



# Libro bianco sulla ricostruzione privata dei centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009



# Indice

*Prefazione*

*Introduzione*

## **1. Le procedure per la ricostruzione dell'edilizia privata nel post-sisma del 2009**

- 1.1. La ricostruzione degli edifici privati fuori dai centri storici
  - 1.1.1. Il contesto normativo
  - 1.1.2. Il processo di controllo per il rilascio del contributo
- 1.2. La ricostruzione degli edifici privati nei centri storici
  - 1.2.1. Il territorio
  - 1.2.2. Il contesto normativo
- 1.3. I piani di ricostruzione
- 1.4. Confronto tra i modelli di ricostruzione adottati a seguito del sisma del 2009

## **2. Il processo di ricostruzione degli edifici privati dei centri storici**

- 2.1. Definizione dell'oggetto degli interventi nei modelli USRA e USRC
  - 2.1.1. Aggregato Edilizio (AE)
  - 2.1.2. Unità Minima di Intervento (UMI)
  - 2.1.3. Edificio (ED)
  - 2.1.4. Unità Immobiliare (UI)
  - 2.1.5. Edificio singolo (ES)
- 2.2. Definizione delle superfici
  - 2.2.1. Superficie Lorda Complessiva (Sc)
  - 2.2.2. Superficie Complessiva (SC)
- 2.3. Calcolo del contributo concedibile nei due modelli parametrici
  - 2.3.1. Il Modello parametrico per L'Aquila
    - 2.3.1.1. *Calcolo del contributo concedibile*
  - 2.3.2. Il Modello Integrato per il Cratere, MIC
    - 2.3.2.1. *Calcolo del contributo concedibile*
- 2.4. Considerazioni conclusive
- Bibliografia

## **3. Caratteristiche del costruito dei centri storici**

- 3.1. Caratteristiche delle UMI
- 3.2. Caratteristiche degli Edifici
- 3.3. Vulnerabilità degli edifici in muratura

- 3.3.1. Qualità della muratura
  - 3.3.2. Qualità delle connessioni murarie
  - 3.3.3. Presenza di murature in falso
  - 3.3.4. Interasse tra pareti portanti
  - 3.3.5. Vulnerabilità delle coperture
  - 3.3.6. Vulnerabilità derivanti dalla tipologia degli orizzontamenti
  - 3.3.7. Presenza di impalcati sfalsati
  - 3.3.7. Presenza di impalcati sfalsati
  - 3.4. Elementi di pregio e peculiarità
  - 3.5. Considerazioni conclusive
- Bibliografia

#### **4. Il danno rilevato nel costruito dei centri storici**

- 4.1. Danno rilevato per le singole componenti strutturali
  - 4.2. Danno globale
  - 4.3. Indice di danno per UMI
  - 4.4. Conclusioni
- Bibliografia

#### **5. Interventi di riparazione, rafforzamento locale e miglioramento sismico**

- 5.1. Descrizione degli interventi utilizzati nella ricostruzione post sisma dei centri storici
  - 5.1.1. Strutture Verticali
  - 5.1.2. Strutture orizzontali
  - 5.1.3. Coperture
- 5.2. UMI: analisi degli interventi
  - 5.2.1. Interventi di riparazione e rafforzamento locale
    - 5.2.1.1. *Strutture verticali*
    - 5.2.1.2. *Strutture orizzontali*
    - 5.2.1.3. *Coperture*
  - 5.2.2. Interventi di riparazione e di miglioramento sismico
    - 5.2.2.1. *Strutture verticali*
    - 5.2.2.2. *Strutture orizzontali*
    - 5.2.2.3. *Coperture*
  - 5.2.3. Demolizione e ricostruzione
  - 5.2.4. Correlazione tra interventi e indice di danno
- 5.3. Edifici: analisi degli interventi
  - 5.3.1. Demolizione e ricostruzione
  - 5.3.2. Correlazione tra interventi e indice di danno
- 5.4. Conclusioni

Bibliografia

## **6. Aspetti economici della ricostruzione dei centri storici**

6.1. Introduzione

6.2. Voci di costo

6.3. UMI: costi di intervento per esito di agibilità

6.3.1. UMI mono-esito B-C

*6.3.1.1. Rafforzamento locale*

*6.3.1.2. Miglioramento sismico*

6.3.2. UMI mono-esito E

*6.3.2.1. Miglioramento sismico*

6.3.3. UMI pluri-esito

*6.3.3.1. Rafforzamento locale*

*6.3.3.2. Miglioramento sismico*

6.4. UMI: costi di sostituzione edilizia

6.5. UMI: costi di intervento vs. indice di danno ( $I_{DSUMI}$ )

6.6. Edifici: costi per esito di agibilità

6.6.1. Edifici con esito B-C

6.6.2. Edifici con esito E

6.7. Edifici: costi di sostituzione edilizia

6.8. Edifici: costi degli edifici vs. livelli di danno globale

6.9. Considerazioni conclusive

Bibliografia

## **7. Ricostruzione fuori e dentro i centri storici**

7.1. Introduzione

7.2. Caratteristiche costruttive

7.3. Esito di agibilità e livello di danno

7.4. Analisi costi per categoria di intervento

7.4.1. Edifici B-C (interventi di riparazione e rafforzamento locale)

7.4.2. Edifici E (riparazione e miglioramento sismico)

7.5. Analisi costi d'intervento in funzione del livello di danno

7.5.1. Edifici con DS0

7.5.2. Edifici con DS1

7.5.3. Edifici con DS2

7.5.4. Edifici con DS3

7.5.5. Edifici con DS4

7.5.6. Edifici con DS5

7.6. Considerazioni conclusive

Bibliografia

*Autori*

# Prefazione

Comprensione e consapevolezza sono le fondamenta su cui in questi anni si è fortemente investito per costruire un percorso di crescita culturale attraverso cui promuovere azioni di prevenzione sismica. La tutela della popolazione residente nelle aree ad elevato rischio sismico, la riduzione dei danni e delle perdite dirette e indirette indotte dai terremoti, la messa in sicurezza del patrimonio costruito, sono tematiche ormai riconosciute come prioritarie nell'interesse del Paese.

A livello nazionale, le procedure da adottare nell'immediato post-sisma, volte alla valutazione dell'agibilità degli edifici colpiti dall'evento sismico, fanno riferimento a un quadro normativo consolidato, mentre non esiste una disciplina unica in ordine alle procedure e ai criteri da seguire per la ricostruzione dei territori interessati dal sisma. Negli anni in Italia, si sono susseguiti e adottati diversi modelli per disciplinare la complessa fase di ricostruzione susseguente allo "stato di emergenza".

Se ciò può intendersi come una naturale conseguenza delle peculiarità di ciascun terremoto e delle aree da esso colpite, nonché delle condizioni economiche del Paese nel momento in cui l'evento sismico si verifica, alcune scelte possono però avere differenziato la ricostruzione dopo i diversi eventi in maniera anche scollegata dal contesto fisico ed economico, creando in alcuni casi disparità di trattamento dei cittadini.

Pertanto di fronte all'esigenza di un approccio alla ricostruzione post-evento efficiente e uniforme, oggi più che mai appare di imprescindibile importanza una intensa attività tesa alla analisi critica e messa a sistema dell'enorme esperienza maturata in questi anni nell'ambito della gestione dei processi di ricostruzione degli eventi succedutisi negli ultimi decenni. Ciò al fine di facilitare la definizione di un impianto normativo attraverso cui decretare i principi e le regole alla base dei processi di ricostruzione. In tale ottica diventa fondamentale e quanto mai prezioso il lavoro di rivisitazione e recupero dei dati relativi ai terremoti occorsi e ai relativi processi di ricostruzione. Non è, purtroppo, sempre facile ottenere dati completi e soprattutto catalogarli in maniera omogenea in modo che possano essere confrontate esperienze diverse che hanno coinvolto realtà caratterizzate da aspetti socio-economici del tutto peculiari e non facilmente confrontabili. Tra le esperienze caratterizzate da una positiva convergenza e

collaborazione tra enti, istituzioni, centri di ricerca, e mondo professionale vi è certamente quella relativa al processo di ricostruzione del post sisma di L'Aquila 2009, in cui si sono susseguite due fasi: la prima, dal 2009 al 2013, relativa alla ricostruzione degli edifici isolati al di fuori dei centri storici, gestita dalla cosiddetta Filiera (Fintecna, ReLUIS e Cineas); la seconda, relativa alla ricostruzione degli aggregati edilizi dei centri storici, introdotta con il D.L. n. 83/2012, convertito dalla L. n. 134/2012, e resa operativa nel corso del 2013, con l'istituzione dei due Uffici Speciali per la ricostruzione di L'Aquila e dei comuni minori del Cratere sismico (USRA, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila, e USRC, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere).

L'attività della prima fase della ricostruzione relativa agli edifici isolati è stata oggetto di una intensa attività di studio culminata nel 2015 nella pubblicazione di un testo, il *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo 2009*, che raccogliendo ed esponendo i dati oggettivi di tale fase ha consentito non solo di richiamare in un unico documento procedure e meccanismi di finanziamento confacenti alle peculiarità di tali edifici, tipicamente non organizzati in aggregati, ma indipendenti, spesso con struttura in c.a., nei quali gli interventi di riparazione erano ben distinguibili da quelli di riduzione della vulnerabilità, ma anche di ottenere dati sintetici di particolare valore ai fini delle previsioni di rischio sismico. Sono proprio i dati contenuti in tale volume che, specie sul tema della predizione delle perdite, hanno contribuito a effettuare in questi anni valutazioni di rischio sismico sul territorio nazionale nonché di definire i costi parametrici utili per le procedure di valutazione della classe di rischio, così come prevista nelle *Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni* emanate con il Decreto Ministeriale n. 8 del 28 febbraio 2017, come strumento tecnico applicativo per il cosiddetto Sisma Bonus.

Se l'analisi della ricostruzione fuori centro storico è stata sicuramente di fondamentale importanza, ancor di più lo potrà essere l'analisi tecnico-economica della ricostruzione nei centri storici, di L'Aquila e dei comuni minori, sia per la maggiore complessità del costruito, tipicamente costituito da edifici in aggregato, sia per aspetti legati al valore storico-architettonico-culturale di molti edifici, sia per la diffusa condizione riscontrabile in tutta Italia di centri storici ad elevata pericolosità sismica, sia, infine, per la maggiore conseguente complessità delle norme e dei modelli gestionali adottati in tali casi.

Il Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile ReLUIS, nell'ambito dei progetti promossi e finanziati dal Dipartimento, è riuscito, con il coinvolgimento degli Uffici per la ricostruzione USRA e USRC, oltre che dello stesso Dipartimento, a recuperare i preziosi dati tecnico-economici della rico-

struzione e a elaborarli in maniera da fornire una sintesi completa ed efficace, descrittiva dell'intera operazione di ricostruzione nei centri storici. Essa costituirà un riferimento prezioso, sia per comprendere l'efficacia dei meccanismi messi a punto nella ricostruzione post-terremoto dell'Abruzzo del 2009, sia per concepire una legge per la ricostruzione che faccia tesoro delle esperienze passate su basi oggettive, quantitative e statistiche, oltre che complete. I risultati ottenuti, grazie al paziente riordino delle basi dati della ricostruzione e alla loro attenta elaborazione, sono unici non solo a livello nazionale, ma costituiscono un riferimento fondamentale anche a livello internazionale, come già è stato per il *Libro bianco della ricostruzione fuori dei centri storici*, e rappresentano un passaggio fondamentale nell'ambizioso ma indispensabile percorso verso la definizione di un quadro normativo e un modello di gestione unitario e omogeneo che garantisca in futuro chiarezza, velocità ed efficacia nel processo di ricostruzione post-sisma.

Fabrizio Curcio

Capo Dipartimento della Protezione Civile

# Introduzione

Il processo di ricostruzione che ha riguardato il territorio di L'Aquila, a seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009, rappresenta certamente un caso paradigmatico nell'ambito dei modelli di gestione e delle relative procedure applicative volte ad attuare la ricostruzione e a garantire la ripresa delle attività socio-economiche post-sisma. In particolare, la gestione della ricostruzione degli edifici privati del territorio aquilano è stata caratterizzata da due differenti fasi. La prima era volta alla ricostruzione, ovvero alla riparazione con miglioramento sismico, degli edifici danneggiati al di fuori dei centri storici, la seconda era invece relativa agli edifici ubicati nei centri storici. Tale scelta era legata alla necessità di favorire il rientro in tempi rapidi del maggior numero possibile di sfollati, prevalentemente residenti in edifici al di fuori dei centri storici, strutturalmente indipendenti e per i quali le difficoltà tecniche di intervento sono certamente inferiori rispetto agli edifici in aggregato tipici dei centri storici. Le diverse complessità, non solo tecniche, degli interventi da effettuare nelle due fasi ha indotto all'adozione di due diverse procedure per la determinazione del contributo concesso dallo Stato per la ricostruzione, denominate, rispettivamente, "procedura analitica" e "procedura parametrica".

La procedura analitica è stata adottata nella prima fase post-terremoto dal 2009 al 2013. Essa ha riguardato le pratiche relative alla ricostruzione degli edifici isolati ovvero non ricompresi in aggregati edilizi, al di fuori dei centri storici ed è stata gestita dalla cosiddetta Filiera (Fintecna, ReLUIS e Cineas); l'attività di tale fase è stata oggetto di un'intensa attività di analisi culminata nel 2015 nella pubblicazione del testo: il *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo 2009*, di cui il presente volume rappresenta la naturale prosecuzione.

La procedura parametrica, invece, è stata introdotta con il D.L. n. 83/2012, convertito dalla L. n. 134/2012 e resa operativa nel corso del 2013 e del 2014, con l'istituzione di due Uffici Speciali per la ricostruzione di L'Aquila e dei comuni minori del Cratere sismico (USRA e USRC). Essa ha riguardato, prevalentemente, le pratiche relative alla ricostruzione degli aggregati edilizi dei centri storici. L'aggregato edilizio è comunemente il risultato di un processo di accrescimento urbano spontaneo, protrattosi nel tempo ed è definito come un insieme di edifici ovvero unità strutturali, non necessariamente omogenei, posti in

contiguità e interagenti sotto un'azione sismica o dinamica in generale. Essi si contraddistinguono, inoltre, per la frequente presenza di elementi a valenza storico culturale, tipicamente soggetti a vincoli oltre ad essere comunemente caratterizzati da elementi costruttivi e strutturali tipici dell'architettura storica, quali archi di contrasto, volte e logge, il cui comportamento e mutua interazione, rende la risposta sismica difficile da simulare e da prevedere nelle analisi numeriche. Tutto ciò, considerati anche i rimaneggiamenti subiti dalle strutture originarie nel corso del tempo, rende alquanto complesso quantificare i lavori da eseguire durante la fase di progettazione, a differenza di quanto accade nel caso degli edifici isolati, realizzati in epoche più recenti, tipici delle aree di più recente espansione. Di qui l'esigenza di adottare, nel processo di ricostruzione degli edifici ubicati nei centri storici, procedure e modelli gestionali specificatamente messi a punto per consentire ai professionisti, in maniera rapida ma allo stesso tempo efficace, la definizione e messa a punto di progetti per richiedere e quantificare il contributo pubblico per la riparazione e il rafforzamento o la demolizione e ricostruzione. A tal fine, con il DPCM del 4 febbraio 2013, la procedura analitica, basata sulla verifica puntuale della congruità tecnica ed economica degli interventi progettuali previsti, è stata sostituita da una procedura parametrica, secondo la quale il contributo concedibile ovvero il tetto massimo di contributo, viene definito apriori in funzione dello stato di danno e della vulnerabilità degli edifici danneggiati dal sisma. È da sottolineare come, rispetto ad altri modelli di ricostruzione, il modello in esame riconosca il valore intrinseco degli elementi costruttivi originali e la necessità di salvaguardarli nel processo di ricostruzione. In considerazione delle diverse peculiarità dei territori di riferimento, vale a dire il Comune di L'Aquila e i restanti comuni del Cratere, i rispettivi Uffici Speciali si sono dotati di modelli parametrici simili ma con specificità diverse che tenessero conto delle caratteristiche costruttive e ambientali dei relativi tessuti urbani.

