

**DOTTORATO DI RICERCA INTERNAZIONALE IN
INGEGNERIA AGRARIA
XXVI CICLO**

Alfio Cannella

**DEFINIZIONE DI UN “CODICE DI PRATICA”
PER LA SICUREZZA E LA CONSERVAZIONE
DELL'EDILIZIA RURALE TRADIZIONALE NELL'AREA ETNEA**

Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca

Tutor: Ch.mo Prof. Giovanni Cascone

Coordinatore: Ch.ma Prof.ssa Simona Consoli

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente
Sezione Costruzioni e Territorio
Catania, dicembre 2014

Indice degli argomenti

Introduzione

| | |
|------------------------|---------|
| <i>Premessa</i> | pag. 8 |
| <i>Obiettivi</i> | pag. 9 |
| <i>Metodo</i> | pag. 10 |

1.0.0 Inquadramento ed analisi generale dell'area del cono vulcanico etneo (fascia sud orientale)

1.1.0 Area del Cono Vulcanico Etneo (fascia sud orientale)

| | | |
|-------|--|---------|
| 1.1.1 | • Contesto paesaggistico ed ambientale dell'Area etnea | pag. 13 |
| 1.1.2 | • Leggi, strumenti urbanistici e regimi di vincolo | pag. 18 |

2.0.0 Tipologia dei fabbricati rurali tradizionali dell'area etnea

2.1.0 Analisi e classificazione dei tipi edilizi rurali presenti nel territorio etneo

| | | |
|-------|--|---------|
| 2.1.1 | • I tipi edilizi rurali tradizionali | pag. 23 |
|-------|--|---------|

3.0.0 Materiali da costruzione e tecniche di realizzazione dell'Architettura rurale tradizionale dell'area etnea

3.1.0 I materiali costruttivi

| | | |
|-------|---|---------|
| 3.1.1 | • I litoidi (basalto lavico) | pag. 28 |
| 3.1.2 | • Il legno | pag. 31 |
| 3.1.3 | • I conglomerati (malta di ghiara e malta di azolo) | pag. 33 |

3.2.0 Elementi strutturali e decorativi

| | | |
|-------|-------------------------------|---------|
| 3.2.1 | • Le chiusure verticali | pag. 35 |
|-------|-------------------------------|---------|

| | | |
|-------|--|---------|
| 3.2.2 | • Le coperture | pag. 37 |
| 3.2.3 | • Le cornici di porte e finestre | pag. 39 |
| 3.3.0 | <i>Documentazione grafica e fotografica dei diversi tipi strutturali e decorativi del territorio etneo</i> | |
| 3.3.1 | • Schede tecniche di rappresentazione | pag. 41 |

4.0.0 Idoneità antisismica degli edifici in muratura

4.1.0 La sicurezza sismica degli edifici rurali tradizionali

| | | |
|-------|---|---------|
| 4.1.1 | • Normativa antisismica | pag. 52 |
| 4.1.2 | • Comportamento sismico delle strutture in muratura | pag. 61 |

5.0.0 Area campione

5.1.0 Individuazione dell'area campione ed analisi delle caratteristiche generali dei fondi e dei fabbricati rurali rilevati

| | | |
|-------|---|---------|
| 5.1.1 | • Il Comune di Aci Castello (CT) | pag. 65 |
| 5.1.2 | • Caratteristiche dei fondi e dei fabbricati rurali | pag. 66 |
| 5.1.3 | • Area campione e schede fabbricati | pag. 67 |

6.0.0 Stato di conservazione dei fabbricati rurali tradizionali dell'area campione ed interventi di risanamento e per la sicurezza sismica

6.1.0 Analisi dello stato di conservazione degli edifici rurali rilevati ed interventi di risanamento e miglioramento statico

| | | |
|-------|--|---------|
| 6.1.1 | • Tipi di degrado dei manufatti rurali rilevati | pag.116 |
| 6.1.2 | • Interventi di risanamento e miglioramento statico dei fabbricati | pag.119 |
| 6.1.3 | • Schede tecniche di rappresentazione | pag.130 |

7.0.0 Verifiche numeriche per gli interventi di miglioramento statico

- 7.1.0 *Criteria di verifica numerica per il progetto di miglioramento statico in riferimento alle sollecitazioni sismiche ed ai probabili meccanismi di collasso cui sono soggetti gli edifici rurali tradizionali dell'area etnea oggetto di studio* pag.141
- 7.1.1 • *Criteria di verifica numerica per i probabili meccanismi di collasso di primo modo applicabili ai fabbricati rurali rilevati* pag.142
- 7.1.2 • *Schede tecniche di applicazione numerica dei criteri di verifica* pag.151

Conclusioni

Bibliografia

Riferimenti normativi

Introduzione

Premessa

L'edilizia rurale, oggi, riveste un ruolo rilevante nella connotazione della qualità del paesaggio. In particolare i fabbricati rurali di tipo tradizionale, realizzati con tecniche costruttive e materiali radicati nel contesto territoriale di appartenenza, caratterizzano fortemente il luogo in cui essi sono collocati.

Stringendo il campo di studio in Sicilia ed in particolare nel territorio etneo, notiamo come il patrimonio edilizio rurale è prevalentemente costituito da edifici di carattere tradizionale che non sono stati concepiti sotto il dettato di specifiche norme tecnico-costruttive che esigevano, all'epoca della costruzione, la stessa sicurezza strutturale di oggi.

La salvaguardia ed il recupero di questi fabbricati riveste un ruolo essenziale per far sì che il paesaggio etneo possa mantenere le peculiarità che lo contraddistinguono.

Il problema del recupero e della tutela del paesaggio è stato affrontato in Sicilia con l'istituzione, tra gli altri, del Parco Regionale dell'Etna.

L'Ente pone l'attenzione alla cura e al rispetto del patrimonio edilizio esistente in quanto parte rilevante del paesaggio e, a questo scopo, ha redatto un Regolamento nel quale vengono elencati gli interventi ammissibili sui fabbricati esistenti. Questi interventi dipendono dalla classificazione dei tipi del fabbricato rurale che nel Regolamento viene espressa in maniera non esaustiva poiché limitata a due diverse tipologie (art. 25):

- fabbricati e manufatti tradizionali realizzati con muratura legata a calce;
- fabbricati rurali di piccole dimensioni realizzati in pietra a secco.

Tale classificazione limita in modo rilevante i possibili interventi edilizi, trascurando diverse possibilità di azioni di recupero alternative dettate da una caratterizzazione tecnico-costruttiva e funzionale più appropriata. E' necessario pertanto determinare un'adeguata classificazione dei fabbricati esistenti

supportata da un'approfondita conoscenza delle tecniche costruttive e degli aspetti funzionali che caratterizzano l'edilizia rurale etnea.

La necessità di attuare un recupero anche mediante una riqualificazione funzionale e la conversione d'uso spesso comporta l'introduzione di destinazioni con requisiti molto diversi rispetto a quelli posti dall'utilizzazione originaria sì da determinare condizioni di esercizio o interventi di ristrutturazione che modificano sostanzialmente il comportamento statico ed i caratteri formali della fabbrica.

Pertanto, è utile considerare la possibilità di apportare miglioramenti agli elementi costruttivi dell'organismo edilizio al fine di realizzare condizioni di sicurezza quanto più possibile prossime a quelle che si richiedono alle nuove costruzioni nel rispetto dei caratteri architettonici tradizionali propri dell'architettura rurale.

Obiettivi

L'obiettivo del progetto di ricerca svolto è la stesura di un codice di pratica che consenta di intervenire sul patrimonio architettonico rurale nel rispetto delle caratteristiche tecnico-costruttive e funzionali degli edifici che lo compongono, compatibilmente con le peculiarità del paesaggio dell'area geografica in cui essi sono ubicati.

La possibilità di utilizzare un codice di pratica agevolerebbe l'attuazione di interventi di recupero compatibili con il patrimonio edilizio rurale tradizionale attraverso la salvaguardia di una cospicua porzione di elementi culturali che fanno parte integrante del paesaggio etneo.

In relazione alle caratteristiche tecniche e costruttive è possibile affermare che gli edifici rurali collocati nel territorio etneo sono realizzati impiegando materiali e tecniche del luogo di appartenenza. Essi possiedono caratteristiche funzionali essenzialmente "semplici", il più delle volte strettamente connesse con esigenze agricole influenzate dalle condizioni orografiche del territorio.

Il presente lavoro, partendo da una osservazione più generale del territorio etneo, prevede l'individuazione di un'area campione all'interno della quale sia possibile rilevare edifici rurali tradizionali con caratteristiche comuni, per poter

meglio proporre interventi di conservazione, risanamento ed adeguamento sismico, che saranno di seguito trattati, e che rappresentano l'essenza del codice di pratica di cui trattasi.

Si intende, quindi, prendere in esame un'area di studio la cui connotazione paesaggistica risulti fortemente condizionata dalla presenza di manufatti agricoli che sottoposti agli interventi sopra menzionati salvaguarderebbero la valenza ambientale dello stesso territorio.

Le caratteristiche dei fabbricati che si dovranno analizzare sono quelle relative al tipo edilizio, ai materiali costruttivi, alle tecniche di realizzazione ed allo stato di conservazione, e quanto più tali caratteristiche saranno comuni ai manufatti rilevati tanto più diretta sarà la corrispondenza con gli interventi proposti dal codice.

Gli interventi suggeriti saranno descritti ed illustrati mediante schede tecniche che costituiranno le linee guida per quelle opere atte alla conservazione, il recupero e la messa in sicurezza del patrimonio edilizio esistente.

Metodo

Lo studio è stato condotto attraverso un'approfondita conoscenza bibliografica relativa all'argomento in oggetto nonché attraverso un'analisi del territorio in esame con l'uso di mappe di base e cartografie tematiche. Particolare rilevanza assume l'indagine diretta dei siti finalizzata alla schedatura dei fabbricati oggetto dello studio.

L'intervento sui fabbricati rurali tradizionali nelle aree sismiche deve tendere all'ottenimento di un accettabile grado di sicurezza prossimo a quello previsto per le nuove costruzioni. Questo è il fine a cui si arriva attraverso l'uso del codice di pratica rivolto, quindi, a fornire delle linee guida per il recupero strutturale e funzionale dell'organismo architettonico.

L'elaborazione del progetto prevede lo svolgimento delle seguenti fasi:

- Analisi dello stato di fatto;
- Analisi degli aspetti costruttivi;
- Analisi delle fasi evolutive;

- Analisi dei dissesti in atto;
- Criteri per un progetto strutturale.

La prima fase verrà svolta sviluppando un accurato rilievo di un campione di edifici per ricavarne le caratteristiche strutturali e tipologiche che verranno analizzate puntualmente nella seconda fase.

A tal fine i rilievi dovranno fornirci informazioni relative a:

- Tipi edilizi;
- Materiali tradizionali;
- Sistema di copertura (forma, elementi del manto, pendenza, stato di conservazione);
- Finitura delle pareti esterne (muratura a faccia vista, intonaco, ecc.);
- Aperture (cornici di vani di porte e finestre);
- Collocazione del fabbricato rispetto alla morfologia del terreno (promontorio, pendio, piano, ecc.).

Continuando, con la seconda fase, si studieranno i singoli elementi che danno vita al fabbricato rurale come: muri, solai, coperture.

Particolare attenzione sarà data all'assemblaggio di questi elementi lavorati con materiale del luogo e secondo tecniche costruttive tradizionali che non sono codificate ma vengono tramandate verbalmente da una generazione all'altra.

Nell'architettura rurale tradizionale è largamente prevalente l'utilizzo di murature in pietra, a secco o legate con malta; in particolare, nella regione etnea, è generalmente impiegata la pietra lavica.

Le murature a secco presentano la seguente casistica:

- murature di pietrame non lavorato;
- murature con pietrame grossolanamente sbizzato;
- murature rasate;
- murature a sacco.

I solai presentano prevalentemente le seguenti casistiche:

- solai realizzati con strutture costituite da travi di castagno appoggiate sui muri, allocate in apposite bucaure poi murate con calce e schegge di pietra. Su queste veniva semplicemente appoggiato un tavolato in legno di abete, eventualmente a supporto della pavimentazione.

- solai con struttura in putrelle di ferro laminate a doppio "T", tra le quali veniva realizzato un riempimento leggero, in pomice e malta di gesso.

Le coperture nelle dimore rurali e negli edifici d'esercizio di piccola luce sono solitamente costituite da una struttura in travi lignee orizzontali parallele ai muri longitudinali e poggiate sui timpani murari. L'orditura secondaria veniva appesa mediante chiodatura all'estremità superiore della trave di colmo.

Nei palmenti, nelle dimore padronali e, in generale, nella maggior parte degli edifici di grande dimensione le coperture hanno struttura più complessa. In questi casi il tetto è solitamente a padiglione sostenuto da capriate in legno. L'orditura secondaria poggia, lungo le pareti perimetrali, su una trave di bordo. Inoltre le travi, in corrispondenza degli appoggi e delle giunzioni, venivano rinforzate mediante l'unione di altri elementi lignei che ne aumentano la sezione.

Nelle zone in cui era più limitata la disponibilità del legno si optava alla realizzazione di una struttura in pilastri di pietra lavica che fungeva da supporto per le capriate lignee di copertura.

La terza e quarta fase riguardano, invece, l'evoluzione nel tempo dell'organismo architettonico che ne caratterizza l'aspetto e la struttura. Essa può essere causata da diversi fattori che possono essere raggruppati in due categorie:

- fattori naturali;
- fattori antropici.

Fanno capo alla classe dei fattori naturali tutti quegli elementi che hanno causato nel tempo il degrado e il dissesto del manufatto come ad esempio gli agenti atmosferici o elementi vegetali e chimici che hanno degradato l'edificio.

Tra i fattori antropici, invece, possiamo annoverare gli interventi dell'uomo che, attuando nel tempo delle modifiche all'organismo architettonico, hanno causato l'instabilità strutturale.

L'individuazione delle precarietà che incombono sull'edificio sono importanti per riuscire a prevenire eventuali danni irreparabili, attuando, conseguentemente, i diversi interventi di recupero.

L'ultima fase, infatti, propone la realizzazione di interventi oggettivi che derivano dal grado e dal tipo di precarietà che presenta l'organismo architettonico in esame.

In particolare, per ricondurre l'edificio al rispetto delle regole di buona costruzione sarà necessario attuare delle opere che ne migliorino la qualità statica attraverso interventi sui singoli elementi strutturali, conferendo ad essi un maggior grado di sicurezza senza modificarne sostanzialmente il comportamento globale.

1.0.0 Inquadramento ed analisi dell'area oggetto di studio

1.1.0 *Area del Cono Vulcanico Etno (fascia sud orientale)*

1.1.1 Contesto paesaggistico ed ambientale dell'Area etnea

Il cono vulcanico dell'Etna, posto su un banco argilloso sottomarino ricoperto di basalto lavico, si innalza tra il mare, le valli dell'Alcantara e del Simeto e la piana di Catania, dominando con il suo caratteristico profilo tutta la Sicilia orientale.

L'Area comprende i Comuni della Provincia di Catania quali, (quelli in corsivo solo parzialmente): Aci Bonaccorsi, Aci Castello, Aci Catena, Aci Sant'Antonio, Acireale, *Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte*, Calatabiano, Camporotondo Etneo, *Castiglione di Sicilia, Catania*, Fiumefreddo di Sicilia, Giarre, Gravina di Catania, Linguaglossa, Maletto, Mascali, Mascalucia, Milo, *Misterbianco, Motta Sant'Anastasia*, Nicolosi, *Paternò*, Pedara, Piedimonte Etneo, Ragalna, *Randazzo*, Riposto, San Gregorio di Catania, San Pietro Clarenza, Sant'Agata Li Battiati, Sant'Alfio, Santa Maria di Licodia, Santa Venerina, Trecastagni, Tremestieri Etneo, Valverde, Viagrande, Zafferana Etnea.

Seppure l'ambito di analisi dell'architettura rurale tradizionale riguarderà in particolar modo i comuni collocati sulla fascia sud orientale dell'area etnea suddetta, appare comunque opportuna un'analisi generale delle caratteristiche ambientali e paesaggistiche di tutta l'area del Cono vulcanico etneo.

La varietà di ambienti, la ricchezza della vegetazione di tipo naturale e delle colture agricole, la particolarità del contesto fisico e degli elementi morfologici (valloni, radiali, terrazze, crateri avventizi, caldere collassate) costituiscono un paesaggio unico da proteggere e salvaguardare.

Il paesaggio vegetale, riconducibile a tipi articolati in fasce altimetriche, influenza direttamente lo sviluppo delle diverse attività rurali.

La macchia mediterranea e i giardini di agrumi coprono gran parte delle falde orientali del vulcano fino a 500 metri sul livello del mare. L'agricoltura intensiva del vigneto, dei frutteti e del pistacchio si inserisce contrastando il desolato paesaggio delle colate laviche e si estende sino ai 1500 metri. Le colture sono frazionate da fitte recinzioni, strade e stradine interpoderali e terrazzamenti. Oltre i 1500 metri di quota la morfologia dei versanti si fa più rigida e accidentata e sino ai 2000 metri si alternano i boschi di castagno, faggio e betulla e al di sopra ancora l'ambiente risulta particolarmente arido, vero e proprio deserto di altitudine unico in Sicilia. La fascia costiera offre un altro paesaggio particolare con promontori e piccole insenature, imponenti scogliere, terrazze, falesie, strette spiagge limitate da scarpate e caratterizzate dal contrasto tra il nero intenso della roccia e il verde della lussureggiante vegetazione.

Nell'attuale organizzazione a corona dei centri urbani è ancora leggibile il sistema insediativo normanno con la cintura di fortezza intorno al vulcano a guardia delle principali direttrici di penetrazione verso la Sicilia settentrionale e interna.

La struttura dell'insediamento è stata fortemente influenzata dai diversi tipi di economia agraria e dalle distinte colture locali legate alla pianura e alla montagna.

L'urbanizzazione della fascia costiera, determinata dalla crescita della città di Catania oltre i confini comunali, costituisce un continuum urbanizzato con le preesistenze e con i centri minori.

Il dolce degradare verso il mare del massiccio dell'Etna, la presenza dei valloni nella direzione ovest-est, i ciclopici terrazzamenti, quali le timpe che si affacciano sul mar Jonio, definiscono un insieme paesaggistico di incantevoli scorci unici ed irripetibili, dove il vulcano Etna e il mare Jonio si fronteggiano con potenza e bellezza in un divenire che dal mito porta alla storia.

Questo impianto paesaggistico rappresenta il parametro generale di lettura qualitativa del territorio pedemontano Etneo.

La diversità, ovvero i caratteri morfologici del territorio della fascia sud-orientale dell'area etnea, si possono sintetizzare nella dolcezza dei declivi naturali

verso valle del terreno; nei terrazzamenti naturali, quali ad esempio le timpe di Miscareello e di Acireale; nei terrazzamenti artificiali, creati dall'uomo per l'utilizzo agricolo del territorio; nei profondi valloni che tagliano trasversalmente la costa jonica.

I parametri di lettura del rischio paesaggistico mettono in rilievo che i luoghi hanno una discreta capacità di assorbimento di eventuali piccoli cambiamenti o alterazioni, se questi seguono e rispettano i caratteri connotativi dell'area, quali ad esempio il mantenimento dei terrazzamenti naturali di modeste dimensioni, legati alle antiche attività antropiche con riutilizzo di materiali naturali come la pietra lavica, ecc. In questi casi, infatti, è notevolmente elevata la capacità di assorbimento visuale dei cambiamenti operati sui luoghi e sostanzialmente sono mantenuti l'equilibrio e la stabilità dell'ecosistema dell'area etnea.

Sotto il profilo idrogeologico esiste un'importante circolazione idrica sotterranea con falde fra le più ricche del massiccio etneo, sviluppate nella parte settentrionale dell'area. Il bacino di alimentazione si spinge fino alla Valle del Bove. Proprio in queste aree, ove le risorse idrogeologiche hanno una connotazione così rilevante, si evidenzia particolare sensibilità del sistema che non può con facilità assorbire cambiamenti notevoli quali deviazioni di alvei, scavi, trivellazioni, ecc., che comporterebbero un degrado e una instabilità di tutte le sue componenti fisiche, biologiche ed antropiche.

L'immagine principale del verde è rappresentata da emergenze vegetazionali sparse e isolate, da una rigogliosa macchia mediterranea ornamentale di essenze arboree autoctone e infine dalle prevalenti colture legate alle attività produttive dell'uomo.

Nella fascia territoriale pedemontana che si estende sino all'antica Contea di Mascali, fino al 1700 esisteva un fitto sistema vegetale chiamato "Bosco di Aci" che, fornendo la legna e quant'altro, rappresentava per gli abitanti delle aree limitrofe una risorsa per le attività agricole e civili.

Dal diciassettesimo secolo l'uomo iniziò a penetrare, con le sue strutture e le sue attività agricole e civili, all'interno delle aree boschive, con la lenta ed inevitabile antropizzazione della fascia pedemontana etnea, che ha portato all'estinzione del "Bosco di Aci".

Delle antiche essenze arboree presenti nel bosco sono rimasti oggi sparuti agglomerati di macchia a verde, con bellissime emergenze di “nobili” e “maestosi” alberi quali, il Celtis Australi (Bacolare o Spaccapietre); Olea Europea (ulivi); Quercus Ilex (Querce); Fraxinus (Frassini), ecc.

Altre presenze “strutturali” di verde sono legate a quelle essenze utilizzate, soprattutto dal Settecento in poi, negli antichi borghi e casali che rappresentavano il centro dei servizi agricoli e la dimora dei proprietari terrieri. In essi, quasi a sottolineare una gerarchia sociale delle costruzioni rurali, si utilizzavano essenze a verde pregiate dal carattere ornamentale, quali le imponenti Phoenix Canariensis (Palme) o gli ombrosi Pinus Pinea (Pino); entrambe queste essenze a verde, spesso vicine fra loro, fanno ormai parte del paesaggio vegetazionale non soltanto etneo, ma siciliano in generale.

Lungo gli antichi percorsi che dalla montagna portano a mare, ovvero lungo le “trazzere” che si snodano flessuose nella sciara dell’Etna, “abbracciate” dai muri a secco in pietra lavica, trovano posto, senza soluzioni di continuità, le caratteristiche macchie di Jasminum (Gelsomino) e Genista Aetna (Ginestra).

Questo sistema di “costruzione” vegetale rappresenta il perfetto connubio fra il lavoro dell’uomo e quello spontaneo della natura; la pietra lavica dei muri a secco, potenti e forti nei colori e nella forma, entra in simbiosi con la delicatezza dei colori e dei profumi delle ginestre e dei gelsomini. E’ una poesia nata dalle essenze e dalle esigenze della natura, molto delicata nel suo equilibrio e certamente da salvaguardare.

Oltre alle suddette presenze vegetazionali, attualmente il territorio è caratterizzato da una vegetazione assai rigogliosa che nel corso degli anni ha subito grandi trasformazioni per mano dell’uomo. Infatti, dove è stato possibile adattare il terreno a colture remunerative, ivi si è sostituita una vegetazione artificiale alla naturale: l’antico bosco e le grandi distese laviche sono state conquistate da colture consistenti in coltivazioni cerealicole e ortive e in vigneti, agrumeti e oliveti.

I parametri qualitativi e le criticità paesaggistiche sono certamente da individuare nelle preesistenze delle essenze arboree del “Bosco di Aci” e nello splendido equilibrio della vegetazione esistente nelle “trazzere”.

A oggi, in generale, la qualità visiva e morfologica dei suddetti ambienti è ancora apprezzabile, anche se molto alto è il rischio di degrado e deturpamento irreversibile della struttura del verde caratteristica della zona.

Alte sono la vulnerabilità e la fragilità dei suddetti caratteri connotativi, derivanti soprattutto dalle esigenze legate alle attività dell'uomo, quali, ad esempio, il maggior traffico dei mezzi di trasporto produttivi, turistici e privati che tende a trasformare le vecchie "trazzere" in assi viari di penetrazione nelle zone più caratteristiche del paesaggio etneo, tipizzate da essenze vegetali autoctone e irripetibili nella loro particolare collocazione.

Questo delicato sistema vegetativo, se alterato così radicalmente, ha poche capacità di assorbire visivamente le modificazioni operate nel paesaggio e di conseguenza si riducono notevolmente la qualità e la stabilità del sistema vegetazionale nelle sue componenti fisiche e biologiche.

Insieme alla moderna edilizia residenziale sorgono quelle che oggi sono importanti testimonianze architettoniche del passato, soprattutto legate all'antica economia agricola del centro etneo, alcune di alto pregio artistico; si tratta delle ville padronali, dei palmenti e delle masserie che mantengono ancora oggi, sia per l'aspetto formale che per la loro composizione architettonica, un notevole interesse ambientale.

Osservando l'architettura del centro etneo e dei dintorni, si nota purtroppo il rischio paesaggistico legato ad alcuni infelici fenomeni di sostituzione architettonica delle antiche costruzioni e ad episodi di abusivismo edilizio.

Le attività umane comportano la necessità di percorrere il territorio in ogni sua parte, in maniera differente secondo le esigenze da soddisfare; la viabilità dei territori comunali risulta essere abbastanza differenziata, comprendendo tutta una serie di strade di collegamento dei vari centri ed il capoluogo, le cosiddette "trazzere", che dalle strade principali si dipartono sino a creare una rete capillare di penetrazione che serve i vari fondi e che si integra nel paesaggio, sposandosi con la vegetazione circostante e segnandola in maniera armoniosa e poco rilevante.

Nel suo rapporto con la campagna l'uomo ha saputo rispettare la natura dei luoghi, effettuando le trasformazioni necessarie allo svolgimento delle proprie attività, ma contemporaneamente adottando queste necessità al contesto

naturale, in particolare alle condizioni morfologiche del territorio sul quale si insediava.

1.1.2 Leggi, strumenti urbanistici e regimi di vincolo

- Legge 24 dicembre 2003, n. 378

Lo scopo della legge è quello di salvaguardare e valorizzare l'architettura rurale e, attraverso l'erogazione di contributi ai proprietari fino all'importo massimo del 50% della spesa, sostenerne gli interventi di conservazione e recupero. Tali risorse economiche sono stanziare nell'ambito del Fondo nazionale per la tutela e la valorizzazione dell'architettura rurale istituito presso il Ministero dell'Economia e delle Finanze. La possibilità di accesso al sostegno finanziario è subordinata alla capacità di pianificazione e di programmazione degli interventi da parte degli Enti regionali. Questi ultimi, infatti, possono predisporre appositi programmi, di norma triennali, che includano la definizione di criteri di intervento per il risanamento conservativo ed il recupero funzionale dell'architettura rurale nonché i principi direttivi per l'erogazione di incentivi finalizzati sia alla conservazione dell'originaria destinazione d'uso degli edifici rurali e alla tutela delle aree circostanti sia all'insediamento di attività compatibili con le tradizioni culturali tipiche.

- D. M. dei Lavori Pubblici e le Attività Culturali 6 ottobre 2005

Così come previsto dalla legge 378/03, viene emanato allo scopo di individuare i diversi tipi di architettura rurale presenti sul territorio nazionale nonché di definire criteri tecnico-scientifici per la realizzazione degli interventi. Per quanto riguarda l'individuazione dei tipi dell'architettura rurale, il Decreto attribuisce tale definizione agli edifici e, più in generale, agli insediamenti realizzati tra il XIII e il XIX secolo che siano, però, testimonianza significativa.

La norma inoltre stabilisce un legame inscindibile tra insediamento rurale, costituito da fabbricati destinati a residenza e/o ad attività agricole, e spazio produttivo. Quindi fanno parte dell'architettura rurale sia i fabbricati ricadenti ed a servizio dei terreni agrari nonché le opere edilizie connesse con l'attività residenziale e/o agricola come le recinzioni degli spazi destinati alla residenza ed

al lavoro, le pavimentazioni degli spazi aperti residenziali o produttivi, la viabilità rurale storica, i sistemi di canalizzazione, irrigazione e approvvigionamento idrico, i sistemi di contenimento dei terrazzamenti, i ricoveri temporanei anche in strutture vegetali o in grotta, gli elementi e i segni della religiosità locale. (art. 1, comma 1, 2, 3).

Per quanto riguarda la definizione dei criteri di intervento, il Decreto ammette interventi compatibili con le caratteristiche originarie degli edifici e considera prioritari quelli *“preordinati alla ricomposizione del rapporto funzionale tra insediamento e spazio produttivo e, in particolare, tra immobili e terreni agrari”* (art. 2, comma 1 e 2). Inoltre sono possibili interventi edilizi finalizzati a rendere idonei, ai sensi dei regolamenti edilizi comunali e delle norme igienico-sanitarie, locali adibiti a destinazioni d'uso abitative, produttive ed aziendali (spostamenti minimi dei solai interni nei casi in cui le altezze esistenti rendano i locali inidonei; ricomposizione e/o riorganizzazione degli spazi interni); a modificare le destinazioni d'uso degli edifici purché non ne compromettano l'immagine architettonica originaria e la struttura storica; *“alla ricostituzione di edifici non più abitati o utilizzati le cui strutture in elevazione si siano anche in parte mantenute, secondo i limiti volumetrici e planimetrici identificabili attraverso la lettura dell'esistente o mediante idonea documentazione iconografica attestante le utilizzazioni agricole tradizionali”*; all'ampliamento di superfici e di volumetrie nonché alla costruzione di nuove parti di edifici purché ne sia dimostrata la necessità ai fini dell'esercizio delle attività agricole e siano compatibili con le parti preesistenti e rispettose delle tradizioni edilizie locali.

Il Decreto non ammette modifiche sostanziali ai prospetti dei fabbricati quali interventi di trasformazione di scale esterne, logge, porticati e finestre.

Le costruzioni rurali ubicate in zona sismica devono anche far riferimento, per interventi di miglioramento sismico, alla Legge 2 febbraio 1974, n. 64 e successive modifiche ed integrazioni.

- Legge Regionale 15 settembre 2005, n. 10

La Regione Sicilia ha emanato questa legge in adempimento alle indicazioni della Legge 24 dicembre 2003, n. 378 e con l'obiettivo di promuovere e migliorare la fruibilità turistica del territorio.

Tale Legge, recante "*Norme per lo sviluppo turistico della Sicilia e norme finanziarie urgenti*", prevede la possibilità di accesso a finanziamenti anche a chi progetta e realizza interventi mirati alla tutela dell'edilizia rurale tradizionale. In particolare essa ha istituito i *distretti turistici*, contesti omogenei o integrati comprendenti ambiti territoriali appartenenti anche a più province e caratterizzati da offerte qualificate di attrazioni turistiche e/o di beni culturali, ambientali, ivi compresi i prodotti tipici dell'agricoltura e/o dell'artigianato locale. I *distretti turistici* possono essere promossi da enti pubblici, enti territoriali e/o soggetti privati che intendono concorrere allo sviluppo turistico del proprio territorio o di più territori appartenenti anche a province diverse, attraverso la predisposizione e l'attuazione di specifici progetti. I distretti turistici sono finanziati mediante decreto dell'Assessore regionale per il Turismo, le Comunicazioni ed i Trasporti e, fra le attività ad essi demandate vi sono quelle che possono coinvolgere il territorio rurale e, più in particolare, l'architettura rurale tradizionale, quali: la promozione di strutture ricettive, di servizi e di infrastrutture volte al miglioramento dell'offerta turistica; l'individuazione di particolari tipi di architettura rurale realizzati tra il XII ed il XX secolo, a prescindere da qualsiasi ipotesi di utilizzazione di natura ricettiva, ristorativa e sportivo-ricreativa, secondo quanto previsto dalla legge 24 dicembre 2003, n. 378, al fine della loro tutela e valorizzazione.

- Programmi Operativi Regionali 2000-2006 (Sicilia)

Nell'ambito di tali programmi sono state previste due sottomisure riguardanti il turismo rurale e l'agriturismo per la "Promozione, adeguamento e sviluppo delle zone rurali".

Il sostegno finanziario per il recupero edilizio vincola gli interventi a servizio dell'agriturismo (o del turismo rurale) a perseguire il "mantenimento, il rispetto e la tutela delle tipologie e delle forme dei manufatti tradizionali, in un ambito di valorizzazione delle risorse locali, al fine di preservare il paesaggio rurale".

- Strumenti della pianificazione urbanistica

Quando l'attività edilizia ricade su aree protette da vincoli paesaggistici ed ambientali, gli strumenti di controllo e pianificazione del solo territorio comunale risultano spesso insufficienti. Si ricorre quindi sovente a strumenti di pianificazione

di territori più ampi, come i P.T.C. regionali, capaci cioè di coniugare i diversi interessi di sviluppo socio-economico e culturale delle popolazioni insediate nei comuni dell'area con i prioritari interessi di tutela naturalistica, ambientale, paesistica e con i valori culturali antropici che hanno determinato l'istituzione stessa dell'area protetta.

Risulta quindi necessaria una descrizione sintetica dei diversi strumenti di pianificazione territoriale.

Gli strumenti urbanistici vengono classificati in relazione al livello territoriale di riferimento e si distinguono come segue:

Piani Quadro

Essi fissano gli obiettivi e le linee programmatiche dell'assetto di un ambito territoriale ampio (regionale o comprensoriale). Analizzano ogni aspetto relativo all'organizzazione urbana locale, prevedendo infrastrutture (grandi impianti e viabilità principale), attrezzature di interesse generale ed imponendo vincoli e/o limitazioni all'uso del territorio; precisano i criteri per la redazione dei piani di livello inferiore; pianificano ed orientano quindi lo sviluppo urbanistico nell'intento di rapportare l'utilizzo del territorio al benessere dell'intera collettività.

Appartengono a questa categoria i Piani Territoriali di Coordinamento, i Piani di Comunità Montana, i Piani Paesistici.

Piani Generali

Tali piani determinano, in coerenza con quanto disposto dal piano quadro, l'assetto di un ambito territoriale limitato ai confini geografici comunali (raramente riferito ad un gruppo di comuni come nel caso del P.R.G. intercomunale). Essi stimano i fabbisogni pregressi e futuri, quindi prevedono le necessarie strutture abitative, produttive e la rete viaria, localizzano le destinazioni d'uso del territorio caratterizzandolo con vincoli e prescrizioni ed infine stabiliscono i criteri di esecuzione del piano stesso. A tale categoria appartengono i Piano Regolatori Generali Comunali (P.R.G.C.).

Piani Attuativi

Questi piani precisano gli interventi previsti dal piano regolatore generale (o P.d.F.) organizzandone i modi ed i tempi di attuazione. Essi si riferiscono ad un territorio limitatamente esteso, generalmente un solo Comune, ed operano a livello delle singole proprietà predisponendo eventuali espropri per gli interventi a carattere pubblico.

Il Piano Particolareggiato, il Piano di Lottizzazione, il Piano di Zona, il Piano per gli insediamenti produttivi ed il Piano di Recupero sono gli strumenti attuativi. I suddetti strumenti urbanistici sono corredati da norme tecniche di attuazione (N.T.A.).

- Parco dell'Etna, confini e regolamenti

Il 14 agosto del 1987 viene costituito l'Ente di diritto pubblico per la gestione dell'area protetta, denominato Ente Parco dell'Etna.

Il Parco dell'Etna si pone come modello di gestione del territorio capace di provvedere alla conservazione dell'area naturale sottoposta a tutela in un quadro complessivo di recupero e difesa ambientale ma anche di sviluppo eco-sostenibile dell'area stessa.

Il Regolamento del Parco Regionale dell'Etna è lo strumento che consente l'applicazione delle Norme di Attuazione contenute nel Piano Territoriale e di Coordinamento e risulta essere il documento tecnico di riferimento necessario per effettuare interventi su fabbricati ubicati nell'area protetta del Parco.

Il Parco ha un'area complessiva di circa 59.000 ettari e ricade interamente nella provincia di Catania interessando il territorio di 20 comuni.

L'area protetta è suddivisa nelle zone "A", "B", "C" e "D" a cui corrispondono diversi livelli di tutela. Nell'area di "riserva integrale" (zona "A"), la natura è conservata nella sua integrità; nell'area di "riserva generale" (zona "B"), si coniuga la tutela con lo sviluppo delle attività economiche tradizionali; nell'area di "protezione" (zona "C") e di controllo (zona "D"), le aree più a ridosso dei centri abitati, si persegue uno sviluppo economico compatibile con il rispetto del paesaggio e dell'ambiente.

Dall'analisi delle suddette Norme di Attuazione è emerso che nelle zone "A" (di riserva integrale) e "B" (di riserva generale) sono possibili opere di recupero dei

fabbricati esistenti relativamente ad interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e di restauro conservativo. Invece, per quanto riguarda la zona "C" (di protezione), gli interventi di recupero sono ammessi previa redazione di Piani Attuativi (PA) predisposti dall'Ente Parco, anche su iniziativa dei Comuni o dei privati. Infine, per la zona "D" (di controllo), trattandosi di una zona di transizione tra le aree esterne e quelle sottoposte a maggiore tutela, le NA mirano ad indicare i criteri metodologici da seguire nella redazione e nella revisione degli strumenti urbanistici al fine di perseguire uno sviluppo compatibile con la salvaguardia dei valori ambientali.

Il PTC inoltre individua delle zone denominate "Ambiti" per le quali fornisce delle specifiche norme di tutela.

2.0.0 Tipologia dei fabbricati rurali tradizionali dell'area etnea

2.1.0 Analisi e classificazione dei tipi edilizi rurali presenti nel territorio etneo

2.1.1 I tipi edilizi rurali tradizionali

L'area del cono vulcanico oggetto di studio è stata caratterizzata, fino a circa la metà del XX secolo, da uno sviluppo edilizio fortemente condizionato dal supporto alle attività legate ai terreni agricoli; questo in quanto le favorevoli condizioni geomorfologiche del terreno e la disponibilità di acque irrigue e potabili hanno contribuito alla disgregazione dei grandi fondi ed al conseguente disfacimento del sistema feudale, favorendo la nascita di una borghesia agraria ed imprenditoriale. Anche la piccola e media proprietà fondiaria ha dato un apporto, grazie alle buone condizioni ambientali ed allo sviluppo di ordinamenti produttivi intensivi, alla diffusione di tipi edilizi rurali a servizio dei fondi agricoli.

Il paesaggio rurale dell'area etnea risulta così, ancor oggi, caratterizzato da manufatti realizzati ad uso di contadini e/o pastori per la conduzione del fondo o per la gestione del bestiame.

Tali tipi edilizi rivestono un grande interesse poiché l'impianto morfologico, i materiali e le tecniche costruttive impiegati nella loro costruzione sono espressione dei modi più elementari e primitivi della cultura dell' "abitare".

Di seguito si elencano i tipi rurali tradizionali presenti nel territorio etneo:

- Il "*pagghiaru*"

E' l'esempio più antico e diffuso di ricovero temporaneo, caratterizzato da diverse forme e dimensioni e da un manto di copertura generalmente costituito da materiali vegetali tessuti a più strati.

Il tipo più elementare ha pianta circolare e copertura conica, con ossatura portante costituita da pali di legno direttamente piantati nel terreno o alloggiati in un basamento in pietra a secco. Negli esempi più evoluti si ha un vero e proprio muro perimetrale, la cui altezza raggiunge al massimo 2 m.

Nelle aree con vegetazione rada e dove il suolo pietroso offre materiali lapidei idonei per forma, dimensioni e caratteristiche meccaniche, possono ancora riscontrarsi ricoveri temporanei con strutture realizzate interamente con pietrame a secco. In questo caso la copertura è del tipo a "*thólos*".

Molto frequenti sono anche i "pagghiara" a pianta rettangolare con tetto a due falde contrapposte o, nei tipi di maggiori dimensioni, con copertura a padiglione grossolanamente configurato. L'ingresso principale, unica apertura, è collocato su uno dei lati lunghi.

- La "*casedda*"

Tipo di dimora per uso temporaneo, frequentemente riscontrabile nelle zone etnee destinate a frutteti o a pastorizia. Si tratta di un monocale di forma generalmente rettangolare, con muratura in pietra lavica, tetto con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio.

Nei tipi più elementari si ha un'unica apertura, talvolta dotata di una bucatara supplementare superiore protetta da grata metallica, per offrire illuminazione e ventilazione al vano; in questi casi la "*casedda*" assolveva alla funzione di semplice ricovero provvisorio o veniva utilizzata come deposito per foraggi o attrezzi da lavoro.

Nei tipi più evoluti la *"casedda"* diviene dimora permanente e, pertanto, presenta più ambienti funzionali; in particolare essa risulta costituita da due o più locali e può presentare piccoli corpi annessi come tettoie di riparo per gli animali, fienili, pollai, stalle, ecc..

La muratura è realizzata solitamente con pietrame a secco, ma a seconda dell'importanza attribuita alla dimora e in relazione all'idoneità della pietra, essa può essere rasata con malta a intervalli regolari, realizzata con pietrame sbozzato e ben organizzato, fino alle più accurate murature legate con malta e talvolta listate con mattoni.

- La *"casina"*

Villa padronale presente nei fondi siciliani, utilizzata come luogo di soggiorno estivo del proprietario, presenta un miglior livello di finitura ed è impreziosita da elementi stilistici formali, quali gronde, cornicioni, architravi, soglie e stipiti in pietra. Solitamente si sviluppa su due livelli, con la sopraelevazione del solo corpo padronale riconoscibile dal balcone soprastante l'ingresso principale, arricchita non di rado da terrazze e ballatoi sostenuti da archi. Al piano terreno, invece, trova spazio l'abitazione del colono, distinguibile per la minore cura dei dettagli e affiancata da un deposito occasionalmente utilizzato anche come cucina.

- La *"casa padronale" ed i "complessi produttivi"*

La *"casa padronale"* è un tipo di dimora che si ritrova in prossimità di fabbricati adibiti alla trasformazione e conservazione dell'uva e delle olive come palmenti, frantoi oleari e cantine. Si tratta di complessi rurali nelle aree caratterizzate da seminativo irriguo arborato, dove tradizionalmente erano coltivati la vite e l'ulivo.

Questa dimora veniva abitata per tutto il periodo di raccolta e lavorazione dei prodotti della terra.

I grandi complessi produttivi etnei a cui si fa riferimento, ed in particolar modo quelli relativi alla produzione vinicola, detti *"palmenti"*, presentano un'organizzazione formale ben riconoscibile dall'esterno: essa si basa su un'articolazione plano-altimetrica determinata dalle esigenze di lavorazione delle

uve e di conservazione del vino e dalle condizioni orografiche del terreno. I diversi reparti, infatti, sono collocati a livelli degradanti secondo la successione funzionale delle fasi caratteristiche del ciclo produttivo.

A quota più alta si trova la zona di pigiatura, ed a seguire, a quote sempre più basse l'area di fermentazione, l'area di pressatura delle vinacce e la cantina; in tal modo si consente, attraverso un opportuno sistema di canalizzazioni, il trasferimento del mosto per gravità da un reparto all'altro, fino all'imbottamento.

La cantina è solitamente interrata su più lati ed esposta a nord, in modo da sfruttare la pendenza del terreno e i venti freschi per ottenere una temperatura di conservazione idonea, relativamente bassa e costante anche in presenza di forti escursioni termiche ed elevate temperature estive.

Nell'area di pressatura suddetta è ancor oggi possibile rilevare la presenza degli antichi torchi a leva e vite utilizzati per schiacciare le vinacce in apposite vasche. Tali presse, sono caratterizzate da una trave principale (virgo) in legno di quercia o di castagno sagomata a "V" ad un'estremità; essa è collegata, mediante un opportuno blocco ligneo filettato, a una vite di legno, alla cui estremità inferiore è a sua volta fissato un grande masso tronco-conico di pietra lavica. Nel pavimento, al di sotto del masso, è ricavata una fossa di ugual forma che ne costituisce l'alloggiamento quando il torchio è nella configurazione di riposo. All'estremità opposta la trave è vincolata con una cerniera mobile a un asse di legno fissato a muro; una scala di legno intermedia realizza per la trave un appoggio regolabile in altezza, impedendone gli spostamenti laterali. Nell'area etnea, grazie alla vicinanza di boschi secolari e alla facile disponibilità della pietra lavica, i torchi descritti assumono dimensioni notevoli.

L'organizzazione funzionale - distributiva dei complessi vinicoli etnei trae vantaggio dalla pendenza dei terreni e dai salti di quota ed è associata a forme compatte e lineari.

La "casa padronale" è collocata in posizione dominante ed in comunicazione diretta con la cantina e il palmento in modo da consentire al proprietario di controllare agiatamente l'andamento dei lavori.

L'attività agrumicola, presente nelle aree irrigue di pianura e di bassa collina, non ha comportato, come per quella vinicola, lo sviluppo di manufatti specifici,

in quanto per il suo svolgimento richiede solo magazzini atti alla conservazione dei frutti.

Negli agrumeti, così come nei vigneti ovviamente, si ravvisava piuttosto l'esigenza di una conduzione accurata delle operazioni di irrigazione, che necessitava di specifiche strutture e macchine per il sollevamento e la somministrazione di acqua alle piante. Nei fondi utilizzati per colture irrigue, infatti, si trovano, ancor oggi, pozzi o cisterne collocati in posizione elevata rispetto ai terreni messi a coltura, dotati di sistemi meccanici (nòrie) a trazione animale per il sollevamento dell'acqua connessi a canali di irrigazione in pietra.

In caso di terreno pianeggiante, invece, l'edificio principale si sviluppava su due livelli: al piano terra trovavano spazio i magazzini mentre al primo piano la dimora. In questi terreni venivano spesso edificati caratteristici "turretti" per la sorveglianza e l'avvistamento: si tratta di cumuli di pietrame sottratti al terreno e raggruppati uno sull'altro e serviti da scale di collegamento, ricavate negli stessi muri di contenimento, che permettevano ai conduttori dei fondi di accedere alla parte sommitale dove, talvolta, veniva realizzato un piccolo vano destinato a deposito attrezzi.

La casa padronale è frequentemente affiancata da alberi d'alto fusto, solitamente palme o pini marittimi, con funzione segnaletica e ornamentale.

- Le "ville di residenza estiva"

Le ville di residenza estiva, realizzate dai ceti abbienti a partire dal XVIII secolo, sorgono accanto alle grandi dimore padronali ed in prossimità dei centri abitati.

Queste costruzioni, curate nei dettagli ornamentali e negli arredi esterni, riflettono la cultura del tempo dei ceti sociali più elevati, fortemente sensibili e condizionati dagli stili e dalle tendenze dell'architettura "colta" degli edifici urbani. Le Ville sono spesso circondate da giardini con una grande varietà di piante ornamentali ed interessanti elementi di arredo esterni, come sedili in pietra, cancelli decorati, grandi vasi ornamentali, pavimentazioni, pergolati, ecc.

