



Regione Toscana

L'esperienza della prevenzione sismica in Toscana

Interventi strutturali sugli edifici privati

Andrea Melozzi





Regione Toscana

L'esperienza della prevenzione sismica in Toscana

Interventi strutturali sugli edifici privati



Regione Toscana



Regione Toscana - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Settore Sismica

A cura di:

Andrea Melozzi

Regione Toscana

Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile - Settore Sismica

Coordinamento Progetto grafico:

Regione Toscana

Direzione Generale della Giunta Regionale

Settore Comunicazione, Cerimoniale ed Eventi

Dirigente Paolo Ciampi

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura della

Biblioteca Toscana Pietro Leopoldo del Consiglio regionale della Toscana

L'esperienza della prevenzione sismica in Toscana : interventi strutturali sugli edifici privati

/ a cura di Andrea Melozzi ; Regione Toscana, Direzione Difesa del suolo e Protezione civile,

Settore Sismica ; presentazione di Eugenio Giani ; introduzione di Monia Monni. - Firenze :

Regione Toscana, 2024

1. Melozzi, Andrea 2. Toscana <Regione> : Direzione Difesa del suolo e Protezione civile :

Settore Sismica 3. Giani, Eugenio 4. Monni, Monia

624.176209455

Edifici - Danni [da] Terremoti - Prevenzione - Toscana

ISBN 09788870401608

Stampa a cura del Consiglio Regionale della Toscana. Marzo 2024

Sommario

Presentazione	5
Introduzione	7
1 Premessa	9
2 Le recenti attività della Regione Toscana	17
3 Il Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico	19
4 L'attuazione regionale del Piano	23
5 La Piattaforma "MePP11"	37
6 Il raffronto tra i benefici conseguenti ad interventi strutturali preventivi e i danni post-evento sismico	43
6.1 Il quadro di danneggiamento rilevato su edifici oggetto di interventi strutturali, realizzati prima di un evento sismico	43
6.2 Il raffronto, in termini economici, tra le risorse utilizzate per interventi di prevenzione sismica e quelli per la ricostruzione post-sisma	51
7 BEST PRACTICES	59
7.1 Interventi strutturali sugli edifici in muratura	59
7.1.1 Formazione dei diaframmi di piano.....	59
7.1.2 Connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano	71
7.1.3 Collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli	84
7.1.4 Incremento della capacità delle pareti.....	85
7.1.5 Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte.....	89
7.1.6 Altri interventi	90
7.2 Interventi strutturali sugli edifici in cemento armato	93
7.3 Interventi strutturali sugli edifici in acciaio	94
7.4 Interventi sugli elementi non strutturali	95
7.5 Interventi di demolizione e ricostruzione	98

Presentazione

Le politiche di prevenzione sismica sono attuate dalla Regione Toscana da almeno 30 anni e si sono rivolte anche al miglioramento strutturale del patrimonio edilizio privato.

Sono stati attivati nel tempo molti programmi finalizzati alla riduzione del rischio sismico, nella logica della prevenzione e non in quella della ricostruzione post-evento; si è trattato, per la prima volta in Italia, di una iniziativa pubblica rivolta agli edifici privati, finalizzata a ridurre i danni da eventuali futuri terremoti.

Questi programmi, evento unico nel contesto nazionale, sono stati attivati appunto non a seguito di un evento, ma in un'ottica di prevenzione al fine di adottare tutte le misure possibili per conoscere la pericolosità sismica del territorio, ridurre l'esposizione e la vulnerabilità sismica, e programmare i successivi interventi strutturali coinvolgendo in particolare le aree a maggior rischio sismico.

I benefici strutturali ottenuti con questi interventi hanno avuto un importante riscontro a seguito del sisma del 21 giugno 2013 con epicentro tra la Garfagnana e la Lunigiana.

Tale evento infatti, caratterizzato da una magnitudo pari a 5.2 e con epicentro localizzato nel territorio comunale di Fivizzano, secondo le analisi e le valutazioni effettuate dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia, ha causato un limitato danneggiamento - confrontato con analoghe situazioni a livello nazionale - poiché in queste aree si è investito sulla conoscenza geologica del territorio e sul miglioramento e/o sull'adeguamento sismico degli edifici pubblici e privati.

*Eugenio Giani
Presidente della Regione Toscana*

Introduzione

Questo volume, che ritengo di interesse, realizzato dal Settore Sismico della Regione Toscana con la collaborazione della nostra tipografia regionale, descrive le attività nel campo della prevenzione sismica del patrimonio edilizio privato, condotte dal medesimo Settore regionale in questi ultimi anni, in coordinamento con i Comuni della Toscana classificati in zona sismica 2 (media-elevata pericolosità) in qualità di enti attuatori.

Tali importanti iniziative rientrano tra le azioni strutturali finalizzate alla prevenzione sismica degli edifici.

La Regione Toscana, nell'ambito delle attività di riduzione del rischio sismico, avviate da oltre 30 anni, ha impostato una programmazione pluriennale di interventi finalizzati alla prevenzione, modulati in relazione alle risorse di cui alla Legge Regionale 58/2009 "Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico".

Più recentemente, tale politica di prevenzione sismica è stata fortemente accelerata grazie all'utilizzo di ulteriori fondi di provenienza nazionale, di cui alla L. 77/2009 "Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico" e ad altri canali di finanziamento nazionali.

Tali contributi hanno conseguito un aumento del livello di sicurezza del patrimonio edilizio, mediante la progettazione e realizzazione di interventi strutturali sugli edifici pubblici strategici e rilevanti, ma anche sul patrimonio edilizio privato, con priorità di intervento nella zona sismica 2.

Peraltro, già a partire dalla seconda metà degli anni '90, con l'emanazione della prima legge italiana sulla prevenzione sismica, la Legge Regionale 30 luglio 1997 n° 56, furono avviati diversi programmi finalizzati alla riduzione del rischio sismico; in particolare si trattò, per la prima volta in Italia, di una iniziativa pubblica rivolta anche agli edifici privati finalizzata a ridurre i danni di eventuali terremoti, nella logica della PREVENZIONE.

Questi programmi, evento unico nel contesto nazionale, furono attivati non a seguito di un evento sismico, ma nell'ottica appunto di prevenzione al fine di adottare tutte le misure possibili per conoscere la pericolosità sismica del territorio e ridurre l'esposizione e la vulnera-

bilità sismica, soprattutto nelle aree a maggior rischio, che in Toscana si possono individuare come le zone afferenti alle aree del crinale appenninico e del Monte Amiata.

I benefici strutturali ottenuti con questi interventi ebbero un importante riscontro a seguito del sisma del 21 giugno 2013 con epicentro tra la Garfagnana e la Lunigiana, ed influirono non poco nella riduzione dell'impatto ipotizzato.

Tale evento infatti, caratterizzato da una magnitudo pari a 5.2 e con epicentro localizzato nel territorio comunale di Fivizzano, secondo le analisi e le valutazioni effettuate dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia, ha causato un limitato danneggiamento (confrontato con analoghe situazioni a livello nazionale), poiché da più di trent'anni in queste aree si è investito sulla conoscenza geologica del territorio e sul miglioramento e/o sull'adeguamento sismico degli edifici pubblici e privati (rappresentando per quest'ultimi un'assoluta novità sul panorama nazionale).

Il presente volume ha cercato di dimostrare come gli interventi di prevenzione sismica strutturale, siano anche convenienti dal punto di vista economico.

Infatti, confrontando i costi degli interventi effettuati, utilizzando sia i contributi della Legge 77/2009, che i parametri economici utilizzati dalle normative della ricostruzione Centro Italia, si è visto che il rapporto tra prevenzione/ricostruzione va da 1:4 a 1:7, in relazione al tipo di intervento eseguito.

Infine, si è voluto fornire un'ampia documentazione fotografica degli interventi eseguiti, distinguendo le varie tipologie di intervento indicate dalle Norme Tecniche nazionali.

La prevenzione sismica deve però avere continuità per potere trovare applicazione efficace, tenendo in considerazione il fatto che le risorse impegnate in prevenzione riducono in maniera drastica l'impegno (anche meramente economico) necessario in fase di emergenza e successiva ricostruzione.

*Monia Monni
Assessora all' Ambiente, economia circolare,
difesa del suolo, lavori pubblici e Protezione Civile
della Regione Toscana*

Premessa

La Regione Toscana è impegnata da molti anni nel campo della **prevenzione sismica**.

Già dai primi anni '80 furono avviate numerose attività di riduzione del rischio sismico, a partire dalle zone della Garfagnana (LU) e Lunigiana (MS) nell'ambito del **"Progetto Terremoto"**, una ricerca scientifica pubblicata dalla Regione Toscana nel 1987 che raccoglieva gli esiti dei primi studi sulla pericolosità sismica e sulla vulnerabilità del patrimonio edilizio esistente.

Conseguentemente vi fu la programmazione ed effettuazione dei primi interventi strutturali preventivi sugli edifici pubblici strategici e rilevanti, anche a seguito dell'emanazione della **Legge 730/86** che mise in campo allora circa 20 mln di euro.

I contributi andarono a finanziare interventi di adeguamento e miglioramento sismico preventivo di edifici pubblici in Garfagnana e Lunigiana (scuole, ospedali, municipi, ecc.).

Era il primo caso in Italia che riguardava contributi destinati ad interventi strutturali da realizzare PRIMA e non DOPO un evento calamitoso, come accadeva solitamente.

Un ulteriore impulso fu a seguito dell'evento sismico del 10 ottobre 1995 in Lunigiana (magnitudo 4.9).

I finanziamenti statali che furono poi erogati con la **Legge 74/96** furono destinati non solo alla mera riparazione dei danni ma andavano anche nella logica della prevenzione poiché potevano essere utilizzati anche per interventi di adeguamento e miglioramento sismico.

Gli interventi non riguardarono solo gli edifici pubblici ma anche gli edifici privati e di culto.

A partire dalla seconda metà degli anni '90, con l'emanazione

della prima legge italiana sulla prevenzione sismica, la **Legge Regionale 30 luglio 1997 n° 56**, furono avviati diversi programmi finalizzati alla riduzione del rischio sismico.

Si trattò, per la prima volta in Italia, di una iniziativa pubblica rivolta anche agli **edifici privati** finalizzata a ridurre i danni di eventuali terremoti, nella logica della **PREVENZIONE**.

Questi programmi, evento unico nel contesto nazionale, furono attivati non a seguito di un evento sismico dannoso, ma in un'ottica appunto di prevenzione al fine di adottare tutte le misure possibili per conoscere la pericolosità sismica del territorio e ridurre l'esposizione e la vulnerabilità sismica, soprattutto nelle aree a maggior rischio, che in Toscana si possono individuare come le zone afferenti alle aree del crinale appenninico e del Monte Amiata.

La finalità della L.R. 56/97 fu quella di prevedere l'avvio sistematico di valutazioni, studi ed indagini applicate e di dettaglio della vulnerabilità degli edifici in cemento armato e muratura e sui beni architettonici, di **microzonazione** sismica su centri urbani, ma anche di prevedere **il finanziamento ai privati per interventi strutturali di miglioramento sismico preventivo**.

Le Unità Immobiliari oggetto di co-finanziamento erano esclusivamente quelle destinate ad uso residenziale o sede di attività commerciale, artigianale e produttiva.

Essendo la prima iniziativa "pilota", l'ambito di applicazione si limitò alle aree della Garfagnana (LU) e della Lunigiana (MS) dove, come già detto, erano state avviate le prime attività di studio e di prevenzione sul rischio sismico in Toscana negli anni '80.

In **tabella 1.1** si riporta un quadro riepilogativo degli interventi di prevenzione sismica negli anni '80-'90:

Normativa	N. edifici/U.I.*	Tipologia edifici	€
Legge 730/86	110	Edifici pubblici strategici e rilevanti	54.500.000,00
Legge 74/96	38	Edifici pubblici	11.700.000,00
	108	Edifici privati	11.200.000,00
	56	Edifici di culto e somme urgenze	3.800.000,00
Legge Regionale 56/97	450*	Edifici privati	6.700.000,00
totale	762		87.900.000,00 ¹

Tabella 1.1

¹ Gli importi in Euro sono aggiornati al 2022

I benefici strutturali ottenuti con questi interventi ebbero la “*prova del nove*” a seguito del sisma del 21 giugno 2013 con epicentro tra la Garfagnana e la Lunigiana, ed influirono non poco nella riduzione dell’impatto.

Tale evento infatti, caratterizzato da una magnitudo pari a 5.2 e con epicentro localizzato nel territorio comunale di Fivizzano, secondo le analisi e le valutazioni effettuate dall’Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia, ha causato un limitato danneggiamento (confrontato con analoghe situazioni a livello nazionale), poiché da più di trent’anni in queste aree si è investito sulla conoscenza geologica del territorio e sul miglioramento e/o sull’adeguamento sismico degli edifici pubblici e privati (rappresentando per quest’ultimi un’assoluta novità sul panorama nazionale).

Volendo fare un approfondimento, possiamo analizzare anche quanto emerge dalla sismicità dell’area, partendo dai dati della **Lunigiana**.

L’area della Lunigiana è tra le più sismiche del territorio regionale toscano, la cui sismicità è legata all’evoluzione geologica della porzione settentrionale della catena appenninica.

In **figura 1.1** è visibile la distribuzione sul territorio della Lunigiana dei principali eventi sismici, con valore di Magnitudo Equivalente (ME) superiore a 5.

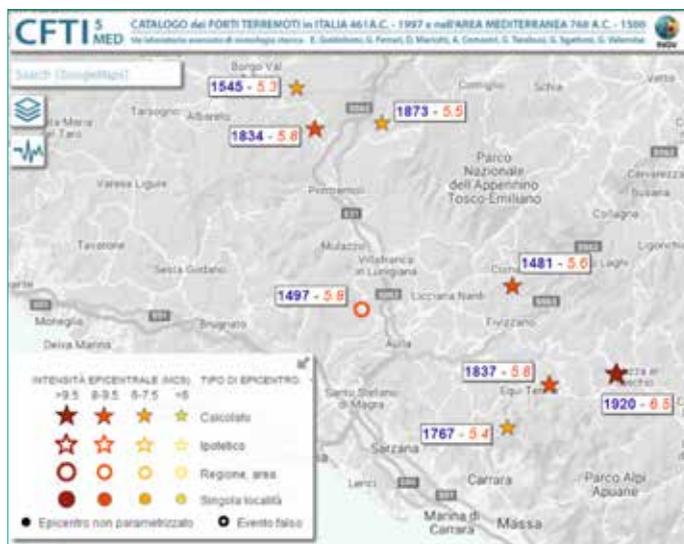


Figura 1.1

Distribuzione dei maggiori eventi sismici nell’area lunigianese.

Fonte: <https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/study/CFTI5med>

Trattandosi di eventi storici, avvenuti prima della realizzazione delle reti sismiche in grado di acquisire direttamente i parametri necessari alla caratterizzazione strumentale degli eventi (generalmente in termini di Magnitudo), tale parametro è stato stimato sulla base della distribuzione ed intensità dei danneggiamenti documentati e definito Magnitudo Equivalente (ME).

Gli eventi sismici rappresentati hanno tutti ME compreso tra 5 e 6, ad eccezione del più recente (settembre 1920), caratterizzato dalla più elevata magnitudo stimata per la storia sismica dell'Appennino Settentrionale (6.5).

In epoca recente l'area della Lunigiana è stata interessata da migliaia di eventi sismici (localizzati dalle reti nazionali e locali) e di cui, in **figura 1.2**, sono illustrati gli eventi con magnitudo maggiore di 2 rilevati dal 1985 ad oggi.



Figura 1.2

Sismicità strumentale dell'area della Lunigiana dal 1985 ad oggi; con le stelle sono indicati i principali eventi del 1995 e 2013. Fonte: INGV (<http://terremoti.ingv.it/>)

Tra questi eventi, i più dannosi si sono verificati nel settore meridionale della vallata nell'ottobre del 1995 e nel giugno del 2013.

In **tabella 1.2** sono riportati i principali dati sismologici.

data	ora	Lon	Lat	Magnitudo	Profondità	Località
10/10/1995	07:54:22	44.13	10.01	Md=4.6	5 km	Fosdinovo
21/06/2013	12:33:56	44.13	10.14	Mw=5.1	7 km	Carrara

Tabella 1.2

Dati relativi ai due eventi sismici oggetto di analisi. Fonte INGV (<http://terremoti.ingv.it/>)

Tra i due eventi sussistono differenze a livello sismologico; in termini di magnitudo i due eventi sono stati parametrizzati mediante due differenti tecniche e forniscono valori confrontabili ma concettualmente differenti (la Magnitudo durata M_d si stima sulla base della durata dei sismi, mentre la Magnitudo Momento M_w si stima a seguito della definizione del meccanismo focale dell'evento sismico). In termini di M_w , comunque, il CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) attribuisce un valore di 4,82.

Inoltre, sono differenti anche in termini di epicentro (l'evento del 1995 è ubicato su un crinale che separa la Lunigiana dalla Val di Vara mentre il terremoto del 2013 è localizzato a ridosso del massiccio delle Apuane) e per ciò che concerne la distribuzione dei risentimenti, (**fig. 1.3**) molto più estesa per l'evento del 1995 (il che potrebbe indurre a considerare anche una differente propagazione del treno di onde sismiche dall'ipocentro).