Al fine di fornire una chiave di lettura chiara e univoca dei dati relativi al processo di ricostruzione dei centri storici, ma senza alcuna volontà di orientare il parere di chi legge sull'efficacia dei diversi modelli e dell'efficacia degli stessi, nel presente volume si è, pertanto, proceduto non solo alla disamina dei diversi modelli ma anche alla descrizione dei dati raccolti attraverso una attenta catalogazione quanto più possibile omogenea degli stessi. Ciò per consentire a chiunque possa essere interessato di consultare in un unico volume dati ed esperienze che, sebbene abbiano coinvolto realtà caratterizzate da aspetti socio-economici del tutto peculiari e non sempre facilmente confrontabili, testimoniano l'enorme esperienza maturata in questi anni nel nostro paese nell'ambito della gestione

dei processi di ricostruzione. Ciò assume una particolare valenza in un momento storico, come quello attuale, in cui il tema della messa a punto e adozione di un Codice della Ricostruzione volto a definire un quadro normativo uniforme per le attività di ricostruzione post sisma risulta di estrema attualità.

Il volume è frutto della collaborazione scientifica tra USRA, USRC, ReLUIIS e TTC-CNR L'Aquila, nell'ambito dell'accordo 2019-2021, tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e il Consorzio ReLUIIS e, più in particolare, nell'ambito della linea di ricerca ReLUIIS "WP7 – Analisi dati post sisma". In virtù di tale collaborazione, è stato possibile accedere alla documentazione relativa alle pratiche di richiesta di contributo e realizzare un database contenente le informazioni relative: alle caratteristiche tipologiche-costruttive dei manufatti dei centri storici dei comuni del cratere, ai danni indotti dal sisma sulle componenti strutturali e non strutturali, agli interventi di riparazione, rafforzamento locale o miglioramento sismico, alla presenza di elementi di pregio e/o peculiarità del costruito dei centri storici.

Il volume consta di sette capitoli all'interno dei quali si procede alla disamina delle caratteristiche tipologiche del costruito dei centri storici a tre livelli differenti, ovvero Aggregato Edilizio, AE, Unità Minime di Intervento, UMI, e Unità Strutturale/Edificio, US/ED.

Nei primi due capitoli, per completezza, l'attenzione si focalizza sui modelli di ricostruzione che sono stati adottati nel complesso processo di ricostruzione che ha riguardato il post-sisma dell'Abruzzo 2009.

Il Capitolo 1 intende fornire una panoramica dei principi su cui si sono fondati i modelli di ricostruzione degli edifici privati danneggiati e ubicati fuori dai centri storici o all'interno degli stessi. Una lettura comparativa delle procedure relative a tali differenti realtà è riportata in uno specifico paragrafo che ha l'obiettivo di orientare il lettore nella comprensione delle motivazioni per cui si sono adoperate scelte diverse per la ricostruzione degli edifici isolati rispetto a quelli in aggregato tipici dei centri storici.

Nel Capitolo 2, invece, si illustrano in dettaglio le procedure relative alla ricostruzione dei centri storici minori dei comuni colpiti dal sisma nonché del centro storico della città di L'Aquila, con particolare attenzione alla descrizione di tutti gli aspetti specifici e peculiari delle due procedure parametriche adottate e altresì dei punti in comune. Si descrive in dettaglio la procedura messa a punto dall'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila (USRA) che ha previsto un protocollo di progettazione attuato in due fasi, denominate "Progetto Parte Prima" e "Progetto Parte Seconda", e quella messa a punto dall'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere (USRC), definita nel Modello Inte-

grato per i comuni del Cratere (MIC), composta, anch'essa, da due fasi: la prima volta alla definizione del contributo mediante procedura parametrica, la seconda volta alla definizione del progetto esecutivo dell'intervento, comprensivo del computo metrico estimativo e della documentazione tecnica. Il capitolo è ricco di informazioni utili alla comprensione di quali siano i meccanismi attraverso cui pervenire alla determinazione del contributo concedibile con il modello parametrico nonché alla esposizione dell'iter procedurale da seguire per l'approvazione delle richieste di contributo.

Il Capitolo 3 offre una lettura del costruito dei centri storici, danneggiato dal sisma e oggetto di interventi di ricostruzione, richiamando dapprima l'attenzione sulla definizione di Aggregato Edilizio (AE), Unità Minima di Intervento (UMI), Unità Strutturale (US) e Edificio (ED), al fine di una corretta interpretazione del testo, per poi passare alla disamina più puntuale delle caratteristiche degli stessi.

Vengono analizzate richieste di contributo ammesse a finanziamento relative nel complesso a 1.421 AE, 1.595 UMI e 6.198 ED.

In relazione alle UMI, classificate come *mono-esito*, laddove tutti gli edifici che la costituiscono abbiano lo stesso esito di agibilità o *pluri-esito*, quando nella UMI sono presenti edifici con esiti di agibilità diversi, si analizzano e forniscono statistiche relative a: numero di edifici che la costituiscono; distribuzione degli esiti di agibilità; superficie lorda complessiva, SC e superficie complessiva, Sc. Scendendo alla scala dell'edificio, vengono fornite ulteriori informazioni relative alla tipologia costruttiva, prevalentemente muratura, epoca costruttiva, numero di piani fuori terra e posizione degli stessi all'interno degli aggregati e UMI. Alla luce del modello di finanziamento, basato su procedura parametrica, secondo la quale il contributo concedibile per i lavori è stabilito principalmente in relazione allo stato di danno e di vulnerabilità degli edifici danneggiati dal sisma, il capitolo offre poi una lettura in una prospettiva più tecnica, propria dell'ingegneria strutturale, volta all'analisi delle caratteristiche e/o carenze costruttive del costruito. Sono presi in considerazione diversi parametri che influenzano il comportamento sismico del costruito esistente in muratura, quali, a titolo esemplificativo: qualità della muratura e delle connessioni murarie, interasse tra murature portanti e presenza di murature in falso, tipologie di orizzontamenti e coperture. Per ciascuno di essi sono fornite statistiche relative alla frequenza degli edifici in cui sono state rilevate determinate caratteristiche. Specifica attenzione viene, infine, rivolta anche alla disamina della presenza dei cosiddetti "elementi di pregio", ovvero di elementi costruttivi, strutturali o di finitura, con valore storico, artistico e culturale. Sono elementi fondamentali ai fini di una corretta chiave di lettura del processo di ricostruzione in quanto la loro conservazione

e valorizzazione risulta imprescindibile per valorizzare le peculiarità territoriali. Nel processo di ricostruzione dei centri storici è stato, pertanto, sempre previsto, sia in riferimento ai materiali e alle tecniche costruttive, sia in riferimento agli elementi ricorrenti e caratterizzanti l'architettura locale, una maggiorazione del contributo parametrico (contributo base) per far fronte ai maggiori costi da sostenere per le lavorazioni sugli elementi di pregio. Nelle precedenti ricostruzioni post-sisma (quali ad esempio Marche 1997 e Molise 2002), le procedure messe in atto per il rilascio del contributo, pur tenendo in conto tali aspetti, non prestavano una così rilevante attenzione agli interventi volti a preservare e valorizzare i singoli elementi costruttivi tipici dell'architettura locale. La procedura messa in atto per gli interventi danneggiati dal sisma del 1997, ad esempio, prevedeva un incentivo del 10% per la mancata demolizione di porzioni di pregio storico-architettonico (DGR n. 2153/1998) mentre, nel caso del sisma del 2002, si prevedeva un contributo maggiorato per gli immobili di interesse storico-artistico o monumentale rispetto al livello di danno riscontrato (Decreto del Commissario Delegato n. 52/2003).

Nel Capitolo 4, si pone l'accento sull'altro aspetto cruciale nella definizione del contributo per la ricostruzione, vale a dire il danno rilevato a seguito del sisma. Il capitolo affronta il tema del danno, sia alla scala dell'edificio, sia alla scala più ampia delle Unità Minime di Intervento. Alla scala dell'edificio, l'attenzione è focalizzata sul danno rilevato sulle singole componenti strutturali (strutture verticali, solai, scale, copertura, tamponature tramezzi), presentando anche correlazioni tra il danno e i parametri che incidono sulla vulnerabilità sismica delle strutture. Sempre alla scala dell'edificio, ma con l'obiettivo di fornire un dato unico e sintetico, il capitolo presenta elaborazioni dei dati di danno rilevati che mirano alla rappresentazione dell'entità del danno globale, definito come stato di danno, *Damage State* – DS. Attraverso l'adozione di comprovate metriche adottate in letteratura, per la conversione del danno alle componenti strutturali e non strutturali in danno globale dell'edificio, si presentano le statistiche relative alla frequenza degli edifici con diverse gradazioni di danno nonché alla correlazione danno globale – vulnerabilità. Per tener conto, infine, che le attività di ricostruzione dei centri storici danneggiati dal sisma hanno riguardato l'aggregato edilizio oppure, nel caso in cui questo sia molto esteso, le Unità Minime d'Intervento, il capitolo presenta, inoltre, una chiave di lettura del danno, alla scala dell'UMI, attraverso la definizione di un indice di danno specificatamente messo a punto per le stesse. La proposta di un indice di danno per UMI è volta a semplificare, in futuro, la gestione delle attività di ricostruzione degli aggregati edilizi.

Il Capitolo 5 offre una disamina degli interventi più utilizzati nella ricostruzione post-sisma dei centri storici soffermandosi, in primo luogo, su una descrizione dei suddetti interventi e delle tecniche più frequentemente adottate, per interventi di riparazione e rafforzamento su strutture verticali, orizzontali, e coperture. A valle di tale descrizione, si riportano poi statistiche relative alle frequenze di tali interventi nelle UMI. I dati presentati mostrano che la ricostruzione privata è stata contraddistinta da un forte sforzo progettuale, teso alla implementazione di tecniche in grado di incrementare la capacità portante degli elementi strutturali ma al contempo di garantire il rispetto di principi di conservazione e salvaguardia del costruito storico. Tecniche innovative, ad esempio, mediante utilizzo di materiali compositi, sono state adottate in maniera diffusa ma spesso in combinazione con soluzioni tradizionali, nel rispetto di caratteristiche tipiche della tradizione locale. Nella maggior parte dei casi, i progetti di intervento hanno riguardato il miglioramento sismico e, come nel caso del costruito al di fuori dei centri storici, tali interventi sono stati progettati con l'obiettivo di incrementare il livello di sicurezza della costruzione almeno al 60% di quello corrispondente ad una struttura adeguata, ai sensi delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Gli aspetti economici relativi alla ricostruzione sono analizzati nel Capitolo 6, in cui, dopo aver chiarito le voci di costo utilizzabili da parte dei progettisti ai fini della computazione degli interventi proposti e di tutti gli oneri correlati, si presentano, in dettaglio, le statistiche relative ai contributi concessi. I costi sono analizzati per unità di superficie e sono discussi sia alla scala delle UMI che alla scala dell'edificio e per diverse categorie di intervento, quali il rafforzamento locale, il miglioramento sismico, e la sostituzione edilizia. Le statistiche relative ai costi di intervento sono presentate con riferimento a una doppia chiave di lettura, vale a dire con riferimento a UMI e edifici, distinti in funzione dell'esito di agibilità o del livello di danno globale, DS. Per facilitare la comprensione dell'analisi dei costi, le statistiche alla scala dell'UMI sono presentate in maniera separata per UMI mono-esito (caratterizzate quindi da edifici con stesso esito di agibilità) o pluri-esito (in cui la presenza di diversi esiti di agibilità induce evidentemente a dati di costo certamente più dispersi).

Al fine di fornire dati fruibili in futuro, per analisi di perdite indotte dal rischio sismico, nonché per la definizione di accurate analisi mirate alla valutazione benefici-costi di piani di mitigazione sismica, le statistiche relative ai costi di intervento sono presentate con riferimento a diverse categorie, ovvero: i) costi di riparazione e di rafforzamento locale o miglioramento sismico; ii) costi per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio; iii) costi

per le prove geotecniche e strutturali; iv) costi legati all'adeguamento impiantistico e all'efficientamento energetico; v) costi per ulteriori lavorazioni (quali ad esempio la messa in sicurezza dei ruderi, di elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano e siti archeologici, ecc.); vi) costi per il recupero dei contenuti storico-artistici presenti negli immobili; vii) costi totali, ovvero la somma delle precedenti voci di costo. Le analisi hanno mostrato che le voci di costo più significative sono quelle relative alla riparazione e rafforzamento locale o miglioramento simico e alla conservazione, recupero e valorizzazione degli elementi di pregio. Con riferimento agli interventi di riparazione e rafforzamento locale o miglioramento simico, è bene sottolineare, tuttavia, che a differenza di quanto riportato nelle analisi svolte nel *Libro bianco* (relativo alla ricostruzione degli edifici al di fuori dei centri storici, nei quali gli interventi di riparazione erano ben distinguibili da quelli di riduzione della vulnerabilità), nel presente volume, tale importante separazione non è stata possibile per la modalità stessa di presentazione delle pratiche e dei relativi computi degli interventi.

Il Capitolo 7 chiude il volume e si prefigge l'obiettivo di presentare un confronto tra i dati collezionati e analizzati, relativi sia al processo di ricostruzione degli edifici privati ubicati al di fuori dei centri storici che all'interno degli stessi, con riferimento sia al comune di L'Aquila che agli altri comuni del cratere. Il capitolo intende, pertanto, fornire una lettura comparativa dei processi di ricostruzione, facendo leva sui dati discussi nel presente volume e nel precedente, relativo agli edifici al di fuori dei centri storici. La comparazione viene effettuata non solo in termini di caratteristiche costruttive degli edifici, ma anche in termini di costi di intervento, a parità di esito di agibilità e di livello di danno globale. Il confronto, inoltre, viene presentato richiamando l'attenzione sulle diverse tipologie di vincolo da cui gli edifici oggetto di analisi possono essere caratterizzati.

I dati riportati mostrano la chiara incidenza della tipologia del costruito, edifici singoli o in aggregato, non vincolati o soggetti a vincoli paesaggistici o diretti, sui costi di intervento per la riparazione del danno e l'incremento dell'originaria capacità di sostenere azioni sismiche. In particolare, è emerso un rilevante incremento di costo di intervento per gli edifici dei centri storici, specie nel caso di bassi livelli di danno, con differenze massime riscontrate per gli edifici dei centri storici di L'Aquila, come lecito attendersi, in conseguenza delle peculiari caratteristiche di pregio del centro storico del capoluogo. Le differenze di costo di intervento inoltre risultano essere fortemente influenzate dalla tipologia di vincolo con costi massimi in caso di edifici di interesse paesaggistico o con vincolo diretto.

I dati presentati, frutto di un attento e minuzioso riordino delle basi dati della ricostruzione post sisma del 2009, sono certamente unici, non solo a livello nazionale, costituendo perciò un patrimonio conoscitivo prezioso per indirizzare le ricostruzioni future. Il loro corretto utilizzo, ovviamente, non può prescindere da una loro lettura e interpretazione contestualizzata rispetto alle caratteristiche del patrimonio edilizio abruzzese e ai differenti modelli di ricostruzione da cui derivano.

Marco Di Ludovico  
Mauro Dolce  
Andrea Prota

# 1.

## Le procedure per la ricostruzione dell'edilizia privata nel post-sisma del 2009

*Elena Speranza, Claudio Moroni, Claudia Genitti, Giuseppina De Martino, Antonio Mannella, Marco Di Ludovico, Mauro Dolce, Andrea Prota*

Il territorio italiano è fortemente sismico e, nel corso del tempo, è stato frequentemente colpito da eventi sismici che hanno prodotto danni più o meno rilevanti sugli edifici. A livello nazionale, le procedure da adottare nell'immediato post-sisma al fine di valutare l'agibilità degli edifici colpiti dall'evento sismico fanno riferimento a un quadro normativo consolidato, mentre non esiste una disciplina unica in ordine alle procedure e ai criteri da seguire per la *ricostruzione* dei territori colpiti dal sisma. In tale ambito, è interessante analizzare il processo di ricostruzione che ha riguardato l'Abruzzo a seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009. In particolare, la gestione della "ricostruzione" è stata interessata da due differenti procedure finalizzate alla determinazione del contributo a fondo perduto concesso dallo Stato: *i) "procedura analitica"; ii) "procedura parametrica"*.