3.0.0 Materiali da costruzione e tecniche di realizzazione dell'Architettura rurale tradizionale dell'area etnea

3.1.0 *I materiali costruttivi*

3.1.1 I litoidi (basalto lavico)

Con la denominazione di materiali lapidei s'intende indicare tutti quelli utilizzati nelle costruzioni e ricavati dalle rocce con lavorazioni più o meno sofisticate.

Oltre alle pietre ed ai marmi, comunemente detti pietre naturali, vanno sotto il nome di litoidi anche quei materiali, quali calcestruzzi e laterizi considerati generalmente come pietre da costruzione artificiali, dove per artificiale, deve intendersi una diversa e più complessa lavorazione atta a rendere più semplice e meccanica la messa in opera di tali materiali trasformati.

Col termine pietra si designa il minerale caratterizzato da un'elevata durezza e resistenza agli agenti chimici, idoneo come materiale da costruzione e da decorazione, di norma non lucidabile.

Col nome di marmo (dal greco marmoreo che vuol dire brillante, luccicante) si indica quel tipo di roccia calcarea che, per effetto del metamorfismo, ha assunto struttura cristallina granulare. E' una pietra di vari colori e venature che può essere levigata, lavorata e lucidata per opere di edilizia e di scultura.

Per pietre naturali s'intendono quelle che si estraggono dalle cave e che si aprono negli ammassi rocciosi della crosta terrestre. Esistono le rocce tenere (poco compatte) e le rocce dure (compatte).

Sotto l'aspetto litologico possiamo distinguere:

- rocce eruttive;
- rocce sedimentarie;
- rocce metamorfiche.

Le prime derivano dalla diretta estrinsecazione dell'attività interna del nostro globo, al contrario le rocce sedimentarie hanno origine dalla rielaborazione chimica e fisica di rocce preesistenti, infine quelle metamorfiche possono raggrupparsi in 3 categorie:

- conseguenti a trasformazioni di rocce eruttive;
- conseguenti a trasformazioni di rocce sedimentarie;
- scisti cristallini.

Le rocce, prima di essere poste in opera per la costituzione delle murature, erano sottoposte, soprattutto in passato (oggi molte operazioni vengono effettuate da macchinari industriali), ad interventi di trasformazione atti a dare loro una forma finale.

In particolare si ricordano le seguenti lavorazioni:

- “a spacco”

Trattasi del tipo di lavorazione più semplice che consiste nel colpire la roccia direttamente con mazzuoli o picchi, secondo una direzione leggermente inclinata, fino a fratturarla. Con questa tecnica è possibile ottenere lastre, blocchi per la realizzazione di murature a secco o pietrisco da utilizzare come inerte.

- “sbozzatura”

Questa lavorazione, più complessa della precedente, viene effettuata sia con strumenti a percussione diretta che indiretta (punte battute da mazzuolo), che impattando sulla roccia in modo più delicato ed in direzione ancor più inclinata della precedente, genera fratture puntuali.

- “squadatura”

Si tratta della lavorazione più complessa a cui sono soggette le rocce e permette di ottenere dei blocchi particolarmente regolari. Essa viene effettuata tramite strumenti a percussione indiretta generanti una scheggiatura ben localizzata sulla roccia e viene praticata soltanto su blocchi selezionati durante la raccolta in cava. Successivamente i blocchi vengono, con l'ausilio di righe e squadre, tagliati delle misure necessarie con angoli retti.

Tra le rocce, così come sopra classificate, merita particolare attenzione il basalto lavico etneo, ovvero il prodotto della solidificazione della lava del Vulcano Etna sulla superficie terrestre.

Il basalto lavico etneo, di colore scuro o nero, rappresenta il materiale da costruzione più utilizzato nell'area oggetto di studio, grazie alle sue caratteristiche estetiche, di resistenza e di lavorazione eccezionali. La suddetta roccia vulcanica, però, nonostante l'enorme disponibilità e le notevoli caratteristiche di resistenza e

durevolezza, comporta operazioni di estrazione e lavorazione non sempre di facile esecuzione.

I metodi impiegati per l'estrazione del basalto etneo sono tradizionalmente due, quello "per cascata" che consiste nell'effettuare un sottoscavo del substrato di terreno sciolto causando il crollo per rottura di un solettone largo circa 50 m e profondo circa 3 m; e quello detto del "radino dritto" che consiste nell'utilizzare un martellone che agisce dietro il ciglio superiore del fronte. Con entrambi i metodi non è possibile avere un controllo sulle dimensioni delle forme irregolari dei blocchi che si staccano dalla massa rocciosa.

Ad estrazione avvenuta, generalmente all'interno della stessa cava, si procede all'operazione di riquadratura per la formazione di blocchi con dimensioni più regolari e dell'ordine di mezzo metro cubo. La lavorazione dei blocchi, almeno fino a qualche decennio fa, proseguiva nello stesso piazzale ad opera degli scalpellini che con panciotto (scalpello a forma di cuneo piramidale, lungo 12-14 cm) che si usa per spaccare i massi di pietra, conficcandone un certo numero entro fori già praticati nel masso in linea secondo la direzione voluta, e battendoli contemporaneamente), subbia (arnese d'acciaio in forma di scalpello a punta conica o piramidale quadrangolare, adoperato per sgrossare le pietre, distaccandone scaglie abbastanza voluminose) e mazzotto elaboravano i prodotti richiesti dal mercato.

Oggi le operazioni in cava si limitano alla prima sbazzatura, mentre le lavorazioni per la produzione dei pezzi richiesti avvengono industrialmente. I pezzi provenienti dalle cave vengono portati in segheria dove per mezzo di tagliatrici a disco diamantato o a catena si realizzano grosse lastre. Dalle lastre, con l'ausilio di appositi macchinari, si ottengono basole, elementi di rivestimento, ecc.. In funzione poi dell'utilizzo finale del prodotto è possibile lavorare, levigare, lucidare i singoli elementi in pietra.

Di seguito si elencano i tipi di prodotti maggiormente richiesti dal mercato:

- basole per pavimentazione stradale:

generalmente di dimensione standard, con spessore di 14 cm, con faccia superiore a vista piana bocciardata (leggermente increspata per dare alla superficie un aspetto simile al materiale naturale) e superficie inferiore

grossolanamente sbazzata a cuspide di piramide in modo da consentire l'allattamento in uno strato di materiale sciolto.

- bolognini e cigli per marciapiedi:

parallelepipedi di lunghezza variabile con le due facce ortogonali che dovranno rimanere a vista finite, mentre le altre due saranno semplicemente sbazzate.

- stipiti di porte e finestre:

sono parallelepipedi aventi tre superfici finite, e architravi che in alcuni casi prima di essere posti in opera vengono impreziositi da lavori di taglio ed intaglio o risagomatura.

- elementi vari:

a richiesta venivano realizzati elementi architettonici, gradini di scale, capitelli, mensole di balconi (dette "cagnotti"), ecc..

3.1.2 Il legno

Dal latino lignum che indica propriamente la parte legnosa della pianta, cioè quella parte del tronco e dei rami degli alberi che si trova sotto lo strato corticale.

Il legno è un tessuto vegetale e rappresenta la componente più cospicua del tronco, dei rami e delle radici degli alberi. Questi si sviluppano infatti per strati concentrici che, partendo dal centro, vengono così denominati: midollo, legno, cambio, libro e corteccia. Il legno propriamente detto è quindi solo una parte dell'albero e a sua volta si distingue in primario, altrimenti detta cuore, che identifica la parte più direttamente a contatto con il midollo, e secondario, la parte cioè più esterna dove sono presenti i raggi midollari e l'alburno (venatura del legno), che rappresenta poi la parte effettivamente usata nella tecnologia delle costruzioni.

Il legno costituisce, insieme alla pietra lavica, il materiale più utilizzato per l'edificazione dei fabbricati rurali nell'area etnea. Esso veniva impiegato

principalmente per la realizzazione delle coperture, della travi di sostegno, dei solai (nel caso di fabbricati a due o più livelli) e talvolta anche infissi, grazie alla sua resistenza meccanica, leggerezza e lavorabilità.

Secondo le caratteristiche botaniche i legni si dividono in tre categorie:

- Monocotiledoni
- Conifere o Gimnosperme
- Dicotiledoni

Il secondo e il terzo gruppo, nei quali vengono classificati i pini, abeti, querce e faggi, sono quelli più usati per le costruzioni. Il durame o massello, situato nella parte intermedia del tronco, è la parte maggiormente utilizzata.

Il legno impiegato per le costruzioni viene ricavato dal taglio dei fusti dei grandi alberi giunti a maturazione. La stagione più adatta per l'operazione di abbattimento è quella invernale in cui l'accrescimento è nullo ad eccezione degli alberi resinosi che preferiscono essere tagliati d'estate poiché la resina contenuta nelle fibre permette una maggiore durata del legname.

In particolare, i legnami più usati nelle costruzioni sono i legnami duri e quelli resinosi.

Alla prima categoria appartengono:

- Quercia (per travature e pavimenti)
- Castagno (per solai e tetti sotto forma di traversine e travature e per la realizzazione di infissi)
- Faggio (per traversine, travature, infissi e pavimenti)

Alla seconda categoria appartengono:

- Pino russo (molto resistente agli agenti atmosferici)
- Pino pece (impiegato per realizzare scale, porte e finestre)
- Larice (molto duro, a fibra compatta, impiegato per la realizzazione di traversine, infissi e pavimenti)
- Abete (economico e di facile lavorazione usato per palificazioni e casseforme)

Il legno, nonostante i vantaggi finora evidenziati, risulta soggetto a vari tipi di degrado se non sottoposto ad interventi di manutenzione periodica.

Fra le cause principali di deterioramento, oltre all'alto grado di combustibilità ed infiammabilità, intrinseco al materiale stesso, l'attenzione va posta sull'aggressione degli agenti biologici quali colonie di batteri e funghi che, in

ambienti particolarmente umidi (determinati spesso da infiltrazioni d'acqua), esercitano sul materiale una forte aggressione, oltre all'attacco effettuato da insetti come termiti, larve e tarli che nutrendosi appunto di materiale legnoso ne divorano lo strato superficiale fino a ridurre lo spessore, quindi indebolendone la sua resistenza statica.

Per poter tutelare il legno dai suddetti fenomeni di deterioramento i possibili trattamenti sono:

- Superficiali: con vernici (pellicole trasparenti), pitture (vernici pigmentate), catrame;
- Impregnanti: con procedimenti vari si fa assorbire al legno la sostanza in grado di renderlo impermeabile o inattaccabile;
- Ignifugazione (superficiale o impregnante): tale sistema mira a rendere il processo di combustione lento ed incompleto, tendendo a conservare in loco la crosta carbonizzata scarsamente conducibile.

3.1.3 I conglomerati (malta di ghiara e malta di azolo)

Appartengono alla famiglia dei conglomerati quei materiali costituiti da una miscela di legante (ad esempio cemento e/o calce), acqua, inerti fini (ad esempio sabbia) ed eventuali additivi, il tutto in proporzioni tali da assicurare lavorabilità all'impasto bagnato e resistenza meccanica allo stato asciutto, dopo la presa e l'indurimento.

Le malte si distinguono in malte aeree ed idrauliche. Le prime fanno presa ed induriscono soltanto se messe a contatto con l'aria. Fanno parte di questa categoria le malte a base di un legante aereo, quale il gesso o la calce aerea. Le malte idrauliche, invece, possono dar luogo alle reazioni di indurimento, quindi dopo aver fatto presa, anche non a contatto con l'aria. Fanno parte di questa categoria oltre alle malte confezionate con un legante propriamente idraulico, come il cemento o la calce idraulica, anche le malte idrauliche a base di calce aerea quali le malte pozzolaniche o a cocchiopesto.

Il territorio etneo, di natura prettamente vulcanica, ha favorito la produzione di malte costituite da due inerti locali quali la ghiara (sabbia di colore rosso intenso) e l'azolo (sabbia di colore grigio scuro).

I due suddetti tipi di malta coprono periodi storici differenti e, orientativamente, si può affermare che la malta di azolo ricorre sino al 1860 circa, mentre la malta di ghiara (con caratteristiche tecnico-economiche migliori della prima), partendo dal periodo della ricostruzione post terremoto del 1693, viene utilizzata fino agli anni '50, quando, con l'introduzione dei calcestruzzi di cemento, queste vengono abbandonate.

La rena rossa è un prodotto della cottura di sedimenti sciolti ad opera di colate laviche. Veniva estratta scavando delle vaste cavità a ridosso degli abitati etnei e di Catania. Il forte calore emesso dal flusso lavico al terreno sottostante, oltre ad incenerire l'eventuale vegetazione presente, produce delle trasformazioni chimiche che rendono il materiale adatto per usi edilizi (la temperatura dei flussi lavici nell'area etnea ad una certa distanza dagli apparati eruttivi, si aggira normalmente tra gli 800 °C ed i 1000 °C). La marcata colorazione rossa è spesso dovuta alla presenza di minerali di ferro nel terreno originario. Dopo la fine dell'evento eruttivo e trascorso il tempo necessario al completo raffreddamento del materiale lavico poteva cominciare l'opera di scavo. Spesso i punti di accesso erano posti lateralmente rispetto al flusso lavico in corrispondenza di zone più ricche di detriti, attraverso le quali era più facile accedere alla zona sottostante la colata e spesso erano costituiti da gallerie in forte pendio. Una volta raggiunto il livello del terreno originario, venivano scavate gallerie orizzontali dalle quali veniva estratta la rena. Durante gli scavi, venivano estratte anche le scorie laviche o lapilli che venivano usati come materiale inerte negli impasti cementizi o come riempitivi. La granulometria è sabbio-limosa, con l'inclusione di lapilli e tufi con pezzatura compresa tra 1 e 4 mm. A differenza dell'azolo, la ghiara rossa è chimicamente attiva in quanto, essendo un prodotto di cottura, contiene silicati e alluminati.

A volte la rena rossa è frammista a cocci di oggetti in terracotta (vasellame, tegole, mattoni e altro). Tale sabbia ha proprietà pozzolaniche e veniva impastata con la calce per ottenere delle malte largamente usate in edilizia come legante e per la preparazione di caratteristici intonaci esterni.

L'azolo viene, invece, ricavato per frantumazione del materiale vetroso che si trova sulla superficie della colata. Esso è un materiale poroso (1900 kg/m^3) che, frantumato, dà origine a una sabbia grigionera, con varianti di colore rossastro, aspra e a spigoli vivi. Originariamente l'azolo era estratto da cave dove si presentava in forma sciolta e incoerente, con pezzatura compresa tra 0.2 e 2 mm. Dal punto di vista chimico-fisico l'azolo è un composto molto stabile, difficilmente attaccabile dagli acidi forti e dalle basi; è chimicamente inerte nei confronti del grassello di calce. La sua funzione principale è quella di contrastare il ritiro della calce durante la maturazione.

3.2.0 Elementi strutturali e decorativi

3.2.1 Le chiusure verticali

Da un'analisi generale delle costruzioni rurali presenti nel territorio etneo è possibile distinguere due tipi principali di chiusure verticali, entrambe costituite dalla sovrapposizione di conci di pietra lavica e precisamente le murature a secco e quelle legate con malta. Dalla diversa conformazione dei conci e dalle tecniche e varietà di assemblaggio degli elementi costituenti la chiusura verticale si possono identificare le seguenti murature:

- Muratura a secco

E' costituita fundamentalmente dalla sovrapposizione di conci di pietra lavica informi, con l'inserimento di piccoli frantumi lavici tra gli interstizi generati dall'assemblaggio degli elementi principali di forma irregolare, senza quindi l'ausilio di malte. Il materiale impiegato per queste murature veniva raccolto direttamente in loco o comunque in territori limitrofi.

Le murature a secco venivano principalmente impiegate per la realizzazione di piccoli fabbricati adibiti a ricovero temporaneo, costituiti da un singolo vano, spesso privo di aperture.

- Muratura con ricorsi orizzontali di malta o mattoni

Trattasi, come nel caso precedente, di sovrapposizione di pietrame informe e l'inserimento di frantumi lavici di regolarizzazione. Ad intervalli di altezza di circa

100-120 cm o anche minore (quando il pietrame utilizzato è di pezzatura medio piccola), viene posato un ricorso orizzontale di malta o mattoni al fine di generare un piano orizzontale regolare per la posa dei livelli successivi, fino al raggiungimento dell'altezza desiderata.

- Muratura con pietrame informe e malta di ghiara

Tale chiusura verticale prevede l'utilizzo di conci di pietra lavica informi fra loro sovrapposti, oltre all'impiego di malta di ghiara. Tale muratura è costituita da blocchi irregolari di pietra lavica e da una presenza prevalente di frantumi lavici, di mattoni e pezzetti di laterizio. L'interposizione di pietre piccole garantisce infatti un migliore ingranamento tra gli elementi che tuttavia, a causa dei contatti che risultano comunque puntuali, a scapito di una distribuzione dei carichi verticali disomogenea, necessitano dell'impiego di malta per poter conferire alla muratura maggiore solidità ed omogeneità.

L'utilizzo della ghiara come inerte conferisce alla malta il tipico colore rosso intenso.

- Muratura con blocchi grossolanamente squadrati

Questa muratura è caratterizzata dall'assemblaggio di pietrame lavico grossolanamente squadrato con interposti tra i blocchi frammenti lavici e/o di mattoni, il tutto legato da malta costituita da calce, ghiara o azolo ed acqua.

In questa muratura la presenza di conci grossolanamente squadrati permette di utilizzare minore quantità percentuale di piccoli frammenti lapidei in quanto la maggior superficie di contatto fra i blocchi più grandi garantisce alla struttura muraria un elevato grado di compattezza e stabilità.

- Muratura a sacco

Si tratta di una chiusura verticale costituita da blocchi di pietra lavica con squadratura più accurata sovrapposti fra loro per mezzo di malta di calce. L'utilizzo di blocchi più regolari permetteva una tecnica di realizzazione diversa dalle precedenti. I blocchi, infatti, venivano posati in opera due o tre file per volta, disallineate fra loro, lungo i profili esterni della muratura, generando all'interno

della parete un'intercapedine che veniva di volta in volta riempita con malta di calce mischiata con materiale minuto.

3.2.2 Le coperture

Le coperture costituiscono l'elemento sommitale di un fabbricato ed assolvono alla funzione di riparare gli spazi interni dello stesso dagli agenti atmosferici, come acqua e neve. La conformazione delle coperture, in edifici di forma quadrata o rettangolare, può variare da una semplice falda inclinata, con una linea di colmo ed una di gronda poste in corrispondenza di due facciate, due falde generanti una linea di colmo centrale rispetto ad esse e due linee di gronda, e a quattro falde, costituenti un tipico tetto a padiglione, con linea di colmo, quattro displuvi ed una linea di gronda che percorre tutti i lati del fabbricato.

La parte superiore della copertura, confinante con l'ambiente esterno, rappresenta il manto, realizzato tramite collegamento di singoli elementi in argilla cotta detti coppi o tegole curve.

La parte sottostante il manto costituisce la struttura necessaria al suo mantenimento, organizzata secondo un ordine gerarchico ben preciso.

Negli edifici rurali tradizionali il materiale strutturale impiegato per la realizzazione delle coperture è il legno.

La realizzazione di un tetto prevede quindi una struttura principale di supporto sopra la quale, procedendo con disposizione ortogonale alla precedente, posizionare orditure secondarie fino a giungere al manto finale.

Nello specifico le orditure che costituiscono l'intera struttura del tetto, possono realizzarsi in due modi, detti rispettivamente alla "piemontese" ed alla "lombarda".

Nel primo caso le travi principali, dette falsi puntoni, corrono, con interasse di circa 100/150 cm, in direzione della pendenza della falda, quindi perpendicolarmente alla trave di colmo, ed appoggiate sulla parte superiore dei muri opposti. Ortogonalmente ed al di sopra dei falsi puntoni vengono disposti i travicelli, detti anche correntini, ad interasse di circa 40/60 cm.

Nel secondo caso, le travi principali, dette arcarecci o terzere, sono disposte parallelamente alla linea di gronda, con interasse di circa 150 cm, e

quindi appoggiate sui muri che costituiscono il timpano. Sovrastanti gli arcarecci e ad essi ortogonali vengono poggiati ogni 50/60 cm i travicelli.

Per la realizzazione del piano di posa del manto di copertura si ricorre al successivo posizionamento di un tavolato ligneo con sovrastanti listelli sui quali poggiano i coppi, oppure direttamente dei listelli, con interasse di circa 25 cm, inchiodati sui punti di contatto con i travicelli. Quest'ultima tecnica costruttiva, però, non garantisce sufficiente stabilità ai singoli elementi soprattutto se sottoposti all'azione dei venti: spesso, infatti, i coppi vengono dal vento sollevati e svincolati dal loro incastro precipitando all'interno del fabbricato. Per ridurre il suddetto fenomeno si ricorre a posare la prima fila di coppi, i più sottoposti all'azione del vento, su un letto di malta collocato sulla testa della muratura perimetrale, oltre alla sistemazione di alcune pietre sulla seconda fila.

Nello specifico, la sovrapposizione delle tegole curve avviene posando prima l'elemento rivolto con la concavità verso l'alto, detto canale o sottano, e successivamente quello con la concavità verso il basso, detto coppo o soprano, in modo da coprire i vari giunti tra un elemento e l'altro.

Il sistema di copertura, per assolvere la sua funzione principale di smaltimento delle acque piovane, prevede la sistemazione di grondaie per il convogliamento delle stesse.

Il sistema strutturale "a capriata", più articolato di quello sopra descritto, viene generalmente impiegato per la realizzazione di coperture di ambienti più grandi. Si tratta di una travatura reticolare posizionata in verticale che offre il vantaggio di annullare le spinte orizzontali grazie alla sua forma triangolare in cui l'elemento orizzontale, detto catena, si contrappone alle spinte di quelli inclinati, detti puntoni, che determinano la pendenza delle falde del tetto. Una struttura così composta si comporta come "non spingente".

La struttura della capriata viene inoltre completata da un elemento verticale, detto monaco, che serve ad irrigidire la struttura e che presenta nella sua parte inferiore una staffa, ad esso chiodata, passante attorno alla catena. La staffa ha il compito di impedire al monaco spostamenti fuori dal suo piano e di sostenere la catena. Le saette sono degli elementi con inclinazione opposta a quelle dei puntoni, limitandone la loro inflessione, che scaricano sul monaco la forza di compressione a cui sono sottoposte.

Quando la capriata funge da ossatura di un tetto alla lombarda su di essa, quindi in direzione perpendicolare ai puntoni, vengono poggiate le travi principali: quella giacente sul vertice del triangolo viene detta colmareccio, mentre quelle che insistono sui puntoni si chiamano arcarecci (o terzere quando suddividono la falda in tre parti). Sopra le suddette travi principali vengono posati, in direzione perpendicolare, i travetti o travicelli che scendono parallelamente ai puntoni. Sui travetti poggiano i listelli o correntini che a loro volta sostengono il manto di copertura.

Nei tetti alla piemontese, invece, la capriata sostiene una trave di colmo posta a quota più bassa rispetto alla testa del monaco, per mezzo di una mensola (vincolata al monaco) oppure una traversa (vincolata a monaco e puntoni). Sulla trave di colmo poggiano i falsi puntoni, nella stessa direzione dei puntoni della capriata, sui quali vengono posati, con orditura sempre perpendicolare alla precedente, gli arcarecci, i travetti ed i listelli a sostegno del manto.

3.2.3 Le cornici di porte e finestre

Le cornici dei vani di porte e finestre svolgono una funzione sia strutturale che ornamentale. Le cornici, realizzate in pietra da taglio o in mattoni di laterizio, sono essenzialmente costituite da due elementi verticali, detti piedritti o spalle, ed un elemento orizzontale detto architrave.

L'architrave è un elemento strutturale non spingente che assolve alla funzione di sopportare il peso della muratura sovrastante la bucatura e scaricarlo sugli elementi verticali su cui poggia. Essendo questa una struttura generalmente sospesa nel vuoto nella sua parte centrale su di essa si esercita uno sforzo di flessione che tende a fletterla o a spezzarla proprio nel punto più lontano dai sostegni.

L'architrave si compone di due elementi, uno interno ed uno esterno: quello interno occupa circa i due terzi dello spessore murario ed è realizzato in pietra (nell'accostamento di conci disposti ad arco) per aperture più grandi o in legno (generalmente costituito da travi a sezioni circolari affiancate fra loro e poggianti o direttamente sugli stipiti o su di un tavolato) per aperture più modeste; quello

esterno, invece, alloggiato sulla rimanente terza parte dello spessore della parete, è realizzato in pietra o mattoni di laterizio ed ha forma rettilinea (piattabanda) o curvilinea (arco a tutto sesto o a sesto ribassato) sempre relativamente alla larghezza della bucatura sottostante.

I piedritti rappresentano la struttura resistente verticale e vanno considerati in rapporto a quella orizzontale a cui fa da sostegno. I piedritti devono soddisfare condizioni di stabilità relative alle sollecitazioni di compressione e per tale motivo la loro sezione orizzontale varia a seconda del carico su di essi insistente; il materiale utilizzato per la loro realizzazione può essere la pietra lavica, i mattoni di laterizio ed, a volte, la combinazione di entrambi (blocchi di basalto lavico per le parti inferiori e mattoni di laterizio per le parti superiori).

I vani di finestre e porte sono inoltre costituiti rispettivamente da davanzali o soglie ovvero elementi orizzontali di copertura del parapetto di una finestra o elementi che uniscono al livello del pavimento gli stipiti di una porta oltre ad assicurare lo scolo delle acque piovane verso l'esterno.

Oltre ad assolvere alle sopradette funzioni strutturali, le cornici di porte e finestre contribuiscono a dare agli edifici una valenza estetica, rappresentando una buona parte degli ornamenti utilizzati per aumentare il valore architettonico degli stessi.

Il materiale impiegato e le tecniche utilizzate per la realizzazione delle cornici caratterizzano fortemente l'estetica dei manufatti rurali tradizionali dell'area etnea.

Il basalto lavico dell'Etna è il materiale più utilizzato nell'area etnea, soprattutto nella realizzazione dell'architrave esterno e delle spalle, nelle sue più svariate forme e trattamenti: conci di forma trapezoidale e lunghezza variabile per la formazione di archi, conci di chiave, che in alcuni casi possono avere una decorazione più sporgente o dimensioni diverse rispetto a quella degli altri blocchi, conci ad asse rettilineo per la realizzazione di piattabande, superficie esterna dei blocchi liscia o bocciardata, al naturale o satinata.

Nell'area oggetto di studio, invece, si riscontra fortemente l'utilizzo di mattoni pieni in laterizio per la realizzazione di architravi esterni, stipiti e soglie, con disposizioni dei mattoni variabili da edificio ad edificio. Gli architravi hanno quasi sempre forma ad arco e sono ottenuti tramite disposizione frequente dei

mattoni in prospettiva secondo la faccia avente per lati la dimensione maggiore e quella minore detta coltello o lista o fascia o costa; gli stipiti vengono realizzati con tessitura ottenuta alternando cinque o più mattoni disposti secondo la testa o punta (la faccia del mattone avente i due lati con le due dimensioni più piccole) ed uno secondo il coltello; le soglie sono sempre costituite dalla disposizione dei mattoni secondo la testa. L'altra faccia del mattone, costituita dai due lati con dimensioni maggiori viene denominata piatto. Tra un mattone e l'altro è presente uno strato di malta di circa 1 cm di spessore. Il mattone in laterizio ha misura unificata pari a 12x25x5,5 cm, ma nelle costruzioni rurali tradizionali dell'area etnea oggetto di studio si riscontrano misure leggermente diverse da quelle suddette, soprattutto per quanto riguarda lo spessore pari a circa 3-4 cm.

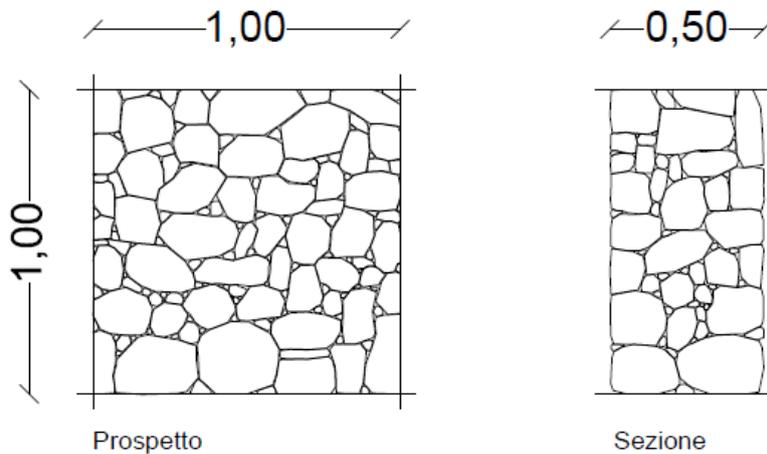
3.3.0 *Documentazione grafica e fotografica dei diversi tipi strutturali e decorativi del territorio etneo*

3.3.1 Schede tecniche di rappresentazione

MURATURA A SECCO

Tecnica costruttiva caratterizzata dalla sovrapposizione di conci informi di pietra lavica e dall'inserimento di piccoli frantumi lavici tra gli interstizi generati dall'assemblaggio degli elementi principali, senza quindi l'ausilio di malte.

Le murature a secco venivano principalmente impiegate per la realizzazione di piccoli fabbricati adibiti a ricovero temporaneo, costituiti da un singolo vano, spesso privo di aperture.



Spessore 50+60 cm

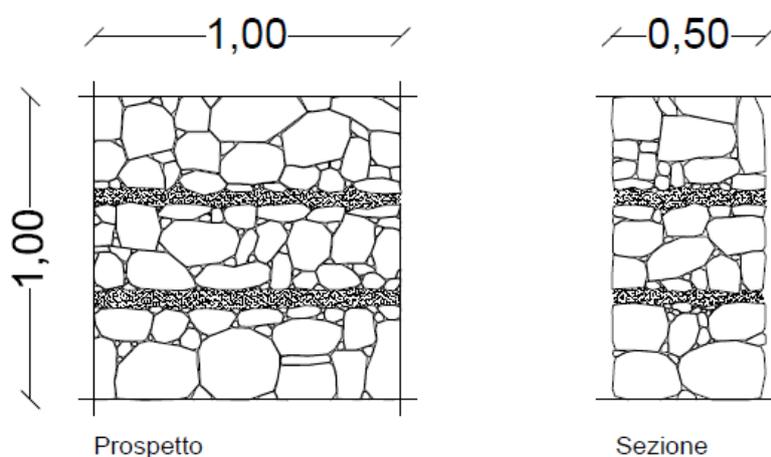


Fabbricato sito in via Parafera (Aci Castello) - Coordinate: Lat.37.550079° Long.15.128519°

MURATURA CON RICORSI ORIZZONTALI DI MALTA

Tecnica costruttiva caratterizzata dalla sovrapposizione di pietrame lavico informe e dall'inserimento di frantumi lavici tra gli elementi più grandi. In fase realizzativa e ad intervalli di altezza di circa 100-120 cm (quando il pietrame utilizzato era di pezzatura medio piccola si ricorreva ad altezze minori) veniva posato un ricorso orizzontale di malta al fine di generare un piano orizzontale regolare per la posa dei livelli successivi, fino al raggiungimento dell'altezza desiderata.

Le murature con ricorsi orizzontali di malta venivano impiegate per la realizzazione di piccoli fabbricati adibiti a ricovero temporaneo.



Spessore 50÷60 cm

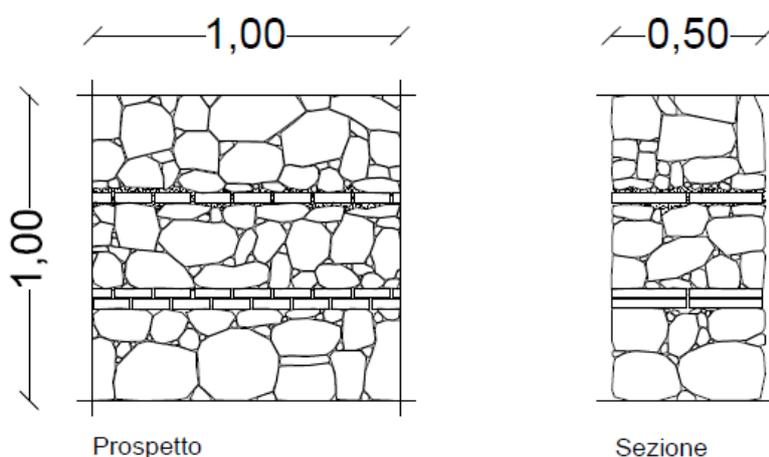


Fabbricato sito in via Parafera (Aci Castello) - Coordinate: Lat.37.548102° Long.15.127853°

MURATURA CON RICORSI ORIZZONTALI DI MATTONI

Tecnica costruttiva caratterizzata dalla sovrapposizione di conci informi di pietra lavica e dall'inserimento di frantumi lavici tra gli elementi più grandi. In fase realizzativa e ad intervalli di altezza di circa 100-120 cm veniva posato un ricorso orizzontale di mattoni al fine di generare un piano orizzontale regolare per la posa dei livelli successivi, fino al raggiungimento dell'altezza desiderata.

Le murature con ricorsi orizzontali di mattoni venivano impiegate per la realizzazione di fabbricati agricoli con maggior elevazione fuori terra, in quanto l'utilizzo dei mattoni pieni garantiva una migliore distribuzione dei carichi verticali.



Spessore 50+60 cm

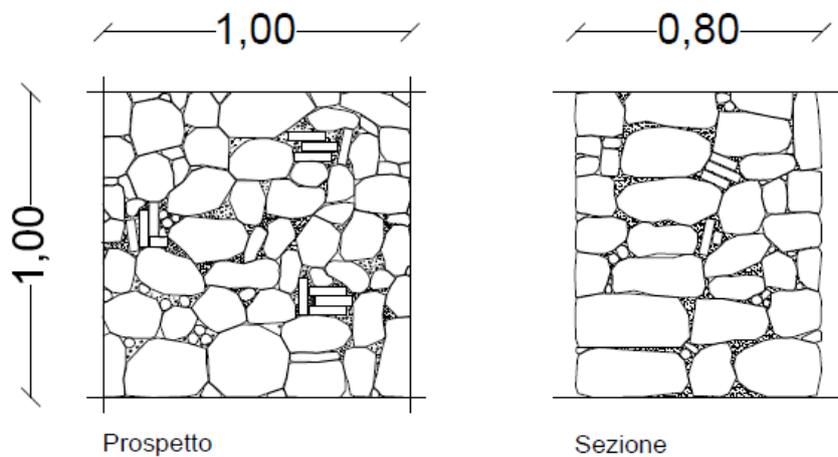


Fabbricato sito in via Nizzeti (Valverde) - Coordinate: Lat.37.563861° Long.15.134239°

MURATURA CON PIETREME INFORME E MALTA DI GHIARA

Tecnica costruttiva caratterizzata dalla sovrapposizione di conci di pietra lavica informi con interposti tra i conci frantumi lavici, mattoni e pezzetti di laterizio, per garantire un migliore ingranamento tra i componenti. Essendo, tuttavia, puntuale il contatto fra i vari elementi che compongono l'apparato murario e per compensare, quindi, le asperità delle superfici d'appoggio, si rende necessario l'impiego di malta che conferisce alla muratura maggiore solidità ed omogeneità.

L'utilizzo della ghiara come inerte conferisce alla malta il tipico colore rosso intenso.



Spessore 80÷120 cm

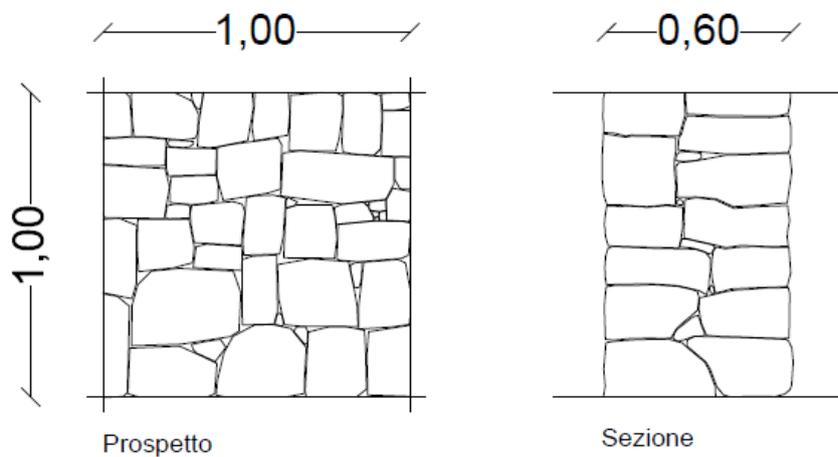


Fabbricato sito in via Parafera (Aci Castello) - Coordinate: Lat.37.551405° Long.15.128717°

MURATURA CON BLOCCHI GROSSOLANAMENTE SQUADRATI

Tecnica costruttiva caratterizzata dall'assemblaggio di pietrame lavico grossolanamente squadrato con interposti tra i blocchi frammenti lavici e/o di mattoni, il tutto legato da malta, costituita da calce, ghiera o azolo ed acqua.

In questa muratura la presenza di conci grossolanamente squadrati permette di utilizzare minore quantità percentuale di piccoli frammenti lapidei in quanto la maggior superficie di contatto fra i blocchi più grandi garantisce alla struttura muraria un elevato grado di compattezza e stabilità.



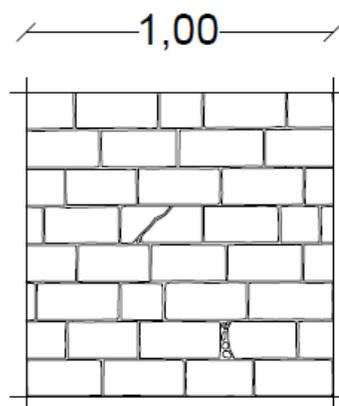
Spessore 60÷80 cm



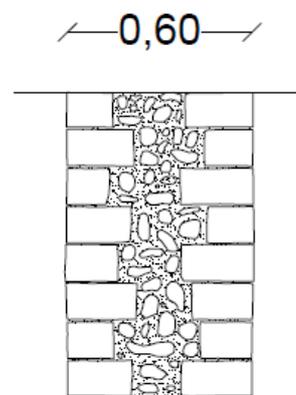
Fabbricato sito in via Crocifisso (Valverde) - Coordinate: Lat.35.564744° Long.15.130448°

MURATURA A SACCO

Tecnica costruttiva caratterizzata dalla sovrapposizione, per mezzo di malta di calce, di blocchi di pietra lavica con squadratura più accurata. L'utilizzo di blocchi di forma più regolare permetteva una tecnica di realizzazione particolare: i blocchi, infatti, venivano posati in opera due o tre file per volta, disallineate fra loro, lungo i profili esterni della muratura, generando all'interno della parete un'intercapedine che veniva, di volta in volta, riempita con malta di calce mischiata con materiale minuto.



Prospetto



Sezione

Spessore 55+120 cm

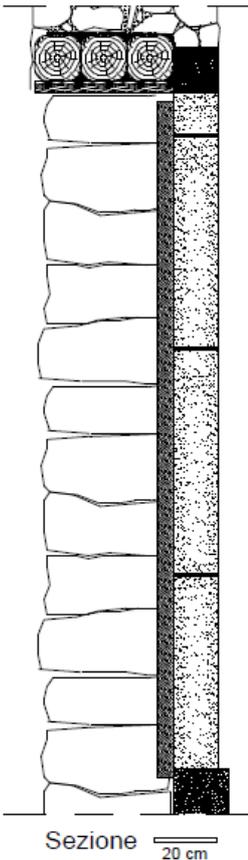
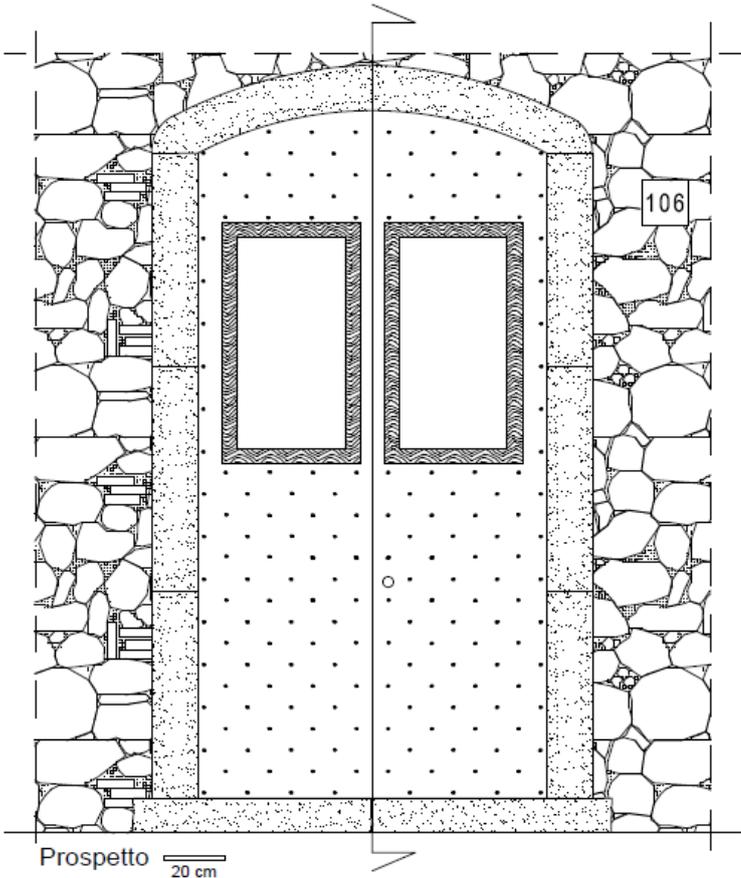


Fabbricato sito in via Crocifisso (Valverde) - Coordinate: Lat.37.564729° Long.15.131105°

PORTALE AD ARCO CON CORNICE IN PIETRA LAVICA



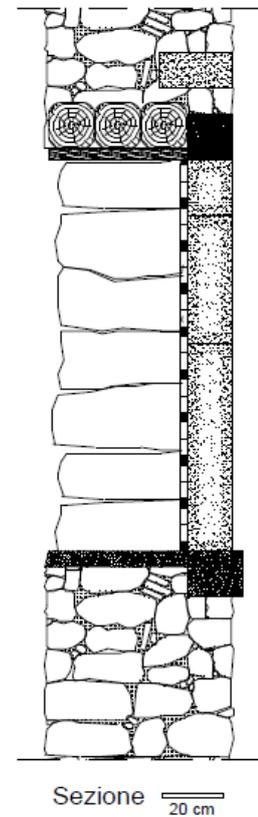
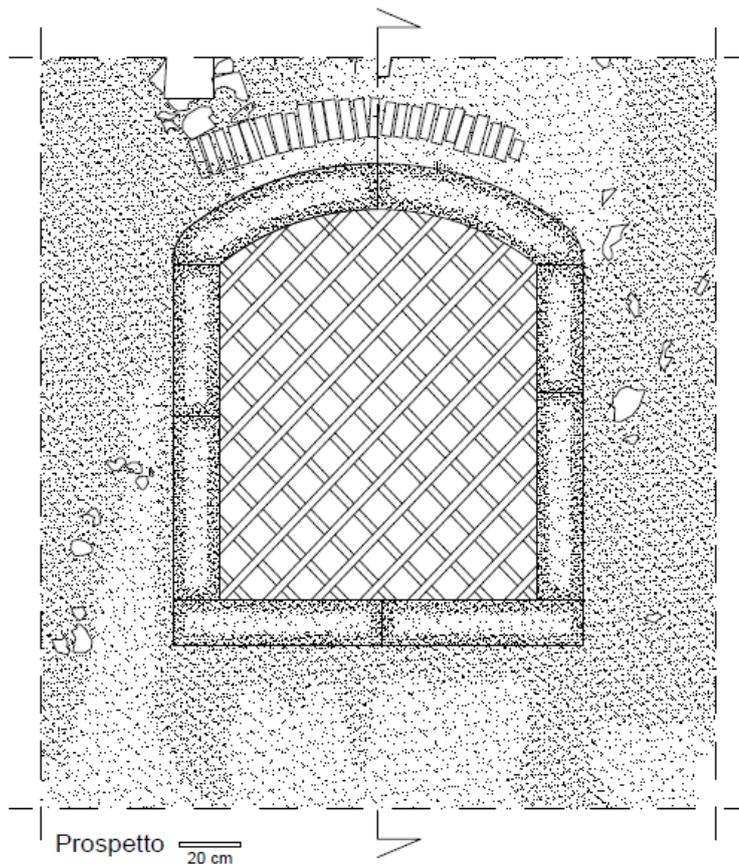
Fabbricato sito in via Maugeri (Valverde) - Coordinate: Lat.37.594519° Long.15.125806°



FINESTRA AD ARCO CON CORNICE IN PIETRA LAVICA



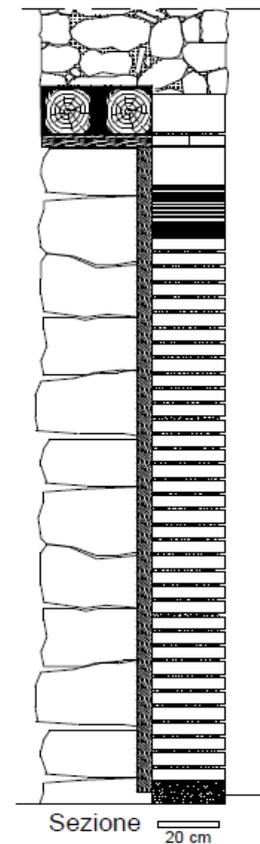
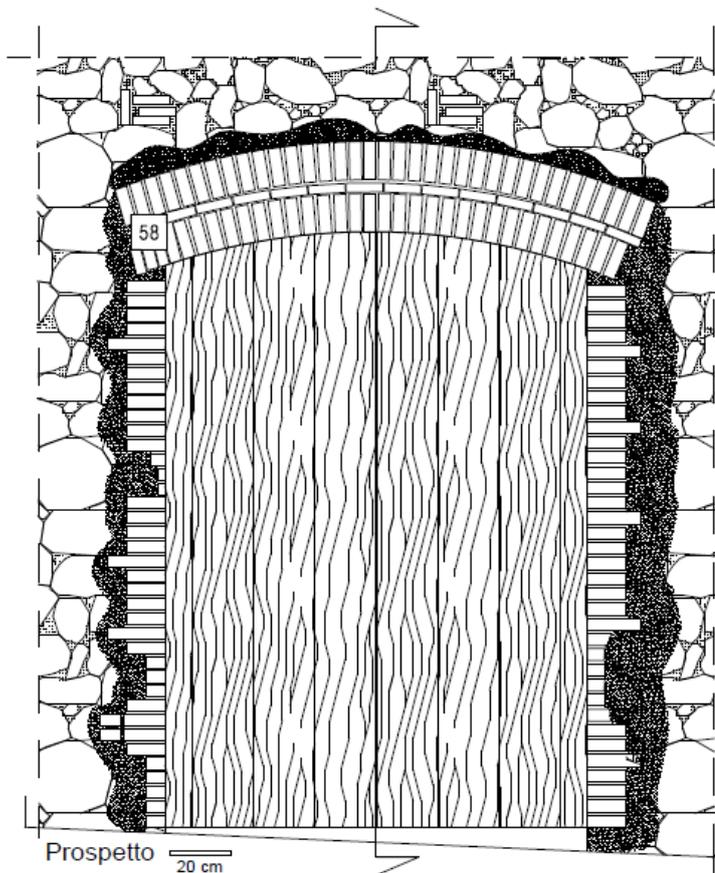
Fabbr. sito in via M. di Casalotto (Aci S. Antonio) - Coordinate: Lat.37.599771° Long.15.124979°



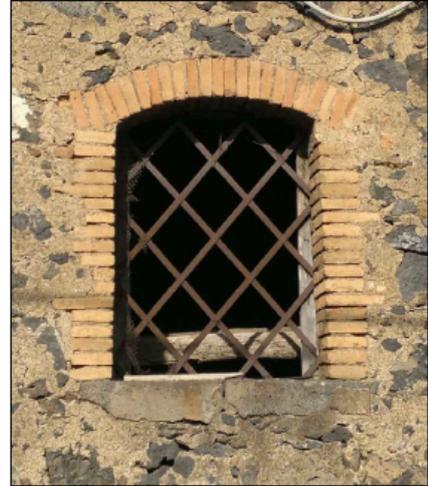
PORTALE AD ARCO CON CORNICE IN MATTONI DI LATERIZIO



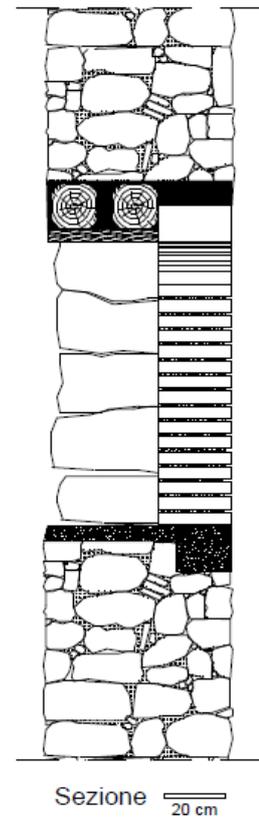
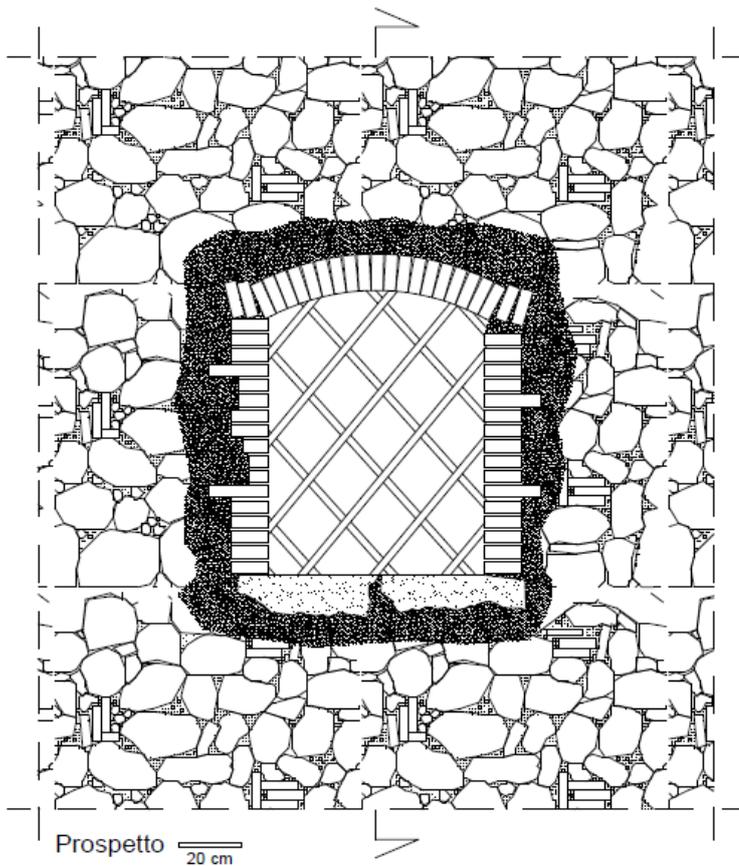
Fabbricato sito in via Parafera (Acicastello) - Coordinate: Lat.37.549102° Long.15.127510°



FINESTRA AD ARCO CON CORNICE IN MATTONI DI LATERIZIO



Fabbricato sito in via Parafera (Acicastello) - Coordinate: Lat.37.549102° Long.15.127510°



4.0.0 Idoneità antisismica degli edifici in muratura

4.1.0 La sicurezza sismica degli edifici rurali tradizionali

4.1.1 Normativa antisismica

Le costruzioni in muratura, costituenti la maggior parte del patrimonio edilizio italiano, sono state oggetto di attenzione in provvedimenti e raccomandazioni emanati a partire dalla fine del diciottesimo secolo, a seguito di dolorosi eventi sismici.