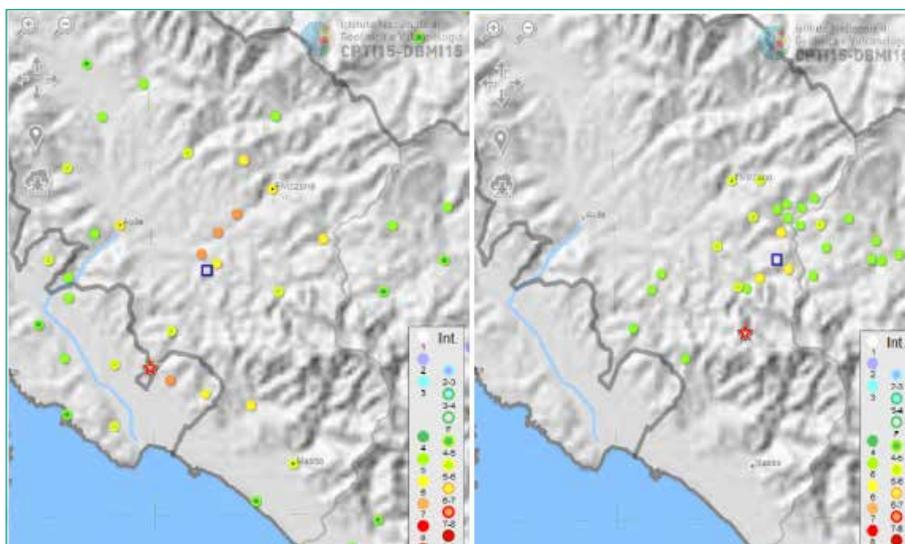


Figura 1.3

Confronto risentimento macrosismico fra i due eventi **1995** (a sx) e **2013** (a dx)

Di seguito sono invece riportate alcune immagini relative al rilievo macrosismico successivo agli eventi del 07/09/1920 (magnitudo 6.5 – **fig. 1.4**), del 10/10/1995 (magnitudo 4.9 – **fig. 1.5**) e del 21/06/2013 (magnitudo 5.2 – **fig. 1.6**).²

² Fonte: Catalogo DBMI15 Data Base Macrosismico Italiano v.4.0

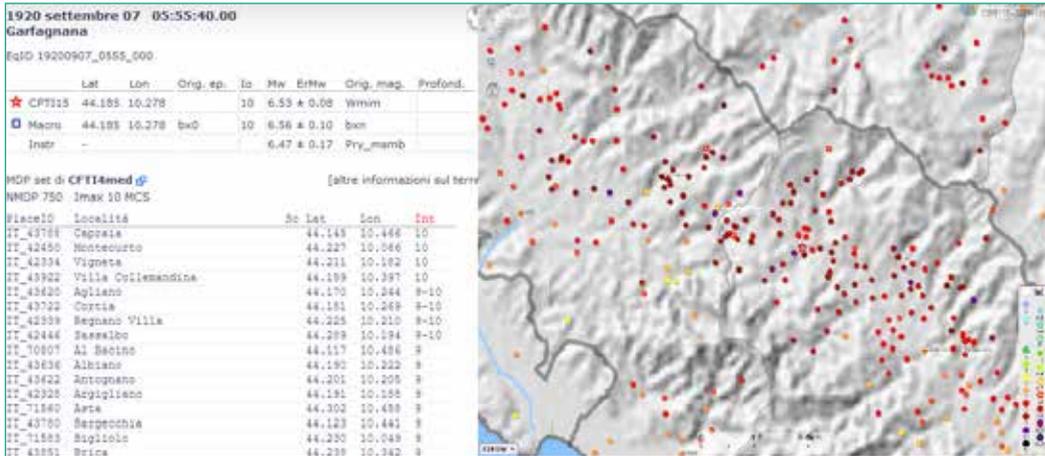


Figura 1.4 Evento sismico del 7 settembre 1920 – M 6.5

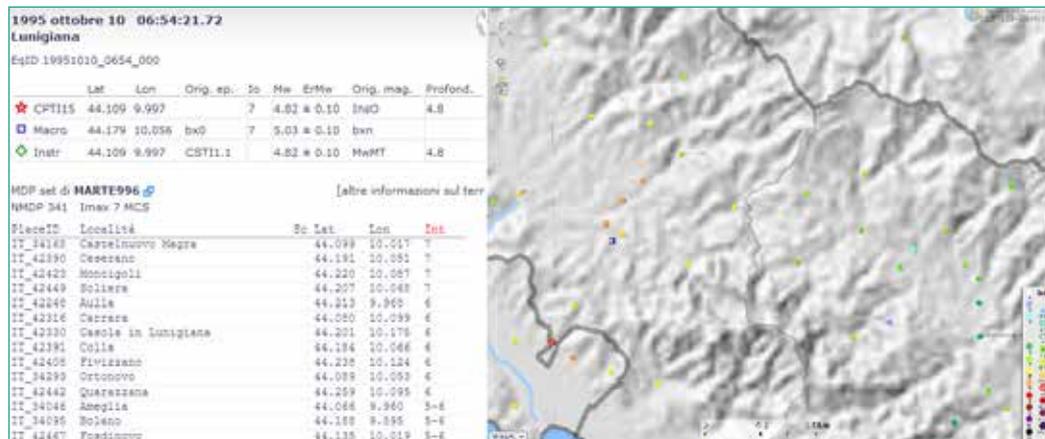


Figura 1.5 Evento sismico del 10 ottobre 1995 – M 4.9

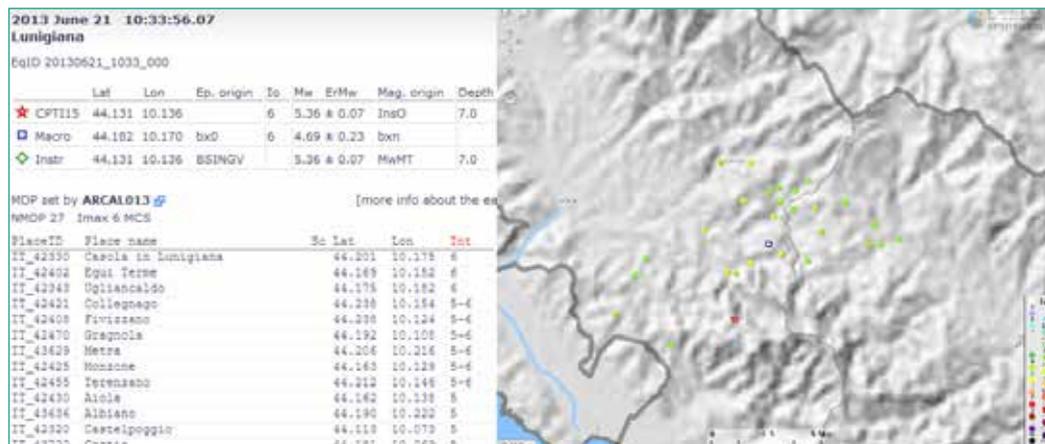


Figura 1.6 Evento sismico del 21 giugno 2013 – M 5.2

Si intende sottolineare come, dal confronto tra la mappa del risentimento macrosismico dell'evento del 1995 e quello più recente del 2013, i due eventi presentino caratteristiche paragonabili (sia in termini di ubicazione, magnitudo e profondità ipocentrale).

Si nota invece una netta differenza nel quadro di danneggiamento, con discrepanze, in termini di intensità macrosismica, di oltre 1-1,5 gradi MCS.

Ciò emerge chiaramente dal Rapporto³ macrosismico redatto dal Gruppo **QUEST** nel 2013.

Questa netta diminuzione del quadro di danneggiamento può essere spiegata, come anche riportato nel suddetto Rapporto, grazie agli effetti positivi della mirata **politica di prevenzione sismica avviata dalla Regione Toscana** a partire dagli anni '90 su quel territorio, che ha portato ad investimenti importanti (mediante la L.R. 56/97, prima legge in Italia che ha finanziato risorse, PRIMA e NON DOPO un evento sismico) per la prevenzione e messa in sicurezza degli edifici pubblici e privati.

I risultati di tale politica, come riportato anche nel suddetto rapporto, "*... si sono evidenziati proprio in occasione del terremoto del 21 giugno 2013, i cui effetti sull'edificato si sono rivelati complessivamente contenuti.*"

Nel capitolo 6 saranno infine illustrati i raffronti tra i benefici conseguenti agli interventi strutturali preventivi, in relazione ai danni post-evento sismico. Gli interventi sono quelli realizzati con i fondi della L.R. 56/97 e la Legge 77/09, in relazione agli eventi sismici della Lunigiana 2013 e del Mugello 2019 (magnitudo 4.5).

³ (Rapporto macrosismico sul terremoto del 21 giugno 2013 (ML 5.2) in Lunigiana e Garfagnana (province di Massa-Carrara e di Lucca) - aggiornato al 30 giugno 2013

Le recenti attività della Regione Toscana

La Regione Toscana, nell'ambito delle attività di riduzione del rischio sismico avviate, come abbiamo detto, da oltre 30 anni, ha impostato una programmazione pluriennale di interventi finalizzati alla **prevenzione del rischio sismico**, modulati in relazione alle risorse di cui alla **Legge Regionale 58/2009 "Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico"**, che annualmente si sono rese disponibili sul bilancio regionale.

Più recentemente, tale politica di prevenzione sismica è stata fortemente accelerata grazie all'utilizzo di ulteriori fondi di provenienza nazionali di cui alla **L. 77/2009 (Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico)** e ad altri canali di finanziamento nazionali finalizzati in particolare ad interventi strutturali, quali ad esempio la L. 289/2002, la L. 244/2007, il POR CREO 2007-2013, la L. 145/2018 art. 1 c. 134 e il POR FESR 2021-2027.

Tale politica di progressiva riduzione del rischio è stata attuata gradualmente nel corso degli anni, grazie a finanziamenti europei, nazionali e regionali che hanno consentito la realizzazione di una serie di attività prioritarie di prevenzione sismica conseguendo:

- un netto miglioramento delle **conoscenze del terreno e del sottosuolo** in generale in chiave di pericolosità sismica;
- una maggiore conoscenza degli edifici mediante **indagini e verifiche tecniche**;
- un aumento del livello di sicurezza mediante la progettazione e realizzazione di **interventi strutturali di prevenzione sismica** del patrimonio edilizio con particolare riferimento agli edifici pubblici strategici e rilevanti (EPSR) ma anche agli **edifici privati**, con priorità alla zona sismica 2.



Figura 2 Conoscenza del sottosuolo, degli edifici ed interventi strutturali migliorativi

Il piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico

Il **Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico** (art.11, Legge n. 77/2009 - "ricostruzione Abruzzo") ha previsto un finanziamento nazionale complessivo di 965 milioni di euro nell'arco di 7 anni (2010-2016) finalizzato ad interventi sul patrimonio edilizio pubblico e **privato** e alla realizzazione di indagini conoscitive.

Con varie **Ordinanze** del Capo Dipartimento della Protezione Civile sono state disciplinate le modalità operative degli interventi e con successivi atti regionali è stato approvato **l'elenco degli interventi ammissibili e finanziabili** a seguito di 87 bandi comunali, nei limiti delle risorse disponibili pari a complessivi **12,5 mln di Euro**, ai quali si è aggiunto **1 mln di Euro di fondi regionali**.

Le tipologie di intervento sugli **edifici privati**, ritenute ammissibili e finanziabili, sono quelle relative ad interventi **strutturali** di:

- **Rafforzamento locale:** che riguardano prevalentemente l'eliminazione di singole vulnerabilità della struttura senza variarne il comportamento globale, l'eliminazione di spinte, la riduzione del rischio di ribaltamenti, la sistemazione di elementi non strutturali, l'aumento della duttilità (per gli edifici in c.a.). Non sono consentiti, perché non ritenuti sufficienti, in edifici che presentano "carenze strutturali gravi" (allegato 5 Ordinanze).
- **Miglioramento sismico:** sono interventi strutturali per i quali deve essere eseguita una valutazione di sicurezza prima e dopo l'intervento che deve verificare un valore minimo del rapporto capacità/domanda da raggiungere pari al 60% (salvo beni vincolati) ed un aumento della capacità minimo del 20% di quella corrisponde all'adeguamento sismico;

- **Demolizione e ricostruzione:** i nuovi edifici devono essere conformi alle norme tecniche vigenti e con gli stessi parametri edilizi dell'edificio preesistente, salvo il caso in cui siano consentiti dalla norme urbanistiche interventi di sostituzione edilizia. Gli interventi devono essere progettati e realizzati per **EDIFICIO** inteso come Unità Minima di Intervento (U.M.I. - **fig. 3.1**).



Figura 3.1 Unità Minima di Intervento

L'importo del **contributo** è stato calcolato e assegnato, sulla base dei seguenti criteri e parametri formulati dalle citate Ordinanze, e dichiarati nella domanda di contributo:

- tipo di struttura;
- epoca di costruzione;
- pericolosità sismica del comune;
- superficie;
- numero occupanti medio giornaliero;
- epoca di classificazione sismica;
- eventuali ordinanze di sgombero pregresse;
- eventuali vie di fuga.

Per il calcolo del **punteggio**, i punti base riportati in **figura 3.2** sono stati moltiplicati per un fattore "F" che è funzione degli occupanti, del contributo in Euro e della pericolosità sismica del Comune.

Epoca di realizzazione	C.A.	Muratura o mista	Acciaio
Prima del 1919	100	100	90
Tra il 1920 ed il 1945	80	90	80
Tra il 1946 ed il 1961	60	70	60
Tra il 1962 ed il 1971	50	60	40
Tra il 1972 ed il 1981	30	40	20
Tra il 1982 ed il 1984	20	30	10
Dopo il 1984	0	0	0
Dopo il 1984 (se riclassificati)	10	15	5

Figura 3.2

Punteggi base riferiti all'epoca di realizzazione e alla tipologia costruttiva

Per ciascun tipo di intervento e per tipologia di uso sono stati previsti dei **limiti al finanziamento**, come riportato nella seguente **tabella 3.1**:

Tipo di intervento	Contributo €/mq	Max €/U.I. (abitazione)	Max €/U.I. altro tipo (es. attività produttive)
Rafforzamento locale	100,00	20.000,00	10.000,00
Miglioramento sismico	150,00	30.000,00	15.000,00
Demolizione e ricostruzione	200,00	40.000,00	20.000,00

Tabella 3.1 Costi e limiti parametrici del contributo

Sono stati ritenuti ammissibili a contributo gli **interventi sulle parti strutturali**, la demolizione e ricostruzione di un edificio, l'eliminazione di condizioni di fragilità **anche non strutturali** (tamponature, sporti, camini, cornicioni...), le relative spese tecniche e l'IVA.

L'attuazione regionale del piano

Sono state definite le aree di intervento sulle quali attuare le attività.

E' stata data priorità ai comuni classificati in **zona sismica 2** (nelle province di Arezzo, Firenze, Grosseto, Lucca, Massa Carrara, Pistoia, Prato e Siena - **fig. 4.1**) con ulteriore priorità nei 7 comuni della Valtiberina in provincia di Arezzo.



Figura 4.1 Classificazione sismica della Regione Toscana

I Comuni hanno predisposto e pubblicato i **Bandi** di concorso, ricevuto, registrato e trasmesso le domande (tramite software DPC), verificati il possesso dei requisiti richiesti e l'eventuale presenza della dichiarazione di assenza di "carenze gravi"⁴. La Regione ha raccolto le domande e verificato la correttezza e congruenza, supportato i Comuni nella ricezione e valutazione delle domande e formato la graduatoria regionale.

⁴ Condizioni per l'applicabilità del rafforzamento locale (assenza di carenze gravi) - v. allegato 7 alle Direttive regionali D.1.11 approvate con Delibera G.R. n. 897/2019

La Regione Toscana ha **approvato la graduatoria** delle domande di contributo, l'assegnazione e l'impegno dei contributi ai Comuni con successivi decreti dirigenziali in riferimento a vari stralci di finanziamento (**tab. 4.1 – fig. 4.2 – tab. 4.2 – fig. 4.3 – fig. 4.4 – tab. 4.3**).