La procedura analitica è stata adottata nella prima fase post-terremoto dal 2009 al 2013, e disciplinata con l'O.P.C.M. 3803 del 15 agosto 2009 e l'O.P.C.M. 3827 del 27 novembre 2009. Essa ha riguardato, prevalentemente, le pratiche relative alla ricostruzione degli edifici isolati al di fuori dei centri storici, ed è stata gestita dalla cosiddetta *Filiera (Fintecna, ReLUIS – Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica – e Cineas – Consorzio Universitario per l'Ingegneria nelle Assicurazioni del Politecnico di Milano)*, supportata dal Dipartimento della Protezione Civile anche attraverso la stesura di specifici accordi con *ReLUIS* e *CINEAS*. La procedura parametrica è stata introdotta con il D.lgs n. n. 83 del 2012, convertito dalla L.n. 134 del 2012, e resa operativa nel corso del 2013 e del 2014 con l'istituzione dell'Ufficio Speciale per la Ricostruzione di L'Aquila (USRA) e dell'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere (USRC). Tra i

compiti riconosciuti a questi ultimi istituti vi è la definizione della normativa tecnica e la gestione delle istruttorie finalizzate all'esame delle richieste di contributo per la ricostruzione degli edifici residenziali dei centri storici.

In questo capitolo, dopo aver richiamato brevemente le procedure relative alla ricostruzione degli edifici isolati al di fuori dei centri storici, trattate in maniera diffusa in (Dolce e Manfredi 2015), cui si rimanda per approfondimenti, si analizza in dettaglio la procedura relativa alla ricostruzione dei centri storici minori dei comuni colpiti dal sisma nonché del centro storico della città di L'Aquila.

## **1.1. La ricostruzione degli edifici privati fuori dai centri storici**

### **1.1.1. Il contesto normativo**

Le attività di superamento dell'emergenza e di disciplina della prima fase della ricostruzione, che ha interessato le periferie della città di L'Aquila e dei comuni minori colpiti dal sisma del 2009, sono state disciplinate dal D.L. n. 39 del 28 aprile 2009, convertito in legge il 24 giugno 2009, L. n. 77. Il disposto normativo disciplinava:

- la realizzazione di Moduli Abitativi Provvisori per il superamento dell'emergenza, in seguito denominati *MAP* (piccoli edifici in legno per l'alloggio della popolazione), di Moduli ad Uso Scolastico Provvisorio, *MUSP*, e del progetto di Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili, *C.A.S.E.*;
- l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 (NTC 2008), la cui adozione era stata più volte rimandata nel tempo;
- l'istituzione di un Fondo per la prevenzione del rischio sismico coordinato a scala nazionale dal Dipartimento della protezione civile;
- la definizione dei criteri per la concessione di contributi per la riparazione degli edifici pubblici e privati danneggiati dal sisma, da definirsi nel dettaglio con l'emanazione di successive Ordinanze della Presidenza del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.).

In particolare, per quanto riguarda l'ultimo aspetto, la modalità di accesso al contributo per interventi su edifici privati danneggiati dal sisma è stata differenziata in funzione dell'esito di agibilità post-sismica assegnato a ogni edificio a seguito dei sopralluoghi tecnici condotti durante l'emergenza, coordinati dal Dipartimento della Protezione Civile (Dolce et al., 2009). Lo strumento utilizzato a tale scopo, richiamato nell'O.P.C.M. 3753 del 6 aprile 2009, è stato rappresentato dalla scheda AeDES (Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica), che costituisce tuttora, anche a seguito della sua pubblicazione nel D.P.C.M. del 5 maggio

2011, lo strumento di riferimento ufficiale per il rilevamento speditivo dei danni, la definizione di pronto intervento e la valutazione di agibilità post-sismica di edifici ordinari. Tale scheda permette di classificare gli edifici oggetto di sopralluogo secondo i seguenti esiti di agibilità (Manuale AeDES, 2014):

- A – Edificio AGIBILE;
- B – Edificio TEMPORANEAMENTE INAGIBILE (tutto o in parte) ma AGIBILE con provvedimenti di pronto intervento;
- C – Edificio PARZIALMENTE INAGIBILE;
- D – Edificio TEMPORANEAMENTE INAGIBILE da rivedere con approfondimento;
- E – Edificio INAGIBILE;
- F – Edificio INAGIBILE per rischio esterno.

Giova precisare che nel caso di esito di agibilità A, l'edificio può essere immediatamente utilizzato in tutte le sue parti, senza l'adozione di alcun provvedimento di pronto intervento. Ciò non implica che l'edificio non abbia subito danni, ma solo che la riparazione degli stessi non è un elemento necessario ai fini della sicurezza. Nel caso di esito B, diversamente il ripristino dell'agibilità è subordinato alla realizzazione di provvedimenti di pronto intervento. Nel caso di esiti di inagibilità parziale o totale C, E, l'edificio per problemi connessi al rischio strutturale e/o non strutturale e/o geotecnico, non può essere utilizzato in parte o in alcuna delle sue parti rispettivamente, neanche a seguito di provvedimenti di pronto intervento.

Ai fini della concessione del contributo per interventi su edifici privati danneggiati dal sisma, sono stati considerati solo gli esiti A, B, C, E, in quanto l'esito D è temporaneo e indica la necessità di eseguire un ulteriore sopralluogo, e l'esito F non è collegato allo stato di danno dell'edificio, ma a condizioni di rischio esterno.

Le modalità di accesso al contributo per la riparazione dei danni subiti dagli edifici residenziali sono state regolamentate da varie O.P.C.M. emesse tra il 6 giugno e il 9 novembre 2009, e dai relativi Indirizzi volti a definire aspetti di dettaglio: l'O.P.C.M. 3778 per gli edifici con esito di agibilità A, l'O.P.C.M. 3779 per gli edifici con esito di agibilità B o C, l'O.P.C.M. 3790 per gli edifici con esito di agibilità E, l'O.P.C.M. 3820 per la regolamentazione del contributo concedibile agli edifici in aggregato. L'11 giugno 2010, a completamento del quadro normativo di riferimento, è stata emanata l'O.P.C.M. 3881 che ha introdotto il concetto di "limite di convenienza economica" per gli edifici con esito E.

Come avvenuto anche nelle precedenti esperienze sismiche italiane, le modalità di concessione del contributo previste dalle O.P.C.M. sopra citate hanno operato una distinzione di fatto tra *ricostruzione leggera* e *ricostruzione pesante*, questa volta compiuta in funzione dell'esito di agibilità.

I punti salienti delle citate O.P.C.M. sono i seguenti:

- O.P.C.M. 3778 del 6 giugno 2009. *Ricostruzione leggera* – disciplina contributo per la riparazione di edifici agibili (A). Ai soli proprietari di unità immobiliari adibite ad abitazione principale è stato riconosciuto un contributo omnicomprensivo per le spese relative alla riparazione dei danni di lieve entità fino a un importo massimo di 10.000,00 euro, a cui è stato aggiunto un ulteriore contributo fino a un importo massimo di 2.500,00 euro per le spese relative alla riparazione delle parti comuni degli edifici.
- O.P.C.M. 3779 del 6 giugno 2009 (e relativi Indirizzi del Commissario Delegato per l'esecuzione degli interventi del 17 luglio 2009). *Ricostruzione leggera* – disciplina del contributo per la riparazione di edifici di edifici inagibili con esito B o C. L'obiettivo degli interventi era il ripristino dell'agibilità sismica dell'immobile attraverso la riparazione degli elementi non strutturali e degli impianti e la riparazione di singoli elementi strutturali o parti di essi. Era inoltre previsto un ulteriore contributo finalizzato al rafforzamento locale degli elementi strutturali e non strutturali nel limite massimo di 150 €/m<sup>2</sup> di superficie lorda dell'edificio, volto a favorire l'esecuzione di interventi mirati all'eliminazione di eventuali carenze locali, causa di danni o meccanismi di collasso sfavorevoli.
- O.P.C.M. 3790 del 9 luglio 2009 (e relativi Indirizzi del Commissario Delegato per l'esecuzione degli interventi del 26 agosto 2009). *Ricostruzione pesante* – disciplina del contributo per la riparazione, ricostruzione o sostituzione di edifici inagibili con esito E. L'obiettivo degli interventi era il ripristino dell'agibilità sismica degli immobili gravemente danneggiati, conseguita attraverso la riparazione degli elementi strutturali e non strutturali danneggiati, oppure attraverso la sostituzione edilizia. Veniva inoltre concesso un contributo specifico per l'esecuzione di interventi di miglioramento sismico dell'immobile, volti a incrementare la sicurezza delle strutture fino a un livello compreso fra il 60% e l'80% di quello corrispondente a strutture adeguate, oppure, in alternativa, a determinate condizioni, era prevista la possibilità di prevedere interventi di rafforzamento locale, come previsto dall'O.P.C.M. 3779. La quota di contributo finalizzata agli interventi di miglioramento sismico dell'immobile, omnicomprensiva, era determinata in relazione ai lavori previsti, con un tetto di spesa di 400 €/m<sup>2</sup> di superficie lorda dell'edificio, elevabile a 600 €/m<sup>2</sup> nel caso di sussistenza di particolari condizioni tecniche. Per la quota di contributo finalizzata agli interventi di rafforzamento locale degli elementi strutturali dell'immobile, concessa in alternativa al contributo per il miglioramento sismico, era previsto un tetto massimo di spesa di 250 €/m<sup>2</sup> di superficie lorda dell'edificio. L'O.P.C.M. 3881, per gli edifici non soggetti a vincolo ai sensi del d.lgs. n. 42/2004, ha introdotto il

concetto di “limite di convenienza economica” della riparazione e miglioramento sismico degli edifici e sancito la possibilità di ricorrere alla demolizione e ricostruzione dell’immobile danneggiato, ovvero alla sostituzione edilizia o la ricostruzione delocalizzata, qualora tale operazione fosse stata più vantaggiosa della riparazione e miglioramento sismico dello stesso. Con tale Ordinanza, inoltre, è stata introdotta anche la possibilità, per gli edifici con esito E di procedere alla sostituzione edilizia volontaria, dietro corresponsione di un contributo forfetario omnicomprensivo, stabilito in 500 €/m<sup>2</sup> o 750 €/m<sup>2</sup> di superficie lorda, in funzione del livello di danneggiamento delle strutture verticali, ma tale opzione è stata utilizzata in un numero esiguo di casi, probabilmente a causa dei bassi importi concessi. Il successivo Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 27 del 2 dicembre 2010 ha in seguito specificato come determinare il limite di convenienza economica, il cui importo era dato dalla somma del costo di ricostruzione dell’immobile, determinato facendo riferimento al costo di realizzazione dell’edilizia sovvenzionata nella Regione Abruzzo e dei costi di demolizione e smaltimento delle macerie dell’edificio esistente.

Ulteriori decreti del Commissario Delegato per la Ricostruzione, tra cui il 44 del 17 febbraio del 2011, il 57 del 13 maggio del 2011 e il 59 del 29 aprile del 2011 hanno completato il quadro normativo relativo agli edifici con esito E, regolamentando l’esecuzione di varianti in corso d’opera e definendo gli standard da raggiungere per l’efficientamento energetico, per il conseguimento del quale era previsto un finanziamento specifico di 130 €/m<sup>2</sup> di superficie complessiva (Sc) e l’abbattimento delle barriere architettoniche degli edifici oggetto di intervento. Per quanto riguarda le prove strutturali e sui terreni, l’importo massimo utilizzabile fu stabilito dalla circolare 484 del 5 gennaio 2010, in 12 €/m<sup>2</sup>, con il limite parziale di 6.000,00 € per le prove sui terreni, e limiti complessivi di 15.000,00 € e 20.000,00 € rispettivamente per gli edifici singoli e gli aggregati edilizi.

### **1.1.2. Il processo di controllo per il rilascio del contributo**

Il processo di controllo delle richieste di contributo regolamentato dalle O.P.C.M. richiamate al paragrafo precedente è proseguito fino a marzo 2013 e ha riguardato essenzialmente l’esame delle richieste relative agli edifici residenziali ubicati fuori dai centri storici di L’Aquila e dei comuni minori colpiti dal sisma.

Alla richiesta di contributo era allegato il progetto esecutivo dei lavori; i tre attori dell’organismo di controllo hanno curato l’analisi degli aspetti amministrativi (Fintecna), degli aspetti tecnici (ReLUIIS) e degli aspetti economici (CINEAS).

Nell'ambito del processo di controllo è stata curata la predisposizione della modulistica e delle modalità operative di funzionamento, in sinergia con gli uffici del Commissario delegato per la Ricostruzione e con la collaborazione degli Ordini e Collegi Professionali, con cui erano programmati incontri periodici finalizzati a ottimizzare le procedure. Ciò ha portato alla messa a punto di un modello di analisi delle richieste di contributo basato su una piattaforma informatica interrogabile in tempo reale, con diverse modalità di accesso, sia dagli attori dell'organo di controllo, che dalle Istituzioni, sia dai professionisti e dagli altri aventi titolo. L'impegno della *Filiera* ha consentito di rilasciare i contributi per la ricostruzione alla quasi totalità degli edifici ubicati fuori dai centri storici (99% delle pratiche presentate per gli edifici con esito di agibilità B o C e il 95% delle pratiche presentate per gli edifici con esito di agibilità E). I principali dati dei progetti esecutivi collegati alle pratiche visionate sono stati raccolti in uno specifico database e analizzati in [Dolce e Manfredi 2015].

Da un punto di vista procedurale, l'iter per il rilascio del contributo è stato articolato nelle seguenti fasi:

1. consegna della richiesta di contributo;
2. verifica della correttezza formale della domanda da parte di Fintecna e richiesta di eventuali integrazioni;
3. istruttoria tecnica da parte del Consorzio ReLUIIS;
4. verifica della congruità economica, da parte del Consorzio CINEAS, anche con riferimento all'istruttoria già operata dal Consorzio ReLUIIS;
5. eventuale integrazione della documentazione tecnica, se richiesto da ReLUIIS e/o CINEAS.
6. esame delle integrazioni da parte di ReLUIIS e/o CINEAS ed evasione della pratica o richiesta di ulteriori integrazioni;
7. esito finale della pratica e trasmissione della stessa al Comune per il rilascio, a seguito dei controlli urbanistici, del titolo edilizio abilitativo e del contributo definitivo.

## **1.2. La ricostruzione degli edifici privati nei centri storici**

### **1.2.1. Il territorio**

L'area maggiormente colpita dal sisma (il cd. "cratere"), ha interessato una vasta zona dell'Appennino Centrale, perlopiù ricompresa nella regione Abruzzo.

Il termine cratere sismico si riferisce a un'area di circa 1.918 km<sup>2</sup> che comprende tutti i Comuni colpiti dal terremoto con intensità macrosismica, definita sulla base della Scala Mercalli, superiore al VI grado. Tali comuni sono stati individuati con il decreto n. 3 del 16 marzo/2009 e con il decreto n. 11 del 17 luglio del 2009 del Commissario Delegato per l'emergenza.