I provvedimenti più antichi risalgono al 28 marzo 1784, emanati dal Governo borbonico dopo il terremoto che distrusse la Calabria e Messina nel 1783. A questi ne seguirono altri quali il regolamento pontificio edilizio per la città di Norcia del 1860, le prescrizioni edilizie per l'isola d'Ischia del 1883 e le norme per la costruzione ed il restauro degli edifici danneggiati dal terremoto nelle province calabresi ed in quella di Messina nel 1906.

Tutte queste norme si limitavano a prescrizioni costruttive relative allo spessore delle murature, non inferiore a 60 cm, all'altezza degli edifici, non superiore a 10 m, al posizionamento delle aperture da ubicare distanti sufficientemente dagli angoli ed allineate verticalmente, al tipo di struttura, rigorosamente non spingente, ecc.

Soltanto dopo il terremoto di Messina del 28 dicembre 1908 viene promulgata una norma, Il Regio Decreto del 18 aprile 1909, n.193, che contemplava di tener conto delle forze sismiche nei calcoli di stabilità e resistenza delle costruzioni, classificandole in azioni statiche (dovute al peso proprio ed al sovraccarico, aumentate di una percentuale di sicurezza che simulasse l'effetto delle vibrazioni sussultorie generate dal sisma) ed azioni dinamiche (generate dal moto sismico ondulatorio, considerate come accelerazioni da applicare orizzontalmente alle masse del fabbricato). Il suddetto Decreto imponeva per le ricostruzioni e per le nuove costruzioni di edifici pubblici e privati, nei luoghi colpiti dal terremoto, precise norme tecniche quali ad esempio: l'inedificabilità su siti ritenuti inadatti come terreni paludosi, franosi e caratterizzati da forti pendenze; l'utilizzo di strutture portanti in muratura limitatamente a costruzioni con una sola elevazione fuori terra; il rispetto di dettagliate regole costruttive come la realizzazione di cordoli e strutture non spingenti; limitazione dell'altezza e numero

di piani degli edifici relativamente alle tecnologie costruttive utilizzate; limitazione della distanza tra muri portanti a 5 m.

Con il Regio decreto del 6 settembre 1912, n.1080, si ammette la realizzazione di muratura portante ordinaria anche per edifici a due piani, purché abbiano forma parallelepipedica ed altezza inferiore a 7 m.

Il Decreto Legge del 1916, n.1526, quantifica le forze sismiche e la loro distribuzione lungo l'altezza dell'edificio e precisamente prevede un aumento delle azioni statiche pari al 50% e determina le azioni dinamiche sottoforma di accelerazioni differentemente se applicate al piano terreno o ai piani superiori.

Il Regio Decreto del 23 ottobre 1924, n.2089, oltre ad affidare la progettazione degli edifici alla figura professionale dell'Ingegnere, chiarisce che le azioni sismiche verticali ed orizzontali non vanno considerate come forze applicabili contemporaneamente.

Relativamente all'individuazione delle zone sismiche dell'intero territorio nazionale è soltanto a partire dal 1927, con il Regio Decreto n.431 del 13 marzo, che le località colpite dagli ultimi eventi sismici vengono distinte in due categorie, in relazione al loro grado di sismicità ed alla loro costituzione geologica, con esclusione, quindi, di tutti gli altri territori dove non vi era alcun obbligo di costruire nel rispetto della normativa antisismica. Soltanto il Regio Decreto del 22 novembre 1937, n.2105, definisce anche per i Comuni non classificati in alcuna zona sismica le norme del buon costruire.

Per quanto riguarda gli interventi su edifici in muratura, a seguito del terremoto del 1976 che ha colpito la Regione Friuli Venezia Giulia e quello in Irpinia del 1980, sono state emanate norme per la riparazione, il rafforzamento ed il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dal sisma.

Le norme emanate dopo il 1996 introducono nuovi criteri relativi all'analisi delle strutture degli edifici come la classe di duttilità, il fattore di struttura, gli stati limite, la deformazione e lo spostamento.

- Legge del 2 febbraio 1974, n. 64

“Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche”

E' la legge sul cui apparato normativo si basa la normativa antisismica vigente, oltre naturalmente alla legge del 5 novembre 1971, n. 1086, che disciplina le opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Con la Legge 64/74 è stata approvata una nuova normativa sismica nazionale che ha stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica dell'Italia e per la redazione di norme tecniche. A seguito di tale legge il Ministro dei lavori pubblici ha emanato norme tecniche per le costruzioni sia pubbliche che private, da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministro dell'Interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici e con la collaborazione del Consiglio nazionale delle ricerche, ed ha aggiornato la classificazione sismica.

La Legge 64/74 ha reso possibile aggiornare le stesse norme antisismiche di pari passo con l'evolversi delle conoscenze dei fenomeni sismici. Rimane invece invariata la logica di ampliare la lista dei territori ad alta pericolosità sismica in relazione ai nuovi eventi catastrofici.

- D.M. del 3 marzo 1975, n. 40

“Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

Con tale decreto sono stati introdotti nuovi criteri geotecnici per la progettazione delle opere di fondazione, imposti nuovi limiti per altezze e numero di piani degli edifici ed introdotta la possibilità di eseguire l'analisi statica o dinamica per il calcolo strutturale.

Nella sezione C9 si fa riferimento alle costruzioni in muratura portante e vengono indicati alcuni metodi di intervento di consolidamento dell'apparato murario, laddove questo non presenti gravi condizioni di instabilità. Si prescrivono opere di risanamento delle strutture portanti come: ripresa con murature di mattoni e malta cementizia, getti di conglomerato cementizio ed eventuale inserimento di elementi metallici o in c.a.; risarcimento delle lesioni; realizzazione di pareti cementizie armate a costituire delle strutture scatolari di contenimento, eventualmente rinforzate da cavi, per il consolidamento della zona basamentale del fabbricato; interventi per il ripristino o il consolidamento di solai, coperture, ecc.

- L.R. del 20 giugno 1977, n. 30 (Regione Friuli Venezia Giulia)

“Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici”

Legge emanata a seguito del terremoto che ha colpito il Friuli nel 1976 con l'obiettivo di fissare le norme da seguire per recuperare e consolidare gli edifici colpiti dal sisma. In particolare il Documento Tecnico n. 2 “Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura”, emanato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per dar seguito a questa legge, prevede, per la verifica sismica dell'edificio, il metodo di calcolo denominato POR, ovvero un metodo semplificato che, attraverso una schematizzazione semplificata della struttura, tiene conto del contributo resistente dei soli elementi murari verticali senza prendere in esame la rigidezza delle fasce orizzontali della muratura (in sostanza il solaio, come sistema di collegamento tra le diverse parti murarie, viene considerato a rigidezza infinita quindi gli elementi murari verticali come elementi con rotazione impedita all'estremità).

Il DT2 riporta indicazioni sul comportamento sismico degli edifici e specifica i sistemi e le modalità di intervento per il loro consolidamento. Tra i sistemi di intervento si indicano quelli necessari a restituire alle strutture danneggiate la loro resistenza specifica per il raggiungimento di sufficienti livelli di capacità portante; la sostituzione delle parti strutturali il cui consolidamento non apporterebbe alcun miglioramento; inserimento di nuovi elementi strutturali ad integrazione di quelli esistenti quando il sistema statico complessivo risulta non sufficiente per il suo equilibrio strutturale. Tra le modalità di intervento, effettuabili su fondazioni, murature, solai, tiranti e coperture lignee, si fa riferimento soprattutto ad iniezioni di malta cementizia ed alla realizzazione di lastre in calcestruzzo armato.

- D.M.LL.PP. del 3 giugno 1981, n.515

“Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

Si introduce la zona sismica di terza categoria, caratterizzata da un grado di sismicità inferiore rispetto alle precedenti e la relativa introduzione di un nuovo coefficiente sismico ($C=0.10$ per la I categoria; $C=0.07$ per la II categoria; $C=0.04$ III categoria)

- D.M.LL.PP. del 2 luglio 1981, n.593

“Normativa per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle Regioni Basilicata, Campania e Puglia”

La suddetta norma definisce gli interventi di riparazione e quelli di adeguamento sismico. Per riparazione si devono intendere tutte quelle opere necessarie a ricostituire tutte le parti dell'edificio, mentre per adeguamento sismico l'insieme degli interventi atti a rendere l'edificio resistente alle azioni del terremoto, aumentando la resistenza specifica e/o riducendo gli effetti dell'azione sismica sull'edificio stesso.

Per quanto concerne gli edifici in muratura, relativamente agli interventi da effettuare sulle pareti, vengono proposte possibili tecniche per il consolidamento delle stesse quali: interventi localizzati di risanamento, iniezioni di miscele, applicazioni di lastre in c.a. o di reti metalliche elettrosaldate, inserimento nella muratura di pilastri in c.a. o in breccia armati, utilizzo di tiranti sia orizzontali che verticali.

- Circolare M.LL.PP. del 30 luglio 1981, n. 21745

“Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma”

In questa Circolare vengono proposte le norme applicative del Decreto 2/07/1981 suddetto, relativamente alle modalità ed ai materiali da impiegare per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma che ha colpito le Regioni Basilicata, Campania e Puglia.

- Ordinanza n. 230/FPC/ZA del 5 giugno 1984

“Disciplina dei criteri e delle modalità in ordine alla riattazione degli edifici e delle opere danneggiate dai terremoti del 7 ed 11 maggio 1984 (Regioni Abruzzo ed Umbria)

L'Ordinanza di cui trattasi definisce, nell'allegato A, gli interventi di riattazione degli edifici con struttura portante in muratura come quelle opere atte a riparare i danni provocati dal sisma rimettendo l'edificio in condizioni tali da poter essere riutilizzato e di poter meglio resistere ad eventi sismici futuri.

Si approfondiscono le specifiche tecniche riferite agli interventi di consolidamento dei fabbricati.

- D.M.LL.PP. del 20 novembre 1987

“Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”

E' il primo decreto ministeriale dedicato alle costruzioni in muratura, che tratta, specificatamente nel Titolo II, gli interventi di consolidamento dei fabbricati con struttura portante tradizionale, esponendo in termini generali le modalità operative.

- Circolare M.LL.PP. del 4 gennaio 1989, n. 30787

“Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento” ai sensi del D.M. del 20/11/1987

- D.M.LL.PP. del 16 gennaio 1996

“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

Le norme in questione ricalcano in linea generale quanto finora dettato per le costruzioni in zone sismiche. Vengono definiti gli interventi di adeguamento e di miglioramento, il primo inteso come insieme di opere in grado di rendere l'edificio antisismico, il secondo come intervento sulle singole parti strutturali dell'edificio al fine di aumentarne la sicurezza antisismica. Il primo dei suddetti interventi ha un carattere più invasivo sul manufatto edilizio, mentre il secondo prevede una maggior tutela di conservazione del bene, quindi più idoneo per mettere in sicurezza fabbricati di pregio monumentale.

Tra le introduzioni apportate da un punto di vista normativo si evidenziano le seguenti: nel campo delle limitazioni relative alle costruzioni non si fa più riferimento al numero di piani ma alla loro altezza massima; come metodo di verifica della struttura portante degli edifici in zona sismica è possibile adottare oltre quello delle tensioni ammissibili anche il metodo degli stati limite; per limitare i danni alle parti non strutturali degli edifici si introduce il concetto di controllo degli spostamenti a cui esse sono soggette.

- Circolare M.LL.PP. del 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.

“Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

Questa Circolare, in particolare nell’allegato n.3, descrive in maniera più dettagliata i modi ed i materiali da impiegare per gli interventi di aumento della resistenza delle strutture portanti in muratura come le iniezioni di miscele leganti, l’utilizzo di lastre in c.a. o di reti metalliche elettrosaldate, l’inserimento nella muratura di pilastri in c.a. o in breccia armata e l’applicazione di tiranti sia orizzontali che verticali.

- O.P.C.M. del 20 marzo 2003, n.3274

“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

L’Ordinanza 3274/2003, integrata e modificata dalla 3431/2005, di seguito riportata, ha introdotto sostanziali innovazioni alla normativa antisismica nazionale. Oltre all’obbligo di utilizzare il metodo degli stati limite per la verifica statica delle strutture, si pone maggiore attenzione alle azioni sismiche, ai carichi verticali ed alla duttilità della struttura. Con tale ordinanza cresce la consapevolezza del rischio legato alle attività telluriche della terra a tal punto che l’intero territorio nazionale viene classificato come sismico e suddiviso in 4 zone caratterizzate da pericolosità sismica decrescente.

La suddetta ordinanza, relativamente alla valutazione della sicurezza ed i conseguenti interventi sui fabbricati esistenti, pone l’attenzione sul grado di non completezza ed affidabilità delle informazioni relative allo stato di fatto dei fabbricati ed allo loro presunta sicurezza antisismica che può non essere correttamente valutata al momento della progettazione degli interventi, diversamente per quanto accade per il progetto di nuovi edifici.

Ferma restando, quindi, l’importanza della valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, si riportano diversi tipi di intervento, sia generali che puntuali come il rinforzo, la sostituzione o la ricostruzione di alcuni elementi dell’organismo strutturale; l’inserimento di nuovi elementi resistenti quali setti in muratura, pareti e cordoli in c.a.; incatenamenti di strutture spingenti; irrigidimento dei solai;

introduzione di un nuovo sistema strutturale in aggiunta a quello esistente; trasformazione di elementi non portanti in portanti come l'incamiciatura in c.a. di elementi non strutturali come le tamponature; applicazione di controventature, riduzione delle masse, ecc.

- O.P.C.M. del 3 maggio 2005, n.3431 (con allegati 1 e 2)

Integrazioni e modifiche dell'OPCM n.3274

Le integrazioni e le modifiche alla precedente ordinanza riguardano tecniche generali da impiegare per il consolidamento degli edifici in muratura. Gli interventi proposti sono: quelli finalizzati al rafforzamento delle connessioni fra le parti di un edificio come l'ammorsamento delle pareti; il collegamento tra solai e murature perimetrali attraverso l'inserimento di catene metalliche, cerchiature esterne, cordoli e perforazioni armate; interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai come l'aumento della sezione portante o la realizzazione di controventature; interventi di rafforzamento dell'attacco tetto – muratura mediante capichiavi metallici, cordoli e tiranti; interventi di miglioramento della resistenza degli elementi verticali come la realizzazione di nuove pareti o la chiusura di vuoti, piuttosto che l'iniezioni di miscele leganti o l'inserimento di diatoni artificiali; interventi di ripristino su pilastri e colonne come cerchiature e tassellature ed interventi per ridurre o eliminare le spinte orizzontali generati da archi e volte con l'ausilio di tiranti metallici; interventi di rafforzamento delle pareti poste attorno alle aperture come architravi, cornici e cerchiature; interventi atti a consolidare i collegamenti delle parti non strutturali come cornicioni, parapetti e camini; interventi sulle fondazioni come l'aumento della loro sezione orizzontale per mezzo di cordoli o platee ed il consolidamento dei terreni di fondazione mediante iniezioni di miscele o l'inserimento di sottofondazioni, ecc.

- D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14 settembre 2005

“Norme tecniche per le costruzioni”

Decreto redatto con l'intento di fornire un testo unitario chiaro ed univoco, basato su un più moderno indirizzo di formazione prestazionale, piuttosto che prescrittiva. Anche tali norme prescrivono come metodo di verifica della sicurezza strutturale quello degli stati limite.

Il Decreto definisce, nel capitolo n.9, i criteri da adottare per la valutazione della sicurezza degli edifici esistenti in zona sismica ed i conseguenti interventi possibili. Si parla di interventi di consolidamento, come quelle opere necessarie ad aumentare la sicurezza della struttura esistente, e di riparazione, come quegli interventi che mirano a riportare la sicurezza degli edifici colpiti da un sisma allo stesso livello precedente l'evento dannoso. Inoltre si fa riferimento ad interventi di adeguamento di un edificio, qualora questo sia stato oggetto di ampliamento o sopraelevazione, ovvero la cui struttura sia stata sottoposta ad aumenti di carico conseguentemente a cambi di destinazione d'uso o trasformazione dell'organismo edilizio stesso, ed interventi di miglioramento atti a conferire maggior sicurezza all'intera struttura operando sui singoli elementi che la compongono.

- D.M. Infrastrutture del 14 gennaio 2008

“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

Le suddette norme, al punto 1, definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità e consentono, relativamente alle indicazioni applicative per l'ottenimento delle prescritte prestazioni, di riferirsi a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici.

Il decreto ripropone come riferimento di base per la verifica della sicurezza strutturale il metodo agli stati limite, mentre, il metodo delle tensioni ammissibili viene consentito soltanto per edifici ordinari, ovvero con indice di affollamento normale ed adibiti per funzioni pubbliche e strategiche non rilevanti, ubicati in zone a bassissima sismicità.

Alle costruzioni in muratura il decreto dedica alcuni capitoli, in particolare il numero 8, “Costruzioni esistenti”, che regola l'attività tecnica su questo tipo di manufatti, con dettagli più approfonditi nella Circolare del 02/02/2009, n.617, emanata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che recita “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni”, sostanzialmente ispirate all'Ordinanza n.3431 del 2005.

Con riferimento agli edifici costituenti il patrimonio storico appare utile tener conto delle linee guida contenute nella Direttiva del Presidente del Consiglio dei

Ministri “Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni”, emanata, in una prima versione, il 12/10/2007 e successivamente aggiornata con la versione del 09/02/2011.

Le NTC 2008 redigono una classificazione degli interventi possibili su edifici in muratura volti a ripristinare, recuperare e consolidare le varie parti strutturali che li compongono come: interventi per ridurre le carenze dei collegamenti (impiego di tiranti, cerchiature e cordoli) e l'eccessiva deformabilità dei solai (irrigidimenti estradossali con tavolati e/o lamine metalliche ed intradossali con tiranti metallici); interventi su fondazioni, pilastri e colonne (cerchiature, catene per l'eliminazione delle spinte, ripartizione delle azioni su altri elementi di maggiore rigidità), archi e volte (eliminazione delle spinte con catene, ripristino delle lesioni, alleggerimento del riempimento) e coperture; interventi che modificano la distribuzione degli elementi verticali resistenti; interventi che incrementano la resistenza dei maschi murari (scuci-cuci, ristilatura dei giunti, iniezioni semplici ed armate, inserimento di diatoni artificiali e tirantini, intonaci armati, confinamento della muratura); interventi di rinforzo delle pareti attorno alle aperture; interventi che assicurano i collegamenti degli elementi non strutturali; realizzazione di giunti sismici.

4.1.2 Comportamento sismico delle strutture in muratura

Prima di poter analizzare, nel complesso, il comportamento sismico dei fabbricati rurali tradizionali, occorre prendere in esame il materiale costruttivo, e le modalità con cui esso è stato assemblato, che ne costituisce la struttura portante.

La muratura, o apparecchio murario, è in edilizia quella tecnica costruttiva per realizzare una struttura in elevazione, detta parete o muro, composta da pietre naturali o artificiali e, spesso, da un legante. Le pareti così composte, secondo i modi e le tecniche già analizzati, presentano caratteristiche peculiari come la globale funzione portante, l'elevato peso, la buona resistenza a compressione ma scarsa o nulla resistenza a trazione.

Il comportamento meccanico di una parete in muratura portante può notevolmente variare e dipende essenzialmente dalla qualità con la quale la

stessa è stata realizzata: infatti tanto più l'elemento portante è di buona fattura, quanto maggiore è il suo comportamento monolitico. La regola dell'arte, infatti, impone un insieme di regole costruttive pratiche a carattere empirico e sottolinea, ad esempio, quanto sia fondamentale una sapiente tessitura dei blocchi per ottenere un muro portante di buona qualità.

Fra le varie prescrizioni costruttive sulle murature portanti, la regola d'arte suggerisce: la posa in opera di pietre che si estendono da una parte all'altra della parete (diatoni); realizzazione di filari orizzontali ad intervalli regolari in altezza (di malta o di elementi di forma squadrata) e giunti verticali di malta sfalsati; scelta accurata dei blocchi per forma e dimensione nella realizzazione dell'opera o di parti di essa; utilizzo di malte di comprovata resistenza meccanica ed agli agenti atmosferici; efficace collegamento fra gli elementi, sia verticali che orizzontali, che compongono l'edificio.

Un evento sismico genera un'accelerazione alla base della struttura ed attraverso questa si trasmette ai vari piani. L'accelerazione mette in moto le masse dell'intero edificio producendo forze sismiche.

L'azione sismica si può rappresentare con una forza orizzontale che agisce staticamente sulla struttura.

Premessa, quindi, l'importanza del comportamento monolitico della parete muraria o di parti di essa, che non genera fenomeni di disgregamento della stessa, ci si pone il problema di determinare per quale valore dell'azione sismica si attua il meccanismo di collasso dell'edificio, cioè quanto moltiplicare la forza orizzontale agente sull'elemento murario, e a quali tipi di meccanismi di collasso è soggetto l'elemento portante.

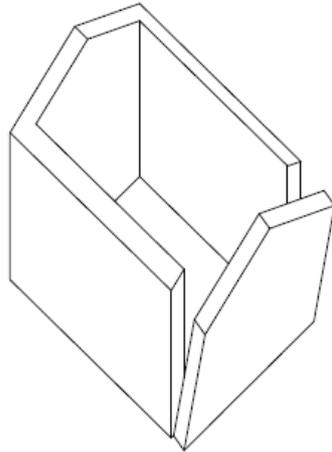
Dall'analisi dei danni alle strutture degli edifici tradizionali in muratura, generati da eventi sismici, (edifici che, spesso, versano in cattive condizioni a causa anche dell'incuria dei proprietari, degli insufficienti interventi di manutenzione su di essi effettuati e dei vari tipi di degrado a cui essi sono soggetti nel corso dei decenni) si possono distinguere due modi di meccanismi di collasso: meccanismi fuori dal piano e meccanismi nel piano. Il primo modo si manifesta attraverso il ribaltamento della parete in modo semplice (causato da un'elevata snellezza del paramento murario, dal collegamento inefficace con le strutture orizzontali e dalla mancanza di ammorsamento con le pareti di spina o con gli

elementi sommitali) o composto (questo meccanismo di collasso avviene quando la parete presenta le stesse problematiche costruttive che causano il ribaltamento semplice ma il buon ammorsamento con le pareti di spina determina il ribaltamento di parte di queste) oppure con flessione della parete in direzione verticale (quando la parete vincolata efficacemente in sommità ma non ben collegata con le strutture orizzontali di interpiano, si flette e si lesiona orizzontalmente lungo tutta la sua facciata) od orizzontale (quando la parete ben vincolata con i muri di spina ma scarsamente collegata in sommità si flette e cede lungo il suo asse verticale, fenomeno che accade soprattutto nella parete del timpano, a causa di martellamento della trave di colmo); il secondo modo di meccanismo di collasso si manifesta, invece, attraverso rottura a taglio con formazione di lesioni diagonali sulle pareti (questo fenomeno si manifesta soprattutto nelle pareti di edifici adiacenti uno all'altro e può essere causato dalla loro discontinuità altimetria, quindi dal martellamento della parete dell'edificio più basso sulla parete di quello più alto, oppure dalla spinta laterale di pareti contigue alla parete centrale la cui faccia presenta lesioni fra le aperture).

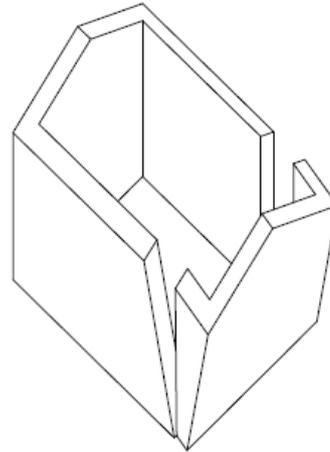
Facendo riferimento agli edifici rurali tradizionali in muratura presenti nel territorio preso in esame, costituiti, nella maggior parte dei casi, da un unico livello fuori terra e realizzati con tecniche costruttive e materiali descritti in precedenza, si distinguono, oltre a quelli già menzionati, caratteristici meccanismi di collasso come: espulsione del paramento murario esterno di una muratura a sacco; distaccamento di parte delle pareti che scaricando sul terreno la tensione prodotta da un terremoto fanno cedere lo stesso; disgregazione e crollo di una parete eseguita non a regola d'arte.

COMPORAMENTO SISMICO DELLE COSTRUZIONI IN MURATURA

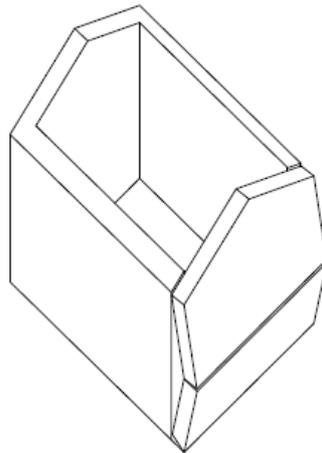
MECCANISMI DI COLLASSO DI I° MODO (FUORI DAL PIANO)



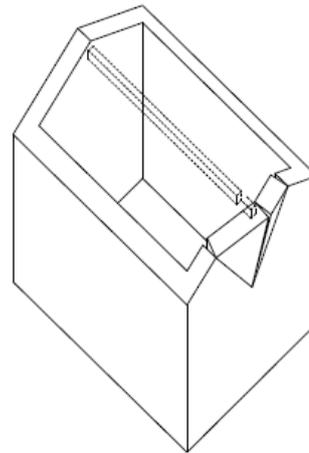
Ribaltamento semplice



Ribaltamento composto

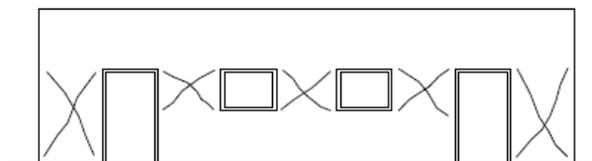


Flessione verticale



Flessione orizzontale

MECCANISMI DI COLLASSO DI II° MODO (NEL PIANO)



Rottura a taglio con formazione di lesioni diagonali

5.0.0 Area campione

5.1.0 Individuazione dell'area campione ed analisi delle caratteristiche generali dei fondi e dei fabbricati rurali rilevati

La scelta dell'area campione, all'interno della quale individuare dei manufatti agricoli tradizionali da sottoporre ad analisi e per i quali proporre interventi finalizzati al loro recupero, alla conservazione ed al miglioramento statico, nonché, indirettamente, atti a salvaguardare la valenza paesaggistica dello stesso territorio di appartenenza, è stata effettuata dopo un'osservazione generale del territorio etneo, ed in particolar modo, della fascia sud orientale del cono vulcanico etneo, contraddistinta da comuni caratteristiche paesaggistiche ed ambientali.

Lo studio preliminare si è basato su un'indagine generale effettuata attraverso la lettura delle cartografie territoriali, l'utilizzazione di sistemi di esplorazione satellitare ed il sopralluogo fisico supportato da rilievi fotografici.

L'obiettivo era quello di individuare un'area del territorio etneo preso in esame fortemente caratterizzata dalla presenza di manufatti agricoli tradizionali, così che gli interventi di recupero, conservazione e miglioramento statico da proporre su di essi potessero, altresì, preservare il carattere paesaggistico dell'area stessa.

5.1.1 Il Comune di Aci Castello (CT)

Il Comune di Aci Castello, in provincia di Catania, si affaccia ad est sul mar Jonio, confina con i Comuni di Aci Catena, Acireale, San Gregorio di Catania e Valverde ad ovest e con Il Comune di Catania a sud e comprende le frazioni di Acitrezza, Cannizzaro e Ficarazzi.

Il territorio castellese ha un'altezza sul livello del mare variabile da una minima di 0,0 m ad una massima di 270,0 m ed appartiene alla zona altimetrica classificabile come pianura.

Aci castello conta una superficie complessiva di 8.65 kmq, rientra fra i territori di classe sismica media e fa parte della zona climatica "B".

Le arterie stradali principali che da Catania conducono ad Aci Castello sono quelle denominate: via Aci Castello che, partendo da Viale Ulisse (Circonvallazione), passa, in direzione sud-est, attraverso la frazione di Cannizzaro (via A. Musco) fino a giungere (via A. da Messina – via G. Pezzana) a Piazza Castello, piazza principale del centro storico del paese. Girando attorno alla Piazza Castello è possibile raggiungere il lungomare Scardamiano; dallo stesso viale Ulisse si diparte, questa volta in direzione nord-est, anche via Messina che in prossimità della frazione di Cannizzaro prende il nome di via Nazionale, poi via XXI Aprile (che abbraccia il centro storico di Aci Castello sul lato nord-ovest), e via Livorno che porta alla frazione di Acitrezza.

L'area campione è stata individuata lungo due strade di collegamento fra i territori castellesi prospicienti la costa jonica e la frazione di Ficarazzi (posta altimetricamente alla quota più alta del territorio di Aci Castello) e precisamente: via Parafera, poi via Gallinaro, ricadenti in frazione Cannizzaro e via Stazione, poi via Aci Castello, ricadenti nel territorio del Comune castellese, ed alcune piccole stradelle interpoderali poste fra le precedenti.

5.1.2 Caratteristiche dei fondi e dei fabbricati rurali

L'area campione presa in esame, ricadente nel territorio del Comune di Aci Castello, riguarda principalmente, come sopra detto, due arterie stradali di collegamento tra le aree urbane castellesi poste a quote altimetriche più basse e quelle sviluppatesi a quote altimetriche più alte, e, marginalmente, stradelle secondarie che partono dalle precedenti.

I fabbricati presi in esame sono complessivamente pari a 16 unità contraddistinte da una numerazione crescente da 1 a 16.

I primi nove manufatti rurali si trovano dislocati lungo la via Parafera che confluisce su via Gallinaro dove è ubicato il fabbricato n.10. Il fabbricato n.11 è posto in una piccola traversa di via Stazione, mentre quelli identificati con i numeri 12 e 13 sono ubicati lungo un tratto di via Acicastello. I fabbricati n.14 e n.15 sono situati in via T. Fazello, una stradella interpoderale che parte da via Acicastello,

mentre quello identificato con il n.16 è ubicato in via N. Martoglio, una stradina interna che da via Tripoli giunge a via Acicastello.

I fondi su cui insistono gli edifici rurali presi in esame ricadono quasi tutti in Zona Territoriale Omogenea classificata dallo strumento urbanistico vigente come “E” – Area Agricola ed hanno accessibilità diretta dalla strada principale.

I fabbricati rilevati sono ben visibili dalle vie di percorrenza e sono posizionati, ad eccezione di alcuni di essi (sopraelevati), alla stessa quota del livello stradale.

In linea generale è possibile affermare che gli edifici presi in esame vengono utilizzati dai rispettivi proprietari con la destinazione per cui sono stati edificati: depositi agricoli a servizio del fondo.

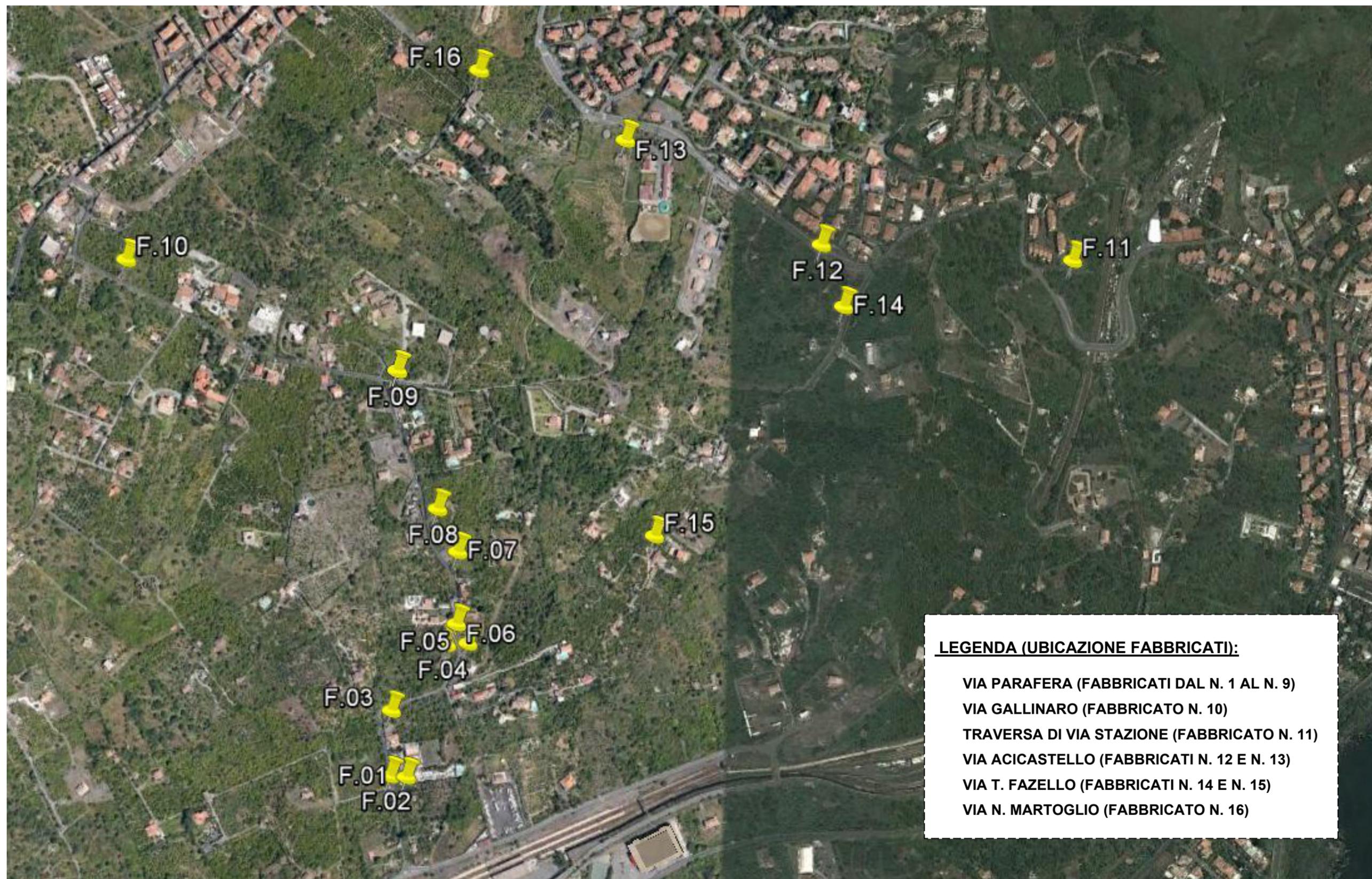
I fabbricati rilevati sono in maggioranza piccoli manufatti rurali realizzati con materiali e tecniche tipici dell'area etnea: sovrapposizione di pietrame lavico informe, nella maggior parte dei casi legato con malta di ghiara, a volte con l'interposizione regolare di ricorsi orizzontali di malta o assemblato totalmente a secco, raramente attraverso l'utilizzo di blocchi più o meno accuratamente sbozzati o con paramenti esterni intonacati.

Gli edifici rurali rilevati hanno superfici coperte di dimensioni variabili e sinteticamente raggruppabili in tre gruppi: superficie coperta minore di 50 mq (cinque fabbricati), compresa tra i 50 ed i 90 mq (otto fabbricati) e superiore ai 100 mq (tre fabbricati), mentre le altezze complessive, valutate alla linea di gronda della copertura, sono complessivamente pari ad una media di 3,70 m, con altezza minima di 2,85 m del fabbricato n.5 e massima di 5,00 m del fabbricato n.8.

Le coperture degli edifici rurali presi in esame sono costituite tutte da due falde, con pendenze pari mediamente al 50% e comunque mai inferiori al 35% (vedi fabbricati nn.1-3-14), con una struttura di supporto del manto di copertura di natura lignea e sistema costruttivo detto “alla lombarda”.

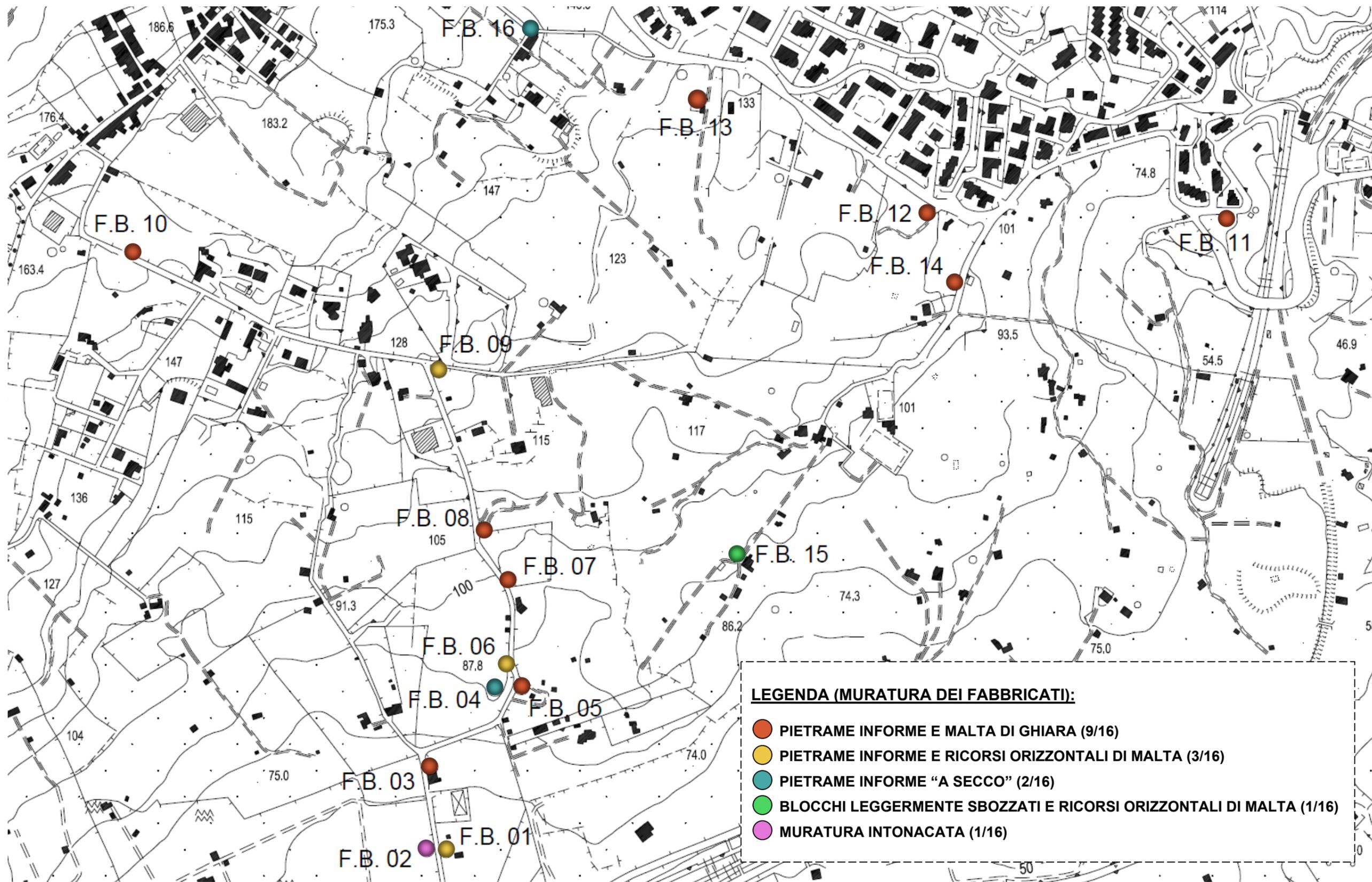
I vani di porte e finestre, nella maggioranza dei casi a forma di arco, sono tutti realizzati con mattoni di laterizio.