Provincia	Comuni	Pervenute	%	Ammissibili	%	Popolazione	Edifici
AR	24	237	35,6%	115	35,3%	232.201	51
- Valtiberina	7	145	21,8%	76	23,3%	30.986	8
- altri comuni	17	92	13,8%	39	12,0%	201.215	43
FI	13	64	9,6%	30	9,2%	88.489	19
GR	1	1	0,2%	0	0,0%	2.706	2
LU	22	105	15,8%	67	20,6%	66.772	29
MS	14	209	31,4%	98	30,1%	56.618	28
PO	4	21	3,2%	5	1,5%	37.866	8
PT	5	18	2,7%	9	2,8%	26.457	11
SI	4	10	1,5%	2	0,6%	14.100	3
totale	87	665	100%	326	100%	525.209	151

Tabella 4.1 Riepilogo in forma tabellare delle domande pervenute, ammissibili a contributo, per ciascuna Provincia e Valtiberina

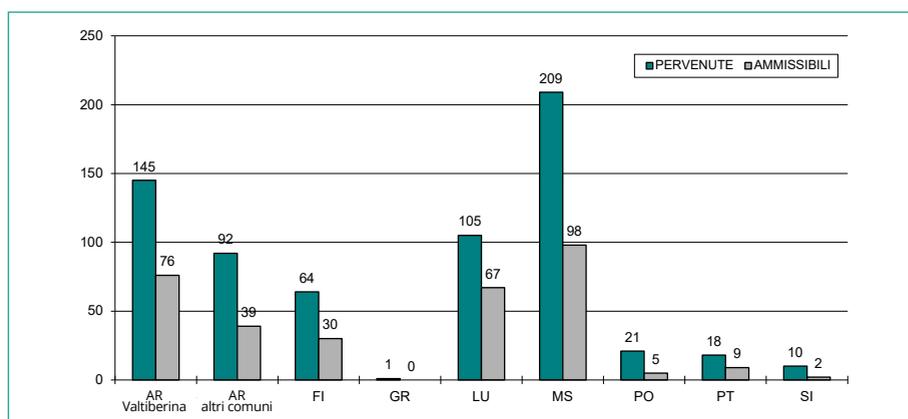


Figura 4.2 Riepilogo in forma grafica delle domande pervenute, ammissibili a contributo, per ciascuna Provincia e Valtiberina

Provincia	Comuni	Pervenute	%	Ammissibili	%
AR	24	8.083.958,00	39,4%	3.998.882,00	45,1%
- Valtiberina	7	4.986.790,00	24,3%	2.656.214,00	29,9%
- altri comuni	17	3.097.168,00	15,1%	1.342.668,00	15,1%
FI	13	2.652.513,00	12,9%	946.089,00	10,7%
GR	1	40.000,00	0,2%	0,00	0,0%
LU	22	2.333.300,00	11,4%	1.185.000,00	13,4%
MS	14	6.094.699,00	29,7%	2.480.100,00	27,9%
PO	4	501.500,00	2,4%	69.900,00	0,8%
PT	5	382.780,00	1,9%	177.400,00	2,0%
SI	4	432.950,00	2,1%	17.900,00	0,2%
totale	87	20.521.700,00	100%	8.875.271,00	100%

Tabella 4.2 Riepilogo in forma tabellare dell'ammontare degli importi di contributo relativo alle domande pervenute e ammissibili per ciascuna Provincia e Valtiberina

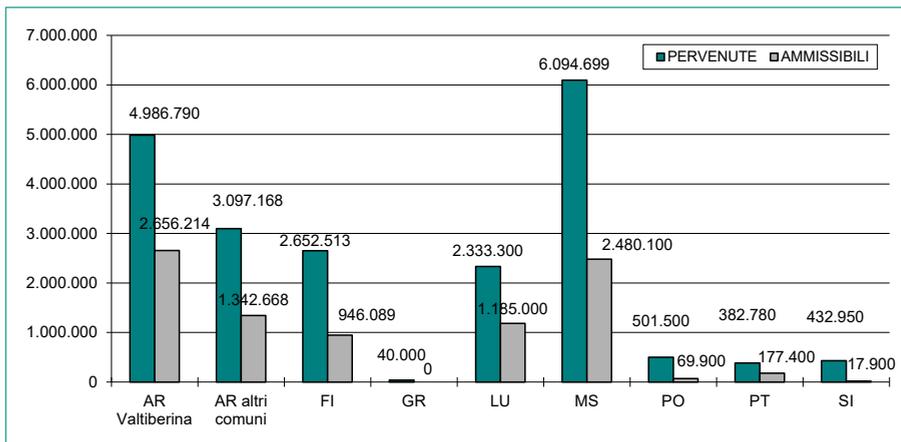


Figura 4.3 Riepilogo in forma grafica dell'ammontare degli importi di contributo relativo alle domande pervenute e ammissibili per ciascuna Provincia e Valtiberina

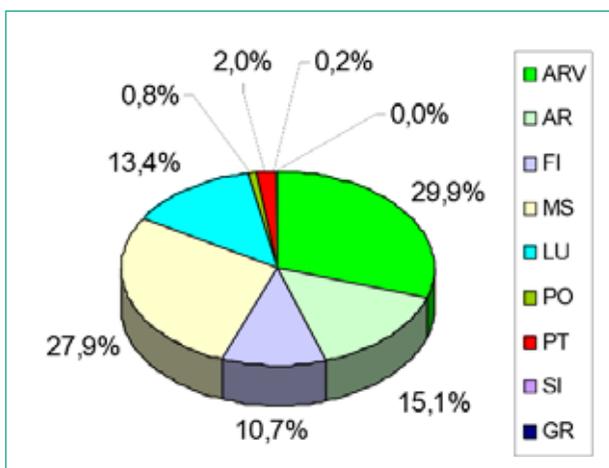


Figura 4.4 Ripartizione dei contributi relativi alle domande ammissibili per Provincia e Valtiberina

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
1	ARV	ANGHIARI	24	880.425,00	15	593.225,00
2	ARV	BADIA TEDALDA	0	0,00	0	0,00
3	ARV	CAPRESE MICHELANGELO	4	152.250,00	1	36.000,00
4	ARV	MONTERCHI	7	166.941,00	4	105.000,00
5	ARV	PIEVE SANTO STEFANO	23	629.824,00	9	188.289,00
6	ARV	SANSEPOLCRO	78	2.855.650,00	46	1.713.700,00
7	ARV	SESTINO	9	301.700,00	1	20.000,00
		Totale Valtiberina	145	4.986.790,00	76	2.656.214,00

Tabella 4.3 Riepilogo dati per ciascun comune

segue Tab.4.3

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
8	AR	AREZZO	14	735.700,00	10	656.100,00
9	AR	BIBBIENA	18	663.200,00	9	256.100,00
10	AR	CAPOLONA	0	0,00	0	0,00
11	AR	CASTEL FOCOGNANO	4	121.000,00	1	15.000,00
12	AR	CASTEL SAN NICCOLO'	1	18.000,00	1	18.000,00
13	AR	CASTIGLION FIORENTINO	4	149.350,00	0	0
14	AR	CHITIGNANO	0	0,00	0	0,00
15	AR	CHIUSI DELLA VERNA	4	93.450,00	0	0,00
16	AR	CORTONA	13	371.300,00	5	113.300,00
17	AR	FOIANO DELLA CHIANA	5	99.068,00	1	4.868,00
18	AR	MARCIANO DELLA CHIANA	1	81.000,00	0	0,00
19	AR	MONTEMIGNAIO	0	0,00	0	0,00
20	AR	ORTIGNANO RAGGIOLO	0	0	0	0
21	AR	POPPI	15	407.500,00	7	187.700,00
22	AR	PRATOVECCHIO STIA	6	173.300,00	3	48.300,00
23	AR	SUBBIANO	3	87.000,00	1	30.000,00
24	AR	TALLA	4	97.300,00	1	13.300,00
totale altri Comuni di Arezzo			92	3.097.168,00	39	1.342.668,00
totale provincia di Arezzo			237	8.083.958,00	115	3.998.882,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
25	FI	BARBERINO DI MUGELLO	6	450.400,00	3	62.900,00
26	FI	BORGIO SAN LORENZO	10	411.074,00	1	42.400,00
27	FI	DICOMANO	0	0,00	0	0,00
28	FI	FIRENZUOLA	12	253.850,00	7	169.250,00
29	FI	LONDA	1	22.050,00	0	0,00
30	FI	MARRADI	2	89.493,00	2	89.493,00
31	FI	PALAZZUOLO SUL SENIO	2	70.000,00	0	0,00
32	FI	PELAGO	2	54.048,00	1	16.048,00
33	FI	RUFINA	4	215.000,00	2	90.000,00
34	FI	SAN GODENZO	1	19.000,00	0	0,00

segue Tab.4.3

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
35	FI	SCARPERIA E SAN PIERO	8	535.400,00	5	156.000,00
36	FI	VAGLIA	4	268.000,00	2	204.000,00
37	FI	VICCHIO	12	264.198,00	7	115.998,00
totale provincia di Firenze			64	2.652.513,00	30	946.089,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
38	GR	SANTA FIORA	1	40.000,00	0	0,00
totale provincia di Grosseto			1	40.000,00	0	0,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
39	LU	BAGNI DI LUCCA	8	227.550,00	5	80.500,00
40	LU	BARGA	7	220.800,00	5	119.400,00
41	LU	BORGO A MOZZANO	3	78.650,00	1	20.000,00
42	LU	CAMPORGIANO	9	162.250,00	6	98.650,00
43	LU	CAREGGINE	4	149.000,00	2	40.000,00
44	LU	CASTELNUOVO DI GARFAGNANA	7	193.500,00	5	110.000,00
45	LU	CASTIGLIONE DI GARFAGNANA	0	0	0	0
46	LU	COREGLIA ANTELMINELLI	8	191.800,00	5	66.300,00
47	LU	FABBRICHE DI VERGEMOLI	0	0	0	0
48	LU	FOSCIANDORA	6	113.800,00	5	92.200,00
49	LU	GALLICANO	2	54.150,00	2	54.150,00
50	LU	MINUCCIANO	26	440.100,00	11	162.600,00
51	LU	MOLAZZANA	1	17.700,00	0	0
52	LU	PESCAGLIA	1	21.600,00	1	21.600,00
53	LU	PIAZZA AL SERCHIO	6	138.700,00	4	65.900,00
54	LU	PIEVE FOSCIANA	4	49.700,00	4	49.700,00
55	LU	SAN ROMANO IN GARFAGNANA	3	44.900,00	3	44.900,00
56	LU	SILLANO GIUNCUGNANO	7	128.400,00	6	98.400,00
57	LU	STAZZEMA	1	44.700,00	1	44.700,00
58	LU	VAGLI SOTTO	0	0	0	0
59	LU	VILLA BASILICA	0	0	0	0
60	LU	VILLA COLLEMANDINA	2	56.000,00	1	16.000,00
totale provincia di Lucca			105	2.333.300,00	67	1.185.000,00

segue Tab.4.3

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
61	MS	AULLA	27	608.500,00	13	267.600,00
62	MS	BAGNONE	5	94.000,00	2	33.500,00
63	MS	CASOLA IN LUNIGIANA	9	265.199,00	5	98.900,00
64	MS	COMANO	8	157.900,00	3	54.800,00
65	MS	FILATTIERA	6	120.300,00	1	16.900,00
66	MS	FIVIZZANO	62	1.401.150,00	29	558.650,00
67	MS	FOSDINOVO	4	104.500,00	1	19.600,00
68	MS	LICCIANA NARDI	24	794.400,00	8	188.250,00
69	MS	MULAZZO	7	164.500,00	1	14.500,00
70	MS	PODENZANA	2	65.000,00	2	65.000,00
71	MS	PONTREMOLI	23	1.599.900,00	14	796.200,00
72	MS	TRESANA	16	311.800,00	11	211.350,00
73	MS	VILLAFRANCA IN LUNIGIANA	6	133.350,00	4	70.900,00
74	MS	ZERI	10	274.200,00	4	83.950,00
totale provincia di Massa Carrara			209	6.094.699,00	98	2.480.100,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
75	PO	CANTAGALLO	1	20.000,00	1	20.000,00
76	PO	MONTEMURLO	9	219.400,00	1	15.000,00
77	PO	VAIANO	4	998.800,00	0	0,00
78	PO	VERNIO	7	162.300,00	3	34.900,00
totale provincia di Prato			21	501.500,00	5	69.900,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
79	PT	ABETONE CUTIGLIANO	4	137.980,00	1	60.000,00
80	PT	MARLIANA	4	72.900,00	1	14.000,00
81	PT	MONTALE	7	100.100,00	5	71.600,00
82	PT	SAMBUCA PISTOIESE	1	21.800,00	1	21.800,00
83	PT	SAN MARCELLO PITEGLIO	2	50.000,00	1	10.000,00
totale provincia di Pistoia			18	382.780,00	9	177.400,00

N.	Prov.	Comune	domande pervenute	importo pervenute	domande ammissibili	importo ammissibili
84	SI	ABBADIA SAN SALVATORE	2	146.800,00	0	0
85	SI	PIANCASTAGNAIO	2	60.100,00	0	0
86	SI	RADICOFANI	5	67.350,00	2	17.900,00
87	SI	SAN CASCIANO DEI BAGNI	1	158.700,00	0	0
totale provincia di Siena			10	432.950,00	2	17.900,00
TOSCANA			665	20.521.700,00	326	8.875.271,00

Con l'approvazione delle **Direttive regionali D.1.11 (fig. 4.5)** sono state indicate le modalità per l'**attuazione**, la **gestione** e la **rendicontazione** degli interventi.

Allegato 1



Regione Toscana
Giunta Regionale

INTERVENTI PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO
 Legge 24/06/2009, n. 77 - Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39
e successive ORDINANZE attuative

Art. 2 comma 1 lett. c)
 Interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico,
 o, eventualmente, di demolizione e ricostruzione di **edifici privati**

D.1.11	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">ISTRUZIONI GENERALI</p> <p>ILLUSTRATIVE DEI CRITERI, MODALITÀ E FASI DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI DI RAFFORZAMENTO LOCALE O DI MIGLIORAMENTO SISMICO, O, EVENTUALMENTE, DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI EDIFICI PRIVATI</p>
--------	--

DIREZIONE AMBIENTE ED ENERGIA
 SETTORE SISMICA
 GIUGNO 2019

Figura 4.5 Direttive regionali D.1.11 "Istruzioni generali illustrative dei criteri, modalità e fasi degli interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico, o, eventualmente, di demolizione e ricostruzione di edifici privati"

I **progetti esecutivi** degli interventi, coerenti con la richiesta di contributo e redatti ai sensi della normativa vigente, sono stati presentati ai Comuni e al Settore Sismica (mediante il portale Portos), con le seguenti scadenze, a partire dalla data di pubblicazione del decreto di impegno delle relative risorse:

- 90 gg. per gli interventi di **rafforzamento locale**;
- 180 gg. per gli interventi di **miglioramento sismico o demolizione/ricostruzione**.

I progetti sono stati quindi **approvati dai Comuni**, sotto il profilo economico e tecnico, con apposito atto, entro **60 giorni** dalla data di rilascio dell'autorizzazione ovvero dell'avvenuto deposito del progetto, da parte della Regione.

Gli interventi oggetto di contributo sono stati completati entro le seguenti scadenze, dalla data di comunicazione da parte dei Comuni dell'approvazione del progetto e del relativo contributo:

- **270 giorni** per gli interventi **di rafforzamento locale**;
- **360 giorni** per gli interventi **di miglioramento sismico**;
- **450 giorni** per gli interventi **di demolizione/ricostruzione**.

Il Settore Sismica regionale, oltre all'istruttoria tecnica prevista dalla normativa regionale, ha rilasciato per ogni progetto, al momento della fine dei lavori, un **accertamento tecnico finale**, al fine di consentire il saldo sugli interventi da parte del Comune.

Di seguito si allegano le **tabelle** riassuntive degli interventi **conclusi**, alla data del 31 Dicembre 2022, distinte per Comuni e per Provincia:

COMUNE	N.	Euro	COMUNE	N.	Euro
ANGHIARI	15	563.225,00	BARBERINO DI MUGELLO	3	62.900,00
AREZZO	3	50.500,00	BORGO SAN LORENZO	3	219.450,00
BIBBIENA	4	128.500,00	FIRENZUOLA	7	173.650,00
CAPRESE MICHELANGELO	2	68.700,00	MARRADI	2	89.493,00
CASTEL FOCOGNANO	2	68.000,00	PALAZZUOLO SUL SENIO	1	30.000,00
CHIUSI DELLA VERNA	1	18.750,00	PELAGO	1	16.048,00
FOIANO DELLA CHIANA	1	4.868,00	RUFINA	1	20.000,00
MONTERCHI	4	91.941,00	SCARPERIA E SAN PIERO	4	123.300,00
PIEVE SANTO STEFANO	11	276.489,00	VAGLIA	2	204.000,00
POPPI	7	182.700,00	VICCHIO	8	162.498,00

segue Tabelle

PRATOVECCHIO STIA	3	105.000	totale	32	1.101.339,00
SANSEPOLCRO	45	1.790.700,00	Città Metropolitana di Firenze		
SESTINO	2	30.000,00			
TALLA	2	60.000,00	COMUNE	N.	Euro
totale	102	3.439.373,00	SANTA FIORA	1	40.000,00
Provincia di Arezzo			totale	1	40.000,00
			Provincia di Grosseto		
COMUNE	N.	Euro	COMUNE	N.	Euro
BAGNI DI LUCCA	2	63.250,00	AULLA	11	217.900,00
BARGA	5	119.400,00	CASOLA IN LUNIGIANA	5	54.000,00
BORGIO A MOZZANO	1	20.000,00	COMANO	1	20.000,00
CAMPORGIANO	7	137.650,00	FILATTIERA	3	65.000,00
CAREGGINE	3	89.000,00	FIVIZZANO	37	807.900,00
CASTELNUOVO DI GARFAGNANA	6	124.200,00	FOSDINOVO	2	48.400,00
COREGLIA ANTELMINELLI	3	64.200,00	LICCIANA NARDI	5	105.100,00
FOSCIANDORA	3	63.200,00	MULAZZO	4	84.500,00
GALLICANO	1	39.000,00	PODENZANA	1	45.000,00
MINUCCIANO	13	207.650,00	PONTREMOLI	6	416.200,00
MOLAZZANA	1	17.700,00	TRESANA	6	137.950,00
PESCAGLIA	1	21.600,00	VILLAFRANCA IN LUNIGIANA	4	70.900,00
PIAZZA AL SERCHIO	4	105.300,00	ZERI	6	116.750,00
PIEVE FOSCIANA	2	15.700,00	totale	91	2.189.600,00
SAN ROMANO IN GAR- FAGNANA	3	44.900,00	Provincia di Massa Carrara		
SILLANO GIUNCUGNANO	5	88.400,00	COMUNE	N.	Euro
STAZZEMA	1	44.700,00	CANTAGALLO	1	20.000,00
VILLA COLLEMANDINA	1	16.000,00	MONTEMURLO	3	39.700,00
totale	62	1.281.850,00	VAIANO	1	11.300,00
Provincia di Lucca			VERNIO	2	27.300,00
			totale	7	98.300,00
			Provincia di Prato		

COMUNE	N.	Euro	COMUNE	N.	Euro
ABETONE CUTIGLIANO	3	98.380,00	ABBADIA SAN SALVATORE	1	106.800,00
MARLIANA	2	43.400,00	RADICOFANI	4	49.500,00
MONTALE	2	81.780,00	totale	5	156.300,00
SAMBUCA PISTOIESE	1	21.800,00	Provincia di Siena		
SAN MARCELLO PITEGLIO	1	10.000,00			
totale	9	255.360,00			
Provincia di Pistoia					

PROVINCIA	N.	Euro
AREZZO	105	3.473.673,00
C.M. FIRENZE	32	1.101.339,00
GROSSETO	1	40.000,00
LUCCA	69	1.415.650,00
MASSA CARRARA	91	2.189.600,00
PRATO	7	98.300,00
PISTOIA	22	475.210,00
SIENA	6	191.300,00
totale	333	8.985.072,00

Alla conclusione dei lavori è stato predisposto, per ogni intervento, il **“Quaderno dei Lavori”** (fig. 4.6) con fotografie e descrizione delle opere, che è stato allegato alla relazione di Fine Lavori (sul portale sismica Portos).