Molti dei Comuni del cratere sono caratterizzati da una forte identità storica, che ha avuto il periodo di massimo splendore nel medioevo, e da una marcata identità territoriale e sociale che si è affievolita sempre di più negli anni a causa della forte emigrazione, accentuata ancora di più a seguito degli eventi sismici. Gran parte del cratere è inoltre ricompreso in uno o più Parchi Nazionali o Regionali (Figura 1), quindi si inserisce in un territorio con una spiccata connotazione naturalistica che, insieme all'edificato storico, contribuisce a definire dei pae-

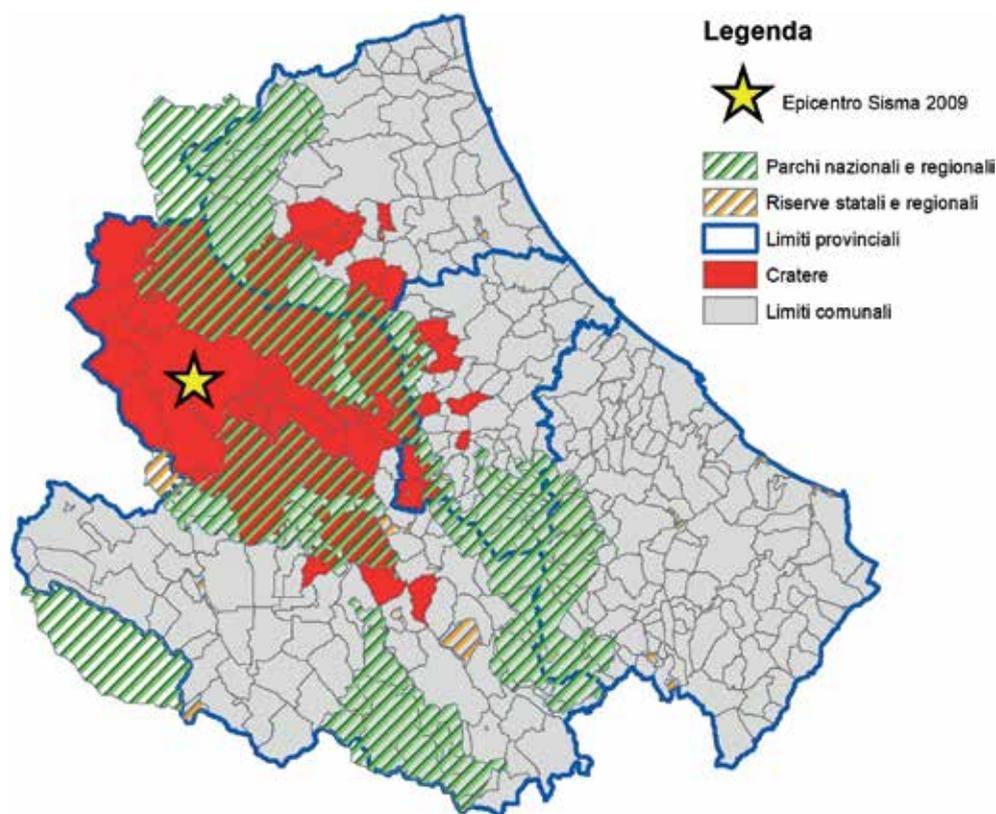


Figura 1.1. Individuazione del cratere sismico e delle parti di territorio interessate da Parchi Nazionali o Regionali della Regione Abruzzo.

saggi fortemente identitari. La conformazione dei borghi ricalca quella tipica dei comuni montani dell'Appennino, con un centro storico spesso risalente ai secoli XII-XIII circondato da una o più zone di espansione, nate perlopiù a partire dai primi anni del XX secolo; molte volte gli abitati hanno subito forti cali demografici a partire dagli anni '50 del secolo scorso, e la popolazione odierna è fortemente ridotta rispetto al passato; ciò, unito all'alto indice di invecchiamento ha provocato la conseguente riduzione delle attività economiche, soprattutto quelle legate all'agricoltura. Permangono però anche delle forti attrattive che, nel corso degli ultimi decenni, hanno consentito lo sviluppo di mete turistiche molto visitate. Come conseguenza del forte decremento demografico, in molti comuni, una larga parte dell'edificato storico è rimasta inutilizzata per molti decenni, con conseguente scarsa o nulla manutenzione ed elevata vulnerabilità. Ciò, d'altra parte ha consentito di conservare le condizioni tipologie e costruttive originarie dell'edificato, che è stato preservato da interventi edilizi successivi, mantenendo il valore storico-artistico originario. I centri storici di questi comuni vengono definiti "minori" esclusivamente per le dimensioni geografiche e dell'edificato, ma sono contenitori di forti valori storico culturali e di manufatti di rilievo, oltre che caratterizzati fortemente dall'intera architettura del borgo.

Molti dei comuni colpiti dal sisma, in particolar modo quelli montani, presentano un basso numero di abitanti; in particolare, in provincia dell'Aquila, la più colpita, circa il 50% dei comuni non supera i 1.000 abitanti, e solo 4 comuni superano i 10.000 abitanti (Figura 1.2): Avezzano, Celano, Sulmona e L'Aquila, di cui solo gli ultimi due danneggiati in modo significativo dagli eventi sismici del 2009. La città di L'Aquila, sicuramente la più colpita dagli eventi sismici, è caratterizzata da un territorio molto esteso, frutto delle vicende storico amministrative collegate alla nascita e all'evoluzione della città, a partire dalla seconda metà del XIII secolo e proseguita fino ai giorni nostri, all'assetto attuale dei confini della città, modificati profondamente l'ultima volta nel 1927, con l'annessione al territorio di 8 comuni limitrofi e nel 1947 con la fuoriuscita del territorio del comune di Lucoli. Nei primi anni '70 del secolo scorso, con la nascita della Regione Abruzzo, la città diventa Capoluogo di regione. Al momento del sisma la città contava poco meno di 72.000 residenti a cui aggiungere i numerosi dimoranti abituali collegati alle strutture universitarie, amministrative e industriali presenti in città.

L'elemento caratterizzante del territorio cittadino è il centro storico del capoluogo, racchiuso nelle mura medievali, circondato da alcuni quartieri residenziali nati negli anni '50-'60 del secolo scorso. Un'ulteriore espansione abitativa è stata realizzata a partire dagli anni '70, soprattutto nella zona a ovest del capoluogo-

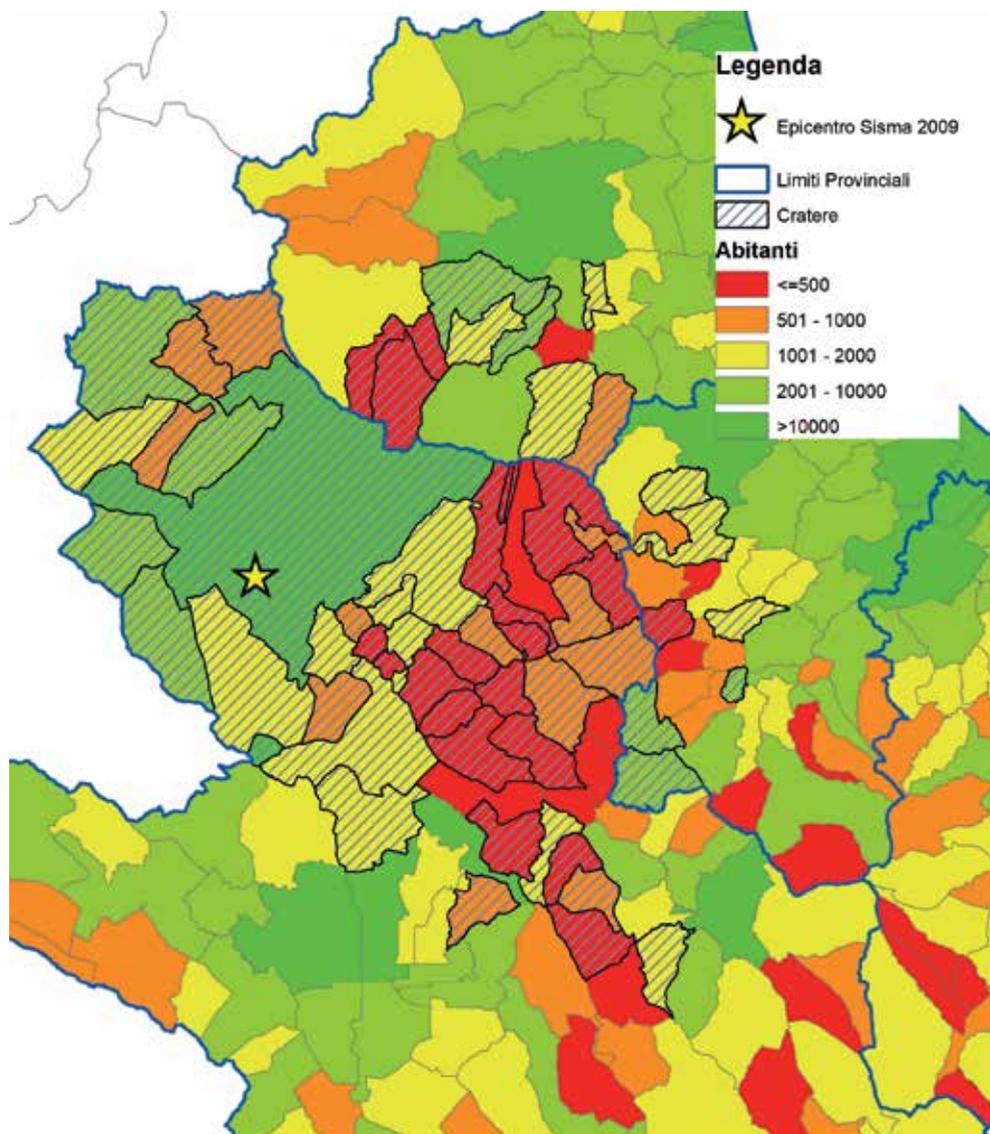


Figura 1.2. Comuni della regione Abruzzo per classi di abitanti (2012).

go; lungo la valle del fiume Aterno si trovano le zone industriali, che si espandono anche in alcuni comuni contermini. Sono infine presenti circa 60 centri storici minori, disseminati su tutto il territorio comunale, fino a oltre 15 km dal capoluogo, caratterizzati da tipologie edilizie molto diverse da quelle che caratterizza-

no i palazzi e le grandi chiese del capoluogo, e più simili a quelle dei centri storici degli altri comuni del cratere.

La cinta muraria del centro storico del capoluogo ha origini medioevali ed è stata danneggiata più volte dagli eventi sismici che hanno colpito la città; la stessa sorte è stata subita anche dagli edifici della città: la gran parte è stata ricostruita più volte a seguito dei numerosi terremoti che hanno interessato il territorio, tra cui quello del 1349 e quello del 1703. Quest'ultimo fu particolarmente violento e comportò la distruzione o il danneggiamento gravissimo di tutti gli edifici della città. Negli anni e nei decenni seguenti il capoluogo fu interamente ricostruito. A seguito di alcuni interventi urbanistici realizzati nei primi anni del '900 e della saturazione degli spazi con i quartieri residenziali costruiti nell'immediato dopoguerra, il centro storico ha assunto la conformazione attuale, caratterizzata da un'elevata presenza di imponenti edifici per la gran parte sottoposti a vincolo diretto ai sensi del d.lgs. 42/2004, oltre che da numerose chiese; l'edilizia più recente, realizzata a completamento di quella storica è invece di scarsa valenza culturale. La densità costruttiva, sia del centro storico del capoluogo che dei centri storici minori, è piuttosto elevata, tipica dei paesi di montagna dell'appennino centrale, contraddistinti da strade strette.

### **1.2.2. Il contesto normativo**

La diffusione e la gravità del danno rilevato per gli edifici ubicati nei centri storici, nonché l'elevato valore formale e identitario degli stessi, hanno spinto il legislatore all'adozione di specifici strumenti di gestione della loro ricostruzione. Tali strumenti si sono resi necessari al fine di effettuare interventi di ampia portata, di respiro urbanistico oltre che edilizio nel rispetto dei principi di conservazione e valorizzazione del costruito storico. Già in sede di conversione in legge del D.L. 39/2009, furono individuati i Piani di Ricostruzione, descritti nel dettaglio in seguito, quale strumento di pianificazione urbanistica e programmazione economico-finanziaria delle risorse necessarie per la ricostruzione dei centri storici dei Comuni colpiti dal sisma, pertanto, differenziando di fatto la modalità di ricostruzione dei centri storici da quanto previsto per le periferie.

Un ulteriore sforzo che gettava le basi per affrontare la complessa materia da un punto di vista tecnico e normativo veniva, inoltre, portato avanti con la stesura delle Linee Guida per il Rilievo, l'Analisi ed il Progetto di Interventi di Riparazione e Rafforzamento/Miglioramento di edifici in Aggregato. Il lavoro vedeva la partecipazione di un nutrito Gruppo di Lavoro costituito dal Diparti-

mento della Protezione Civile, dal consorzio ReLUIS, della Struttura Tecnica di Missione, dell'Ufficio del Vice-Commissario Delegato per la Messa in Sicurezza dei Beni Culturali (2010).

Il D.L. 83/2012, convertito in Legge 134 del 7 agosto 2012, ha sancito la cessazione dello stato di emergenza conseguente agli eventi sismici del 6 aprile 2009 e istituito due Uffici Speciali per la Ricostruzione, uno competente per la città di L'Aquila (USRA – Ufficio Speciale per la Ricostruzione della città di L'Aquila) e uno competente sui restanti Comuni del cratere sismico (USRC – Ufficio Speciale per la ricostruzione dei Comuni del Cratere).

Il cratere sismico, è costituito da 56 comuni, divisi in 8 aree omogenee (Figura 1.3), ognuna sede di un Ufficio Territoriale della Ricostruzione (UTR), come definito dall'O.P.C.M. 4013 del 23 marzo 2012. Gli UTR, per alcuni anni, sono stati responsabili dell'istruttoria per il rilascio della richiesta di contributo; a seguito del riordino delle competenze avvenuto con il decreto-legge n. 148 del 2017, convertito in legge n. 172 del 2017, sono stati soppressi e sostituiti da Uffici Decentrati e le loro competenze sono state attribuite all'USRC.

Il citato D.L. 83/2012 prevede che i due Uffici Speciali forniscano l'assistenza tecnica alla ricostruzione pubblica e privata, ne promuovano la qualità, eseguano il controllo dei processi di ricostruzione e curino l'istruttoria finalizzata all'esame delle richieste di contributo per la ricostruzione degli immobili residenziali.

Oltre l'istituzione dei due Uffici Speciali e la conseguente decentralizzazione del processo di controllo e rilascio del contributo, quest'ultima peraltro già avviata nel corso della gestione commissariale con la citata O.P.C.M. 4013, la principale novità introdotta dal Legislatore con l'emanazione del D.P.C.M. del 4 febbraio 2013 ha riguardato l'introduzione della modalità parametrica di calcolo del contributo per la riparazione e il rafforzamento locale o miglioramento sismico degli immobili danneggiati nei centri storici.

La modalità parametrica di calcolo del contributo, già adottata in passato in altri processi di ricostruzione, è stata introdotta per la ricostruzione dei centri storici colpiti dal sisma del 2009, in quanto consente di superare alcune criticità legate alle particolarità degli edifici storici in muratura in aggregato. Gli aggregati edilizi sono agglomerati di edifici, posti in contiguità, che interagiscono tra loro almeno per quanto riguarda le forze sismiche. Tipicamente, gli aggregati presentano una genesi oltremodo complessa, a cui sono spesso imputabili disomogeneità costruttive e strutturali, che si riflettono per forza di cose sulla difficoltà di modellazione delle strutture e sulla scelta delle tipologie di interventi per la riparazione del danno e del rafforzamento locale o del miglioramento sismico.

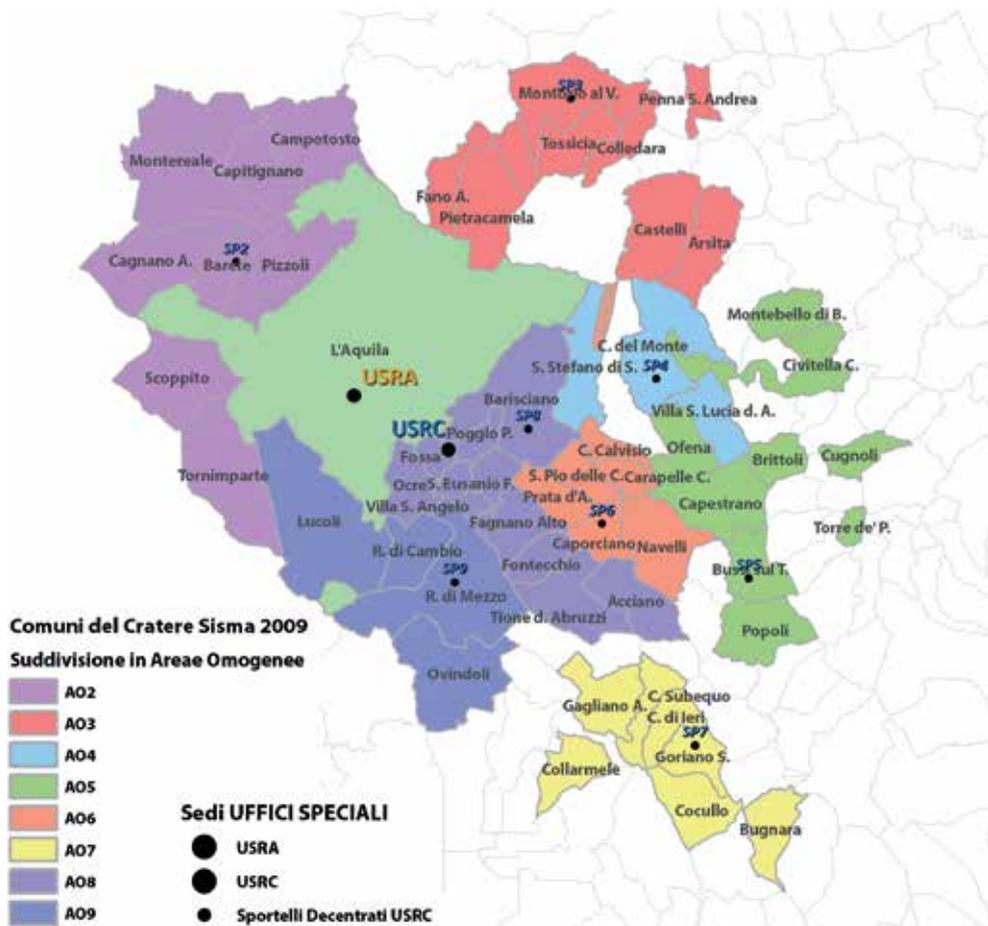


Figura 1.3. Suddivisione dei Comuni del Cratere in Aree Omogenee, con localizzazione dell'USRC e degli 8 Uffici territoriali (UTR), dal 2018 Sportelli Decentrati.

