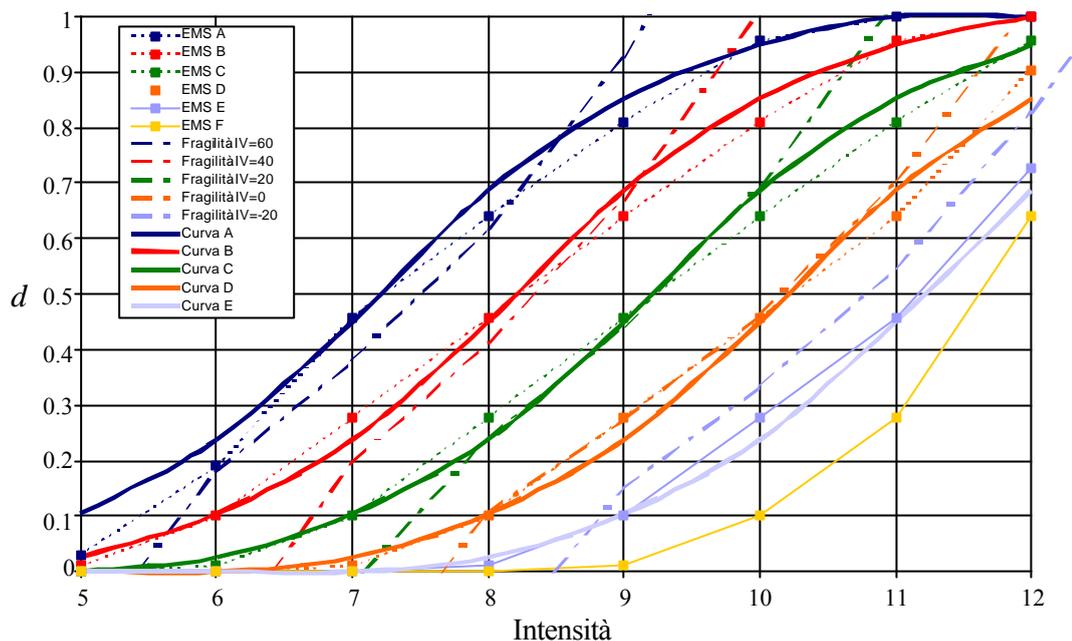


Figura 3.1. Interpolazione con la funzione proposta delle curve di vulnerabilità EMS e di I livello GNDT.

Per un'analisi di vulnerabilità condotta a scala provinciale, la consistenza del patrimonio abitativo può essere desunta dai dati rilevati nell'ambito del censimento della popolazione (ISTAT 1991), opportunamente rielaborati a fini di vulnerabilità su tutto il territorio nazionale<sup>13</sup>. Il dato originale dell'ISTAT si riferisce alla singola unità abitativa (alloggio individuale) e contiene informazioni sulle persone residenti, sulla superficie e su alcune caratteristiche dell'edificio a cui appartiene. Rielaborando tali schede, i suddetti autori hanno ricavato, a livello di sezione censuaria, gruppi di edifici omogenei per tipologia costruttiva (muratura, cemento armato, *pilotis*, altro o ignoto) e numero di piani (uno o due piani; da tre a cinque piani; oltre cinque piani), indicando il numero di edifici, il loro volume e la popolazione residente. I dati relativi a ciascun gruppo nella sezione censuaria sono quindi suddivisi percentualmente per classe di età (7 classi: prima del 1919; dal 1919 al 1945; dal 1946 al 1960; dal 1961 al 1971; dal 1972 al 1981; dopo il 1981; dopo la data di classificazione), livello di manutenzione (buona e scarsa) e contesto urbano (edificio isolato o in aggregato).

Volendo utilizzare i dati ISTAT tramite la metodologia proposta, possono essere inizialmente identificate sette distinte categorie di edifici, quattro in muratura (Tabella 3.1) e 3 in c.a. (Tabella 3.2). Sulla base degli altri dati ISTAT è possibile modificare l'indice di vulnerabilità iniziale di ciascuna categoria, dedotto per confronto con le metodologie di I e II livello (Figura 3.1), attraverso i modificatori di comportamento elencati nelle Tabelle 3.3 e 3.4. Il punteggio indicato comporta un incremento o una riduzione dell'indice della categoria, conteggiato in misura proporzionale alla quantità di edifici contraddistinti da quel modificatore. I punteggi scelti per tali modificatori sono coerenti con i risultati pubblicati nell'ambito di una valutazione condotta su ampie aree del territorio nazionale<sup>14</sup>; facendo riferimento ai comuni nei quali erano disponibili le schede GNDT di I e II livello, sono stati valutati gli indici di vulnerabilità medi corrispondenti a gruppi di edifici omogenei in relazione ai diversi parametri del censimento ISTAT.

<sup>13</sup> Meroni, F., Petrini, V. & Zonno, G. 1999. Valutazione della vulnerabilità di edifici su aree estese tramite dati ISTAT. *Atti 9° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Torino (CD-ROM).

<sup>14</sup> Meroni, F., Petrini, V. & Zonno, G. 2000. Distribuzione nazionale della vulnerabilità media comunale. in A. Bernardini (ed), *La vulnerabilità degli edifici*, CNR-GNDT, Roma, pp.105-131.

Tabella 3.1. Edifici in muratura: individuazione delle categorie in base all'epoca di costruzione.

Categorie	Epoca		Tipologie EMS	lv
1	antecedente al 1919		M1 – Pietra grezza (ciottoli, pietrame, mista) M3 – Pietre sbozzate o a spacco M5 – Mattoni	50
2	dal 1919 al 1945	zona urbana	M3 – Pietre sbozzate o a spacco M4 – Pietre squadrate M5 – Mattoni	35
		zona rurale	M1 – Pietra grezza (ciottoli, pietrame, mista) M3 – Pietre sbozzate o a spacco M5 – Mattoni	45
3	dal 1946 al 1971		M3 – Pietre sbozzate o a spacco M5 – Mattoni M6 – Muratura non armata (pietra lavorata, laterizi, blocchi di cemento) con solai in c.a.	30
4	dopo il 1971		M6 – Muratura non armata (pietra lavorata, laterizi, blocchi di cemento) con solai in c.a.	20

Tabella 3.2. Edifici in c.a.: individuazione delle categorie in base all'età ed alla tipologia costruttiva.

Categorie	Epoca	Tipologie EMS	lv
5	prima della classificazione sismica	RC1 – Telaio in c.a. (pre-normativa) RC4 – Pareti di taglio (pre-normativa)	20
6	dopo la classificazione sismica	RC2 – Telaio in c.a. (bassa duttilità) RC5 – Pareti di taglio (bassa duttilità)	0
7	edificio a <i>pilotis</i>	RC7 – Telaio in cemento armato con <i>pilotis</i>	40

Tabella 3.3. Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in muratura.

Modificatori di comportamento	Indicatori ISTAT	Punteggio per le diverse categorie			
		<1919	19/45	46/71	>1971
Condizioni di manutenzione	Scarsa manutenzione	+6	+6	+6	-
Numero di piani (altezza)	Basso (1 o 2 piani)	-	-	-	-
	Medio (3, 4 o 5 piani)	+5	+5	+5	+5
	Alto (più di 5 piani)	+10	+10	+10	+10
Contesto strutturale	Edificio in aggregato	-	-	+6	+6

Tabella 3.4. Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in cemento armato.

Modificatori di comportamento	Indicatori ISTAT	Punteggio
Età di costruzione	Antecedente il 1971	+6
Numero di piani (altezza)	Basso (1 o 2 piani)	-6
	Medio (3, 4 o 5 piani)	0
	Alto (6 p più piani)	+6
Edifici adiacenti con giunti non sismici	Edificio in aggregato	+6 *

\* solo per la categoria 5 - edifici precedenti alla classificazione sismica

A titolo di esempio di riportano alcuni preliminari risultati ottenuti nella provincia di Imperia, accorpando i dati a livello di limiti amministrativi comunali. La figura 3.2 mostra la distribuzione delle diverse categorie di edifici, adottata in questo studio e descritta dalle tabelle 3.1-2; si può notare come il costruito sia prevalentemente in c.a. nelle zone costiere ed in muratura in quelle interne, con una netta maggioranza di edifici molto antichi. La figura 3.3 illustra gli indici di vulnerabilità medi, per gli edifici in muratura ed in c.a., ottenuti dai dati ISTAT a partire dalla classificazione tipologica (Tabelle 3.1-2) e attraverso i modificatori di comportamento (Tabelle 3.3-4).

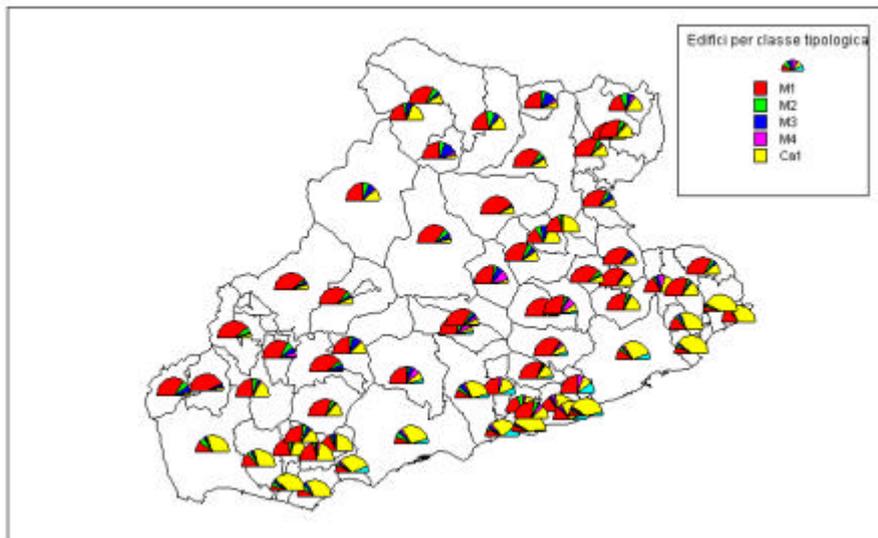


Figura 3.2. Distribuzione degli edifici per categorie tipologiche.

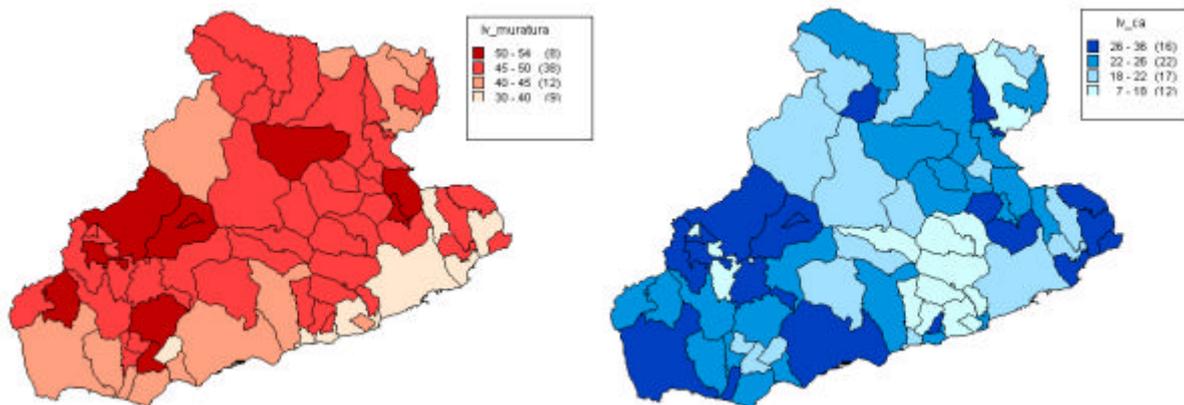


Figura 3.3. Valore medio a livello comunale dell'indice di vulnerabilità degli edifici in muratura e in c.a..

### 3.2 Il patrimonio monumentale

Il problema della vulnerabilità sismica del patrimonio monumentale presenta problematiche differenti rispetto all'edilizia ordinaria, per la quale esistono metodologie già ampiamente sperimentate. Esiste un'esigenza di conservazione imprescindibile, legata al valore storico-artistico del patrimonio monumentale che non consente un approccio su base tipologica dei manufatti, ma impone di operare con un maggiore dettaglio che consideri la modalità di risposta della fabbrica all'azione sismica, al fine di ottenere indicazioni sulla sua attuale vulnerabilità e sulle strategie per il miglioramento sismico.

Pertanto, l'analisi di vulnerabilità e lo sviluppo di scenari di danno sismico hanno significato solo per quelle costruzioni che sono presenti sul territorio in numero significativo. Quindi, i manufatti monumentali possono essere classificati in relazione alle caratteristiche architettoniche ed alla loro funzione; nell'ambito del progetto si intendono sviluppare metodologie per l'analisi di vulnerabilità per quelle classi di manufatti maggiormente presenti nella Liguria Occidentale: le chiese, le torri, i ponti ad arco in muratura, i mulini.

Al momento solo per le chiese è disponibile in Italia una metodologia finalizzata alla vulnerabilità sismica attraverso un'indagine speditiva, utilizzabile a scala territoriale. Essa nasce dall'esperienza con-

dotta, proprio da questo gruppo di ricerca, nell'Umbria e nelle Marche a seguito del terremoto dell'autunno 1997, nell'ambito della quale sono stati rilevati i danni ad oltre 2000 chiese, colpite da intensità sismica compresa tra i gradi 5 e 8 della scala MCS. La successiva analisi statistica dei dati ha consentito di elaborare le matrici di probabilità di danno per le chiese (DPM - *Damage Probability Matrix*), tramite le quali è possibile una previsione del danno atteso, a fronte della raccolta di informazioni sul campo attraverso schedatura<sup>15</sup>.

Nel primo anno della ricerca ci si è quindi rivolti ad un riesame della metodologia, tenendo presente i limiti evidenziati nel corso dell'attività passata e considerando le caratteristiche peculiari del patrimonio nella Liguria Occidentale. Il risultato è stato la rielaborazione della scheda chiese GNDT, con un allargamento dei meccanismi di danno previsti ed una modifica nel metodo di rilievo della vulnerabilità, considerandone l'uso in fase preventiva e non di emergenza post-terremoto.

La banca dati utilizzata come base per il censimento del costruito monumentale è costituita dall'elenco dei beni architettonici ed ambientali vincolati ai sensi della Legge 1089/39, in possesso della Soprintendenza ai Beni Ambientali e Architettonici della Liguria, a noi fornita per questo progetto. Si tratta di un insieme di beni architettonici di vario genere (dal palazzo alla fontana, dal ponte alla cappella stradale), di cui si conoscono ubicazione (comune, località ed indirizzo), anno di assegnazione del vincolo e in molti casi i dati catastali. L'elenco dei beni vincolati non è però esaustivo del costruito monumentale presente sul territorio. A questo proposito è stato indispensabile integrare i dati già noti con quelli ottenuti attraverso un'indagine di tipo bibliografico. L'elenco è stato inoltre integrato con altri elenchi di manufatti storici di interesse (architettonico o paesistico), ad esempio predisposti dalla Regione Liguria nel *Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico* (PTCP).

L'analisi condotta ha consentito non solo di individuare ulteriori beni architettonici non soggetti a vincolo, ma anche di definire per molti oggetti l'epoca prevalente di costruzione e lo stato di conservazione (in molti casi non c'è stata una revisione del vincolo). Sull'intero territorio della sola provincia di Imperia sono stati censiti circa 1200 beni. Si tratta inevitabilmente di una cifra soggetta ad ulteriori modifiche, nel caso di oggetti non più presenti perché distrutti o oggetti non identificati nei testi esaminati.

### 3.3 Attività prevista nel 2° anno

#### *Costruito diffuso*

L'affidabilità dei dati ISTAT deve essere verificata, in quanto le informazioni raccolte dai rilevatori non erano finalizzate a tale scopo. Si prevede quindi di eseguire alcuni rilievi a campione, selezionando sia le aree più urbanizzate sulla costa, sia quelle dell'entroterra, al fine di una eventuale taratura.

Inoltre, si intende elaborare una semplice scheda che consenta di affinare le conoscenze sul patrimonio edilizio tramite l'acquisizione speditiva, condotta su base statistica in ciascuna sezione censuaria, di altri modificatori di comportamento (Tabella 3.5), per i quali saranno definiti opportuni punteggi.

Tabella 3.5. Proposta di altri modificatori di comportamento per l'analisi di vulnerabilità.

<i>Edifici in muratura</i>	<i>Edifici in cemento armato</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipologia EMS-98</li> <li>▪ Regolarità in elevazione</li> <li>▪ Regolarità in pianta</li> <li>▪ Posizione nell'aggregato (centri storici)</li> <li>▪ Dettagli costruttivi (catene, barbacani, archetti di contropinta, architravi)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Condizione del suolo</li> <li>▪ Qualità delle tamponature</li> <li>▪ Regolarità in elevazione</li> <li>▪ Regolarità in pianta</li> <li>▪ Elementi architettonici (bowindows, finestre a nastro)</li> </ul>

<sup>15</sup> Lagomarsino, S., Podestà, S., 1999. Metodologie per l'analisi di vulnerabilità delle chiese, *Atti del 9° Convegno Nazionale: L'Ingegneria sismica in Italia*, Torino, CD-ROM.

Questa scheda sarà in particolare applicata al comune di Taggia, individuato come area studio per analisi di livello più approfondito. In tal caso sarà quindi possibile effettuare un confronto tra i risultati di un'analisi condotta a livello territoriale, con "dati poveri", e lo scenario di danno ottenibile con valutazioni puntuali su ogni singolo edificio.

Negli Stati Uniti, ma ormai anche in Europa, le tendenze più recenti nel campo dell'analisi di rischio sismico e di scenario portano, tuttavia, ad operare con modelli meccanici, ancorché semplificati, gli unici che possono utilizzare in modo coerente le moderne valutazioni della pericolosità sismica (PGA, ordinate spettrali, spettri di risposta). In particolare la metodologia HAZUS<sup>16</sup> (HAZUS 1999), messa a punto dalla *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), rappresenta ormai lo standard nelle analisi di rischio sismico per gli Stati Uniti; essa si basa sul confronto tra la domanda del terremoto, espressa in termini di spettro ADRS – *Adimensional Displacement Response Spectrum*, e la capacità della struttura a sopportarlo, descritta da una curva forza-spostamento, valutata attraverso un'analisi incrementale a collasso, normalizzata alla massa sul primo modo di vibrazione. Ovviamente tali curve sono fornite a priori per le diverse tipologie, sulla base di pochi parametri dimensionali e costruttivi; su di esse sono individuati alcuni significativi stati limite di danno. Tale approccio è utilizzato, con qualche variante, nel *Progetto Catania*<sup>17</sup>, in parallelo con le tradizionali metodologie GNDT.

Il metodo fino ad ora sviluppato non contempla ancora tale approccio che, pur se promettente, necessita di una robusta validazione sperimentale, per lo meno sulle tradizionali costruzioni in muratura del territorio italiano. Tuttavia l'inquadramento generale prima descritto, con riferimento al censimento ed alla classificazione del costruito, non preclude concettualmente lo sviluppo di un modello di questo tipo. Nel secondo anno di attività si lavorerà anche su questo, proponendo curve di capacità per le diverse categorie di edifici, in relazione alla loro altezza ed agli altri parametri contenuti nella base dati dell'ISTAT.

### *Costruito monumentale*

Un primo aspetto che verrà affrontato nel secondo anno è l'organizzazione informatica dei dati sul patrimonio monumentale e la successiva archiviazione in ambito GIS. Per quanto possibile si procederà ad una georeferenziazione puntuale dei manufatti: tale operazione sarà condotta per tutti i monumenti dell'area studio (Taggia) e su quelli di maggior importanza nell'intera area analizzata dal progetto. Gli altri manufatti saranno associati al perimetro del centro abitato nel quale si trovano.

Con riferimento alle chiese, la campagna di schedatura sarà estesa anche fuori dalla zona di approfondimento (area studio), andando a considerare le emergenze segnalate dalla Soprintendenza.

Inoltre, si intendono sviluppare nuove schede per il rilievo della vulnerabilità di altre tipologie di manufatti monumentali: torri, ponti ad arco, conventi.

Infine si studieranno i centri storici nel loro insieme, intesi come patrimonio storico, architettonico ed ambientale. Su questo fronte esistono già delle metodologie e schede specifiche, che saranno analizzate ed applicate. L'interesse in tal senso è molto forte nella Liguria Occidentale, disseminata di moltissimi borghi, nessuno particolarmente importante ma che nel complesso caratterizzano il territorio. Questi centri storici sono spesso collocati in posizione critica dal punto di vista degli effetti di amplificazione topografica del moto sismico (creste, vette, ecc.); la UR 3 ha già studiato alcuni di questi casi, la cui maggiore pericolosità è suffragata anche da dati di sismicità storica. Ha quindi senso effettuare un'analisi di rischio che consideri i centri storici come entità unitaria, valutandone la pericolosità, la vulnerabilità media del costruito ed il loro valore.

---

<sup>16</sup> HAZUS 1999. *Earthquake Loss Estimation Methodology*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C..

<sup>17</sup> Faccioli, E., Pessina, V., Calvi, G.M. & Borzi, B. 1999. A study on damage scenarios for residential buildings in Catania city. in E. Faccioli & V. Pessina (eds), *The Catania Project*, CNR-GNDT, Roma, pp. 169-185.

## 4 CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA E RILIEVO DEL COSTRUITO

### 4.1 *Edifici in muratura: materiali e tecniche costruttive*

Unità di Ricerca 4 – Responsabile: Luigia Binda

*DIS, Politecnico di Milano, Milano*

Collaboratori: G. Baronio, A. Anzani, A. Saisi, A. Baila, D. Penazzi, C. Tedeschi, L. Cantini

Il progetto si propone di mettere a confronto ed integrare diverse metodologie, consolidate ed innovative, per la costruzione di scenari di danno in aree urbane. La Liguria occidentale è una regione di grande interesse non solo sotto il profilo della storia sismica, si tratta infatti di una regione geografica interessata da un'elevata attività sismica caratterizzata da eventi altamente distruttivi come il terremoto del 1887 di cui si hanno notizie storiche, ma anche per le caratteristiche del costruito. Per tali ragioni si presta ad essere studiata con strumenti di dettaglio per individuare l'omogeneità del costruito, dei materiali, delle tecniche costruttive e dell'ambiente urbano, quest'ultimo caratterizzato da molti piccoli centri di notevole valore storico e culturale.

L'obiettivo della ricerca si concentra su due aree campione scelte secondo i criteri indicati nella descrizione del progetto:

- un sito urbanizzato nella fascia litoranea, in cui coesistono un centro storico ed un insediamento recente: Taggia;
- un sito montano caratterizzato da un piccolo centro storico isolato: Baiardo.

Il lavoro fino ad oggi svolto riguarda una prima campagna di rilievo volta all'identificazione delle tipologie e alle tecnologie costruttive più ricorrenti. All'interno di queste categorie sono stati selezionati due casi studio.

Nel comune di Taggia la scelta è caduta su un edificio di carattere in parte monumentale ubicato nel centro storico. Si tratta di un'area di vaste dimensioni, in stato d'abbandono, caratterizzata da un complesso frutto d'aggregazioni successive ad oggi conosciuto come ex Convento delle suore della Visitazione con annessa la Chiesa di Santa Teresa.

Nel comune di Baiardo il caso studio si identifica con un complesso di edifici di edilizia minore.

#### 4.1.1 *Il comune di Taggia*

Taggia venne fondata a seguito dell'invasione di Rotari (641) e delle successive incursioni saracene che avevano reso insicuro il precedente insediamento costiero (Costa Balenae).

Gli abitanti edificarono il nuovo centro all'interno della valle del torrente Aulella ai piedi dei primi rilievi collinari costituendo così intorno al XI e XII sec. un borgo medioevale fortificato con relativo castello "Castrum Tabia".

La storia del borgo è legata alla lunga colonizzazione benedettina protrattasi fino all'avvento dei marchesi Clavesana prima e della Repubblica Genovese poi. Le varie fasi di espansione del borgo sono sottolineate dall'edificazione di nuove cinte murarie; come risulta dalla documentazione storica esse furono edificate a diverse riprese. La prima cerchia di mura risale al X- XI sec. danneggiata per rappresaglia dai genovesi nel 1203 e poi ricostruita. Comprende l'Acropoli con le porte Soprana, Sottana e di Barbarasa. La seconda cerchia edificata tra l'XI e XII sec. includeva le case della parte di ponente (via san Dalmazzo) della porta di Barbarasa verso sud, risalendo poi il vallone di Santa Lucia fino alla porta Sottana. La terza cerchia di mura venne costruita fra il 1410 ed il 1554 con le torri Ciazzo, di Borgoratto (dell'Orso), Calligaria del pozzo (o Gombo), del Ponte (Figura 4.4.1).