5.1.3 Area campione (vista satellitare, tabelle di sintesi fondi e fabbricati ed aerofotogrammetria) e schede fabbricati



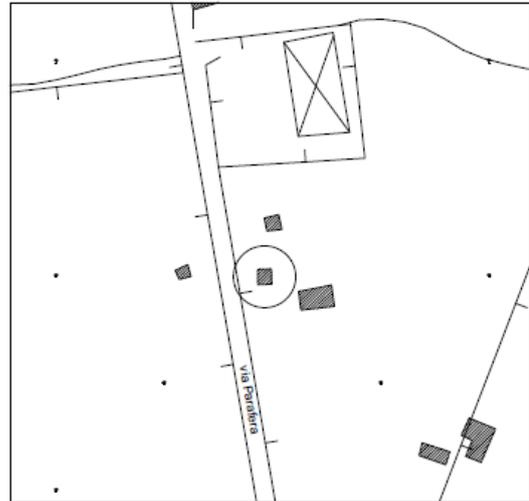
| | | FABBRICATO 01 | FABBRICATO 02 | FABBRICATO 03 | FABBRICATO 04 | FABBRICATO 05 | FABBRICATO 06 | FABBRICATO 07 | FABBRICATO 08 |
|------------|---|---|---------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| FONDO | ZONA TERRITORIALE OMOGENEA | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola |
| | ACCESSIBILITA' DA STRADA PRINCIPALE | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta |
| FABBRICATO | COLLOCAZIONE | Livello stradale | Livello stradale | Livello stradale | Sopraelevato | Livello stradale | Livello stradale | Quota terreno - 1,50 m dal livello stradale | Livello stradale |
| | VISIBILITA' DA STRADA PRINCIPALE | Buona | Buona | Buona | Discreta | Buona | Buona | Buona | Buona |
| | CONDIZIONE D'USO | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Rudere | Utilizzato | Utilizzato |
| | SUPERFICIE COPERTA | 22 mq ca | 15 mq ca | 115,60 mq | 83,50 mq | 63,00 mq ca | 71,70 mq | 47,20 mq | 37,35 mq |
| | ALTEZZA ALLA GRONDA | 3,20 m | 3,75 m | 3,50 m (min) 4,35 m (max) | 3,75 m | 2,85 m ca | 3,00 m ca | 4,50 m | 5,00 m |
| | TIPO EDILIZIO | Deposito | Deposito | Parte di complesso produttivo | Abitazione e deposito | Deposito | Deposito | Deposito | Deposito |
| | TIPO MURATURA | Pietrame informe con ricorsi orizzontali di malta | Intonacata | Pietrame informe e malta di ghiera | Pietrame informe assemblato "a secco" | Pietrame informe e malta di ghiera | Pietrame informe con ricorsi orizzontali di malta | Pietrame informe e malta di ghiera | Pietrame informe e malta di ghiera |
| | STRUTTURA COPERTURA | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Originaria lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" |
| | PENDENZA FALDE COPERTURA | 35 % ca | 55 % ca | 35 % | 55 % ca | 50 % | 50 % | 50 % | 40 % ca |
| | FORMA DEI VANI PORTE E FINESTRE | Trilitica | Arco | Arco | Arco | Trilitica | Arco | Arco | Arco |
| | MATERIALI DEI VANI PORTE E FINESTRE | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio |

| | | FABBRICATO 09 | FABBRICATO 10 | FABBRICATO 11 | FABBRICATO 12 | FABBRICATO 13 | FABBRICATO 14 | FABBRICATO 15 | FABBRICATO 16 |
|---|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---|
| FONDO | ZONA TERRITORIALE OMOGENEA | "E" Agricola | "D1" Artigianale | "C1" Espansione | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola | "E" Agricola |
| | ACCESSIBILITA' DA STRADA PRINCIPALE | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta | Diretta |
| FABBRICATO | COLLOCAZIONE | Livello stradale | Sopraelevato | Livello stradale | Sopraelevato | Livello stradale | Livello stradale | Livello stradale | Livello stradale |
| | VISIBILITA' DA STRADA PRINCIPALE | Buona | Buona | Discreta | Buona | Discreta | Buona | Buona | Buona |
| | CONDIZIONE D'USO | Non utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Utilizzato | Non utilizzato |
| | SUPERFICIE COPERTA | --- | 52,00 mq | --- | 51,10 mq | 207,30 mq | 54,00 mq ca | 101,45 mq | 15,00 mq ca |
| | ALTEZZA ALLA GRONDA | --- | 4,00 m | --- | 4,50 m | Varie | 3,00 m ca | 4,00 m | 3,00 m ca |
| | TIPO EDILIZIO | Depositi accorpato | Deposito | Deposito | Deposito | Complesso produttivo | Deposito | Abitazione e deposito | Deposito |
| | TIPO MURATURA | Pietrame informe con ricorsi orizzontali di malta | Pietrame informe e malta di ghiara | Pietrame informe e malta di ghiara | Blocchi leggermente sbozzati e ricorsi orizzontali di malta | Pietrame informe assemblato "a secco" |
| | STRUTTURA COPERTURA | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" | Lignea "alla lombarda" |
| | PENDENZA FALDE COPERTURA | --- | 60 % ca | --- | 45 % ca | Varie | 35 % ca | 45 % | --- |
| | FORMA DEI VANI PORTE E FINESTRE | Trilitica | Trilitica | Arco | Arco | Arco | Arco | Arco | --- |
| MATERIALI DEI VANI PORTE E FINESTRE | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio e pietra lavica | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di Laterizio | Mattoni di laterizio rivestiti con malta | Mattoni di Laterizio | --- | |



FB - 01 - Acicastello

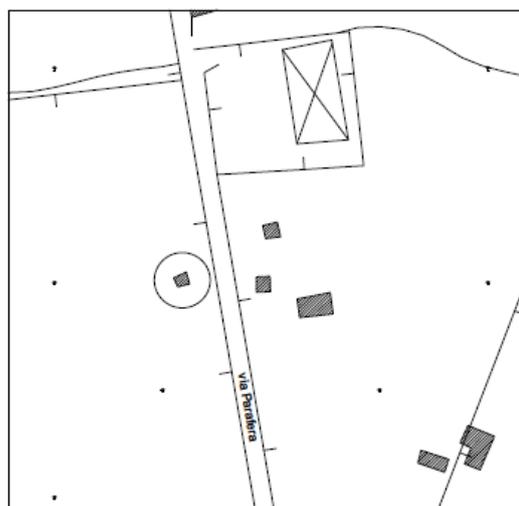
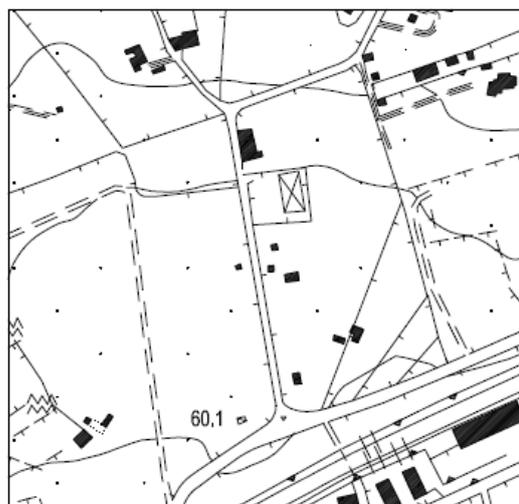
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.548137° Long.15.127775°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e ricorsi orizzontali di malta. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. La cornice del vano porta è in mattoni di laterizio.





FB - 02 - Acicastello

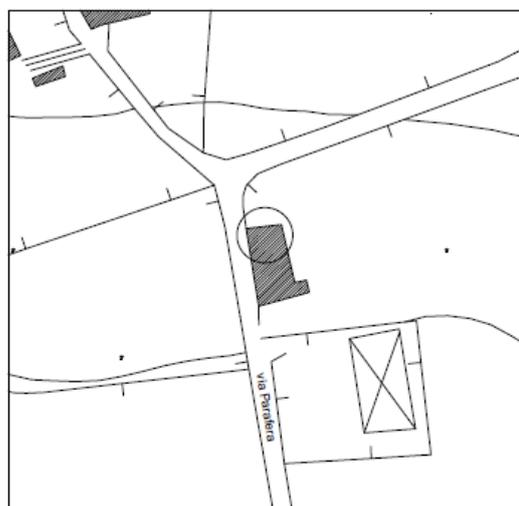
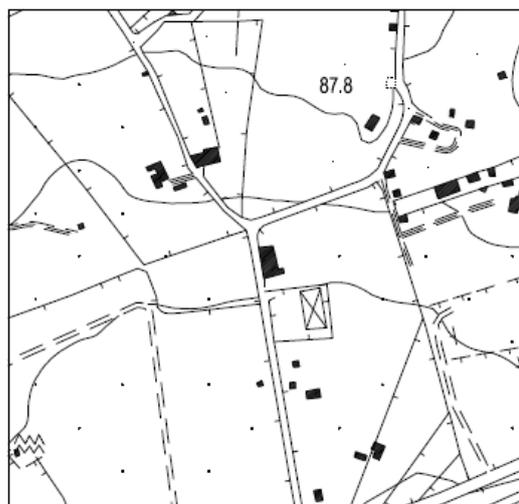
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.548148° Long.15.127483°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Pareti esterne in muratura intonacata. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. La cornice del vano porta è in mattoni di laterizio.

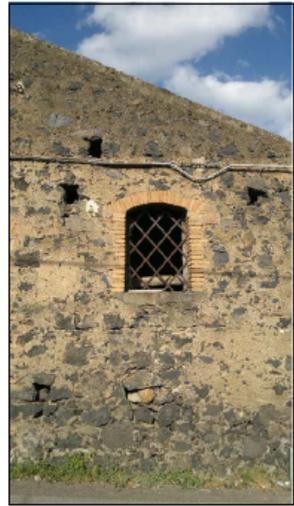


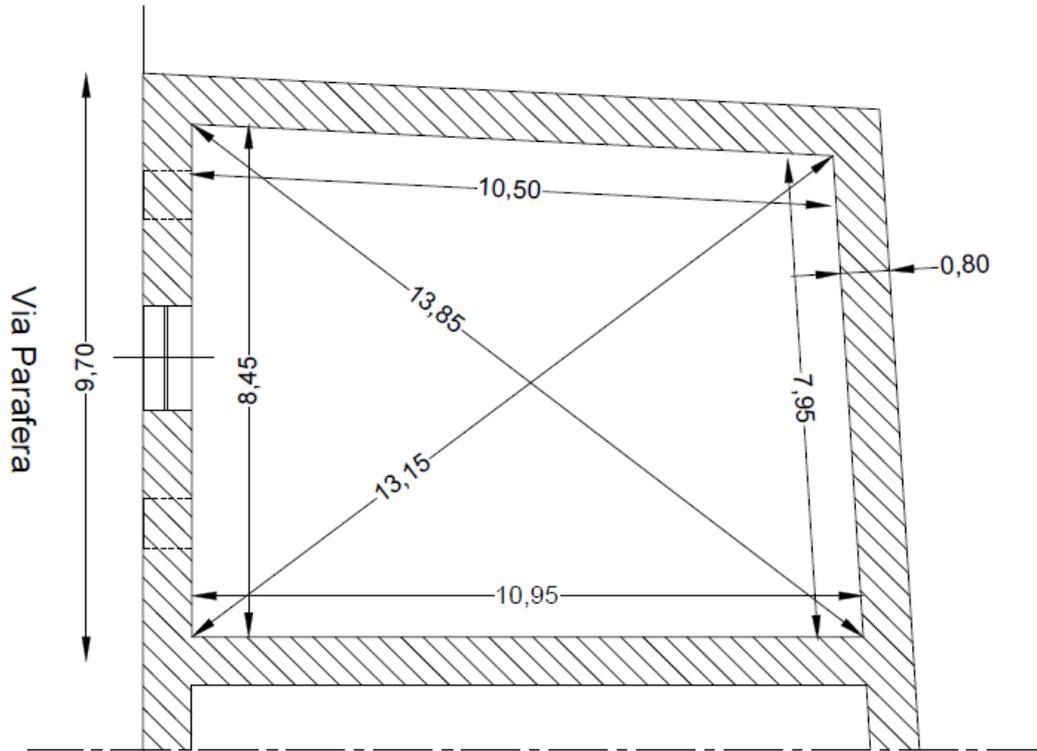


FB - 03 - Acicastello

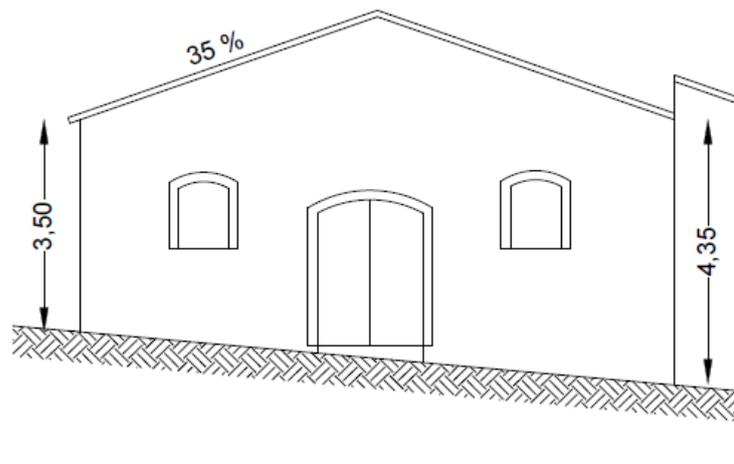
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.549102° Long.15.127510°
TIPO EDILIZIO: "Complesso produttivo"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono realizzate in mattoni di laterizio.





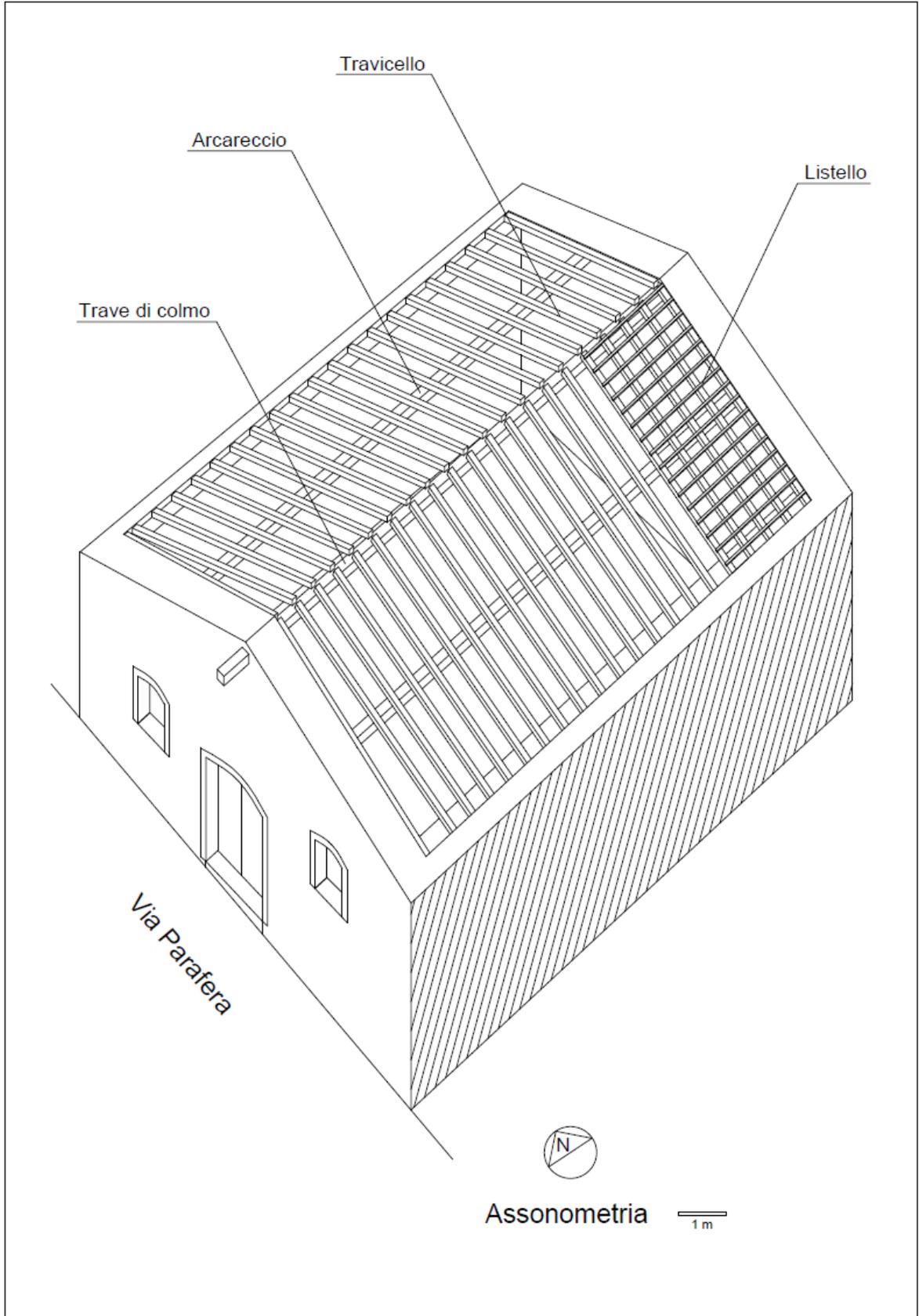


Pianta piano terra



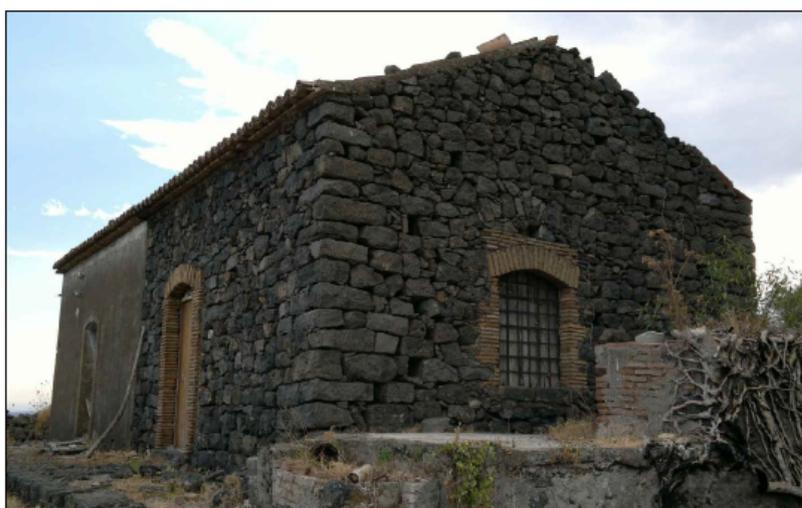
Prospetto ovest (su via Parafera)

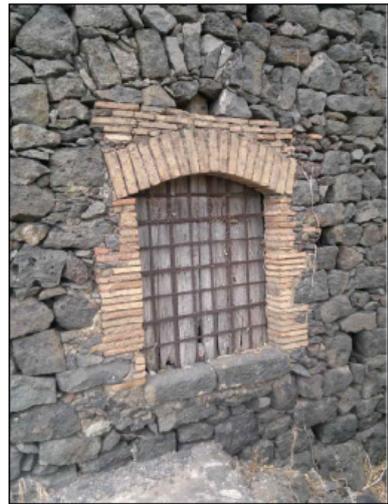


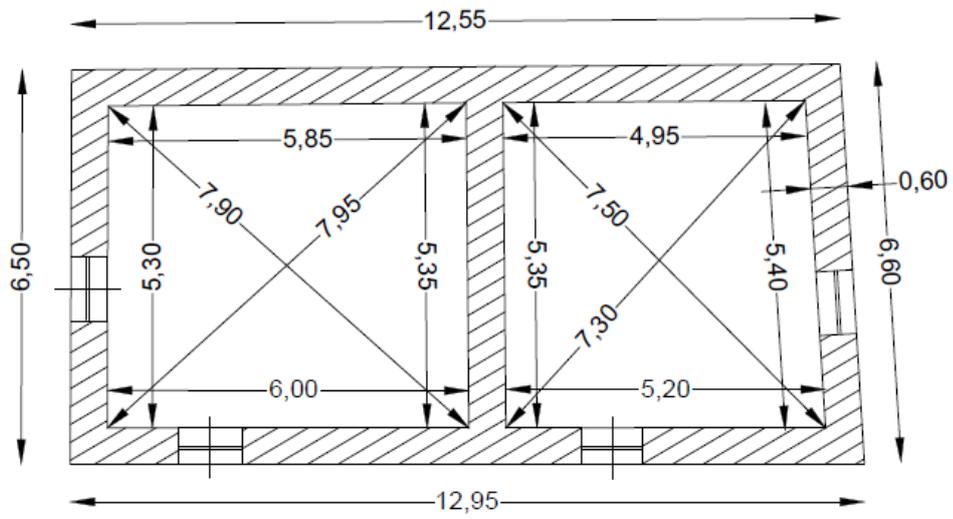


FB - 04 - Acicastello

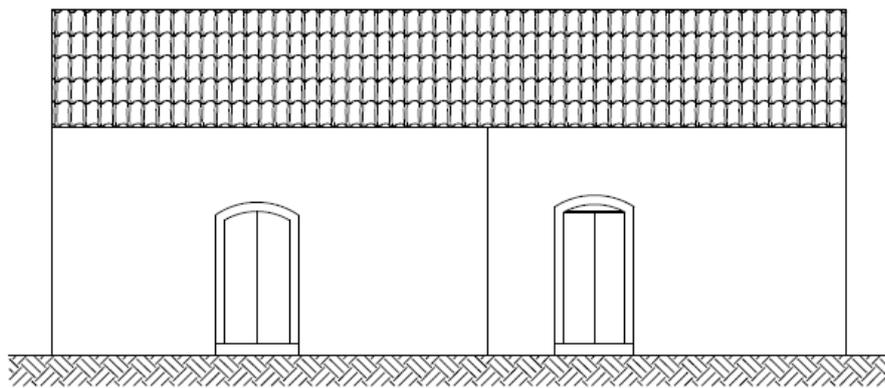
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.550079° Long.15.128519°
TIPO EDILIZIO: Abitazione e deposito
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata a secco con pietrame informe a vista (deposito) ed intonacata (abitazione). Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono in mattoni di laterizio a vista (deposito), rivestiti con malta (abitazione).



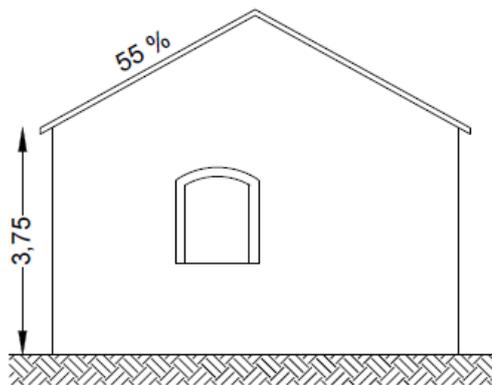




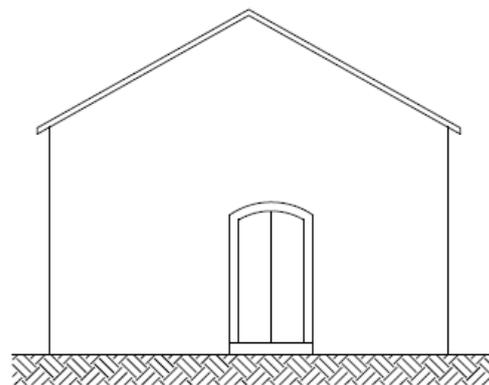
Pianta piano terra 1m



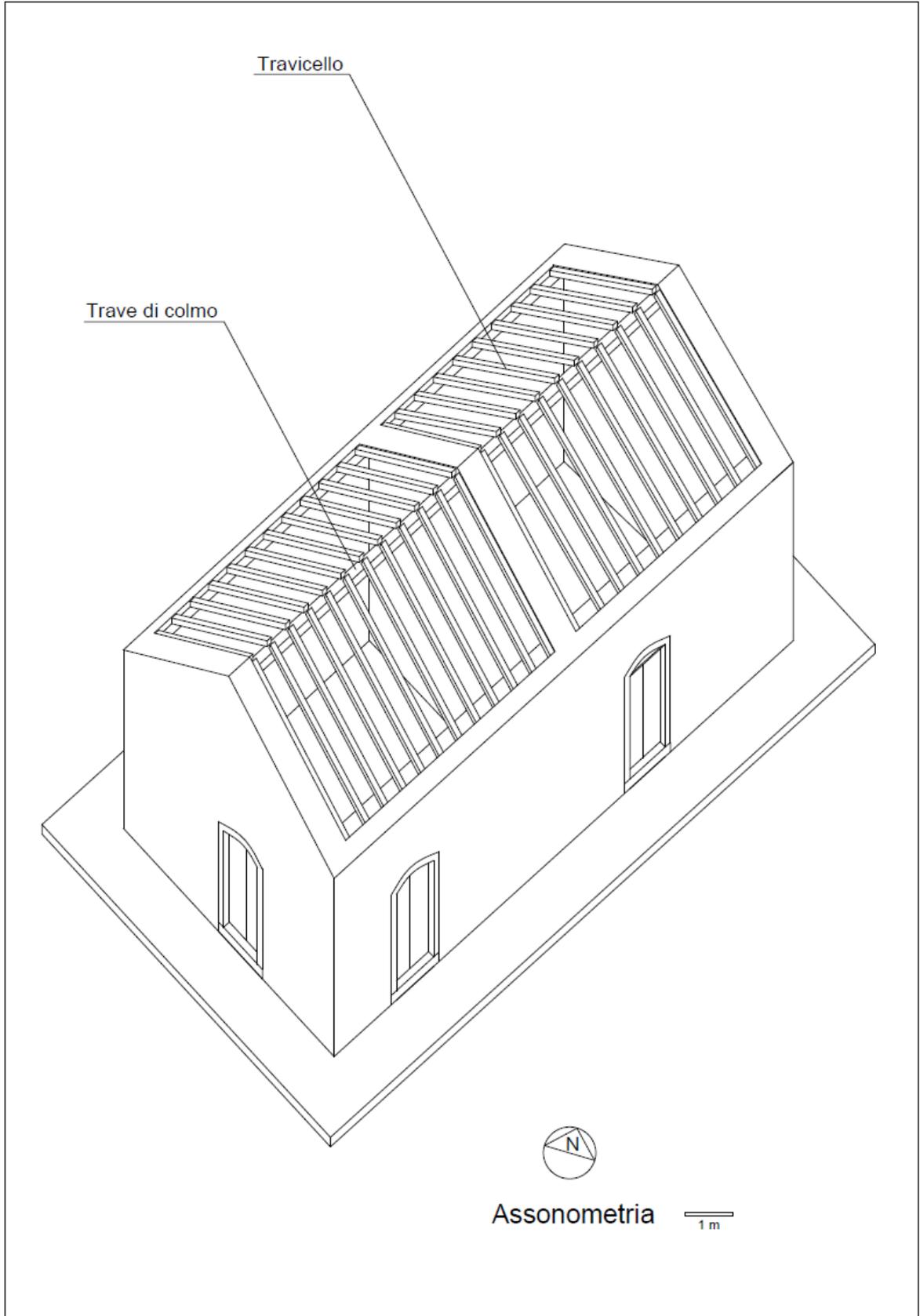
Prospetto sud/est 1m



Prospetto sud/est 1m

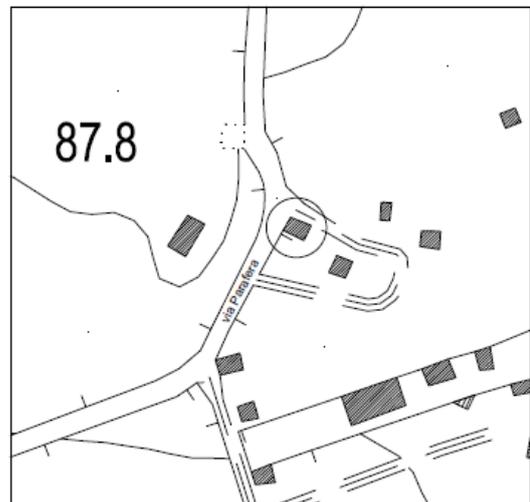
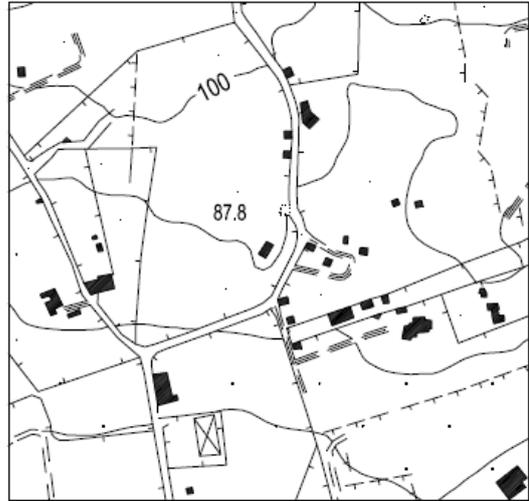


Prospetto sud/ovest 1m



FB - 05 - Acicastello

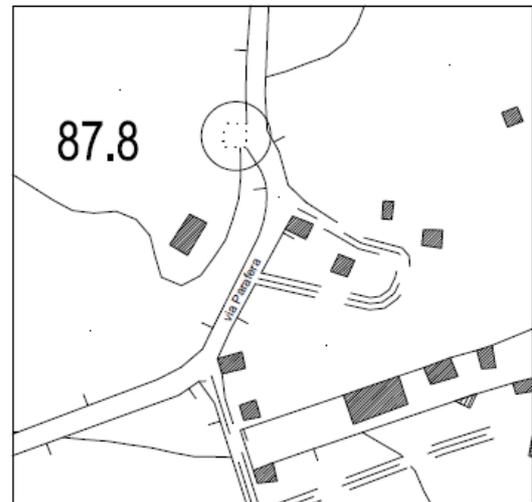
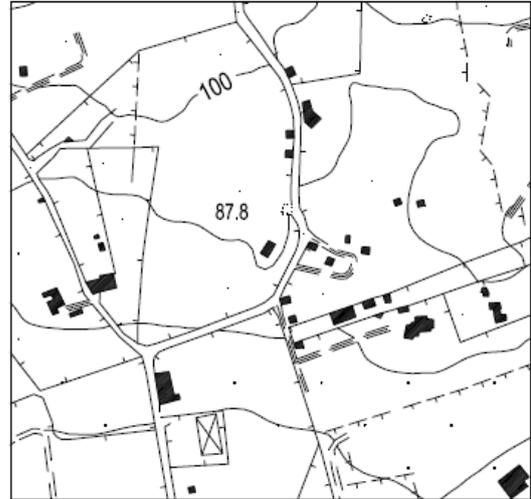
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.550102° Long.15.128901°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani porta e finestra sono realizzati in mattoni di laterizio.



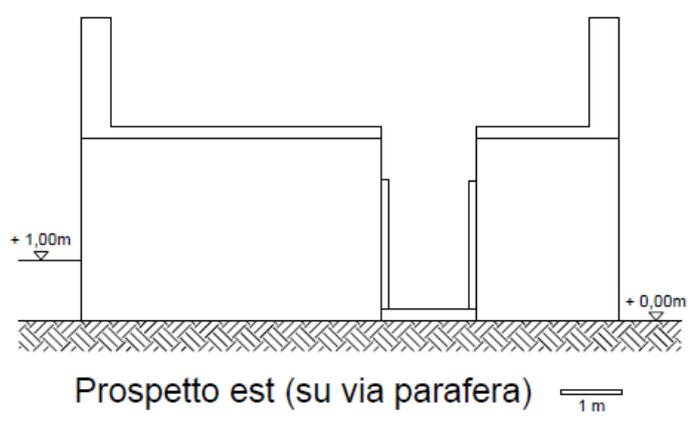
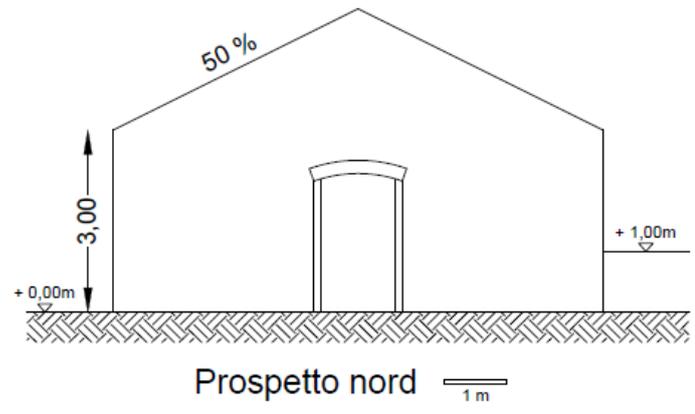
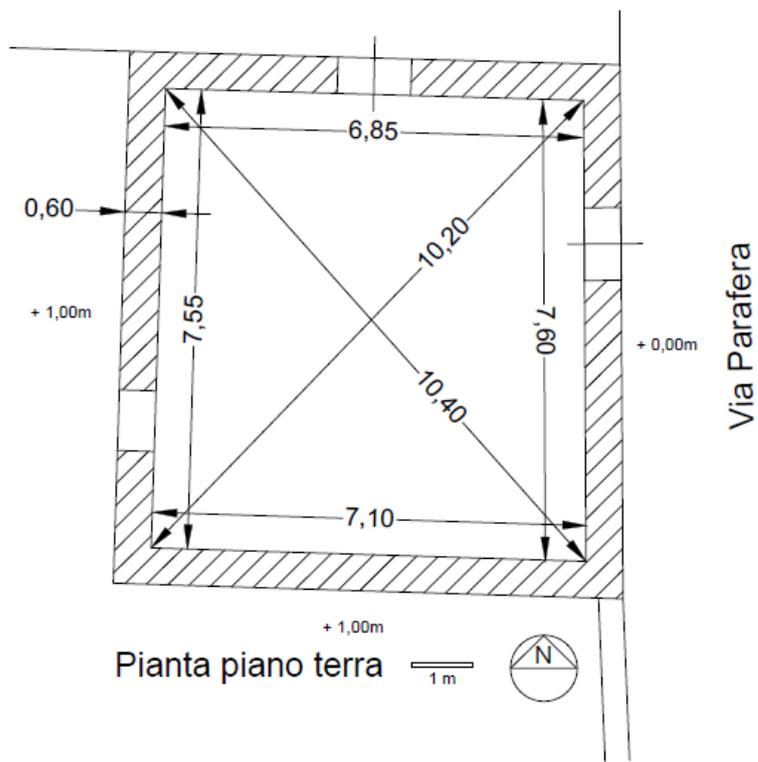


FB - 06 - Acicastello

UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.550377° Long.15.128697°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e ricorsi orizzontali di malta. Copertura a due falde assente a seguito di crollo: struttura portante originaria in legno "alla lombarda" e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani porta sono in mattoni di laterizio.

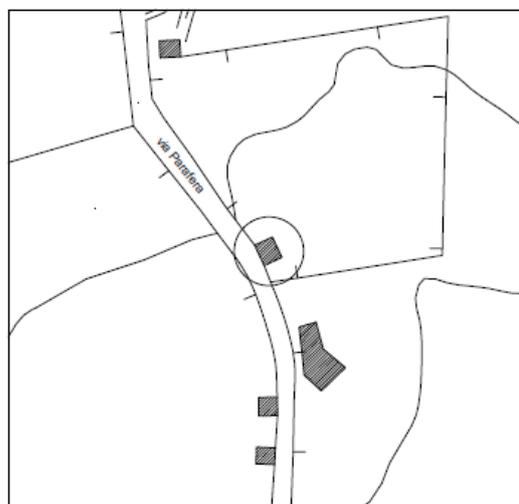
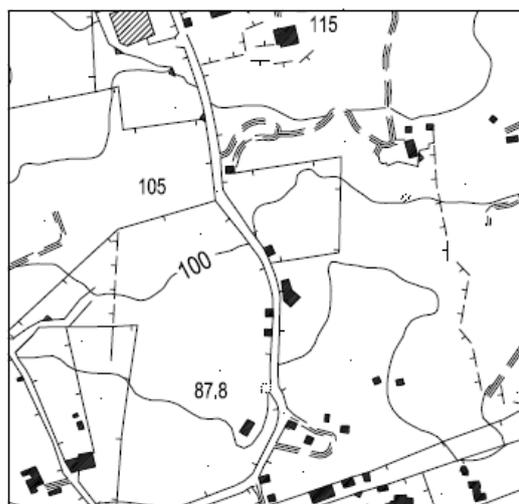




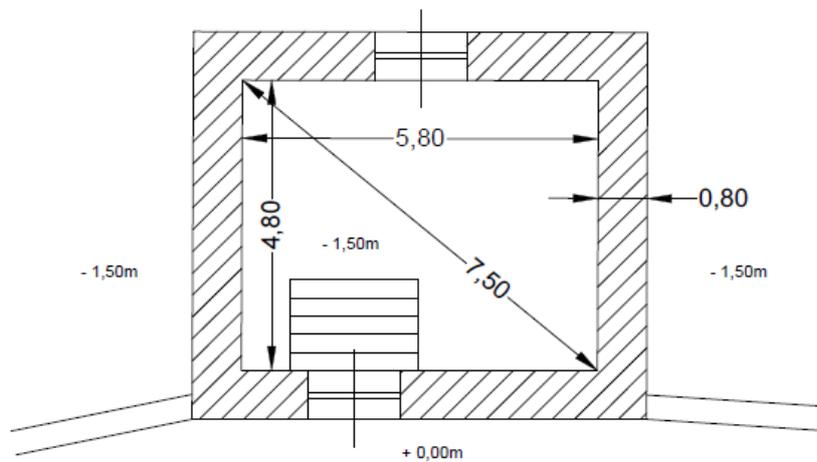


FB - 07 - Acicastello

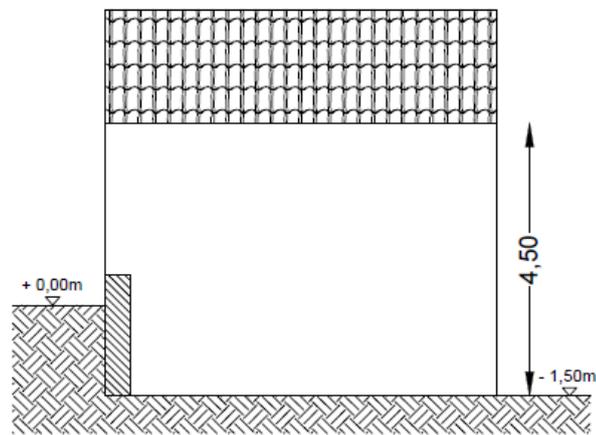
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.551405° Long.15.128717°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. La cornice del vano porta è in mattoni di laterizio.



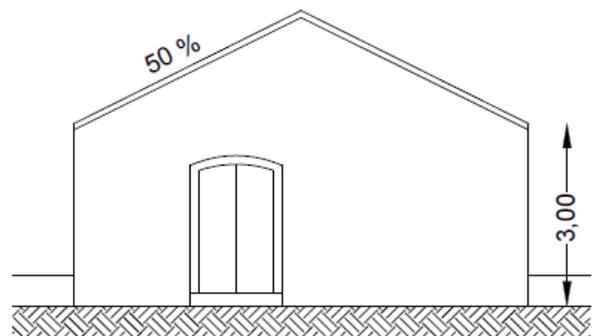




Pianta piano terra  Via Parafera



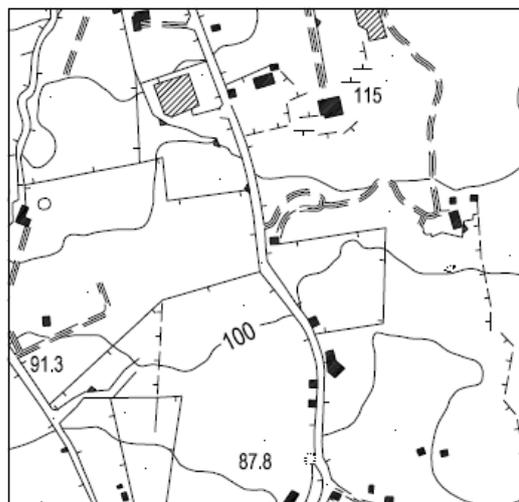
Prospetto sud 



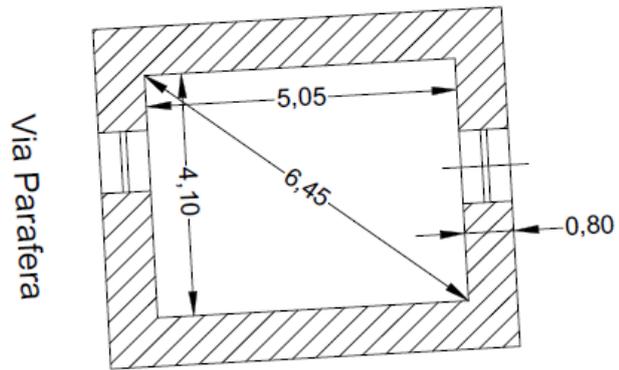
Prospetto ovest (su via parafera) 

FB - 08 - Acicastello

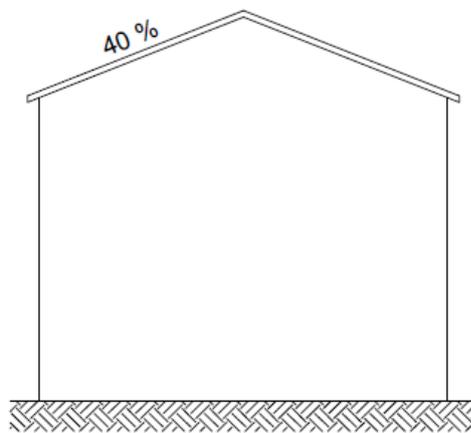
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.37.552009° Long.15.128361°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono realizzati in mattoni di laterizio.



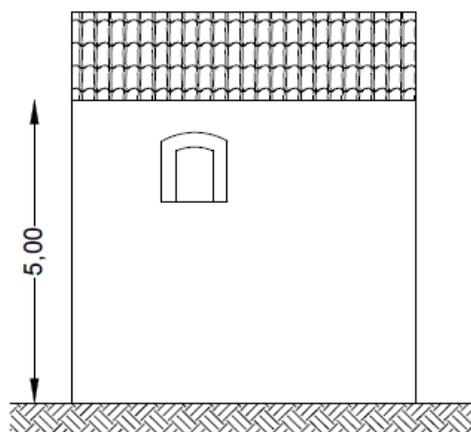




Pianta piano terra  



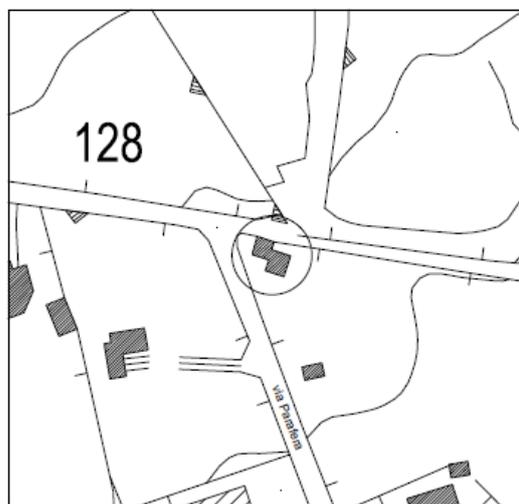
Prospetto nord 



Prospetto ovest (su via parafera) 

FB - 09 - Acicastello

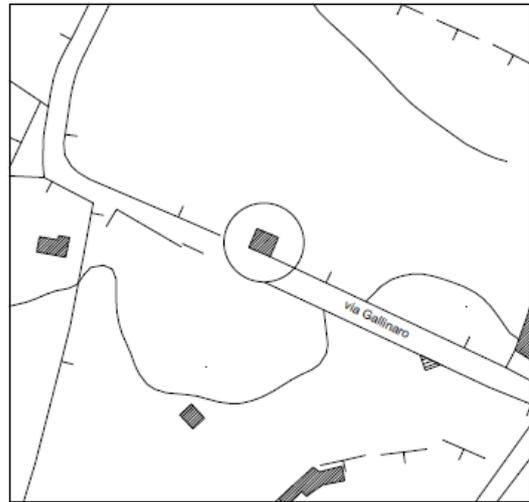
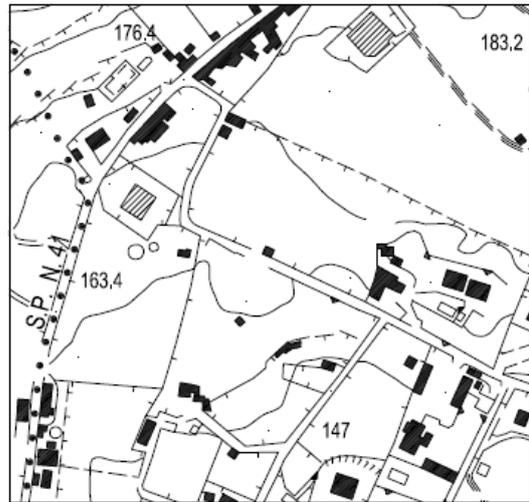
UBICAZIONE: Via Parafera
COORDINATE: Lat.35.553933° Long.15.127659°
TIPO EDILIZIO: Depositi accorpati
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e ricorsi orizzontali di malta. Tetti a due falde realizzati con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani porta sono in mattoni di laterizio.



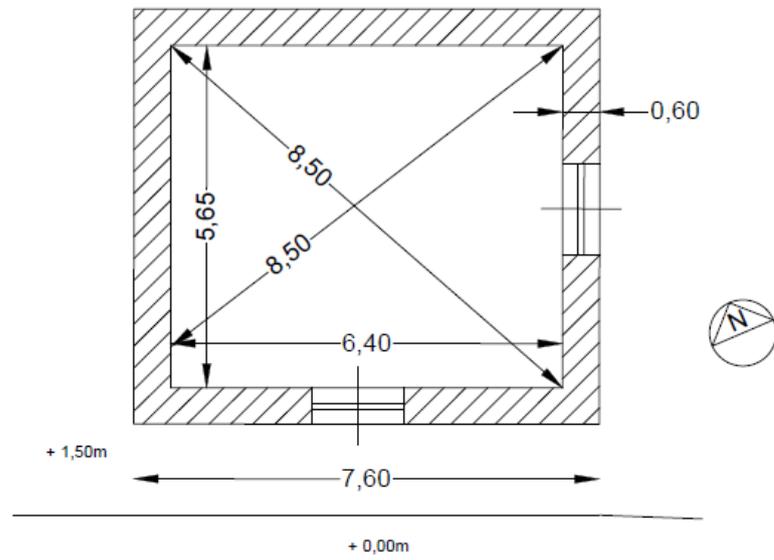


FB - 10 - Acicastello

UBICAZIONE: Via Gallinaro
COORDINATE: Lat.37.555357° Long.15.123034°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Gli stipiti dei vani porta sono realizzati in mattoni di laterizio (superiormente) ed in blocchi di pietra lavica (inferiormente).