Al contrario, il tessuto edilizio sorto nelle zone di espansione delle città e dei comuni, in genere a partire dagli anni '50 del secolo scorso, è perlopiù caratterizzato da caratteri geometrici e strutturali ben individuabili, oltre che da caratteristiche tipologiche più standardizzate. Per tali edifici, le istruttorie puntuali eseguite dalla Filiera sui progetti esecutivi sono state particolarmente efficaci, in quanto risultava più agevole categorizzare e quantificare le singole lavorazioni, e quindi esprimere giudizi di merito.

La complessità dei meccanismi di danneggiamento degli edifici in muratura in aggregato si riflette sulla tipologia di interventi che, diventando più complessi

e articolati, sovente interessano edifici contermini con esiti di agibilità e modalità di danneggiamento diverse.

Ulteriori elementi di complessità sono costituiti dalla possibile presenza, all'interno degli aggregati, di edifici o porzioni di edificio soggetti a tutela ai sensi del d.lgs. n. 42/2004 o comunque contraddistinti da caratteri storici, culturali e architettonici di particolare rilievo tali da determinare l'impossibilità di contenere i costi all'interno dei limiti stabiliti per gli edifici ordinari. Queste ultime tipologie edilizie sono state oggetto di specifici provvedimenti normativi, tra cui l'O.P.C.M. 3996 e il Decreto n. 45 del Commissario per la Ricostruzione, comunque insufficienti per superare tutte le criticità emerse.

I punti principali del citato D.P.C.M. del 4 febbraio 2013 sono i seguenti:

- determinazione del contributo attraverso un *modello parametrico* basato su un'analisi preliminare del livello di danno e di vulnerabilità delle unità strutturali che consente di individuare diversi livelli operativi a cui è associato un contributo base; l'ambito di applicazione del modello parametrico coincide con i centri storici della città di L'Aquila e dei Comuni minori del cratere;
- predisposizione, da parte di ognuno dei due Uffici Speciali, di una scheda parametrica di riferimento per il calcolo del contributo; i criteri attuativi del decreto sono definiti tramite provvedimenti dei responsabili degli Uffici Speciali;
- introduzione di specifici incrementi per gli edifici soggetti a tutela ai sensi del d.lgs. n. 42/2004, o correlati alla conservazione degli elementi di pregio storico architettonico del costruito;
- introduzione di ulteriori incrementi legati alle difficoltà di cantierizzazione e altre peculiarità dettate dal costruito dei centri storici;
- per gli edifici con danni severi viene imposto il raggiungimento di un livello di sicurezza minimo pari ad almeno il 60% di quello corrispondente a una struttura adeguata ai sensi delle NTC 2008, così come per gli edifici ricadenti fuori dai centri storici;
- possibilità di attuare un coordinamento tra aggregati contermini, dal punto di vista dell'organizzazione cantieristica;
- possibilità, per il comune di L'Aquila, di demolire e ricostruire edifici in cemento armato o comunque ritenuti incongrui dalla *Commissione pareri*, i cui compiti sono stati definiti nella Legge 134 e nel successivo D.P.C.M. del febbraio 2013; per gli altri comuni del cratere sono state confermate le disposizioni contenute nei piani di ricostruzione.

Successivamente all'emanazione del citato D.P.C.M. del 4 febbraio 2013 ognuno dei responsabili dei due Uffici Speciali ha emanato una serie di decreti

attuativi che hanno specificato le modalità di calcolo del *contributo base*, del *contributo massimo* e del *contributo concedibile*, come specificato in dettaglio nel capitolo successivo.

### 1.3. I piani di ricostruzione

In considerazione dell'elevato valore storico e architettonico dei centri storici, nonché del grave e diffuso stato di danno riportato dal patrimonio edilizio a seguito del sisma 2009, il legislatore, all'art.14, co.5-bis, della L.77/2009, ha individuato i Piani di Ricostruzione (PdR) quali strumenti per la ricostruzione dei centri storici dei Comuni del Cratere, finalizzati alla pianificazione urbanistica ed alla programmazione economico-finanziaria delle risorse per la ricostruzione.

La disciplina relativa agli obiettivi, ai contenuti, alle procedure tecnico-amministrative e alle modalità di attuazione dei PdR è stata definita dal decreto del Commissario delegato per la Ricostruzione-Presidente della Regione Abruzzo (di seguito, DCD) n. 3 del 9 marzo 2010.

Per poter rendere esecutivo lo strumento di pianificazione nel minor tempo possibile, la normativa emergenziale ha previsto una procedura speciale e straordinaria di approvazione dei PdR, che abbreviava le tempistiche del procedimento ordinario tipico della pianificazione urbanistica, e ne ha posto la responsabilità in capo al Sindaco.

La formazione dei Piani di Ricostruzione aveva inizio con il raggiungimento di un'Intesa inerente la Perimetrazione del centro storico tra Sindaco, Commissario Delegato per la Ricostruzione e Presidente della Provincia (art.3, DCD 3/2010).

Secondo i criteri definiti dal Commissario Delegato per la Ricostruzione (art.2, DCD 3/2010), la Perimetrazione del centro storico ha compreso le parti del territorio comunale costituite da:

- i centri e nuclei, urbani o rurali, che abbiano carattere storico, artistico e di pregio ambientale, e le aree ad essi adiacenti che ne costituiscano parte integrante;
- i centri e nuclei, definibili di particolare interesse, nei quali gli edifici distrutti o gravemente danneggiati superino il 70% degli edifici esistenti;
- gli edifici storici vincolati ovvero situati in zone sottoposte a vincolo paesaggistico o che ricadono all'interno di un'area protetta.

All'interno della Perimetrazione, sono stati definiti – anche in riduzione della stessa – uno o più Ambiti, costituenti le parti di centro storico effettivamente assoggettate al PdR, significative in quanto:

- finalizzate ad un insieme di interventi integrati, aventi ad oggetto uno o più aggregati edilizi;
- includenti, oltre al patrimonio edilizio da ricostruire o recuperare, strade o spazi pubblici ed eventuali opere di urbanizzazione.

Ai sensi dell'art.6 del DCD 3/2010, il PdR veniva adottato dal Sindaco e sottoposto a pubblicazione, osservazione da parte dei soggetti interessati e consultazione degli Enti pubblici preposti all'espressione di pareri. L'iter amministrativo si concludeva con l'approvazione del PdR da parte del Consiglio comunale, previa sottoscrizione di un'Intesa finale tra Sindaco, Commissario Delegato per la Ricostruzione – per il profilo della programmazione delle risorse – e Presidente della Provincia – per il profilo urbanistico (art.6, co.6, DCD 3/2010).

La procedura amministrativa di formazione ed approvazione del Piano era inoltre raccordata, per quanto previsto dal medesimo DCD 3/2010, alle procedure attinenti agli aggregati edilizi previste dall'O.P.C.M. 3820 e ss.mm.ii.

La successiva O.P.C.M. 3996, all'art.1, co.1, ha stabilito che gli interventi di ricostruzione ubicati nei centri storici potevano essere realizzati attraverso Piani di Ricostruzione, ed ha previsto la possibilità di procedere anche attraverso “piani stralcio”, inquadrati in un documento pianificatorio unitario corredato da una stima di massima dei costi per l'intero perimetro di Piano.

Ai sensi della richiamata normativa, l'approvazione del PdR o di un suo stralcio costituiva presupposto all'impegno delle risorse per interventi di ricostruzione privata in esso ricompresi, che dovevano essere valutati anche con riferimento alla conformità al piano.

Nella fase di avvio della pianificazione, per permettere il più celere rientro della popolazione nelle proprie abitazioni, il D.C.D. 3/2010 ha tuttavia previsto, in relazione a specifiche fattispecie di interventi puntualmente individuate, la possibilità di attuazione in anticipazione, nelle more di approvazione del PdR (ad esempio, per gli interventi su edifici singoli realizzabili ai sensi delle O.P.C.M. relative alla “ricostruzione leggera”), qualora gli stessi risultavano non in contrasto né con lo strumento urbanistico vigente alla data del sisma, né con il progetto di PdR in essere.

La legge 7 agosto 2012, n. 134, nel disporre la chiusura dello stato di emergenza al 31 agosto 2012, all'art. 67-quinquies, co.1, ha conferito ai Piani di Ricostruzione natura strategica e, ove asseverati dalla Provincia, anche urbanistica; essi definiscono gli indirizzi da seguire in fase di ricostruzione e la stima dei costi riguardanti l'intero perimetro del centro storico.

In forza di tale disposto, il Piano di Ricostruzione nella sua componente strategica era finalizzato a quantificare le esigenze finanziarie per la ricostruzione del

centro storico e a disciplinare le modalità di attuazione ed il cronoprogramma degli interventi. Nel caso in cui il Piano contemplava una normativa edilizia degli interventi, in variante allo strumento vigente, lo stesso assumeva anche natura urbanistica ed aggiornava gli strumenti di pianificazione vigenti, in molti casi datati ed inadeguati alle esigenze della ricostruzione.

A far data dal 1° settembre 2012, i Piani di Ricostruzione sono stati sottoposti all'iter di formazione previsto in ordinario dalla normativa nazionale e regionale vigente, che comportava tempistiche di espletamento più estese ed un maggior numero di adempimenti rispetto alla procedura speciale dettata dal DCD 3/2010.

Ai fini della conclusione dell'iter di approvazione del PdR, all'Intesa finale prevista dall'art.6, co.6, DCD 3/2010, nella gestione ordinaria sono subentrati:

- L'attestazione della congruità economica da parte degli Uffici Speciali;
- La conclusione di un Accordo di Programma tra il Comune proponente e la Provincia competente, nel caso in cui il Piano abbia anche natura urbanistica, comportando variante allo strumento vigente (art.67-quinquies, co.1, legge 7 agosto 2012, n. 134).

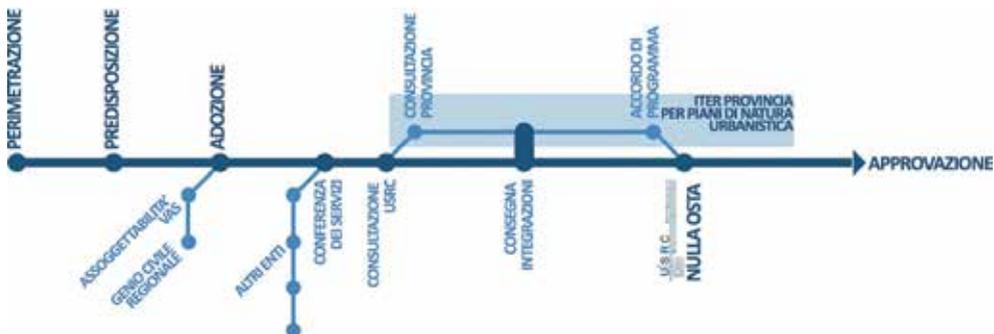


Figura 1.4. Iter di formazione ed approvazione dei Piani di Ricostruzione dei Comuni minori del Cratere nella gestione ordinaria, successivamente alla L. 134/2012, da [www.usric.it](http://www.usric.it).

Alla cessazione dello stato di emergenza, dei 57 Comuni del Cratere, risultava che:

- 14 Comuni avevano raggiunto l'Intesa finale (art.6, co.6, DCD 3/2010) sul PdR, tra i quali la città di L'Aquila;
- 17 Comuni avevano adottato il PdR.

Il comune di L'Aquila si è dotato di un piano di ricostruzione di natura strategica, ma non operativo anche sotto il profilo urbanistico. L'analisi delle modalità

di riparazione e ricostruzione degli edifici danneggiati o distrutti nei centri storici è stata quindi demandata alla *Commissione Pareri*, menzionata nel paragrafo precedente. La predisposizione del PdR ha tenuto inoltre in debito conto l'espansione urbanistica della città, prevedendo un fabbisogno finanziario sia per il centro storico del capoluogo che per i centri storici delle frazioni. Come già illustrato in precedenza, al di fuori dei centri storici del capoluogo e delle frazioni, nel corso degli anni, si è sviluppata la città moderna, costituita dai quartieri residenziali, le aree commerciali e a servizio e le zone industriali e artigianali.

Nella successiva Figura 1.5 è rappresentato il territorio della città, con evidenziati i centri storici del capoluogo e delle frazioni.

Al momento della redazione del PrR la gran parte degli interventi delle aree periferiche era già stata istruita (vedi paragrafi precedenti), pertanto, Il PdR del

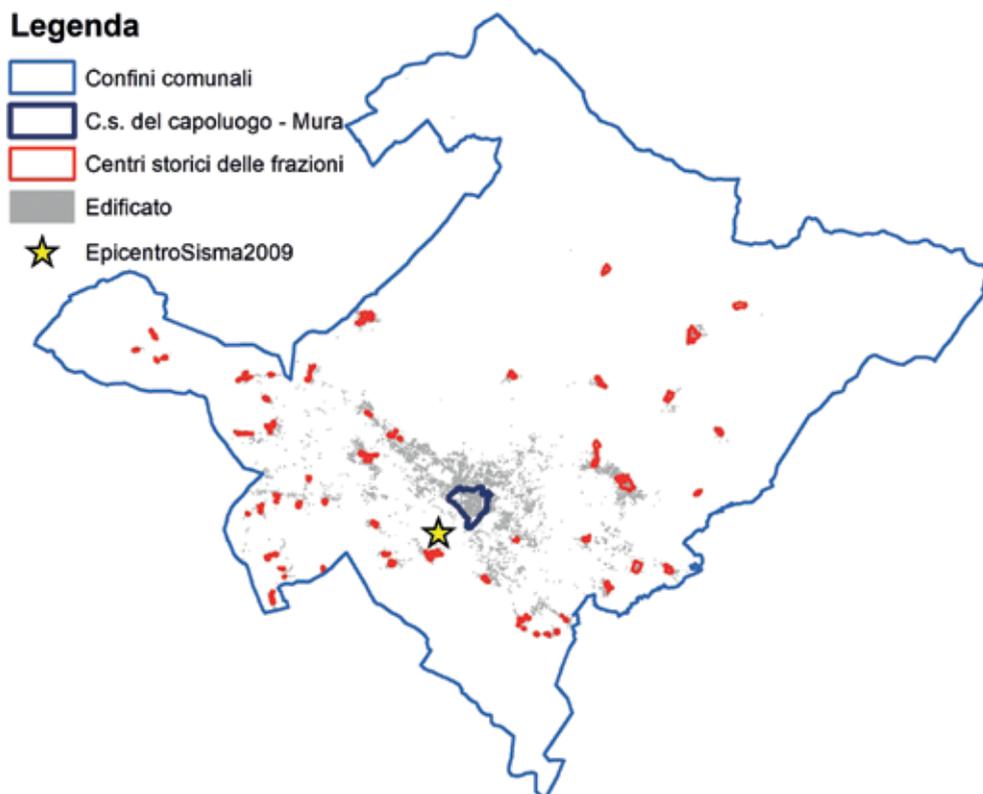


Figura 1.5. Città di L'Aquila: centro storico del capoluogo e delle frazioni.

Comune di L'Aquila prevedeva un fabbisogno finanziario per l'attuazione degli interventi di ricostruzione privata nei centri storici – desumibile dall'Atto di Intesa tra il Commissario delegato per la Ricostruzione ed il Sindaco di L'Aquila del 31 agosto 2012 – pari a complessivi 4,72 mld €, dei quali 3,15 mld € per il capoluogo e 1,57 mld € per le frazioni.