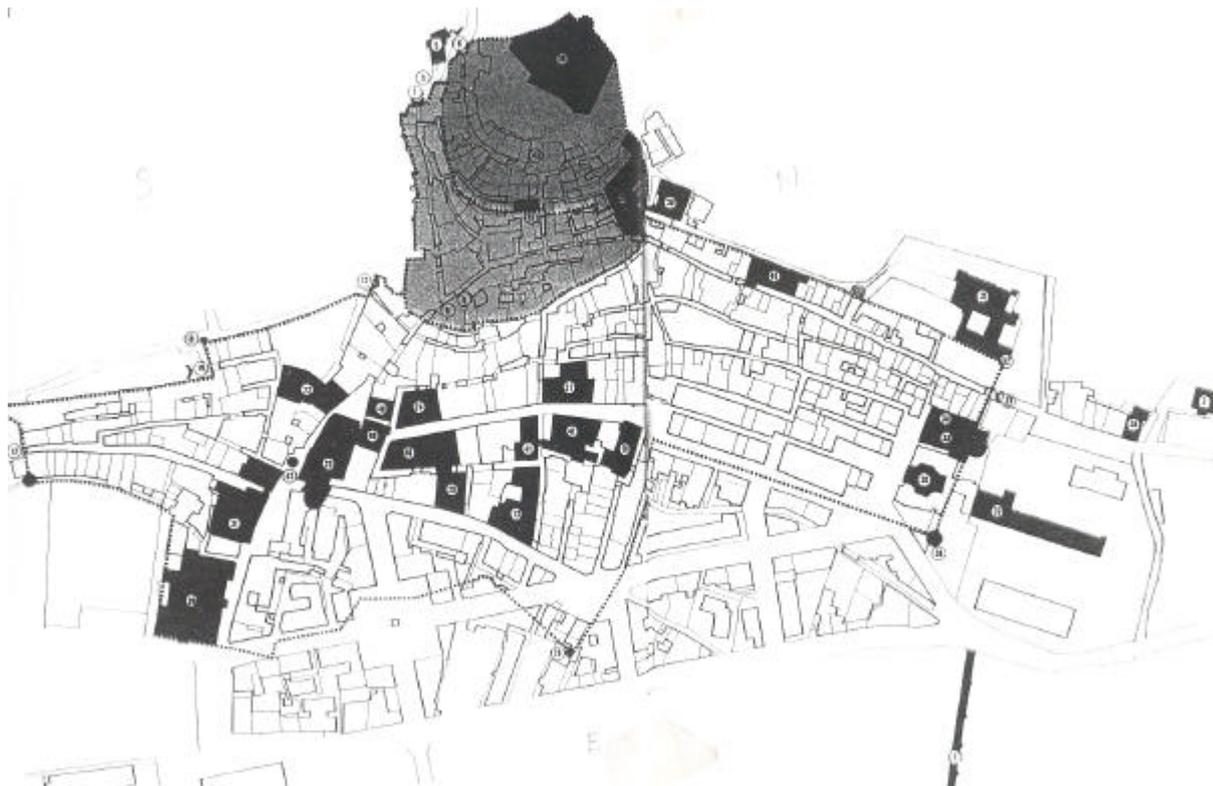


Figura 4.4.1. Planimetria di Taggia: individuazione delle cerchie murarie.

#### 4.1.1.1 Tipologie murarie

La ricerca ha per oggetto una regione geografica interessata da un'elevata attività sismica, caratterizzata da eventi altamente distruttivi come testimoniano gli eventi del terremoto del 1887 di cui si hanno notizie storiche.

Le murature rilevate nel centro storico di Taggia sono state suddivise per *tipologie omogenee*. Per ciascun caso si è cercato di individuare le conoscenze tecnologiche e i criteri di carattere funzionale ed estetico per le scelte dei materiali di ogni opera, le tecniche con cui tali materiali sono stati estratti, lavorati e messi in opera per un miglior rendimento e per una maggior durata nel tempo.

Per quanto riguarda la tessitura del muro, quest'ultima dipende in parte dalle capacità esecutive dei costruttori ed in parte dalle caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati.

L'approccio alla struttura muraria si compone di una procedura di indagine volta alla conoscenza del paramento murario e, ogni qualvolta sia possibile, della sua sezione.

Il rilievo della sezione e dei paramenti murari viene eseguito mediante fotografia scattata il più possibile parallelamente alla superficie muraria, ponendo sulla sezione o sul paramento un'asta graduata in modo da conoscerne le dimensioni, verificate con il metodo del rilievo archeologico (scala 1:1).

La restituzione grafica in 2D viene realizzata avendo cura di rappresentare le pietre, i giunti, i vuoti. Successivamente si procede alla misura delle superfici occupate dai diversi materiali costituenti la muratura, calcolando poi le aree percentuali, la dimensione e la distribuzione dei vuoti. Tali informazioni sono utili sia per la definizione di leggi costitutive per la modellazione del comportamento meccanico della muratura, sia per l'eventuale progettazione di interventi di consolidamento (es. iniezioni).

La campagna di rilievo ha preso il via dal centro storico di Taggia e attualmente si è concentrata all'interno delle mura duecentesche. Nel centro storico di Taggia le tipologie più ricorrenti possono essere suddivise come segue.

### ***Apparecchiatura a corsi regolari***

Corsi ad andamento prevalentemente orizzontale (Figura 4.1.2) con conci in pietra squadrati e bozze con elevato grado di lavorazione (blocchetti spaccati e squadrati in cava, disposti a corsi).

La regolarità geometrica della tessitura fa sì che la presenza di zeppe in pietra sia limitata a pochi elementi di dimensioni ridotte.

I *litotipi* presenti sono prevalentemente rocce calcaree e arenarie.

I *gradi di lavorazione* raggiunti sono: spacco, sbozzatura e squadratura, per le pietre calcaree; rifilatura e spianatura, per le arenarie.

La lunghezza dei conci va da un minimo di 15 cm ad un massimo di 40 cm, con una media ricorrente di 30-35 cm.

La malta, quando presente, è tirata a filo dei conci. Lo spessore dei giunti va da 0,2 a 1 cm a seguito dell'ottima connessione fra conci. La malta si presenta di colore variabile: paglierino, grigio e bianco.

In tre casi è stato possibile comparare la tipologia del paramento murario esterno con la sezione relativa ed il corrispondente paramento interno. In due di essi la sezione si presenta prevalentemente a due paramenti con giunto interno costituito da ciottoli e schegge in pietra di varie dimensioni, frammista a malta (Figura 4.1.3). Nel terzo caso il riempimento interno della sezione assume l'aspetto e le dimensioni di un terzo paramento. Il paramento interno presenta una tessitura meno regolare ed omogenea ed i conci sono di dimensioni più piccole (10 - 15 cm), e di forma più irregolare (Figura 4.1.4).



Figura 4.1.2. Tessitura muraria a corsi regolari



Figura 4.1.3. Sezione a due paramenti.



Figura 4.1.4. Sezione a tre paramenti.

### ***Apparecchiatura a corsi suborizzontali***

Corsi ad andamento prevalentemente suborizzontale con conci in pietra sbozzati (Figura 4.1.5). a tessitura presenta diverse zeppe in pietra di dimensioni variabili.

I *litotipi* presenti sono rocce calcaree e arenarie.

I *gradi di lavorazione* raggiunti sono: sbozzatura, squadratura e spacco, per le pietre calcaree; spacco e sbozzatura, per le arenarie.

La dimensione dei conci va da piccola a grande (da 5 cm a più 25 cm) con una variabilità molto elevata che rende poco significativo individuare una dimensione media. Si riscontra la sporadica presenza di conci con faccia a vista di forma tendente al quadrato.

Lo spessore dei giunti oscilla da 0,2 a 2 cm.



Figura 4.1.5. Tessitura muraria a corsi suborizzontali.

### ***Apparecchiatura a corsi suborizzontali con ricorsi a distanze non regolari***

Corsi ad andamento prevalentemente suborizzontale e presenza di ricorsi a intervalli regolari con conci in pietra sbozzati e/o squadrati (Figura 4.1.6).

La tessitura presenta diverse zeppe in pietra di dimensioni variabili. Questi elementi lapidei si presentano sia sotto forma di scaglie inserite fra i conci per garantire una migliore aderenza con i giunti di malta, sia come conci di dimensioni ridotte e ad andamento prevalentemente verticale, di altezza pari a quella del filare corrispondente, posti in opera con la funzione di zeppe.

I *litotipi* presenti sono rocce calcaree e arenarie.

I *gradi di lavorazione* raggiunti sono: sbozzatura, squadratura e spacco, per le pietre calcaree; spacco e sbozzatura, per le arenarie.

La dimensione dei conci varia da da 5 cm a più 25 cm. sono presenti di conci con faccia a vista di forma tendente al quadrato. Lo spessore dei giunti oscilla da 0,2 a 2 cm. Nel caso illustrato la malta di stilatura è completamente decoesionata e dilavata.

### ***Apparecchiatura irregolare***

Corsi ad andamento *irregolare* con ciottoli, pietre informi e/o lastre disposti in maniera disordinata. La tessitura presenta diverse zeppe in pietra e ciottoli di dimensioni variabili (Figura 4.1.7).

La costruzione ha visto l'utilizzo di pietre di medie dimensioni, prive di ogni lavorazione e con tecnica priva di corsi ma con un'accuratezza e una ricerca della miglior combinazione fra i vari elementi poligonali con l'aiuto di scaglie che assicurano i contatti.

I *litotipi* presenti sono rocce calcaree e arenarie.

I *gradi di lavorazione* raggiunti sono: sbozzatura e spacco, per le pietre calcaree; spacco e sbozzatura, per le arenarie.

La dimensione dei conci varia da 5 cm a più di 25 cm.

La malta talvolta copre i bordi dei conci e di conseguenza la misura dei giunti varia notevolmente soprattutto in corrispondenza degli spigoli dei conci da un minimo di 1 cm a un massimo di 5 cm. Si riscontra la presenza, sebbene non costante, di stilatura. In alcuni casi la malta di stilatura risulta dilavata completamente. La malta si presenta compatta, di colore variabile (giallo, grigio, bianco).



Figura 4.1.6. Corsi suborizzontali con ricorsi.



Figura 4.1.7. Tessitura muraria a corsi irregolari.

Nella figura 4.1.8 riportiamo la collocazione delle tipologie all'interno del centro storico di Taggia.



Figura 4.1.8. Distribuzione delle tipologie murarie rilevate.

#### **4.1.1.2 Caso studio: il convento delle suore della visitazione e la chiesa di Santa Teresa**

Il Convento delle Suore della Visitazione è un ampio complesso architettonico frutto di innumerevoli trasformazioni e interventi edilizi succedutisi nel tempo. L'intero edificio fa riferimento ad un nucleo centrale costituito da un grosso edificio sei-settecentesco, da un corpo quattro-cinquecentesco (con tracce di un edificio civile trecentesco) e da parti aggregate di edilizia minore che formano un organismo unico di grandi dimensioni all'interno del centro storico di Taggia (Figure 4.1.9, 4.1.10).



Figura 4.1.9. Convento Suore della Visitazione.

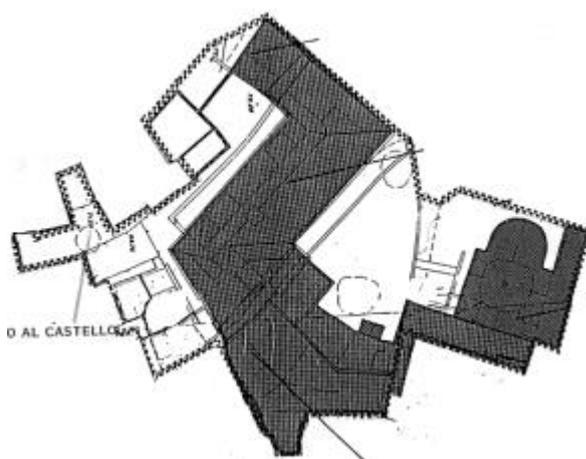


Figura 4.1.10. Schema planimetrico.

Il complesso, nato come monastero, venne costruito in tre diversi periodi; la parte più alta ora estremamente danneggiata nacque nel tardo cinquecento e nel 1614 divenne sede del "Conservatorio della Visitazione"; nel 1666 (come attestano i documenti storici e la lapide posta sull'edificio) venne fondato un convento di Suore Carmelitane; in seguito quest'ultimo venne ingrandito e nel 1715 si costruì ad uso esclusivo del convento, la Chiesa di Santa Teresa, ultimata nel 1732.

Con l'incameramento dei beni ecclesiastici nel 1798 il bene passò in proprietà al comune che vi installò una scuola e una prigione. Successivamente l'edificio subì altre trasformazioni (Figura 4.1.11) in funzione di nuove destinazioni d'uso; ad oggi l'edificio è in stato di quasi abbandono.

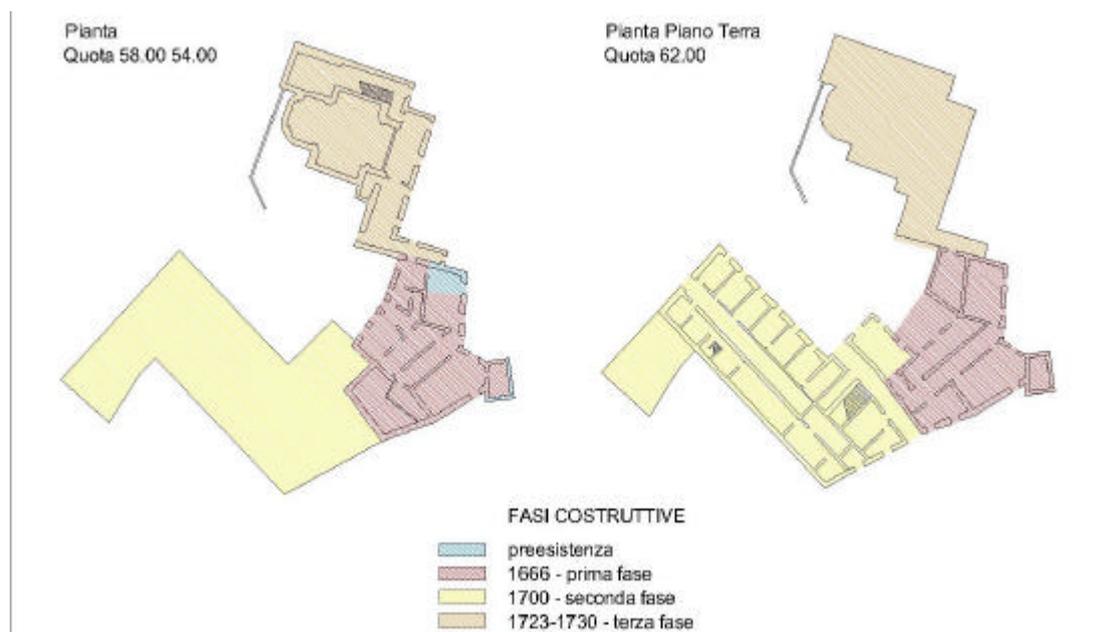


Figura 4.1.11. Fasi costruttive.

Attualmente si sta tentando di mettere a confronto tali informazioni relative alle fasi aggregative con quelle che riguardano le tipologie costruttive rilevabili all'interno del complesso (Figura 4.1.12). Lo scopo è quello di ottenere una precisa conoscenza del complesso e dei suoi legami con le tipologie costruttive del centro abitato.



Figura 4.1.12. Esempio di tessitura muraria all'interno del convento.

#### 4.1.2 *Il comune di Baiardo*

Il centro storico di Baiardo è situato a 900 metri sul livello del mare. Il borgo è di origine medioevale. Feudo dei conti Ventimiglia viene occupato dai genovesi nel 1259 e rimane sotto il loro dominio fino al 1779 con la nascita della Repubblica Ligure. La parte alta del paese, in prossimità della chiesa e del castello, venne abbandonata a seguito del terremoto del 1887, comportando un'espansione del centro abitato verso valle. Il punto di accesso alla parte medioevale è il Portaro del Piano, una porta trecentesca. Il borgo al di là della porta è costituito da percorsi radiali e passaggi voltati. Rimangono molti ruderi di edifici del basso medioevo.

##### 4.1.2.1 *Caso studio: complesso di edifici nel centro storico di Baiardo*

L'edificio su cui si concentrerà l'attività di ricerca si trova nel nucleo antico di Baiardo, in prossimità dei ruderi della "Chiesa Vecchia" di San Nicolò e del castello dei Ventimiglia.

Il complesso si può far risalire, come epoca costruttiva al XII secolo, facendo riferimento alle informazioni storiche riguardanti sia il paese che la "Chiesa Vecchia".

Una chiara somiglianza è leggibile tra i paramenti murari dell'edificio in oggetto e quello più antico della chiesa. L'antica facciata (ora parete laterale) mostra chiaramente un paramento murario costituito da elementi irregolari in pietra, di varia pezzatura, sovrapposti con poco legante, con interstizi colmati da scaglie, identificabile



Figura 4.1.13. Veduta generale.

con la prima fase costruttiva della chiesa che si può far risalire al Medioevo. Questo ci permette di attribuire alla medesima epoca anche alcune delle murature dell'abitato più antico di Baiardo.

Dal punto di vista della tipologia costruttiva, il complesso (Figura 4.1.13) può essere ricondotto alla cosiddetta "casa Ligure": l'edificio, infatti, si struttura nella forma inconfondibile, detta "a gradoni", appoggiandosi al pendio e incrementando la superficie abitabile, ai piani superiori sfruttando l'arretrarsi del versante. A differenza della "casa ligure" l'edificio non presenta un volume nettamente definito, ma un complesso di volumi accostati fra loro.

Per quanto riguarda la distribuzione e l'organizzazione interna si ritrova la distinzione fra la funzione abitativa, esercitata ai piani superiori e quella lavorativa che trova posto ai piani inferiori. Una conferma di ciò si può avere osservando le diverse caratteristiche delle aperture, presenti ai diversi livelli:

- Piano terra: aperture piccole e provviste di grate, e porte di accesso ad un battente con architrave superiore in legno.
- Piani superiori: aperture grandi, a finestra e porte di accesso ai vari livelli dall'esterno.

La copertura del complesso è articolata, in dipendenza del fatto che esso è costituito da più volumi di differenti altezze; le varie parti sono realizzate a capanna, con manto prevalentemente in ardesia, tranne che per una porzione in laterizio.

Sul complesso in esame, al termine del rilievo, verranno individuati i diversi siti di prova.

### 4.1.3 Prove in situ

All'interno degli edifici prescelti verranno eseguite prove in situ e prove in laboratorio atte a caratterizzare la tessitura muraria, la struttura e i materiali della muratura oggetto di studio. Le prove in situ ritenute necessarie consistono in indagini soniche; prove con i martinetti piatti e prelievo e caratterizzazione dei materiali in laboratorio.

I metodi di controllo sonici si collocano tra le indagini non distruttive capaci di caratterizzare e descrivere qualitativamente la muratura.

I martinetti piatti si collocano tra le prove semidistruttive, utili ad individuare lo stato di sollecitazione e il comportamento tenso-deformativo della muratura.

Il prelievo dei materiali verrà eseguito al fine di caratterizzare da un punto di vista chimico, fisico e meccanico i componenti della muratura e, insieme al rilievo geometrico, allo scopo di studiare anche le tecniche costruttive.

Di seguito riportiamo i risultati delle prime prove soniche effettuate.

#### 4.1.3.1 Indagini soniche

Le prove soniche sono indagini non distruttive capaci di caratterizzare e descrivere qualitativamente la muratura. Il principio su cui si basano dipende da alcune relazioni che legano la velocità di propagazione delle onde elastiche in un mezzo materiale, alle proprietà elastiche del mezzo stesso. Se il materiale è elastico continuo omogeneo e isotropo la velocità di propagazione delle onde elastiche è direttamente correlabile alle caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale, secondo la relazione:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

dove:  $\rho$  è la densità del materiale; E il modulo di Young.

#### Descrizione della prova

Le indagini soniche possono essere effettuate secondo tre modalità (per trasparenza, in superficie, per trasmissione radiale) a seconda della posizione relativa assunta dal trasmettitore e dal ricevitore sulle superficie murarie (su lati opposti, sullo stesso lato e su lati adiacenti della muratura).

Il metodo di trasmissione per trasparenza consiste nella scelta di punti di emissione e di ricezione dei segnali, posizionati su due lati opposti della muratura, alla stessa altezza dal piano di calpestio e in modo che la loro congiungente sia perpendicolare alle superfici. Se è disponibile una sola superficie si possono eseguire misure con punti di emissione e ricezione localizzati sullo stesso lato, lungo una linea retta (verticale o orizzontale). Sulla superficie di prova, si impone una griglia regolare di punti di misura indicati direttamente sul materiale con tracce facilmente eliminabili (gesso) per non arrecare danni al paramento murario. La prova consiste nel sollecitare una porzione di muratura precedentemente individuata utilizzando un martello a mano, opportunamente strumentato a livello di cella di carico.

Il martello colpisce punti prestabiliti della superficie muraria generando delle onde elastiche (frequenza pari a 20 – 20.000 Hz) che si propagano nello spessore murario. L'intensità dell'impulso generato ed il suo contenuto in frequenza, dipendono dalla durezza della punta del martello e dell'area d'impatto; sono rilevate attraverso un trasduttore di forza incorporato nel martello.

La propagazione dell'onda elastica nella struttura muraria è rilevata da un accelerometro posizionato, sulla superficie opposta (prova per trasparenza) oppure sulla stessa superficie (prova in superficie) dove viene impartito il colpo. La velocità di propagazione dell'onda elastica è calcolata dividendo lo spessore della sezione muraria per il tempo di percorrenza. Si rileva una diminuzione della velocità di propagazione quando nel materiale sono presenti zone aventi diverso grado di aggregazione, vuoti o cavità e quando la densità del materiale è diminuita da fenomeni di degrado.

### **Strumentazione**

Per le prove soniche, si sono utilizzati:

- un trasmettitore (martello Dytran – modello 5801A4);
- un ricevitore (accelerometro Wilcoxon Research - modello 916BTO-1);
- un oscilloscopio Panasonic 20MSPS;
- un P.C. portatile (STJ SERIE).

### **Descrizione e ubicazione delle prove effettuate**

Al settembre 2001 sono state effettuate indagini soniche su due murature portanti dell'ex Convento delle Suore della Visitazione come indicato nella figura 4.1.14, nella medesima immagine vengono indicati gli altri due punti dove verranno effettuate successive indagini.

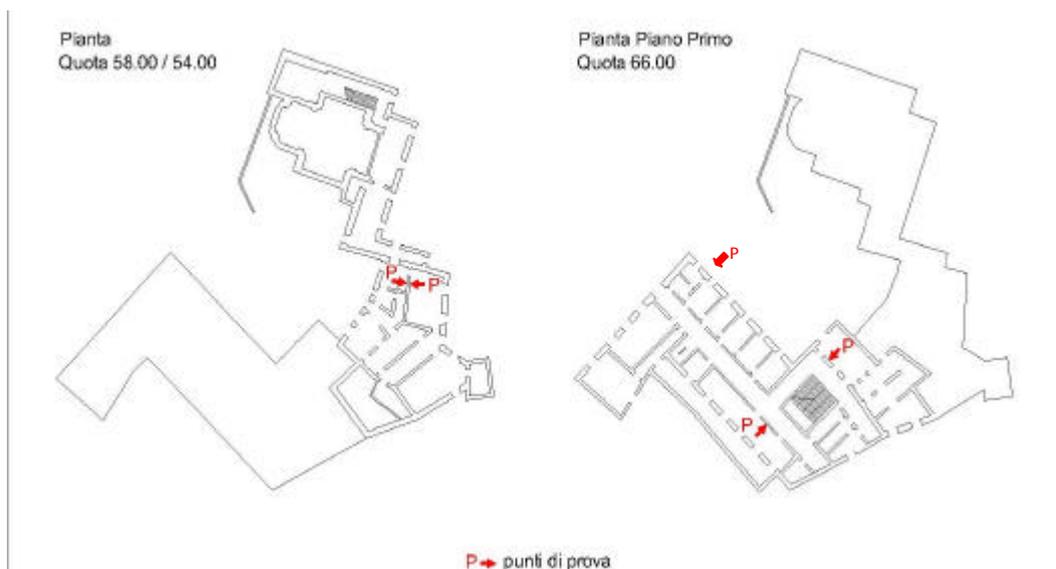


Figura 4.1.14. Localizzazione delle prove soniche.

## Risultati delle prove

Con la prova MT1 (Figure 4.1.15, 4.1.17) si sono misurati valori di velocità compresi tra 566 e 1700 m/s (tabella 1): va considerato che la mancanza d'intonaco in alcuni punti della muratura analizzata può aver comportato una certa dispersione dei risultati ottenuti, d'altra parte differenza tra le velocità nei vari punti è principalmente influenzata dalla disposizione di pietre, mattoni e malta. Per quanto riguarda la prova mt1 i valori si distribuiscono principalmente entro un intervallo compreso fra 600 e 900 m/sec, con un picco nel punto 17-18. Tali discrepanze sono determinate dall'irregolarità della tessitura. Si può supporre che sotto i punti 17-18 vi sia una pietra di maggiori dimensioni.

Con la prova MT2 (Figure 4.1.16, 4.1.18) sono stati misurati valori delle velocità più uniformi e mediamente più bassi rispetto alla prova precedente compresi tra 460 e 1000 m/s (Tabella 4.1.1). In questo caso la superficie del muro conserva un rivestimento di intonaco ancora integro.

Le prove sui pannelli in esame verranno ripetute dopo aver asportato lo strato di intonaco.

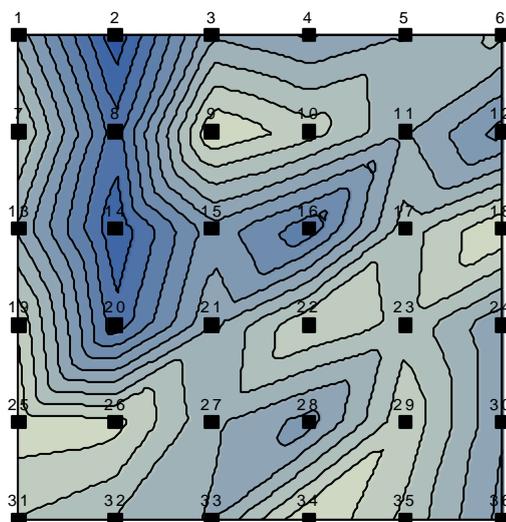


Figura 4.1.15. Sito di prova MT1.



Figura 4.1.16. Sito di prova MT2.