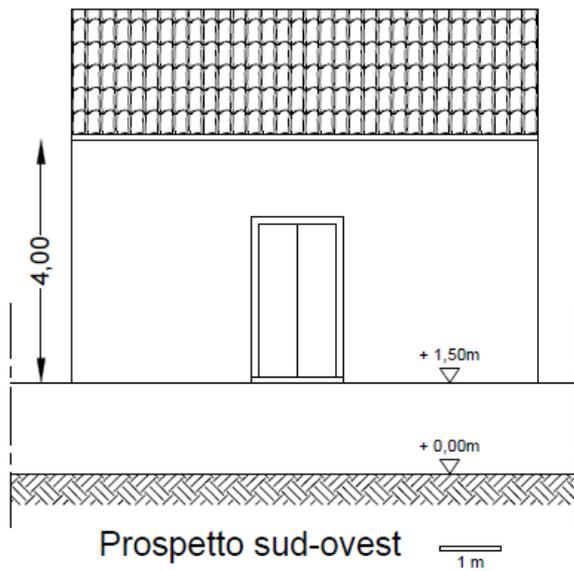




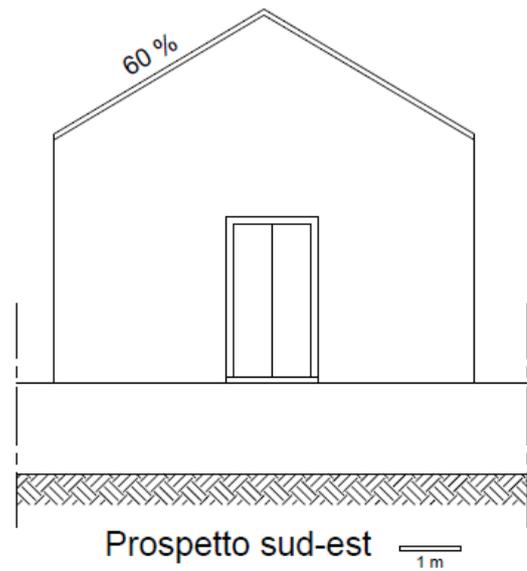


Pianta piano terra 

Via Gallinaro



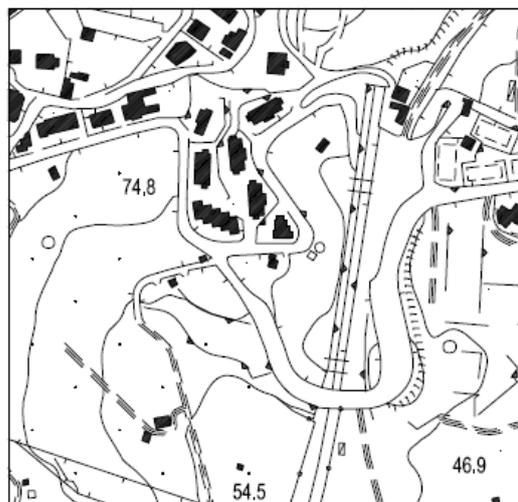
Prospecto sud-ovest 



Prospecto sud-est 

FB - 11 - Acicastello

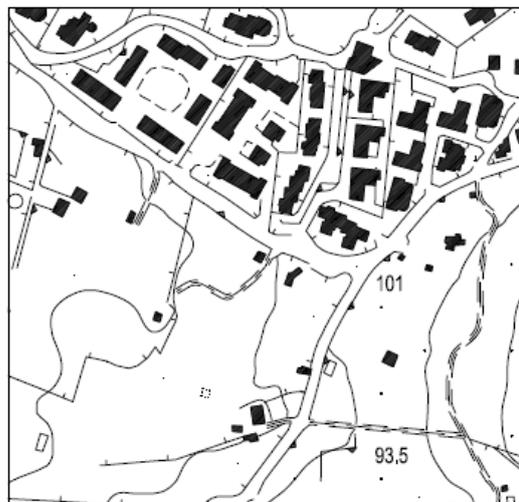
UBICAZIONE: Via Stazione
COORDINATE: Lat.37.555758° Long.15.139657°
TIPO EDILIZIO: Deposito con corpo annesso
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde (deposito) realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono realizzati in mattoni di laterizio.



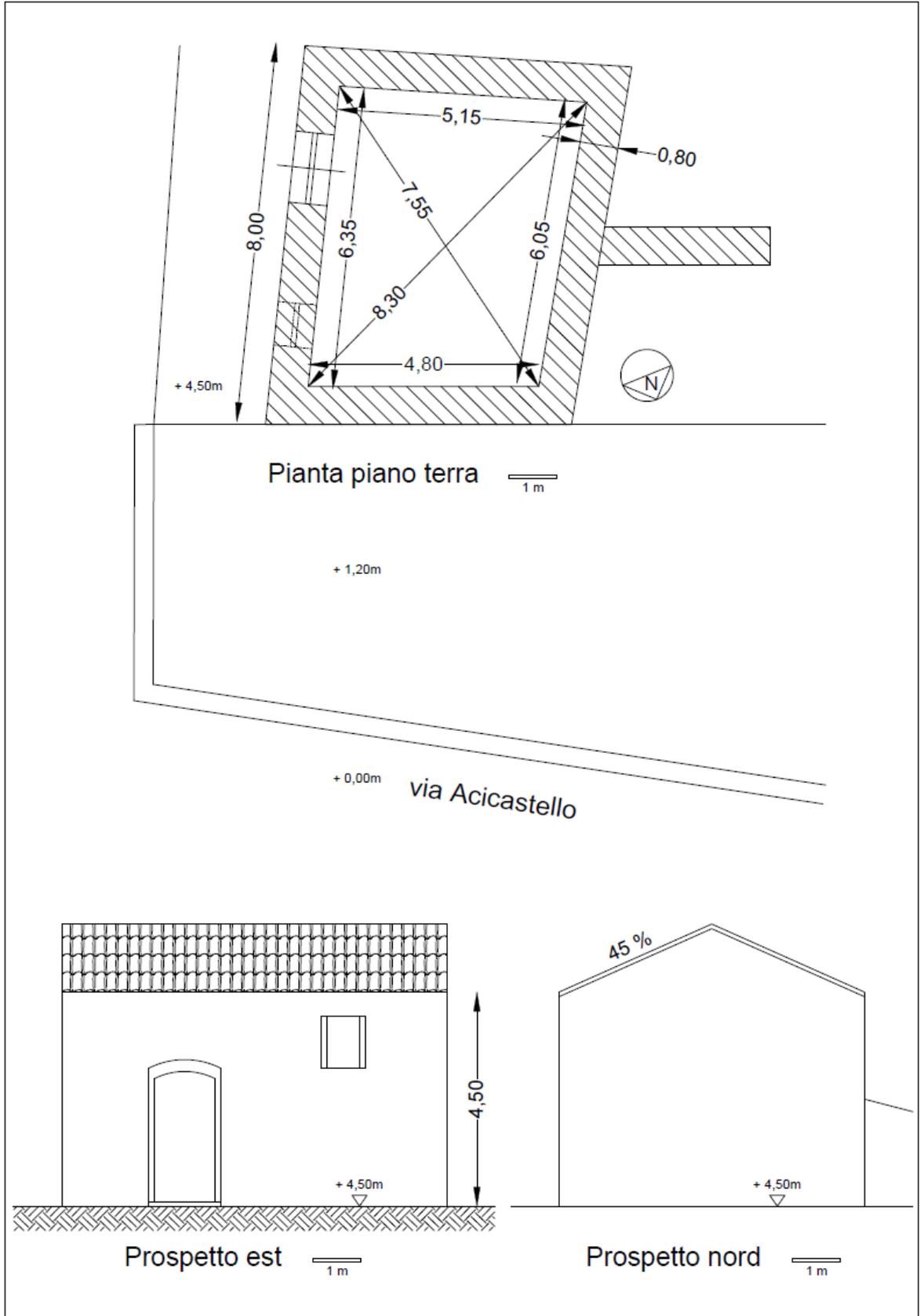


FB - 12 - Acicastello

UBICAZIONE: Via Acicastello
COORDINATE: Lat.37.555839° Long.15.135095°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono in mattoni di laterizio.

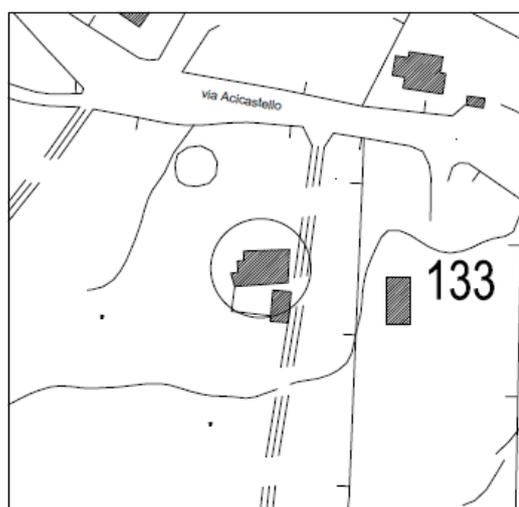
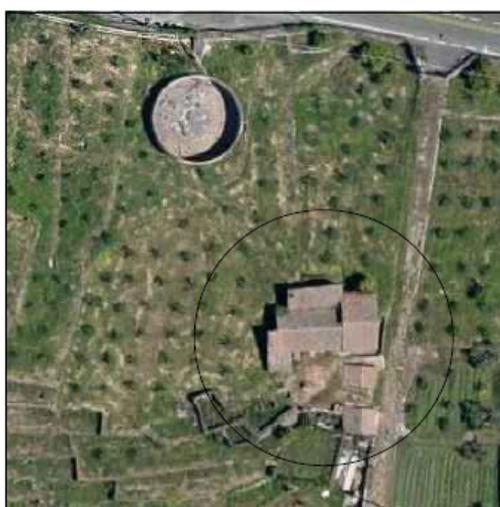




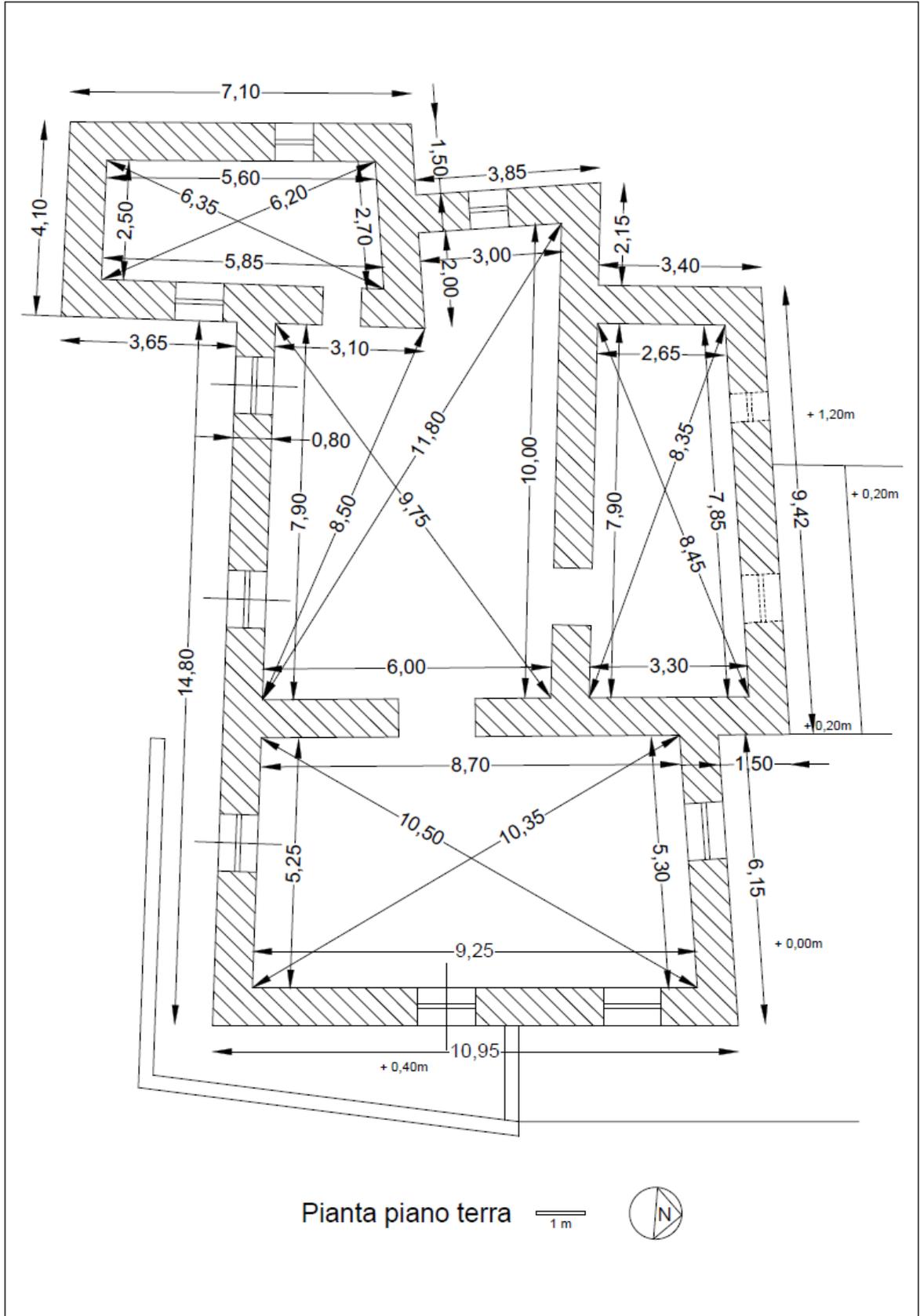


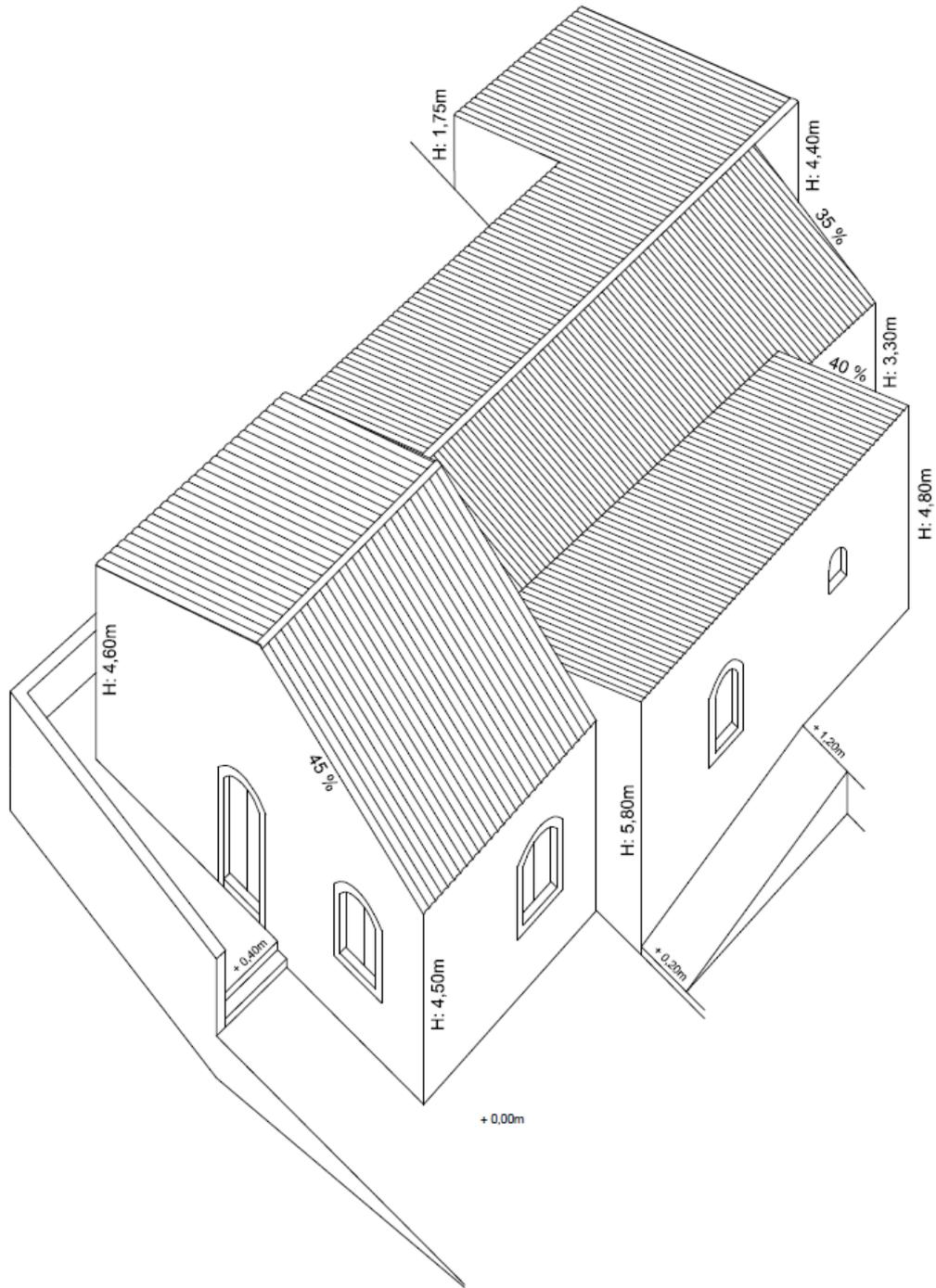
FB - 13 - Acicastello

UBICAZIONE: Via Acicastello
COORDINATE: Lat.37.557207° Long.15.131609°
TIPO EDILIZIO: Complesso produttivo
TECNICA COSTRUTTIVA: Murature realizzate con pietrame informe e malta di ghiara. Le coperture dei tre corpi di fabbrica sono realizzate con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Due fabbricati hanno tetti a due falde, l'altro ad unica falda. Le cornici dei vani di porte e finestre sono in mattoni di laterizio.





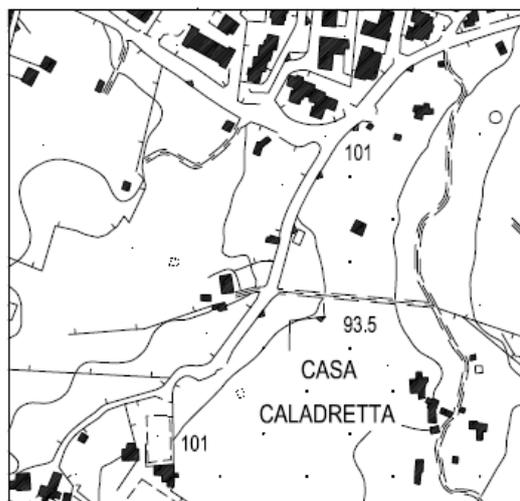


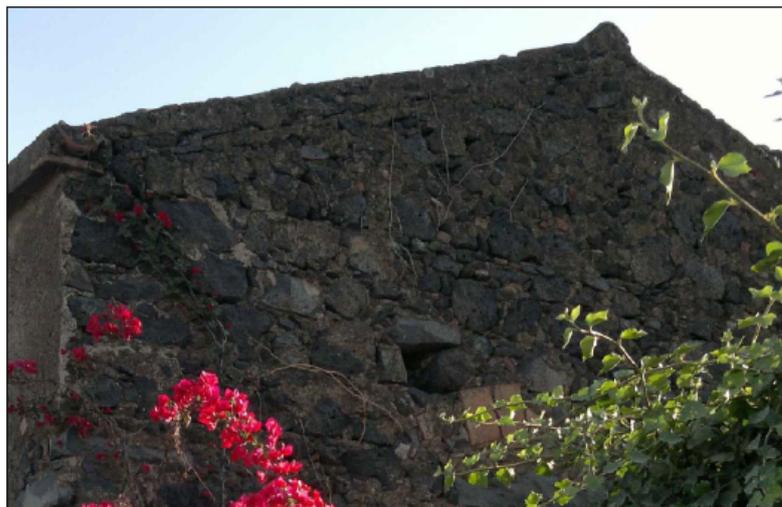


Assonometria nord-est 

FB - 14 - Acicastello

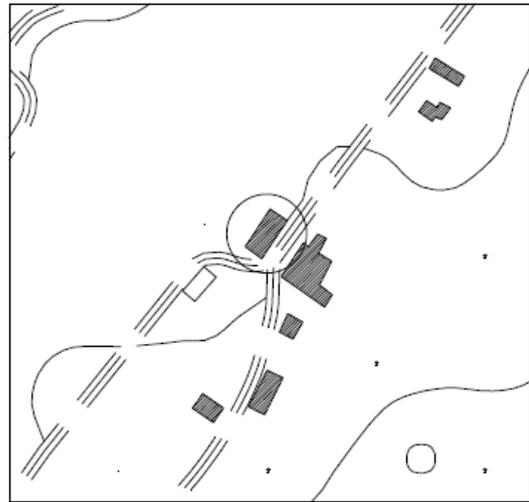
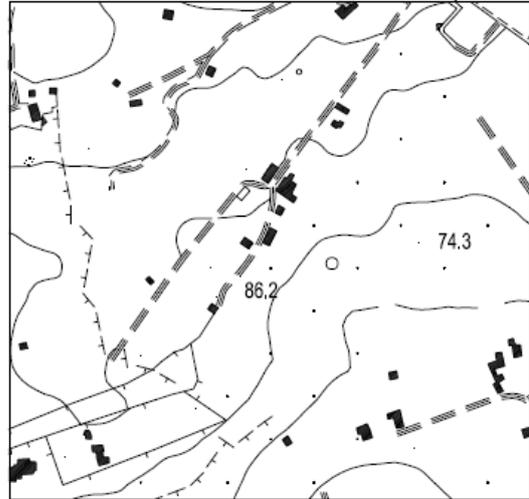
UBICAZIONE: Via Tommaso Fazello
COORDINATE: Lat.37.554983° Long.15.135515°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con pietrame informe e malta di ghiara, ad eccezione di quella prospiciente via Fazello realizzata con blocchi squadrate. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono in mattoni di laterizio rivestiti con malta.

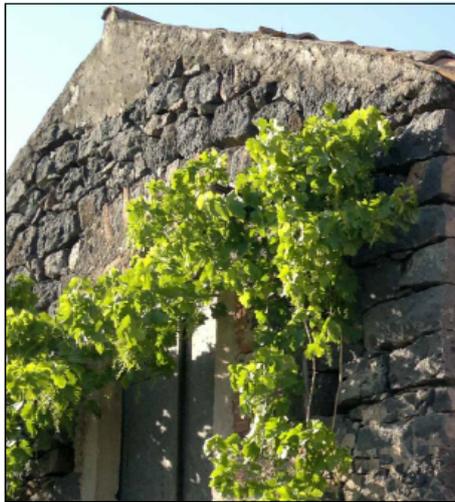


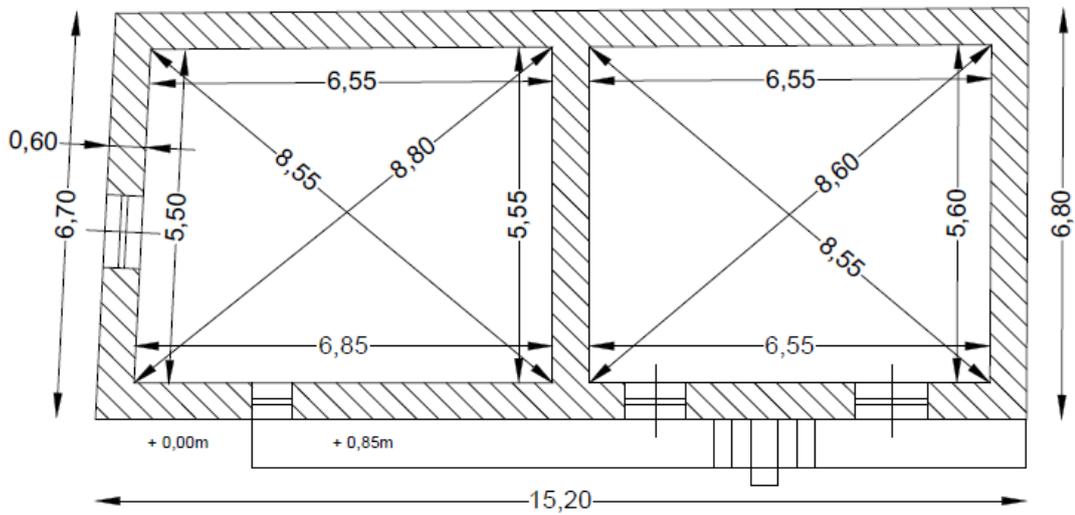


FB - 15 - Acicastello

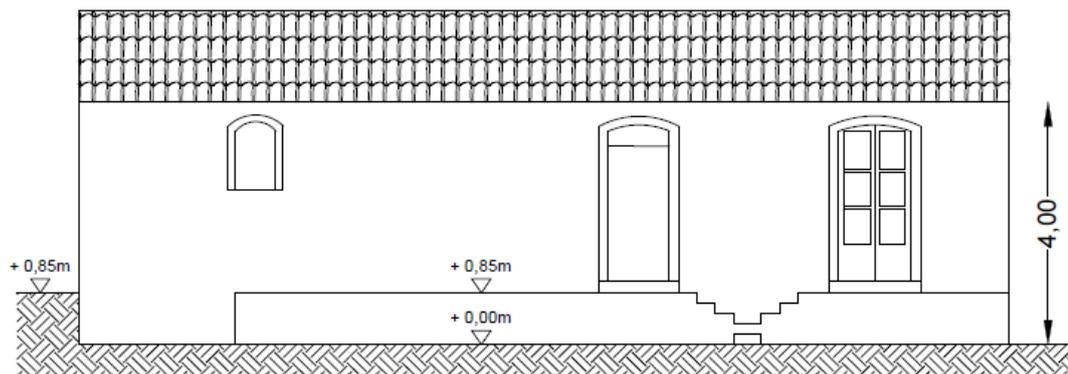
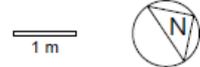
UBICAZIONE: Via Tommaso Fazello
COORDINATE: Lat.37.551687° Long.15.132217°
TIPO EDILIZIO: Deposito e civile abitazione
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con blocchi leggermente sbozzati e ricorsi orizzontali di malta. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana. Le cornici dei vani di porte e finestre sono in mattoni di laterizio, alcune di esse rivestite con malta.



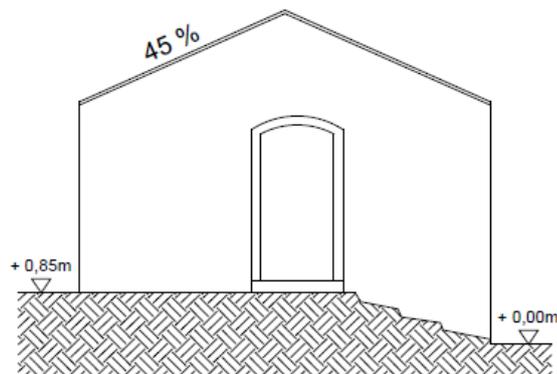




Pianta piano terra



Prospetto sud-est

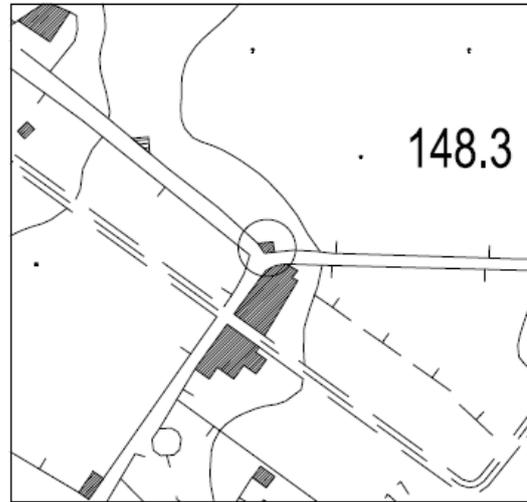
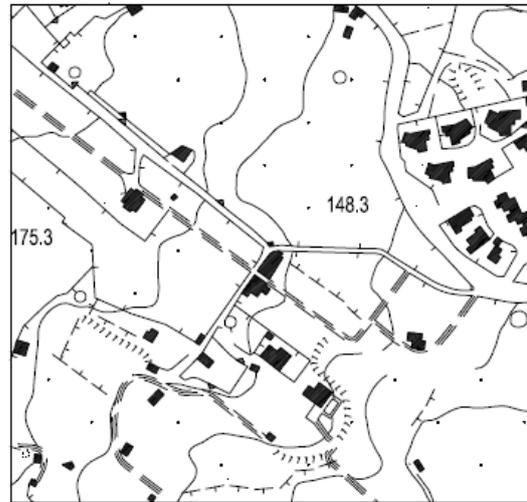


Prospetto sud-est



FB - 16 - Acicastello

UBICAZIONE: Via Nino Martoglio
COORDINATE: Lat.37.558066° Long.15.129084°
TIPO EDILIZIO: Deposito isolato - "Casedda"
TECNICA COSTRUTTIVA: Muratura realizzata con sovrapposizione di pietrame informe a secco. Tetto a due falde realizzato con struttura portante in legno e manto di copertura in coppi di laterizio alla siciliana.





6.0.0 Stato di conservazione dei fabbricati rurali tradizionali dell'area campione ed interventi di risanamento e per la sicurezza sismica

6.1.0 *Analisi dello stato di conservazione degli edifici rurali rilevati ed interventi di risanamento e miglioramento statico*

6.1.1 Tipi di degrado dei manufatti rurali rilevati

Nei manufatti edilizi rurali tradizionali, in linea generale, è possibile riscontrare due ordini di degrado: il primo è direttamente riconducibile alle caratteristiche dei materiali utilizzati, alle tecniche costruttive ed a tutte quelle operazioni effettuate durante la fase di realizzazione degli edifici, nell'osservanza o meno di quanto dettato dalla regola dell'arte. Il secondo ordine di degrado, invece, è relativo a quei fattori che agiscono sui manufatti nel corso della loro esistenza, siano essi legati a fenomeni di tipo naturale (ordinari e/o straordinari) o antropico.

Per la conservazione di un edificio gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, nonché quelli di adeguamento alle nuove tecniche di salvaguardia, rappresentano un fattore determinante, poiché, è evidente, che nessun manufatto può resistere nel tempo se abbandonato a se stesso.

Nell'analisi dei tipi di degrado di un edificio rurale è possibile procedere prendendo in esame i diversi elementi che lo compongono, raggruppabili in tre categorie principali: gli elementi strutturali verticali (le murature portanti), le strutture orizzontali (le coperture e/o eventuali solai), le cornici dei vani di porte e finestre.

Le murature portanti sono fundamentalmente soggette a fenomeni di degrado causati dall'azione degli agenti atmosferici ed in particolar modo dell'acqua. L'acqua, infatti, attraverso le precipitazioni atmosferiche tende ad insinuarsi, sia direttamente che indirettamente, all'interno degli apparati murari dei fabbricati. Il fenomeno si manifesta indirettamente attraverso la risalita capillare dell'acqua piovana presente nel terreno su cui posa l'edificio: l'acqua genera umidità prima alla base interrata della muratura e poi, risalendo all'interno di essa, sulla faccia delle pareti. Il fenomeno si sviluppa, invece, direttamente quando le

pareti sono colpite dall'azione combinata di acqua piovana sospinta dal vento: ciò avviene quando le facciate degli edifici, soprattutto per le murature tradizionali, realizzate con sovrapposizione di conci di pietra lavica, non presentano alcuna stuccatura dei giunti (a faccia vista) o la stessa si è col tempo totalmente sgretolata. In questo secondo caso, oltre all'infiltrazione diretta dell'acqua fra i conci in facciata si assiste al fenomeno dell'efflorescenza, ovvero, la formazione di una patina cristallina biancastra (la cristallizzazione dei sali solubili presenti nell'acqua) causata dalle variazioni termoigrometriche a cui è sottoposta la facciata.

Nelle murature degli edifici rilevati non si riscontrano segni evidenti di dissesto statico, cioè lesioni strutturali che possano causare lo sgretolamento o il crollo dell'apparato murario portante.

Le strutture orizzontali ed in particolare le coperture, rappresentano, negli edifici presi in esame, gli elementi strutturali maggiormente degradati e, quindi, quelli più soggetti a dissesto statico e conseguentemente a crollo.

La copertura di un edificio è costituita da una serie di elementi costruttivi la cui sola integrità complessiva garantisce lunga vita all'intero sistema strutturale. L'elemento costruttivo maggiormente esposto al degrado che può, di conseguenza, compromettere lo stato di conservazione degli altri elementi è il manto di copertura, a contatto con l'ambiente esterno e direttamente esposto agli agenti atmosferici. Il manto di copertura, negli edifici tradizionali rurali, è sempre costituito da coppi di laterizio e la tecnica di posa in opera dei singoli elementi si è mostrata, nel tempo, piuttosto efficace per la protezione dagli agenti atmosferici.

Nonostante, però, le dovute accortezze utilizzate nella progettazione ed esecuzione del sistema di copertura, come la corretta pendenza delle falde, la accurata scelta e realizzazione degli elementi strutturali di supporto del manto, l'adeguata collocazione e sovrapposizione delle tegole, l'uso di elementi per lo smaltimento delle acque, molti fattori esterni concorrono a rendere inefficace e precario l'intero sistema strutturale. L'azione di eventi atmosferici e sismici, la cattiva manutenzione e le tecniche costruttive impiegate all'epoca delle realizzazioni che, seppur eseguite nel rispetto della regola dell'arte, appaiono oggi insufficienti ed inadeguate a rispondere a criteri di sicurezza e salvaguardia,

complessivamente contribuiscono a degradare e danneggiare tutto il sistema di chiusura orizzontale.

L'azione del vento può svincolare i coppi dal loro incastro, modificarne la posizione e permettere all'acqua piovana di infiltrarsi al di sotto del manto; l'acqua a contatto con la struttura lignea di supporto ne provoca l'infradiciamento; gli elementi strutturali in legno perdono così le loro caratteristiche di resistenza; condizioni critiche di umidità negli elementi lignei favoriscono il proliferare di funghi che ne disgregano la struttura rendendola attaccabile da parte di insetti xilofagi.

Le aperture presenti nelle pareti murarie, necessarie per accedere all'interno dei fabbricati o per garantire ad essi condizioni sufficienti di illuminazione interna e/o aerazione, costituiscono elementi di vulnerabilità strutturale. Architravi, archi e spalle impiegati per conferire alle suddette aperture un grado di resistenza necessario a sopportare i carichi della muratura sovrastante, devono quindi essere realizzati in modo idoneo ed essere soggette, quando necessari, ad interventi di manutenzione. Nel caso di aperture ad architrave o piattabanda, quando il sistema di distribuzione dei carichi sovrastanti, e quindi delle tensioni interne, non funziona correttamente, a causa di sovraccarico, errato dimensionamento degli elementi strutturali o deterioramento degli stessi, si riscontrano delle lesioni presenti sugli elementi resistenti. Quando le aperture sono ad arco, invece, la mancanza di equilibrio strutturale si manifesta con la deformazione dell'arco, il cedimento della muratura di spalla e dei piedritti.

Oltre al potenziale dissesto statico, gli elementi dei vani di porte e finestre sopradetti vanno salvaguardati dal degrado causato dall'azione degli agenti atmosferici: il basalto lavico etneo, infatti, è soggetto al fenomeno dell'aumento di porosità causata dalle forti escursioni termiche a cui è sottoposto, all'abrasione superficiale dovuta all'azione del vento, al fenomeno dell'efflorescenza, e al deterioramento prodotto dall'attività di organismi di origine sia animale che vegetale.

6.1.2 Interventi di risanamento e miglioramento statico dei fabbricati

Gli interventi di possibile attuazione finalizzati al risanamento ed al miglioramento statico degli edifici rurali tradizionali dell'area etnea ed in particolare di quelli rilevati nell'area campione verranno di seguito elencati e riguarderanno gli elementi strutturali che li compongono.

Gli interventi proposti rappresentano una stretta selezione di tutti quelli indicati dalle normative antisismiche e dalle teorie della conservazione e del ripristino. Gli interventi sotto riportati, infatti, garantiscono da una parte il risanamento, la conservazione ed il miglioramento statico dei fabbricati tradizionali dell'area di studio, e dall'altra il rispetto delle tecniche costruttive tradizionali, dei materiali utilizzati ed il mantenimento del valore estetico dei fabbricati, così da preservare la valenza paesaggistica dell'area di studio.

Interventi sulle murature

Gli interventi di seguito elencati mirano a preservare, in primo luogo, il carattere monolitico di una muratura portante tradizionale, aspetto determinante affinché essa mantenga nel tempo un comportamento staticamente resistente, ed in secondo luogo, a rendere efficace il collegamento fra le pareti che costituiscono l'involucro dell'edificio, per evitare possibili ribaltamenti delle stesse sotto le azioni di forze sismiche.

Per il raggiungimento del primo obiettivo sarà necessario risanare, rafforzare e proteggere le murature o che versano in uno stato di conservazione non ottimale o che necessitano di interventi per migliorare il loro comportamento nel piano. Per l'ammorsamento delle pareti di spina di un fabbricato, invece, si proporranno interventi mirati a realizzare i vincoli bilaterali delle pareti contigue in grado di conferire alla struttura un comportamento scatolare.

- Risanamento superficiale

Quando l'apparato murario di un edificio si è ben conservato mantenendo nel tempo le sue caratteristiche di monoliticità e, quindi, di resistenza meccanica,

ed il suo degrado riguarda sostanzialmente lo sgretolamento della malta sulle facce esterne, cioè quella posta tra i conci visibili in facciata, allora è possibile effettuare sui paramenti di muratura un intervento di risanamento superficiale.

Il trattamento prevede la pulitura degli interstizi tra le pietre per mezzo di un getto d'acqua in pressione e la successiva sigillatura delle connessioni con malta e, nel caso di edifici intonacati, la stesura di un nuovo intonaco. Al fine di preservare la valenza estetica dei fabbricati è opportuno impiegare inerti per la composizione della malta e/o colori per l'intonaco di finitura uguali o il più possibili affini a quelli utilizzati in origine.

Questo intervento consente di ripristinare il contatto tra le pietre di facciata, quelle, peraltro, maggiormente sollecitate da forze di ribaltamento, e di proteggere il paramento dalle infiltrazioni d'acqua. La malta impiegata deve essere ben distribuita e pressata fra i giunti e come legante per la sua composizione si consiglia l'uso di calce che facilita la traspirazione del muro con conseguente fuoriuscita di umidità e conferisce alla malta adoperata le stesse caratteristiche meccaniche di quella esistente posta all'interno della muratura.

- Iniezioni con miscele consolidanti

Questo intervento risulta efficace quando in una muratura realizzata con pietrame informe legato con malta, quest'ultima, ha perso le sue caratteristiche di resistenza meccanica e si è col tempo degradata e sgretolata creando cavità all'interno della parete, conseguenza di fessurazioni visibili anche in facciata.

Iniettando miscele consolidanti, come malte cementizie o resine epossidiche (polimeri termoindurenti), all'interno della muratura, si riempiono le cavità presenti, si rafforza il legame tra i conci di pietra e, di conseguenza, si ripristinano e migliorano le caratteristiche meccaniche della muratura soprattutto per quanto riguarda la resistenza a compressione. Tale intervento non altera né la tecnologia costruttiva né l'aspetto estetico delle facciate dei fabbricati mantenendone, quindi, la valenza architettonica e paesaggistica.

I materiali da iniettare, come accennato, sono principalmente le malte cementizie e le resine epossidiche: le prime devono essere ottenute mediante un preciso dosaggio degli elementi che la compongono. Particolare attenzione deve essere posta sulla quantità di acqua miscelata (rapporto acqua/cemento compreso

tra 0,5 e 1,0) affinché questa possa garantire adeguata idratazione al legante ed, allo stesso tempo, buona fluidità al composto. Spesso si ricorre all'aggiunta di specifici additivi alla miscela in grado di ridurre gli effetti di viscosità e di ritiro, migliorarne le caratteristiche meccaniche e di connessione, ecc. Inoltre, è bene selezionare gli inerti, come argilla, sabbia, pozzolana, ecc, tenendo presente che la granulometria dei materiali dovrà essere compatibile con le fessure da riempire.

Le resine epossidiche, essendo miscele dotate di bassa viscosità, quindi poco resistenti allo scorrimento, vengono impiegate per riempire fessure notevolmente piccole. Le miscele di resine conferiscono alla muratura trattata, rispetto alle malte cementizie, maggiore monoliticità e, quindi, resistenza. Occorre, però, considerare che le resine epossidiche presentano alcune caratteristiche che ne limitano l'impiego, come, ad esempio, la perdita di resistenza se in prossimità di fonti di calore, l'elevata deformazione soprattutto per spessori iniettati di modesta entità, l'esalazione di vapori infiammabili e nocivi per la salute durante le applicazioni, e per ultimo, ma non di poco conto, l'elevato costo del prodotto e della manodopera.

L'esecuzione dell'intervento prevede, in primo luogo, la preparazione della superficie su cui si dovranno effettuare i fori dentro i quali iniettare le miscele: rimozione di eventuale intonaco, pulizia della parete, sigillatura delle fessure superficiali e stuccatura dei giunti (queste due ultime operazioni garantiscono la non fuoriuscita della miscela durante la fase di iniezione). Si procede con la realizzazione dei fori utilizzando mezzi meccanici a rotazione e non a percussione, onde evitare di danneggiare ulteriormente l'apparato murario. Dalle caratteristiche della muratura dipenderà la scelta del diametro dei fori, del loro interasse e della loro profondità: il diametro può variare tra i 20 ed i 40 mm, l'interasse tra i fori, compreso tra i 25 ed i 50 cm, è direttamente proporzionale alla compattezza della muratura, le perforazioni è bene che interessino almeno i due terzi dello spessore murario, e si consiglia, per spessori superiori agli 80 cm, di eseguirli su entrambe le facciate. Successivamente verranno eseguiti dei lavaggi con acqua, canalizzata all'interno della muratura, al fine di eliminare o ridurre l'accumulo di malta col tempo sgretolata ed anche per individuare eventuali fessurazioni sfuggite alla precedente fase di sigillatura. A lavaggio completato si può procedere alla fase di iniezione effettuata per mezzo di tubi specifici, di diametro di circa 20 mm, da

inserire per una decina di centimetri nei fori effettuati. L'operazione di iniezione può essere effettuata con tre diverse tecniche: per gravità, a pressione ed a depressione. La prima modalità, effettuabile su murature particolarmente dissestate, che presentano fessure di ampio spessore, consiste nell'iniettare la miscela dai fori, effettuati precedentemente nella parte superiore della muratura, affinché questa, per gravità, penetri tra i vari conci di pietra, andando a riempire gli spazi vuoti determinati dai dissesti. La seconda modalità consiste nell'utilizzare iniettori collegati ad una pompa idraulica che genera aria compressa, espandendo la miscela in tutte le cavità presenti all'interno della muratura: nell'utilizzare questa tecnica si deve far attenzione alla pressione di esercizio impiegata che deve essere sufficientemente alta per garantire un'adeguata penetrazione della miscela, ma non troppo per evitare la formazione di bolle d'aria. Si consiglia di iniettare la miscela partendo dal basso ed intervenendo su zone fra loro simmetriche, dall'esterno verso l'interno. La terza modalità, utilizzabile con l'impiego di miscele ad elevata fluidità e soprattutto con resine, consiste nel sigillare preventivamente con malta a presa rapida le fessure presenti sulla superficie della muratura, per poi inserire, all'interno di essa, file di iniettori soltanto sulle parti superiori ed inferiori: l'azione combinata dei due sistemi di iniezione genera, all'interno della muratura, fenomeni di depressione che agevolano la penetrazione della miscela.

- Inserimento di diatoni artificiali

Con il termine diatono si intende un elemento strutturale passante, impiegato all'interno delle murature tradizionali, avente la funzione di garantire la monoliticità trasversale della stessa. Si tratta di elementi rigidi, come ad esempio blocchi di pietra, posti lungo la sezione muraria, da un paramento all'altro, distribuiti uniformemente e ad intervalli regolari.

La presenza dei diatoni dovrebbe essere garantita in una muratura tradizionale realizzata secondo la regola dell'arte. Tale accorgimento, però, si rileva soprattutto in chiusure verticali realizzate mediante sovrapposizione di blocchi più o meno squadrati, in sezioni murarie costituite da due o tre cortine. Nelle murature realizzate con pietrame informe, invece, l'inserimento dei diatoni, se effettuato, non seguiva regole ben precise sia per numero degli elementi presenti che per tipo di distribuzione.

Negli interventi di consolidamento delle chiusure verticali tradizionali, soprattutto per quelle costituite da blocchi informi fra loro sovrapposti, si prescrive, quindi, l'inserimento di diatoni artificiali di forma cilindrica in calcestruzzo armato.

La tecnica di esecuzione dei diatoni prevede quattro fasi distinte: la foratura della parete, l'inserimento dell'armatura, la sigillatura e l'iniezione.

In primo luogo, quindi, individuati i punti dove dovranno posizionarsi i diatoni artificiali, si procede alla realizzazione dei fori nella muratura per mezzo di una sonda a rotazione, opportunamente fissata alla struttura muraria e ben calibrata per carotature orizzontali. I fori devono avere un diametro di circa 15 cm e la velocità di rotazione della sonda dipende dalla qualità dell'apparato murario. Effettuati i fori, all'interno di essi vengono inseriti dei distanziatori che permetteranno un corretto posizionamento dell'armatura metallica costituita da tondini (Φ 8 mm) ed una staffatura a spirale (Φ 5 mm). L'utilizzo dell'armatura conferirà al diatono una buona resistenza a trazione. Dopo il posizionamento dell'armatura si dovranno tappare e sigillare le estremità dei fori per evitare la fuoriuscita della miscela durante la fase di iniezione (oltre al foro di inserimento del tubo di emissione è bene lasciare sulla facciata direttamente interessata dalle operazione di iniezione, altri due fori, per permettere all'aria, generata dal pompaggio della miscela, di essere espulsa).

La fase conclusiva dell'intervento riguarda il riempimento dei fori armati con malta a media densità, effettuato utilizzando iniettori che operano a bassa pressione (quella necessaria a garantire una buona aderenza del diatono con le pareti circostanti). Una volta completato il riempimento, al fine di salvaguardare la valenza estetica delle facciate, è possibile reimpiegare le parti esterne della carota precedentemente estratta, per risanare le parti superficiali della parete.

La presenza di diatoni artificiali così fatti, oltre a rendere più omogenea la distribuzione dei carichi verticali che gravano sulla muratura, conferiscono all'apparato murario maggiore resistenza alle forze sismiche orizzontali inibendo lo scorrimento dei vari elementi interni che lo compongono.

- Risarcitura e "Scuci e cucì"

Questi interventi vengono effettuati quando nella muratura sono presenti delle lesioni. Quando le lesioni interessano soltanto la superficie laterale della

struttura muraria si interviene con la tecnica della risarcitura: si esegue la stuccatura della fessura ed ai suoi lati, all'interno della muratura, si realizzano dei fori che vengono successivamente riempiti con iniezioni di malta. Quando, invece, si è in presenza di lesioni passanti, che interessano tutto lo spessore murario, allora si adopera la tecnica chiamata "scuci e cucì": la parte di muratura che si trova in prossimità della lesione (circa 50 cm da essa), viene smontata e ricostituita. Si consiglia di utilizzare materiale simile a quello originario se non, quando possibile, quello stesso rimosso e di assicurarsi che la nuova parete sia ben ammorsata con quella esistente. Prima di ricucire la nuova parte di muratura si consiglia di raschiare e lavare le pareti del vano ottenuto dopo la demolizione.

- Paretine armate (intonaci armati)

Si ricorre a questo intervento di consolidamento quando la muratura versa in condizioni di dissesto tali da rendere difficile ed economicamente svantaggioso operare secondo le tecniche del risarcimento o del "cucì e scucì". La realizzazione di paretine armate, da un punto di vista strutturale, migliora la resistenza a trazione dell'apparato murario, ma, di contro, in un edificio a faccia vista, ne compromette definitivamente la sua valenza estetica.

L'intervento di cui trattasi prevede diverse tecniche di esecuzione: costruzione di pareti in calcestruzzo armato, realizzazione di lastre sottili in calcestruzzo con interposta rete elettrosaldata o applicazione di intonaco di malta cementizia armato, sempre, con rete elettrosaldata.