REGIONE TOSCANA	QUADERNO DEI LAVORI
COMUNE	domanda di contributo n.
REGIONE TOSCANA GIUNTA REGIONALE	Direzione Ambiente ed Energia Settore Sismica
<p>INTERVENTI PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO</p> <p>Legge 24/06/2009, n. 77 – Attuazione art. 11 del d.l. 28/04/2009, n. 39 e successive ORDINANZE attuative</p>	
<p>QUADERNO DEI LAVORI</p>	
COMUNE
LOCALITÀ
PROPRIETA'
DOMANDA CONTRIBUTO
DIRETTORE dei LAVORI

Figura 4.6.1 Quaderno dei Lavori

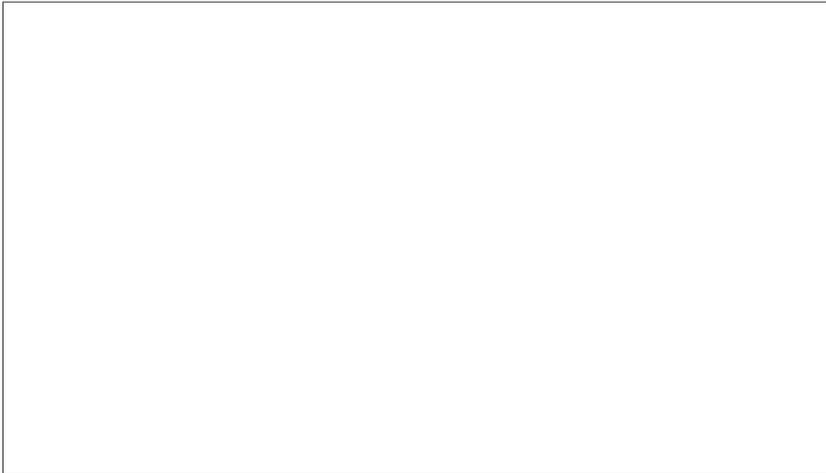
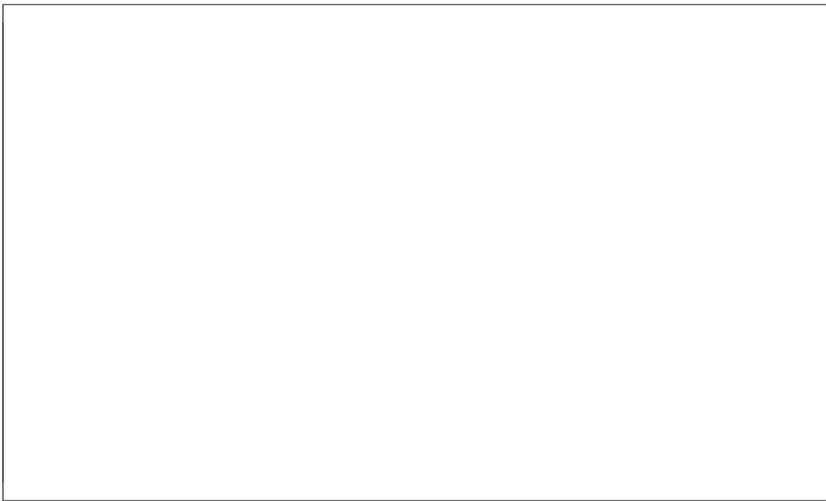
<u>REGIONE TOSCANA</u>	<u>QUADERNO DEI LAVORI</u>
COMUNE domanda di contributo n.	
SCHEDE FOTOGRAFICHE	
FOTO n. _____	<i>Intervento di</i>
	
FOTO n. _____	<i>Intervento di</i>
	

Figura 4.6.4 Quaderno dei Lavori

Nel capitolo “**Best Practices**” sono state scelte alcune immagini significative degli interventi, distinte per tipologia, che sono presenti sul portale sismica “**Portos**”.

La **piattaforma “MePP11”** è un sistema web-gis a cui possono accedere, con privilegi d’utenza differenti, il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e le Regioni.

Essa è uno strumento di monitoraggio messo a punto dal DPC, con il supporto di Eucentre, che permette di monitorare, da parte delle Regioni e del DPC, lo stato di attuazione degli interventi di adeguamento strutturale e antisismico su edifici e opere pubbliche e su **edifici privati**, realizzati con i fondi stanziati dall’articolo 11 del decreto legge n. 39 del 28 aprile 2009 (ricostruzione post-sisma Abruzzo), convertito con modifiche dalla legge n. 77 del 24 giugno 2009.

Per gli edifici privati, ogni Regione può caricare le graduatorie e le delibere regionali, per ogni annualità, ed aggiornare lo stato di avanzamento degli interventi finanziabili in relazione a quanto previsto dalle Ordinanze.

La Piattaforma fornisce altresì elaborazioni statistiche e di sintesi a livello regionale e nazionale per entrambe le linee di finanziamento.⁵

⁵ Le immagini sono riprese dal portale Mepp11 di Eucentre (PV)

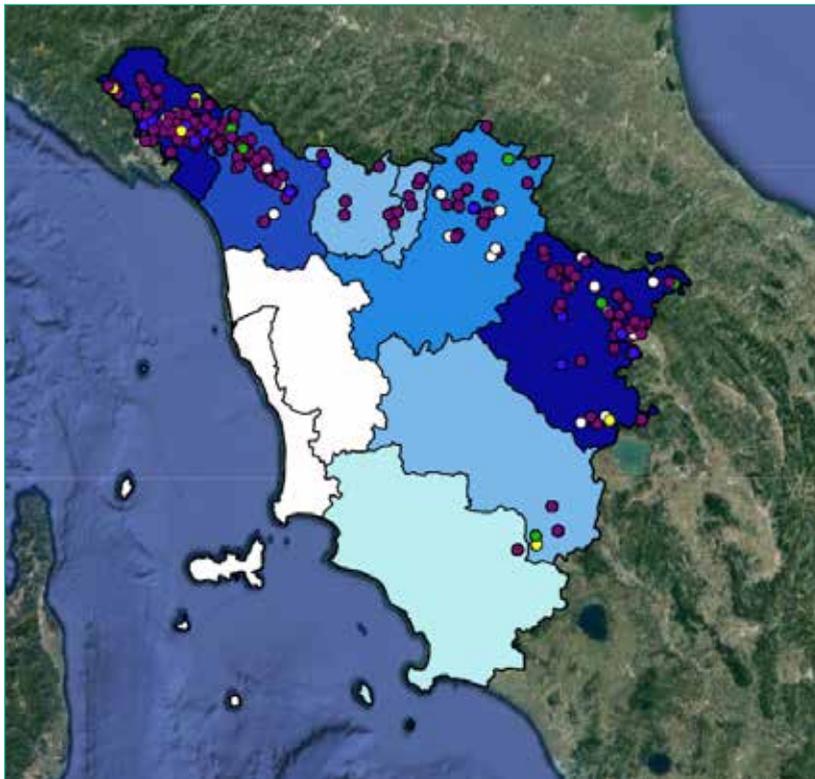


Figura 5.1 Mappa degli interventi e il loro stato di avanzamento

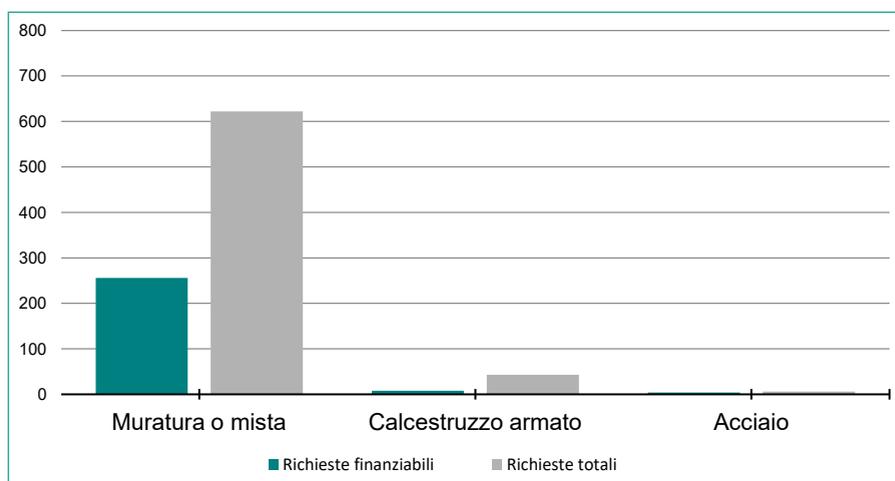


Figura 5.2 Distribuzione richieste per tipologia costruttiva (finanziabili e totale richieste)

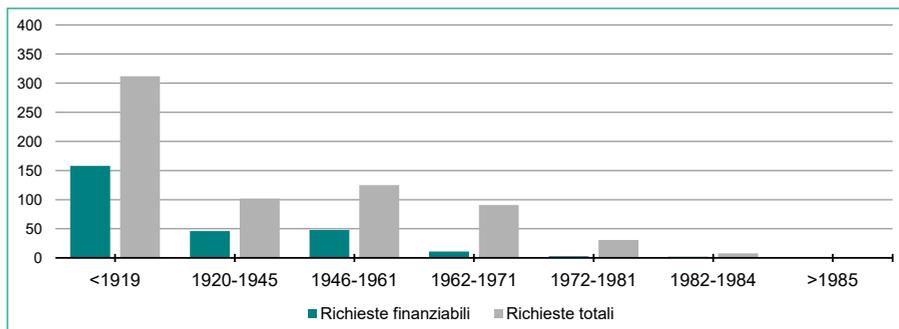


Figura 5.3 Distribuzione richieste per epoca costruttiva (finanziabili e totale richieste)

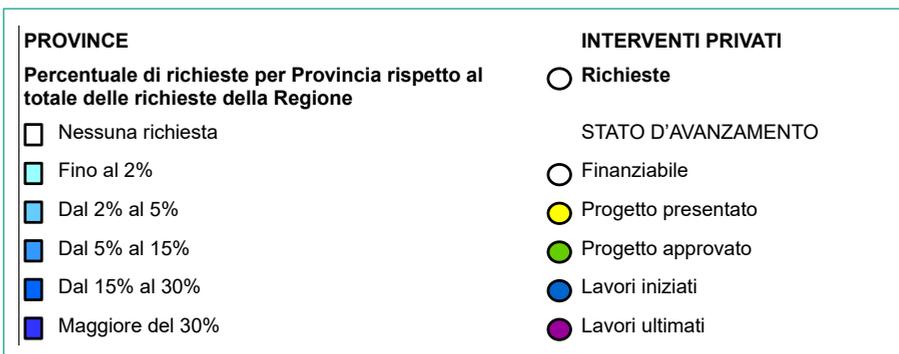


Figura 5.4 Legenda dello stato di avanzamento degli interventi

Di seguito, distinte per Province e Città Metropolitana, è riportato lo stato di attuazione dei lavori dei singoli interventi, alla data del 30 aprile 2022, con relativa legenda.