L'USRC ha attestato la congruità economica per i Piani di Ricostruzione di 44 Comuni (due dei quali, Barete e Barisciano, relativi agli Ambiti non già oggetto di Intesa), ed ha stimato le risorse residue occorrenti per la ricostruzione del centro storico di 1 Comune, Torre de' Passeri, unico nel Cratere a non aver predisposto il PdR, non avendo raggiunto nel corso dello stato di emergenza l'Intesa sulla Perimetrazione del centro storico (art.3, DCD 3/2010).

A conclusione del processo di pianificazione, la previsione dei costi di intervento per la ricostruzione privata nei centri storici dei 56 Comuni minori del Cratere ammonta a complessivi 3,09 mld€, distribuiti tra le 8 Aree omogenee del Cratere come indicato nella Figura 1.6.

Dei 55 Piani di Ricostruzione dei Comuni minori del Cratere pervenuti a compimento dell'iter, 8 hanno natura strategica e 47 anche urbanistica.

Nella Figura 1.7 è rappresentato l'andamento nel tempo delle adozioni dei Piani di Ricostruzione da parte dei Comuni minori del Cratere e dei relativi atti di Intesa/Nulla Osta.

La maggior parte dei Comuni ha portato a conclusione il PdR nel periodo intercorrente dal luglio 2013 all'aprile 2015. Il percorso di pianificazione si è

Area Omogenea (AO)	Previsione finanziaria ricostruzione centri storici Comuni minori cratere (mln€)
AO 2	612,00
AO 3	209,51
AO 4	152,47
AO 5	205,13
AO 6	383,75
AO 7	175,97
AO 8	1.066,24
AO 9	282,66
Tot. Cratere	3.087,73



Figura 1.6. Previsione finanziaria dei costi di intervento per la ricostruzione privata nei centri storici dei 56 Comuni minori del Cratere (fonte: USRC).

concluso per l'intero Cratere nell'agosto 2017. Tale distribuzione nel tempo ha risentito del passaggio dalla fase emergenziale a quella ordinaria, sia in termini operativi, in quanto è intercorso un periodo transitorio necessario all'avvio degli Uffici Speciali durante il quale l'attività istruttoria si è interrotta, sia in termini procedurali, a causa dei maggiori tempi ed adempimenti richiesti dall'iter di pianificazione ordinario.

Nella sua componente *urbanistica*, il PdR è finalizzato a normare gli interventi di recupero e ricostruzione nei centri storici sotto il profilo edilizio. In ciò il PdR è assimilabile ad un piano urbanistico attuativo, che, nel proprio ambito di applicazione, può modificare, integrare o aggiornare lo strumento urbanistico vigente, al fine di adeguarne le previsioni allo stato dei luoghi successivo al sisma, tenuto conto del danneggiamento causato dall'evento sismico e delle esigenze/possibilità di recupero degli edifici di valore storico-testimoniale.

Il PdR, in considerazione degli importanti ed incisivi interventi di recupero con miglioramento sismico del patrimonio edilizio storico, ovvero di demolizione e ricostruzione di edifici inseriti nel tessuto urbano dei centri storici, permette ai Comuni colpiti dal sisma di dotarsi di una normativa edilizia adeguata a regolare gli interventi di ricostruzione affinché venga conservato o restituito il valore identitario d'insieme dei centri storici e sia innalzata la qualità progettuale ed esecutiva degli interventi.

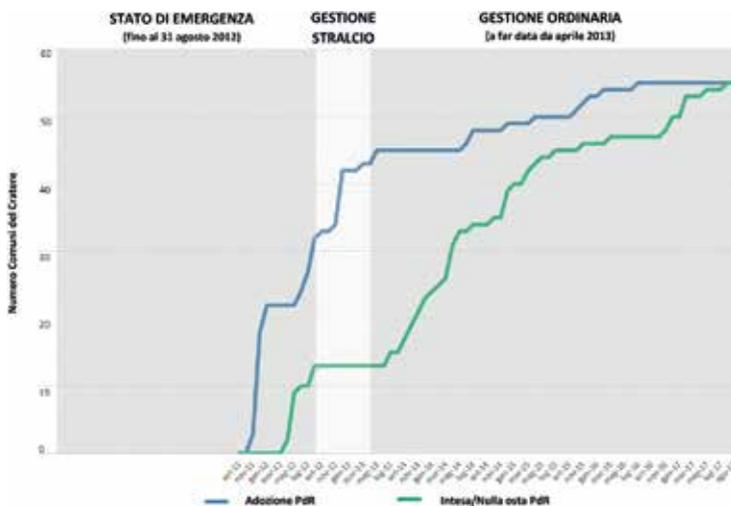


Figura 1.7. Adozione e approvazione dei PdR nel corso del tempo (fonte: USRC).

Dal punto di vista strettamente operativo, l'aggiornamento dello strumento urbanistico vigente alla data del sisma – improvvisamente reso inattuale dal danno riportato dagli edifici – è direttamente funzionale al rilascio del titolo abilitativo agli interventi edilizi. Ma l'obiettivo della pianificazione va ben oltre.

Il PdR ha infatti come primo scopo quello di individuare, per ciascun edificio nel centro storico, l'intervento più idoneo affinché si realizzi la coerenza tra stato di danneggiamento riportato con il sisma, valore storico-architettonico degli edifici, individuazione dell'intervento edilizio ammissibile da Piano e progetto dell'intervento.

Il PdR realizza la sintesi tra le esigenze di conservazione e gli obiettivi di sicurezza, espressa attraverso l'individuazione, ai sensi dell'art.3 del DPR 380/2001, della tipologia di intervento ammissibile.

Ciò comporta che, in sede di progettazione dell'intervento, la scelta tra recupero e demolizione con ricostruzione degli edifici in centro storico non venga affidata esclusivamente al criterio di convenienza economica previsto dall'O.P.C.M. 3881 (principale metodo di valutazione per gli edifici di epoca moderna localizzati nelle periferie), ma debba confrontarsi prima di tutto con la tipologia di intervento individuata dal PdR sulla base del preliminare riconoscimento dei valori formali ed architettonici da preservare e della valutazione della effettiva possibilità di recupero degli edifici. Nel caso in cui il sisma abbia compromesso irreversibilmente l'integrità dell'edificio, il PdR stabilisce le regole per poterlo ricostruire compatibilmente ai caratteri formali e volumetrici delle parti di centro storico contigue, sopravvissute al sisma.

Nella sua componente *strategica*, il PdR costituisce un atto di programmazione, finalizzato a quantificare in via preliminare il costo degli interventi, a definirne le modalità di attuazione ed a coordinare a scala urbana e nel tempo le azioni di ricostruzione pubblica e privata, riguardanti edifici, reti servizi e spazi urbani del centro storico. I contenuti programmatici dei PdR, in particolare le stime dei costi e le modalità di attuazione degli interventi, nonché l'analisi ad essi propeudica, discendono direttamente dall'applicazione della normativa speciale della ricostruzione del sisma 2009.

Mentre i contenuti urbanistici dello strumento di pianificazione post evento sismico, in tutte le esperienze di ricostruzione in Italia, fanno riferimento alla vigente normativa edilizia e urbanistica nazionale (oggi, DPR 380/2001) e regionale, i contenuti programmatici sono sviluppati in stretta correlazione alla normativa per la ricostruzione dello specifico sisma.

Ciò precisato, di seguito sono trattati i principali aspetti programmatici dei Piani di Ricostruzione dei Comuni minori del Cratere, coordinati con la specifi-

ca normativa per i centri storici emanata dopo il sisma 2009 per tale ambito territoriale.

Per quanto concerne la ricostruzione privata, l'analisi di Piano è consistita nella ricognizione a scala urbana dello stato dei luoghi post-sisma nell'Ambito di PdR, che ha raggiunto generalmente il dettaglio dell'edificio, in termini di consistenza edilizia, danno subito (esito di agibilità), destinazione d'uso prevalente, presenza di caratteri di pregio storico-architettonico o di vincolo, presenza di elementi di fatiscenza pregressi al sisma (stato di rudere o di collabente).

Tutto il patrimonio edilizio ricompreso all'interno dell'Ambito di PdR è stato censito e classificato come "edificio singolo" (ES) oppure "aggregato edilizio" (AE).

Per ciascun edificio singolo (ES) o per ciascun edificio facente parte di un aggregato (ED), nel PdR è riportato l'esito di agibilità da scheda AeDES, ove esistente. A riguardo, in sede di predisposizione del PdR, i Comuni si sono confrontati con la criticità legata all'assenza, per alcuni edifici, degli esiti di agibilità formalmente attribuiti da scheda AeDES dopo il sisma 2009, con un'incidenza sull'intero patrimonio edilizio molto variabile tra i diversi Comuni del Cratere. Pertanto, al solo scopo di pervenire ad una compiuta stima dei costi, per gli edifici privi di esito di agibilità attribuito da scheda AeDES o con esito di agibilità "D" o "F", in sede di pianificazione è stato ipotizzato un esito di agibilità sulla base di valutazioni speditive eseguite dai Comuni e dall'estensore del Piano. L'esito così ipotizzato non ha validità per l'accesso al contributo; a tal fine, gli esiti di agibilità mancanti devono essere richiesti dai soggetti aventi titolo, ai sensi del co.7, art.2, D.P.C.M. 4 febbraio 2013.

Il Piano di Ricostruzione individua:

- le modalità di attuazione degli interventi;
- la quantificazione di massima dei fabbisogni finanziari;
- il cronoprogramma di attuazione degli interventi.

In materia di ricostruzione privata, per ciascun edificio ed aggregato edilizio, il Piano individua la modalità di attuazione degli interventi nella forma prevista dalla normativa speciale per la ricostruzione, riconducibile ad una delle seguenti:

- intervento singolo o in forma associata (art.7, DCD 3/2010; lett. a, co.2, art.67-  
quater, legge 134/2012), ad attuazione privata, eseguito:
  - in caso di ES, in modo individuale;
  - in caso di edifici in aggregato attraverso la costituzione del consorzio obbligatorio tra i proprietari privati o il conferimento di procura speciale ad uno di essi, al fine dell'esecuzione dell'intervento unitario (art.7, O.P.C.M. 3820 e ss.mm.ii.);

- programma integrato (art.7, DCD 3/2010; lett. b, co.2, art.67-quater, legge 134/2012), ad attuazione pubblica, nei casi di particolare compromissione del comparto urbano, che necessiti di interventi unitari, anche di carattere urbanizzativo, per i quali il Comune, mediante un procedimento ad evidenza pubblica, individua un unico soggetto attuatore con compiti di progettazione e realizzazione integrata degli interventi pubblici e privati;
- delega volontaria al Comune da parte dei proprietari privati (lett. c, co.2, art.67-quater, legge 134/2012) delle fasi della progettazione, esecuzione e gestione dei lavori.

I fabbisogni finanziari per l'attuazione del PdR sono quantificati attraverso una stima parametrica puntuale dei costi, riferita a ciascun aggregato edilizio e edificio singolo individuato nel PdR, sulla base dei dati definiti a livello di edificio nella parte di analisi del Piano. Tale stima restituisce il quadro tecnico-economico complessivo del Piano.

La normativa di riferimento per la stima dei costi di attuazione del Piano è cambiata nel tempo. Nei PdR adottati per primi dai Comuni, la stima dei costi degli interventi di ricostruzione privata è stata elaborata con riferimento alle modalità ed ai limiti stabiliti dalle O.P.C.M. già operanti per le periferie, estesi anche ai centri storici dalla O.P.C.M. 3996 del gennaio 2012. Nei PdR adottati a far data dal febbraio 2014, i costi di attuazione degli interventi di ricostruzione privata sono stati quantificati sulla base del “modello parametrico”, introdotto con decreto del Titolare dell'USRC n. 1 del 6 febbraio 2014, attuativo del D.P.C.M. 4 febbraio 2013.

Nei Comuni minori del Cratere, l'obiettivo del legislatore di tutelare e recuperare il valore d'insieme e l'immagine pubblica dei centri storici è stato perseguito realizzando la piena continuità tra le norme di conservazione contenute nei PdR ed il “modello parametrico” di calcolo del contributo, di cui al decreto del Titolare dell'USRC 1/2014.

Sulla base della ricognizione degli elementi costruttivi e formali ricorrenti nell'edilizia storica minore dei centri storici del Cratere effettuata nei PdR, con *l'Intesa per l'individuazione delle caratteristiche di particolare pregio degli edifici ricadenti nei Comuni del Cratere* del 28 novembre 2013 (di seguito, Intesa), sono stati individuati, in quanto meritevoli di conservazione, i caratteri di valenza storica/artistica/culturale, oggettivati nella presenza di elementi di pregio architettonico, di complessità strutturale e di elementi pertinentziali maggiormente identificativi del paesaggio urbano. Il “modello parametrico” contempla specifiche maggiorazioni del contributo intese a coprire economicamente i maggiori oneri di intervento necessari alla conservazione, restauro e valorizzazione dei suddetti elementi di pregio.

I caratteri riconosciuti come di pregio dall'Intesa sono rintracciabili in manie-

ra diffusa nell'edilizia tradizionale del cratere e concorrono ad esprimere il valore testimoniale d'insieme dei borghi e ad incidere sulla percezione del paesaggio.

Le previsioni di tutela e valorizzazione degli elementi caratterizzanti il costruito storico contenute nei PdR trovano pertanto certezza di attuazione nel “modello parametrico” che, attraverso le richiamate maggiorazioni, garantisce adeguata copertura finanziaria alle prescrizioni conservative della pianificazione.

Nelle Figure 1.8-1.10 sono rappresentate alcune tavole del Piano di Ricostruzione di Santo Stefano di Sessanio (AQ).

#### 1.4. Confronto tra i modelli di ricostruzione adottati a seguito del sisma del 2009

Nei paragrafi precedenti sono state riassunte brevemente le peculiarità dei modelli adottati nelle due fasi di ricostruzione post-sisma 2009: il modello anali-

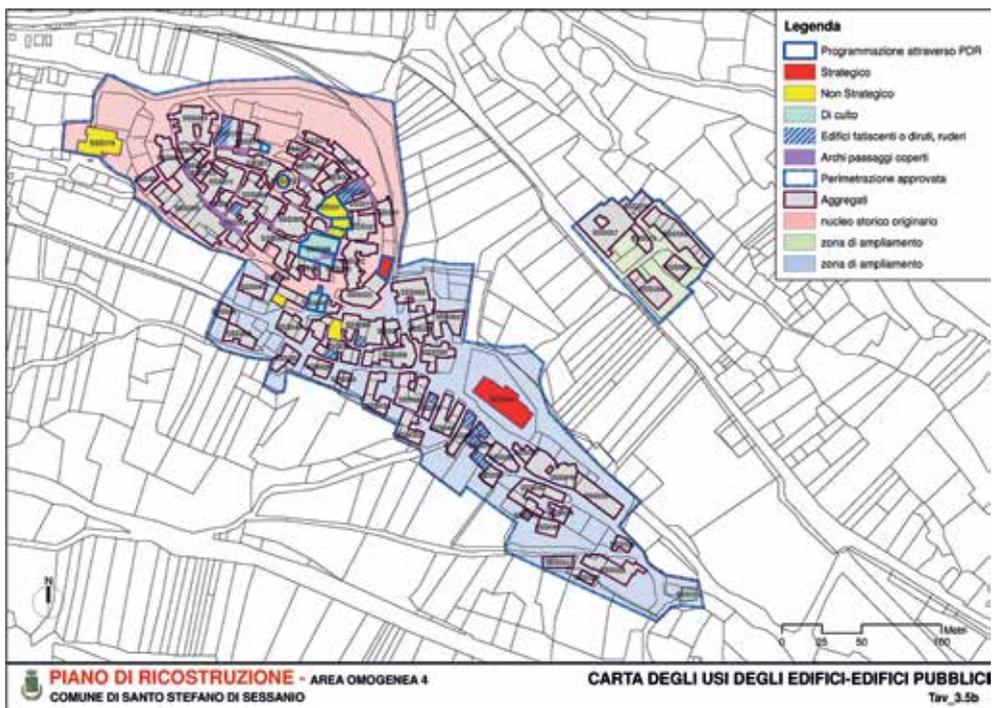


Figura 1.8. Carta degli Usi degli edifici pubblici del comune di Santo Stefano di Sessanio.