CONVENTO DELLA VISITAZIONE A TAGGIA (IM)  
Indagini soniche per trasparenza: prova MT2  
Spessore muratura: cm 61



CONVENTO DELLA VISITAZIONE a Taggia (IM)  
Indagini soniche per trasparenza: prova MT1  
Spessore muratura: cm 64

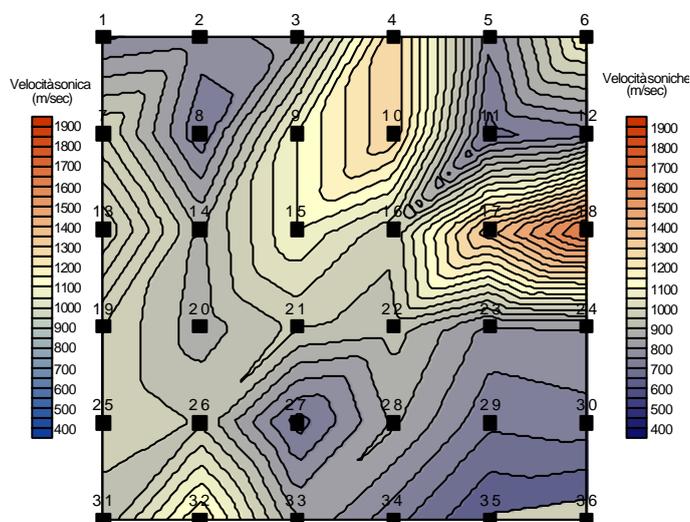


Figure 4.1.17 - 4.1.18. Rappresentazione in superficie della velocità sonica per le prove MT1 e MT2.

Tabella 4.1.1. Valori ottenuti dalle prove soniche MT1 e MT2.

Monastero della Visitazione a Taggia (IM)			
Indagine sonica per trasparenza MT1			
Punto di prova	Spessore (metri)	Tempo (msec)	Velocità (m/sec)
1	0,64	0,00086177	742,7
2	0,64	0,00082474	776
3	0,64	0,00077838	822,2
4	0,64	0,00050502	1300
5	0,64	0,00085093	752,1
6	0,64	0,00059877	1100
7	0,64	0,00062156	1000
8	0,64	0,00090742	705,3
9	0,64	0,000601	1100
10	0,64	0,00048313	1300
11	0,64	0,00095818	667,9
12	0,64	0,00088183	725,8
13	0,64	0,00052988	1200
14	0,64	0,00071952	889,5
15	0,64	0,00058223	1100
16	0,64	0,00066381	964,1
17	0,64	0,00044364	1400
18	0,64	0,00038537	1700
19	0,64	0,00061971	1000
20	0,64	0,000735	870,7
21	0,64	0,00066631	960,5
22	0,64	0,00069071	926,6
23	0,64	0,00081684	783,5
24	0,64	0,00079936	800,6
25	0,64	0,00061043	1000
26	0,64	0,00067764	944,5
27	0,64	0,00095008	673,6
28	0,64	0,00074428	859,9
29	0,64	0,00090071	710,6
30	0,64	0,00087977	727,5
31	0,64	0,00070845	903,4
32	0,64	0,00054775	1200
33	0,64	0,00075256	850,4
34	0,64	0,00088871	720,1
35	0,64	0,00108256	591,2
36	0,64	0,00113073	566
Velocità massima: punto 18			1700
Velocità minima: punto 36			566
Velocità media totale			925,96

Monastero della Visitazione a Taggia (IM)			
Indagine sonica per trasparenza MT2			
Punto di prova	Spessore (metri)	Tempo (msec)	Velocità (m/sec)
1	0,61	0,00077815	783,9
2	0,61	0,00132511	460,3
3	0,61	0,00077048	791,7
4	0,61	0,00081938	744,5
5	0,61	0,00076388	798,6
6	0,61	0,00070829	861,2
7	0,61	0,00066993	910,5
8	0,61	0,00107017	570
9	0,61	0,00060167	1000
10	0,61	0,00065712	928,3
11	0,61	0,00075682	806
12	0,61	0,0008986	678,8
13	0,61	0,00077172	790,4
14	0,61	0,00120377	506,7
15	0,61	0,00083682	728,9
16	0,61	0,00099535	612,9
17	0,61	0,00069659	875,7
18	0,61	0,00060907	1000
19	0,61	0,0006472	942,5
20	0,61	0,00108049	564,6
21	0,61	0,00076942	792,8
22	0,61	0,00063991	953,3
23	0,61	0,00068891	885,5
24	0,61	0,00080939	753,7
25	0,61	0,00062147	981,5
26	0,61	0,0006297	968,7
27	0,61	0,00075285	810,3
28	0,61	0,00083956	726,6
29	0,61	0,00064886	940,1
30	0,61	0,00080706	755,8
31	0,61	0,00068082	896
32	0,61	0,00072075	846,3
33	0,61	0,00076738	794,9
34	0,61	0,00060085	1000
35	0,61	0,00068793	886,7
36	0,61	0,00083044	734,6
Velocità massima: punti 9 – 18			1000
Velocità minima: punto 2			460
Velocità media totale			807,84

#### 4.1.4 Attività prevista nel 2° anno

- Proseguimento della campagna di prove in situ ed in laboratorio nel complesso dell'ex Convento delle Suore della Visitazione: prove soniche, martinetti piatti, prelievo e caratterizzazione dei materiali.
- Inizio della campagna di prove in situ ed in laboratorio nel complesso edilizio di Baiardo: prove soniche, martinetti piatti, prelievo e caratterizzazione dei materiali.

## **4.2 Edifici in muratura: tipologie costruttive nei centri storici**

Unità di Ricerca 5 – Responsabile: Carlo Baggio  
DiPSA, III Università di Roma, Roma

Collaboratori: Paola Geremia, Beatrice Castagna

La ricerca in questo primo anno si è concentrata su due centri storici: Bussana Vecchia e Taggia.

### **4.2.1 BUSSANA VECCHIA**

#### **4.2.1.1 Sismicità storica**

Il sito di Bussana Vecchia ha subito tre sismi di una qualche rilevanza nel corso del XIX secolo: nel maggio del 1831 con 1 vittima e notevoli danni alle costruzioni, nel 1854 con il crollo di una casa, di una antica torre e 2 vittime (alcune case nella parte alta del paese vengono abbandonate e si costruiscono archi di contrasto tra gli edifici) ed un sisma distruttivo nel 1887 con 55 vittime e numerosi feriti. Dopo tale evento il borgo di Bussana viene dichiarato inabitabile e abbandonato. In DOM4.1 ai tre eventi vengono attribuite rispettivamente le intensità MCS 7, 7, 8/9.

#### **4.2.1.2 Fasi storiche dello sviluppo urbano**

Attorno al 1140 esisteva sulla sommità della collina rocciosa un castello dei conti di Ventimiglia con alcune abitazioni intorno. Alla fine del sec. XII Bussana passa sotto il dominio di Genova, il castello viene abbandonato e si apre un periodo di decadenza; più tardi il sito riprende a crescere, nel 1357 Bussana e Taggia formano un unico Comune, ma nel 1429 si perviene alla separazione e Bussana ottiene da Genova autonomia amministrativa.

Nel sec. XIV un nucleo abitato a ponente del castello è detto "le rocche"; una unica porta ("porta del comune" ) apre l'accesso alla "montà", una via che si biforca tra la via Cisterna che sale verso nord e il castello e la via Rocche, più lunga e popolata, anch'essa orientata verso nord ma più centrale rispetto all'abitato.

Nel sec. XV a sud del vecchio abitato, al di fuori della seconda cerchia di mura, c'è una nuova chiesa attorno alla quale si comincia a costruire sin dal 1520 un nuovo nucleo con case e strade più ampie; due strade si dipartono dalla chiesa: il "carruggio del forno" ora via Geva e il "carruggio della chiesa" ora via dell'Ospedale; le due vie si ricongiungono in basso. Nel 1543 si edifica in questo incrocio una nuova porta ("porta Vallao") sempre per difesa nei confronti delle incursioni saracene. Nel 1560 si edifica a levante della chiesa porta bauda.

Nel '600 una nuova strada "carruggio delle volte o delle zotte" si diparte a nord-ovest della chiesa in una area a forte dislivello realizzando nuovi edifici sotto il bauzo o balzo, parte elevata della collina.

Nel 1700 si costruisce attorno alla nuova strada dell'Arma o di S. Giovanni fuori porta Bauda. (Figure 4.2.1a-b-c).

#### **4.2.1.3 Stato di fatto**

Dalla planimetria e dalle immagini è rilevabile lo stato di rudere del sito; le stesse strade della parte più antica del borgo, costruita attorno al castello e anteriore al sec. XVI sono spesso ostruite e inagibili. Negli anni 60 si insedia a Bussana una comunità di artisti e alcuni edifici sono riattati e abitati. Appare dunque una vulnerabilità legata al riuso di cui si fa cenno nel seguito. (Figure 4.2.2a-b).

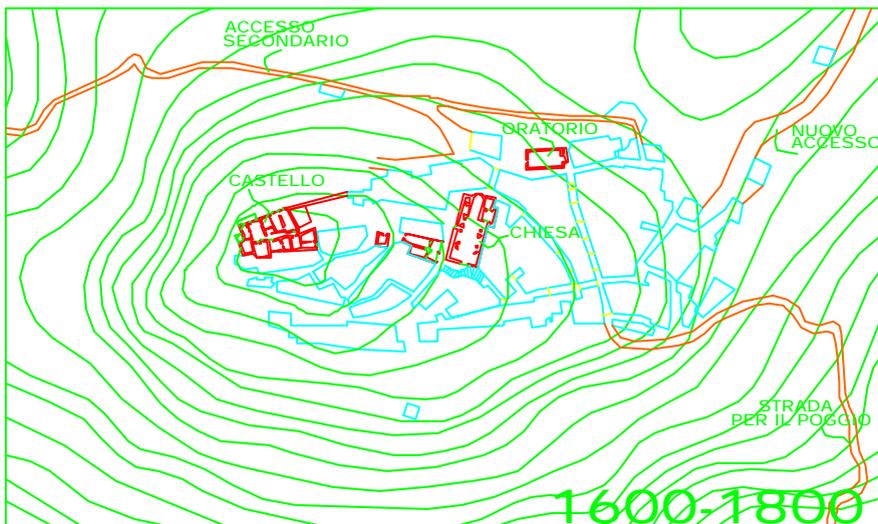
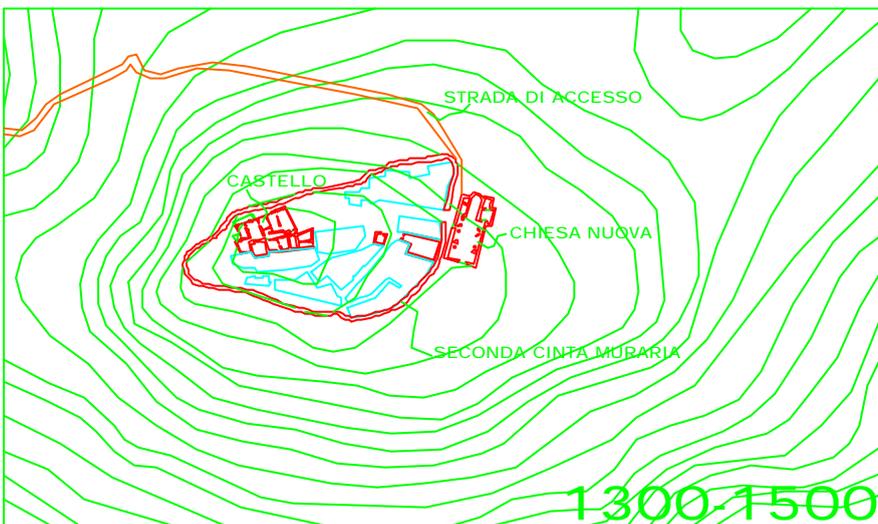
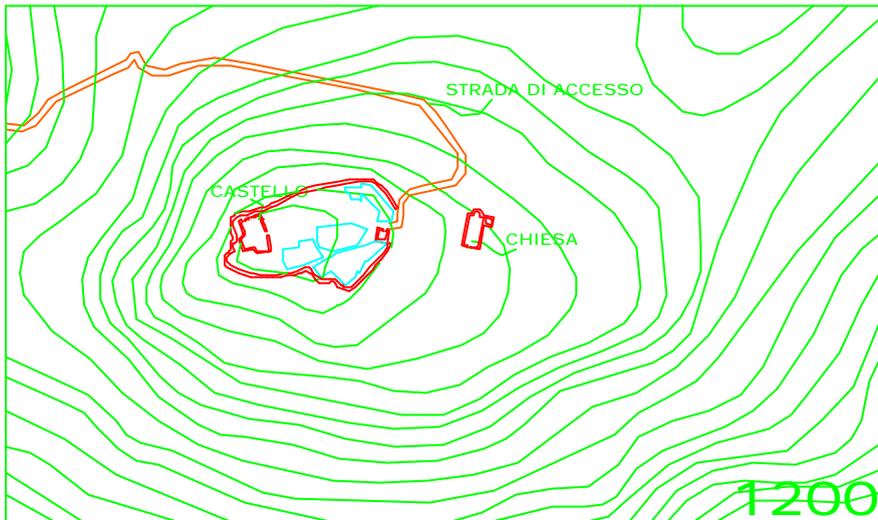


Figura 4.2.1. Fasi storiche dello sviluppo urbano.

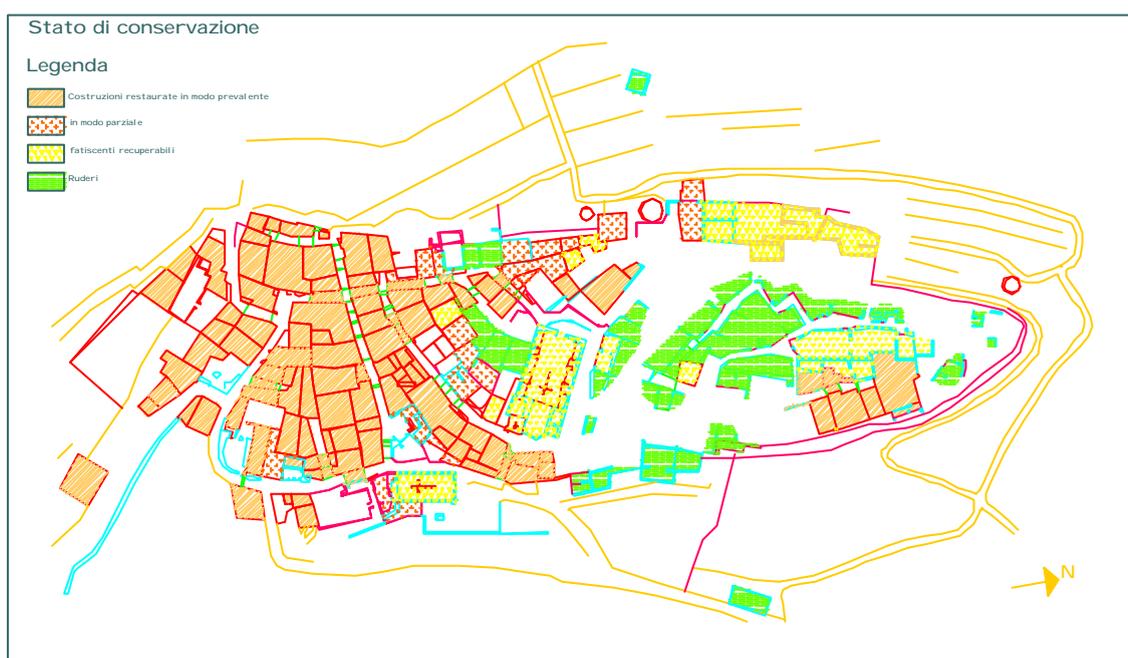
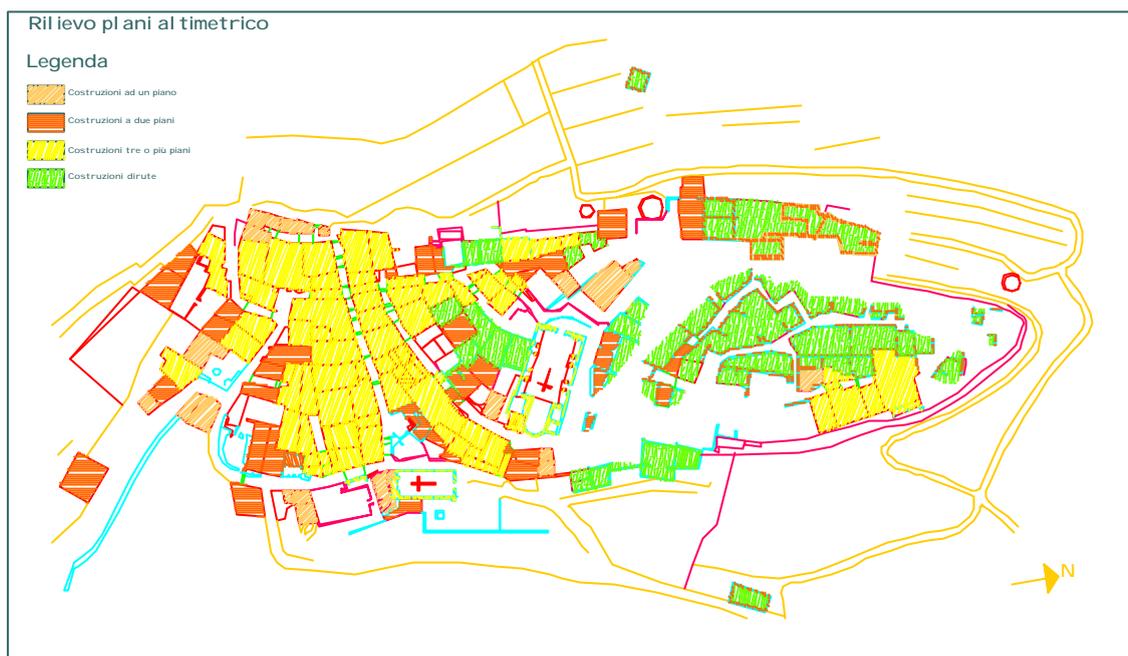


Figura 4.2.2. Stato di fatto: a) rilievo plano-altimetrico; b) stato di conservazione.

#### 4.2.1.4 Tipi murari e loro resti

Nella zona del castello si osservano paramenti costituiti da pietre squadrate disposte in filari regolari con pietre disposte di fascia e di punta (diatoni, a distribuzione irregolare); i blocchi disposti di fascia mostrano un elevato rapporto tra lunghezza e spessore, 4:1 circa, tipico delle murature liguri. Si tratta quindi di tipi murari di buona qualità. Più in basso, il palazzo comunale, ai limiti dell'edificato antico, ha invece paramenti fortemente irregolari; la compagine muraria è realizzata con pietre piccole rozzamente squadrate con interposti campi di più filari di mattoni; l'orizzontalità dei ricorsi è conservata ma l'aspetto

complessivo è quello di una parete di scarsa qualità priva di pietre di punta e con casuale sfalsamento dei giunti tra i ricorsi sulla verticale.

Il costruito post-cinquecentesco a sud della chiesa nel carruggio della chiesa, nel carruggio delle volte, in via Donetti evidenzia anch'esso strutture parietali decisamente povere in cui spesso la stessa orizzontalità dei ricorsi non è rispettata, tuttavia le sezioni di queste pareti, quando osservabili in forza dei crolli, mostrano una tessitura trasversale attenta, dove lunghe pietre irregolari prive di qualunque accenno di sbazzatura attraversano  $\frac{3}{4}$  dello spessore del muro a garantire la monoliticità di comportamento del complesso (Figura 4.2.3).

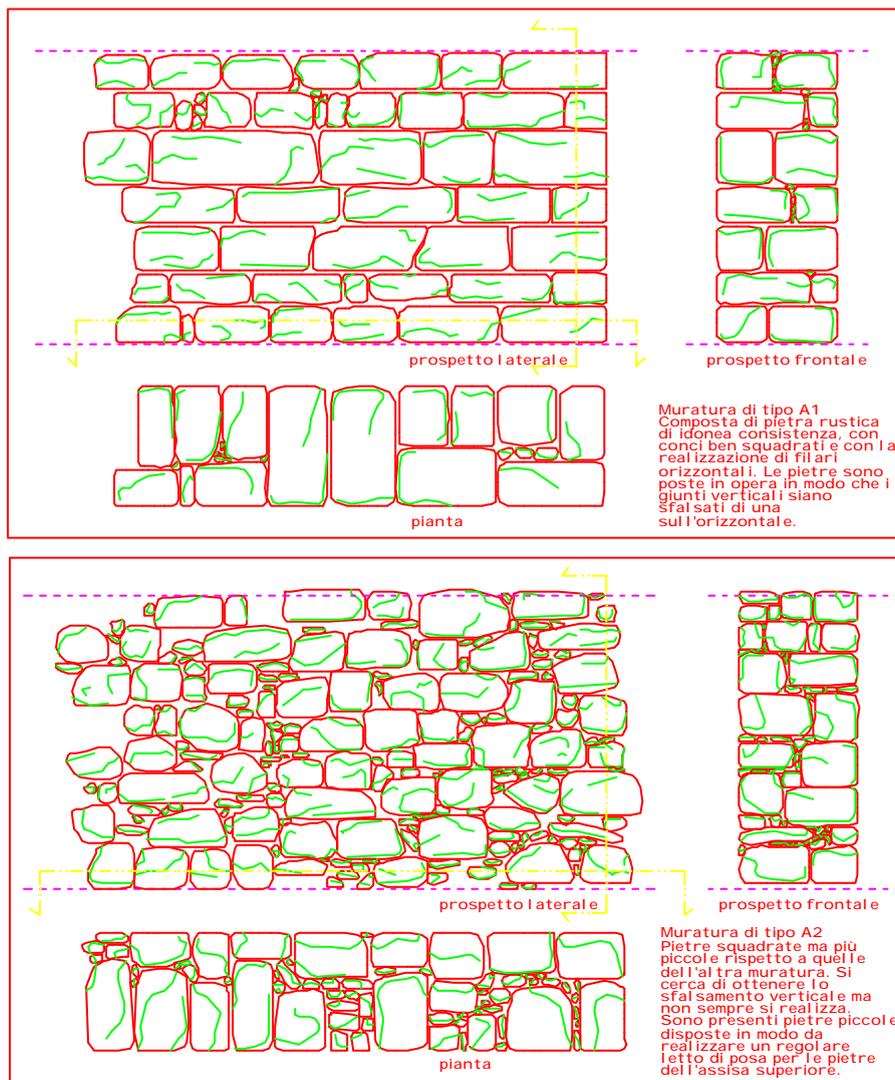


Figura 4.2.3. Rilievo dei tipi murari.

#### 4.2.1.5 Tipologie e planimetrie complessive

Lo stato di rudere del borgo antico difficilmente permette la lettura ricostruttiva delle tipologie costruttive presenti se non utilizzando tecniche di rilievo archeologico.

La porzione del sito a sud della chiesa per le sue caratteristiche permette una lettura più agevole della edilizia corrente. I tracciati viari sono identificabili dalla planimetria, anche se in comune con altri centri arroccati del ponente ligure si osservano anche a Bussana lunghi tratti viari coperti da archivolti abitati.

La stecca di edifici compresa tra via Ospedale (il carruggio della chiesa) e la parallela a valle via Donetti presenta le caratteristiche di tipologia seriale; gli edifici hanno 3-4 piani e poiché le due strade si adagiano su linee di livello a diversa quota la situazione di norma è quella di cellule con tre piani sul fronte nord-est e 4 sul fronte sud-ovest su via Donetti. Una caratteristica importante è la presenza di ambienti voltati spesso su tutti i quattro livelli, con notevole varietà nella geometria delle volte. Le cellule conservano la serialità originaria riscontrabile nella fitta trama di ingressi a quota stradale, tuttavia in alcuni casi appaiono rifusioni dovute in massima parte ai riattamenti dell'ultimo quarantennio. Aspetto interessante che richiede ulteriori analisi di carattere tipologico e meccanico la serie di archi di riscontro tra le facciate degli edifici particolarmente in via Donetti; si tratta di un evidente presidio antisismico presente in molti centri storici italiani la cui efficacia è tuttavia da dimostrare, sia in relazione alla resistenza delle arcature stesse, sia al corretto posizionamento di tali elementi nei confronti delle strutture da contraffortare.

#### **4.2.1.6 Rilievo di un comparto**

Un comparto tra via Ospedale e via Donetti nella parte della stecca prospiciente l'Oratorio è in corso di rilevamento dettagliato per una più approfondita analisi nonché come test per le analisi meccaniche. Il fronte alto tre piani sul carruggio della chiesa presenta inconfondibili lesioni a X nello spartito sottofinestra, le cellule sono riattate e abitate tuttavia il fronte su via Donetti confina con ruderi appartenenti in origine agli stessi volumi abitati; su tali ruderi si affaccia uno stretto portico tamponato; l'edificio presenta ambienti voltati sino al terzo livello, con esigui spessori delle murature verticali di sostegno dell'ordine dei 50-60 cm; le volte hanno geometrie variate e complesse: si osserva in particolare una volta a vela su archi in mattoni, la volta stessa è costruita in mattoni dello spessore di una testa, impostati sui pennacchi sferici e quindi con giaciture dei giunti orientate a 45 gradi rispetto ai lati dell'ambiente. Si notano inoltre segni di rifusioni ottocentesche con vani scala voltati di buona qualità architettonica evidentemente aggiunti alle cellule originarie sfruttando volumi appartenenti a cellule laterali acquisite in secondo tempo. A livello delle coperture si osservano ruderi che accennano a volumetrie mancanti allo stato presente, trasformate in terrazze. (Figura 4.2.4).

#### **4.2.1.7 Note complessive**

Nel sito di Bussana Vecchia convivono lacerti murari allo stato di rudere con edifici totalmente riattati insieme ad un notevole numero di situazioni ibride nelle quali all'interno delle stesse volumetrie originarie parti restaurate e parti ruderizzate sono a diretto contatto lungo le pareti di divisione e dove volte e lacerti di volte limitano le pareti degli ambienti abitati. Questo particolare stato permette accurate analisi delle tecniche costruttive murarie soprattutto attraverso l'esame delle sezioni murarie nella loro realtà tridimensionale.