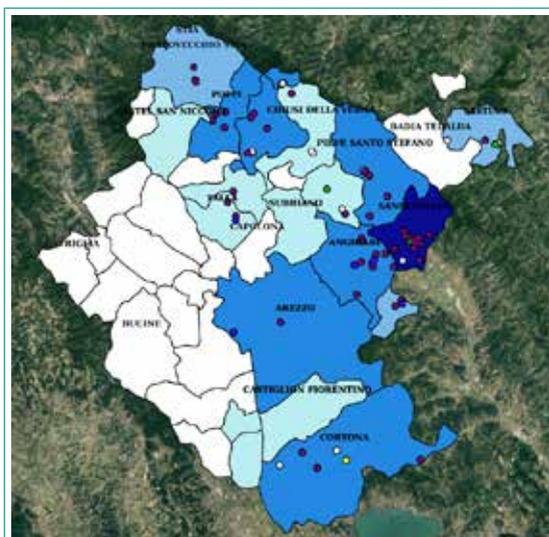


Figura 5.5 Provincia di Arezzo

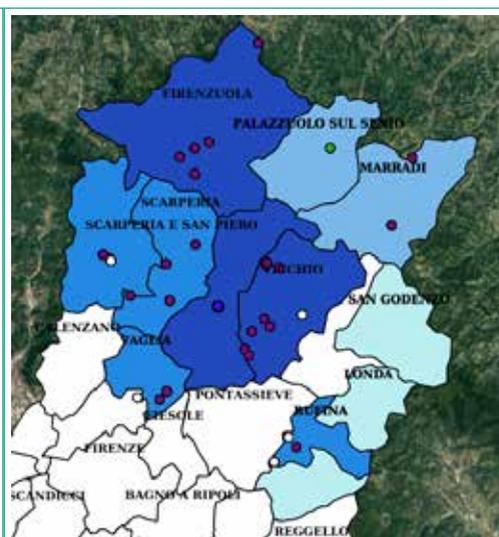


Figura 5.6 Città Metropolitana di Firenze

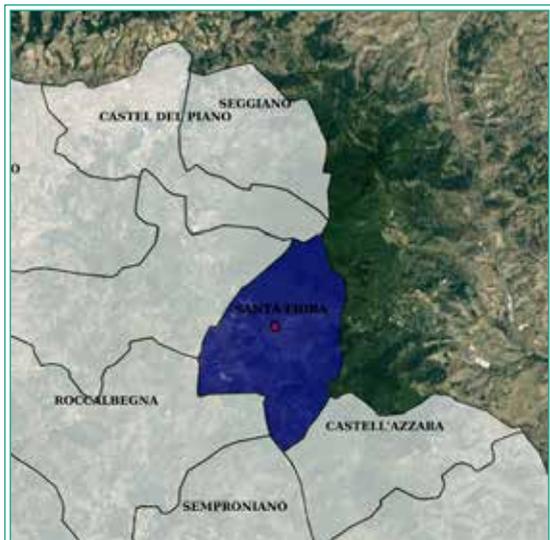


Figura 5.7 Provincia di Grosseto

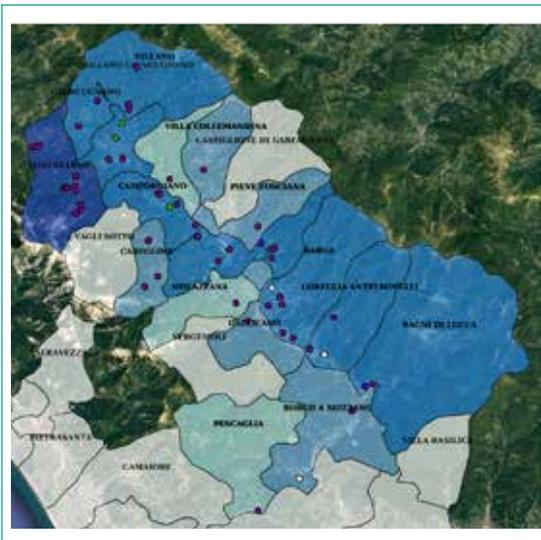


Figura 5.8 Provincia di Lucca

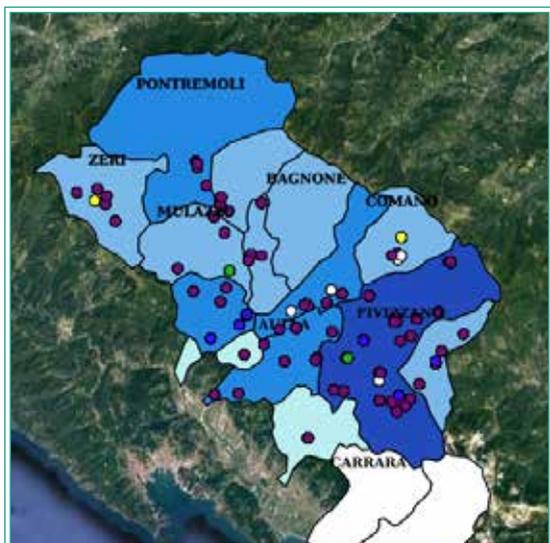


Figura 5.9 Provincia di Massa Carrara

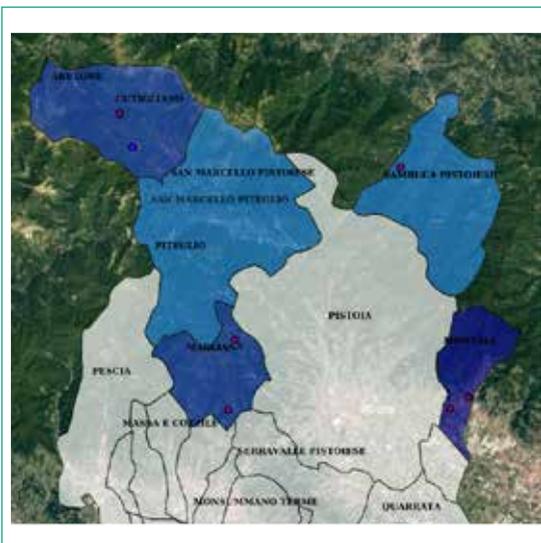


Figura 5.10 Provincia di Pistoia

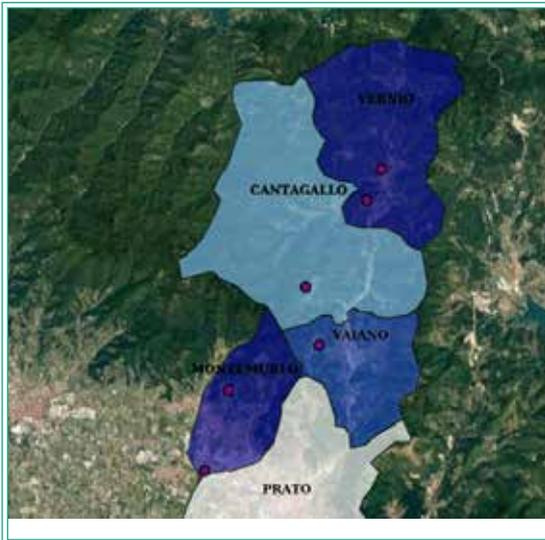


Figura 5.11 Provincia di Prato

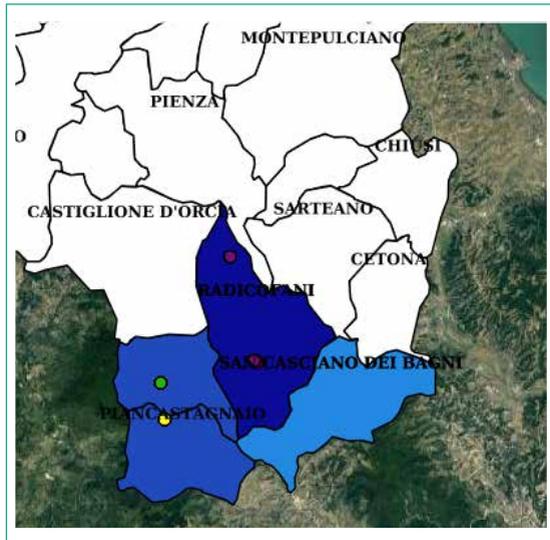


Figura 5.12 Provincia di Siena

IL RAFFRONTO TRA I BENEFICI CONSEGUENTI AD INTERVENTI STRUTTURALI PREVENTIVI E I DANNI POST-EVENTO SISMICO

In questo capitolo cerchiamo di dimostrare come sia vantaggioso eseguire interventi preventivi strutturali sugli edifici, che possono ridurre fortemente i costi economici e sociali che devono essere sopportati a seguito di un evento calamitoso come quello sismico.

Abbiamo quindi confrontato due aspetti:

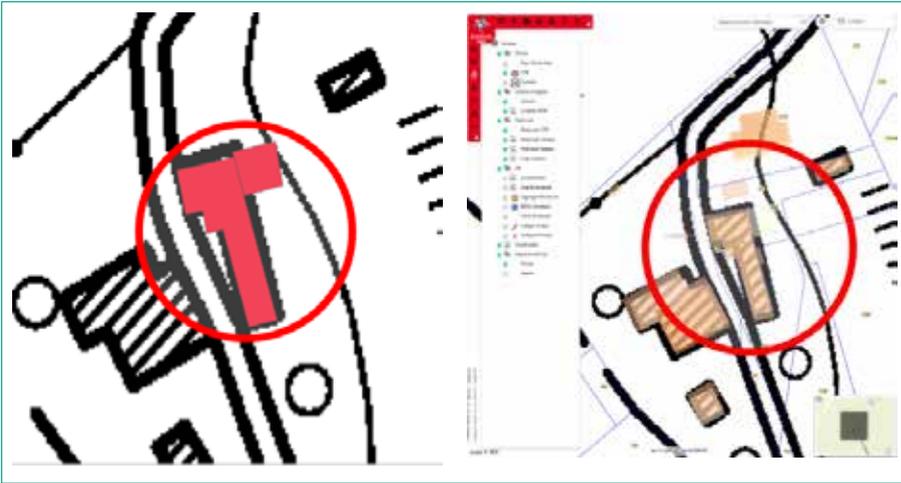
- il quadro di danneggiamento rilevato su edifici oggetto di interventi strutturali, realizzati prima di un evento sismico;
- il raffronto, in termini economici, tra le risorse utilizzate per interventi di prevenzione sismica e quelli per la ricostruzione post-sisma.

6.1 Il quadro di danneggiamento rilevato su edifici oggetto di interventi strutturali, realizzati prima di un evento sismico

Come accennato in Premessa, la relazione tra i benefici apportati da interventi strutturali preventivi di riduzione del rischio sismico (interventi locali, miglioramento sismico, ecc.) ed eventuali danni emersi a seguito di un evento sismico, successivo alla realizzazione di tali interventi, si può evincere dalle seguenti immagini.

Nelle immagini della pagina successiva, a sinistra vi sono edifici (in **rosso**) sui quali si è intervenuto preventivamente (fonte: **banca dati edifici EPSR e portale sismica Portos**).

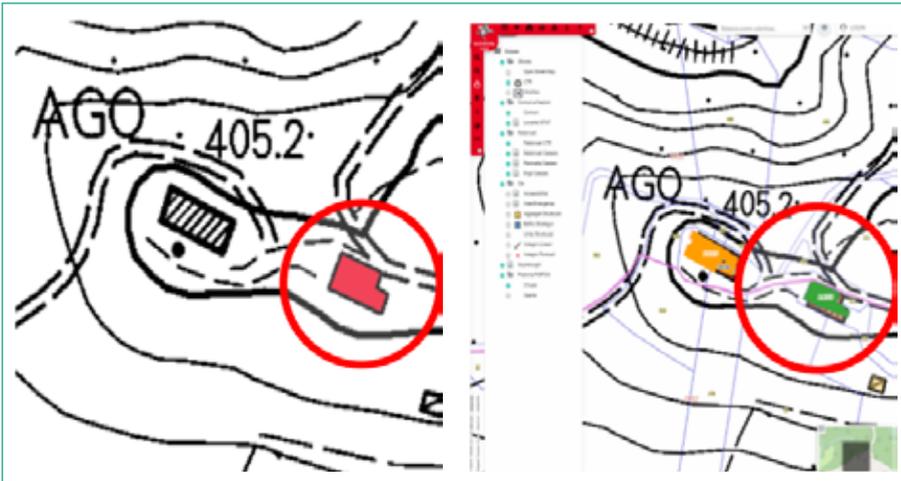
Nelle immagini a destra i medesimi edifici, censiti o meno, a seguito di un successivo evento sismico (fonte: **Geosisma**).



Barberino di Mugello (FI)

Figura 6.1.1 Intervento di **rafforzamento locale** su edificio privato (fondi L. 77/09), lavori conclusi nel dicembre 2018.

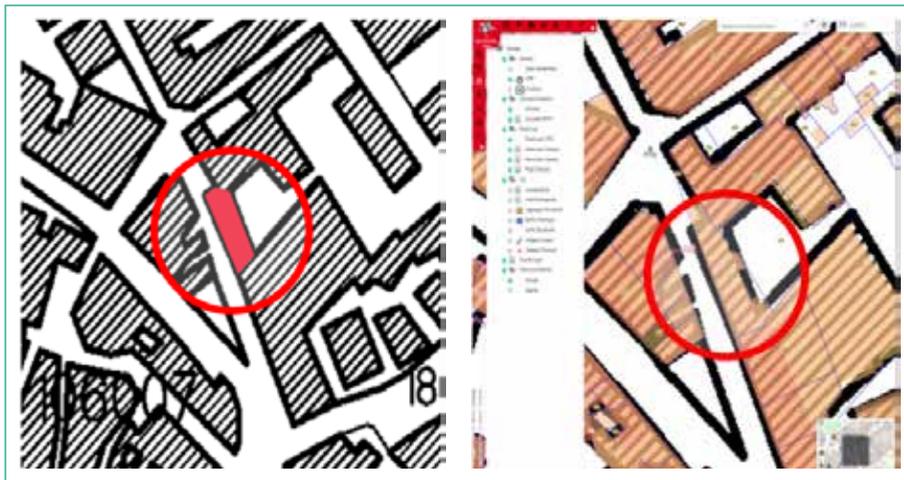
Figura 6.1.2 Evento sismico del 9 dicembre 2019: edificio **non** segnalato come danneggiato.



Scarperia e San Piero loc. Ago (FI)

Figura 6.1.3 Intervento di **rafforzamento locale** su edificio privato (fondi L. 77/09), lavori conclusi nel luglio 2019.

Figura 6.1.4 Evento sismico del 9 dicembre 2019: edificio **segnalato**, ma con esito **Agibile**.



Borgo San Lorenzo (FI)

Figura 6.1.5 Intervento di **rafforzamento locale** su edificio privato (fondi L. 77/09), lavori conclusi nel giugno 2019.

Figura 6.1.6 Evento sismico del 9 dicembre 2019: edificio **non** segnalato come danneggiato.



Fossdinovo loc. Terenzuola (MS)

Figura 6.1.7 Interventi di **miglioramento sismico** su edificio privato (fondi L.R. 56/97), lavori conclusi nel giugno 2000.

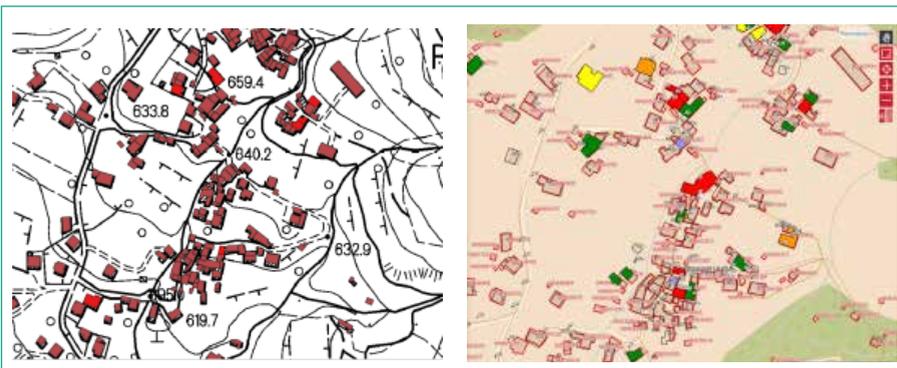
Figura 6.1.8 Evento sismico del 12 giugno 2013: edificio **non** segnalato come danneggiato.



Casola in Lunigiana loc. Regnano Castello (M in Lunigiana (MS))

Figura 6.1.9 Interventi di **miglioramento** sismico su 3 edifici privati (fondi L.R. 56/97), lavori conclusi nel 2000.

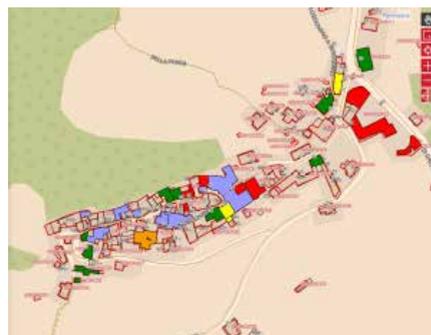
Figura 6.1.10 Evento sismico del 12 giugno 2013: i 3 edifici **non sono** stati segnalati come danneggiati. Altri 5 edifici, non consolidati in precedenza, sono stati dichiarati inagibili.



Casola in Lunigiana loc. Regnano Villa (MS)

Figura 6.1.11 Interventi di **miglioramento** sismico su 7 edifici privati (fondi L.R. 56/97), lavori conclusi nel 2000.

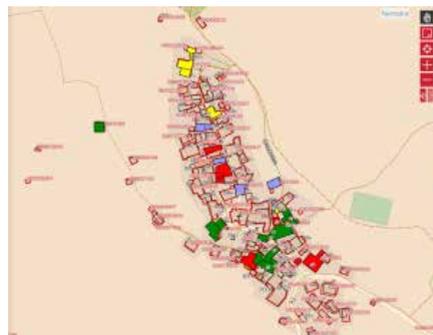
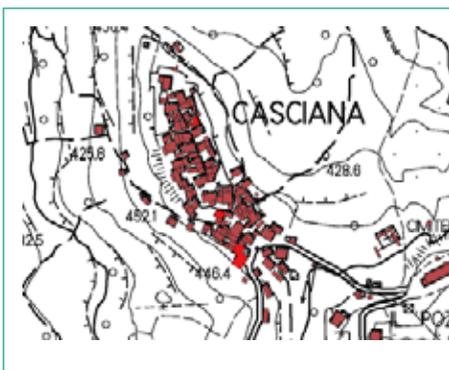
Figura 6.1.12 Evento sismico del 12 giugno 2013:
 - 5 edifici non sono stati segnalati come danneggiati
 - 2 edifici segnalati, ma con esito **Agibile**
 Altri 13 edifici, non consolidati in precedenza, sono stati dichiarati inagibili.



Casola in Lunigiana loc. Luscignano (MS)

Figura 6.1.13 Interventi di **miglioramento** sismico su 6 edifici privati (fondi L.R. 56/97), lavori conclusi nel 2000.

Figura 6.1.14 Evento sismico del 12 giugno 2013: i 6 edifici **non sono** stati segnalati come danneggiati. Altri 11 edifici, non consolidati in precedenza, sono stati dichiarati inagibili.



Casola in Lunigiana loc. Casciana (MS)

Figura 6.1.15 Interventi di **miglioramento** sismico su 3 edifici privati (fondi L.R. 56/97), lavori conclusi nel 2000.

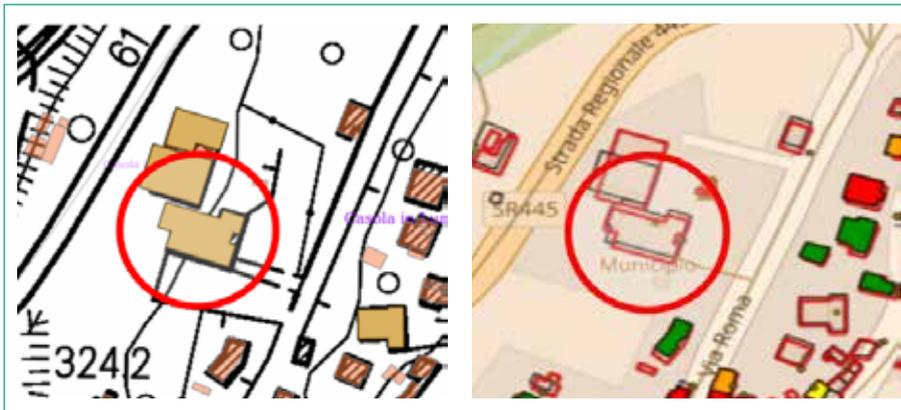
Figura 6.1.16 Evento sismico del 12 giugno 2013: i 3 edifici **non** segnalati come danneggiati. Altri 12 edifici, non consolidati in precedenza, sono stati dichiarati inagibili.



Fivizzano (MS)

Figura 6.1.17 Interventi di **adeguamento sismico** dell'**Ospedale di Fivizzano** (fondi L. 730/86); lavori conclusi nei primi anni 2000.

Figura 6.1.18 Evento sismico del 21 giugno 2013: edifici segnalati **Agibili**.



Casola in Lunigiana (MS)

Figura 6.1.19 Interventi di **adeguamento sismico** del **Municipio di Casola in Lunigiana** (fondi L. 730/86); lavori conclusi nei primi anni '2000.

Figura 6.1.20 Evento sismico del 21 giugno 2013: edificio **non** segnalato come danneggiato

Nella **tabella 6.1** e **figura 6.1.20** sono riepilogati i dati di alcune località nei Comuni di Casola in Lunigiana e di Fivizzano che sono state interessate sia da interventi di prevenzione sismica (con prevalenza di opere strutturali sugli edifici a carattere locale: catene metalliche, rinforzo solai e coperture, consolidamento murature, ecc. - eseguiti nei primi anni 2000) realizzati con i fondi della Legge Regionale n. 56/97 - che dall'evento sismico del 21/06/2013 in Lunigiana e Garfagnana (M 5.2).

Si può evincere come una bassa percentuale (circa **17%**) degli edifici in precedenza consolidati abbia subito danni a seguito del sisma.

Tale valore si riduce di molto (**8%**) se si tolgono dal rapporto quegli edifici che hanno avuto danni lievi facilmente riparabili ed a bassissimo costo.