Per l'edificazione di una parete armata occorre, innanzitutto, preparare la superficie della muratura esistente sulla quale verrà appoggiata quella nuova (questo intervento può essere effettuato anche soltanto sulla parete interna della muratura onde renderlo, quindi, non visibile dall'esterno): rimozione dell'intonaco, spazzolatura e lavaggio con getto d'acqua o aria a bassa pressione. Successivamente si perfora la parete per alloggiare i ferri orizzontali che serviranno da collegamento tra la muratura esistente e quella di consolidamento (almeno due tiranti per metro quadrato). Si posiziona, quindi, l'armatura verticale, o la rete elettrosaldata (maglia con passo da 10 o 15 cm e diametro dei ferri da 5 a 8 mm), ad una distanza dal paramento di circa 2 cm, risvoltandola di almeno 50 cm in corrispondenza di muri ortogonali e di quanto possibile su vani di porte e

finestre. Una volta posizionata l'armatura i tiranti vengono su di essa curvati con inclinazione di 90°. Infine si procede alla posa in opera della miscela legante che può avvenire con getto diretto all'interno della casseratura precedentemente predisposta (per pareti di spessore compreso tra i 5 ed i 15 cm), con spruzzo a pressione del calcestruzzo (per pareti di spessore compreso tra i 3 ed i 5 cm) o per serie di spruzzate di una speciale malta proiettata a pressione, attraverso un ugello, direttamente sull'armatura fino al raggiungimento dello spessore desiderato (per spessori inferiori ai 3 cm).

- Iniezioni armate (con funzione di cucitura)

Si ricorre a questo intervento quando la muratura tradizionale necessita di opere atte a migliorarne le caratteristiche di resistenza, non solo a compressione (obiettivo raggiungibile con le iniezioni di miscele consolidanti), ma anche a trazione, flessione e taglio. Le iniezioni armate vengono anche utilizzate per garantire l'ammorsamento dei muri ortogonali, il rinforzo delle zone d'angolo ed, in generale, la cucitura di parti lesionate.

Le fasi iniziali dell'intervento, relative alla preparazione della superficie e la realizzazione dei fori, avvengono con le stesse modalità descritte per l'esecuzione delle iniezioni con miscele consolidanti.

I fori effettuati all'interno della muratura, di adeguato numero e diffusa distribuzione (un foro ogni 40/60 cm circa, sia orizzontalmente che verticalmente, ma sfalsati fra loro), avranno, per questo tipo di intervento, inclinazione e direzione variabile rispetto alla sezione orizzontale del muro: è bene, infatti, che le armature, ad opera compiuta, siano disposte, in sequenza, con inclinazione alternata di 45°, cioè perpendicolari fra loro, per meglio opporsi alle diverse direzioni con cui le forze sismiche agiscono (perpendicolarmente e parallelamente al paramento murario). Prima della posa in opera dell'armatura, costituita da barre (o trefoli) di acciaio ad aderenza migliorata di diametro variabile da 12 a 16 mm, i fori effettuati vengono puliti mediante un getto di aria a pressione per permettere alla malta, che verrà di seguito iniettata, di aderire perfettamente alla muratura esistente. Il getto di malta (impasto quasi liquido di cemento ed acqua detta boiaccia) avviene per mezzo di un tubo di iniezione a bassa pressione (circa 2 atm). A conclusione

dell'intervento si riempie la parte superficiale del foro con pezzi di laterizio e malta cementizia.

- Posizionamento di tirantature metalliche

Le tirantature metalliche, dette anche catene, vengono generalmente impiegate in un sistema strutturale per ridurre o eliminare le spinte orizzontali esercitate da elementi spingenti come archi, volte e puntoni. All'impiego di tiranti si ricorre, altresì, negli interventi di consolidamento di fabbricati tradizionali per garantire un efficace ammorsamento delle pareti in muratura fra loro ortogonali, quindi per evitare che le stesse si ribaltino fuori dal piano sotto l'azione di forze sismiche, o per rafforzare i vincoli tra sistema di copertura e pareti perimetrali.

Le catene, realizzate in trefoli, barre o profilati in acciaio, vengono disposte lungo le direzioni principali del fabbricato da consolidare, ancorate alle murature per mezzo di capichiave e messe in tensione. Quando possibile, si consiglia di posizionare i tiranti lungo la faccia o le facce della muratura (se parete esterna o parete di spina interna) e non al suo interno: qualora si dovesse procedere nel secondo dei casi è bene inserire le catene all'interno di guaine e successivamente collocarle dentro la parete portante, onde permettere interventi di ritesatura ed evitare eventuali tensioni interne.

Le catene devono essere opportunamente dimensionate tenendo presente soprattutto la resistenza a trazione del materiale impiegato e, comunque, in linea generale, la loro sezione non deve essere inferiore a 16 mm di diametro e la loro lunghezza non superiore a 20 m.

Anche il numero e il posizionamento dei tiranti deve essere stabilito con criterio: è consigliabile, infatti, che siano collocati, in edifici a più livelli, in corrispondenza degli orizzontamenti, o, in edifici ad unica elevazione fuori terra, ad intervalli necessari (ogni 4-5 m circa) a ridurre eccessive altezze degli elementi strutturali verticali. La distribuzione in pianta è bene sia effettuata in modo simmetrico per evitare conseguenti effetti torsionali sulla struttura.

I capichiave utilizzati, da dimensionare a flessione, sono essenzialmente di due tipi: a paletto (detto bolzone) o a piastra nervata. I bolzoni hanno dimensioni maggiori (80-120 cm di lunghezza) e quindi interessano una porzione più grande di muratura, mentre i capichiave a piastra, costituiti da elementi di piccola

dimensione (lato o diametro di 30-50 cm), sono indicati particolarmente per murature di scarsa qualità, questo in quanto è maggiore la superficie a contatto con la muratura esistente. Il capochiave a paletto deve essere disposto con inclinazione di circa 45° rispetto al piano orizzontale in modo da scaricare il tiro a cui lo stesso è sottoposto sugli elementi deputati al contrasto, come muri trasversali e solai e non sulla parete che si intende sostenere. Considerata la forte sollecitazione a trazione a cui sono sottoposte le catene e la conseguente spinta trasmessa dai capichiave (tensioni di contatto e di punzonamento) sulla muratura, è consigliabile ricorrere ad interventi localizzati di rafforzamento della stessa nella zona di ancoraggio, in quanto particolarmente soggetta ad azioni concentrate ortogonali al suo piano.

I capichiave possono essere prefabbricati o realizzati in opera: nel primo caso, paletti o piastre di tipo metalliche sono vincolati alla catena tramite bulloni o cunei. La piastra può essere appoggiata sulla faccia della muratura (previa localizzazione di un valido piano di allettamento con malta di elevate proprietà meccaniche ed anti ritiro) oppure inglobata in essa, per il suo spessore, e successivamente ricoperta da uno strato di intonaco; nel secondo caso l'ancoraggio viene realizzato con un getto di calcestruzzo su una rete elettrosaldata posizionata all'interno di una nicchia, di almeno 15 cm, preventivamente scavata nel muro e successivamente ricoperta da intonaco.

La messa in tensione dei tiranti, eseguibile soltanto dopo che il letto di malta interposto tra muratura e piastra si sia perfettamente indurito, va effettuata agendo sui dadi di estremità con chiavi dinamometriche (a serraggio controllato) nel caso di tondini e con martinetti idraulici nel caso di trefoli.

La tesatura delle catene può essere ottenuta con due diversi procedimenti: allungamento a caldo o a freddo. Per l'allungamento a caldo, dopo aver posta in opera la catena, si forza leggermente il cuneo contro il capochiave e si riscalda la catena nel tratto centrale finché il cuneo si allenta. Raggiunto l'allungamento voluto il cuneo viene nuovamente forzato ed in seguito alla contrazione dovuta al raffreddamento il tirante raggiungerà lo stato tensionale di progetto. L'allungamento a freddo si esegue con catene munite di dispositivi di serraggio, estremi o intermedi, e si ottiene avvitando progressivamente il dado terminale delle catene, che contrasta col capochiave, oppure il manicotto intermedio.

Utilizzando una chiave dinamometrica è possibile calibrare e conoscere con sufficiente precisione l'effettiva tensione presente nel tirante al termine dell'operazione.

Interventi sulle coperture

- Cordoli di coronamento

Si ricorre alla realizzazione di cordoli sulla parte sommitale della muratura sia per creare un collegamento fra le pareti perimetrali portanti di un fabbricato che per rendere migliore la connessione tra queste ed il sistema di copertura. L'estremità delle murature, d'altronde, rappresenta un punto debole dell'intero sistema strutturale in quanto è minore la compattezza dell'apparato murario man mano che aumenta l'elevazione fuori terra (le forze di compressione a cui è soggetta una parete, schiacciata dal proprio peso, sono maggiori tanto più è cospicuo il volume di muratura che la sovrasta).

I cordoli possono essere realizzati con una muratura in mattoni pieni di spessore pari a quella sottostante. All'interno del cordolo murario, in un vano precedentemente predisposto, viene alloggiata un'armatura metallica e successivamente si versa del conglomerato cementizio per rendere gli elementi fra loro solidali. Il collegamento tra cordolo e muratura sottostante, che può all'occorrenza essere antecedentemente consolidata, è assicurato dall'aderenza, dall'ingranamento e dall'attrito.

In alternativa alla muratura armata i cordoli possono essere realizzati in acciaio, utilizzando travature reticolari collegate alla sommità delle pareti portanti per mezzo di perforazioni armate, oppure impiegando profili metallici ad elle o piatti posti poco al di sotto dell'estremità muraria e collegati fra loro con barre passanti. Anche in questo caso il cordolo viene ancorato alla muratura attraverso perforazioni armate.

Si ricorre, infine, alla realizzazione di cordoli in calcestruzzo armato per intervenire su edifici con altezze contenute al fine di non sovraccaricare eccessivamente la struttura muraria (sotto l'azione di spinte orizzontali, il peso elevato dei cordoli e della copertura ad essi appoggiata genera eccessive

sollecitazioni tangenziali tra il cordolo stesso e la muratura sottostante, con conseguenti fenomeni di scorrimento della copertura verso l'esterno, sulla testa delle murature).

In fase esecutiva lungo tutta la sommità perimetrale della muratura viene predisposto un piano di posa su cui verrà posto il cordolo in c.a.. Il cordolo, di larghezza pari allo spessore murario ed altezza di circa 25 cm, sarà ancorato alla muratura sottostante per mezzo di barre metalliche collocate all'interno di perforazioni verticali, profonde circa 100 cm, precedentemente eseguite nella muratura.

I cordoli in c.a. oltre a garantire un solido appoggio agli elementi strutturali della copertura collegano efficacemente tra loro tutte le pareti dell'edificio.

E' sempre opportuno verificare le condizioni dell'apparato murario in sommità ed eseguire eventuali interventi di consolidamento sullo stesso affinché presenti caratteristiche di rigidità e monoliticità tali da sopportare il peso del cordolo soprastante ed assicurare ancoraggi efficaci.

- Irrigidimento e controventatura del sistema di copertura

Fra gli interventi possibili di irrigidimento e controventatura delle falde di un tetto se ne descrivono, di seguito, alcuni che garantiscono un risultato efficace tanto quanto la velocità e la facilità di esecuzione.

Il primo di questi consiste nel sostituire gli elementi di supporto del manto di copertura esistente, ormai degradati, con un nuovo tavolato di legno.

L'intervento prevede la rimozione del manto di copertura e la sottostante struttura di sostegno. Si procede con la posa in opera di un nuovo tavolato ligneo (di abete o larice), dello spessore variabile tra 2,5 e 4 cm, a seconda dell'interasse della struttura sottostante a cui verrà vincolato tramite chiodatura, posizionandolo in direzione ortogonale alle falde del tetto, partendo dalla linea di gronda fino a quella di colmo. Il manto di copertura (se in buone condizioni può essere reimpiegato quello originario) può così essere posto in opera previo eventuale inserimento di sistemi di isolamento ed impermeabilizzazione.

Altro intervento di irrigidimento delle falde di copertura consiste nell'applicare dei tiranti metallici disposti in doppia diagonale tra i travicelli.

I tiranti costituiti da piatti in acciaio sono ancorati al centro delle due diagonali tramite una piastra di collegamento e sono vincolati all'estremità dei travetti per mezzo di una staffa metallica che blocca le catene passanti per la testa degli elementi strutturali lignei.

Con tale operazione di controventatura delle falde, la struttura di copertura assume un comportamento di tipo reticolare in grado di opporsi alle oscillazioni della trave di colmo o degli arcarecci, sotto l'azione di forze orizzontali, evitando, così, danneggiamenti ai muri di timpano.

Infine, è consigliabile effettuare degli interventi mirati al consolidamento dei vincoli, ed in particolare quello dei travicelli con la trave di colmo al fine di evitare possibili scorrimenti delle strutture secondarie e di conseguenza la caduta degli elementi costituenti il manto di copertura.

Il vincolo fra travetti e trave di colmo può essere effettuato tramite una piastrina metallica che passa sotto la trave principale per poi avvolgersi sulle tre facce di quelli secondari. I travetti vengono preliminarmente fissati fra loro con un'altra piastra metallica flessibile fissata sugli estradossi degli stessi. Tutti i fissaggi tra gli elementi metallici e quelli lignei avvengono mediante chiodatura.

6.1.3 Schede tecniche di rappresentazione

RISANAMENTO SUPERFICIALE

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Il risanamento superficiale viene effettuato su quegli edifici il cui degrado riguarda sostanzialmente lo sgretolamento della malta posta tra i conci di facciata.

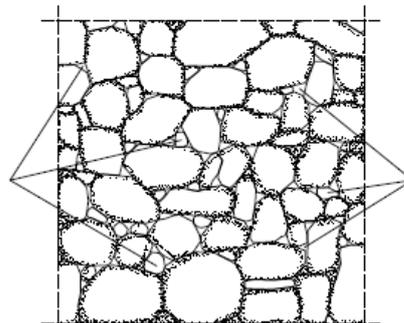
Il trattamento prevede la pulitura degli interstizi tra le pietre per mezzo di un getto di acqua in pressione e la successiva sigillatura delle commesure con malta di calce che facilita la traspirazione del muro.

Questo intervento consente di ripristinare il contatto tra le pietre di facciata, quelle, peraltro, maggiormente sollecitate da forze di ribaltamento e di proteggere il paramento dalle infiltrazioni d'acqua.



Fabbricato - 16 - Acicastello

Assenza di malta nelle commesure degli elementi lapidei in facciata



Prospetto - Stato di fatto

Assenza di malta nelle commesure degli elementi lapidei in facciata

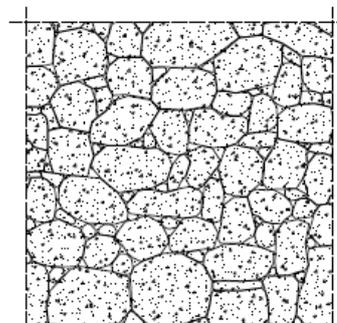


Sezione - Stato di fatto

Faccia interna

Assenza di malta nelle commesure degli elementi lapidei in facciata

Risanamento superficiale ed eventuale stesura di nuovo intonaco



Prospetto - Intervento

Risanamento superficiale attraverso l'impiego di malta di calce distribuita e pressata fra i giunti



Sezione - Intervento

Faccia esterna

Faccia interna

Risanamento superficiale e stesura di nuovo intonaco

INEZIONI CON MISCELE CONSOLIDANTI

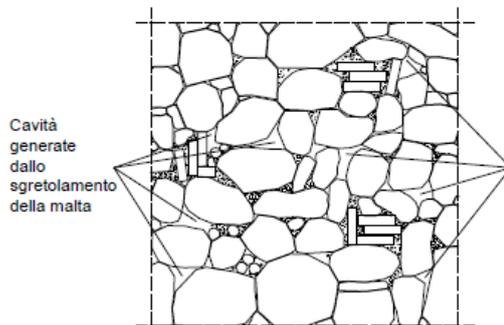
FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Questo intervento risulta efficace quando in una muratura costituita da pietrame informe legato con malta, quest'ultima ha perso le sue caratteristiche di resistenza meccanica e si è col tempo degradata e sgretolata creando cavità all'interno della parete.

Iniettando miscele consolidanti all'interno della muratura si riempiono le cavità presenti, si rafforza il legame tra i conci e si ripristinano e migliorano le sue caratteristiche meccaniche. L'intervento prevede la pulitura delle pareti, la sigillatura delle fessure superficiali e la stuccatura dei giunti. Successivamente si eseguono i fori, il lavaggio con acqua canalizzata all'interno della muratura ed infine l'iniezione della miscela consolidante.

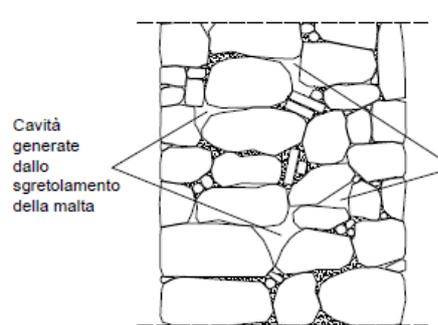


Fabbricato - 07 - Acicastello



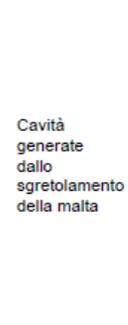
Cavità generate dallo sgretolamento della malta

Prospetto - Stato di fatto

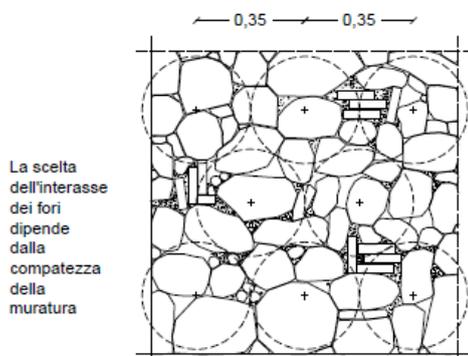


Cavità generate dallo sgretolamento della malta

Sezione - Stato di fatto

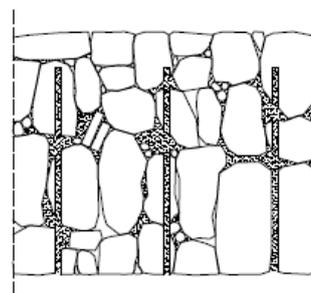


Cavità generate dallo sgretolamento della malta



La scelta dell'interasse dei fori dipende dalla compattezza della muratura

Prospetto - Progetto



Riempimento delle cavità interne attraverso l'iniezione di miscele consolidanti

Sezione - Progetto

INSERIMENTO DI DIATONI ARTIFICIALI

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

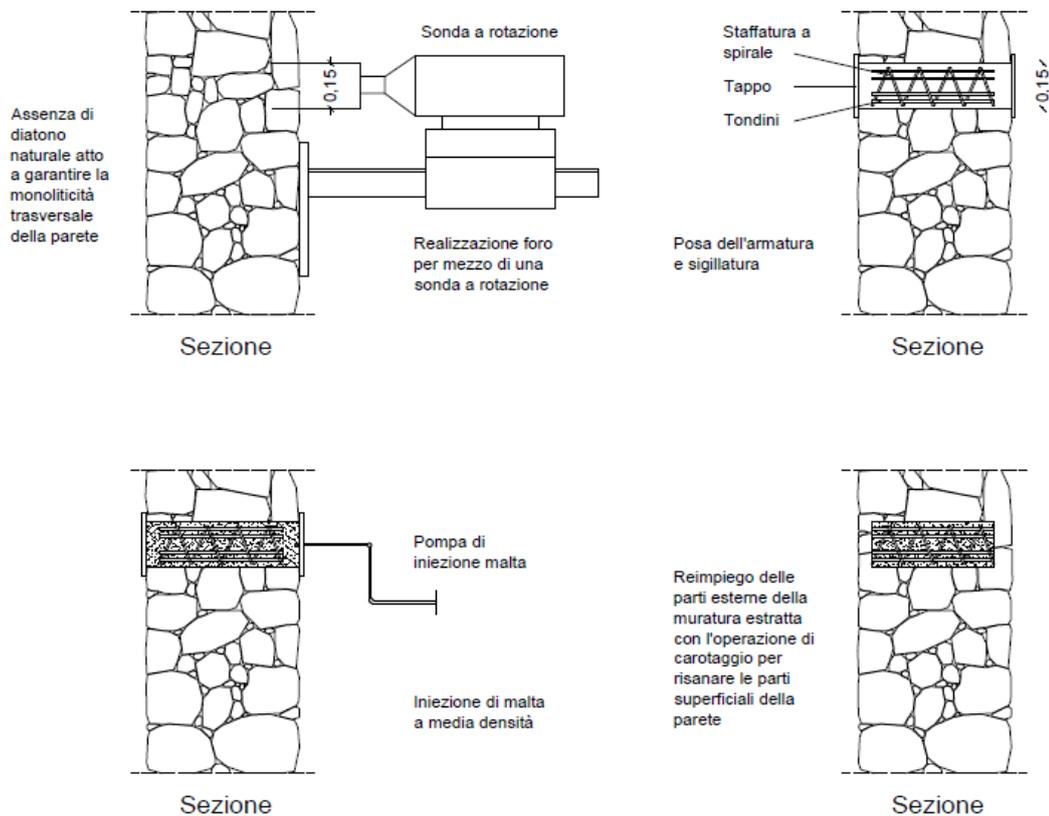
L'inserimento di diatoni artificiali, posti lungo la sezione muraria, da un paramento all'altro, distribuiti uniformemente e ad intervalli regolari, garantisce alla muratura tradizionale monoliticità trasversale.

Questo intervento risulta efficace in murature realizzate con sovrapposizione di pietrame informe a secco in cui l'impiego di diatoni naturali non era dettato da regole ben precise sia per numero di elementi da inserire che per tipo di distribuzione degli stessi.

La tecnica di esecuzione dei diatoni prevede quattro fasi distinte: la foratura della parete, l'inserimento dell'armatura che conferirà al diatono resistenza a trazione, la sigillatura e l'iniezione di malta a media densità.



Fabbricato - 04 - Acicastello



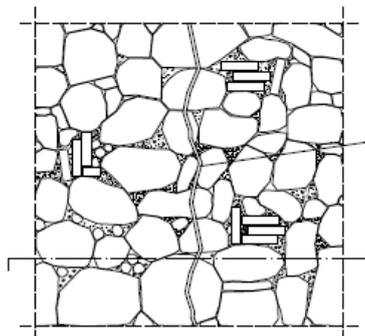
SCUCI E CUCI

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Questo intervento viene eseguito quando la muratura di un edificio risulta interessata da lesioni passanti, ovvero da fessurazioni che attraversano l'intero spessore murario. La parte di muratura che si trova in prossimità della lesione viene smontata e ricostruita. Quando non è possibile realizzare la nuova parete impiegando il materiale originario, parte di esso può essere utilizzato come rivestimento esterno per preservare la valenza estetica del manufatto. Prima di edificare il nuovo paramento si consiglia di raschiare e lavare le pareti del vano ottenuto dopo la demolizione. La nuova parete deve essere ben ammorsata con quella esistente.

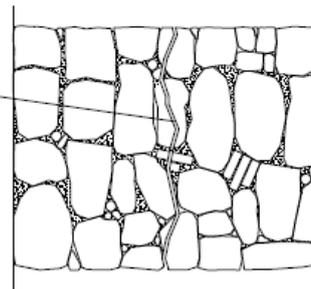


Fabbricato - 03 - Acicastello

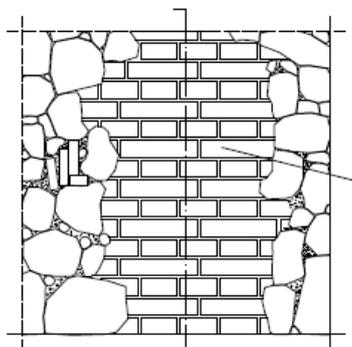


Prospetto - Stato di fatto

Lesione
passante

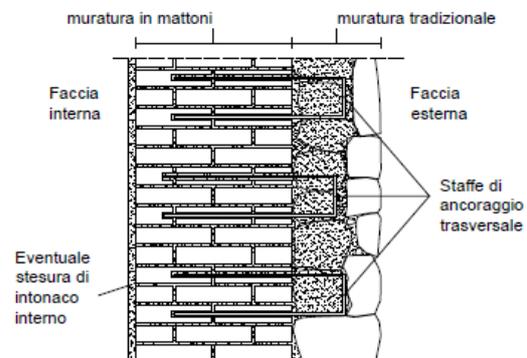


Sezione - Stato di fatto



Prospetto - Intervento

Ricostruzione
della parete in
mattoni di
laterizio
previo
smontaggio di
quella
originaria
presente in
prossimità
della lesione



Sezione - Intervento

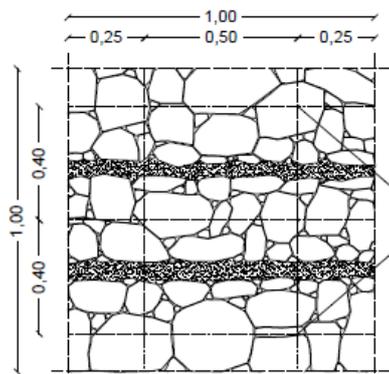
PARETINE ARMATE

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione di paretine armate viene effettuata per migliorare la resistenza a trazione dell'apparato murario. E' un intervento da effettuare su murature con elevato grado di dissesto quando operare con altre tecniche di consolidamento risulterebbe complesso ed economicamente svantaggioso. Per l'edificazione di una parete armata si devono compiere sull'apparato murario esistente le seguenti operazioni: spazzolatura e lavaggio con getto d'acqua o aria a bassa pressione, esecuzione dei fori e successivo alloggiamento dei ferri orizzontali di collegamento alla nuova parete armata, posizionamento della rete metallica, posa in opera della miscela legante.



Fabbricato - 06 - Acicastello



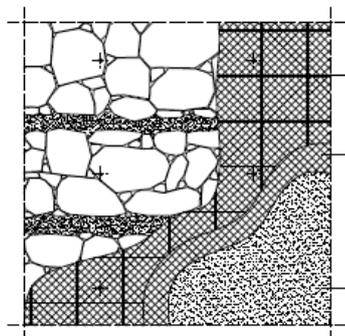
Prospetto - Intervento

Realizzazione dei fori per l'inserimento dei ferri orizzontali di ancoraggio della paretina armata alla muratura tradizionale

Intervento di realizzazione, sulla faccia interna delle murature perimetrali del fabbricato, di paretine in calcestruzzo con interposta rete elettrosaldata.

Operando sulla parte interna delle murature si preserva la valenza estetica del manufatto tradizionale.

Ferri orizzontali per garantire il collegamento della muratura esistente con quella di consolidamento



Prospetto - Intervento

Rete elettrosaldata ø 8 passo 15 cm

Parete in c. a. spessore 4 cm

Intonaco tradizionale

Faccia interna

Faccia esterna

Sezione - Intervento

INIEZIONI ARMATE

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Si ricorre a questo intervento per conferire alle murature tradizionali maggiore resistenza a compressione, trazione, flessione e taglio ed anche per garantire l'ammorsamento dei muri fra loro ortogonali, rinforzare le zone d'angolo e cucire parti lesionate.

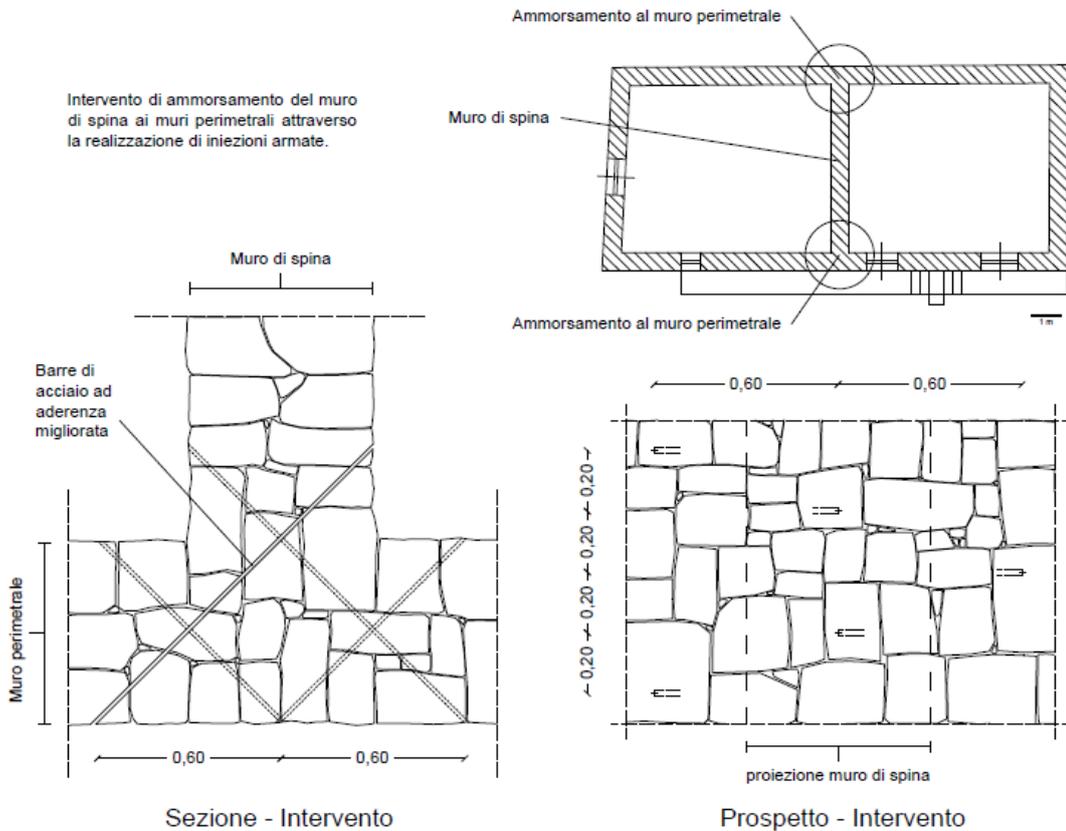
Le fasi iniziali relative alla preparazione delle superfici delle pareti e la realizzazione dei fori sono quelle già descritte per l'esecuzione delle iniezioni con miscele consolidanti.

I fori effettuati, distribuiti sia orizzontalmente che verticalmente, avranno direzione variabile all'interno della muratura affinché le armature, ad opera compiuta, saranno fra loro ortogonali. L'armatura impiegata sarà costituita da barre di acciaio ad aderenza migliorata.



Fabbricato - 15 - Acicastello

Intervento di ammassamento del muro di spina ai muri perimetrali attraverso la realizzazione di iniezioni armate.



POSIZIONAMENTO DI TIRANTATURE METALLICHE

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

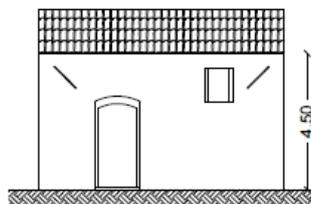
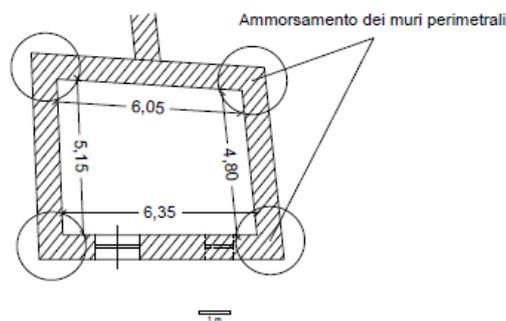
L'impiego di tiranti metallici, negli interventi di consolidamento di fabbricati tradizionali, serve a garantire un efficace ammortamento delle pareti in muratura portante per evitare che le stesse si ribaltino fuori dal piano sotto l'azione di forze sismiche. Questo intervento rafforza, inoltre, i vincoli tra sistema di copertura e pareti perimetrali.

Le catene (trefoli, barre o profilati d'acciaio) vengono disposte lungo le direzioni principali del fabbricato, ancorate alle murature per mezzo di capichiave "a paletto" (detto bolzone) o "a piastra nervata e messe in tensione.

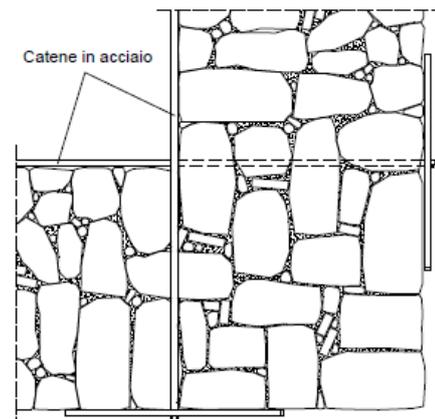
Le catene devono essere dimensionate per resistere a sforzi di trazione, mentre i capichiave per resistere a sforzi di flessione.



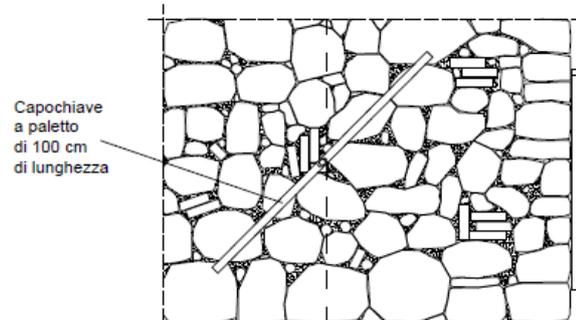
Fabbricato - 12 - Acicastello



Intervento di posizionamento di tirantature metalliche per garantire un efficace ammortamento delle pareti perimetrali dell'edificio ed il conseguente rafforzamento dei vincoli fra le stesse ed il sistema di copertura.



Sezione - Intervento



Prospetto - Intervento

CONSOLIDAMENTO DEI VINCOLI DEL SISTEMA DI COPERTURA

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

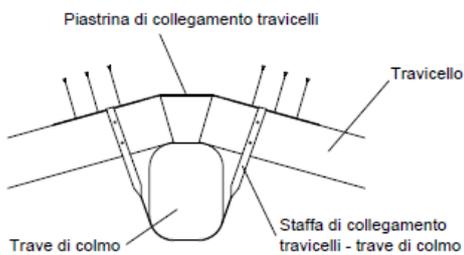
Questo intervento viene proposto al fine di consolidare i vincoli del sistema di copertura ed in particolare di quelli relativi all'appoggio tra travicelli e trave di colmo.

Tale consolidamento viene effettuato tramite una piastrina metallica che passa sotto la trave principale per poi avvolgersi sulle tre facce dei travetti secondari. I travicelli vengono collegati precedentemente fra loro con un'altra piastra metallica flessibile fissata sugli estradossi degli stessi. Tutti i fissaggi tra gli elementi metallici e quelli lignei avvengono mediante chiodatura. Attraverso tale consolidamento si inibiscono possibili scorrimenti delle strutture secondarie e di conseguenza la caduta degli elementi costituenti il manto di copertura.

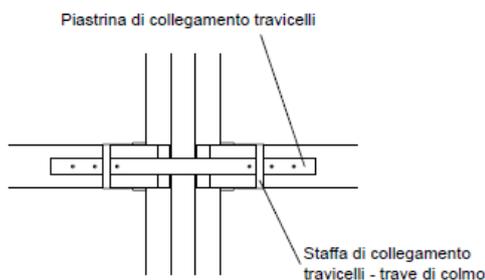


Fabbricato - 13 - Acicastello

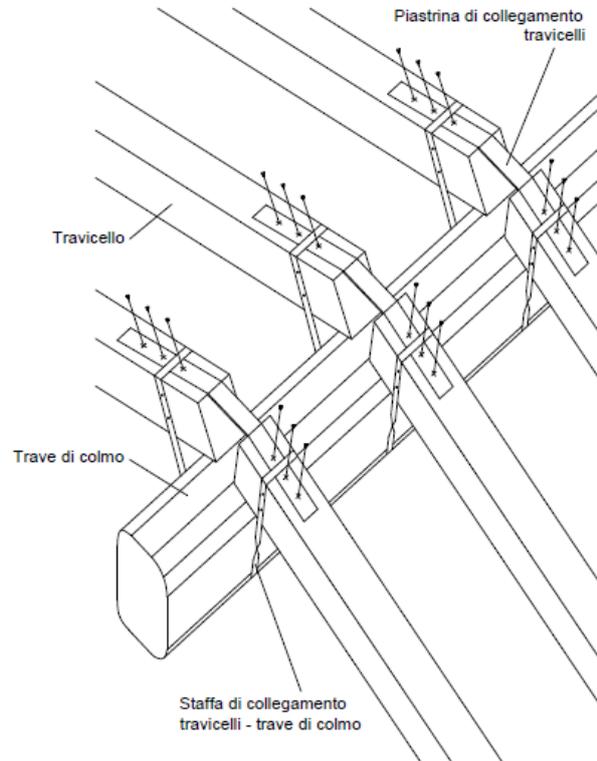
Intervento di consolidamento del vincolo di appoggio tra travicelli e trave di colmo attraverso l'ausilio di piastre metalliche, staffe e chiodi di fissaggio.



Vista frontale - Intervento



Vista dall'alto - Intervento



Assonometria - Intervento

CONSOLIDAMENTO DEI VINCOLI DEL SISTEMA DI COPERTURA

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Questo intervento viene proposto al fine di consolidare i vincoli del sistema di copertura ed in particolare di quelli relativi all'appoggio tra listelli e travicelli e quelli tra travicelli ed arcareccio.

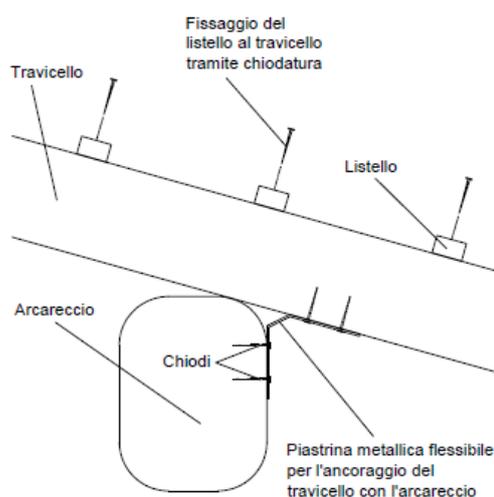
Il fissaggio dei listelli, su cui verrà poggiato il manto di copertura, ai sottostanti travicelli avverrà tramite chiodatura. Il vincolo relativo all'appoggio dei travicelli sull'arcareccio verrà garantito da una piastrina metallica flessibile fissata tramite chiodatura sull'intradosso dei travicelli e su una delle facce dell'arcareccio.

Tale consolidamento inibisce possibili scorrimenti delle strutture secondarie spesso conseguenza della caduta degli elementi costituenti il manto di copertura.

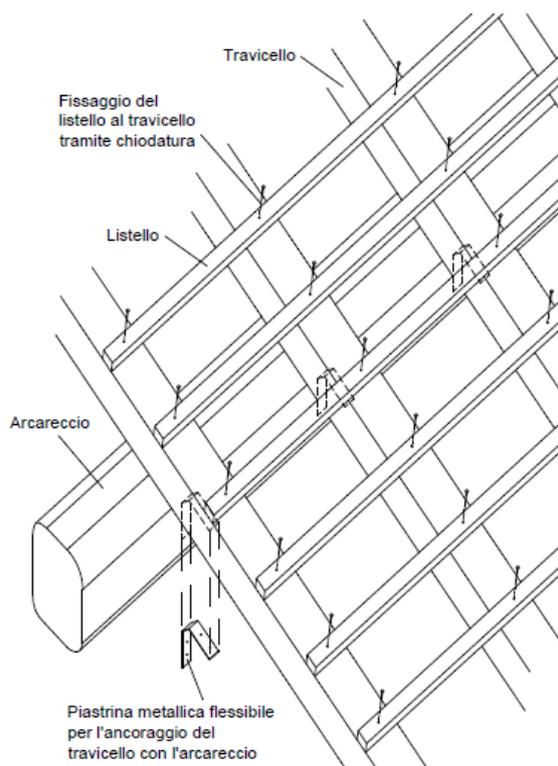


Fabbricato - 13 - Acicastello

Intervento di consolidamento del vincolo di appoggio tra listelli e travicelli tramite chiodatura e tra travicelli ed arcareccio attraverso l'ausilio di piastrine metalliche flessibili fissate agli elementi lignei per mezzo di chiodi.



Vista frontale - Intervento



Assonometria - Intervento

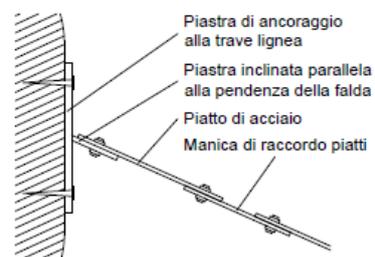
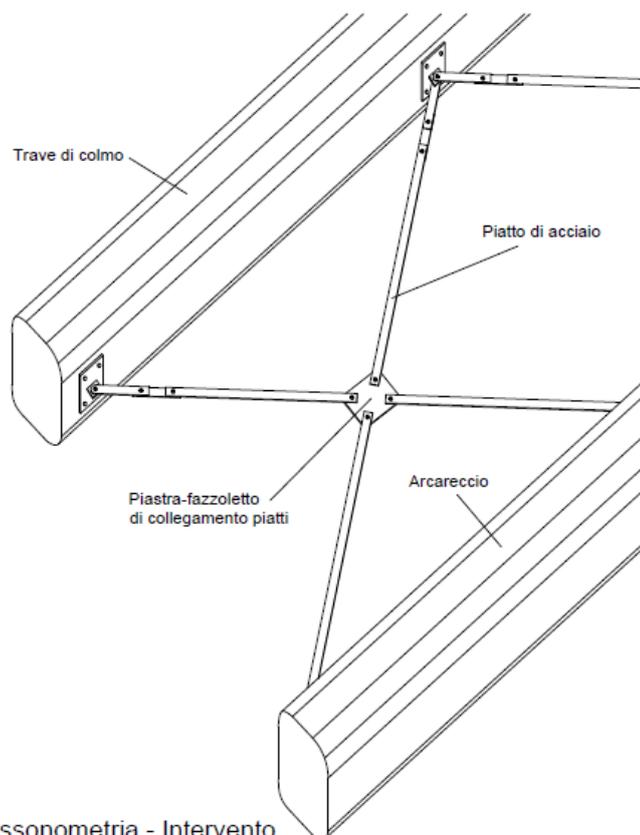
IRRIGIDIMENTO DELLE FALDE DI COPERTURA

FINALITA' E TECNICHE DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

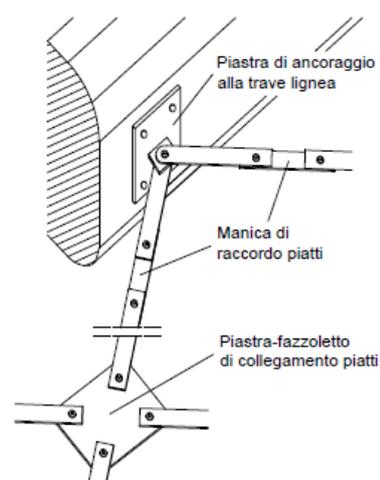
L'intervento proposto è finalizzato ad evitare che la trave di colmo di un tetto a due falde possa scaricare sul muro del timpano, sotto l'azione di forze sismiche, la spinta del peso dei carichi supportati, dando luogo al fenomeno del martellamento che genera il meccanismo di collasso di 1° modo chiamato flessione orizzontale. Per inibire tale fenomeno si procede all'irrigidimento delle falde di copertura disponendo dei tiranti metallici in doppia diagonale fissati con delle piastre in acciaio alla trave di colmo ed agli arcarecci. Il collegamento dei tiranti metallici avviene tramite bullonatura. La struttura reticolare così costituita sarà in grado di contenere le oscillazioni del colmo.



Fabbricato - 13 - Acicastello



Vista frontale - Intervento



Particolari - Intervento

7.0.0 Verifiche numeriche per gli interventi di miglioramento statico

7.1.0 Criteri di verifica numerica per il progetto di miglioramento statico in riferimento alle sollecitazioni sismiche ed ai probabili meccanismi di collasso cui sono soggetti gli edifici rurali tradizionali dell'area etnea oggetto di studio

Il criterio utilizzato per le verifiche sismiche dei meccanismi di collasso di primo modo, cioè di quelli locali fuori dal piano, degli edifici in muratura oggetto di studio, è quello dell'analisi cinematica lineare, così come contemplato dal D.M. del 14/01/2008 e la relativa Circolare n.617 del 02/02/2009. Tali norme di riferimento propongono, infatti, come metodo di valutazione della sicurezza sismica degli edifici in muratura, oltre a quello relativo al comportamento sismico globale, anche quello legato all'insieme dei sottosistemi.

L'analisi cinematica lineare, che permette di valutare la capacità sismica in termini di resistenza, trova applicazione in quanto le costruzioni in muratura, a seguito di un evento sismico, non assumono un comportamento d'insieme ma bensì rispondono alle forze generate dall'evento con meccanismi di collasso locale.

Al fine di proporre, quindi, interventi di miglioramento statico degli edifici in muratura esistenti occorre individuare le debolezze strutturali, sia quelle insite nell'organismo edilizio tradizionale che quelle potenzialmente derivanti dalla pericolosità sismica del territorio in cui essi insistono e che possono dare corso a meccanismi di instabilità locale.

La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di danno è generalmente soddisfatta qualora l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo a_0^* sia superiore o uguale all'accelerazione di picco della domanda sismica "PGA". Nel caso di edifici esistenti in muratura, laddove lo Stato limite di danno corrisponde all'insorgere di fessurazioni che non interessano l'intera struttura ma solo parte di essa (meccanismi di danno locali), la suddetta verifica non è richiesta.

Per quanto sopra detto si ricorre alla verifica dello Stato limite di salvaguardia della vita (SLV) dei meccanismi locali.

Per gli edifici oggetto di studio è stato scelto come criterio di verifica dello SLV quello semplificato con l'utilizzo del fattore di struttura q (analisi cinematica lineare).

Nel paragrafo successivo verranno presi in esame i criteri di verifica dei meccanismi di collasso ritenuti più probabili da adottare negli edifici rurali tradizionali rilevati nell'area di studio. Si dovrà tenere conto dell'impianto geometrico, del tipo e della qualità degli elementi murari, dell'efficienza dei collegamenti tra gli elementi resistenti verticali ed, ove presenti, fra questi ultimi e gli orizzontamenti ed inoltre si dovranno prendere in considerazione le possibili azioni agenti sugli elementi strutturali, l'eventuale stato di degrado e le possibili interazioni con edifici adiacenti e con il terreno.

Analizzati tutti i suddetti fattori si procederà alla definizione del più appropriato schema semplificato di calcolo per l'applicazione del modello di analisi dei vari meccanismi di collasso. Tale operazione comporta la valutazione della geometria dei macroelementi e delle loro condizioni di vincolo nonché delle forze che su di essi agiscono come ad esempio il peso proprio, i carichi verticali portati, forze orizzontali prodotte dal sisma, ecc.

Conseguentemente alla valutazione di tutte le sopra indicate grandezze, richieste dal modello di analisi, si determinerà l'entità dell'azione sismica che attiva il cinematismo preso in esame attraverso il calcolo del moltiplicatore α delle azioni orizzontali (ottenuto imponendo le condizioni di equilibrio) confrontato, ai fini della verifica, con il picco di accelerazione atteso al suolo sul sito rigido di riferimento (PGA).