La presenza in origine di edifici di notevole altezza, con spessori murari esigui rispetto all'esistenza di ambienti voltati su più livelli e la stessa qualità non eccelsa dei paramenti murari hanno conferito nel passato una notevole vulnerabilità all'edilizia corrente. La presenza di volumi voltati, di ambienti porticati, di edifici alti, di vani scala di qualità architettonica testimonia di una edilizia corrente tutt'altro che semplice dal punto di vista volumetrico non sempre sostenuta da qualità dei materiali utilizzati. E' tuttora possibile osservare importanti fratture prodotte dall'ultimo terremoto nelle murature situate sia nei pressi del castello, sia nell'edificato fuori dalla cinta muraria. La particolare distruzione osservabile nella parte più antica del borgo tuttavia pone interrogativi da risolvere confrontando in modo puntuale qualità muraria, tipologie, indizi di cattiva manutenzione e tenendo conto di effetti che potrebbero essersi verificati di amplificazione locale.

E' infine evidente che lo stato attuale del sito, semi-riattato, semi-abitato, configura una situazione di elevata vulnerabilità che sarà interessante quantificare, prima per mezzo di valutazioni qualitative e poi attraverso indagini meccanico-numeriche mirate.



Figura 4.2.4. Rilievo di un comparto a Busiana Vecchia.

#### 4.2.2 TAGGIA

La porzione più antica dell'abitato di Taggia si adagia per curve di livello dalla sommità del colle ed è compresa tra la via S. Lucia a Sud, la chiesa di S. Teresa a Nord, via S. Dalmazzo a Est. I percorsi attestati sulle curve di livello sono connessi da gradonate ortogonali in notevole pendenza. Il tessuto edilizio è piuttosto compatto e l'uso di coprire parte dei percorsi (anche per lunghi tratti) con archivolti abitati rende più fitta la trama edilizia: in una visione dall'alto strade e vicoli sembrano spesso terminare nel nulla.

Assai varia la qualità muraria come essa appare dai paramenti: all'angolo tra via S. Dalmazzo e P.ta Barbarasa (Figura 4.2.5), ad esempio, la parete è realizzata da pietre arrotondate, che non permettono un adeguato sfalsamento dei giunti; un notevole numero di piccoli scapoli è inserito a riempire vuoti e alla ricerca di orizzontalità dei giunti; qualche blocco più grande e di più efficiente rapporto altezza/larghezza non basta a conferire all'elemento murario una qualità sufficiente. Nella parte più alta del borgo, sulla salita alla torre, un'angolata (Figura 4.2.6) mostra una varietà di qualità muraria in uno stesso elemento: il pilastro, sia pure con pietre di diversa altezza è realizzato con grande cura nello sfalsamento dei giunti e utilizzando pietre piuttosto lunghe, la parete superiore è costituita di pietre regolari, l'arco di conci ben commesso anche se di geometria imperfetta, il tamponamento parziale dell'alto accesso e il sottarco sono realizzati con pietre di scarto e la trama della parete è quasi casuale. Lungo Vicolo Laberinto un'altra angolata realizzata di blocchi squadrati mostra una perfetta alternanza dei giunti ottenuta alternando pietre di fascia e pietre di testa, quasi modello al vero di una tessitura da manuale. La parete, anch'essa notevolmente regolare è tuttavia assai meno perfetta e realizzata con blocchi più piccoli, nella consapevolezza della sua minore importanza rispetto all'angolo. La tessitura muraria dell'abside di S. Teresa è un esempio di qualità medio bassa per la presenza di pietre di materiale diverso, di dimensioni piuttosto varie e non sempre idonee e per una certa casualità nel mantenimento degli allineamenti.

Sempre nella parte alta del borgo, nei pressi della cosiddetta fontana medievale, le macerie di un'angolata muraria rivelano la composizione tridimensionale dei muri d'angolo (Figura 4.2.9); la parete di sinistra appare debolissima, senza diatoni e composta di pietre squadrate di piccola dimensione rispetto allo spessore del muro, mentre quella di destra dispone di un numero sufficiente di pietre squadrate di adeguata lunghezza per realizzare la monoliticità trasversale dell'elemento murario. Si sta eseguendo una analisi numerica di questa angolata sotto forze statiche orizzontali mediante un modello 3D discreto (si veda un esempio in figura 4.2.10).

Infine la casa d'angolo presso P.ta Barbarasa, già vista nella figura 4.2.5, mette in luce caratteristiche di vulnerabilità dovute ad alterazioni delle bucatore delle pareti che si aggiungono alla scarsa qualità muraria individuata e alla presenza di evidenti distacchi di porzioni murarie nei pressi dell'angolo.

### **4.2.3 Attività prevista nel 2° anno**

#### *Bussana Vecchia*

Completamento delle attività in corso, in particolare:

- censimento delle tipologie costruttive;
- analisi meccaniche.

#### *Taggia*

- Analisi dello sviluppo urbano (su dati storiografici supportati da osservazioni in situ)
- Censimento delle tipologie costruttive
- Censimento delle tipologie murarie (attraverso fotografie e restituzioni grafiche dei tipi)
- Censimento dei danni rilevabili nei muri di facciata
- Rilievo architettonico di limitati brani del tessuto

#### *Prove di laboratorio*

Prove sperimentali su tavola vibrante (di dimensioni 2x1.5 m) di modelli murari in scala; in particolare per lo studio di connessioni murarie (angolate, incroci) e tessiture murarie tridimensionali complesse. Le prove saranno effettuate presso il Laboratorio prove materiali dei Dipartimenti di Scienze dell'Ingegneria civile e di Progettazione e Scienze dell'Architettura dell'Università di Roma Tre.



Figura 4.2.5. Taggia: paramento murario di scarsa qualità presso P.ta Barbarasa.



Figura 4.2.6. Taggia: murature di ottima tessitura squadrate o sbozzate.



Figura 4.2.7. Taggia: casa d'angolo presso P.ta Barbarasa.



Figura 4.2.8. Taggia: muratura dell'abside di S. Teresa.



Figura 4.2.9. Taggia: qualità dell'ingranamento delle pietre presso la fontana medievale.

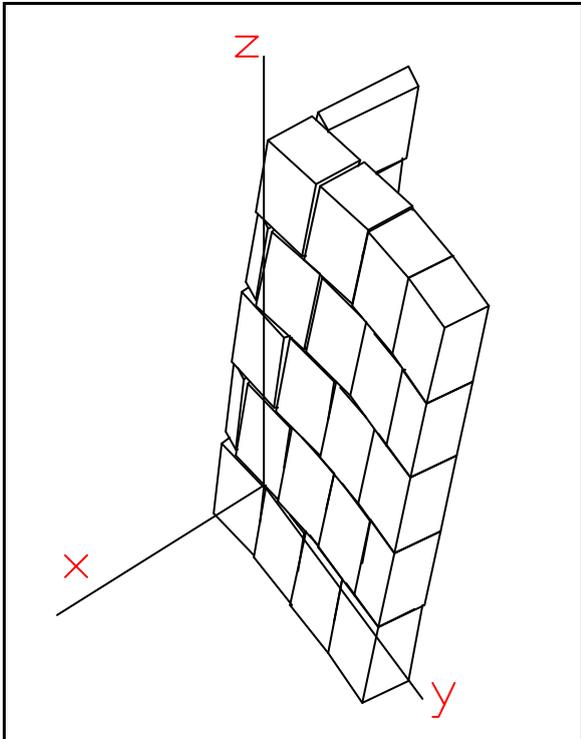


Figura 4.2.10. Analisi del meccanismo di collasso dell'angolata.

### **4.3 Edifici in cemento armato: tipologie costruttive ricorrenti**

Unità di Ricerca 6 – Responsabile: Guido Magenes  
*DIPMEC, Università di Pavia, Pavia*

Collaboratori: Gian Michele Calvi, Paolo Morandi, Stefano Pampanin, Stefano Podestà, John Ward

L'attività di ricerca nel corso del primo anno si è svolta secondo due linee principali di lavoro, che vengono qui di seguito sintetizzate.

#### **4.3.1 Individuazione delle tipologie costruttive ricorrenti degli edifici in cemento armato, con particolare riferimento alla Liguria Occidentale**

E' stata intrapresa un'indagine bibliografica e di archivio sullo sviluppo storico di tipologie, tecniche costruttive e materiali utilizzati per gli edifici in cemento armato, con particolare riguardo all'area della Liguria. La consultazione d'archivio (archivio Impresa Porcheddu, archivio del Laboratorio Prove Materiali dell'Università di Genova) è stata mirata alla raccolta di informazioni riguardanti l'evoluzione storica delle tipologie costruttive e delle proprietà dei materiali da cemento armato. La consultazione di manuali di progettazione utilizzati nei periodi di maggior interesse (dagli anni '50 in poi) ha consentito di individuare metodi di calcolo e disposizioni d'armatura comuni. Informazioni di dettaglio su singoli manufatti verranno raccolte entro la fine del corrente anno 2001.

L'acquisizione dei dati del censimento Istat '91 ha consentito di creare una prima base di dati per l'applicazione preliminare di analisi di scenario alla provincia di Imperia, come descritto al punto seguente.

#### **4.3.2 Applicazione preliminare e sviluppo di metodi per la valutazione della risposta sismica di edifici in c.a. sia a livello di dettaglio che a scala urbana o territoriale**

E' stata implementata una procedura per la valutazione della vulnerabilità di classi di edifici in cemento armato. Si tratta di una procedura originariamente proposta da Calvi<sup>18</sup>, utilizzata in precedenza per analisi di scenario a Catania, che verrà affinata nelle fasi successive della ricerca per tenere conto di alcuni aspetti associati a specifiche carenze progettuali o costruttive potenzialmente pericolose (nodi mal progettati, armature lisce, tamponature interagenti con il telaio...). La procedura associa il danno strutturale e non strutturale al raggiungimento di opportuni livelli di deformazione interpiano, previsti in base a modelli strutturali semplificati e ad una rappresentazione dell'input mediante spettri di risposta in spostamento. La versione provvisoria attualmente implementata è stata utilizzata per una applicazione preliminare all'area della Liguria occidentale<sup>19</sup> utilizzando dati ISTAT, avente lo scopo di predisporre la compatibilità fra gli strumenti informatici necessari per l'esecuzione e la rappresentazione su GIS delle analisi di scenario. In tale applicazione è stato ipotizzato un evento di scenario coincidente con l'evento del 1887, con epicentro in prossimità del confine occidentale dell'attuale territorio comunale di Imperia e magnitudo 6.4<sup>20</sup>. Gli scenari di danno così ottenuti sono modificabili in modo automatico assegnando un diverso input di scenario sotto forma di ordinate spettrali.

---

<sup>18</sup> G.M. Calvi, A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings, *Journal of Earthquake Engineering*, vol.3, n.3, 1999.

<sup>19</sup> P. Morandi, *Valutazione di scenari di danno per edifici in cemento armato esposti all'azione sismica: uno studio preliminare relativo ad aree urbane della Liguria Occidentale*, tesi di Laurea, Università di Pavia, marzo 2001.

<sup>20</sup> ING, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997*, Annali di Geofisica, vol.3, n.4, Agosto 2000.

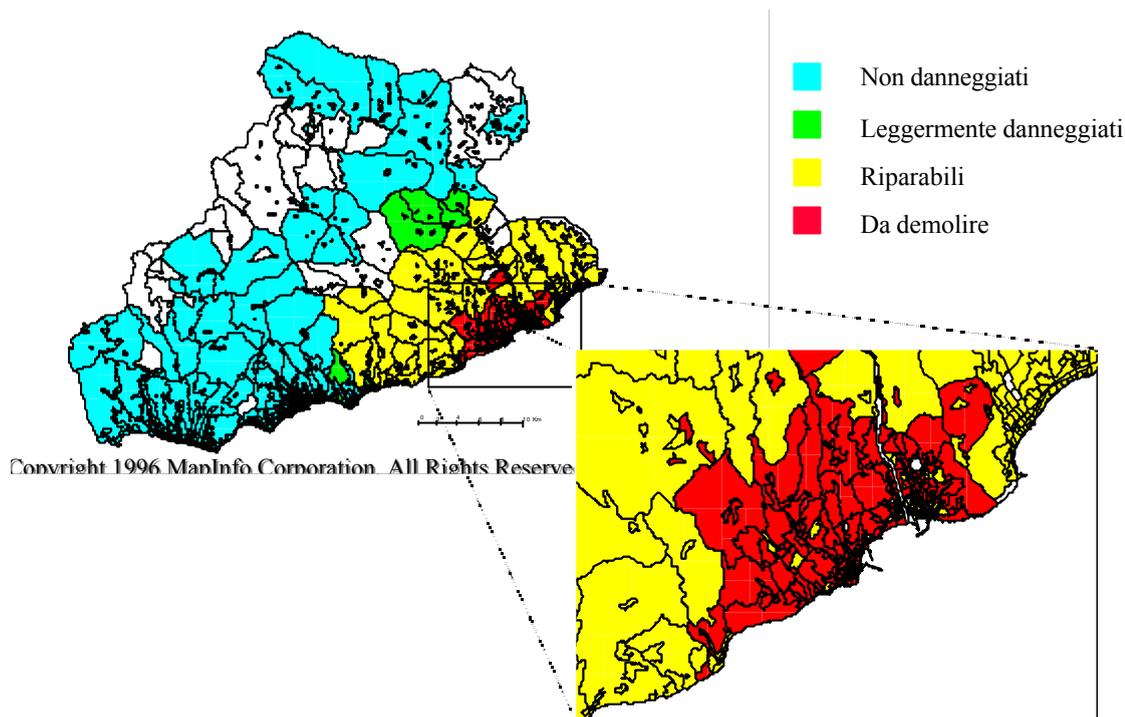


Figura 4.3.1. Analisi preliminare di scenario per la provincia di Imperia. Distribuzione del danno non strutturale prevalente per gli edifici in c.a..

La procedura è in corso di affinamento sulla base di studi numerico-sperimentali condotti su telai "pre-normativa sismica" con barre lisce e particolari costruttivi scelti in base alla prassi progettuale ed esecutiva degli anni '50-'70, periodo in cui sono stati costruiti la gran parte degli edifici di interesse. Elementi chiave del metodo sono:

- la definizione del meccanismo globale di risposta dell'edificio (a danno concentrato e a danno distribuito), che determina la richiesta di deformazione locale in funzione dello spostamento globale della struttura;
- la definizione di livelli-soglia significativi di deformazione associabili agli stati di danno.

I risultati di prove sperimentali su elementi nodo trave-colonna e su un telaio a tre piani (ultimate nel novembre 2000 e cofinanziate su altri fondi) sono stati utilizzati per fornire elementi utili sul ruolo dei meccanismi di danno dei pannelli di nodo sia per quanto riguarda la richiesta e la capacità di deformazione locale dei nodi, sia per quanto riguarda i possibili meccanismi globali di risposta associati al danneggiamento dei nodi stessi. In particolare sono stati evidenziati meccanismi di tipo ibrido particolarmente fragili, non contemplati in letteratura, associati a fenomeni di fessurazione del pannello nodale e allo scorrimento delle barre ancorate all'interno del nodo<sup>21</sup>. Lo studio del comportamento non lineare della zona nodale ha consentito di predisporre un modello numerico per l'analisi non lineare dinamica di telai multipiano tenendo conto della possibile rottura dei nodi. Il modello attualmente prevede l'introduzione di opportune "cerniere a taglio" che simulano la perdita di congruenza delle rotazioni conseguente alla rottura del nodo. Sono state eseguite alcune analisi dinamiche preliminari in assenza di degrado (cioè con resistenza finita del nodo ma comportamento non degradante) ed è attualmente allo studio lo sviluppo di un modello con degrado. Simulazioni numeriche di tipo parametrico consentiranno quindi di ottenere informazioni utili per la calibrazione del modello semplificato, da utilizzare per le analisi di scenario a scala urbana o territoriale.

<sup>21</sup> G.M.Calvi, G.Magenes e S.Pampanin, Studio sperimentale sulla risposta sismica di edifici a telaio in cemento armato progettati per soli carichi da gravità, *Atti del 10° Congresso Nazionale ANIDIS*, Potenza-Matera, 9-13 settembre 2001.

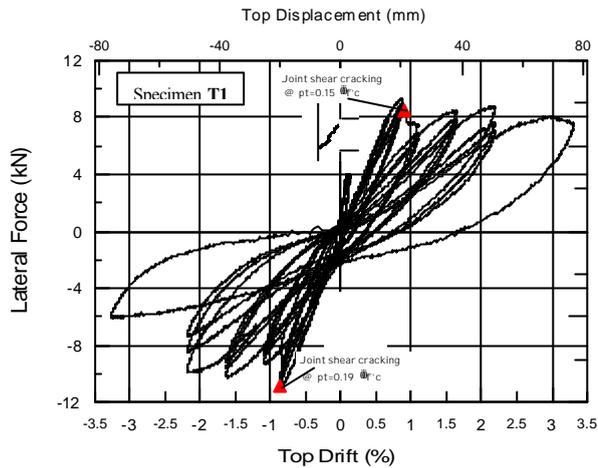


Figura 4.3.2. Comportamento sperimentale di un nodo trave-colonna con armature lisce.

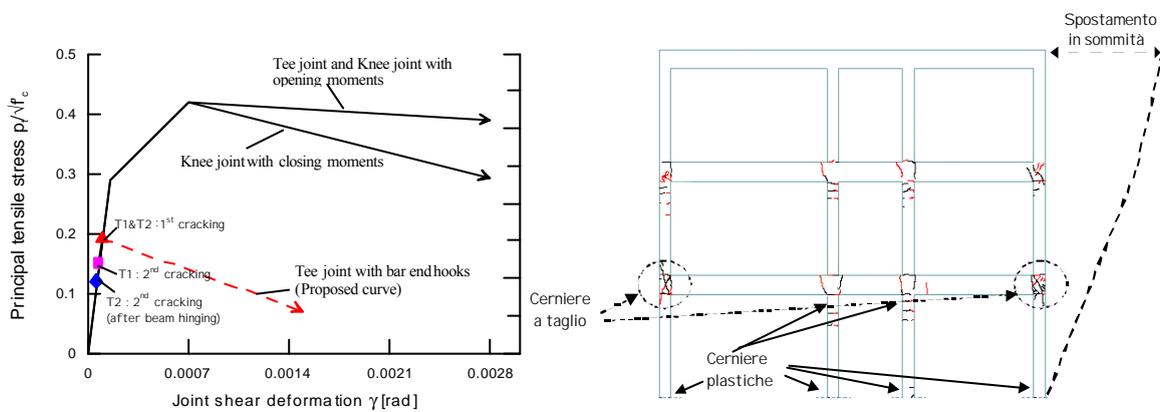


Figura 4.3.3. Resistenza di un nodo esterno trave-colonna e posizionamento delle cerniere "a taglio" nella risposta sperimentale di un telaio a tre piani.

### 4.3.3 Attività prevista nel 2° anno

Per il secondo anno sono previste le seguenti attività:

- Acquisizione di dati di dettaglio su singoli edifici in cemento armato, intervista di professionisti locali.
- Analisi parametriche di dettaglio con simulazione di nodi "deboli" e interazione telaio-tamponature; individuazione dei meccanismi globali di risposta significativi.
- Analisi di dettaglio con modelli nonlineari di edifici reali rappresentativi.
- Ricalibrazione della procedura "agli spostamenti" per le analisi di scenario.

#### **4.4 Costruito monumentale: tipologie e vulnerabilità specifiche**

Unità di Ricerca 7 – Responsabile: Sergio Lagomarsino

*DISEG, Università di Genova, Genova*

Collaboratori: Laura Maggiolo, Stefano Podestà, Fabrizio Tavaroli

L'analisi di vulnerabilità sul costruito monumentale è partita, in questo primo anno di attività, nell'area della bassa Valle Argentina, ed in particolare nel comune di Taggia, individuato come caso studio di approfondimento in questo progetto.

Lo sviluppo del centro di Taggia, nell'attuale posizione, ha origine in corrispondenza al crollo dell'Impero Romano, quando la popolazione si trasferì all'interno per la maggiore possibilità di difesa dalle aggressioni dei nuovi nemici. Ben presto si unì al primo nucleo un gruppo di monaci benedettini, attorno ai quali si organizzò la vita e la ripresa economica della zona. L'opera dei monaci fu interrotta dall'arrivo dei Saraceni che sterminarono la popolazione ma, in seguito alla loro cacciata, nel 979 iniziò una amministrazione di libero comune con la concessione alla popolazione dei terreni e dei beni appartenuti ai benedettini.

Nel corso del 1300 Taggia cadde sotto il controllo di Albenga. A questo periodo risale la costruzione del castello nella parte più alta del borgo, circondata dalla prima cinta di mura che possedeva in origine tre porte, di cui quella di S. Teresa vicino al convento e alla chiesa delle monache Carmelitane. Successivamente venne costruita una seconda cinta muraria, intermedia rispetto all'ultima, realizzata nella seconda metà del 1500, in seguito ad attacchi pirati. Delle due, l'ultima venne edificata a comprendere l'intero borgo, che nel frattempo si era esteso fino alla piana delimitata dal Torrente Argentina.

Nel corso della sua storia, il centro di Taggia si è arricchito di una serie di architetture monumentali, sia in campo civile, dove sono da segnalare palazzi quali Palazzo Lercari, Curlo e Curlo-Spinola, sia in campo religioso (chiese). Su queste ultime ci si è concentrati in questo primo anno. Delle undici chiese individuate, fino ad ora ne sono state indagate otto: chiesa parrocchiale SS. Filippo e Giacomo; cratorio di S. Sebastiano; chiesa di S. Caterina; chiesa e convento dei Cappuccini; chiesa di S. Maria del Caneto; chiesa e convento di S. Domenico; chiesa di S. Teresa; chiesa di S. Lucia. Sono inoltre state analizzate due chiese al di fuori dell'area studio, rispettivamente ad Arma e a Badalucco.

L'indagine sul campo prevede la compilazione della "scheda-chiese" di rilievo della vulnerabilità. Si tratta di una scheda da compilarsi preventivamente all'evento sismico.

La scheda (vedi Allegato 1) è strutturata in tre parti distinte. La prima parte è dedicata alla conoscenza generale della fabbrica ossia all'individuazione delle caratteristiche formali, dei principali dati dimensionali e tipologici e delle caratteristiche delle murature. La seconda parte è legata alla definizione dell'indice di vulnerabilità. La terza parte infine comprende le sezioni a campo libero, ove trovano spazio le informazioni che non sono schematizzabili nelle sezioni precedenti o che aiutano ad una migliore comprensione della struttura della chiesa (schizzi, disegni, foto).

La metodologia di rilievo della vulnerabilità sismica è stata applicata in questa prima fase della ricerca ad un campione costituito da otto chiese. Per un'analisi completa a scala territoriale che sia in grado di fornire dati statistici attendibili il campione di chiese analizzate risulta evidentemente troppo ristretto, ma è sufficiente per alcune osservazioni di carattere generale legate alla tipologia costruttiva e alle dimensioni delle fabbriche.

L'esame dello sviluppo in pianta delle chiese ha consentito di individuare la prevalenza delle tipologie a navata unica e a pianta centrale, e di osservare che manca il tipo a più navate, suddivise da colonnato. Dal punto di vista dimensionale si ha una diretta corrispondenza tra l'importanza o la funzione dell'edificio e la dimensione stessa. Le chiese più grandi (SS. Giacomo e Filippo, Convento di San Domenico) hanno una superficie lorda di 650 mq, mentre le altre presentano un'estensione di 200-250 mq. La più piccola è Santa Lucia che raggiunge i 110 mq.

Tutte le chiese analizzate sono associate ad una torre campanaria, mentre non si è osservata la presenza di vele campanarie (tipologia molto diffusa ad esempio nelle chiese dell'Umbria). Tutte le chiese, ad eccezione di Santa Lucia dove la copertura lignea a capanna è a vista, sono voltate.

Per quanto riguarda le caratteristiche degli ambienti interni si evidenzia in due delle chiese censite (SS. Giacomo e Filippo, Santa Teresa) la presenza di un elemento insolito, un corpo sopraelevato realizzato in legno o muratura poggiante su colonne posto sopra l'ingresso della chiesa, identificabile con la cantoria.

La maggior parte delle chiese risulta inoltre in buono stato di conservazione, ma non mancano casi come Santa Teresa o Santa Maria di Canneto in totale stato di abbandono: priva di copertura la prima con le inevitabili conseguenze e ripercussioni su murature ed arredi; con gravi stati deformativi e scavi aperti nei pavimenti la seconda (cantiere).