COMUNE	LOCALITA'	edifici segnalati Sisma 2013 - totali per località	edifici consolidati LR 56/97 ante Sisma 2013 (a)	Edifici consolidati LR 56/97 - raffronto con danni Sisma 2013					% rapporto e/a	
				Edifici non segnalati	Edifici agibili	Edifici temporaneamente inagibili (b)	Edifici parzialmente inagibili (c)	Edifici inagibili (d)		totale b+c+d (e)
Casola in Lunigiana	Regnano Castello	8	3	3	0	0	0	0	0	0,00%
	Regnano Villa	34	7	5	2	0	0	0	0	0,00%
	Luscignano	39	6	6	0	0	0	0	0	0,00%
	Casciana	33	3	3	0	0	0	0	0	0,00%
	capoluogo	106	8	2	4	1	0	1	2	25,00%
	Montefiore	36	3	1	1	0	0	1	1	33,33%
	Castiglioneello	31	6	2	3	0	0	1	1	16,67%
	Vignea	48	4	1	1	1	1	0	2	50,00%
	Argigliano	29	4	2	1	0	1	0	1	25,00%
	Codiponte	50	6	3	1	1	0	1	2	33,33%
Fivizzano	Aiola	48	2	1	1	0	0	0	0	0,00%
	Ricco-Carogio	37	3	2	1	0	0	0	0	0,00%
	Monzone altro	39	3	2	0	0	0	1	1	33,33%
	Gragnola	31	4	3	0	0	1	0	1	25,00%
totale		571	62	36	15	3	3	5	11	17,74%

Tabella 6.1 Raffronto tra gli edifici consolidati con contributi LR 56/97 e sisma del 21 giugno 2013



Figura 6.1.21 Dati espressi in forma grafica

Infine, una semplice dimostrazione che la Prevenzione sismica “paga”, anche quella fatta con interventi di ricostruzione effettuati con le primissime normative tecniche a seguito del terremoto del 1837.

Il borgo di **Ugliancaldo** (Casola in Lunigiana – MS), le cosiddette **“Case Nuove”**.



Figura 6.1.22 A seguito del terremoto del 1920 “Le 32 case fatte ricostruire con rigorosi criteri edilizi dal granduca Leopoldo II dopo il terremoto del 1837 subirono danni meno gravi rispetto agli altri edifici”.

Fonte: CFTI 5med Catalogo dei Forti Terremoti in Italia.



Figura 6.1.23 In evidenza le cosiddette “Case Nuove” fatte costruire dal granduca Leopoldo II a seguito del terremoto del 1837.

Fonte: Geoscopio - Regione Toscana.

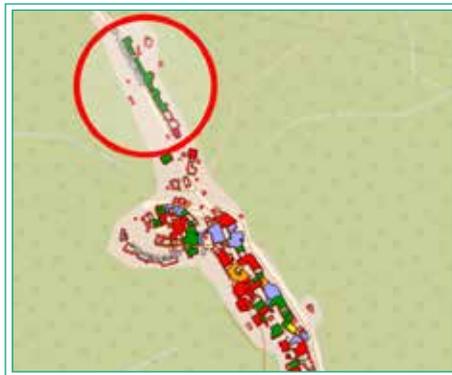


Figura 6.1.24 - Evento sismico del 21 giugno 2013: gli edifici costituenti le “Case Nuove” di Ugliancaldo sono segnalati ma quasi tutti **agibili** (in verde), a differenza di quanto accaduto all’adiacente borgo storico.

Fonte: Geosisma - Regione Toscana.

6.2 Il raffronto, in termini economici, tra le risorse utilizzate per interventi di prevenzione sismica e quelli per la ricostruzione post-sisma

Nel capitolo 6.1 abbiamo visto come da un punto di vista prettamente tecnico, il quadro di danneggiamento scaturito a seguito di un evento sismico, anche di magnitudo medio-elevata, si sia mantenuto molto limitato, nel caso in cui gli edifici fossero stati oggetto di interventi preventivi di consolidamento strutturale.

Adesso vediamo come questo si può tradurre anche in termini di convenienza tecnico-economica.

Per fare questo abbiamo confrontato i parametri economici che derivano da due norme nazionali, una relativa alla prevenzione, l'altra relativa agli interventi di ricostruzione post-sisma:

1. **la Legge 77/2009 art. 11** – “Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico”, che ha finanziato in particolare anche interventi strutturali di prevenzione sismica sugli edifici privati;
2. **l’Ordinanza n. 19 del 7 aprile 2017** (sisma Centro Italia 2016) “Misure per il ripristino con miglioramento sismico e la ricostruzione di immobili ad uso abitativo gravemente danneggiati o distrutti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016”.

1. Legge 77/2009 art. 11 “Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico”

Le soglie parametriche indicate da tale norma, come già riportato al capitolo 3, sono distinte per **tipo di intervento** e per **tipologia di uso**; sono stati anche previsti dei **limiti al finanziamento**, come riportato nella **tabella 6.2.1**:

Tipo di intervento	Contributo €/mq	Max €/U.I. (abitazione)	Max €/U.I. altro tipo (es. attività produttive)
Rafforzamento locale	100,00	20.000,00	10.000,00
Miglioramento sismico	150,00	30.000,00	15.000,00
Demolizione e ricostruzione	200,00	40.000,00	20.000,00

Figura 6.2.1 Soglie parametriche e limiti al finanziamento

Sono stati ritenuti ammissibili a contributo gli **interventi sulle parti strutturali**, la demolizione e ricostruzione di un edificio, l'eliminazione di condizioni di fragilità **anche non strutturali** (tampnature, sporti, camini, cornicioni..), le relative spese tecniche e l'IVA.

2. Ordinanza n. 19 del 7 aprile 2017 (sisma Centro Italia 2016) “Misure per il ripristino con miglioramento sismico e la ricostruzione di immobili ad uso abitativo gravemente danneggiati o distrutti dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016”

Nell'allegato 1 all'Ordinanza 19/2017, sono indicate le **soglie di danno, i gradi di vulnerabilità, i Livelli operativi e i conseguenti costi parametrici**.

I **costi parametrici** scaturiscono da vari incroci tra le **soglie di danno** (lieve, grave, gravissimo, superiore al gravissimo), con i **gradi di vulnerabilità** (basso, significativo, alto) ed conseguenti i **Livelli Operativi (L0-L1-L2-L3-L4)**:

- il Livello Operativo **L0** (edifici con Vulnerabilità **Bassa/Significativa/Alta** e con danno **LIEVE**) contempla esclusivamente l'esecuzione di interventi di **rafforzamento locale**;
- il Livello Operativo **L1** si applica in caso di edifici con **Vulnerabilità Bassa/Significativa** e con danno **GRAVE**. Il Livello Operativo **L2** si applica in caso di edifici con **Vulnerabilità Bassa** e con danno **GRAVISSIMO**, oppure di edifici con **Vulnerabilità Alta** e con danno **MEDIO**. Il Livello Operativo **L3** si applica in caso di edifici con **Vulnerabilità Significativa/Alta** e con danno **GRAVISSIMO**;
- i Livelli Operativi **L1-L2-L3** comportano l'esecuzione di interventi di **miglioramento sismico**;
- il Livello Operativo **L4** (edifici con **Vulnerabilità Bassa/Significativa/Alta** e con danno **superiore al GRAVISSIMO**) comporta l'esecuzione di interventi di **demolizione e ricostruzione o di adeguamento sismico**.

Per semplicità, nella **tabella 6.2.2** abbiamo riportato le soglie parametriche, così da poterle confrontare con quelle in **tabella 6.2.1** :

Livello/Tipo di intervento	Contributo €/mq (fino a 130 mq)	Contributo €/mq (da 130 a 220 mq)	Contributo €/mq (oltre i 220 mq)
L0 - Rafforzamento locale	400,00	330,00	300,00
L1 - Miglioramento sismico	850,00	750,00	650,00
L2 - Miglioramento sismico	1.100,00	900,00	800,00
L3 - Miglioramento sismico	1.250,00	1.100,00	950,00
L4 - Demolizione e ricostruzione	1.450,00	1.250,00	1.100,00

Tabella 6.2.2

A differenza del contributo per la Prevenzione, sono ricompresi nel costo anche le somme per le finiture e gli impianti. Sono altresì previste delle ulteriori maggiorazioni ai costi base, per particolari condizioni.

Da un primissimo raffronto delle sole soglie parametriche dei due canali di contributo, si evince che:

- per interventi di **Rafforzamento locale** (L0) il rapporto tra la "Prevenzione" e la "Ricostruzione" è di **1 : 4**
- per interventi di **Miglioramento sismico** (considerando per ipotesi il livello operativo **L2**), il rapporto tra la "Prevenzione" e la "Ricostruzione" passa a **1 : 7**

Ciò vuol dire che, a parità di intervento, il rafforzamento locale, effettuato a seguito di un evento sismico, costa quattro volte tanto il medesimo intervento effettuato prima dell'evento.

Se invece consideriamo un intervento di caratura tecnica maggiore, il miglioramento sismico, l'analogo intervento post-sisma costa sette volte tanto.

Al fine di affinare sempre più questi primissimi dati, si è applicata questa metodologia agli edifici privati oggetto di interventi di prevenzione sismica effettuati in Regione Toscana con i citati fondi delle Legge 77/2009.

Gli edifici interessati dagli intervento sono stati in totale 335, di cui:

- 282 gli edifici oggetto di interventi di rafforzamento locale;
- 44 gli edifici oggetto di interventi di miglioramento sismico;
- 9 gli edifici oggetto di interventi di demolizione/ricostruzione.

Nella **tabella 6.2.3** sono riportati il n. degli interventi, distinti per tipologia, contributi parametrici, costi totali:

Tipo di intervento	Numero interventi	Superficie mq	Totale contributo L. 77	Totale Costo definitivo	Totale Livello 0 (R)	Totale Livello 0+1 (M)	Totale Livello 0+2 (M)	Totale Livello 0+3 (M)
Rafforzamento locale	262	94.662,63	7.495.400,00	10.282.813,00	32.506.866,40			
Miglioramento sismico	44	18.175,50	1.497.725,00	2.174.320,99		13.142.625,00	16.411.050,00	19.259.550,00
Demolizione/ Ricostruzione	9	603,08	120.616,00	337.533,25				
Totale	335	113.441,21	9.113.741,00	12.794.667,24	32.506.866,40	46.523.957,40	49.792.382,40	52.640.882,40

Tabella 6.2.3 Interventi distinti per tipologia, contributi parametrici, costi totali

Di seguito il **rapporto** tra i costi della **prevenzione** e della **ricostruzione post-sisma**, sia nei confronti del contributo L. 77/09 che del costo definitivo dell'intervento effettivamente speso:

	Totale Livello 0 (R)	Totale Livello 0+1 (M)	Totale Livello 0+2 (M)	Totale Livello 0+3 (M)
Rapporto contributo L. 77	3,57	5,10	5,46	5,78
	Totale Livello 0 (R)	Totale Livello 0+1 (M)	Totale Livello 0+2 (M)	Totale Livello 0+3 (M)
Rapporto costo definitivo	3,16	3,64	3,89	4,11

Tabella 6.2.4 Rapporto tra costi della Prevenzione e Riparazione danni

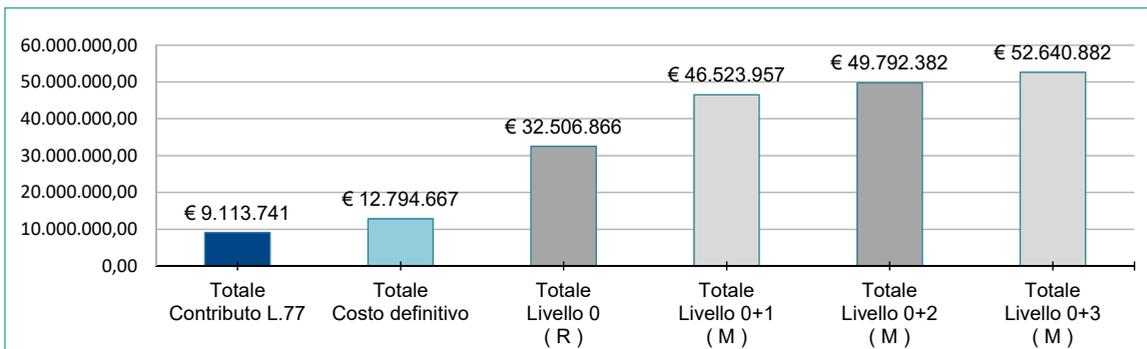


Tabella 6.2.5 Rapporto fra contributo in Prevenzione - Riparazione danni

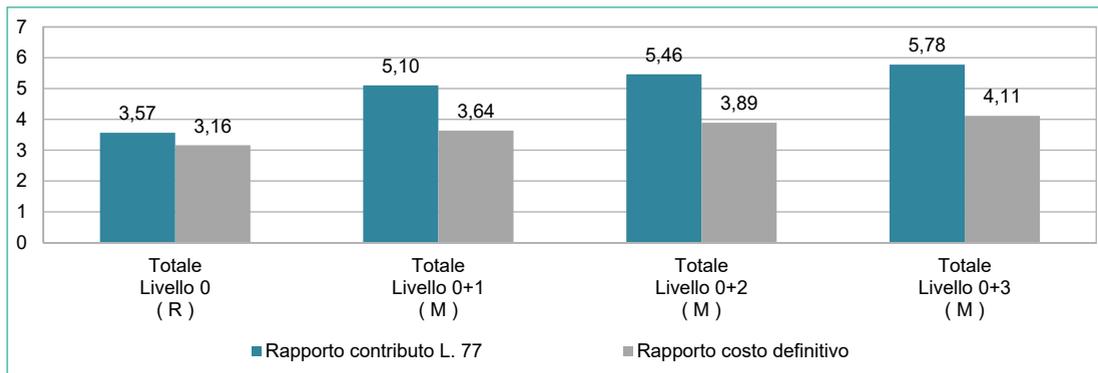


Tabella 6.2.6 Rapporto fra contributo in Prevenzione - Riparazione danni

In sostanza si rileva che, per i soli interventi di **rafforzamento locale**, il rapporto tra il costo della ricostruzione post-sisma e del contributo della prevenzione è di circa **1 : 3,5**.

Se il rapporto lo si fa con il costo definitivo del progetto, esso scende a circa **1 : 3**.

Ciò vuol dire che, a parità di intervento, il rafforzamento locale, effettuato a seguito di un evento sismico, costa almeno tre volte tanto il medesimo intervento effettuato prima dell'evento.

Se si aggiungono anche gli interventi di **miglioramento sismico** (considerando per ipotesi il livello operativo L2) il rapporto passa a circa **1 : 5,5**.

Se il rapporto lo si fa con il costo definitivo del progetto, esso scende a circa **1 : 3,9**.

Se invece consideriamo anche gli interventi di caratura tecnica maggiore, il miglioramento sismico, tale rapporto è almeno quattro volte tanto.

BEST PRACTICES

Direttive regionali D.1.11 - normativa tecnica NTC 2018 e Circolare 2019

Nel presente capitolo è riportata una selezione **fotografica** degli interventi eseguiti sugli edifici privati, distinti per **tipologia strutturale** e per **tipologia di intervento**, ed il relativo riferimento alle norme tecniche regionali e nazionali di seguito riportate.

Le immagini sono estratte dal portale sismica **Portos**.

Le **norme attuative** degli interventi strutturali preventivi sugli edifici privati sono:

- le **Direttive Regionali D.1.11** "Istruzioni Generali illustrative dei criteri, modalità e fasi degli interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico, o, eventualmente, di demolizione e ricostruzione di edifici privati", approvate con delibera di Giunta Regionale n. 1321 del 19/12/2016 e successive modifiche, in attuazione ai disposti di cui alla Legge 77/2009 art. 11;
- le **Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C. 2018)**, approvate con Decreto Ministeriale del 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»";
- la **Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Le **tipologie di intervento**, previste dalle Direttive regionali D.1.11, sono:

- il **rafforzamento locale** - che rientrano nella fattispecie definita come "riparazioni o interventi locali" dalle vigenti Norme Tecniche N.T.C. 2018 al capitolo 8.4.1;

- il **miglioramento sismico** - definito dalle N.T.C. 2018 al capitolo 8.4.2;
- gli eventuali interventi di **demolizione/ricostruzione**.

In particolare, gli interventi di **rafforzamento locale** sono finalizzati a ridurre o eliminare i comportamenti di singoli elementi o parti strutturali, che danno luogo a condizioni di fragilità e/o innescano di collassi locali.

Ricadono tra l'altro in questa categoria gli interventi volti:

- ad **umentare la duttilità e/o la resistenza** a compressione e a taglio di pilastri, travi e nodi delle strutture in cemento armato;
- a **ridurre il rischio di ribaltamenti** di pareti o di loro porzioni nelle strutture in muratura;
- ad **eliminare le spinte**;
- ad **umentare la duttilità** di elementi murari;
- alla **messa in sicurezza di elementi non strutturali**, quali tamponature, sporti, camini, cornicioni ed altri elementi pesanti pericolosi in caso di caduta.

Le **Norme Tecniche per le Costruzioni N.T.C. 2018**, al capitolo **8.7.4 – Criteri e tipi d'intervento**, danno disposizioni di carattere generale in merito agli interventi sugli edifici esistenti.

Ulteriori approfondimenti normativi di dettaglio sono elencati nella successiva **Circolare del 21/01/2019, n. 7**, emanata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

(rif. N.T.C. 2018 cap. 8.7.4)

... "In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- **riparazione di eventuali danni** presenti;
- **riduzione delle carenze** dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("**duttilità**") di singoli elementi;
- **riduzione** delle condizioni, anche legate alla presenza di elementi non strutturali, che determinano **situazioni di forte irregolarità**, sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità;
- **riduzione delle masse**, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
- **riduzione** dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di **sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia**;
- **riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti**, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso;
- **miglioramento dei collegamenti** degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro;
- **incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti**, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di **giunti sismici** o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti;
- **miglioramento del sistema di fondazione**, ove necessario." ...

7.1 Interventi strutturali sugli edifici in muratura

In particolare, le N.T.C. 2018 prevedono, per gli edifici in **muratura**, di valutare e curare i seguenti aspetti:

- ...
 - **"miglioramento dei collegamenti** tra orizzontamenti e pareti, tra copertura e pareti, tra pareti confluenti in martelli murari o angolate;
 - **riduzione ed eliminazione delle spinte** non contrastate di coperture, archi e volte;
 - **rafforzamento delle pareti** intorno alle aperture." ...