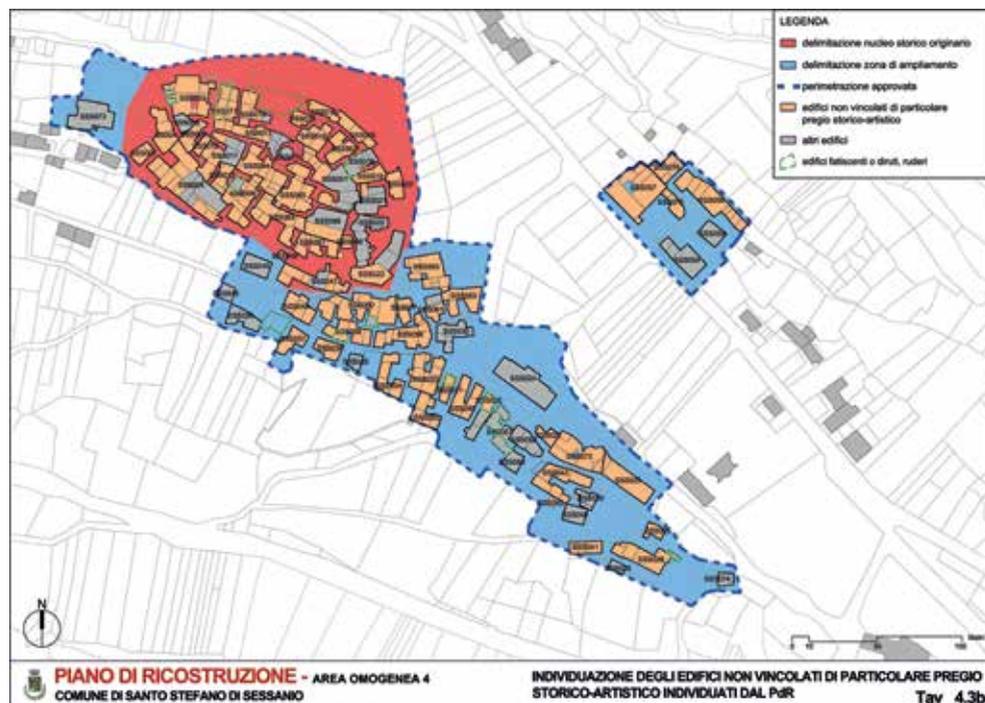


Figura 1.9. Individuazione degli edifici con caratteri di pregio del comune di Santo Stefano di Sessanio.

tico basato sull'analisi puntuale dei progetti esecutivi, utilizzato per la riparazione degli edifici delle periferie e il modello parametrico adottato per la ricostruzione dei centri storici di L'Aquila e dei Comuni del Cratere.

Il modello analitico adottato nella prima fase resta un unicum a livello nazionale, in quanto le attività di ricostruzione, sia antecedenti al sisma del 2009, sia successive, quali quelle attuate per l'Emilia-Romagna a seguito del sisma del 2012, e quelle attuate per il più recente sisma del Centro Italia del 2016, sono tutte basate su modelli parametrici. È altresì evidente il pieno successo di tale modalità operativa nel caso di contributi inerenti agli edifici isolati delle cosiddette periferie. Nel periodo da giugno 2009 a febbraio 2013 sono state istruite oltre 19.000 pratiche; ciò ha permesso il rientro nelle proprie abitazioni di circa 22.000 persone già a dicembre 2010, e di oltre 42.000 a dicembre 2015.

L'introduzione del modello parametrico per la ricostruzione dei centri storici dei comuni danneggiati dal sisma Abruzzo 2009 risponde alle esigenze di superamento delle criticità connesse all'applicazione agli aggregati multi-esito

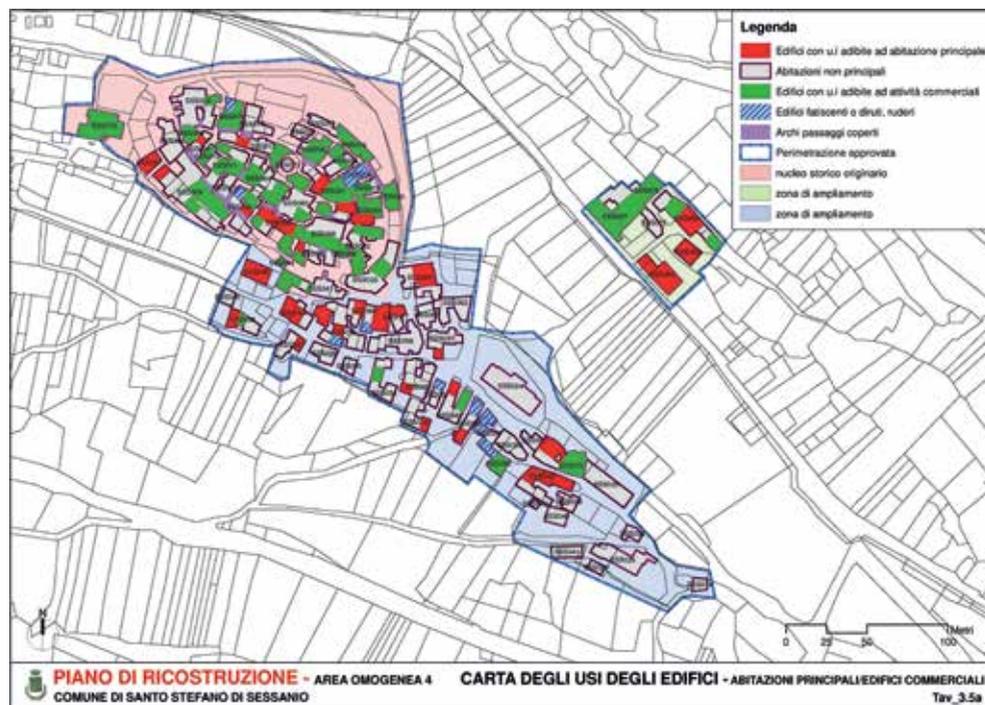


Figura 1.10. Carta degli usi degli edifici privati del comune di Santo Stefano di Sessanio.

in muratura del modello analitico introdotto dal D.L. n. 39 del 28 aprile 2009 e reso operativo mediante l'agile strumento delle Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri, predisposte dal Dipartimento della Protezione Civile di concerto con il Ministero dell'Economia e delle Finanze per gli aspetti attinenti alla copertura delle spese (O.P.C.M. 3779, O.P.C.M. 3790, O.P.C.M. 3881 e O.P.C.M. 3820). La presenza, a ridosso dei centri storici, di edifici organizzati in forma di aggregati edilizi in muratura, denotati da caratteristiche peculiari rispetto a quelle degli edifici isolati, ha evidenziato la necessità di utilizzare modalità istruttorie specificatamente messe a punto per questa tipologia costruttiva. La complessità dei meccanismi di danneggiamento degli edifici in muratura in aggregato, infatti, può determinare la necessità di prevedere l'esecuzione di interventi pensati e progettati in una logica comune a una o più unità strutturali che lo compongono i cui costi, pertanto, non possono essere sempre facilmente riconducibili a ciascuna di esse. I limiti imposti dalle O.P.C.M. 3779 e 3790 sugli interventi di rinforzo (400€/m<sup>2</sup> per gli edifici con esito E e 150€/m<sup>2</sup> per gli

edifici con esito B o C) sono apparsi, pertanto, da subito non facilmente adottabili ed estendibili *tout court* al caso di edifici in aggregato, al cui interno possono essere presenti edifici con esiti differenti, A, B o C ed E. Le prescrizioni normative introdotte dalla O.P.C.M. 3820, inoltre, pur offrendo una parziale soluzione a tale problematica, consentendo l'innalzamento dei limiti economici per gli interventi di rinforzo, lasciavano, tuttavia, inalterata la problematica connessa alla sostanziale inapplicabilità agli aggregati multi-esito del c.d. limite di convenienza economica, introdotto con l'O.P.C.M. 3881 quale limite massimo di contributo concedibile per la riparazione con miglioramento sismico degli edifici con esito E.

A ciò si aggiunga che all'interno degli aggregati sono spesso ricompresi edifici o porzioni di edificio tutelate ai sensi del d.lgs. n. 42/2004 (o della L. 1039/39) o comunque contraddistinti da caratteri storici, culturali e architettonici di particolare rilievo tali da determinare l'impossibilità di contenere i costi all'interno dei limiti stabiliti per gli edifici ordinari.

L'O.P.C.M 3996 ha declinato i criteri volti ad incrementare il contributo per gli edifici singoli sottoposti a tutela, definendo anche altri criteri per incrementarlo in misura più contenuta per gli edifici, individuati da un'apposita commissione, caratterizzati dalla presenza di elementi di particolare pregio storico artistico. Tali criteri sono stati poi esplicitati nel Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 45.

Le tempistiche dei lavori della commissione, la modalità individuata per il riconoscimento del contributo agli edifici vincolati posta in capo alla Soprintendenza e soprattutto la inadeguatezza della stessa per i casi di aggregati multi-esito hanno determinato criticità tali da far ritenere indispensabile un intervento normativo che consentisse un differente approccio per gli interventi sugli aggregati ubicati all'interno dei centri storici, tutti in misura più o meno consistente caratterizzati da tali peculiarità.

In sintesi, le modalità previste dal modello analitico e disciplinate dalle O.P.C.M. 3779, 3790, 3881 e 3820, che appaiono aver avuto pieno successo nei riguardi degli edifici al di fuori dei centri storici (edifici della c.d. periferia) stante il rientro in casa in 5 anni della maggior parte degli abitanti sfollati delle periferie, sono apparse viceversa non immediatamente e facilmente estendibili al caso di edifici in aggregato (tipici del costruito dei centri storici). In linea con le modalità utilizzate nella ricostruzione conseguente al sisma che ha colpito le regioni Umbria e Marche del 1997 e al sisma che ha interessato il Molise nel 2002 (fino ad arrivare alle più recenti, in Emilia-Romagna nel 2012 e in Centro Italia nel 2016) si è, pertanto, optato per l'adozione di un modello parametrico.

Stante l'impianto legislativo in parte comune, costituito dal D.L. 39/2009 e dalla relativa legge di conversione, si evidenziano alcune differenze sostanziali tra il modello adottato per la ricostruzione delle periferie e quello adottato per i centri storici, riepilogate brevemente nei punti seguenti:

- Modello adottato nella prima fase di ricostruzione, inerente gli edifici non compresi nei centri storici:
  - le modalità di determinazione del contributo concesso, e gli interventi di rafforzamento locale/miglioramento sismico/ ricostruzione adottabili sono fortemente vincolati all'esito di agibilità attribuito in fase di emergenza con l'utilizzo delle schede AeDES; di fatto viene effettuata una distinzione tra ricostruzione leggera e ricostruzione pesante, come peraltro accaduto in tutti i processi di ricostruzione conseguenti gli ultimi terremoti occorsi in Italia;
  - la tipologia di contributo concedibile è distinta tra quello specifico per le parti comuni, inerente anche agli interventi strutturali, e quelli destinati al ristoro dei danni delle singole unità immobiliari, relativo principalmente al ripristino delle finiture edili;
  - sono previsti rigidi limiti di contributo, per gli interventi specifici di rafforzamento locale (inerenti edifici con esito di agibilità B o C, quindi con danni leggeri) con limite di 150 €/m<sup>2</sup> e per gli interventi di miglioramento sismico (inerenti edifici con esito di agibilità E, con livello di danno maggiore), con limite di 400 €/m<sup>2</sup>, innalzabile in casi specifici a 600 €/m<sup>2</sup>; sono previsti inoltre specifici incrementi al contributo per operare interventi di efficientamento energetico e per il superamento delle barriere architettoniche;
  - tutte le lavorazioni del progetto esecutivo, rigidamente distinte per scopo (riparazione del danno, rafforzamento locale, miglioramento sismico, adeguamento energetico, ecc.) sono analizzate e approvate puntualmente;
- Modello adottato nella seconda fase di ricostruzione, inerente agli edifici ubicati nei centri storici:
  - il contributo concedibile per i lavori è determinato per la maggior parte parametricamente;
  - è prevista l'introduzione di specifici incrementi per gli edifici soggetti a tutela ai sensi del d.lgs. n. 42/2004, o legati alla conservazione di elementi di pregio storico architettonico del costruito;
  - è prevista l'introduzione di ulteriori incrementi legati alle difficoltà di cantierizzazione;
  - il progetto è sottoposto ad un'istruttoria di tipo semplificato e controllato nei requisiti generali, tra i quali il livello di sicurezza post-sismico richiesto, come per la prima fase, fissato minimo al 60% di quello dell'adeguamento.

## 2.

# Il processo di ricostruzione degli edifici privati dei centri storici

*Raffaello Fico, Salvatore Provenzano, Claudia Genitti, Giorgio Pipponzi, Antonio Mannella, Giuseppina De Martino, Marco Di Ludovico*

Il modello parametrico, previsto nella legge 134/2012, è stato reso operativo dal successivo Decreto della Presidenza del Consiglio Dei Ministri del 4 febbraio 2013 [D.P.C.M. 04/02/2013], che ha disciplinato le modalità di rilascio del contributo per gli edifici privati ricompresi nei centri storici, sostituendo il modello analitico, basato sulla verifica puntuale della congruità tecnica ed economica degli interventi progettuali previsti. Nel modello parametrico, basato sull'analisi dello stato di danno e vulnerabilità degli edifici danneggiati dal sisma: *“La determinazione del contributo avviene attraverso un modello parametrico basato su un'analisi preliminare del livello di danno e di vulnerabilità degli edifici che consente di individuare il livello di contributo base e delle eventuali maggiorazioni e ulteriori contributi ove spettanti?”* [art. 4 D.P.C.M. 04/02/2013]. Il modello parametrico, svincolato dai limiti relativi alle tipologie ed all'entità delle lavorazioni ammissibili, ma piuttosto volto al raggiungimento di determinate finalità, consente di operare scelte progettuali di volta in volta adattabili alla peculiarità del singolo intervento, imponendo unicamente il rispetto di un limite massimo di contributo concedibile valutato con riferimento a parametri definiti in base alle caratteristiche tipologiche dell'aggregato.

In considerazione delle diverse peculiarità del territorio, identificato con il Comune di L'Aquila e con i restanti comuni del cratere, i due Uffici Speciali (Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila, USRA, e Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, USRC), in applicazione delle disposizioni legislative, si sono dotati di modelli parametrici simili, ma con alcune specificità che tengono conto delle peculiarità costruttive, architettoniche e contestuali dei rispettivi agglomerati edilizi. Nei paragrafi seguenti è illustrata in dettaglio la procedura parametrica adottata dai due Uffici, dopo aver definito l'oggetto della richiesta di contributo.

## 2.1. Definizione dell'oggetto degli interventi nei modelli USRA e USRC

Nel seguito sono illustrate e descritte le entità oggetto degli interventi identificate nei due modelli parametrici. Le definizioni di seguito adottate sono per lo più quelle contenute nel Manuale allegato al decreto USRC n. 1/201.

La determinazione del contributo concedibile attraverso il modello parametrico avviene sulla base delle caratteristiche dimensionali delle *unità immobiliari* (UI) e delle caratteristiche strutturali degli *edifici* (ED), che compongono porzioni identificate come Unità Minime di Intervento (UMI) dell'*aggregato edilizio* (AE) oggetto dell'intervento (Figura 2.1).

### 2.1.1. Aggregato Edilizio (AE)

Secondo quanto indicato nelle Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato, 2010 e in [Carpi et al., 2013], per aggregato strutturale “può



Figura 2.1. Esempio di un Aggregato edilizio (AE) del Comune di Villa Sant'Angelo (AQ), suddiviso in Unità Minime di Intervento (UMI), con evidenza degli edifici che lo compongono (ED).

*intendersi un insieme di edifici (unità edilizio - strutturali) non necessariamente omogenei, interconnessi tra di loro con un collegamento più o meno strutturalmente efficace determinato alla loro storia evolutiva che possono interagire sotto un'azione sismica o dinamica in genere. (...) La presenza di elementi quali archi o volte di contrasto posti a collegamento tra aggregati contigui, non inficia la possibilità di perimetrazione ed individuazione degli aggregati, laddove tali elementi siano limitati in numero ed estensione e non alterino in modo significativo il comportamento strutturale d'assieme. Il loro eventuale contributo può essere tuttavia messo in conto mediante modellazioni analitiche, attraverso l'inserimento di azioni concentrate o vincoli. In tali casi è inoltre importante effettuare studi di dettaglio delle porzioni di aggregato interessate da tali vincoli, al fine di ben evidenziare eventuali effetti locali che potrebbero non incidere sul comportamento globale dell'aggregato".* Nella ricostruzione post-sisma 2009 gli aggregati sono stati individuati dai Comuni all'inizio della fase di ricostruzione dei centri storici: per il Comune di L'Aquila al termine di un processo che coinvolgeva i proprietari e i progettisti; per i comuni del Cratere, nell'ambito del processo di definizione dei Piani di Ricostruzione. L'impianto normativo parametrico è incentrato sulla definizione di aggregato, quindi questo è sempre individuato, anche quando è costituito da un solo edificio.