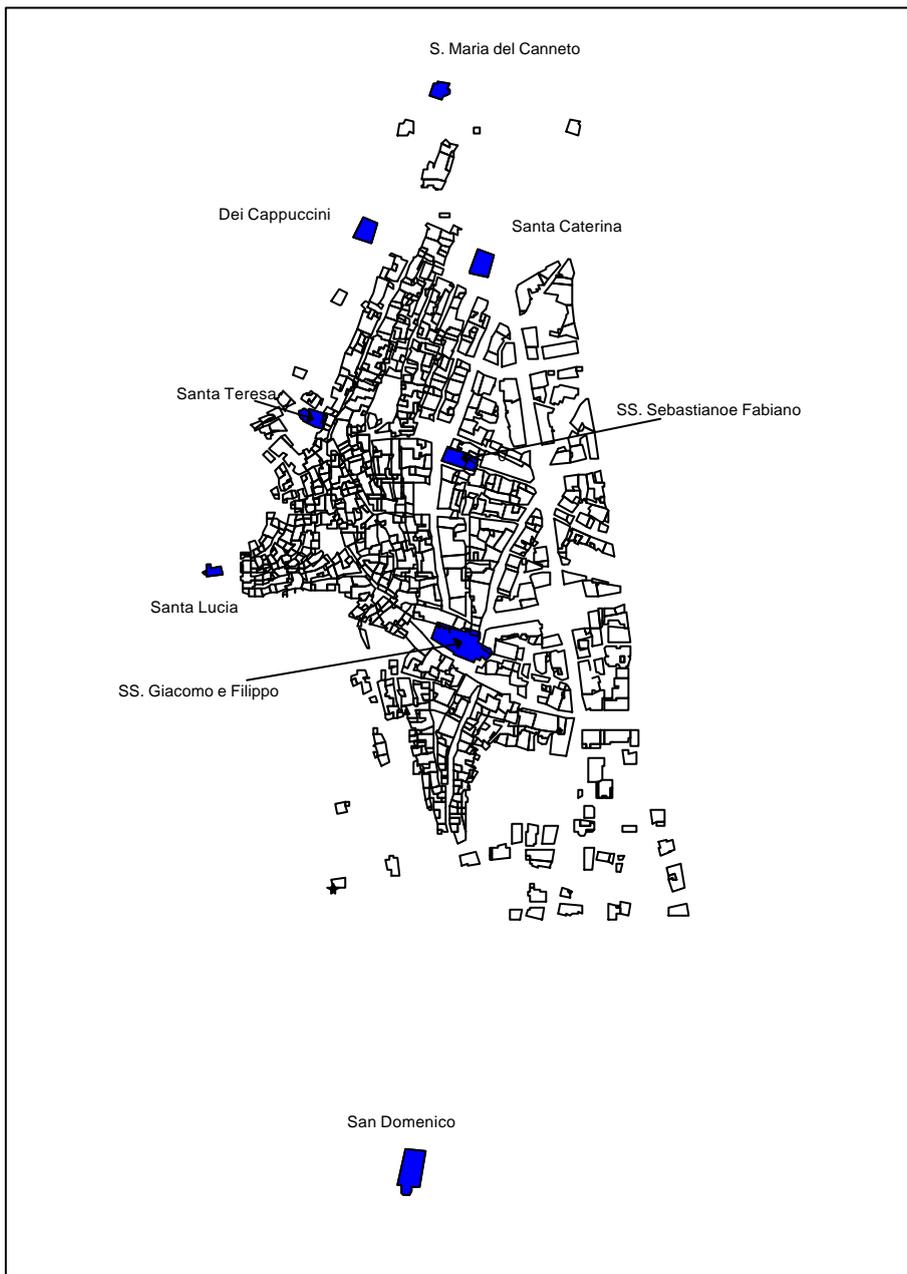


Figura 4.4.1. Localizzazione delle chiese nel centro storico di Taggia.

### Chiesa parrocchiale SS. Filippo e Giacomo

Edificata nel 1670 presenta un interno ad una sola navata con 14 cappelle laterali. E' da segnalare la presenza di un sottopasso in corrispondenza dell'abside. La facciata della chiesa è attribuita al Bernini.



### Oratorio di S. Sebastiano

Rifacimento del Settecento della costruzione del 1454.



### Chiesa di S. Caterina

Parte dell'ex convento delle monache Domenicane di Taggia, sconsacrata è utilizzata attualmente come aula del Giudice di Pace.



### Chiesa e convento dei cappuccini

Edificata nel 1622 è stata di recente sottoposta ad un intervento di restauro.



### Chiesa di S. Maria del Canneto

Edificio romanico di origine altomedievale, si trova fuori dalle mura, nella parte settentrionale del borgo. Il campanile romanico è opera di recenti restauri. I resti della cripta si riferiscono al periodo romanico.



### Chiesa e convento di S. Domenico

Situato fuori le mura, nella parte meridionale. Fu costruita a partire dal 1460 con l'intervento di architetti ed artisti lombardi. Nei quattro secoli successivi divenne famoso come centro d'arte e cultura del Ponente.



### Chiesa di S. Teresa

Costruita tra il 1715 ed il 1732 ad uso dell'adiacente convento delle suore Carmelitane, è ora in uno stato di forte degrado.



### Chiesa di S. Lucia

Sulla via fuori le mura, rappresenta forse la parrocchia originaria di Taggia. Di recente è stata rifatta la copertura per evitare il progredire del degrado.



#### 4.4.1 *La metodologia per l'analisi di vulnerabilità delle chiese*

Nel primo anno di attività è stata sviluppata una metodologia originale per l'analisi di vulnerabilità delle chiese<sup>22</sup>, che trae origine dall'esperienza fatta da questo gruppo di ricerca nel rilievo del danno ad oltre 2000 chiese, effettuato nell'emergenza Umbria-Marche. La nuova scheda si articola in tre parti distinte, che riassumono le sette sezioni presenti nella precedente scheda per il rilievo del danno.

La prima parte è dedicata alla conoscenza generale della fabbrica, ovvero le caratteristiche formali, le principali dimensioni, le caratteristiche delle murature dei vari macroelementi. Per quanto riguarda i dati dimensionali e tipologici si è cercato di ampliare le sezioni che erano risultate insufficienti a descrivere chiese di grandi dimensioni (ad esempio: presenza di numerose cappelle laterali di diversa fattura e dimensioni; facciate tipologicamente complesse). La struttura della scheda forza il rilevatore a conoscere il manufatto nelle sue parti architettoniche e nei materiali, prima della compilazione della seconda parte, quando, cioè, sarà chiamato ad esprimere un giudizio sulla vulnerabilità sismica della fabbrica.

La seconda parte è legata alla valutazione dell'indice di vulnerabilità, ed è quella che ha subito le maggiori modifiche, effettuate tuttavia in continuità con la scheda precedente, per non perdere le informazioni che si possono trarre dai dati già rilevati. Nella scheda sono previsti 28 meccanismi rispetto ai 18 presenti nella versione utilizzata per il rilievo dei danni di Umbria e Marche. L'estensione non fa perdere le caratteristiche speditive della metodologia, ma anzi rende più agevole la compilazione in quanto l'introduzione di alcuni nuovi meccanismi riduce le ambiguità o evita la necessità di condensare in un'unica valutazione il comportamento di diverse porzioni della fabbrica. Nella tabella 4.1 è riportato l'elenco dei meccanismi di danno considerati: nelle due colonne a lato sono indicate le parti della chiesa a cui si riferiscono ed i modi di danno (azioni fuori dal piano: I modo; azione nel piano: II modo) associabili al cinematismo di collasso. Ciascun meccanismo può manifestarsi con modalità differenti a seconda delle proporzioni e della tipologia formale del macroelemento; le situazioni più ricorrenti sono illustrate con alcune immagini schematiche in un abaco (Allegato 1). Per valutare la vulnerabilità si pone attenzione su quei particolari costruttivi che giocano un ruolo fondamentale nel comportamento sismico di tali strutture. Si propone quindi al rilevatore, per ciascun meccanismo, una lista di presidi antisismici (storici o moderni) che rappresentano soluzioni tecnologiche adottate per contrastare l'attivazione e lo sviluppo del cinematismo (vedi un esempio di scheda compilata in Allegato 1). Le modalità di compilazione sono delle tutte analoghe a quelle della versione originaria. Per ogni meccanismo, nella prima riga si deve segnare se il macroelemento è presente nella chiesa. Nella riga successiva è riportata una serie di presidi che possono contrastare l'attivazione del suddetto cinematismo: per ognuno di essi il rilevatore dovrà evidenziarne la presenza, o l'impossibilità di rilevarlo (per inaccessibilità della zona o perché occultato da intonaco o altro), e nella colonna di destra esprimere un giudizio sulla sua efficacia, attraverso quattro livelli (0: inefficace; 1: modesto; 2: buono; 3: completamente efficace). La presenza di una catena, ad esempio, non rappresenta in assoluto un buon presidio; una errata posizione, il fatto che sia "lenta" o la scarsa qualità della muratura possono renderla, infatti, poco efficace. Nell'ultima riga è, infine, riportata la possibilità di rilevare un eventuale danno sismico pregresso; tale aspetto è fondamentale, per strutture molto antiche che, nella maggior parte dei casi, hanno subito diversi terremoti storici. In tal caso il rilievo preventivo del danno permette, oltre ad individuare una nuova fonte di vulnerabilità, di poter distinguere in un eventuale futuro rilievo in emergenza sismica, i reali aggravamenti del danno (fondamentale per un corretto giudizio sull'agibilità del manufatto).

L'indice di vulnerabilità che ne deriva si basa, pertanto su tali considerazioni; in particolare, per tener conto dell'efficacia del presidio si è deciso di valutare la vulnerabilità del macroelemento secondo lo schema riportato della tabella 4.2. L'indice di vulnerabilità della chiesa è ottenuto come media normalizzata ad 1, calcolata tramite la seguente espressione:

---

<sup>22</sup> Lagomarsino, S., Maggiolo, L. & Podestà, S., 2001. Vulnerabilità sismica delle chiese: proposta di una metodologia integrata per la prevenzione ed il rilievo del danno in emergenza, *Atti del 9° Convegno Nazionale: L'Ingegneria Sismica in Italia*, Potenza-Matera, 9-13 settembre 2001, CD-ROM.

$$i_v = 1 - \frac{1}{3} \frac{\sum_{k=1}^{28} c_k v_k}{\sum_{k=1}^{28} c_k}$$

dove:  $v_k$  è il punteggio in funzione del criterio riportato in tabella 4.2 nel  $k$ -esimo meccanismo (da 0 a 3) e  $c_k$  rappresenta il peso da attribuire ai quei meccanismi in cui non si è potuto valutare in maniera esaustiva la presenza di presidi antisismici efficaci secondo la seguente relazione:

$$c_k = p_k - m_k + p_{a,k} \leq 3$$

dove:  $p_k$  è il numero di presidi che si sono individuati per il  $k$ -esimo meccanismo,  $m_k$  è il numero di presidi per i quali non è stato possibile rilevare l'informazione o formulare un giudizio e  $p_{a,k}$  tiene conto della presenza di ulteriori indicatori che possono essere stati individuati durante il sopralluogo.

Tabella 4.1. Elenco dei meccanismi di danno proposti nella nuova metodologia di rilievo

MECCANISMO DI COLLASSO	Modo di danno	Parte della chiesa
1 - RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA	I	FACCIATA
2 - MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIATA	I	
3 - MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA	II	
4 - PROTIRO - NARTECE	I o II	
5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA	I	AULA
6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI	II	
7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO (chiese a più navate)	I	
8 - VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE	I o II	
9 - VOLTE DELLE NAVATE LATERALI	I o II	
10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRASETTO	I	TRANSETTO
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO	II	
12 - VOLTE DEL TRANSETTO	I o II	
13 - ARCHI TRIONFALI	II	ARCO TRIONFALE
14 - CUPOLA - TAMBURO/TIBURIO	I o II	CUPOLA
15 - LANTERNA	I o II	
16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE	I	ABSIDE
17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE	II	
18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE	I o II	
19 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA (pareti laterali aula)	I o II	COPERTURA
20 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - TRANSETTO	I o II	
21 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA (abside, presbiterio)	I o II	
22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE	I	CAPPELLE CORPI ANNESSI
23 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DELLE CAPPELLE	II	
24 - VOLTE DELLE CAPPELLE	I o II	
25 - INTERAZIONI IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ	I o II	
26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)	I	AGGETTI CAMPANILE
27 - TORRE CAMPANARIA	I o II	
28 - CELLA CAMPANARIA	I o II	

Tabella 4.2. Schema per la valutazione del punteggio di vulnerabilità del singolo macroelemento.

Giudizio dell'efficacia	Numero indicatori di presidio	Punteggio
3	almeno 1	3
2	almeno 2	
2	1	2
1	almeno 3	
1	1 o 2	1
0	-	0

Nella terza parte è stato dato spazio a sezioni a campo libero, in modo da inserire quelle informazioni che non sono schematizzabili nelle sezioni precedenti, o che aiutano ad una migliore comprensione della struttura della chiesa (schizzi, disegni, foto). E' stata, inoltre, a tale scopo inserita una parte nella quale si possono indicare i riferimenti archivistici di rilievi geometrici storici, utili nel caso in cui l'oggetto necessiti d'approfondimenti attraverso l'applicazione di modelli meccanici, che necessitano di misure difficilmente reperibili durante una campagna di censimento a scala territoriale.

L'indice di vulnerabilità  $i_v$  consente di valutare il danno medio in funzione dell'intensità attesa  $I$ :

$$d = 0.55 \cdot \{1 + \sin[(0.24 + 0.1i_v)(I + 3.875i_v - 9.575)]\}$$

e quindi, attraverso la binomiale, si ottiene la distribuzione probabilistica dei livelli di danno.

Il confronto tra le curve di vulnerabilità delle chiese e quelle degli edifici (vedi § 3.1.1) mette in evidenza quello che era già stato intuito dall'osservazione dei danni (Figura 4.4.1). Per terremoti di limitata intensità le chiese mostrano livelli di danno maggiori rispetto a quelli degli edifici ordinari, indice di una loro vulnerabilità intrinseca. Tuttavia si nota che l'andamento dei due fasci di curve di vulnerabilità tende ad uniformarsi con l'aumento della severità del terremoto; questo dimostra che le chiese, per la loro buona qualità costruttiva, presentano significative risorse nei riguardi dei terremoti più violenti.

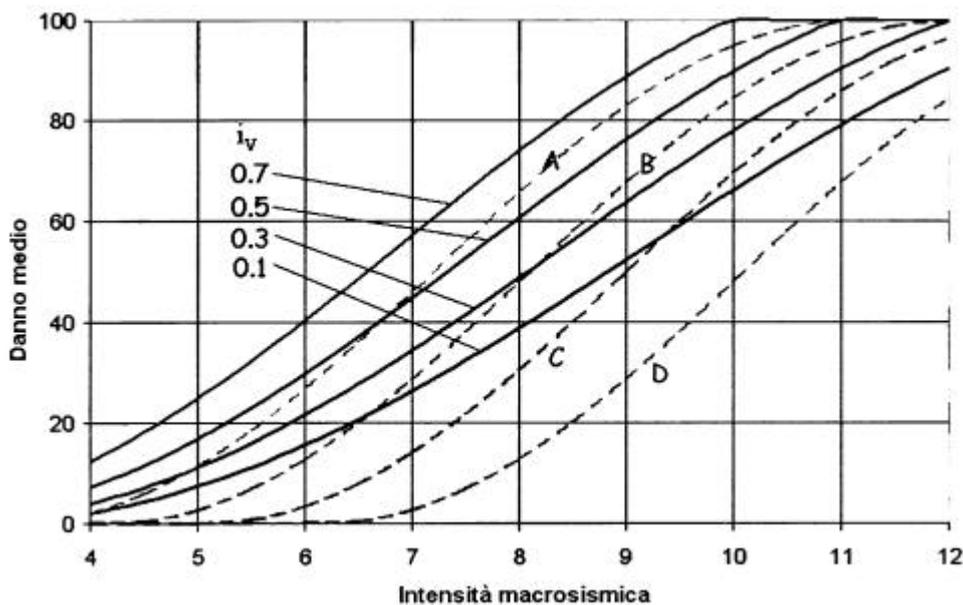


Figura 4.4.2. Confronto tra le curve di vulnerabilità delle chiese e degli edifici ordinari (tratteggiate).

#### 4.4.2 Attività prevista nel 2° anno

Nel secondo anno sono previste per le chiese le seguenti attività sul costruito monumentale:

- sviluppo di un software per l'archiviazione delle schede (in linguaggio Microsoft Access), con elaborazione automatica dell'indice di vulnerabilità, gestione delle immagini fotografiche e trasferimento dei principali dati (dati generali, parametri per lo scenario di danno) nel GIS;
- individuazione di alcuni casi studio (2 o 3 chiese) ed analisi di vulnerabilità di maggiore dettaglio (analisi limite dell'equilibrio per carichi orizzontali su macroelementi), confrontando tali valutazioni con la documentazione storica sui danni sismici verificatisi in passato.

Per quanto riguarda invece le altre tipologie del costruito monumentale:

- sviluppo di schede per il censimento e la valutazione della vulnerabilità su alcune tipologie ricorrenti (ponti ad arco, torri, palazzi nobiliari);
- prime applicazioni delle nuove schede nell'area di approfondimento (Taggia, Castellaro, Bussana, bassa Valle Argentina).

## 4.5 Beni artistici e storici

Unità di Ricerca 8 – Responsabile: Maria Luisa Dalai

*Dipartimento di Storia dell'Arte, La Sapienza, Roma*

Collaboratori: Simonetta Isgrò, Claudia Palazzetti, Valentina Palma, Valentina Valerio

L'attività del primo anno della UR8 è stata finalizzata al censimento a scala sub-regionale e ad una prima analisi di vulnerabilità del patrimonio storico artistico presente nella Valle Argentina. A tale scopo è stata condotta preliminarmente la ricerca bibliografica relativa alla storia del territorio in esame e alle metodologie d'indagine ad esso applicate. In particolare lo studio ha tenuto conto delle analisi elaborate da Grendi, Moreno e Quaini che restituiscono una visione globale e complessa del territorio e delle sue vicende storiche. Punto di riferimento è stato anche la pubblicazione di G. Spalla, *Liguria, "Architettura popolare in Italia"*, Laterza, Roma – Bari 1984, valido esempio di efficace presentazione dei risultati di una ricerca interdisciplinare sul territorio.

Ad eccezione dei testi più noti, gran parte del materiale è stato reperito nelle biblioteche della Regione e della Provincia e nei centri culturali di storia locale (Istituti di Studi Liguri di Bordighera e di Alberga, Biblioteca Comunale di Taggia, Biblioteca della SBAS di Genova, Biblioteca Berio - sezione di Storia locale). Con il procedere delle attività la ricerca bibliografica si è sviluppata per progressivi livelli di approfondimento a partire dalle pubblicazioni di carattere generale sull'intera Valle Argentina fino alle notizie storiche sui singoli edifici. Tale ricognizione procederà di pari passo con le successive fasi della ricerca, tenendo conto delle necessità di conoscenza e di approfondimento che di volta in volta emergeranno dal lavoro sul campo, consentendo alla fine l'elaborazione e l'informatizzazione di una bibliografia ragionata.

Il quadro conoscitivo ricostruito attraverso le indagini preliminari ha consentito la delimitazione dell'area in esame al territorio dei Comuni di Taggia, Bussana Vecchia, Castellaro, Ceriana, Badalucco e Baiardo. Per quest'area si è quindi provveduto alla raccolta della documentazione di catalogo e fotografica relativa ai beni storico-artistici, conservata presso gli archivi della SBAS.

Per il comune di Taggia al novembre del 2000 risultano:

- 79 schede OA di beni contenuti nella chiesa e convento dei PP. Cappuccini;
- 6 schede OA di beni contenuti nella chiesa di S. Caterina da Siena;
- 75 schede OA e 1 scheda SM di beni contenuti nell'oratorio dei SS. Sebastiano e Fabiano;
- 135 schede OA e 1 scheda SM di beni contenuti nella chiesa parrocchiale dei SS. Giacomo e Filippo;
- 6 schede OA di beni contenuti nella chiesa di S. Maria del Canneto;
- 4 schede OA di beni contenuti nella chiesa di S. Martino;
- 75 schede OA e 1 scheda SM di beni contenuti nella chiesa della SS. Trinità;
- 96 schede OA di arredi urbani;
- 7 schede OA di beni contenuti nella chiesa di S. Benedetto Revelli (loc. Colletto);
- 1 scheda OA di beni contenuti nella chiesa di S. Benedetto Revelli (loc. Licheo).

Per il comune di Badalucco:

- 26 schede OA di beni contenuti nell'oratorio di S. Francesco d'Assisi;
- 1 scheda INV di beni contenuti nella chiesa di S. Lucia;
- 9 schede INV di beni contenuti nella chiesa di S. Nicolò;
- 160 schede OA di beni contenuti nella chiesa parrocchiale di N.S. Assunta e S. Giorgio;
- 82 schede INV di beni contenuti nell'oratorio di N.S. della Misericordia;
- 3 schede INV di beni contenuti nell'oratorio di S. Rocco;
- 5 schede INV di beni contenuti nell'oratorio di S. Bartolomeo Apostolo.

Per il comune di Baiardo:

- 1 scheda SM per l'organo di S. Nicola da Bari;

- 1 scheda OA per l'oratorio di S. Salvatore.
- Per il comune di Ceriana:
- 1 scheda SM e 38 schede OA di beni contenuti nell'oratorio di S. Marta;
  - 41 schede OA di beni contenuti nel Santuario di N.S. della Villa;
  - 1 scheda SM per l'organo della chiesa di S. Pietro;
  - 126 schede OA di beni contenuti nella chiesa parrocchiale di SS. Pietro e Paolo;
  - 3 schede OA di beni contenuti nella chiesa di S. Salvatore;
  - 1 scheda OA per la chiesa di S. Sebastiano;
  - 1 scheda SM e 57 schede OA di beni contenuti nell'oratorio della Visitazione.

Il territorio è stato quindi oggetto di un censimento speditivo del patrimonio storico artistico attraverso schede appositamente predisposte. In considerazione delle peculiarità del complesso dei beni dell'area in esame sono stati pensati due modelli di rilevamento:

- una scheda (A) per gli apparati contenuti in edifici di culto o in edifici pubblici o residenziali;
- una scheda (B) per i beni "sparsi" che caratterizzano in maniera significativa lo spazio sia urbano che rurale. Quest'ultima si rende necessaria considerata la frequenza con cui ricorre in Liguria la tipologia delle facciate dipinte e, nel caso specifico di Taggia, delle edicole e dei sopraporta scolpiti.

Si è quindi provveduto all'elaborazione della scheda A, con la quale sono stati individuati i parametri che concorrono alla definizione della vulnerabilità generica degli apparati decorativi, senza tener conto in questa fase delle specificità materiche, tipologiche, conservative dei singoli beni.

Per ogni edificio vengono pertanto rilevati i seguenti dati:

- **Dati anagrafici:** comune, località, denominazione e tipologia dell'edificio.
- **Connessione territoriale.** Esprime il rapporto dell'edificio con lo spazio circostante (centro storico, edificio rurale, edificio isolato, abitato moderno, adiacenze centro storico).
- **Accessibilità.** Indica le modalità con cui è possibile raggiungere l'edificio ai fini di una ottimizzazione di eventuali interventi di prima emergenza.
- **Controllo sociale.** Valuta il rapporto dell'edificio con la comunità locale e il grado di attenzione di questa nei suoi confronti sulla base delle informazioni relative alla proprietà, alla funzione e all'apertura al pubblico.
- **Inventario tipologico dei beni.** Individua la quantità dei beni presenti nell'edificio per gruppi tipologici che semplificano e velocizzano il rilevamento. I beni vengono preliminarmente distinti in due categorie, beni fissi e beni mobili, rispettivamente suddivise in dieci e sette tipologie. Le tipologie considerate sono le seguenti (per alcune è prevista un'ulteriore suddivisione in classi dimensionali, al fine di ottimizzare eventuali operazioni di trasferimento e ricovero):

#### **Apparati decorativi fissi**

- o *Macchine d'altare:* mensa con alzata architettonica e decorazione scultorea e /o dipinta di materiali diversi (indicare il numero)
- o *Dipinti murali:* tutte le tecniche di pittura su muro (indicare la superficie in mq e/o segnalare se coinvolgono gran parte della superficie)
- o *Dipinti sotto scialbo* (indicare l'eventuale presenza)
- o *Stucchi* (indicare la superficie in mq e/o segnalare se coinvolgono gran parte della superficie)
- o *Arredi:* elementi che funzionalizzano e articolano lo spazio, quali: acquasantiere, balaustre, cancellate, cantorie, cibori, fonti battesimali, stalli, mense d'altare prive di alzata, ombrelle, mobilia da smontare, mensole, portali di pregio; baldacchini (indicare il numero)
- o *Decorazioni architettoniche:* elementi decorativi coerenti con la superficie architettonica: rivestimenti di pregio, pavimenti di pregio, soffitti di pregio, vetrate (Indicare il numero dei tipi di decorazione architettonica indipendentemente dal numero degli elementi che lo costituiscono. Indicare la superficie in mq)
- o *Campane* (Segnalare se si tratta di campane piccole - diametro inferiore a 50 cm), o di campane grandi - diametro superiore a 50 cm)

- o *Organo* (Indicare il numero. Indicare l'ingombro in mc)
- o *Elementi scultorei*: elementi scolpiti di qualsiasi materiale: rilievi, epigrafi, lapidi, stemmi, lunette, architravi, elementi di spoglio (Indicare il numero)
- o *Altro* (Specificare l'oggetto e indicarne la quantità e l'estensione o l'ingombro)

#### **Apparati decorativi mobili**

- o *Dipinti*: su qualsiasi supporto, inclusi gli affreschi staccati; le cornici vanno considerate parte integrante del dipinto (Indicare il numero e la categoria dimensionale di appartenenza: A=inferiore a 1mq; B=inferiore a 2 mq; C= superiore a 2 mq)
- o *Suppellettili*: ecclesiastica (candelabri, croci, lampadari, lampade, lanterne, paramenti liturgici, tabernacoli, calici, reliquiari, busti reliquiario, sono da considerare in base alla materia e alla tecnica di esecuzione) e civile (vasellame, oggetti da tavolo)
- o *Statue e crocifissi* (Indicare il numero e la categoria dimensionale di appartenenza: A=inferiore a 1mq; B=inferiore a 2 mq; C= superiore a 2 mq)
- o *Elementi scultorei*: paliotti scolpiti staccati, polittici di terracotta, formelle, architravi, epigrafi staccate, cornici di pregio vuote (Indicare il numero e la categoria dimensionale di appartenenza: A=inferiore a 1mq; B=inferiore a 2 mq; C= superiore a 2 mq)
- o *Arredi*: confessionali, mobilia, porte, specchi, orologi a terra, baldacchini a terra (indicare numero)
- o *Materiale cartaceo*: libri, manoscritti, messali, registri (Indicare i metri lineari)
- o *Altro* (Specificare l'oggetto e indicarne la quantità e l'estensione o l'ingombro)
- **Amovibilità**. Indica la quantità dei beni che, pur essendo mobili, per specifiche motivazioni (posizione, peso, dimensioni, stato di conservazione) risultano difficilmente trasferibili.
- **Documentazione**. Indica la presenza, il grado di completezza e la fonte della documentazione di catalogo relativa ai beni storico artistici. L'assenza di documentazione costituisce un significativo fattore di vulnerabilità in quanto non consente l'esatta valutazione del patrimonio storico artistico esposto a rischio sismico e limita la possibilità di una pianificazione unitaria della gestione dell'emergenza.
- **Rilevanza**. Qualifica il valore storico, artistico e sociale del complesso dei beni contenuti contribuendo alla definizione di eventuali priorità di intervento in fase di emergenza. La rilevanza del sistema dei beni risulta dalla combinazione di più fattori: emblematicità per la comunità locale, interesse storico, collezione/biblioteca/archivio, rappresentatività per la storia artistica locale, grande rilevanza storico-artistica, organicità dell'apparato decorativo. A questi è stato aggiunto il fattore "unitarietà apparato decorativo/edificio", che esprime la complementarità dell'insieme contenuto-contenitore per unitarietà progettuale e/o cronologica, per organicità delle vicende costruttive e decorative.