La successiva **Circolare 2019**, al cap. C8.7.4.1 – **Criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura**, fornisce inoltre una serie di criteri generali per il consolidamento.

...
 "Nel presente Capitolo si forniscono criteri generali per gli interventi di consolidamento degli edifici di **muratura**, con riferimento ad alcune tecniche usualmente utilizzate. I criteri e le tecniche di seguito riportati sono indicativi e non esaustivi e non si esclude l'impiego di tecniche di intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il progettista individui come adeguate al caso specifico.

Attenzione va posta alla fase esecutiva degli interventi, onde evitare di comprometterne l'efficacia.

Oltre agli interventi volti a sanare le carenze nei confronti delle azioni non sismiche, quelli che generalmente inducono i maggiori benefici nei riguardi delle azioni sismiche riguardano:

1. La formazione dei **diaframmi di piano**, a livello dei solai ed eventualmente nelle falde di copertura.
2. Le **connessioni** delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano.
3. I **collegamenti** nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli.
4. L'incremento della **sismo-resistenza** delle pareti.
5. Il contenimento delle **spinte** ed il consolidamento di archi e volte.
6. Altri interventi."

7.1.1 Formazione dei diaframmi di piano (rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

"Il ruolo primario dei **solai** è quello di sostenere i carichi verticali, ma la loro funzione durante lo scuotimento sismico è quella di trasferire le azioni orizzontali alle pareti e di scongiurare l'attivazione dei meccanismi fuori piano delle pareti **collegandole efficacemente**. I solai devono pertanto essere ben ancorati alle murature, soprattutto a quelle perimetrali." ...



Fig. 7.1.1.1 - Collegamento di trave in legno alla muratura perimetrale, con piatto metallico

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.2 - Collegamento di trave in legno alla muratura perimetrale, con piatto metallico

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.3 - Collegamento di trave in ferro alla muratura perimetrale, con piatto metallico
Monterchi (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.4 - Collegamento di trave in ferro alla muratura perimetrale, con piatto metallico
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.5 - Collegamento di trave in legno alla muratura, con angolare metallico
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.6 - Collegamento di trave in legno alla muratura, con "bicchiere" metallico
Barberino di Mugello (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.7 - Collegamento di solaio alle murature d'ambito, con angolari metallici
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.8 - Collegamento di solaio alle murature d'ambito, con angolari metallici
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.9 - Collegamento di solaio alle murature d'ambito, con angolari metallici
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.10 - Collegamento di solaio alle murature d'ambito, con angolari metallici
Aulla (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

... “Occorre notare che, mentre può non essere necessario realizzare un’elevata rigidezza, in quanto i meccanismi fuori dal piano sono caratterizzati da deformazioni ammissibili anche elevate, è invece necessario che i diaframmi abbiano una **resistenza sufficiente a trasferire le azioni tra una parete e l’altra**, quando la prima raggiunge la resistenza ultima a taglio. Per gli edifici storici, nel consolidamento di solai lignei sono generalmente preferibili i **diaframmi leggeri, di rigidezza non trascurabile**, realizzati a secco, quali quelli ottenuti con doppio assito, con pannelli a base legno quali quelli citati nel paragrafo 11.7, lamiere di acciaio, reticolari di acciaio, reticolari con fibre o altro materiale idoneo ecc. Nel caso sia presente un sottofondo a supporto della pavimentazione, i diaframmi di piano possono essere realizzati sostituendolo con un nuovo sottofondo strutturale opportunamente armato. Nel caso risulti necessario anche un consolidamento statico del solaio per le sollecitazioni flettenti, quando è presente l’impalcato ligneo un rinforzo che consente di conseguire contemporaneamente un **rinforzo nel piano e flessionale**, si realizza, ad esempio, tramite strutture composte legno-legno mediante solette lignee, che sfruttino eventualmente il tavolato esistente, rese opportunamente collaboranti con le travi tramite idonei connettori a taglio. La tecnica di rinforzo con soletta collaborante in calcestruzzo realizza ugualmente un elevato **irrigidimento** nel piano e un miglioramento della resistenza ai carichi verticali, ma con un maggiore incremento dei pesi.” ...



Fig. 7.1.1.11 - Rinforzo flessionale di solaio, con travi in acciaio rompitratta
Firenze (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.12 - Rinforzo flessionale di solaio, con travi in acciaio rompitratta
Firenze (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.13 - Rinforzo flessionale di solaio, con travi in acciaio rompitratta
Vicchio (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.14 - Rinforzo flessionale di solaio, con travi in acciaio rompitratta
Vicchio (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.15 - Rinforzo flessionale di solaio, con travi in acciaio rompitratta
Camporgiano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.16 - Nuovo solaio in legno e tavolato di irrigidimento
Borgo a Mozzano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.17 - Irrigidimento di solaio in legno, con doppio tavolato alternato
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.18 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata
Sestino (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.19 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata
Sestino (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.20 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata Sestino (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.21 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata Sestino (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.22 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata Rufina (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.23 - Irrigidimento di solaio, con getto di cls alleggerito e rete elettrosaldata Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.24 - Nuovo solaio di sottotetto in legno, pianelle in cotto e getto in cls alleggerito con rete elettrosaldata Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.25 - Irrigidimento di falda di copertura, con croci di S. Andrea Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.26 - Irrigidimento di falda di copertura, con croci di S. Andrea
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.27 - Irrigidimento di falda di copertura, con croci di S. Andrea (particolare manicotto)
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.28 - Irrigidimento di falda di copertura, con doppio tavolato in legno incrociato
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.29 - Irrigidimento di falda di copertura, con doppio tavolato in legno incrociato
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.30 - Rinforzo di trave in legno, con fascette metalliche di contenimento
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.31 - Consolidamento di solaio all'intradosso, con rete in fibra composita antisfondellamento
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.32 - Consolidamento di travetto di solaio in c.a. ammalorato
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

... "Nel caso di solai a **putrelle e voltine o tavelloni**, un miglioramento del comportamento flessionale delle travi e nel piano del solaio può essere ottenuto con un irrigidimento mediante solette armate rese solidali ai profilati e collegate alle murature perimetrali mediante opportuni connettori. Nel caso di solai con voltine, può essere necessario anche collegare tra loro i profilati, saldando bandelle o barre metalliche trasversali, all'intradosso o all'estradosso." ...



Fig. 7.1.1.33 - Collegamento dei profilati delle voltine, con saldatura di barre metalliche trasversali all'intradosso
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

... “Per quanto riguarda le **coperture**, nelle costruzioni in muratura è in linea generale opportuno operare mediante il mantenimento dei tetti in legno per non incrementare le masse nella parte più alta dell’edificio, o con soluzioni più pesanti di acciaio o di calcestruzzo armato, previa verifica.” ...



Fig. 7.1.1.34 - Nuova copertura in legno a pagiglione e timpani rompitratta in muratura Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.35 - Nuova copertura in legno, e catene metalliche con effetto "capriata" Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.36 - Nuova copertura in legno a capanna e timpani rompitratta in muratura Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.37 - Nuova copertura in legno Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.38 - Irrigidimento di copertura in legno, con doppio tavolato in legno incrociato Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.39 - Collegamento della nuova copertura in legno alla muratura perimetrale Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

... "Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati o cantonali privi di elementi di ritegno, la **spinta deve essere contenuta**, integrando in modo opportuno lo schema strutturale." ...



Fig. 7.1.1.40 - Collegamento di puntone alle travi d'ambito

Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.41 - Collegamento di puntone alla muratura perimetrale

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.42 - Collegamento di puntone al cordolo in c.a.

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.43 - Riduzione della spinta dei travetti di copertura, con tiranti metallici effetto "capriata"

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.44 - Ritegno dei travetti di copertura al colmo, con piastre metalliche
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.45 - Riduzione della spinta dei travetti di copertura, con tiranti metallici effetto "capriata"
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.46 - Collegamento di puntone alle murature d'ambito
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.47 - Collegamento di puntone alle murature d'ambito, con tiranti metallici
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.48 - Collegamento di puntone alle murature d'ambito (particolare)
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.49 - Collegamento dei tiranti metallici alle murature d'estremità
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 1)

... "E' inoltre opportuno intervenire sui **collegamenti tra gli elementi lignei** per evitare locali situazioni spingenti o di labilità." ...



Fig. 7.1.1.50 - Collegamento di tavolato in legno a livello del colmo, mediante piatti metallici

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.51 - Collegamento di trave primaria alle murature perimetrali e all'orditura secondaria, mediante angolari metallici

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.52 - Collegamento di orditura primaria all'orditura secondaria, mediante angolari metallici

Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.53 - Collegamento tra orditure primarie all'appoggio dei timpani, mediante piatti metallici

Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.54 - Collegamento del colmo ai timpani murari, mediante piastrine metalliche

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.55 - Collegamento di trave primaria alle murature perimetrali, mediante "bicchiera" metallico

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.56 - Riduzione di inflessione del colmo della copertura, mediante tirantature metalliche "reticolari"

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.57 - Riduzione di inflessione del colmo della copertura, mediante tirantature metalliche "reticolari"

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

Fig. 7.1.1.58 - Collegamento di orditura secondaria all'orditura primaria, mediante piatti metallici

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.1.2 Connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 2)

“Le **connessioni** delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano hanno il compito di ridurre la snellezza delle pareti, rispettivamente nei riguardi della flessione orizzontale e verticale. Ciò ha il duplice effetto di: 1) **limitare gli spostamenti fuori dal piano** a livello degli orizzontamenti, **prevenendo lo sfilamento** delle travi dei solai e della copertura; 2) **limitare l'ampiezza della porzione di parete muraria potenzialmente interessata da meccanismi fuori dal piano**, riducendo la vulnerabilità nei riguardi di cinematismi locali.

Qualora i collegamenti tra le pareti siano scarsi o deteriorati, può essere realizzata **un' idonea ammortatura** tra parti adiacenti o intersecantisi. Questa può essere realizzata o migliorata con interventi locali. Tra questi, ad esempio, sono annoverabili diverse tipologie di interventi, tra cui quelli tipo **scuci-cuci**. Cuciture armate realizzate con barre di lunghezza limitata, iniettate con malta o resina, non sempre risultano efficaci, per la difficoltà di garantire un adeguato ancoraggi o in presenza di un nucleo interno di scadenti proprietà, e possono essere invasive (in ogni caso è opportuno utilizzare elementi metallici inossidabili o altri materiali idonei).” ...



Fig. 7.1.2.1 - Connessione di cantonale, mediante rete in fibra di materiale composito Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.2 - Connessione di cantonale, mediante rete in fibra di materiale composito Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.3 - Connessione all'angolo, mediante intervento "scuci-cuci" Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.4 - Connessione di cantonale, mediante betoncino armato con rete elettrosaldata Castelnuovo di Garfagnana (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.5 - Connessione all'angolo, mediante rete in fibra di materiale composito
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.6 - Connessione di cantonale, mediante betoncino armato con rete elettrosaldata
Bibbiena (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.7 - Connessione all'angolo, mediante angolari metallici - prima
Villafranca in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.8 - Connessione all'angolo, mediante angolari metallici - dopo
Villafranca in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 2)

... "Particolarmente efficaci sono gli elementi di **collegamento tra pareti opposte** atti a impedirne le rotazioni verso l'esterno e ad assicurare il funzionamento scatolare dell'edificio. A tale scopo possono essere utilmente impiegati tiranti (o catene), siano essi metallici o di altri materiali, disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, al livello dei solai e in corrispondenza delle pareti portanti. I **tiranti** consentono anche la formazione del meccanismo tirante-puntone nelle fasce, migliorando la capacità di accoppiamento dei maschi murari." ...



Fig. 7.1.2.9 - Edificio a Sansepolcro (AR)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.10 - Edificio a Bibbiena (AR)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.11 - Edificio a Scarperia e San Piero (FI)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.12 - Edificio a Minucciano (LU)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.13 - Perforazione muratura per inserimento tirante

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.14 - Perforazione muratura per inserimento tirante

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.1.15 - Particolare di paletto capochiave

Sansepolcro (AR) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.16 - Particolare dei paletti capochiave Sansepolcro (AR) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.17 - Particolare della piastra capochiave

Firenze (FI) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.18 - Consolidamento muratura per appoggio della piastra capochiave

Barberino di Mugello (FI) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.19 - Alloggiamento della piastra capochiave
Firenzuola (FI) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.20 - Alloggiamento di paletto capochiave e chiusura con dado e controdado
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.21 - Alloggiamento di piastre capochiave a collegamento tra pareti ortogonali
Sansepolcro (AR) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.22 - Alloggiamento di paletti capochiave a collegamento tra pareti ortogonali
Sansepolcro (AR) Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.23 - Alloggiamento di paletto capochiave
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.24 - Alloggiamento di paletti capochiave
Aulla (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.25 - Alloggiamento di paletti capochiave a collegamento tra pareti ortogonali
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.26 - Alloggiamento di paletti capochiave a collegamento tra pareti ortogonali
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.27 - Tirante metallico all'interno del vano

Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.28 - Tiranti metallici all'interno del vano scala

Licciana Nardi (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.29 - Particolare manicotto tenditore a collegamento tra due tiranti

Licciana Nardi (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.30 - Particolare piastra capochiave interna

Licciana Nardi (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.31 - Alloggiamento nei fori di tiranti metallici tra due pareti ortogonali

Poppi (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.32 - Particolare manicotto tenditore a collegamento tra due tiranti metallici

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 2)

... “In alternativa, il **funzionamento scatolare dell’edificio è favorito dalle cerchiature esterne**, che in alcuni casi si possono realizzare con elementi metallici o materiali compositi, particolarmente efficaci nel caso di edifici di dimensioni in pianta ridotte, come i campanili, o quando vengono realizzati ancoraggi in corrispondenza dei martelli murari. È in ogni caso necessario evitare l’insorgere di concentrazioni di tensioni in corrispondenza degli spigoli delle murature.” ...



Fig. 7.1.2.33 - Placcaggio in sommità, con cerchiatura in materiale composito

Piazza al Serchio (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.34 - Placcaggio in sommità, con cerchiatura in materiale composito

Galliciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.35 - Placcaggio a livello di interpiano, con fasce in materiale composito

Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.36 - Placcaggio interpiano, con fasce in materiale composito

Scarperia e San Piero (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.37 - Placcaggio di cantonale, con fasce in materiale composito

Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.38 - Placcaggio di cantonale, con fasce in materiale composito
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos

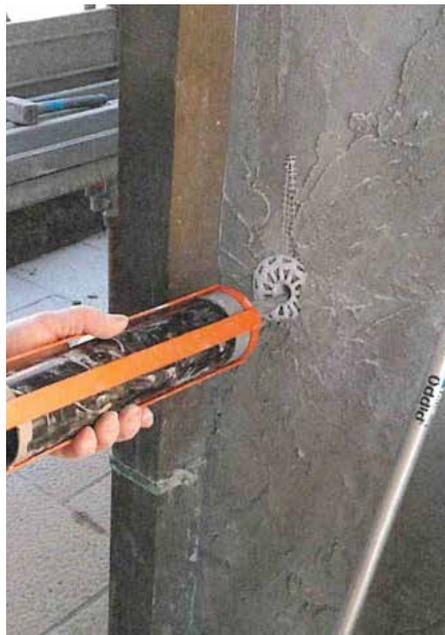


Fig. 7.1.2.39 - Particolare di inghisaggio del connettore
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.40 - Placcaggio in sommità, con fasce in materiale composito
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.41 - Placcaggio in sommità, con fasce in materiale composito
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.42 - Particolare del connettore Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.43 - Particolare del connettore Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.44 - Particolare di inghisaggio del connettore Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.45 - Particolare di inghisaggio del connettore Scarperia e San Piero (FI) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 2)

... “I **cordoli in sommità** possono costituire una soluzione efficace sia per collegare le pareti in una zona dove la muratura è meno resistente a taglio a causa del basso livello di compressione, sia per contenere eventuali azioni spingenti della copertura, sia anche per favorire l'appoggio delle singole membrature dell'orditura. Il collegamento del cordolo con la muratura esistente può essere realizzato, in assenza di soluzioni più efficaci e meno invasive, attraverso perforazioni armate con barre metalliche, protette o di tipo inossidabile, oppure di altro materiale resistente a trazione, efficacemente ancorate alla muratura.

I cordoli in sommità possono essere realizzati nei seguenti modi.

- Cordoli realizzati con elementi lignei, adeguatamente protetti.
- Cordoli realizzati con muratura armata.
- Cordoli realizzati con **elementi d'acciaio**.
- Cordoli di **calcestruzzo armato**." ...



Fig. 7.1.2.46 - Cordolo in acciaio sul displuvio di falda

Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.47 - Cordolo in acciaio su muro perimetrale

Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.48 - Cordolo in acciaio su muro perimetrale

Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.49 - Cordolo in acciaio al colmo della copertura

Cortona (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.50 - Cordolo in acciaio su muro di spina
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.51 - Cordolo in acciaio su muro perimetrale
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.52 - Cordolo in acciaio all'imposta di copertura spingente
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.53 - Cordolo in c.a. su timpano laterale
Mulazzo (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.54 - Cordolo in c.a. su muro perimetrale

Coreglia Antelminelli (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.55 - Cordolo in c.a. su muro perimetrale

Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.56 - Cordolo in c.a. su muro perimetrale

Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.57 - Cordolo in c.a. al colmo della copertura

Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.2.58 Cordolo in c.a. su muro di spina

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos

7.1.3 Collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli.

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 3)

“Quando i collegamenti tra paramento esterno e interno sono insufficienti, come frequentemente avviene per le murature in pietrame, occorre verificare che, per effetto delle azioni sismiche, non si attivi un meccanismo di flessione fuori piano nella porzione di paramento compresa tra due ritegni dotati di ancoraggio esterno. Si può eventualmente ricorrere a **diatoni di contenimento integrativi**, disposti nella parete ad adeguata distanza tra loro (in misura non necessariamente troppo fitta).