In particolare si tratteranno i meccanismi di collasso di primo modo, quali: ribaltamento semplice, ribaltamento composto, flessione verticale e flessione orizzontale.

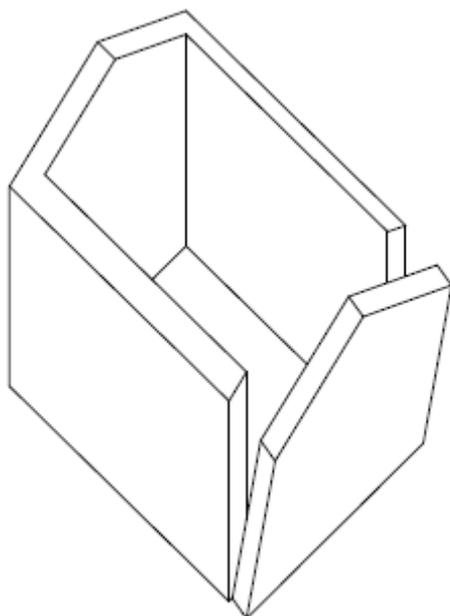
7.1.1 Criteri di verifica numerica per i probabili meccanismi di collasso di primo modo applicabili ai fabbricati rurali rilevati

Al fine di rendere più agevole la lettura delle formulazioni che verranno di seguito riportate si riassumono i simboli utilizzati ed i loro significati:

- α è il moltiplicatore orizzontale dei carichi agenti sui macroelementi;
- n è il numero di piani interessati dal cinematismo;
- W_i è il peso proprio della parete al piano i -esimo o del macroelemento i -esimo;
- W_{O_i} è il peso proprio della porzione del cuneo di distacco al piano i -esimo nelle pareti di controvento (comprensivo di eventuali carichi trasmessi da archi o volte su di esso agenti);
- F_{V_i} è la componente verticale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- F_{H_i} è la componente orizzontale della spinta di archi o volte sulla parete al piano i -esimo;
- P_{S_i} è il peso del solaio agente sulla parete al piano i -esimo;
- P_{SO_i} è il peso del solaio agente sulla porzione di cuneo al piano i -esimo nelle pareti di controvento;
- $P_{V_{ij}}$ rappresenta l' i -esimo carico verticale trasmesso in testa al macroelemento j -esimo;
- P è il carico trasmesso dalla trave di colmo oppure dal puntone del tetto a padiglione;
- N è il generico carico verticale agente in testa al macroelemento;
- H rappresenta il valore massimo della reazione sopportabile dalla parete di controvento o dall'eventuale tirante alla spinta dell'effetto arco orizzontale nello spessore della facciata;
- P_H rappresenta la spinta statica trasmessa dalla copertura in testa al macroelemento;
- $P_{H_{ij}}$ è l' i -esima componente di spinta statica trasmessa dalla copertura in testa al corpo j -esimo;
- T_i rappresenta l'azione dei tiranti eventualmente presenti in testa alla parete del piano i -esimo;
- s_i è lo spessore della parete al piano i -esimo;
- h_i è il braccio verticale dell'azione trasmessa dal solaio e/o dal tirante alla parete al piano i -esimo oppure è l'altezza del macroelemento i -esimo;
- h_{p_i} è il braccio verticale dell'azione trasmessa dal solaio alla parete al piano i -esimo;
- L_i è la lunghezza del macroelemento i -esimo;

- x_{Gi} è il braccio orizzontale del peso proprio del corpo i -esimo;
- y_{Gi} è il braccio verticale del peso proprio del corpo i -esimo;
- x_{GOi} è il braccio orizzontale del peso proprio della porzione del cuneo di distacco al piano i -esimo nelle pareti di controvento;
- y_{GOi} è il braccio verticale del peso proprio della porzione del cuneo di distacco al piano i -esimo nelle pareti di controvento;
- d_k è il braccio orizzontale del generico carico verticale trasmesso in testa al macroelemento;
- d_i è il braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio sulla parete al piano i -esimo;
- d_{ij} è il braccio orizzontale dell' i -esimo carico verticale applicato in testa al corpo j -esimo;
- d_{O_i} è il braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al cuneo di distacco nelle pareti di controvento;
- a_i è il braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio sulla parete al piano i -esimo;
- h_{Vi} è il braccio verticale della spinta di archi o volte al piano i -esimo;
- d_{Vi} è il braccio orizzontale delle azioni trasmesse da archi o volte al piano i -esimo.

- (a) Ribaltamento semplice di parete monolitica



Questo fenomeno si verifica a seguito di una rotazione rigida di interi paramenti murari o porzioni di essi che avviene, generalmente, rispetto all'asse orizzontale che corre lungo la base del profilo esterno della parete.

Il meccanismo di ribaltamento semplice di una parete monolitica si manifesta allorchè vi sia assenza di vincoli in sommità e mancanza di collegamento con le pareti ad essa ortogonali.

Se il meccanismo suddetto si è già compiuto è possibile riscontrare delle lesioni verticali in corrispondenza delle intersezioni murarie, nonchè un fuori piombo della parete ribaltante oltre allo sfilamento di possibili elementi strutturali orizzontali.

Come riportato al § C8A.4 della Circolare n.617/2009 *"L'approccio cinematico permette inoltre di determinare l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo. Tale curva è espressa attraverso un moltiplicatore α , rapporto tra le forze orizzontali applicate ed i corrispondenti pesi delle masse presenti, rappresentato in funzione dello spostamento d_k di un punto di riferimento del sistema; la curva deve essere determinata fino all'annullamento di ogni capacità di sopportare azioni orizzontali ($\alpha=0$). Tale curva può essere trasformata nella curva di capacità di un sistema equivalente ad un grado di libertà, nella quale può essere definita la capacità di spostamento ultimo del meccanismo locale, da confrontare con la domanda di spostamento richiesta dall'azione sismica"*.

Per il calcolo del moltiplicatore di collasso α_0 , che attiva il meccanismo di cui trattasi, si impone la condizione di equilibrio tra l'azione del "momento ribaltante", che farà ruotare la parete muraria attorno alla cerniera che si forma alla

sua base, e l'azione del "momento stabilizzante", di segno opposto al precedente, composto dalla forza peso della parete e dai carichi su di essa gravanti.

Momento stabilizzante:

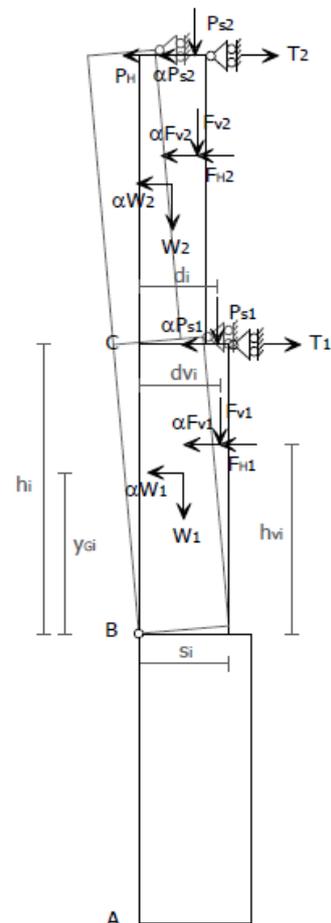
$$M_S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{S_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_i + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

Momento ribaltante:

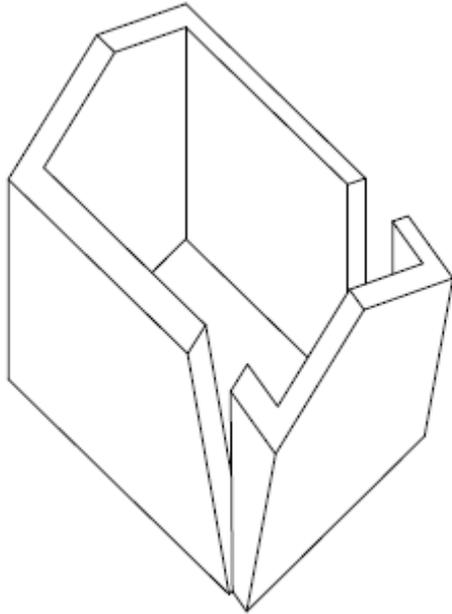
$$M_R = \alpha \cdot \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{Gi} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot h_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot h_i \right] + \sum_{i=1}^n F_{Hi} \cdot h_{Vi} + P_H \cdot h_i$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{S_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_i + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i - \sum_{i=1}^n F_{Hi} \cdot h_{Vi} - P_H \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{Gi} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot h_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot h_i}$$



- (b) Ribaltamento composto di parete monolitica



Tale fenomeno si verifica a seguito di una rotazione rigida di interi paramenti murari o porzioni di essi che avviene, generalmente, rispetto all'asse orizzontale che corre lungo la base del profilo esterno della parete a cui si somma il trascinamento di parte delle strutture murarie delle pareti di controvento.

Il meccanismo di ribaltamento composto si manifesta in assenza di vincoli in sommità ma in presenza di

collegamento con le pareti ortogonali a quella soggetta al collasso.

Quando il meccanismo si è già manifestato si riscontrano lesioni diagonali sulle pareti di controvento, presenza di fuori piombo della parete ribaltante oltre allo sfilamento di possibili elementi strutturali orizzontali.

Momento stabilizzante:

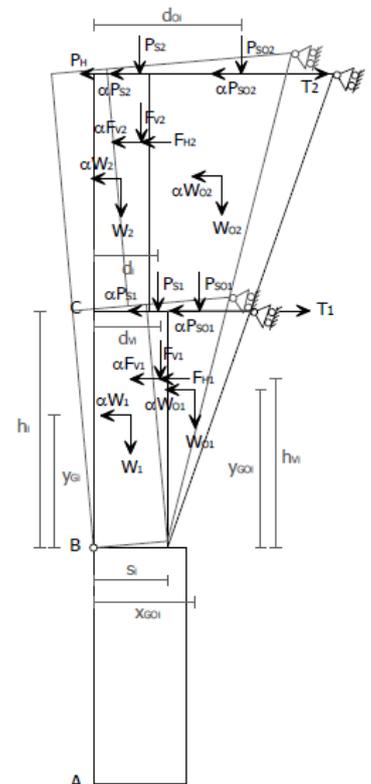
$$M_S = \sum_i W_i \frac{S_i}{2} + \sum_i F_{Vi} d_{Vi} + \sum_i W_{Oi} x_{GOi} + \sum_i P_{Si} d_i + \sum_i P_{SOi} d_{Oi} + \sum_i T_i h_i$$

Momento ribaltante:

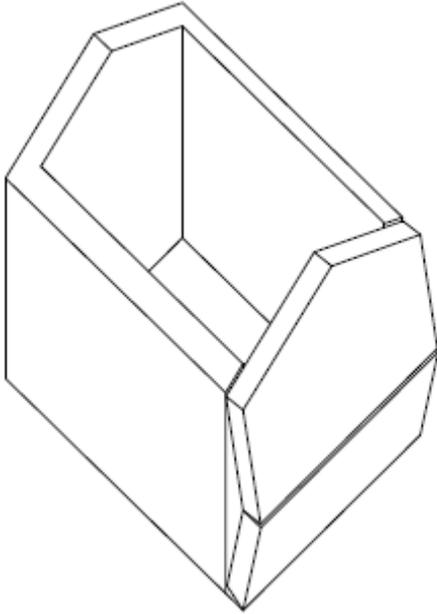
$$M_R = \alpha \left[\sum_i W_i y_{Gi} + \sum_i W_{Oi} y_{GOi} + \sum_i F_{Vi} h_{Vi} + \sum_i P_{Si} h_i + \sum_i P_{SOi} h_i \right] + \sum_i F_{Hi} h_{Vi} + P_H h$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{\sum_i W_i \frac{S_i}{2} + \sum_i F_{Vi} d_{Vi} + \sum_i W_{Oi} x_{GOi} + \sum_i P_{Si} d_i + \sum_i P_{SOi} d_{Oi} + \sum_i T_i h_i - \sum_i F_{Hi} h_{Vi} - P_H h_i}{\sum_i W_i y_{Gi} + \sum_i W_{Oi} y_{GOi} + \sum_i F_{Vi} h_{Vi} + \sum_i P_{Si} h_i + \sum_i P_{SOi} h_i}$$



- (c) Flessione verticale di parete monolitica



Questo fenomeno si verifica a seguito della formazione di una cerniera orizzontale che divide la parete, interessata dal meccanismo di collasso fuori dal piano, in due blocchi che ruotano reciprocamente intorno a tale asse.

Il meccanismo della flessione verticale si manifesta per la presenza di un ulteriore vincolo in testa alla parete, oltre quello esistente alla sua base, e per la carenza di un efficace vincolo

alle pareti ortogonali. Se il meccanismo si è già compiuto si rilevano spancamenti e fuori piombo della parete, lesioni orizzontali e verticali oltre allo sfilamento di possibili elementi strutturali orizzontali. Come riportato al § C8A.4.1 della Circolare n.617/2009 "Il moltiplicatore α_0 si ottiene applicando il Principio dei Lavori Virtuali, in termini di spostamenti, uguagliando il lavoro totale eseguito dalle forze esterne ed interne applicate al sistema in corrispondenza dell'atto di moto virtuale".

Equazione dei lavori virtuali:

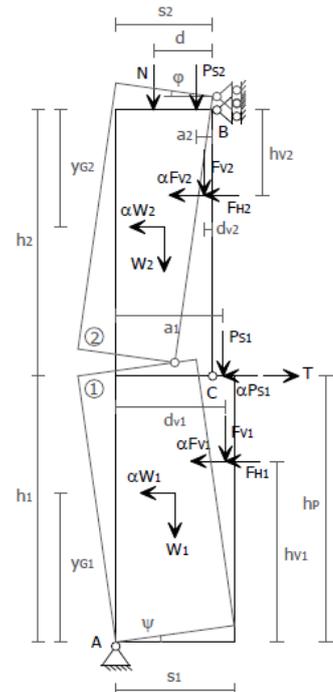
$$\alpha \cdot [W_1 \delta_{1x} + W_2 \delta_{2x} + F_{V1} \delta_{V1x} + F_{V2} \delta_{V2x} + P_{S1} \delta_{P1x}] + F_{H1} \delta_{V1x} + F_{H2} \delta_{V2x} = \\ = W_1 \delta_{1y} + W_2 \delta_{2y} + F_{V1} \delta_{V1y} + F_{V2} \delta_{V2y} + N \delta_{Ny} + P_{S1} \delta_{P1y} + P_{S2} \delta_{P2y} + T \delta_{P1x}$$

Moltiplicatore di collasso:

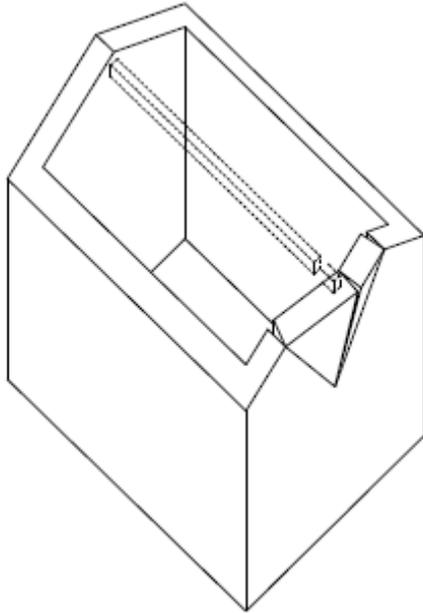
$$\alpha = \frac{E}{W_1 y_{G1} + F_{V1} h_{V1} + P_{S1} h_p + (W_2 y_{G2} + F_{V2} h_{V2}) \frac{h_1}{h_2}}$$

Il termine "E" indica la seguente espressione:

$$E = \frac{W_1}{2} s_1 + F_{V1} d_{V1} + (W_2 + P_{S2} + N + F_{V2}) s_2 + \\ + \frac{h_1}{h_2} \left(\frac{W_2}{2} s_2 + P_{S2} a_2 + Nd + F_{V2} d_{V2} - F_{H2} h_{V2} \right) + P_{S1} a_1 - F_{H1} h_{V1} + Th_p$$



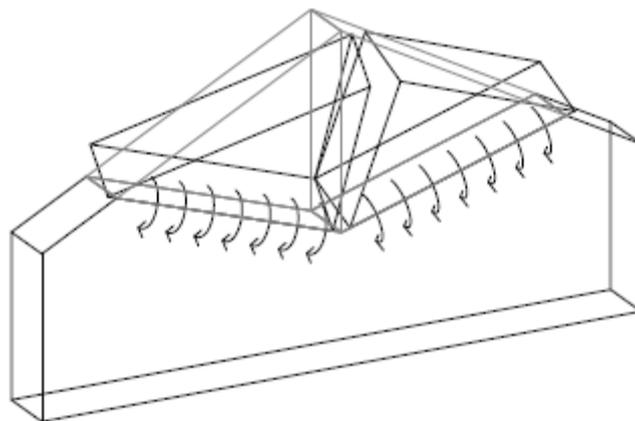
- (d) Flessione orizzontale di parete monolitica
(Sfondamento della parete del timpano)



Tale fenomeno si manifesta con l'espulsione di materiale dalla zona sommitale della parete del timpano attraverso il distacco di elementi cuneiformi definiti da due sezioni di frattura oblique ed una verticale (cerniere attorno alle quali ruotano i corpi). Il cinematismo di cui trattasi è causato dall'azione periodica di martellamento della trave di colmo della copertura contro la parete del timpano.

Da un punto di vista cinematico il caso in esame può essere analizzato studiando un sistema simmetrico costituito da un asse verticale passante per il colmo della parete del timpano: si ipotizza che i due corpi cuneiformi ruotino ciascuno attorno ad una delle due cerniere oblique e contemporaneamente entrambi intorno ad un punto di contatto "C".

Il meccanismo della flessione orizzontale si concretizza laddove l'angolo β , angolo che la cerniera obliqua cilindrica forma con il piano orizzontale, abbia un valore diverso da zero (se $\beta=0$ l'espressione di seguito riportata per il calcolo del moltiplicatore di collasso descrive proprio le condizioni di ribaltamento semplice della parete del timpano).



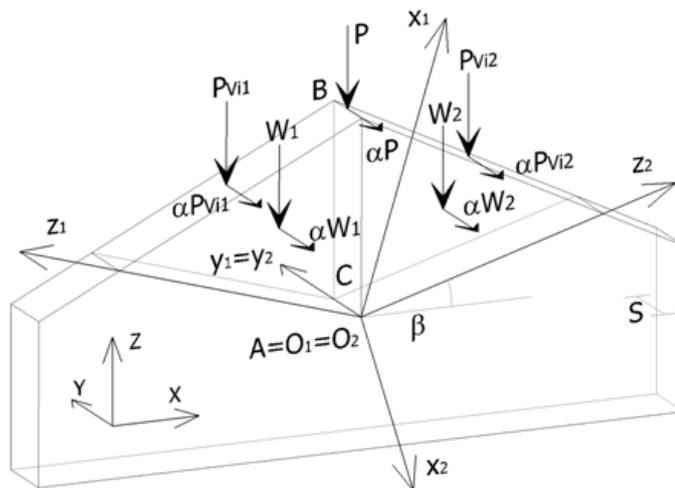
Equazione dei lavori virtuali:

$$\alpha \left[W_1 \delta_{1Y} + W_2 \delta_{2Y} + P \delta_{PY} + \sum_{i,j} P_{vij} \delta_{PVijY} \right] =$$

$$= W_1 \delta_{1Z} + W_2 \delta_{2Z} + P \delta_{PZ} + \sum_{i,j} P_{vij} \delta_{PVijZ}$$

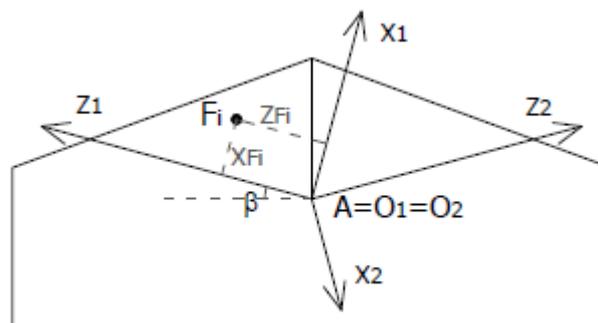
Moltiplicatore di collasso

$$\alpha = \frac{(W_1 + W_2) \left(\frac{s}{2} \cos \beta + w \right) + P(d_p \cos \beta + w) + \sum_{i,j} P_{vij} (d_{ij} \cos \beta + w)}{W_1 x_{G1} + W_2 x_{G2} + P x_P + \sum_{i,j} P_{vij} x_{PVij}}$$



Nella precedente formula $w = s \operatorname{tg} \beta \operatorname{sen} \beta$;

Inoltre le grandezze indicate con x_{Fi} (x_{Gi} , x_P e x_{PVij}) rappresentano le distanze, misurate lungo l'asse locale x_i , dei punti di applicazione di ciascuna delle forze F_i considerate rispetto all'origine del relativo sistema di riferimento (punto "A" della figura).



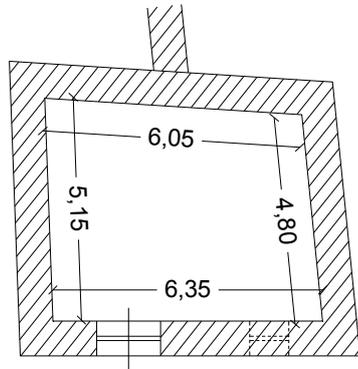
7.1.2 Schede tecniche di applicazione numerica dei criteri di verifica

Le seguenti verifiche numeriche sono state eseguite con il supporto del software disponibile sul sito di ReLuis denominato C.I.N.E. 1.0.4 adottabile per l'analisi cinematica lineare.

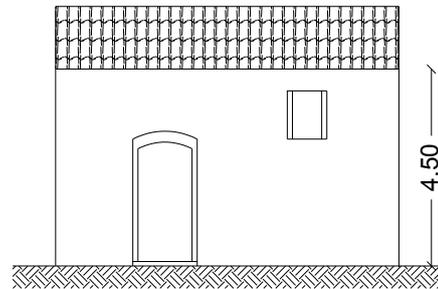
Per l'applicazione numerica dei criteri di verifica relativi ai meccanismi di collasso di primo modo è stato preso in esame il fabbricato agricolo identificato con il n.12.

La scelta è ricaduta sul suddetto edificio in quanto esso risulta rappresentativo di tutti gli edifici rilevati. Il fabbricato in esame, infatti, ricade fra quelli (la maggior parte) costituiti da muratura realizzata con pietrame informe legato con malta di ghiara, così come il tetto di copertura, costituito da struttura lignea di tipo "alla lombarda" (caratteristica comune a tutti gli edifici); inoltre i parametri geometrico-formali del manufatto, quali la superficie coperta, l'altezza alla linea di gronda, la pendenza delle falde di copertura, ecc. rientrano fra quelli medi rilevati nei fabbricati oggetto di studio

- (a) Ribaltamento semplice di parete monolitica



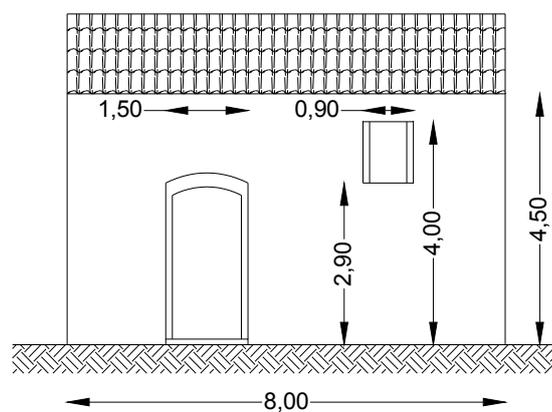
Pianta piano terra



Parete est di riferimento

- Meccanismi di ribaltamento semplice di parete monolitica

Valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di pareti monolitiche, non vincolate agli orizzontamenti e non efficacemente collegate alle pareti di controvento, e del relativo PGA per le verifiche.



| Elevazione | GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*) | | | | | Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³] | Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m] |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--|---|--|---|---|
| | Altezza delle fasce murarie | | Larghezza delle fasce murarie | | | | |
| | Quota del sottofinestra [m] | Quota del soprafinestra [m] | Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m] | Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m] | Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m] | | |
| 1 | 2,90 | 4,00 | 6,50 | 7,10 | 8,00 | 19,0 | 0,00 |

(*) Nei casi in cui la parete (o la porzione di parete interessata dal ribaltamento) di geometria regolare risultasse priva di aperture è sufficiente specificarne l'altezza nella colonna "Quota del sottofinestra" e la larghezza nella colonna "Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture".

Il valore del peso specifico medio della muratura γ_i è quello indicato nella tabella C8A.2.1 della Circolare n.617/2009.

| CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|---|
| Elevazione | Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m] | Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m] | Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{vi} [m] | Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{vi} [m] | Quota del baricentro della parete al piano i-esimo y_{Gi} [m] | Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) y_{Gi} [m] |
| 1 | 0,80 | 4,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,32 | |

| AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|--|---|---|---|--|
| Elevazione | Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN] | Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN] | Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN] | Spinta statica della copertura P_H [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN] | Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN] |
| 1 | 466,0 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

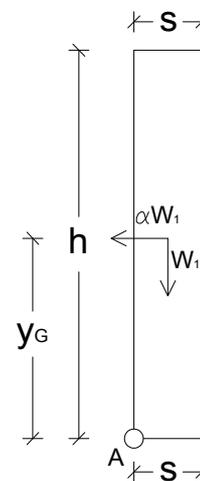
(**) Da riempire solo in caso di geometrie irregolari dei macroelementi in facciata, non descrivibili attraverso i dati immessi nella sezione "Geometria della facciata".

| MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Ribaltamento delle elevazioni: | Peso proprio delle pareti [kNm] | Carico dei solai [kNm] | Azione di archi o volte [kNm] | Azione dei tiranti [kNm] |
| 1 | 186,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Momento stabilizzante:

$$M_S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{S_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_i + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

$$M_S = 466,00 \cdot \frac{0,80}{2} = 186,40 \text{ kNm}$$



| MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Ribaltamento delle elevazioni: | Inerzia delle pareti [kNm] | Inerzia dei solai [kNm] | Inerzia di archi o volte [kNm] | Spinta statica di archi o volte [kNm] | Spinta statica della copertura [kNm] |
| 1 | 1083,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Momento ribaltante:

$$M_R = \alpha \left[\sum_i W_i y_{Gi} + \sum_i W_{Oi} y_{GOi} + \sum_i F_{Vi} h_{Vi} + \sum_i P_{Si} h_i + \sum_i P_{SOi} h_i \right] + \sum_i F_{Hi} h_{Vi} + P_H h$$

$$M_R = \alpha (466,00 \cdot 2,3249) = \alpha \cdot 1083,40 \text{ kNm}$$

| MOLTIPLI-CATORE α_0 | Ribaltamento delle elevazioni: | Valore di α_0 | Fattore di Confidenza FC | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 1 | 0,172 | 1,35 | 47,506 | 1,000 | 1,250 |

Il valore del fattore di confidenza FC è quello indicato nella tabella C8A.1.1 della Circolare n.617/2009.

Imponendo le condizioni di equilibrio si ottiene il valore del moltiplicatore dei carichi α_0 :

$$M_S = M_R \Rightarrow \alpha_0 = 0,172$$

Massa partecipante al cinematismo:

$$M^* = \frac{(N_2 \cdot \delta_{x,N2} + P_2 \cdot \delta_{x,P2} + N_1 \cdot \delta_{x,N1} + P_1 \cdot \delta_{x,P1})^2}{g \cdot (N_2 \cdot \delta_{x,N2}^2 + P_2 \cdot \delta_{x,P2}^2 + N_1 \cdot \delta_{x,N1}^2 + P_1 \cdot \delta_{x,P1}^2)}$$

La massa partecipante al cinematismo M^* viene calcolata tenendo in considerazione gli spostamenti virtuali δ_{xi} dei punti di applicazione dei diversi pesi (§ C8A.4.2.2 della Circolare n.617/2009).

Ipotizzando un atto di rotazione virtuale θ della parete attorno alla cerniera posta alla base, si determina lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione del carico N_1 , inteso come punto di spostamento di controllo unitario. Pertanto si ha:

$$\delta_{x,N1} = 1 = h_1 \cdot \theta \Rightarrow \theta = \frac{1}{h_1}$$

Di conseguenza avremo:

$$\delta_{x,p1} = Y_G \cdot \theta = Y_G \cdot \frac{1}{h_1} = 2,32 \cdot \frac{1}{4,50} = 0,5156m$$

$$M^* = \frac{(466,00 \cdot 0,5156)^2}{9,81 \cdot (466,00 \cdot 0,5156^2)} = 47,503kN$$

Accelerazione sismica spettrale:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

L'accelerazione sismica spettrale a^* si ottiene moltiplicando per l'accelerazione di gravità il moltiplicatore α e dividendolo per la frazione di massa partecipante al cinematismo (§ C8A.4.2.2 della Circolare n.617/2009) moltiplicata per il fattore di confidenza.

La frazione di massa partecipante e^* della struttura è data dal rapporto tra la massa partecipante moltiplicata all'accelerazione gravitazionale e la sommatoria delle forze peso ad essa applicate.

$$e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i} = \frac{9,81 \cdot 47,503}{466,00} = 1,00$$

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} = \frac{0,172 \cdot 9,81}{1,00 \cdot 1,35} = 1,25 \frac{m}{sec^2}$$

Per l'analisi cinematica lineare la verifica è soddisfatta se l'accelerazione sismica spettrale, che attiva il meccanismo locale, è maggiore o uguale al rapporto tra il PGA di riferimento moltiplicato il fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione ed il fattore di struttura (§ C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009).

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

Per elementi isolati o porzione di costruzione poggiata a terra

- a_g , è il picco di accelerazione atteso al suolo sul sito per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}).
- S , fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione, è funzione della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche (§ 3.2.3.2.1 delle NTC DM 14/01/2008).
- q , è il fattore di struttura che può essere assunto, come suggerito nel § C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009, pari a 2 ("Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi dissipativi, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q maggiore dell'unità" - § 7.3.1 delle NTC DM 14/01/2008).

La determinazione dei parametri sismici scaturisce dall'individuazione geografica del sito ove è ubicato l'edificio oggetto di verifica.

Pertanto dalla localizzazione su mappa, ottenuta tramite l'inserimento delle coordinate geografiche di individuazione del fabbricato preso in esame (coordinate WGS84 - Lat. 37.555839° - Long.15.135095°), si hanno i seguenti parametri sismici:

| STATO LIMITE DI RIFERIMENTO | SLV | |
|--|--|-------|
| | Coefficiente di amplificazione topografica | S_T |
| Categoria del sottosuolo | C | |
| Picco di accelerazione atteso al suolo sul sito (PGA) | $a_g(P_{VR})$ [g] | 0,209 |
| Fattore di amplificazione massima dello spettro | F_0 | 2,502 |
| Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro | T_C^* [sec] | 0,337 |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica | S_S | 1,386 |
| Coefficiente funzione della categoria del sottosuolo | C_C | 1,503 |
| Coefficiente per categoria di sottosuolo e condizioni topografiche ($S = S_S \cdot S_T$) | S | 1,386 |

Dall'acquisizione dei parametri sismici si procede alla verifica:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} = \frac{0,172 \cdot 9,81}{1,00 \cdot 1,35} = 1,250 \frac{m}{sec^2}$$

$$\frac{a_g(P_{VR})S}{q} = \frac{0,209 \cdot 9,81 \cdot 1,386}{2} = 1,421 \frac{m}{sec^2}$$

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

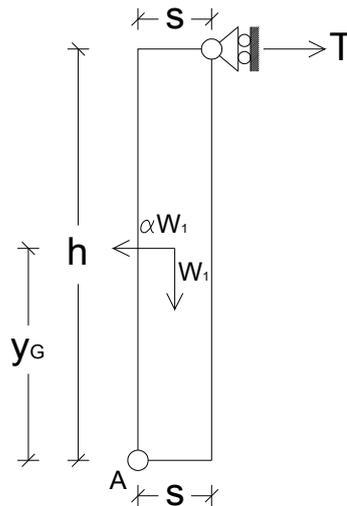
1,250 \geq 1,421 La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita non è soddisfatta

- Interventi di miglioramento statico

Al fine di evitare che il meccanismo di collasso possa verificarsi si propone di introdurre nel sistema strutturale una coppia di tiranti metallici con capochiave a paletto. Per poter verificare l'efficacia di tale intervento si devono preventivamente calcolare le azioni di trattenimento dei tiranti (T1, T2, ecc. riferite a ciascuna delle elevazioni della parete di riferimento) che dovranno essere minori del massimo tiro esplicabile dalla catena che si configura con il valore minimo di uno dei tre seguenti meccanismi: meccanismo di rottura relativo allo snervamento dei tiranti (T₁); meccanismo di rottura relativo al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio (T₂); meccanismo di rottura relativo alla resistenza del muro nei confronti della penetrazione dell'ancoraggio del capochiave, dovuta ad eccesso di pressione di contatto (T₃).

Calcolo della forza di trattenimento esercitata dal tirante:

Il fabbricato preso in esame è costituito da una sola elevazione fuori terra, pertanto si considera uno schema semplificato composto da una cerniera cilindrica, ipotizzata alla base del maschio murario, dalle forze ribaltanti e da quelle stabilizzanti.



Per determinare l'azione di trattenimento esercitata dal tirante di progetto si dovrà imporre l'equilibrio tra il momento stabilizzante e quello ribaltante, attorno al centro di rotazione, attraverso l'uguaglianza delle seguenti formule.

$$M_S = P_1 \left(\frac{b_1}{2} - t_1 \right) + T \cdot h_1$$

$$M_R = \alpha_0 \left(P_1 \frac{h_1}{2} \right)$$

$$M_S = M_R \Rightarrow T = \alpha_0 \left(\frac{P_1}{2} \right) - \frac{1}{h_1} \cdot \left[P_1 \cdot \left(\frac{b_1}{2} - t_1 \right) \right]$$

α_0 , è il valore del moltiplicatore di collasso che soddisfa la verifica dello SLV semplificato che tiene conto del fattore di struttura q (analisi cinematica lineare);

P_1 , corrisponde al peso proprio della parete oggetto di verifica.

h_1 , è l'altezza totale della parete;

b_1 , è lo spessore della parete;

t_1 , è l'ampiezza della sezione reagente individuata in corrispondenza del punto in cui viene ipotizzata la cerniera.

$$t_1 = \frac{2 \cdot \sum W_j}{3 \cdot \sigma_r \cdot l} \Rightarrow t_1 = \frac{2 \cdot P_1}{3 \cdot \sigma_r \cdot l}$$

σ_r , è la resistenza a compressione di calcolo della muratura;

l , è la lunghezza della parete;

$$\sigma_r = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}$$

f_m , è la resistenza media a compressione della muratura (Tabella C8A.2.1 della Circolare n.617/2009);

γ_M , è il coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura (Tabella 4.5.II delle N.T.C. 2008).

Nel caso in esame si ha:

$$\sigma_r = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{100}{1,35 \cdot 3} = 24,69 \frac{N}{cm^2}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot P_1}{3 \cdot \sigma_r \cdot l} = \frac{2 \cdot 466000}{3 \cdot 24,69 \cdot 800} = 15,73 cm$$

$$T1 = \alpha_0 \left(\frac{P_1}{2} \right) - \frac{1}{h_1} \cdot \left[P_1 \cdot \left(\frac{b_1}{2} - t_1 \right) \right] =$$

$$= 0,172 \cdot \left(\frac{466000}{2} \right) - \frac{1}{450} \cdot \left[466000 \cdot \left(\frac{80}{2} - 15,73 \right) \right] \cdot 10^{-3} = 14,94 kN$$

Calcolo del tiro della catena:

Per la determinazione di tale valore si prende in esame un tirante in acciaio AISI 304 con carico di snervamento pari a 240 MPa, avente un diametro di 18 mm; un capochiave a paletto di ancoraggio delle dimensioni di 4,5x70 cm.

- T_1 , è il meccanismo di rottura relativo allo snervamento dei tiranti.
- T_2 , è il meccanismo di rottura relativo al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio.
- T_3 , è il meccanismo di rottura relativo alla resistenza del muro nei confronti della penetrazione dell'ancoraggio del capochiave, dovuta ad eccesso di pressione di contatto.

$$T_1 = A \cdot f_{ds}$$

$$T_2 = f_{vd} \cdot [2 \cdot (b + t) + 2 \cdot (a + t)] \cdot t$$

$$T_3 = \sigma_r \cdot a \cdot b$$

A , è l'area della sezione del tirante

f_{ds} , è la resistenza di calcolo dell'acciaio riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{ds} = \frac{f_y}{\gamma_s}$$

ove

f_y , è la tensione caratteristica dell'acciaio e γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

f_{vd} , è la resistenza a taglio di calcolo della muratura in assenza di compressione:

$$f_{vd} = \frac{\tau_0}{FC \cdot \gamma_M}$$

τ_0 , è la resistenza media a taglio della muratura (Tabella C8A.2.1 della Circolare n.617/2009)

γ_M , è il coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura (Tabella 4.5.II delle N.T.C. 2008)

a , è la larghezza del paletto

b , è l'altezza del paletto

t , è lo spessore della parete

σ_r , è la resistenza a compressione di calcolo della muratura

$$f_{ds} = \frac{240}{1,15} = 208,70 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{vd} = \frac{2}{1,35 \cdot 3} = 0,49 \frac{N}{cm^2}$$

$$T_1 = 9^2 \cdot \pi \cdot 208,70 \cdot 10^{-3} = 53,11 kN$$

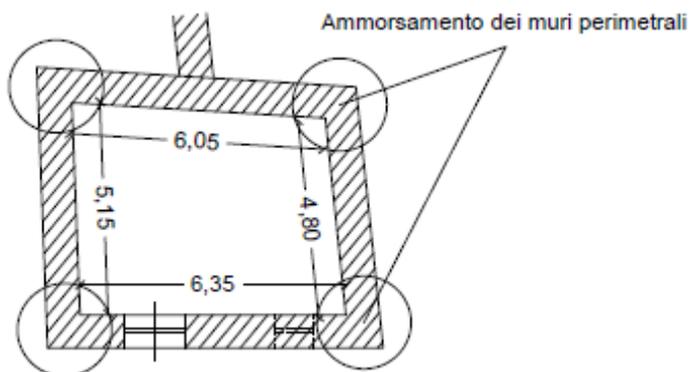
$$T_2 = 0,49 \cdot [2 \cdot (70 + 80) + 2 \cdot (4,5 + 80)] \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 18,38 kN$$

$$T_3 = 24,69 \cdot 4,5 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 7,78 kN$$

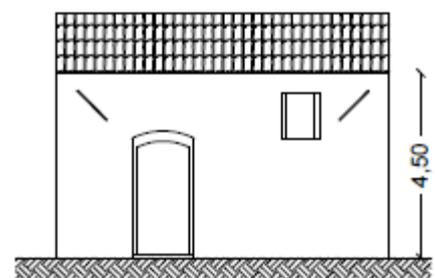
Dai risultati ottenuti il valore minimo dei meccanismi di rottura è quello relativo alla resistenza del muro nei confronti della penetrazione dell'ancoraggio, pari a 7,78 kN

Considerando che l'azione di trattenimento del tirante calcolato è uguale a 14,94 kN, occorre inserire n.2 tiranti affinché il predetto valore sia minore del più piccolo dei meccanismi di rottura calcolati.

$$14,94 kN < 15,56 kN (7,78 kN \times 2)$$



Pianta piano terra

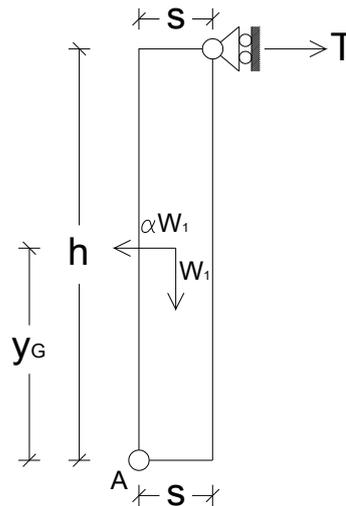


Parete est di riferimento

Dopo il dimensionamento dei tiranti metallici si dovrà effettuare nuovamente la verifica di sicurezza dello stato limite di salvaguardia della vita del meccanismo

di ribaltamento semplice, tenendo presente il contributo dato dall'inserimento delle suddette tirantature metalliche.

Di seguito verrà nuovamente calcolato il moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali, partendo dalla determinazione del momento stabilizzante in cui è presente il contributo delle azioni dei tiranti introdotti.



Momento stabilizzante:

$$M_S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{S_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{Vi} \cdot d_{Vi} + \sum_{i=1}^n P_{Si} \cdot d_{Si} + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

$$M_S = 466,00 \cdot \frac{0,80}{2} + (15,56 \cdot 4,50) = 256,42 \text{ kNm}$$

Momento ribaltante:

$$M_R = \alpha \left[\sum_i W_i y_{Gi} + \sum_i W_{oi} y_{GOi} + \sum_i F_{Vi} h_{Vi} + \sum_i P_{Si} h_i + \sum_i P_{SOi} h_i \right] + \sum_i F_{Hi} h_{Vi} + P_H h$$

$$M_R = \alpha (466,00 \cdot 2,3249) = \alpha \cdot 1083,40 \text{ kNm}$$

Imponendo le condizioni di equilibrio si ottiene il valore del moltiplicatore dei carichi α_0 :

$$M_S = M_R \Rightarrow \alpha_0 = 0,237$$

Accelerazione sismica spettrale:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

$$a_0^* = \frac{0,237 \cdot 9,81}{1 \cdot 1,35} = 1,722 \frac{m}{sec^2}$$

Per l'analisi cinematica lineare la verifica è soddisfatta se l'accelerazione sismica spettrale, che attiva il meccanismo locale, è maggiore o uguale al rapporto tra il PGA di riferimento moltiplicato il fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione ed il fattore di struttura (§ C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009).

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

$$\frac{a_g(P_{VR})S}{q} = \frac{0,209 \cdot 9,81 \cdot 1,386}{2} = 1,421 \frac{m}{sec^2}$$

$$1,722 \geq 1,421$$

La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita è soddisfatta.

- (b) Ribaltamento composto di parete monolitica

L'obiettivo di tale verifica è quello di valutare la possibilità di proporre un intervento alternativo per il miglioramento statico del fabbricato preso in esame.

La verifica al meccanismo di collasso per ribaltamento composto di parete monolitica, infatti, presuppone che la parete oggetto di analisi sia efficacemente ammortata alle pareti ad essa ortogonali, condizione attuabile attraverso la realizzazione di iniezioni armate effettuabili nelle modalità già indicate nei capitoli precedenti.

- Meccanismi di ribaltamento composto di cuneo diagonale

Valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di pareti monolitiche efficacemente collegate alle pareti di controvento e non vincolate agli orizzontamenti e delle relative PGA per le verifiche.