L'efficacia di questo sistema di rilevamento è stata testata sul territorio di Taggia e di Bussana Vecchia. Sono stati schedati i beni di 22 contenitori architettonici (cfr. Allegato 2).

Parallelamente è stato affrontato il problema di un rilevamento fotografico speditivo che, superando i limiti del rilevamento puntiforme proprio della fotografia di catalogo, documenti il legame inscindibile del bene con il proprio contesto. A tal fine sono in fase di sperimentazione procedure di rilevamento, che potranno garantire coerenza e omogeneità alla documentazione fotografica degli apparati decorativi di ciascun edificio. La UR8 sta affrontando la questione con un fotografo professionista al quale verrà poi affidata la campagna fotografica di primo livello da allegare alle schede.

#### **4.5.1 Attività prevista nel 2° anno**

Per il secondo anno si prevede di approntare la scheda B per la realizzazione di un inventario urbano, concludendo in questo modo l'analisi di vulnerabilità di primo livello dell'area vasta. I risultati del primo rilevamento consentiranno poi l'individuazione di alcuni casi significativi oggetto di ulteriori approfondimenti. Sui casi studio verranno quindi effettuate indagini relative alla storia sismica (di concerto con la UR2) e alle vicende conservative degli apparati decorativi fissi; indagini diagnostiche per la conoscenza dei materiali, delle tecniche di esecuzione e degli eventuali interventi di restauro; analisi delle vulnerabilità specifiche attraverso una scheda di dettaglio.

## 5 GESTIONE INFORMATICA DEI DATI

Responsabile: Vera Pessina  
DIS, Politecnico di Milano, Milano

### 5.1 Attività svolta

Dal momento che le U.R. coinvolte utilizzano sistemi informativi differenti, tipicamente MapInfo ed ArcInfo, nel primo anno di attività è stato necessario impiegare tempo e risorse per verificare la piena

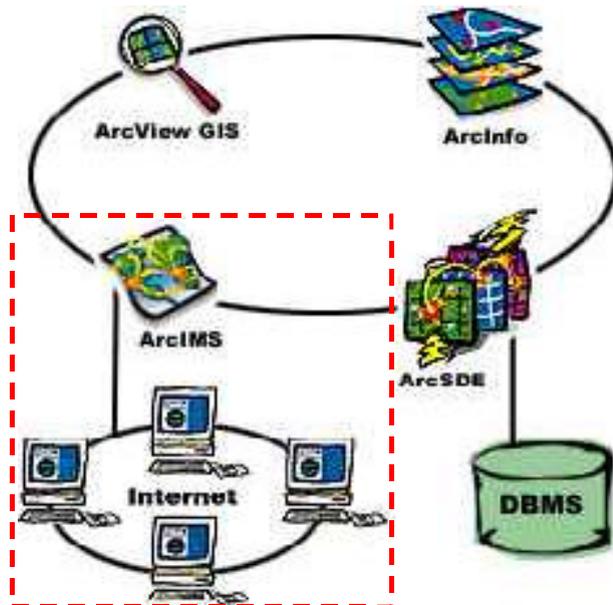


Figura 5.1. Soluzione ArcIMS proposta per la gestione dei dati del Progetto in Internet attraverso GIS.

compatibilità dei formati e per mettere a punto procedure efficaci di scambio dati. Questo impegno si rivela utile soprattutto alla luce dei recenti sviluppi nella scelta del software di gestione e visibilità del Progetto, infatti i notevoli costi di acquisto e/o aggiornamento dei programmi Arcview/Arcinfo hanno indotto alcune UR alla scelta dell'impiego del software MapInfo, *nonostante le sue limitazioni*. Per quanto riguarda la scelta finale si sta aspettando l'evolversi della situazione al Politecnico intenzionato all'acquisto di una licenza globale di ArcInfo/ArcView per tutto l'Ateneo. Tale software infatti ha un modulo (ArcIMS Internet Map Server) che permette agli utenti di integrare dati locali con dati disponibili sulla rete attraverso un browser, offrendo alte capacità GIS ed un ambiente semplice da usare (vedi Fig. 5.1).

Nel corso di questo primo anno si sono raccolti parecchi dati, che sono stati criticamente analizzati dal punto di vista della congruenza, uniformati per quanto riguarda le coordinate; altri dati sono stati generati attraverso analisi di calcolo.

#### 5.1.1 Dati acquisiti

- materiale cartografico della Regione Liguria. Tali dati, inizialmente in formato Mapinfo, sono stati convertiti nel formato Arcview/Arcinfo; è stato necessario realizzare un'analisi critica circa l'attendibilità e l'accuratezza dei dati e si sono individuati alcuni importanti errori di georeferenziazione, univocità dell'identificazione, etc., soprattutto nelle informazioni della CTR (carta tecnica regionale).
- dati ISTAT. I dati del censimento 1991 sulla popolazione sono stati processati e localizzati nelle aree di interesse. Studi sulla distribuzione spaziale e temporale del patrimonio edilizio, sulle densità abitative e sull'esposizione sono stati realizzati dalle UR di Milano e Genova. A titolo di esempio si riporta in figura 5.2 la densità di abitanti nella provincia di Imperia, suddivisa per quella parte delle sezioni di censimento effettivamente abitata.
- informazioni geologiche. La digitalizzazione e informatizzazione della carta geologica per l'area di Taggia a scala 1:10.000 è stata realizzata da parte della UR Genova. Su tale layer informativo sono stati riportati anche i siti della misura di rumore, a tali siti è stata associata l'informazione dei rapporti spettrali della stazione e la descrizione delle condizioni di acquisizione. Questa mappa, come pure la carta geologica a scala 1:500.000 già disponibile informatizzata, è stata riclassificata in termini di unità geotecniche semplificate, utili nelle analisi di pericolosità.

- localizzazione delle faglie. La traccia delle faglie di scenario sono state informatizzate a cura della UR Genova, utilizzando il programma MapInfo. Si tratta della faglia a mare ritenuta responsabile dell'evento del 1887 e del sistema di faglie di cui fa parte; anche faglia a terra nella zona di Taggia è stata digitalizzata. Sono state associate alla traccia geometrica anche utili informazioni circa la profondità, il tipo di faglia e l'inclinazione.

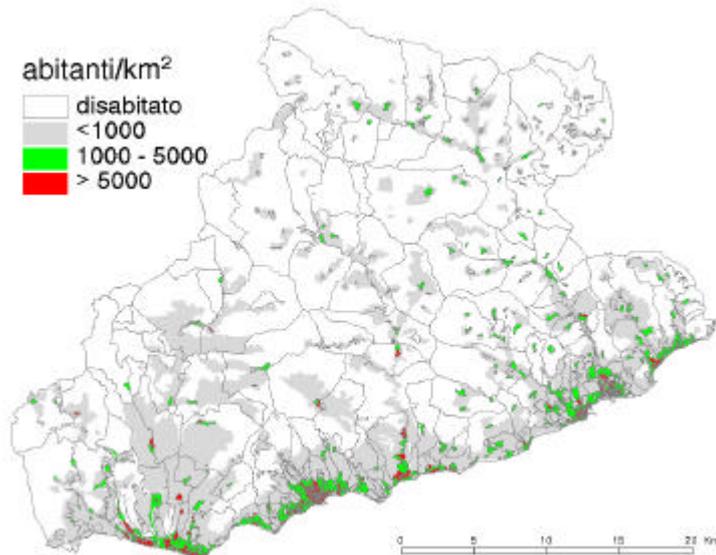


Figura 5.2. Densità abitativa nella provincia di Imperia.

### 5.1.2 *Dati processati*

- E' stata implementata, ad opera della UR Pavia, una procedura per il calcolo del danno degli edifici in calcestruzzo armato della provincia di Imperia, che utilizza un programma fortran e genera dati in formato compatibile con Mapview, e che può essere facilmente ripetibile per diversi scenari di input sismico. In figura 5.3 si riporta lo scenario di danno per gli edifici in calcestruzzo armato nel caso di un ipotetico terremoto simile a quello del 1887 (simulato attraverso la legge di attenuazione di Sabetta e Pugliese).



Figura 5.3. Scenario di danno per gli edifici in c.a. della provincia di Imperia nel caso per un terremoto simile a quello del 1887 (UR Pavia).

- E' stato scritto un programma (UR Polimi) capace di leggere il formato con cui sono stati forniti i dati del modello tridimensionale della Liguria (con risoluzione 200x200m) e si è proceduto alla creazione del DEM (digital elevation model). In un secondo tempo sono pervenuti nuovi dati dalla Regione Liguria di maggior risoluzione (40x40m), come illustrato in figura 5.4. I DEM così generati permetteranno analisi più dettagliate circa gli effetti di amplificazione topografica.

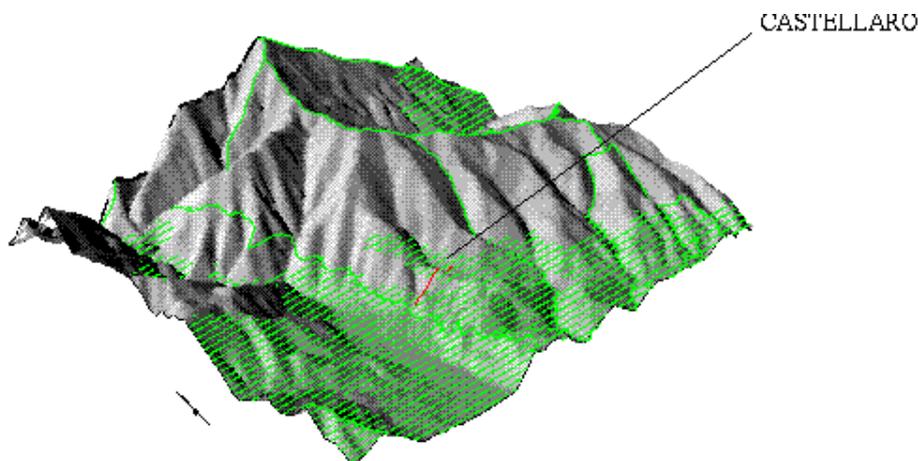


Figura 5.4. DEM (digital elevation model) dell'area di Castellaro, con risoluzione 40 x 40 m.

## 5.2 Attività prevista nel 2° anno

Uniformità e scambio di dati. Sarà imminente la raccolta e l'organizzazione di tutti i dati GIS prodotti dalle diverse UR nel primo anno di attività: dopo aver impostato la struttura del sistema informativo, i dati saranno disponibili uniformati e corredati di pratiche indicazioni (metadati); le diverse UR potranno utilizzarli con il software già in loro possesso o, qualora ne fossero sprovvisti, visionarli ed utilizzarli attraverso il programma di visualizzazione ArcExplorer (free ware), la cui validità è già stata controllata.

Le analisi di pericolosità svolte nel primo anno hanno infatti già prodotto materiale utile alle successive analisi di danno: gli scenari deterministici di scuotimento (UR Milano), le mappe di rapporti spettrali (UR Genova) e la localizzazione delle faglie (UR Genova) verranno presto affiancati ai dati sulla vulnerabilità (localizzazione delle chiese e degli edifici storici, localizzazione degli edifici in muratura rilevati con annesso informazioni) e produrranno mappe di distribuzione del danno.

## ELENCO DELLE UNITÀ DI RICERCA

- UR 1** Claudio EVA, Ordinario di *Sismologia*  
DIPTERIS - Dipartimento per lo Studio del Territorio e sue Risorse, Università di Genova  
Corso Europa 26, 16132 Genova  
Tel. 010 3538081, Fax 010 352169  
e-mail: lagomarsino@diseg.unige.it
- UR 2** Emanuela GUIDOBONI, Storica  
SGA - Storia Geofisica Ambiente s.r.l., Via Bellombra 24/2, 40136 Bologna  
Tel. 051 333282, Fax 051 332741  
e-mail: guidoboni@sga-storiageo.it
- UR 3** Ezio FACCIOLI, Ordinario di *Tecnica delle Costruzioni*  
DIS – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano  
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano  
Tel. 02 23994337, Fax 02 23994220  
e-mail: faccioli@stru.polimi.it
- UR 4** Luigia BINDA, Ordinario di *Restauro*  
DIS – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano  
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano  
Tel. 02 23994318, Fax 02 23994220  
e-mail: binda@diseg.unige.it
- UR 5** Carlo BAGGIO, Associato di *Tecnica delle Costruzioni*  
DIPSA - Dipartimento di Progettazione e Scienze dell'Architettura, Università di Roma 3  
Via Madonna dei Monti 40, 00184 ROMA  
Tel. 06 4782349645  
e-mail: cbaggio@arch.uniroma3.it
- UR 6** Guido MAGENES, Associato di *Tecnica delle Costruzioni*  
DMS - Dipartimento di Meccanica Strutturale, Università di Pavia,  
Via Ferrata 1, 27100 Pavia  
Tel. 0382 505402, Fax 0382 528422  
e-mail: guido.magenes@unipv.it
- UR 7** Sergio LAGOMARSINO, Ordinario di *Tecnica delle Costruzioni*  
DISEG – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Genova  
Via Montallegro 1, 16145 Genova  
Tel. 010 3532521, Fax 010 3532534  
e-mail: lagomarsino@diseg.unige.it
- UR 8** Marisa DALAI EMILIANI, Ordinario di *Storia dell'Arte*  
Dipartimento di Storia dell'Arte, Università di Roma *La Sapienza*  
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma  
Tel. 06 49912772  
e-mail: mdalai@uniroma1.it

# ALLEGATO 1 – Scheda per il rilievo di vulnerabilità delle chiese (UR7)

Esempio di scheda compilata per la chiesa dei SS. Giacomo e Filippo a Taggia

## RILIEVO DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DELLE CHIESE

### Riferimento verticale

Data	16 07 2001	N° progressivo	001	N° Scheda:	_____
Bene Complesso	<input type="checkbox"/>	Bene individuo	<input checked="" type="checkbox"/>	Cod. superiore:	_____
Denominazione bene:	SS. GIACOMO E FILIPPO				

### Condizioni d'uso

Quotidiano	<input checked="" type="checkbox"/>	Settimanale	<input type="checkbox"/>	Saltuario	<input type="checkbox"/>	Abbandonata	<input type="checkbox"/>	Affollamento	<input type="checkbox"/>
------------	-------------------------------------	-------------	--------------------------	-----------	--------------------------	-------------	--------------------------	--------------	--------------------------

### Posizione

Isolata	<input type="checkbox"/>	In aggregato	<input type="checkbox"/>
Corpi bassi	<input type="checkbox"/>	Estremità o angolo	<input checked="" type="checkbox"/>

### Stato di manutenzione generale

Pessimo	<input type="checkbox"/>	Scadente	<input type="checkbox"/>
Discreto	<input type="checkbox"/>	Buono	<input checked="" type="checkbox"/>

### DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI

Una navata	<input type="checkbox"/>	Due navate	<input type="checkbox"/>	Tre navate	<input checked="" type="checkbox"/>	Più navate	<input type="checkbox"/>	Centrale	<input type="checkbox"/>
<b>Aula:</b>									
<b>navata centrale</b>		<b>1° navata laterale dx/sx</b>		<b>2° navata laterale dx/sx</b>		<b>pianta centrale</b>			
largh. 12.50 x lung. 36 altezza max: 18.40 n° campate: 7 <input type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> colonne <input checked="" type="checkbox"/> contrafforti esterni volte: <input checked="" type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> cupola strutturali: <input checked="" type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so quota imposta volta: 11.50 catene/cuciture: <input checked="" type="checkbox"/> n° catene trasversali: 6		matroneo: <input type="checkbox"/> largh. 3.40 x lung. 36 altezza max: 8.50 n° col./pil./setti trasv.: 6 <input type="checkbox"/> conci lapidei <input checked="" type="checkbox"/> muratura <input type="checkbox"/> monolite dimensioni: ___ x ___ altezza: ___ colleg. con navata centrale: <input type="checkbox"/> arco <input type="checkbox"/> architrave n° catene archi long.: ___ volte: <input type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> cupole o vele strutturali: <input checked="" type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so n° catene trasversali: ___		matroneo: <input type="checkbox"/> largh. ___ x lung. ___ altezza max: ___ n° col./pil./setti trasv.: ___ <input type="checkbox"/> conci lapidei <input type="checkbox"/> muratura <input type="checkbox"/> monolite dimensioni: ___ x ___ altezza: ___ colleg. con 1° nav. laterale: <input type="checkbox"/> arco <input type="checkbox"/> architrave n° catene archi long.: ___ volte: <input type="checkbox"/> a botte <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> cupole o vele strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so n° catene trasversali: ___		largh. ___ x lung. ___ Altezza max: ___ Forma: <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> quadrata/rettangolare <input type="checkbox"/> ellittica <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> croce greca n° altari: ___ colonne: <input type="checkbox"/> Volte: <input type="checkbox"/> a crociera <input type="checkbox"/> a padiglione <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> cupola strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so quota imposta volta: ___ n° catene: ___			
<b>Copertura</b> Lignea <input checked="" type="checkbox"/> c.a. o metallica <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> spingente <input type="checkbox"/> parz. sping. <input checked="" type="checkbox"/> non sping. <input type="checkbox"/> capriate cordoli: <input type="checkbox"/> pilastri: <input checked="" type="checkbox"/> controventi di falda: <input type="checkbox"/> superficie totale: ___		<b>Presbiterio</b> <input checked="" type="checkbox"/> l. 7.70 x p. 10 x H 15.30 <b>Coro:</b> <input checked="" type="checkbox"/> l. ___ x p. ___ x H ___ volte strutturali: <input checked="" type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so n° catene: 2		<b>Transetto</b> <input type="checkbox"/> n° navate: ___ largh. ___ x lung. ___ altezza max: ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so n° catene: ___		<b>Cripta</b> <input type="checkbox"/> lar. ___ x lun. ___ x H ___ n° colonne: ___ volte: <input type="checkbox"/> botte <input type="checkbox"/> crociera catene: <input type="checkbox"/> n° catene: ___			

<b>Abside principale</b> <input checked="" type="checkbox"/> l. <u>7.65</u> x p. <u>5.40</u> x H <u>15.30</u> <b>Absidi secondarie:</b> <input type="checkbox"/> l. ___ x p. ___ x H ___ forma: <b>prin. sec.</b> rettangolare <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> semicircolare <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> n° aperture: <u>5</u> ___ volte strutturali: si <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> non so <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> n° catene interne: <u>1</u> ___ catene/cerchiatura <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Campanili</b> <input checked="" type="checkbox"/> n° <u>1</u> 1 - a ___ x b ___ x H ___ 2 - a ___ x b ___ x H ___ forma: <b>1 2</b> quadrata/rettang. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> a vela <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> n° celle camp.: <u>1</u> ___ catene/cerchiatura <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> posizione (D/S,A/P) <u>D/C</u> ___ posizione vela (C/D/S) ___ isolato <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> inserito in pianta <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> est. (muro comune) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> esterno (adiacente) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> quota stacco: ___ ___	<b>Cupola</b> <input type="checkbox"/> diametro: ___ <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> poligonale strutturale: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so tiburio: <input type="checkbox"/> tamburo: <input type="checkbox"/> n° aperture: ___ n° cerchiature: ___ <b>Lanterna</b> <input type="checkbox"/> diametro: ___ n° aperture: ___ n° cerchiature: ___ <b>Cappelle</b> <input type="checkbox"/> n° ___ <b>Corpi annessi</b> <input checked="" type="checkbox"/> n° <u>1</u>	<b>Facciata</b> <input checked="" type="checkbox"/> Capanna <input checked="" type="checkbox"/> Saliienti <input type="checkbox"/> Rettangolare <input type="checkbox"/> Larghezza: <u>14.70</u> Quota colmo: _ Quota gronda: _ <i>Profilo planimetrico</i> Rettangolare <input type="checkbox"/> Paraste o colonne <input checked="" type="checkbox"/> Concavo <input type="checkbox"/> Convesso <input type="checkbox"/> Sommità a vela <input checked="" type="checkbox"/> Statue o oggetti <input type="checkbox"/> Narcece o protiro <input type="checkbox"/> Edificio addossato <input type="checkbox"/> N° aperture: <u>5</u>
--	---	--	--

DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI

<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___
<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___
<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___
<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___	<b>Cappelle</b> _____ l. ___ x p ___ x H ___ volte strutturali: <input type="checkbox"/> si - <input type="checkbox"/> non so cupole: <input type="checkbox"/> n° catene: ___
<b>Corpi annessi</b> posizione: <u>D/C</u> (D/S, A/P) connessione: <input type="checkbox"/> adiacente <input type="checkbox"/> incatenata <input type="checkbox"/> ammorsata $R_s: \frac{H_{corpo}}{H_{navata}} = \frac{2}{3}$	<b>Corpi annessi</b> posizione: ___ (D/S, A/P) connessione: <input type="checkbox"/> adiacente <input type="checkbox"/> incatenata <input type="checkbox"/> ammorsata $R_s: \frac{H_{corpo}}{H_{navata}} = \frac{\quad}{\quad}$	<b>Corpi annessi</b> posizione: ___ (D/S, A/P) connessione: <input type="checkbox"/> adiacente <input type="checkbox"/> incatenata <input type="checkbox"/> ammorsata $R_s: \frac{H_{corpo}}{H_{navata}} = \frac{\quad}{\quad}$	<b>Corpi annessi</b> posizione: ___ (D/S, A/P) connessione: <input type="checkbox"/> adiacente <input type="checkbox"/> incatenata <input type="checkbox"/> ammorsata $R_s: \frac{H_{corpo}}{H_{navata}} = \frac{\quad}{\quad}$

CARATTERISTICHE DELLE MURATURE

STATO GENERALE  
DI CONSERVAZIONE

<b>FACCIATA</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>PARETI LATERALI</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>ARCHI TRIONFALI</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>TRANSETTO</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>CUPOLA</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>ABSIDE</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>CAMPANILE</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>ALTRI CORPI (cappelle, sacrestia)</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :				scheda n°: %: S <sub>min</sub> : S <sub>max</sub> :	
<b>COPERTURA</b>					<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

INDICE DI VULNERABILITÀ

<b>1 - RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene longitudinali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Ammorsamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di elementi spingenti (puntoni di copertura, volte, archi)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantonale	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>2 - MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIATA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di collegamenti puntuali con la copertura (sogofese, travi-catene)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Presenza di controventi di falda	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Assenza di grandi aperture (rosone o altro)	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Assenza di parti svettanti alte e/o snelle	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate a (taglio) - Lesioni verticali o arcuate - Rotazioni delle capriate	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, travi di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.	<input type="checkbox"/>
<b>3 - MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene in controfacciata	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Limitata percentuale di aperture (anche tamponate)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Presenza di buoni architravi nelle aperture	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Limitata snellezza (rapporto altezza/larghezza)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate (taglio) - Lesioni verticali o arcuate (rotazione) - Altre fessurazioni o spancamenti	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Copertura pesante in c.a.	<input type="checkbox"/>