L’inserimento di diatoni artificiali, realizzati in calcestruzzo armato, in profilati metallici o in altri materiali resistenti a trazione, compreso l’utilizzo di legature metalliche, con funzione di **tirantini antiespulsivi o di legature con materiali compositi**, può realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, evitando il distacco o l’innesco di fenomeni di instabilità per compressione dei paramenti esterni.

L’efficacia di tali interventi è legata all’effettiva possibilità di solidarizzare detti presidi con la muratura circostante che, pertanto, deve presentare buona consistenza.”



Fig. 7.1.3.1 - Collegamento tra paramenti murari, con materiali compositi
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.3.2 - Collegamento tra paramenti murari, con materiali compositi
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.1.4 Incremento della capacità delle pareti

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 4).

“Qualora i setti murari siano costituiti da materiale di **bassa qualità**, può risultare opportuno migliorare le caratteristiche meccaniche del materiale. Il tipo di intervento da applicare va valutato in base alla tipologia e alla qualità della muratura e può variare dalla ricostruzione parziale (interventi di **scuci-cuci**) al consolidamento mediante **iniezioni** o mediante **interventi superficiali o altre tecniche opportune**; si deve procedere alla verifica preliminare della compatibilità chimico-fisica dei materiali nuovi con quelli originari.” ...



Fig. 7.1.4.1 - Intervento di “scuci-cuci”
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.2 - Intervento di “scuci-cuci”
Piazza al Serchio (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.3 - Intervento di “scuci-cuci”
Piazza al Serchio (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.4 - Intervento di "scuci-cuci"
Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 4)

... "Nei casi in cui si operi attraverso **le iniezioni di miscele leganti**, si procede anche alla verifica della fattibilità dell'intervento in termini di capacità delle murature di assorbire e diffondere le malte iniettate ponendo attenzione nella scelta della pressione di immissione della miscela, per evitare dissesti locali. L'intervento di **ristilatura** dei giunti, se effettuato su entrambe le superfici esterne, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura incrementandone, di fatto, l'area resistente. Particolare cura deve essere rivolta alla scelta della malta da utilizzare in relazione a quella esistente. L'eventuale inserimento nei giunti "ristilati" di piccole barre, trefoli o piattine metalliche o di altri materiali resistenti a trazione, specie se ancorati alla muratura attraverso connessioni trasversali dei paramenti ed organizzati come sistema continuo nelle tre direzioni, può migliorare ulteriormente l'efficacia dell'intervento. Il placcaggio delle murature con **intonaco armato** costituisce un efficiente provvedimento soprattutto nel caso in cui le murature siano gravemente danneggiate o incoerenti, purché siano posti in opera i necessari collegamenti trasversali bene ancorati alle armature poste su entrambe le facce della muratura. Le fodere possono essere realizzate con malte a base di cemento o di calce e armatura in reti o tessuti di acciaio inossidabile, oppure con materiali compositi, utilizzando fibre di carbonio, vetro o aramidiche." ...



Fig. 7.1.4.5 - Consolidamento parete, con betoncino armato e rete elettrosaldata (prima)
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.6 - Consolidamento parete, con betoncino armato e rete elettrosaldata (dopo)
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.7 - Consolidamento pareti, con betoncino armato e rete elettrosaldata
Bibbiena (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.8 - Consolidamento pareti, con betoncino armato (particolare connettore)
Bibbiena (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.9 - Consolidamento parete, con fibre in materiale composito
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.10 - Consolidamento parete, con fibre in materiale composito
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 4)

... "Un incremento della capacità portante delle pareti murarie, con conseguente miglioramento del comportamento sismico, si ottiene infine anche attraverso l'eliminazione delle discontinuità con la **chiusura di nicchie, canne fumarie cavedi o anche di vecchie lesioni o sconnessioni all'interno delle murature**, purché venga realizzato un efficace collegamento dei nuovi elementi di muratura con quelli esistenti." ...



Fig. 7.1.4.11 - Chiusura di canna fumaria
Camporgiano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.12 - Chiusura di nicchia
Monterchi (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.13 - Chiusura di nicchia
Licciana Nardi (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.14 - Particolare barre di ancoraggio
Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.15 - Chiusura di canna fumaria
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.16 - Particolare barra di ancoraggio
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.17 - Chiusura di nicchia
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.4.18 - Chiusura di canna fumaria
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.1.5 Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 5)

“L’assorbimento delle **spinte di strutture voltate**, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con **tiranti e cerchiature**. La posizione ottimale dei tiranti è al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all’estradosso, purché ne sia dimostrata l’efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata. Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga).

La realizzazione di contrafforti (o ringrossi murari) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento.

Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull’utilizzo di compositi fibrorinforzati. Soluzioni alternative o integrative possono essere ottenute con frenelli o riempimenti coesivi leggeri.

La realizzazione di soluzioni pesanti come cappe e contro-volte in calcestruzzo, armato o meno, va valutata con cautela a causa degli incrementi di peso che comporta.”



Fig. 7.1.5.1 - Perforazione per inserimento tirante Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.5.2 - Inserimento di tiranti metallici nell’arco, nelle due direzioni Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.5.3 - Inserimento di tiranti metallici nelle volte Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.5.4 - Inserimento di tiranti metallici nelle volte Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.5.5 - Consolidamento di arco, con nuova mazzetta di appoggio in muratura e betoncino armato
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.1.6 Altri interventi

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 6)

“- Interventi su pilastri e colonne

Tenendo presente che i pilastri e le colonne sono essenzialmente destinati a sopportare carichi verticali con modeste eccentricità, gli interventi tendono generalmente a:

- migliorare la resistenza a sforzo normale mediante ad esempio **cerchiature e fasciature**;
- **eliminare eventuali spinte orizzontali** prodotte da elementi spingenti poggianti su di essi.

In presenza di azioni sismiche, le colonne e i pilastri, realizzati in muratura o anche monolitici, devono, infatti, non solo essere preservati da forze orizzontali, ma anche essere impediti di ruotare in sommità.

Sono da evitare, in genere, gli inserimenti di anime metalliche, perforazioni armate, precompressioni longitudinali e in genera le, salvo in caso di accertata e inevitabile necessità, gli interventi volti a conferire a colonne e pilastri in muratura capacità resistenti non usuali.” ...



Fig. 7.1.6.1 - Consolidamento di pilastro in muratura (prima)
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.2 - Consolidamento di pilastro in muratura, con fasce in materiale composito (dopo)
Anghiari (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.3 - Consolidamento di colonne in muratura, con fasce metalliche
Pontremoli (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.4 - Consolidamento di pilastro isolato in muratura, con betoncino armato
Poppi (MS) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 6)

... "- Interventi sulle scale

La struttura portante delle scale deve essere accuratamente verificata, sia per le azioni non sismiche, sia per le azioni sismiche.

Particolari situazioni di rischio possono presentare le soluzioni ad arco rampante, spesso particolarmente sottile e spingente su murature esterne, oppure quelle realizzate con gradini di pietra a sbalzo, sia per le insufficienti dimensioni dei gradini, sia per l'insufficiente spessore delle murature nelle quali questi sono inseriti.

È infine opportuno verificare la sicurezza dei parapetti, spesso inaspettatamente poco resistenti." ...



Fig. 7.1.6.5 - Rinforzo di scala, con piatto metallico curvato
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.6 - Rinforzo di scala, con elementi metallici
Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.7 - Rinforzo di scala, con elementi metallici

Casola in Lunigiana (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig.7.1.6.8 - Rinforzo di scala, con putrelle metalliche

Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 6)

... “- Interventi in fondazione

I **cedimenti in fondazione** di un edificio sono generalmente fenomeni che si manifestano lentamente, se non sono prodotti da repentine alterazioni del suolo (ad es. variazioni del regime idrico per perdite di tubazioni e fognature, nuove costruzioni contigue, rilevati o scavi vicini). Negli edifici esistenti le insufficienze fondali sono pertanto messe in luce, nella maggior parte dei casi, grazie alla presenza di quadri fessurativi e deformativi che possono essere individuati nella fase di rilievo. Per una prima valutazione dell'efficacia di un sistema fondale di un edificio esistente è pertanto fondamentale un accurato rilievo dei quadri fessurativi e dei dissesti, nonché comprendere se il fenomeno si è ormai arrestato mediante lo studio dell'evoluzione storica di tali fenomeni.

...

Gli interventi sono di massima classificabili nelle seguenti tipologie.

Allargamento della fondazione mediante cordoli o platee in c.a. L'intervento va realizzato in modo tale da far collaborare adeguatamente le fondazioni esistenti con le nuove, curando in particolare la connessione fra nuova e vecchia fondazione. A tale scopo, deve essere realizzato un collegamento rigido (travi in c.a., traversi in acciaio di idonea rigidità, barre post-tese che garantiscono una trasmissione per attrito) in grado di trasferire parte dei carichi provenienti dalla sovrastruttura ai nuovi elementi. In presenza di possibili cedimenti differenziali della fondazione è opportuno valutarne gli effetti sull'intero fabbricato.” ...



Fig. 7.1.6.9 - Consolidamento di fondazione, con cordoli affiancati in c.a.

Rufina (FI) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.10 - Consolidamento di fondazione e nuovo calpestio, con massetto ad "igloo"

Rufina (FI) - Fonte: portale sismica Portos

(rif. Circolare LLPP cap. C.8.7.4.1 p.to 6)

... **“Consolidamento dei terreni di fondazione.** Gli interventi di consolidamento dei terreni possono essere effettuati mediante iniezioni di miscele cementizie, resine (ad es. poliuretani che si espandono nel terreno) o altre sostanze chimiche.

Inserimento di sottofondazioni profonde (micropali, pali radice). Nel caso di cedimenti che interessino singole porzioni di fabbricato, è consigliabile valutare la possibilità che si verifichino assestamenti differenziali, legati alla nuova configurazione. Si deve prevedere un'ideale struttura di collegamento tra micropali e muratura esistente (ad es. un cordolo armato rigidamente connesso alla muratura). I collegamenti diretti tra i pali e le fondazioni esistenti devono essere considerati con particolare prudenza per il rischio di danneggiamento del manufatto con riduzione della capacità portante delle fondazioni esistenti.” ...



Fig. 7.1.6.11 - Consolidamento di fondazione, con realizzazione di micropali e cordolo in c.a. (scavo)

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.1.6.12 - Consolidamento di fondazione, con realizzazione di micropali e cordolo in c.a. (armatura cordolo)

Fivizzano (MS) - Fonte: portale sismica Portos

7.2 Interventi strutturali sugli edifici in cemento armato

Le **N.T.C. 2018** prevedono, per le strutture in **c.a.** ed in **acciaio**, le seguenti tipologie di intervento:

- ...
- “rinforzo di tutti o parte degli elementi;
- aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc.;
- eliminazione di eventuali meccanismi “di piano”;
- introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto;
- eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio.

La successiva **Circolare 2019**, al cap. **C8.7.4.2 – Criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in calcestruzzo**, fornisce quindi una serie di criteri generali per il consolidamento degli

edifici.

“Nel presente Capitolo si forniscono criteri generali per gli interventi di consolidamento degli edifici in **calcestruzzo armato**, insieme ai relativi modelli di capacità, con riferimento ad alcune tecniche usualmente utilizzate. I criteri e le tecniche di seguito riportati sono indicativi e non esaustivi; non si esclude pertanto l'impiego di tecniche di intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il progettista individui come adeguate al caso specifico.”

...

C8.7.4.2.2 Incamiciatura in acciaio

“**Camicie in acciaio** possono essere applicate principalmente a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità in termini di resistenza a taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.
- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento).

Le camicie di acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni ed interasse adeguati, oppure sono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari devono essere resi solidali al calcestruzzo esistente attraverso idonei dispositivi (costituiti ad esempio da tasselli metallici).”



Fig. 7.2.1 - Consolidamento di pilastro in c.a., con angolari metallici e calastrelli
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.2.2 - Consolidamento di pilastro in c.a., con angolari metallici e calastrelli
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.3 Interventi strutturali sugli edifici in acciaio

In particolare le **N.T.C. 2018** prevedono, per le strutture in **acciaio**, di valutare e curare i seguenti aspetti.

...

- “miglioramento della stabilità degli elementi e della struttura;
- incremento della resistenza e/o della rigidità dei collegamenti;
- miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative;
- introduzione di indebolimenti locali controllati, finalizzati ad un miglioramento del meccanismo di collasso.”



Fig. 7.3.1 -Rinforzo di telaio in acciaio, con idoneo controvento metallico
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.3.2 - Rinforzo di pilastro in acciaio, con incamiciatura metallica e calastrelli
Pieve Santo Stefano (AR) - Fonte: portale sismica Portos

7.4 Interventi strutturali sugli elementi non strutturali

Le **N.T.C. 2018** prevedono, per gli **elementi non strutturali**, i seguenti criteri di intervento:

... "Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione." ...

La **Circolare 2019**, al **cap. C8.7.6 Indicazioni aggiuntive per gli elementi non strutturali e gli impianti soggetti ad azioni sismiche**, fornisce quindi una serie di criteri generali per il consolidamento degli edifici.

... "I danni causati dal terremoto ai componenti e ai sistemi **non strutturali** possono essere significativi. Ai notevoli miglioramenti nella concezione sismica dei sistemi strutturali resistenti non sono corrisposti significativi progressi nell'ambito **dell'ancoraggio e del controventamento** dei componenti e dei sistemi non strutturali, che spesso hanno subito danni estesi, anche nel caso di terremoti di modesta intensità." ...



Fig. 7.4.1 -Collegamento dei pannelli di tamponatura alla struttura principale di capannone prefabbricato
Castelnuovo di Garfagnana (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.2 - Collegamento dei pannelli di tamponatura alla struttura principale di capannone prefabbricato
Castelnuovo di Garfagnana (LU) - Fonte: portale sismica Portos



**Fig. 7.4.3 - Collegamento dei pannelli di tamponatura alla struttura principale di cagnone prefabbricato
Castelnuovo di Garfagnana (LU) - Fonte: portale sismica Portos**



**Fig. 7.4.4 - Collegamento di camino in muratura, con elementi metallici
Castel Focognano (AR) - Fonte: portale sismica Portos**



**Fig. 7.4.5 - Collegamento di camino in muratura, con elementi metallici
Castel Focognano (AR) - Fonte: portale sismica Portos**



**Fig. 7.4.6 - Collegamento di canna fumaria all'edificio, con fasce metalliche
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos**



**Fig. 7.4.7 - Collegamento di canna fumaria all'edificio, con fasce metalliche
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos**



Fig. 7.4.8 - Collegamento di camino in muratura, con elementi metallici (estradosso copertura)
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.9 - Collegamento di camino in muratura, con elementi metallici (intradosso copertura)
Castel Focognano (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.10 - Collegamento di canna fumaria all'edificio, con fasce metalliche
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.11 - Collegamento di camino in muratura, con elementi metallici
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.12 - Collegamento di canna fumaria, con elementi metallici
Sansepolcro (AR) - Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.4.13 - Demolizione di balcone pesante in soletta di c.a. e ricostruzione con struttura in acciaio
Minucciano (LU) - Fonte: portale sismica Portos

7.5 Interventi di demolizione e ricostruzione

Le Direttive regionali D.1.11 consentono anche interventi di demolizione e ricostruzione di edifici privati, o loro dirette pertinenze, purché tali interventi consentano di **restituire edifici conformi alle norme tecniche** e caratterizzati dagli **stessi parametri edilizi dell'edificio preesistente**, salvo il caso in cui siano consentiti dalle norme urbanistiche interventi di sostituzione edilizia.



Fig. 7.5.1 - Edificio a Pieve Santo Stefano (AR)-
Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.2 - Edificio a Pieve Santo Stefano (AR)-
Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.3 - Edificio a Pieve Santo Stefano (AR)-
Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.4 - Edificio a Pieve Santo Stefano (AR)-
Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.5 - Edificio
 Pieve Santo Stefano (AR)- Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.6 - Edificio a Foiano della Chiana (AR)
 Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.7 - Edificio a Foiano della Chiana (AR)
 Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.8 - Edificio a Foiano della Chiana (AR)
 Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.9 - Edificio a Foiano della Chiana (AR)
 Fonte: portale sismica Portos

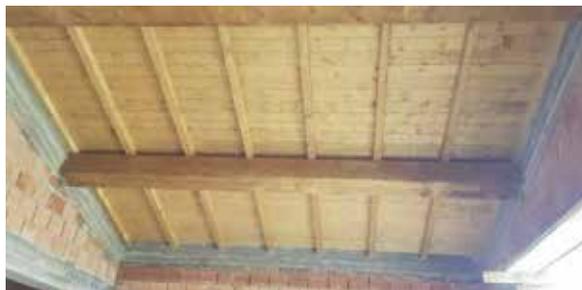


Fig. 7.5.10 - Edificio a Foiano della Chiana (AR)
 Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.11 - Edificio a Licciana Nardi (MS)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.12 - Edificio a Licciana Nardi (MS)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.13 - Edificio a Licciana Nardi (MS)

Fonte: portale sismica Portos



Fig. 7.5.14 - Edificio a Licciana Nardi (MS)

Fonte: portale sismica Portos