Il ribaltamento della parete muraria, libera in sommità, è accompagnato dal trascinarsi di porzioni cuneiformi di muratura appartenenti alle pareti ortogonali.

| CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|---|--|--|
| Elevazione | Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m] | Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m] | Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{vi} [m] | Quota del baricentro della parete al piano i-esimo y_{Gi} [m] | Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{vi} [m] | Distanza orizzontale del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica x_{GOi} [m] | Quota del baricentro del cuneo di controvento al piano i-esimo y_{GOi} [m] | Braccio orizzontale del carico del solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Oi} [m] |
| 1 | 0,80 | 4,50 | | | 2,32 | | 1,29 | 3,46 | |

| AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | | | | | | Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m] |
|--------------------------|---|---|---|--|---|--|--|--|---|
| Elevazione | Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN] | Peso proprio del cuneo di controvento al piano i-esimo W_{O_i} [kN] | Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{S_i} [kN] | Carico trasmesso dal solaio sul cuneo di controvento al piano i-esimo $P_{S_{O_i}}$ [kN] | Spinta statica della copertura P_H [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{V_i} [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{H_i} [kN] | Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN] | |
| 1 | 466,0 | 54,7 | | | | | | | 0,00 |

Pendenza della copertura del 45% = $24^\circ,2277$

$AB = h+h' = 4,50 \text{ m} + 0,36 \text{ m} = 4,86 \text{ m}$

$\beta = 15^\circ$

$\gamma = (90^\circ + 24^\circ,2277) = 114^\circ,2277$

$\delta = 180^\circ - (114^\circ + 15^\circ) = 50^\circ,7723$

$BC = 1,6238 \text{ m}$

$AC = 5,7213 \text{ m}$

Mediana uscente da A, $m_A = 5,2457 \text{ m}$

Mediana uscente da B, $m_B = 2,2237 \text{ m}$

$AG = 2/3 \times 5,2457 \text{ m} = 3,4971 \text{ m}$

$BG = 2/3 \times 2,2237 \text{ m} = 1,4825 \text{ m}$

$\lambda = 19^\circ,4484$

$FG = 0,4936 \text{ m}$

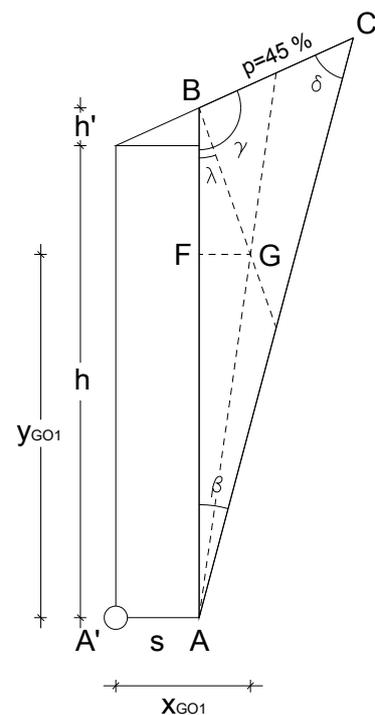
$BF = 1,3979 \text{ m}$

$X_{GO1} = s + FG = 0,80 \text{ m} + 0,4936 \text{ m} = 1,2936 \text{ m}$

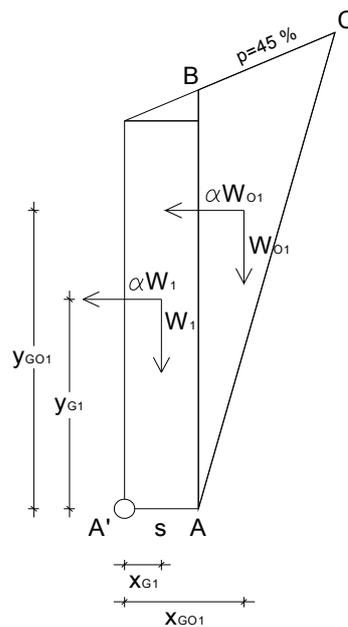
$Y_{GO1} = AB - BF = 3,4621 \text{ m}$

Superficie del Cuneo = $3,5986 \text{ m}$

Peso del Cuneo = $3,5986 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 19 \text{ KN} = 54,6987 \text{ KN}$



L'ampiezza dell'angolo β , formato dalla diagonale del cuneo che ruota attorno al punto "A", è direttamente proporzionale alla qualità dell'apparato murario. Poichè nell'edificio oggetto di verifica non è presente alcuna lesione causata dal meccanismo e dall'analisi della quale sia possibile determinare l'inclinazione della diagonale del cuneo, si ipotizza, a favore di sicurezza, per l'angolo β un valore limite pari a 15° (in ogni caso tale valore non si assume superiore a 30°).



| MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|
| Ribaltamento delle elevazioni: | Peso proprio delle pareti [kNm] | Peso proprio del cuneo di controvento [kNm] | Carico dei solai [kNm] | Carico dei solai sui cunei di controvento [kNm] | Azione di archi o volte [kNm] | Azione dei tiranti [kNm] |
| 1 | 186,4 | 70,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Momento stabilizzante:

$$M_S = \sum_i W_i \frac{S_i}{2} + \sum_i F_{Vi} d_{Vi} + \sum_i W_{Oi} x_{GOi} + \sum_i P_{Si} d_i + \sum_i P_{SOi} d_{Oi} + \sum_i T_i h_i$$

$$M_S = \left(466,00 \cdot \frac{0,80}{2} \right) + (54,6987 \cdot 1,2936) = 186,4 + 70,8 = 257,2 \text{ kNm}$$

| MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|-------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Ribaltamento delle elevazioni: | Inerzia delle pareti [kNm] | Inerzia dei cunei di controvento [kNm] | Inerzia dei solai [kNm] | Inerzia dei solai sui cunei di controvento [kNm] | Inerzia di archi o volte [kNm] | Spinta statica di archi o volte [kNm] | Spinta statica della copertura [kNm] |
| 1 | 1083,4 | 189,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Momento ribaltante:

$$M_R = \alpha \left[\sum_i W_i y_{Gi} + \sum_i W_{oi} y_{GOi} + \sum_i F_{Vi} h_{Vi} + \sum_i P_{Si} h_i + \sum_i P_{SOi} h_i \right] + \sum_i F_{Hi} h_{Vi} + P_H h$$

$$M_R = \alpha [(466,00 \cdot 2,3249) + (54,6987 \cdot 3,4621)] = \alpha (1083,4 + 189,4) = \alpha \cdot 1272,8 \text{ kNm}$$

| Ribaltamento delle elevazioni: | Valore di α_0 | Fattore di Confidenza FC | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 0,202 | 1,35 | 52,020 | 0,980 | 1,498 |

Imponendo le condizioni di equilibrio si ottiene il valore del moltiplicatore dei carichi α_0 :

$$M_S = M_R \Rightarrow \alpha_0 = 0,202$$

Massa partecipante al cinematismo:

$$M^* = \frac{(N_2 \cdot \delta_{x,N2} + P_2 \cdot \delta_{x,P2} + N_1 \cdot \delta_{x,N1} + P_1 \cdot \delta_{x,P1})^2}{g \cdot (N_2 \cdot \delta_{x,N2}^2 + P_2 \cdot \delta_{x,P2}^2 + N_1 \cdot \delta_{x,N1}^2 + P_1 \cdot \delta_{x,P1}^2)}$$

$$M^* = \frac{[(466,0 \cdot 0,5156) + (54,6987 \cdot 0,7694)]^2}{9,81 \cdot (466,00 \cdot 0,5156^2 + 54,6987 \cdot 0,7694^2)} = 52,02 \text{ kN}$$

La massa partecipante al cinematismo M^* viene calcolata tenendo in considerazione gli spostamenti virtuali δ_{xi} dei punti di applicazione dei diversi pesi (§ C8A.4.2.2 della Circolare n.617/2009).

Ipotizzando un atto di rotazione virtuale θ della parete attorno alla cerniera posta alla base, si determina lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione del carico N_1 , inteso come punto di spostamento di controllo unitario. Pertanto si ha:

$$\delta_{x,N_1} = 1 = h_1 \cdot \theta \Rightarrow \theta = \frac{1}{h_1}$$

Di conseguenza avremo:

relativamente alla parete di riferimento

$$\delta_{x,P_1} = Y_G \cdot \theta = Y_G \cdot \frac{1}{h_1} = 2,32 \cdot \frac{1}{4,50} = 0,5156m$$

relativamente al cuneo appartenente alla parete ortogonale

$$\delta_{x,P_1} = Y_{GO} \cdot \theta = Y_{GO} \cdot \frac{1}{h_1} = 3,4621 \cdot \frac{1}{4,50} = 0,7694m$$

Accelerazione sismica spettrale:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

La frazione di massa partecipante e^* della struttura è data dal rapporto tra la massa partecipante moltiplicata all'accelerazione gravitazionale e la sommatoria delle forze peso ad essa applicate.

$$e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i} = \frac{9,81 \cdot 52,02}{466,00 + 54,6987} = 0,98$$

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} = \frac{0,202 \cdot 9,81}{0,98 \cdot 1,35} = 1,498 \frac{m}{sec^2}$$

Per l'analisi cinematica lineare la verifica è soddisfatta se l'accelerazione sismica spettrale, che attiva il meccanismo locale, è maggiore o uguale al rapporto

tra il PGA di riferimento moltiplicato il fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione ed il fattore di struttura (§ C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009).

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q} \quad \text{Per elementi isolati o porzione di costruzione poggiata a terra}$$

Utilizzando i parametri sismici già precedentemente acquisiti per la verifica del meccanismo locale di ribaltamento semplice, si procede alla verifica:

$$a_0^* = 1,498 \frac{m}{\text{sec}^2}$$

$$\frac{a_g(P_{VR})S}{q} = \frac{0,209 \cdot 9,81 \cdot 1,386}{2} = 1,421 \frac{m}{\text{sec}^2}$$

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

1,498 ≥ 1,421 La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita è soddisfatta

- (c) Flessione verticale di parete monolitica ad un solo piano

L'obiettivo di tale verifica è quello di valutare la possibilità di proporre un ulteriore intervento alternativo per il miglioramento statico del fabbricato preso in esame. La verifica al meccanismo di collasso per flessione verticale di parete monolitica, infatti, presuppone che la parete oggetto di analisi sia ben collegata in sommità, condizione attuabile attraverso la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato che corre lungo la testa delle pareti perimetrali.

- Meccanismi di flessione verticale di parete monolitica ad un solo piano

Valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di pareti monolitiche vincolate agli orizzontamenti (pareti

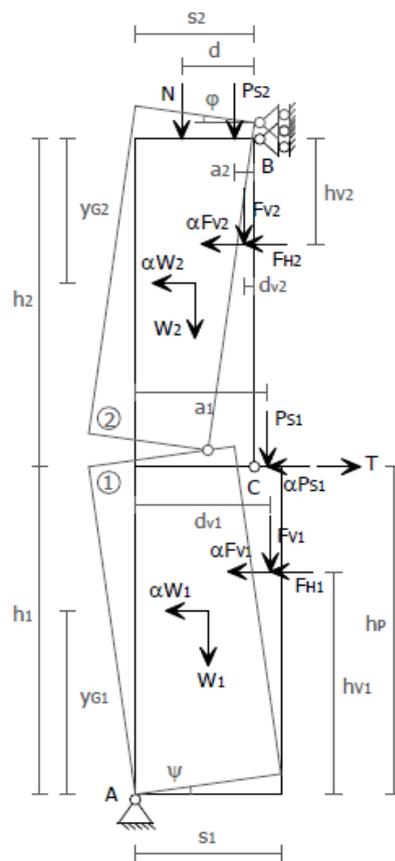
trattenute da efficaci vincoli di connessione in corrispondenza degli orizzontamenti) e delle relative PGA per le verifiche.

Il meccanismo si manifesta con la formazione di una cerniera cilindrica orizzontale che divide la parete, compresa tra i due orizzontamenti presenti, in due blocchi murari, ed esso è descritto dalla rotazione reciproca di entrambi i blocchi attorno all'asse orizzontale per azioni fuori dal piano.

Le grandezze richieste sono valutate considerando una fascia di muratura verticale di larghezza unitaria coerentemente con tutte le azioni ad essa riferite e le aree di influenza dei carichi che agiscono sulla stessa. In tal modo l'applicazione considera tutte le possibili posizioni della cerniera cilindrica lungo l'altezza della parete ed indica quella alla quale corrisponde il valore minimo del moltiplicatore cercato. Tale moltiplicatore può essere ottenuto applicando l'equazione dei Lavori Virtuali in termini di spostamenti. Si procede, pertanto, all'analisi del problema cinematico del sistema di corpi rigidi, assegnando una rotazione virtuale unitaria al corpo 1.

I parametri di spostamento generalizzati, che permettono di descrivere il cinematismo, sono ricavati dalle condizioni di congruenza degli spostamenti virtuali dei due corpi. In generale, se P è un generico punto, di coordinate x e y, appartenenti ad un corpo rigido piano, le due componenti di spostamento u_P e v_P , positivi se diretti come gli assi coordinati, sono espresse in funzione delle componenti di spostamento u_0 e v_0 del polo di riferimento O e della rotazione θ intorno ad esso. Supponendo quest'ultima positiva se antioraria si ha:

$$[7.1.2.1] \quad u_P = u_0 - \theta y; \quad v_P = v_0 + \theta x$$



Fissati come vincoli di riferimento dei due corpi 1 e 2 rispettivamente A e B, si tiene conto delle seguenti condizioni di vincolo:

$$u_A = 0; v_A = 0; \theta_1 = \psi = 1, \text{ per il corpo 1;}$$

$$u_B = 0, \text{ per il corpo 2;}$$

ed imponendo la condizione di congruenza $u_{C1} = u_{C2}$, in corrispondenza della cerniera C, si ottengono:

$$\varphi = -\psi \frac{h_1}{h_2} = -\frac{h_1}{h_2}; v_B = s$$

Gli spostamenti generalizzati dei due corpi rigidi possono essere perciò sinteticamente descritti come:

$$(u_{01}; v_{01}; \theta_1) = (u_A; v_A; \psi) = (0; 0; 1)$$

$$(u_{02}; v_{02}; \theta_2) = (u_B; v_B; \varphi) = \left(0; s; -\frac{h_1}{h_2} \right)$$

Ponendo poi $h_2 = \frac{h}{\mu}$ con $\mu > 1$

si ricavano $h_1 = \frac{\mu-1}{\mu} h; W_2 = \frac{W}{\mu}; W_1 = \frac{\mu-1}{\mu} W$

Gli spostamenti virtuali dei punti di applicazione delle forze agenti sul sistema nella rispettiva direzione di azione sono ora calcolati particolarizzando le [7.1.2.1]:

$$\delta_{1x} = -\frac{h(\mu-1)}{2\mu}$$

$$\delta_{1y} = \frac{s}{2}$$

$$\delta_{2x} = -\frac{h(\mu-1)}{2\mu}$$

$$\delta_{2y} = \frac{s}{2}(\mu+1)$$

$$\delta_{Vx} = -h_V(\mu-1)$$

$$\delta_{Vy} = s + d_V(\mu-1)$$

$$\delta_{Py} = s + a(\mu-1)$$

$$\delta_{My} = s + d(\mu-1)$$

E' adesso possibile applicare l'equazione dei Lavori Virtuali, ottenendo:

$$-\alpha \cdot (W_1 \cdot \delta_{1x} + W_2 \cdot \delta_{2x} + F_V \cdot \delta_{Vx}) - F_H \cdot \delta_{Vx} - W_1 \cdot \delta_{1y} - W_2 \cdot \delta_{2y} - N \cdot \delta_{Ny} - P_S \cdot \delta_{Py} + F_V \cdot \delta_{Vy} = 0$$

Sostituendo le espressioni valutate in precedenza si ricava:

$$\alpha \cdot \left\{ W \frac{h}{2} \frac{(\mu-1)}{\mu} \left[\frac{(\mu-1)}{\mu} + \frac{1}{\mu} \right] + F_V h_V (\mu-1) \right\} =$$

$$= W \frac{s}{2} \frac{(\mu-1)}{\mu} \left[1 + \frac{(\mu+1)}{(\mu-1)} \right] + (\mu-1)(Nd + P_S a + F_V d_V - F_H h_V) + s(N + P_S + F_V)$$

dalla quale si ottiene:

$$\alpha = 2 \frac{(\mu-1)(Nd + P_S a + F_V d_V - F_H h_V) + s(W + N + P_S + F_V)}{(\mu-1) \left(W \frac{h}{\mu} + 2F_V h_V \right)}$$

Il valore del parametro μ che rende minimo il moltiplicatore α è calcolabile, in generale, imponendo che sia nulla la derivata di α rispetto a μ . Così facendo, però, si perviene ad espressioni complesse; è perciò più conveniente individuare μ per tentativi utilizzando, per esempio, un foglio di calcolo.

| CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| Spessore della parete s [m] | Altezza della parete (interpiano) h [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B d _V [m] | Braccio verticale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B h _V [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio rispetto al carrello in B a [m] |
| 0,80 | 4,50 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³] | AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|---|---|
| | Peso proprio della parete W [kN] | Carico trasmesso dal solaio P _S [kN] | Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte F _V [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte F _H [kN] |
| 19,0 | 68,4 | 0,0 | 8,0 | 0,0 | 0,0 |

$$W = s \cdot h \cdot \gamma_i = 0,80 \cdot 4,50 \cdot 19 = 68,40 \text{ kN}$$

$$\alpha = 2 \frac{(\mu - 1)(Nd) + s(W + N)}{(\mu - 1) \left(W \frac{h}{\mu} \right)}$$

Dopo aver determinato, con l'ausilio del foglio di calcolo, il valore del parametro μ che assume valore pari a 5,5555 si ha:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Valore minimo assunto da α_0 | Valore di h_1 per α_0 minimo [m] |
| 0,600 | 3,69 |

$$h_1 = \frac{\mu - 1}{\mu} h = 3,69m$$

$$\alpha_0 = 2 \frac{(5,5555 - 1) \cdot (8 \cdot 0,40) + 0,80 \cdot (68,4 + 8)}{(5,5555 - 1) \cdot \left(68,4 \frac{4,50}{5,5555} \right)} = 0,5998$$

| Valore minimo assunto da α_0 | Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m] | Fattore di Confidenza FC | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| 0,600 | 3,69 | 1,35 | 6,972 | 1,000 | 4,359 |

Massa partecipante al cinematisimo:

$$M^* = \frac{(N_2 \cdot \delta_{x,N2} + P_2 \cdot \delta_{x,P2} + N_1 \cdot \delta_{x,N1} + P_1 \cdot \delta_{x,P1})^2}{g \cdot (N_2 \cdot \delta_{x,N2}^2 + P_2 \cdot \delta_{x,P2}^2 + N_1 \cdot \delta_{x,N1}^2 + P_1 \cdot \delta_{x,P1}^2)}$$

$$M^* = \frac{[12,312 \cdot (-1,8450) + 56,088 \cdot (-1,8450)]^2}{9,81 \cdot [12,312 \cdot (-1,8450)^2 + 56,088 \cdot (-1,8450)^2]} = 6,972kN$$

Accelerazione sismica spettrale:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

$$e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i} = \frac{9,81 \cdot 6,972}{12,312 + 56,088} = 0,9999$$

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} = \frac{0,5998 \cdot 9,81}{1,00 \cdot 1,35} = 4,359 \frac{m}{\text{sec}^2}$$

Per l'analisi cinematica lineare la verifica è soddisfatta se l'accelerazione sismica spettrale, che attiva il meccanismo locale, è maggiore o uguale al rapporto tra il PGA di riferimento moltiplicato il fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione ed il fattore di struttura (§ C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009).

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

Per elementi isolati o porzione di costruzione poggiata a terra

Utilizzando i parametri sismici già precedentemente acquisiti:

$$a_0^* = 4,359 \frac{m}{\text{sec}^2}$$

$$\frac{a_g(P_{VR})S}{q} = \frac{0,209 \cdot 9,81 \cdot 1,386}{2} = 1,421 \frac{m}{\text{sec}^2}$$

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

4,359 ≥ 1,421 La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita è soddisfatta

- (d) Flessione orizzontale di parete monolitica
(Sfondamento della parete del timpano)

L'obiettivo di tale verifica è quello di valutare la possibilità di proporre un ulteriore intervento alternativo per il miglioramento statico del fabbricato preso in esame.

La verifica al meccanismo di collasso per flessione orizzontale di parete monolitica, con particolare riferimento allo sfondamento della parete del timpano, infatti, presuppone, quando essa non sia efficacemente collegata alla copertura, un intervento atto a garantire un sufficiente irrigidimento delle falde del tetto di copertura tale da evitare che la trave di colmo, sotto l'azione di forze sismiche, dia luogo al fenomeno del martellamento. L'azione ciclica di questo fenomeno determina la formazione dei macroelementi di distacco e la conseguente rotazione degli stessi attorno a delle cerniere cilindriche oblique.

- Meccanismi di flessione verticale di parete monolitica ad un solo piano

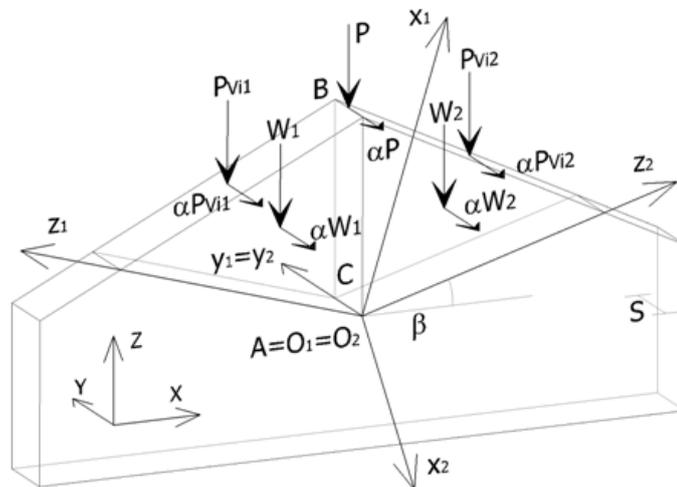
Valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 di attivazione dei meccanismi locali di timpani, sollecitati da azioni fuori dal piano, costituiti da strutture murarie non adeguatamente collegate alla copertura e delle relative PGA per le verifiche.

Nel caso in cui la struttura da esaminare ha già subito gli effetti di un sisma si può giungere agevolmente alla definizione dello schema di calcolo a cui fare riferimento attraverso la lettura del quadro dei dissesti rilevati. Quando, invece, la struttura risulta integra bisogna ipotizzare diverse geometrie dei macroelementi e valutare il minore tra i moltiplicatori di collasso corrispondenti.

Per definire la geometria dei corpi coinvolti nel cinematismo è necessario fissare l'angolo di inclinazione β delle cerniere oblique rispetto all'orizzontale.

Ipotizzando condizioni di simmetria dei carichi agenti sugli elementi strutturali interessati si considera il cinematismo di macroelementi cuneiformi simmetrici rispetto alla verticale passante per il colmo, caratterizzati da grandezze geometriche e di carico simmetriche e definite in maniera unitaria per entrambi i corpi, riferendole genericamente all'*i*-esimo di essi.

Si ipotizza, anche, di trascurare l'effetto di contenimento che si oppone all'allontanamento reciproco dei due macroelementi nel loro moto rigido.



Si definiscono preliminarmente i sistemi di riferimento locale per il corpo 1 e per il corpo 2 con origini rispettivamente in O_1 e O_2 coincidenti con il vertice A del cuneo. Gli assi z_1 e z_2 coincidono con le cerniere cilindriche attorno alle quali ruotano rigidamente i due macroelementi. Gli assi y_1 e y_2 , perpendicolari al piano della parete, sono entranti in essa e coincidenti per i due corpi. Gli assi x_1 e x_2 , perpendicolari rispettivamente agli assi z_1 e z_2 , appartengono al piano della parete e completano la definizione dei due sistemi di riferimento locale.

Si definisce, poi, un sistema di riferimento globale, esterno per i due corpi, con assi X orizzontale e Z verticale appartenenti al piano della parete ed Y ortogonale ad esso.

Nella definizione delle condizioni di vincolo si osserva che, per l'ipotesi di simmetria del sistema di forze e di spostamenti e di comportamento rigido degli elementi strutturali, occorre considerare la presenza di una cerniera nel punto C, dove i due corpi restano in contatto; si considera anche la possibilità che i due macroelementi valutati possano subire degli scorrimenti lungo le cerniere cilindriche nella direzione degli assi z_1 e z_2 . In effetti, nel moto di rotazione rigida dei due macroelementi attorno al proprio asse, ciascun punto, appartenente ad ognuno di essi, subisce spostamenti che possono essere descritti da componenti in direzione x ed y del rispettivo sistema di riferimento locale. In particolare la

componente in direzione y , che coincide nei due riferimenti locale e globale, definisce l'avanzamento di ciascun punto nel moto di ribaltamento; la componente x , che può essere scomposta nelle direzioni orizzontale X e verticale Z del riferimento globale, descrive il sollevamento di ciascun punto e l'allontanamento reciproco dei due corpi rispetto all'asse di simmetria. Quest'ultimo effetto del moto rigido dei due corpi può essere considerato, appunto, ipotizzando lo scorrimento degli stessi lungo le cerniere cilindriche oblique.

Al fine di rendere più agevole la lettura delle formulazioni, che verranno di seguito riportate, si riassumono i simboli utilizzati ed i loro significati:

- W_i è il peso proprio del macroelemento i -esimo;
- P è il carico trasmesso dalla trave di colmo;
- P_{vij} rappresenta l' i -esimo carico verticale trasmesso in testa al macroelemento j -esimo;
- s è lo spessore della parete del timpano;
- β è l'inclinazione della sezione di frattura che individua il macroelemento rispetto all'orizzontale (inclinazione delle cerniere cilindriche oblique);
- d_p è l'arretramento del punto di applicazione del carico trasmesso dalla trave di colmo rispetto alla superficie esterna della parete del timpano;
- d_{ij} è l'arretramento del punto di applicazione dell' i -esimo carico verticale in testa al macroelemento j -esimo rispetto alla superficie esterna della parete del timpano;
- x_{Gi} è la distanza, misurata lungo l'asse locale x_i , del baricentro del macroelemento i -esimo rispetto al proprio polo (punto A);
- x_P è la distanza, misurata lungo l'asse locale x_1 , del colmo della parete rispetto al punto A;
- x_{PVij} è la distanza, misurata lungo l'asse locale x_j , del punto di applicazione della i -esima forza verticale applicata in testa al macroelemento j -esimo rispetto al proprio polo (punto A).

Si procede, quindi, alla definizione del problema cinematico virtuale del sistema di corpi rigidi, assegnando una rotazione virtuale unitaria $\psi = -1$ al corpo 1

attorno al proprio asse di rotazione z_1 . Con riferimento alla teoria del primo ordine, indicati con u_{Pi} , v_{Pi} , w_{Pi} gli spostamenti del generico punto P nelle direzioni rispettivamente x_i , y_i , e z_i , utilizzando anche le condizioni di congruenza in corrispondenza della cerniera C e la simmetria delle traslazioni lungo l'asse Y del punto B si ha:

$$\begin{array}{lll} u_{C1} = s & u_{C2} = u_{A2} - \varphi s & u_{A2} = 0 \\ v_{B1} = -x_{B1} & v_{B2} = -\varphi x_{B1} & \Rightarrow \quad \varphi = 1 \\ w_{C1} = w_{A1} & w_{C2} = w_{A2} & w_{A1} = w_{A2} = stg\beta \end{array}$$

L'entità dello scorrimento dei due macroelementi ($W_{A1} = W_{A2}$), lungo le cerniere cilindriche z_i , è definito sulla base delle condizioni geometriche che descrivono l'entità dell'allontanamento dei punti A_1 ed A_2 di ciascun corpo dall'asse di simmetria. Le componenti di rotazione θ_{xi} e θ_{yi} attorno agli assi x_i ed y_i , rispettivamente, sono nulle perché le cerniere cilindriche consentono rotazioni intorno a z_i . Inoltre, i poli dei due macroelementi A_1 ed A_2 , che appartengono agli assi x_i ed y_i , subiscono solo spostamenti in direzione z_i . Risultano pertanto definiti i seguenti parametri di spostamento generalizzato:

$$\begin{aligned} U_1 &= (u_{01}; v_{01}; w_{01}; \theta_{x1}; \theta_{y1}; \theta_{z1}) = (u_{A1}, v_{A1}, w_{A1}, 0, 0, \psi) = (0; 0; (stg\beta); 0; 0; -1) \\ U_2 &= (u_{02}; v_{02}; w_{02}; \theta_{x2}; \theta_{y2}; \theta_{z2}) = (u_{A2}, v_{A2}, w_{A2}, 0, 0, \varphi) = (0; 0; (stg\beta); 0; 0; 1) \end{aligned}$$

Gli spostamenti virtuali dei punti di applicazione delle forze agenti sul sistema nella rispettiva direzione dell'azione ed espressi nel sistema di riferimento globale, nel quale sono riferite anche le azioni, valgono:

$$\begin{aligned} \delta_{1x1} &= s/2 \Rightarrow \delta_{1z} = (s/2)\cos\beta; \\ \delta_{2x2} &= -s/2 \Rightarrow \delta_{2z} = (s/2)\cos\beta; \\ \delta_{Px1} &= d_P \Rightarrow \delta_{Pz} = d_P \cos\beta; \\ \delta_{PV1x1} &= d_{i1} \Rightarrow \delta_{PV1z} = d_{i1} \cos\beta; \end{aligned}$$

$$\delta_{PV_{i2x2}} = -d_{i2} \Rightarrow \delta_{PV_{i2Z}} = d_{i2} \cos \beta;$$

$$\delta_{1y1} = \delta_{1Y} = -x_{G1};$$

$$\delta_{2y2} = \delta_{2Y} = -x_{G2};$$

$$\delta_{Py1} = \delta_{PY} = -x_P;$$

$$\delta_{PV_{i1y1}} = \delta_{PV_{i1Y}} = -x_{PV_{i1}};$$

$$\delta_{PV_{i2y2}} = \delta_{PV_{i2Y}} = -x_{PV_{i2}};$$

$$\delta_{1z1} = stg\beta \Rightarrow \delta_{1Z} = stg\beta sen\beta$$

$$\delta_{2z2} = stg\beta \Rightarrow \delta_{2Z} = stg\beta sen\beta$$

$$\delta_{Pz1} = stg\beta \Rightarrow \delta_{PZ} = stg\beta sen\beta$$

$$\delta_{PV_{i1z1}} = stg\beta \Rightarrow \delta_{PV_{i1Z}} = stg\beta sen\beta$$

$$\delta_{PV_{i2z2}} = stg\beta \Rightarrow \delta_{PV_{i2Z}} = stg\beta sen\beta$$

L'equazione dei Lavori Virtuali fornisce:

$$-\alpha \left(W_1 \delta_{1Y} + W_2 \delta_{2Y} + P \delta_{PY} + \sum_{i,j} P_{Vij} \delta_{PV_{ijY}} \right) = W_1 \delta_{1Z} + W_2 \delta_{2Z} + P \delta_{PZ} + \sum_{i,j} P_{Vij} \delta_{PV_{ijZ}}$$

$$\alpha = \frac{(W_1 + W_2) \left(\frac{s}{2} \cos \beta + w \right) + P(d_P \cos \beta + w) + \sum_{i,j} P_{Vij} (d_{ij} \cos \beta + w)}{W_1 x_{G1} + W_2 x_{G2} + P x_P + \sum_{i,j} P_{Vij} x_{PV_{ij}}}$$

essendo $w = stg\beta sen\beta$

$$\alpha_0 = \frac{(20,7374 + 20,7374) \left(\frac{0,80}{2} \cos 15 + 0,05548 \right) + 1,3125(0,40 \cos 15 + 0,05548) + 14(0,40 \cos 15 + 0,5548)}{20,7374 \cdot 0,48 + 20,7374 \cdot 0,48 + 1,3125 \cdot 1,38 + 14 \cdot 0,72} =$$

$$\alpha_0 = \frac{25,091468}{31,799154} = 0,789$$

| CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|---|---|
| Spessore della parete s [m] | Inclinazione delle sezioni di frattura rispetto all'orizzontale β [°] | Arretramento del punto di applicazione dell'azione trasmessa dalla trave di colmo rispetto alla superficie esterna del timpano d_P [m] | Arretramento dei punti di applicazione dei carichi verticali in testa al corpo i-esimo rispetto alla superficie esterna del timpano d_{ij} [m] | Distanza del baricentro del corpo i-esimo dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_{G_i} [m] | Distanza del punto di colmo della parete dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_i X_P [m] | Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 1 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_1 $X_{P_{V11}}$ [m] | Distanza del punto di applicazione dell'i-esimo carico verticale in testa al corpo 2 dall'origine, misurata con riferimento all'asse locale x_2 $X_{P_{V12}}$ [m] |
| 0,80 | 15 | 0,40 | 0,40 | 0,48 | 1,38 | 0,72 | 0,72 |
| | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | 0,00 | 0,00 |

Si ipotizza, a favore di sicurezza, per l'angolo β un valore limite pari a 15°

| COORDINATE DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DELLE AZIONI SUI MACROELEMENTI NEL PIANO DELLA PARETE | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Distanza orizzontale e verticale del baricentro del corpo i-esimo rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza verticale del punto di colmo della parete rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 1 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 1 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 2 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Distanza orizzontale e verticale del punto d'applicazione del carico verticale 3 in testa al corpo 2 rispetto al vertice A del cuneo [m] | Coordinate nel sistema di riferimento globale (X-Z) |
| 0,64 | 1,43 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | X |
| 0,67 | | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | Z |

| AZIONI SULLA PARETE | | | | Arretramento del punto di contatto tra i cunei (cerniera C) rispetto alla superficie esterna del timpano a [m] |
|---|--|---|---|--|
| Peso proprio del corpo i-esimo W_i [kN] | Carico trasmesso dalla trave di colmo P [kN] | Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 1 P_{V11} [kN] | Carico verticale i-esimo trasmesso in testa al corpo 2 P_{V12} [kN] | |
| 20,7 | 1,3 | 7,0 | 7,0 | 0,80 |

| Valore di α_0 | Fattore di Confidenza FC | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| 0,789 | 1,35 | 5,337 | 1,452 | 3,946 |

Massa partecipante al cinematismo:

$$M^* = \frac{(N_2 \cdot \delta_{x,N2} + P_2 \cdot \delta_{x,P2} + N_1 \cdot \delta_{x,N1} + P_1 \cdot \delta_{x,P1})^2}{g \cdot (N_2 \cdot \delta_{x,N2}^2 + P_2 \cdot \delta_{x,P2}^2 + N_1 \cdot \delta_{x,N1}^2 + P_1 \cdot \delta_{x,P1}^2)}$$

$$M^* = \frac{(20,7374 \cdot 0,48 + 1,3125 \cdot 1,38 + 20,7374 \cdot 0,48 + 14 \cdot 0,72)^2}{9,81 \cdot (20,7374 \cdot 0,48^2 + 1,3125 \cdot 1,38^2 + 20,7374 \cdot 0,48^2 + 14 \cdot 0,72^2)} = 5,337 \text{ kN}$$

Accelerazione sismica spettrale:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

$$e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i} = \frac{9,81 \cdot 5,337}{20,7374 + 1,3125 + 14} = 1,452$$

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} = \frac{0,789 \cdot 9,81}{1,452 \cdot 1,35} = 3,946 \frac{m}{sec^2}$$

Per l'analisi cinematica lineare la verifica è soddisfatta se l'accelerazione sismica spettrale, che attiva il meccanismo locale, è maggiore o uguale al rapporto tra il PGA di riferimento moltiplicato il fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione ed il fattore di struttura (§ C8A.4.2.3 della Circolare n.617/2009).

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

Per elementi isolati o porzione di costruzione poggiata a terra

Utilizzando i parametri sismici già precedentemente acquisiti:

$$a_0^* = 3,946 \frac{m}{sec^2}$$

$$\frac{a_g(P_{VR})S}{q} = \frac{0,209 \cdot 9,81 \cdot 1,386}{2} = 1,421 \frac{m}{sec^2}$$

$$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q}$$

$$3,946 \geq 1,421$$

La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita è soddisfatta

Conclusioni

Il paesaggio siciliano è fortemente caratterizzato da una architettura rurale tradizionale, espressione di una cultura che si è tramandata nel corso dei secoli fino ai giorni nostri.

Il territorio etneo, in particolare, consta di un patrimonio edilizio rurale prevalentemente costituito da edifici di carattere tradizionale realizzati con tecniche costruttive e materiali radicate in tale contesto di appartenenza.

L'obiettivo del codice di pratica è stato quello di fornire gli strumenti idonei e necessari a salvaguardare i fabbricati esistenti che versano in buono stato di conservazione, a recuperare quelli degradati, a suggerire interventi atti a migliorarne le caratteristiche di resistenza meccanica ed a preservare, di conseguenza, la valenza paesaggistica delle aree dove essi sorgono.

Gli interventi di recupero, conservazione e miglioramento statico proposti per gli edifici rurali tradizionali dell'area etnea vogliono tutti a rispettarne le tecniche di realizzazione, i materiali e soprattutto la loro valenza estetica. Occorre, quindi, prima di poter effettuare qualsiasi intervento conoscere le tecniche di costruzione tradizionale, i materiali impiegati e le loro caratteristiche, relativamente al contesto di appartenenza che li ha contraddistinti.

Il codice di pratica proposto scaturisce dallo studio di una precisa area del territorio etneo, ricadente nel Comune di Aci Castello (CT): tale area è stata individuata dopo un'attenta analisi delle cartografie territoriali, l'uso dei sistemi di esplorazione satellitare ed il sopralluogo fisico, ed è stata scelta come area di studio in quanto fortemente contraddistinta dalla presenza di molti manufatti agricoli tradizionali. L'intento è stato così quello di salvaguardare, attraverso l'intervento locale sui singoli edifici, una parte di territorio manifesto di tecniche costruttive e tipi edilizi da continuare a tramandare alle prossime generazioni.

È stato, quindi, necessario, in primo luogo, inquadrare ed analizzare in linea generale l'area del cono vulcanico etneo, la fascia sud orientale in particolare, su cui ricade il Comune di Aci Castello, al fine di comprendere le peculiarità del contesto paesaggistico ed ambientale dell'area di studio. Sono stati descritti, attraverso la stesura di schede tecniche di rappresentazione, i tipi edilizi dei fabbricati agricoli presenti nel territorio in esame, analizzati gli elementi strutturali e decorativi che li caratterizzano, i materiali utilizzati e le tecniche

impiegate per la loro realizzazione. A completamento delle informazioni generali è stata presa in esame la normativa antisismica nazionale e regionale relativa ai manufatti in muratura analizzandone la sua evoluzione fino alle più recenti leggi evidenziando, successivamente, i comportamenti che tali manufatti assumono a seguito di eventi sismici.

Il lavoro è stato, in seguito, concentrato sull'area campione individuata, sulla sua analisi e sulla descrizione dei fondi e dei fabbricati rurali rilevati ed oggetto di studio. Dall'esame delle caratteristiche morfologiche e strutturali degli edifici rilevati nell'area campione, dalla disamina del loro stato di conservazione, sono stati proposti interventi di risanamento e miglioramento statico, esplicitati con l'ausilio di schede tecniche che sintetizzano ciascun intervento.

Nel capitolo conclusivo si è ritenuto opportuno proporre degli esempi di applicazione numerica relativi ai meccanismi locali di collasso di primo modo ritenuti più significativi, prendendo in esame uno degli edifici rilevati al fine di consentire una maggiore comprensione delle metodologie di calcolo proposte e dei risultati ottenibili.

Il lavoro svolto tende a fornire una metodologia utilizzabile dai tecnici interessati alla progettazione di interventi di recupero, risanamento e miglioramento statico di edifici rurali tradizionali, nel rispetto delle loro specifiche caratteristiche architettoniche e delle tecniche costruttive e conseguentemente atti a salvaguardare il valore paesaggistico delle aree su cui essi insistono.

Bibliografia

- Alleruzzo di Maggio M.T., Formica C., Fornaro A., Gambino J. C., Pecora A., Ursino G. 1973. *La casa rurale nella Sicilia orientale*. C.N.R. "Ricerche sulle dimore rurali in Italia, vol. 30". Leo S. Olschki, Firenze.
- Brunskill R.W. 1999. *Traditional farm buildings of Britain and their conservation*. Gollanz, London.
- Caleca G., De Vecchi A. 1990. *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*. Flaccovio, Palermo.
- Capolei G., Fasulo F. 1989. *Nozioni di urbanistica e pianificazione territoriale*. Littlegraf, Roma.
- Carter J. 1997. 'A sense of place'. *An interpretive planning handbook*. (1st ed.). Tourism and Environment Initiative: Inverness.
- Cascone G., Arcidiacono C. 2001. Sulle condizioni di collasso degli edifici agricoli tradizionali per forze sismiche perpendicolari alle pareti (Failure conditions for seismic forces perpendicular to the walls of traditional agricultural buildings). *Rivista di Ingegneria Agraria*, 1: 37-45.
- Cascone G., Arcidiacono C. 2007. Definizione di un metodo di verifica per forze sismiche conplanari alle pareti di edifici agricoli tradizionali (Definition of a safety verification method for in-plane seismic forces of traditional agricultural buildings walls). *Journal of Agricultural Engineering*, 2: 39-48.
- Cascone G., Di Fazio S., Pennisi P. 1996. A method for evaluating the suitability for re-use of redundant rural buildings. Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering (EurAgEng), paper 96-B-021, Madrid.
- Cascone G., Failla A., Di Fazio S. 1990. Tutela, valorizzazione e riuso dell'architettura rurale tradizionale nella regione etnea. In Proceedings of the Seminar of the 2nd Section of the AIGR on the theme "Analisi, progettazione e gestione del territorio rurale", Cittadella Pieve (Perugia), June 7-8, 311-326.
- Cascone G., Pennisi P., Di Fazio S. 1997. Edificios protoindustriales para la producción de vino en Sicilia. Los Palmentos y las bodegas del Etna desde el S. XVII al XIX. *Informes de la Construcción*, 49(450): 61-75, doi: 10.3989/ic.1997.v49.i450.949.
- De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992. *Il recupero delle coperture*, Flaccovio, Palermo.
- Di Fazio S., Porto S.M.C., Pirri A. 2000. Definizione dei caratteri distintivi dell'architettura rurale per la valorizzazione dell'identità locale. In Proceedings of the VII National Conference of the Italian Association of Agricultural Engineering on the theme "Ingegneria Agraria per lo sviluppo dei paesi del Mediterraneo", Vieste del Gargano, (Foggia), September 11-14.
- ECOVAST. 1996. *Traditional Rural Architecture: A Strategy for Europe*. European Council for the Village and Small Town: United Kingdom Eastleigh.

Failla A., Cascone G., Porto S.M.C. 2005. Approccio metodologico per il recupero sostenibile dell'edilizia rurale tradizionale. In R.U.R.A.L.I.A. *'La tutela dell'architettura rurale nell'evoluzione del sistema produttivo'*, Stella Agostini e Agnese Serra (a cura di). Società Editrice Fiorentina: Firenze; 131-145.

Failla A., Di Fazio S. 2000. Il patrimonio architettonico rurale del calatino: un progetto di conoscenza per il recupero e la valorizzazione. *Tecnica Agricola*, 2: 45-71.

Failla A., Di Fazio S., Porto S.M.C. 2005. *Ricerca conoscitiva, esperienze in atto e proposte metodologiche per il recupero del patrimonio architettonico rurale in Sicilia*, Tecnica Agricola n.4.

Failla A., Di Fazio S. 1998 (Gennaio Giugno). *Le costruzioni per l'agricoltura nel paesaggio Etneo: stato attuale e prospettive di valorizzazione - parte prima: caratteristiche tipologiche e costruttive dell'architettura rurale tradizionale*, Tecnica Agricola.

Failla A., Di Fazio S., Porto S.M.C. 2005. *Conoscenza e recupero del patrimonio architettonico rurale in Sicilia*, Tecnica Agricola n.4.

Fuentes JM. 2010. Methodological bases for documenting and reusing vernacular farm architecture. *Journal of Cultural Heritage* 11: 119-129.

García A.I., Ayuga F. 2007. Re-use of abandoned buildings and the rural landscape: the situation in Spain. *Transactions of the ASABE* 50(4): 1383-1394.

García A.I., Hernández J., Ayuga F. 2006. Analysis of the materials and exterior texture of agro-industrial buildings: a photo-analytic approach to landscape integration. *Landscape and Urban Planning*, 74: 110-124.

Giovanetti F. 1992. *Manuale dei recupero del centro storico di Palermo*. Flaccovio, Palermo.

Giovanetti F. 1997. *Manuale del recupero del comune di Roma*. Dei.

Giuffrè A. 1991. *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Kappa, Roma.

Giuffrè A. 1999. *Sicurezza e conservazione dei centri storici – Il caso Ortigia*. Laterza, Bari.

Giuffrè A., Carocci C. 1999. *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo*. Laterza, Bari.

Gurrieri F. 1999. *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici*. Dei, Roma.

ICOMOS. 1999. Charter on the built vernacular heritage. October 1999.

ICOMOS. 2008. Charter for the interpretation and presentation of cultural heritage site. October 2008.

Imbrighi G. 1992. *I Materiali dell'architettura tra tecnologia e ambiente*. Kappa, Roma.

Liberatore D. 2001. *Progetto Catania: indagine sulla risposta sismica di due edifici in muratura*. CNR "Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti", Roma.

Mambriani A., Zappavigna P. 2006. *Edilizia rurale e territorio. Analisi, metodi, progetti*. Mattioli, Fidenza.

Palumbo G. 1991. Le residenze di campagna nel versante orientale dell'Etna. *Dipartimento di Architettura e Urbanistica - Università di Catania*, Documenti, 6.

Porto SMC., Leanza P.M., Cascone G. 2012. Developing interpretation plans to promote traditional rural buildings as built heritage attractions. *International Journal of Tourism Research*, 14: 421-436.

Santoro L. 2007. *Rischio sismico e patrimonio monumentale*. Flaccovio, Palermo.

Torreggiani D., Tassinari P. 2012. Landscape quality of farm buildings: the evolution of the design approach in Italy. *Journal of Cultural Heritage*, 13: 59-68.

Zevi B. 1996. *Il Nuovo manuale dell'Architetto*. Mancosu, Roma.

Zevi B. 2008. *Manuale del restauro architettonico*. Mancosu, Roma.

Zordan L., Bellicoso A., De Berardinis P., Di Giovanni G., Morganti R. 2002. *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*. Gte, L'Aquila (Università degli Studi dell'Aquila - Dip. di Architettura e Urbanistica).

Riferimenti normativi

Bollettino Ufficiale Regionale della Regione Friuli Venezia Giulia, L.R. del 20 giugno 1977 n.30, *Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici*. Bollettino Ufficiale Regionale del 20 giugno 1977 n. 059.

Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana, D.A. n. 6080 del 21 maggio 1999, *Linee guida del Piano Territoriale Paesistico Regionale*. G.U.R.S., 23 settembre 1999 n. 46, Palermo.

Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana, L.R. del 15 settembre 2005 n.10, *Norme per lo sviluppo turistico della Sicilia e norme finanziarie Urgenti*. G.U.R.S. del 16 settembre 2005 n.39, Palermo.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 10 aprile 1997 n.65/AA.G., *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*. G.U. del 28 aprile 1997 n.97, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n.617, *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni*. S.O. n.27 della G.U. del 26 febbraio 2009 n.47, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, D. M. LL.PP. del 16 gennaio 1996, *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*. G.U. del 05 febbraio 1996 n.29, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, D. M. LL.PP. del 2 luglio 1981 n.593, *Normativa per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia*. G.U. del 21 luglio 1981 n.198, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, D. M. LL.PP. del 20 novembre 1987, *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*. G.U. del 05 dicembre 1987 n.285, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, D. M. LL.PP. del 3 marzo 1975 n.40, *Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*. G.U. del 8 aprile 1975 n.93, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, D.M.LL.PP. e le Attività Culturali del 6 ottobre 2005, *Individuazione delle diverse tipologie di architettura rurale presenti sul territorio nazionale e definizione dei criteri tecnico-scientifici per la realizzazione degli interventi, ai sensi della Legge 378/2003*. G.U. del 12 ottobre 2005 n.238,Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 settembre 2005, *Norme tecniche per le costruzioni*. G.U. del 23 settembre 2005 n.222, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008, *Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*. G.U. del 4 febbraio 2008 n.29,Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Legge del 24 dicembre 2003 n. 378, *Disposizioni per la tutela e la valorizzazione dell'architettura rurale*. G.U. del 17 gennaio 2004 n.13, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Legge n.64 del 2 febbraio 1974, *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*. G.U., 21 Marzo 1974 n.76, Roma.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2005 n.3431 (modifiche ed integrazioni all'O.P.C.M. n.3274 del 2003), *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. G.U. n.245 del 20 ottobre 2005,Roma.

Ministero dei Lavori Pubblici - Presidenza del Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale, Circolare del 30 luglio 1981 n. 21745, *Istruzioni per l'applicazione della Normativa tecnica per la riparazione e il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma*.

Ministero dei Lavori Pubblici - Presidenza del Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale, Circolare del 4 gennaio 1989 n.30787, *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*.

Ringraziamenti

Alla fine dei tre anni di dottorato, sento il dovere ed il piacere di ringraziare quanti mi hanno sostenuto in questo percorso.

Primo fra tutti il Prof. Giovanni Cascone, ordinario di Costruzioni Rurali e Territorio Agroforestale dell'Università di Catania, docente di grande professionalità e di comprovata esperienza, uomo di alta integrità morale che mi ha generosamente offerto un validissimo contributo teorico e metodologico durante tutte le fasi di studio. Fonte di confronto e di crescita professionale nonché di stimolo ad approfondire le tematiche del dottorato.

Un grazie di cuore al Prof. Salvatore Di Fazio, ordinario di Costruzioni Rurali e Territorio Agroforestale dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, innanzitutto, per avermi incoraggiato a partecipare al concorso di Dottorato Internazionale e, soprattutto, per la gratificante descrizione della mia carriera professionale riportata nella lettera di presentazione per la partecipazione al concorso stesso.

Infine, desidero ringraziare con affetto ed amicizia gli architetti Massimo Castorina ed Antonino Fisichella, colleghi di lavoro, i quali, spinti anch'essi dal desiderio di conoscenza e appassionati all'argomento oggetto della tesi di dottorato, hanno contribuito, con le loro professionalità e competenze specifiche, al risultato finale del mio lavoro.