<b>4 – PROTIRO - NARTECE</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene <input type="checkbox"/> Assenza di elementi spingenti (archi, volte) <input type="checkbox"/> Colonne, pilastri di adeguata rigidità <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni nella trabeazione per rotazione delle colonne – Distacco complessivo dalla facciata – Martellamento del protiro – Archi lesionati	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di paraste o contrafforti esterni <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di corpi annessi adiacenti <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di catene trasversali <input type="checkbox"/> Pareti con modesta snellezza <input type="checkbox"/> Assenza di volte e archi <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni negli arconi (con eventuale prosecuzione della volta) – Rotazioni, schiacciamenti o lesioni a taglio nelle volte delle navate laterali – Fuori piombo e archi lesionati	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input checked="" type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Limitata percentuale di aperture (anche tamponate) <input type="checkbox"/> Presenza di buoni architravi nelle aperture <input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità locali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli in c.a. molto rigidi, copertura pesante in c.a.	<input type="checkbox"/>
<b>7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO NELLE CHIESE A PIÙ NAVATE</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene longitudinali <input type="checkbox"/> Presenza di contrafforti in facciata o di corpi annessi <input type="checkbox"/> Pilastri tozzi e campate di lunghezza limitata <input type="checkbox"/> Navata centrale di inerzia limitata (assenza di volte pesanti) <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni negli archi o architravi longitudinali – Schiacciamento e/o lesioni alla base dei pilastri – Lesioni a taglio nelle volte delle navate laterali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Copertura pesante in c.a., cappe armate di significativo spessore nelle volte	<input type="checkbox"/>
<b>8 – VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di catene in posizione efficace <input type="checkbox"/> Assenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Assenza di lunette di dimensioni considerevoli <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Volte di adeguato spessore e di forma regolare <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni nelle volte dell'aula centrale o sconnessioni dagli arconi	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>9 – VOLTE DELLE NAVATE LATERALI</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene in posizione efficace <input type="checkbox"/> Assenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Assenza di lunette di dimensioni considerevoli <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Volte di adeguato spessore e di forma regolare <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO		□
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene longitudinali <input type="checkbox"/> Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici) <input type="checkbox"/> Buon collegamento con la copertura (sogofese, controventi) <input type="checkbox"/> Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri della navata <input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/>   <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>   <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>   <input type="checkbox"/>   <input type="checkbox"/>   <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Distacco della parete frontale dalle pareti laterali	□ □ □ □ □
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, travi di colmo in c.a., copertura pesante	□
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO		□
(non so)	<input type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input type="checkbox"/> Limitata percentuale di aperture (anche tamponate) <input type="checkbox"/> Presenza di buoni architravi nelle aperture <input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità locali	□ □ □ □ □
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante	□
12 - VOLTE DEL TRANSETTO		□
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene in posizione efficace <input type="checkbox"/> Assenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura <input type="checkbox"/> Assenza di lunette di dimensioni considerevoli <input type="checkbox"/> Volte di adeguato spessore e di forma regolare <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesioni nelle volte o sconessioni degli arconi	□ □ □ □ □
13 - ARCHI TRIONFALI		☒
(non so)	<input type="checkbox"/> Pareti di contrasto efficaci (rapporto luce/larghezza aula) <input type="checkbox"/> Presenza di catene <input checked="" type="checkbox"/> Conci di buona fattura e/o adeguato spessore <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ ☒ <input type="checkbox"/> □ ☒ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesione nell'arco, scorrimento di conci – Schiacciamento alla base dei piedritti	□ □ □ □ □
vulnerabilità aggiunta	Copertura pesante in c.a.	□
14 - CUPOLA - TAMBURO/TIBURIO		□
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza cerchiatura esterna, anche a più livelli <input type="checkbox"/> Presenza nel tamburo di contrafforti esterni, paraste, piccole aperture <input type="checkbox"/> Cupola direttamente impostata su archi trionfali (assenza del tamburo) <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesioni nella cupola (ad arco) con eventuale prosecuzione nel tamburo	□ □ □ □ □
15 - LANTERNA		□
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza cerchiatura esterna <input type="checkbox"/> Presenza nel tamburo di paraste e/o piccole aperture (anche tamponate) <input type="checkbox"/> Dimensioni contenute rispetto a quelle delle cupole <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesioni nel cupolino della lanterna con eventuale prosecuzione nei piedritti	□ □ □ □ □
16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE		☒
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di cerchiatura (a. semicircolare e poligonale) o catene (a. rettangolare) <input type="checkbox"/> Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici) <input checked="" type="checkbox"/> Assenza di forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti <input type="checkbox"/> Presenza di copertura controventata, non spingente o a spinta eliminata <input type="checkbox"/> Assenza di volte spingenti <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ ☒ <input checked="" type="checkbox"/> □ <input type="checkbox"/> □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □ <input type="checkbox"/> □ □ □
danno pregresso	Lesioni verticali o arcuate nelle pareti dell'abside	□ □ □ □ □
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante, puntoni di falda in c.a.	□

<b>17 – MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL’ABSIDE</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input checked="" type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input checked="" type="checkbox"/> Limitata percentuale di aperture (anche tamponate) <input type="checkbox"/> Presenza di buoni architravi nelle aperture <input type="checkbox"/> Presenza di copertura leggera e controventata <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità locali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante	<input type="checkbox"/>
<b>18 – VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL’ABSIDE</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene in posizione efficace <input type="checkbox"/> Assenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura <input checked="" type="checkbox"/> Assenza di lunette di dimensioni considerevoli <input checked="" type="checkbox"/> Volte di adeguato spessore e di forma regolare <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni nelle volte o sconnessioni degli arconi	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>19 – MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - PARETI LATERALI DELL’AULA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> Presenza di collegamento puntuale delle travi alla muratura <input type="checkbox"/> Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici) <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di connessioni tra gli elementi di orditura della copertura <input checked="" type="checkbox"/> Copertura staticamente non spingente <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra i cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto – Sconnessioni e movimenti tra gli elementi di orditura principale	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante	<input type="checkbox"/>
<b>20 – MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - TRANSETTO</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> Presenza di collegamento puntuale delle travi alla muratura <input type="checkbox"/> Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici) <input type="checkbox"/> Presenza di connessioni tra gli elementi di orditura della copertura <input type="checkbox"/> Copertura staticamente non spingente <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra i cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto – Sconnessioni e movimenti tra gli elementi di orditura principale	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante	<input type="checkbox"/>
<b>21 – MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – ABISDE E PRESBITERIO</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, c.a. sottili) <input type="checkbox"/> Presenza di collegamento puntuale delle travi alla muratura <input type="checkbox"/> Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici) <input type="checkbox"/> Presenza di connessioni tra gli elementi di orditura della copertura <input type="checkbox"/> Copertura staticamente non spingente <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra i cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto – Sconnessioni e movimenti tra gli elementi di orditura principale	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Cordoli rigidi, copertura pesante	<input type="checkbox"/>
<b>22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici) o catene <input type="checkbox"/> Presenza di cerchiatura (a. semicircolare e poligonale) o catene (a. rettangolare) <input type="checkbox"/> Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali <input type="checkbox"/> Assenza di forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Distacco della parete frontale dalle pareti laterali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

<b>23 – MECCANSIMI DI TAGLIO NELLE PARETI DELLE CAPPELLE</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input type="checkbox"/> Limitata percentuale di aperture (anche tamponate) <input type="checkbox"/> Presenza di buoni architravi nelle aperture <input type="checkbox"/> Presenza di copertura leggera e controventata <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità locali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>24 – VOLTE DELLE CAPPELLE</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di catene in posizione efficace <input type="checkbox"/> Assenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura <input type="checkbox"/> Assenza di lunette di dimensioni considerevoli <input type="checkbox"/> Volte di adeguato spessore e di forma regolare <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità locali	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>25 – INTERAZIONI IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ PLANO-ALTIMETRICHE (CORPI ADIACENTI, ARCHI RAMPANTI)</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di un'adeguata connessione tra le murature di fasi diverse <input type="checkbox"/> Assenza di un'elevata differenza di rigidità tra i due corpi <input type="checkbox"/> Presenza di catene di collegamento <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Movimento del giunto o lesioni nella muratura per martellamento – Lesioni verticali nel corpo meno rigido – Rotazione nel corpo più alto	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)</b>		<input type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di perni di collegamento con la muratura o elementi di ritegno <input type="checkbox"/> Elementi di limitata importanza e dimensione <input type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input type="checkbox"/> Elementi di limitata snellezza <input type="checkbox"/> Posizione simmetrica rispetto all'elemento sottostante <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Evidenza di rotazioni permanenti o scorrimento	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>27 – TORRE CAMPANARIA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input checked="" type="checkbox"/> Muratura uniforme (fasi costruttive) e di buona qualità (vedi allegato murature) <input type="checkbox"/> Presenza di catene <input type="checkbox"/> Presenza di adeguata distanza dalle pareti della chiesa (se adiacente) <input checked="" type="checkbox"/> Presenza buon collegamento con pareti chiesa (se inglobata o adiacente) <input checked="" type="checkbox"/> Assenza di aperture significative su più livelli <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni vicino allo stacco dal corpo della chiesa Lesioni a taglio o scorrimento – Lesioni verticali (espulsione di uno o più angoli)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
vulnerabilità aggiunta	Muratura fino a terra solo su alcuni lati (presenza di portico), torre su pilastri murari al piano terra	<input type="checkbox"/>
<b>28 – CELLA CAMPANARIA</b>		<input checked="" type="checkbox"/>
(non so)	<input type="checkbox"/> Presenza di piedritti tozzi e/o archi di luce ridotta <input type="checkbox"/> Presenza di catene o cerchiature <input type="checkbox"/> Assenza di copertura pesante <input type="checkbox"/> Assenza di copertura spingente <input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
danno pregresso	Lesioni negli archi – Rotazioni o scorrimenti dei piedritti	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

**DANNO NON SISMICO**

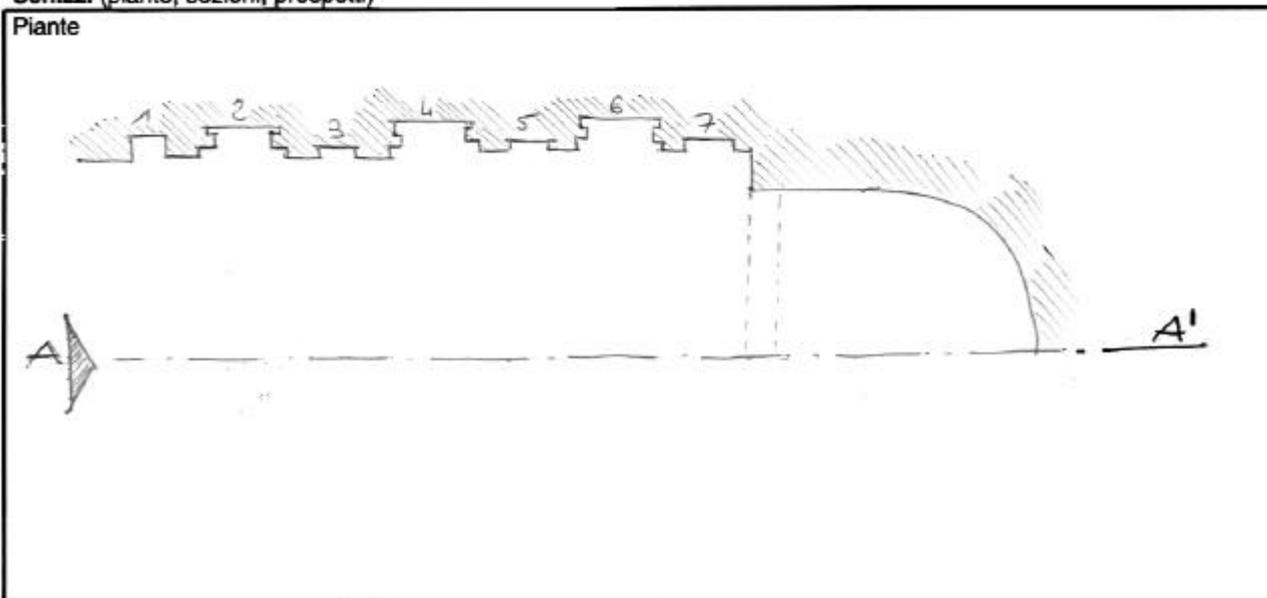
<b>A - CEDIMENTI DI FONDAZIONE</b>		<input type="checkbox"/>
danno	Lesioni inclinate a 45°- lesioni verticali con strappi o rotazioni	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
macroelementi	<input type="checkbox"/> facciata <input type="checkbox"/> pareti laterali <input type="checkbox"/> transetto <input type="checkbox"/> abside/presbiterio <input type="checkbox"/> campanile	
Antico/stabile <input type="checkbox"/>		Recente/attivo <input type="checkbox"/>
<b>B - CRISI PER COMPRESSIONE DELLA MURATURA</b>		<input type="checkbox"/>
danno	Sganciamento del paramento murario- lesioni diffuse sub verticali per schiacciamento	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
macroelementi	<input type="checkbox"/> facciata <input type="checkbox"/> pareti laterali <input type="checkbox"/> transetto <input type="checkbox"/> abside/presbiterio <input type="checkbox"/> campanile	
<b>C - ROTAZIONE DI PARETI</b>		<input type="checkbox"/>
danno	Fuori piombo di pareti con spinte statiche delle volte	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
macroelementi	<input type="checkbox"/> facciata <input type="checkbox"/> pareti laterali <input type="checkbox"/> transetto <input type="checkbox"/> abside/presbiterio <input type="checkbox"/> campanile	
Antico/stabile <input type="checkbox"/>		Recente/attivo <input type="checkbox"/>
<b>D - .....</b>		<input type="checkbox"/>
danno	.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
macroelementi	<input type="checkbox"/> facciata <input type="checkbox"/> pareti laterali <input type="checkbox"/> transetto <input type="checkbox"/> abside/presbiterio <input type="checkbox"/> campanile	
Antico/stabile <input type="checkbox"/>		Recente/attivo <input type="checkbox"/>

**ANNOTAZIONI** ( danni preesistenti particolari, recenti interventi di consolidamento, beni da salvaguardare)

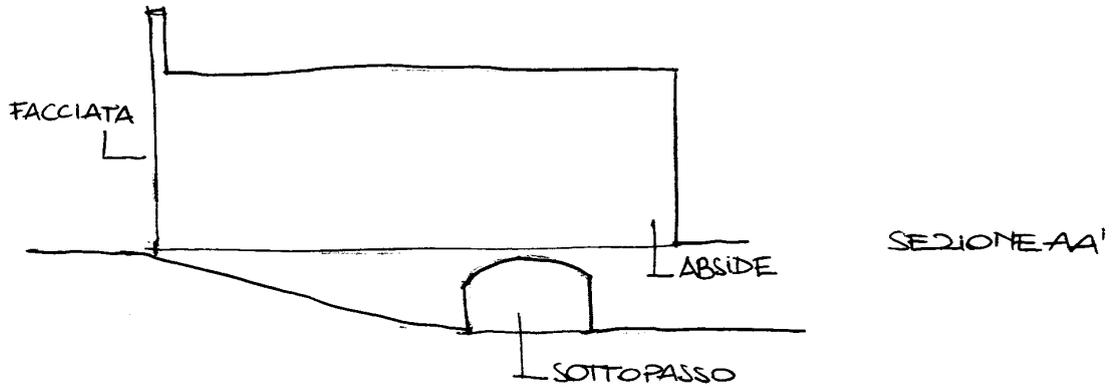
SI SOTTOLINEA LA PRESENZA DI UN SOTTOPASSO (LARGH. 5.65 , H. 4.00) IN CORRISPONDENZA DELL' ABSIDE E DEL PRESBITERIO -

SONO STATI FATTI LAVORI DI RESTAURO (INTERNO - ESTERNO) E DI CONSOLIDAMENTO NEGLI ANNI COMPRESI TRA IL 1990 E IL 1996 -

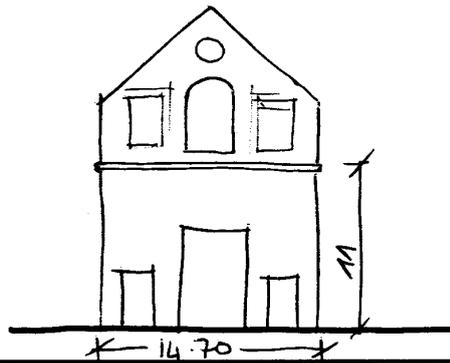
**Schizzi** (piante, sezioni, prospetti)



sezioni



Prospetti



Elaborati grafici recuperati:	Piante	n°	Fonte:
	Sezioni	n°	Fonte:
	Prospetti	n°	Fonte:

SQUADRA N. 1

Componenti della squadra

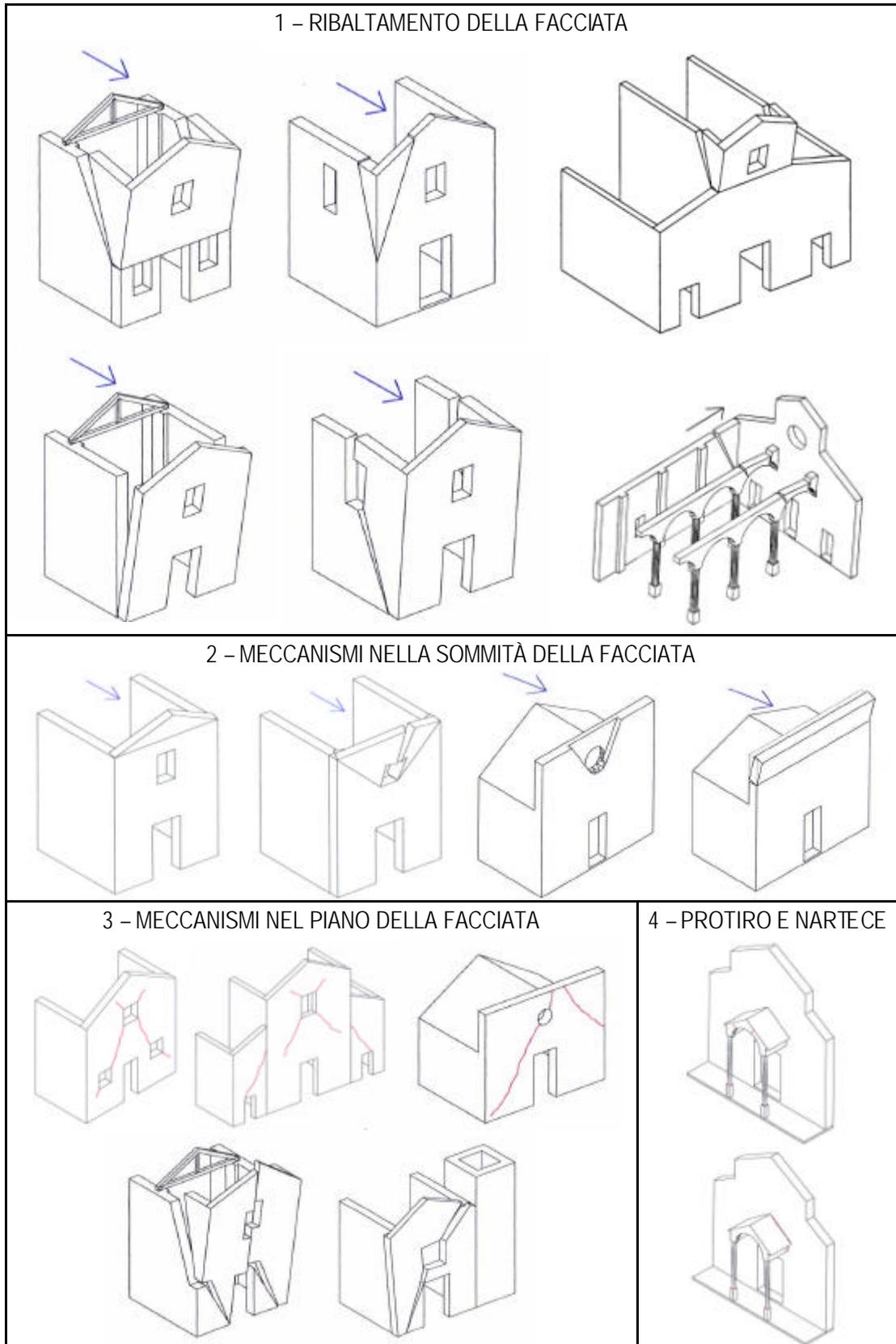
Cognome e nome	Qualifica	Ente appartenenza
MAGGILO LAURA	ARCHITETTO	UNIVERSITA' DI GENOVA
TAVAROLI FABRIZIO	INGEGNERE	UNIVERSITA' DI GENOVA

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA ALLEGATA

Descrizione foto	Dia	Neg	Dig	Rull./file n°	Fotogr. n°
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Oss.: Per i beni artistici mobili e fissi effettuare delle fotografie in vedute di insieme seguendo il perimetro dell'edificio da sx verso dx. Eventuali decorazioni sulle coperture o pavimentali andranno fotografate dall'ingresso verso l'altare maggiore.

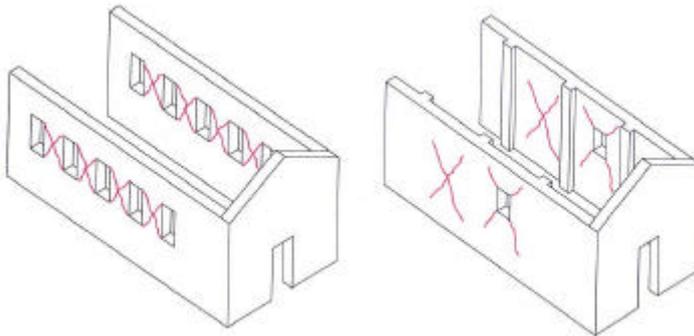
*Abaco dei 28 meccanismi di collasso sismico*



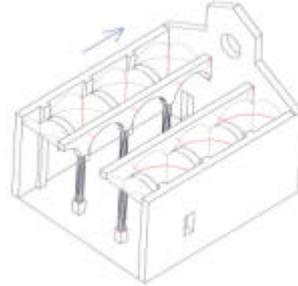
5 – RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA



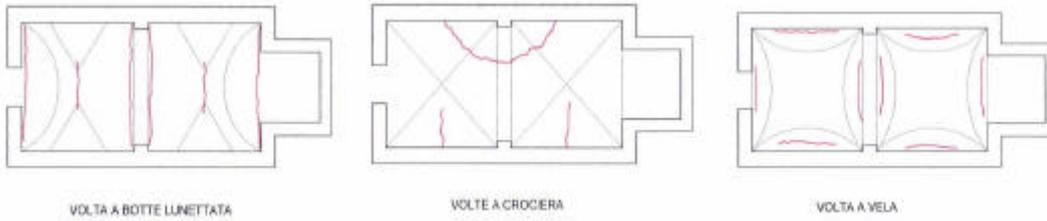
6 – MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)



7 – RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO



8 – VOLTE DELL'AULA O DELLA NAVATA CENTRALE

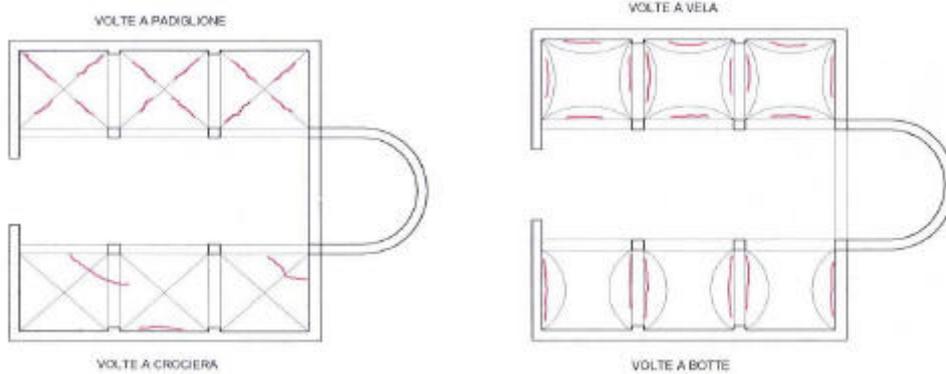


VOLTA A BOTTE LUNETTATA

VOLTA A CROCIERA

VOLTA A VELA

9 – VOLTE DELLE NAVATE LATERALI



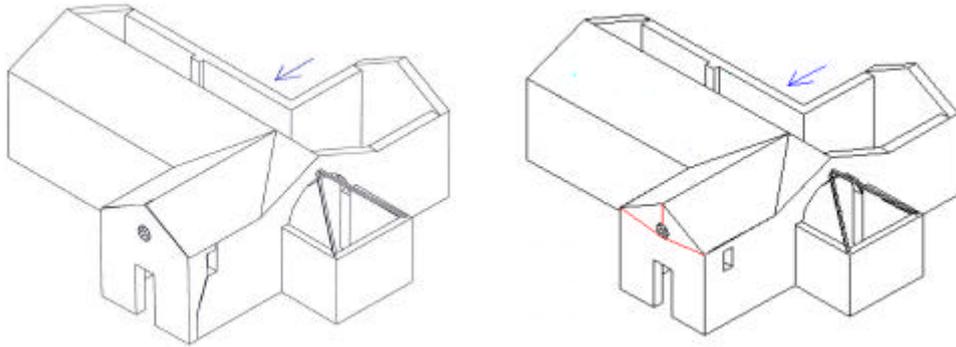
VOLTA A PADIGLIONE

VOLTA A VELA

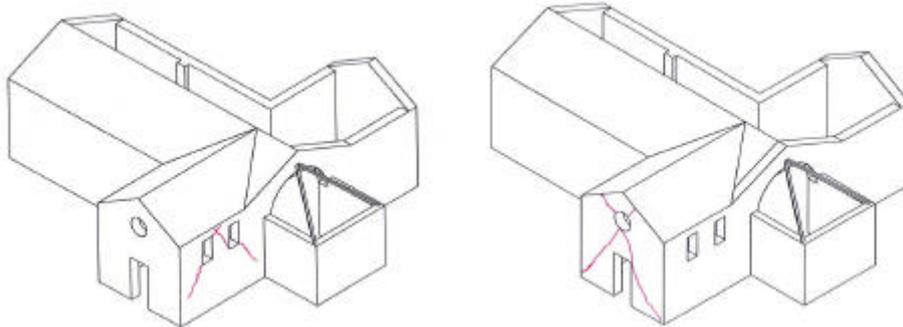
VOLTA A CROCIERA

VOLTA A BOTTE

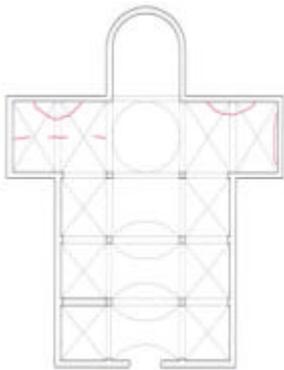
10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO



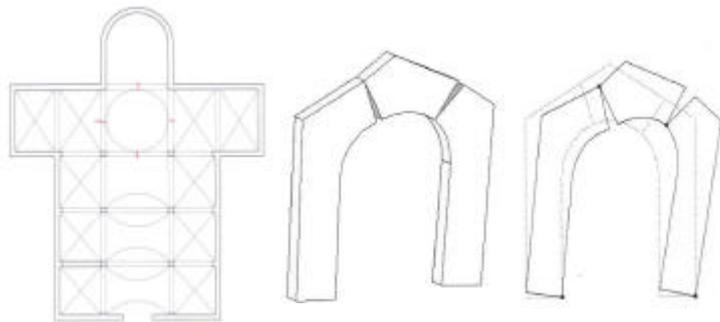
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO



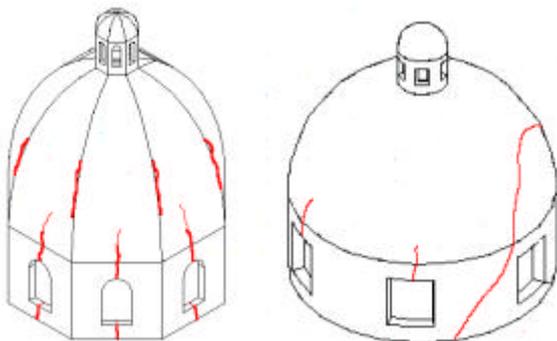
12 - VOLTE DEL TRANSETTO



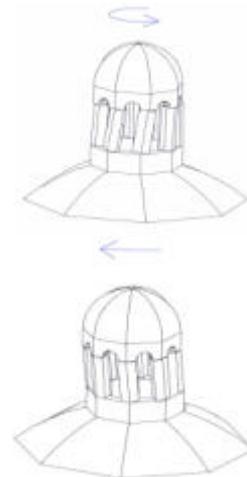
13 - ARCHI TRIONFALI



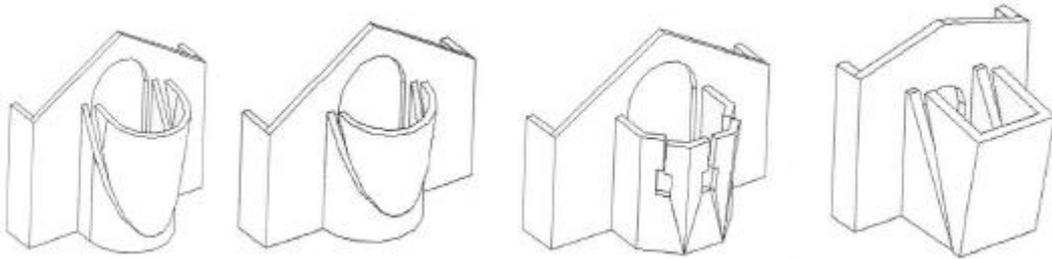
14 - CUPOLA E TAMBURO / TIBURIO



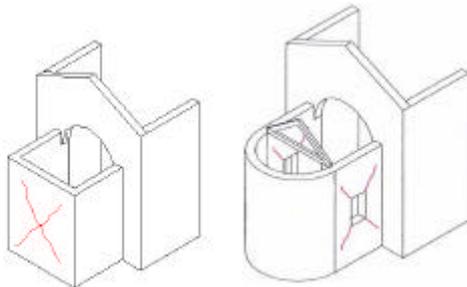
15 - LANTERNA



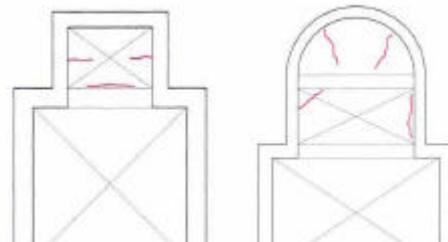
16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE



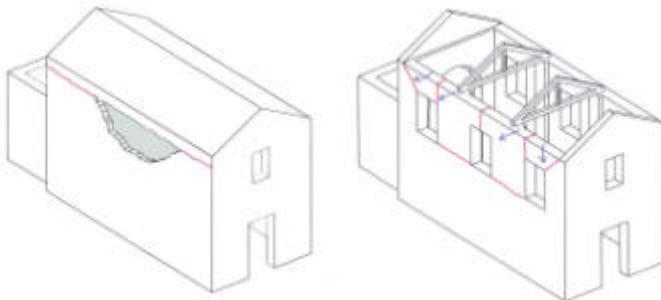
17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE



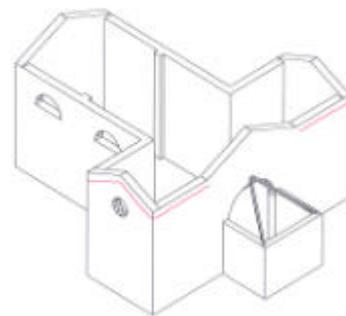
18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE



19 - ELEMENTI DI COPERTURA: PARETI LATERALI DELL'AULA O DELLE NAVATE LATERALI



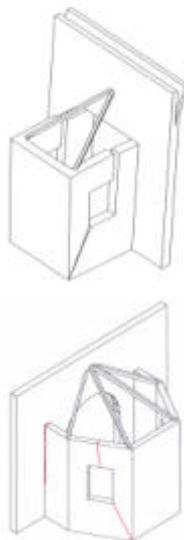
20 - ELEMENTI DI COPERTURA: TRANSETTO



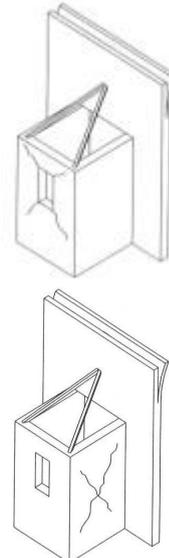
21 - COPERTURA: ABSIDE E PRESBITERIO

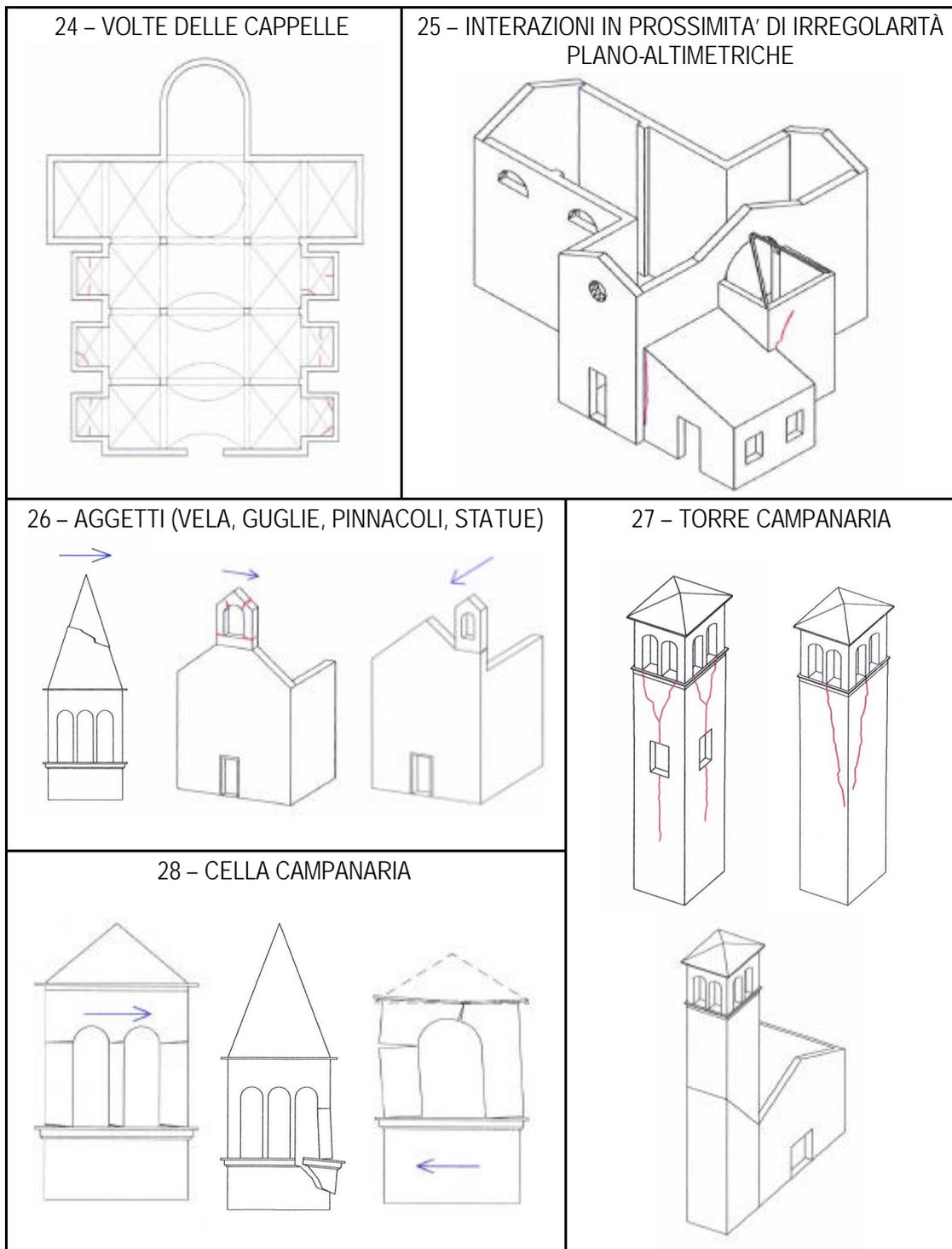


22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE



23 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE CAPPELLE





Gli schemi illustrati rappresentano solo alcuni esempi di possibili meccanismi di danno sismico, in relazione alle tipologie architettoniche più frequenti. Alcuni sono esemplificati sotto forma di cinematismo di collasso, mentre per altri è semplicemente indicato un plausibile andamento delle lesioni.

## ALLEGATO 2 – Schedatura degli apparati decorativi nell'area di Taggia (UR 8)

Denominazione	SS. Trinità	SS. Trinità	Convento dei cappuccini
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico	centro storico	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia	oratorio	sagrestia	chiesa
Contesto	Centro storico	Centro storico	Adiacenze centro storico
Accesso agevole	X	X	X
Accesso non agevole			
Motivazione			
Controllo sociale	X	X	X
Apertura	quindicinale	quindicinale	quotidiana
Proprietà	ecclesiastica	ecclesiastica	ecclesiastica
Funzione	liturgica	liturgica	liturgica
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)	3		3
Dipinti murali (sup. mq)			
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo			
Stucchi (sup. mq)			
Stucchi diffusi	X		
Arredi (N°)	5	1	5
Decorazioni architettoniche (N°)			
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole	2		
Campane grandi			
Organo (N°)	1		
Organo ingombro (mc)	6		
Elementi scultorei (N°)	1		
Elementi scultorei (sup. mq)	1		
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N°<1mq)	6		3
Dipinti (1mq<N°<2mq)			5
Dipinti (N°>2mq)	8		8
Suppellettili	44	15	1
Statue/crocifissi (N°<1mq)	4		2
Statue/crocifissi (1mq<N°<2mq)	7		11
Statue/crocifissi (N°>2mq)			
Elementi scultorei (N°<1mq)			14
Elementi scultorei (1mq<N°<2mq)			
Elementi scultorei (N°>2mq)			
Arredi (N°)			
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (ml)			
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)	7		
Motivazione	posizione		
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione	parziale	parziale	assente
Tipo documentazione	Sbas	Sbas	
Emblematicità per la comunità locale		X	
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio	X		
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale	X		X
Grande rilevanza			X
Grande rilevanza - segnalazioni			Domenico Fetti (1)
Stato conservazione	buono		buono
Descrizione			
Danni sismici progressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente	X		X
Descrizione intervento			

Denominazione	SS. Sebastiano e Fabiano (Oratorio dei Bianchi)	SS. Giacomo e Filippo	SS. Giacomo e Filippo
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico	centro storico	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia	chiesa	chiesa parrocchiale	sagrestia
Contesto	Centro storico	Centro storico	Centro storico
Accesso agevole	X	X	X
Accesso non agevole			
Motivazione			
Controllo sociale	X	X	X
Apertura	occasionale	quotidiana	quotidiana
Proprietà	Confraternita dei Bianchi	ecclesiastica	ecclesiastica
Funzione	liturgica	liturgica	liturgica
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)	3	14	
Dipinti murali (sup. mq)	600	460	
Dipinti murali diffusi	X	X	
Dipinti murali sotto scialbo			
Stucchi (sup. mq)		400	
Stucchi diffusi	X	X	
Arredi (N°)	5	8	1
Decorazioni architettoniche (N°)	1		
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole		nr	
Campane grandi		nr	
Organo (N°)	1	1	
Organo ingombro (mc)	9	9	
Elementi scultorei (N°)	4	9	6
Elementi scultorei (sup. mq)	8		
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N° < 1mq)	1	27	4
Dipinti (1mq < N° < 2mq)	4	19	1
Dipinti (N° > 2mq)			
Suppellettili	18	53	
Statue/crocifissi (N° < 1mq)	12	9	1
Statue/crocifissi (1mq < N° < 2mq)	4	4	
Statue/crocifissi (N° > 2mq)			
Elementi scultorei (N° < 1mq)			
Elementi scultorei (1mq < N° < 2mq)			
Elementi scultorei (N° > 2mq)			
Arredi (N°)			
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (ml)			
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)	8	8	
Motivazione	posizione	posizione	
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione	parziale	parziale	parziale
Tipo documentazione		Sbas	Sbas
Emblematicità per la comunità locale	X	X	
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio	X	X	
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale	X	X	
Grande rilevanza		X	X
Grande rilevanza - segnalazioni		Francesco Brea e Luca Cambiaso (1), L. Cambiaso (1)	Luca Cambiaso (1)
Stato conservazione	buono	buono	
Descrizione			
Danni sismici pregressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente	X	X	
Descrizione intervento	volta restaurata nel 1998-2000	restauro generale 1991-1996	

Denominazione	San Domenico	San Domenico (chostro)	San Domenico (sagrestia)
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico	centro storico	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia	chiesa	chostro	sagrestia
Contesto	Adiacenze centro storico	Adiacenze centro storico	Adiacenze centro storico
Accesso agevole	X	X	X
Accesso non agevole			
Motivazione			
Controllo sociale	X	X	X
Apertura	quotidiana	quotidiana	quotidiana
Proprietà	ecclesiastica	ecclesiastica	ecclesiastica
Funzione	liturgica - "espositiva - museale"	espositiva- museale	espositiva- museale
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)	4		
Dipinti murali (sup. mq)	22	30	0,5
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo			
Stucchi (sup. mq)			
Stucchi diffusi			
Arredi (N°)	11		1
Decorazioni architettoniche (N°)	1		
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole	4		
Campane grandi			
Organo (N°)			
Organo ingombro (mc)			
Elementi scultorei (N°)	19	5	3
Elementi scultorei (sup. mq)			
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N°<1mq)	3	1	
Dipinti (1mq<N°<2mq)	10		
Dipinti (N°>2mq)	3		
Suppellettili	22		
Statue/crocifissi (N°<1mq)	1	1	
Statue/crocifissi (1mq<N°<2mq)	2		
Statue/crocifissi (N°>2mq)			
Elementi scultorei (N°<1mq)			
Elementi scultorei (1mq<N°<2mq)			
Elementi scultorei (N°>2mq)			
Arredi (N°)	38		2
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (m)			
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)	4		
Motivazione	conformazione complessa dei politici		
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione			
Tipo documentazione			
Emblematicità per la comunità locale			
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio			
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale	X	X	
Grande rilevanza			
Grande rilevanza - segnalazioni	L. Brea (5), Canavesio (1)		
Stato conservazione	buono	discreto	
Descrizione			
Danni sismici pregressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente			
Descrizione intervento			

Denominazione	San Domenico (sala capitolare)	San Domenico (museo)	San Domenico (biblioteca)
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico	centro storico	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia			
Contesto urbano	Adiacenze centro storico	Adiacenze centro storico	Adiacenze centro storico
Accesso agevole	X	X	X
Accesso non agevole			
Motivazione			
Controllo sociale	X	X	X
Apertura	quotidiana	quotidiana	chiuso al pubblico
Proprietà	ecclesiastica	ecclesiastica	ecclesiastica
Funzione	espositiva- museale	museale	
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)			
Dipinti murali (sup. mq)			n.r.
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo			
Stucchi (sup. mq)			
Stucchi diffusi			
Arredi (N°)			
Decorazioni architettoniche (N°)			
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole			
Campane grandi			
Organo (N°)			
Organo ingombro (mc)			
Elementi scultorei (N°)			
Elementi scultorei (sup. mq)			
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N°<1mq)		26	
Dipinti (1mq<N°<2mq)	3	2	
Dipinti (N°>2mq)			
Suppellettili			
Statue/crocifissi (N°<1mq)		3	
Statue/crocifissi (1mq<N°<2mq)			
Statue/crocifissi (N°>2mq)			
Elementi scultorei (N°<1mq)			
Elementi scultorei (1mq<N°<2mq)			
Elementi scultorei (N°>2mq)			
Arredi (N°)			
Materiale cartaceo (N°)			n.r.
Materiale cartaceo (ml)			n.r.
Altro (N°)		1	
Amovibilità difficile (N°)			
<i>Codici valutativi</i>			
Motivazione			
Documentazione			
Tipo documentazione			
Emblematicità per la comunità locale			
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio			
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale	X	X	X
Grande rilevanza			
Grande rilevanza - segnalazioni	Canavesio	L. Brea, F. Brea, Assereto (1)	L. Brea
Stato conservazione	buono		buono
Descrizione			
Danni sismici progressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente		X	
Descrizione intervento			
Note	Si tratta di un unico affresco staccato e diviso in tre pezzi, collocato nella posizione originaria.		

Denominazione	San Domenico (refettorio)	S. Martino	S. Caterina d'Alessandria
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico	S. Martino	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia		chiesa	cappella
Contesto urbano	Adiacenze centro storico	Adiacenze centro storico	
Accesso agevole	X	X	
Accesso non agevole			X
Motivazione			apertura a 2 m dal livello stradale
Controllo sociale	X	X	
Apertura	aperto su richiesta	annualmente e su richiesta	senza porta, in stato di abbandono
Proprietà	ecclesiastica	privata	privata
Funzione		liturgica	nessuna
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)			
Dipinti murali (sup. mq)	5	11	1
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo			X
Stucchi (sup. mq)			
Stucchi diffusi			
Arredi (N°)		4	
Decorazioni architettoniche (N°)			
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole			
Campane grandi			
Organo (N°)			
Organo ingombro (mc)			
Elementi scultorei (N°)	1		
Elementi scultorei (sup. mq)			
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N° < 1mq)			
Dipinti (1mq < N° < 2mq)	1		
Dipinti (N° > 2mq)			
Suppellettili			
Statue/crocifissi (N° < 1mq)		6	
Statue/crocifissi (1mq < N° < 2mq)			
Statue/crocifissi (N° > 2mq)			
Elementi scultorei (N° < 1mq)			
Elementi scultorei (1mq < N° < 2mq)			
Elementi scultorei (N° > 2mq)			
Arredi (N°)			
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (m)			
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)			
Motivazione			
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione			
Tipo documentazione			
Emblematicità per la comunità locale			
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio			X
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale	X	X	
Grande rilevanza			
Grande rilevanza - segnalazioni	Canavesio		
Stato conservazione	buono	cattivo	pessimo
Descrizione		efflorescenze saline	grave dissesto statico, lacune, caduta della pellicola pittorica
Danni sismici pregressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente			
Descrizione intervento			

Denominazione	Santa Maria del Canneto	Villa Curlo	S. Lucia
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località	centro storico		centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia	chiesa	villa	chiesa
Contesto urbano	Adiacenze centro storico		centro storico
Accesso agevole	X		
Accesso non agevole		X	X
Motivazione		ampiezza limitata dell'accesso stradale	solo a piedi
Controllo sociale	X		X
Apertura	chiuso al pubblico	chiuso al pubblico	occasionale
Proprietà	comunale	comunale	ecclesiastica
Funzione	nessuna	nessuna	liturgica
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)			1
Dipinti murali (sup. mq)	18	5.5	
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo			
Stucchi (sup. mq)		40	
Stucchi diffusi			
Arredi (N°)		6	4
Decorazioni architettoniche (N°)		1	
Decorazioni architettoniche (sup. mq)		16	
Campane piccole			n.r.
Campane grandi			
Organo (N°)			
Organo ingombro (mc)			
Elementi scultorei (N°)	1	4	
Elementi scultorei (sup. mq)	1.5	3	16
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N°<1mq)			
Dipinti (1mq<N°<2mq)		1	1
Dipinti (N°>2mq)			
Suppellettili		13	7
Statue/crocifissi (N°<1mq)		5	
Statue/crocifissi (1mq<N°<2mq)			
Statue/crocifissi (N°>2mq)			
Elementi scultorei (N°<1mq)			
Elementi scultorei (1mq<N°<2mq)			
Elementi scultorei (N°>2mq)			
Arredi (N°)		28	5
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (ml)			
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)		2	
Motivazione		per posizione	
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione	completa		
Tipo documentazione	sbaas		
Emblematicità per la comunità locale			X
Interesse storico			
Unitarietà app.dec./edificio		X	
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale			
Grande rilevanza	X		
Grande rilevanza - segnalazioni	Giovanni e Luca Cambiaso, Francesco Brea		
Stato conservazione	pessimo	discreto	cattivo
Descrizione	lacune estese, diffuse cadute di pellicola pittorica, efflorescenze, lesioni		
Danni sismici pregressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente			
Descrizione intervento			
Note	previsti interventi di recupero complessivo del bene	in disuso da decenni, avvenuti furti	Le cornici a stucco sulle pareti non contengono decorazioni

Denominazione	S. Maddalena	S.Benedetto Revelli	Palazzo Lercari (solo primo piano)
Comune	Taggia	Taggia	Taggia
Località		centro storico	centro storico
<i>Dati generali</i>			
Tipologia	chiesa	chiesa	palazzo
Contesto urbano	Edificio isolato	Adiacenze centro storico	Centro storico
Accesso agevole		X	X
Accesso non agevole	X		
Motivazione	carrozzabile con fuoristrada		
Controllo sociale	X	X	X
Apertura	occasionale	annuale	periodica
Proprietà	nr	ecclesiastica	comunale
Funzione	devozionale	liturgica	espositiva-biblioteca-archivio
<i>Apparati decorativi fissi</i>			
Macchine d'altare (N°)		1	
Dipinti murali (sup. mq)	2		8
Dipinti murali diffusi			
Dipinti murali sotto scialbo	X		
Stucchi (sup. mq)			
Stucchi diffusi			X
Arredi (N°)			
Decorazioni architettoniche (N°)			
Decorazioni architettoniche (sup. mq)			
Campane piccole	2		
Campane grandi			
Organo (N°)			
Organo ingombro (mc)			
Elementi scultorei (N°)			
Elementi scultorei (sup. mq)			
Altro (N°)			
Altro (ingombro)			
<i>Apparati decorativi mobili</i>			
Dipinti (N° < 1mq)		1	1
Dipinti (1mq < N° < 2mq)		1	
Dipinti (N° > 2mq)			
Suppellettili	2	14	
Statue/crocifissi (N° < 1mq)	1		2
Statue/crocifissi (1mq < N° < 2mq)			
Statue/crocifissi (N° > 2mq)			
Elementi scultorei (N° < 1mq)			3
Elementi scultorei (1mq < N° < 2mq)			2
Elementi scultorei (N° > 2mq)			
Arredi (N°)			12
Materiale cartaceo (N°)			
Materiale cartaceo (ml)			213
Altro (N°)			
Amovibilità difficile (N°)		1	
Motivazione		posizione	
<i>Codici valutativi</i>			
Documentazione			
Tipo documentazione			
Emblematicità per la comunità locale	X	X	
Interesse storico			X
Unitarietà app.dec./edificio			X
Organicità dell'apparato decorativo			
Rappresentatività storia artistica locale			
Grande rilevanza			
Grande rilevanza - segnalazioni			
Stato conservazione	buono	cattivo	buono
Descrizione		umidità, degrado diffuso	infiltrazioni localizzate sulle volte
Danni sismici progressi			
Interventi manutentivi			
Intervento recente			X
Descrizione intervento			
Note	devozione legata alla festa della Compagnia dei Maddalenanti a luglio		dipinto ed elementi scultorei provenienti da altri edifici (Madonna del Canneto)

Denominazione	Sacro Cuore
Comune	Bussana Vecchia
Località	centro storico
<i>Dati generali</i>	
Tipologia	chiesa parrocchiale
Contesto urbano	Centro storico
Accesso agevole	
Accesso non agevole	X
Motivazione	non carrozzabile
Controllo sociale	X
Apertura	visibile dall'esterno
Proprietà	nr
Funzione	nessuna
<i>Apparati decorativi fissi</i>	
Macchine d'altare (N°)	
Dipinti murali (sup. mq)	5
Dipinti murali diffusi	
Dipinti murali sotto scialbo	
Stucchi (sup. mq)	80
Stucchi diffusi	
Arredi (N°)	
Decorazioni architettoniche (N°)	
Decorazioni architettoniche (sup. mq)	
Campane piccole	
Campane grandi	
Organo (N°)	
Organo ingombro (mc)	
Elementi scultorei (N°)	
Elementi scultorei (sup. mq)	
Altro (N°)	
Altro (ingombro)	
<i>Apparati decorativi mobili</i>	
Dipinti (N°<1mq)	
Dipinti (1mq<N°<2mq)	
Dipinti (N°>2mq)	
Suppellettili	
Statue/crocifissi (N°<1mq)	
Statue/crocifissi (1mq<N°<2mq)	
Statue/crocifissi (N°>2mq)	
Elementi scultorei (N°<1mq)	
Elementi scultorei (1mq<N°<2mq)	
Elementi scultorei (N°>2mq)	
Arredi (N°)	
Materiale cartaceo (N°)	
Materiale cartaceo (ml)	
Altro (N°)	
Amovibilità difficile (N°)	
Motivazione	
<i>Codici valutativi</i>	
Documentazione	
Tipo documentazione	
Emblematicità per la comunità locale	
Interesse storico	
Unitarietà app.dec./edificio	
Organicità dell'apparato decorativo	X
Rappresentatività storia artistica locale	
Grande rilevanza	
Grande rilevanza - segnalazioni	
Stato conservazione	pessimo
Descrizione	cadute parti decorazione a stucco, perdita quasi completa della pellicola pittorica per assenza delle coperture
Danni sismici pregressi	X
Interventi manutentivi	
Intervento recente	
Descrizione intervento	
Note	bene ruderizzato, ormai simbolo di Bussana Vecchia