### **2.1.2. Unità Minima di Intervento (UMI)**

Per gli AE particolarmente complessi ed estesi si può ricorrere ad una suddivisione degli stessi in porzioni identificate con le Unità Minime di Intervento (UMI) tali per cui, la particolar geometria, struttura e cantierizzazione dell'AE permetta la restituzione dell'agibilità di parti di esso indipendentemente dalle altre.

L'individuazione delle UMI permette di ottenere porzioni di estensione minore e omogenee per caratteristiche strutturali ed architettoniche, velocizzando l'esecuzione dei lavori e la restituzione dell'agibilità a parti in cui ricadono immobili adibiti ad abitazione principale. Sia nella città di L'Aquila che nei Comuni del Cratere è infatti frequente la presenza di aggregati, diversificati sia nelle destinazioni d'uso sia negli esiti di agibilità attribuiti o di dimensioni tali da complicare l'esecuzione dei lavori. Per i Comuni del Cratere, inoltre, l'introduzione delle UMI agevola, la progettazione e la successiva esecuzione dei lavori di breve durata ed impegno economico ridotto, per porzioni di AE comprendenti edifici con esito A/B/C/E per le quali il progettista ritiene di intervenire esclusivamente con interventi di rafforzamento locale.

### 2.1.3. Edificio (ED)

L'edificio, di seguito abbreviato con ED, definito anche US (unità strutturale) nel D.P.C.M. del 4 febbraio 2013 (GU n. 54 del 5/3/2013), costituisce l'elemento di riferimento della scheda AeDES per la valutazione di danno e agibilità, in conformità con quanto descritto al § 2.4 del manuale [Baggio et al., 2014]: “*All'interno degli aggregati strutturali si individuano gli edifici, definiti come unità omogenee e in genere distinguibili dagli edifici adiacenti per tipologia costruttiva, differenza di altezza, età di costruzione, sfalsamento dei piani, etc. Gli edifici costituiscono, quindi, organismi statici unici e possono essere distinti ed identificati sulla base dei seguenti criteri:*

- *fabbricati costruiti in epoche diverse;*
- *fabbricati costruiti con materiali diversi;*
- *fabbricati costruiti con solai posti a quote diverse.”*

I suddetti criteri, facilmente applicabili nel caso di edifici situati nelle periferie, determinano problematiche maggiori negli AE dei centri storici, caratterizzati da situazioni diverse, che, soprattutto nel caso dei sistemi in muratura dei tessuti storici, comportano un'individuazione non sempre univoca [Bramerini F., Castenetto S., 2015]. In tali AE/UMI le configurazioni più frequenti sono:

- *ED con pareti affiancate indipendenti e non ammassate con quelle degli ED adiacenti;* nell'evoluzione dell'AE di solito l'ED originario è strutturalmente compiuto dalle fondazioni alla copertura, dunque caratterizzato dal tradizionale flusso delle tensioni dovute ai carichi verticali e l'interazione strutturale avviene prevalentemente per azioni nel piano e, nella maggior parte dei casi, è indipendente il comportamento per azioni fuori del piano;
- *ED addossato all'ED originario con ammassamento delle pareti;* in questo caso è possibile che gli orizzontamenti gravino su una parete in comune tra gli ED ed il comportamento per azioni verticali e fuori dal piano non sarà indipendente;
- *ED generato dall'intasamento di corti con pareti non ammassate ed in alcuni casi con orizzontamenti poggiati sulle pareti degli ED adiacenti;* in questo caso la vulnerabilità dell'ED (I) è elevata sia per azioni nel piano e sia fuori dal piano ed è sconsigliabile effettuare la suddivisione di un AE in corrispondenza di tali zone;
- *ED con pareti murarie accostate;* in questo caso, essendo gli ED potenzialmente compiuti strutturalmente dalle fondazioni alla copertura, ciascun ED può essere considerato originario.

Per l'individuazione degli ED, secondo le indicazioni riportate in [Baggio et al., 2014] per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, possono altresì considerarsi, quali utili indicatori:

- omogeneità sostanziale di tipologia strutturale e dei materiali;
- epoca di costruzione;
- epoca di eventuale intervento strutturale pregresso;
- continuità delle strutture portanti;
- sostanziale omogeneità delle quote degli orizzontamenti;
- compattezza (regolarità e dimensione) in pianta delle sagome;
- compattezza delle sagome in elevazione.

Il danno sismico, la vulnerabilità e l'esito di agibilità, ai fini della compilazione della scheda parametrica, sono sempre individuati in modo indipendente per ciascun edificio. Nel capitolo 3 la definizione di ED/US è ulteriormente specificata anche con riferimento al progetto degli interventi strutturali e alla definizione di unità strutturale secondo il § 8.7.1 delle NTC 2018 e della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

#### **2.1.4. Unità Immobiliare (UI)**

Per unità immobiliare (UI) si intende un fabbricato o porzione di esso, facente capo alla medesima proprietà, che, nello stato in cui si trova, costituisce unità funzionalmente indipendente. L'UI è individuabile come il locale o l'insieme di locali collegati funzionalmente tra di loro, destinati a soddisfare esigenze sia di tipo residenziale che non residenziale, dotato di ingresso indipendente da uno spazio pubblico o da uno spazio privato di uso comune.

#### **2.1.5. Edificio singolo (ES)**

Per edificio singolo (ES) si intende un fabbricato costituito un unico edificio (ED) con una o più unità immobiliari, UI, individuabile come organismo edilizio e statico unico, generalmente non interferente con altri fabbricati (edificio isolato).

### **2.2. Definizione delle superfici**

In questo paragrafo si riportano le definizioni delle diverse superfici utilizzate per la determinazione del contributo, tra cui *Superficie Lorda Complessiva (Sc)*, *Superficie Complessiva (SC)*, *Superficie Utile abitabile (SU)*, *Superficie non residenziale (SNR)* e *Superficie Parcheggi (SP)*.

### 2.2.1. Superficie Lorda Complessiva (Sc)

Per Superficie lorda complessiva (Sc) “*si intende la somma delle superfici calpestabili coperte delle unità immobiliari e delle parti comuni del fabbricato, e delle superfici occupate da muri portanti, setti, tamponature e tramezzzi. La superficie lorda coperta di una unità immobiliare è data dalla somma della superficie calpestabile coperta dell’unità e della superficie occupata da muri portanti, setti, tamponature e tramezzzi di competenza dell’unità stessa.*” [O.P.C.M. 3778 e 3779 del 6 giugno 2009].

Le superfici dei sottotetti sono conteggiate, ai fini delle valutazioni seguenti, solo se gli stessi risultano accessibili ed in grado di sopportare un carico distribuito pari a 0,50 kN/m<sup>2</sup> e un carico concentrato pari a 1,20 kN. Ai fini della determinazione della Sc va computata anche quella relativa a porzioni che hanno già beneficiato di contributi di riparazione e rinforzo sismico.

### 2.2.2. Superficie Complessiva (SC)

“*La superficie complessiva (SC) corrisponde alla superficie utile abitabile che ricomprende anche le superfici a destinazione d’uso commerciale, artigianale, direzionale, ricettive e ad uffici e, in misura del 60%, le superfici non residenziali (SNR) e quelle con destinazione a parcheggio (SP). Nel caso degli edifici in muratura portante con spessore medio delle pareti portanti maggiori di 30 cm, la superficie utile abitabile (SU), la superficie non residenziale e la superficie adibita a parcheggi come sopra definite, sono determinate considerando le pareti portanti di spessore pari a 30 cm*” [D.P.C.M. del 4 febbraio 2013].

$$SC = SU + (60\% (SNR + SP))$$

In cui

- è la superficie calpestabile degli alloggi misurata al netto dei muri perimetrali e di quelli interni.
- SNR è la superficie risultante dalla somma delle superfici di pertinenza degli alloggi quali logge, balconi, cantinole e di quelle di pertinenza dell’organismo abitativo quali androni d’ingresso, porticati liberi, scale esterne, volumi tecnici, centrali termiche ed altri locali a servizio della residenza misurate al netto dei muri perimetrali e di quelli interni.
- SP è “*la superficie da destinare ad autorimesse o posti macchina coperti di pertinenza dell’organismo abitativo, comprensivi degli spazi di manovra.*” [Delibera Giunta Regionale Abruzzo n. 615 del 9 agosto 2010, art. 6].

## 2.3. Calcolo del contributo concedibile nei due modelli parametrici

Il modello parametrico è finalizzato a determinare il contributo per il ripristino dell'agibilità degli edifici danneggiati dal sisma. Oltre lo stanziamento di un contributo per la riparazione e il rinforzo sismico, come nel caso delle periferie, è previsto anche lo stanziamento di fondi aggiuntivi, volti a preservare il valore del patrimonio architettonico e culturale degli edifici storici.

Il contributo concedibile è definito come il minor valore tra l'importo determinato con il modello parametrico e l'importo determinato nel computo metrico associato al progetto dei lavori.

Nel seguito si procede con la descrizione dei due modelli delineando la procedura per la definizione del contributo concedibile e l'iter procedurale da seguire per l'approvazione delle richieste di contributo.

### 2.3.1. Il Modello parametrico per L'Aquila

L'USRA ha dato attuazione alle previsioni del D.P.C.M. del 4 febbraio 2013, stabilendo un modello parametrico definito da un protocollo di progettazione attuato in due fasi, denominate Progetto Parte Prima e Progetto Parte Seconda:

- la consegna del Progetto Parte Prima prevede la compilazione di una scheda parametrica contenente la definizione degli edifici ricompresi all'interno dell'aggregato o della UMI oggetto di richiesta di contributo, la quantificazione del danno, la determinazione delle vulnerabilità, il calcolo delle superfici, la definizione di eventuali maggiorazioni del contributo, e la definizione delle titolarità al contributo.

Le maggiorazioni del contributo sono determinate in modo specifico per gli edifici con caratteri di pregio storico-artistico, con vincolo paesaggistico o vincolo diretto ai sensi dell'art. 10 comma 3, lettera a) del d.lgs. 42/2004; ulteriori maggiorazioni sono riconosciute per le caratteristiche geomorfologiche del suolo, per l'eventuale demolizione e smaltimento macerie, per gli elementi accessori ai fabbricati, per la presenza di eventuali elementi decorativi.

Insieme alla scheda sono consegnati alcuni elaborati progettuali finalizzati ad illustrare le caratteristiche sopra elencate. Al termine dell'istruttoria del Progetto Parte Prima è definito il *Contributo Concedibile* e il Comune di L'Aquila emette a favore del beneficiario un'anticipazione, pari al 2% dell'importo stimato dei lavori, da distribuire tra le figure professionali intervenute nella progettazione, l'eventuale presidente del consorzio di proprietari che si occupa

della gestione delle pratiche, e le imprese intervenute nell'esecuzione dei saggi sulle strutture e sui terreni;

- la consegna del Progetto Parte Seconda, oltre a comprendere la Scheda Progetto Parte Prima, eventualmente aggiornata a seguito della prima fase istruttoria, comprende anche il progetto esecutivo dell'intervento. Al termine dell'istruttoria del Progetto Parte Seconda il Comune di L'Aquila concede il contributo per l'esecuzione dei lavori, che viene erogato per Stati di Avanzamento Lavori (SAL).

La consegna del Progetto Parte Prima avviene direttamente agli sportelli dell'ufficio USRA di L'Aquila. La procedura di presentazione del Progetto Parte seconda è invece eseguita tramite l'accesso ad uno specifico portale online. La domanda di contributo può essere presentata, a seconda dei casi, per gli edifici singoli (ES), per Unità Minime di Intervento (UMI), o aggregati strutturali (AE).

Le UMI oggetto di richiesta di contributo, a prescindere dal livello di danno e dall'esito di agibilità degli edifici componenti, con l'eccezione costituita da quelli sottoposti a vincolo diretto ai sensi del d.lgs. n. 42/2004, devono in ogni caso essere oggetto di miglioramento sismico che comportino il raggiungimento di un livello di sicurezza almeno pari al 60% rispetto l'adeguamento.

L'importo complessivo dell'indennizzo spettante deve essere utilizzato secondo le seguenti priorità [Decreto USRA n. 1/2013]:

- *Riparazione del danno e miglioramento sismico;*
- *Finiture connesse agli interventi strutturali;*
- *Riparazione dei danni di elementi non strutturali e degli impianti;*
- *Messa a norma degli impianti e cablaggio;*
- *Adeguamento energetico e acustico conseguibile;*
- *Eventuale utilizzo di fonti energetiche rinnovabili;*
- *Adeguamento alle norme vigenti relative alle barriere architettoniche;*
- *Finiture e impianti non connessi agli interventi strutturali relativi alle UI adibite ad abitazione principale;*
- *Finiture e impianti non connessi agli interventi strutturali relativi alle UI non adibite ad abitazione principale* fino a 100 €/m<sup>2</sup> per le UI a uso abitativo diverse dalle abitazioni principali, e fino a 150 €/m<sup>2</sup> per le UI a uso produttivo, commerciale, professionale. Tali importi sono comunque ricompresi nei limiti dell'indennizzo massimo concedibile e devono essere utilizzati nel rispetto delle priorità di intervento sopra elencate;

In determinati casi, sostanzialmente inerenti edifici crollati in tutto o in parte, già demoliti a seguito di ordinanza sindacale o gravemente danneggiati, in alternativa alla riparazione con miglioramento sismico, è consentita la demolizione

e ricostruzione, qualora ciò sia consentito dagli strumenti urbanistici esistenti, e previo parere positivo della Commissione Pareri.

L'istruttoria del Progetto Parte Prima consiste essenzialmente nelle seguenti verifiche:

- titolarità al contributo;
- controllo di coerenza tra i dati inseriti nella scheda parametrica e gli elaborati progettuali;
- controllo del livello di danno rilevato dal progettista e riportato sulla scheda;
- controllo della corretta individuazione delle vulnerabilità che determinano il livello di contributo insieme al danno;
- controllo della corretta determinazione delle eventuali maggiorazioni al contributo, con riferimento ai parametri dimensionali rilevabili dagli elaborati progettuali e alla consistenza architettonica e storico-artistica;

Nell'ambito dell'istruttoria del Progetto Parte Prima, in casi specifici, tipicamente inerenti le richieste di sostituzione edilizia, è richiesto il parere vincolante della Commissione Pareri, una commissione costituita, oltre che da personale USRA, anche da funzionari comunali e della Soprintendenza del Ministero per i Beni e le attività Culturali.

L'istruttoria del Progetto Parte Seconda consiste essenzialmente nelle seguenti verifiche:

- controllo di coerenza dei dati utilizzati per la compilazione della scheda parametrica con quelli utilizzati per la definizione del progetto esecutivo;
- controllo del livello di sicurezza raggiunto nel rispetto della tipologia di intervento previsto;
- istruttoria puntuale di ammissibilità delle eventuali voci aggiuntive;
- controllo relativo alla corretta applicazione dei prezzi delle lavorazioni desunti dal prezzo regionale vigente

Qualora l'importo del progetto esecutivo risulti superiore ai limiti del contributo concedibile determinato su base parametrica, il contributo spettante è determinato tramite un'istruttoria analitica dell'intervento proposto.

Con il decreto USRA n. 11 del 15 novembre 2017 è stata introdotta una procedura semplificata volta a velocizzare l'esecuzione delle istruttorie sui progetti di importo inferiore a 1 milione di euro; per tali progetti è previsto solo un controllo formale della documentazione al momento di ricezione della pratica; il 5% dei progetti idonei all'istruttoria semplificata, selezionati tramite sorteggio, è comunque oggetto di un'istruttoria completa. Nello stesso decreto sono specificate le modalità di controllo, anche tramite sopralluoghi, delle lavorazioni effettivamente eseguite in cantiere.

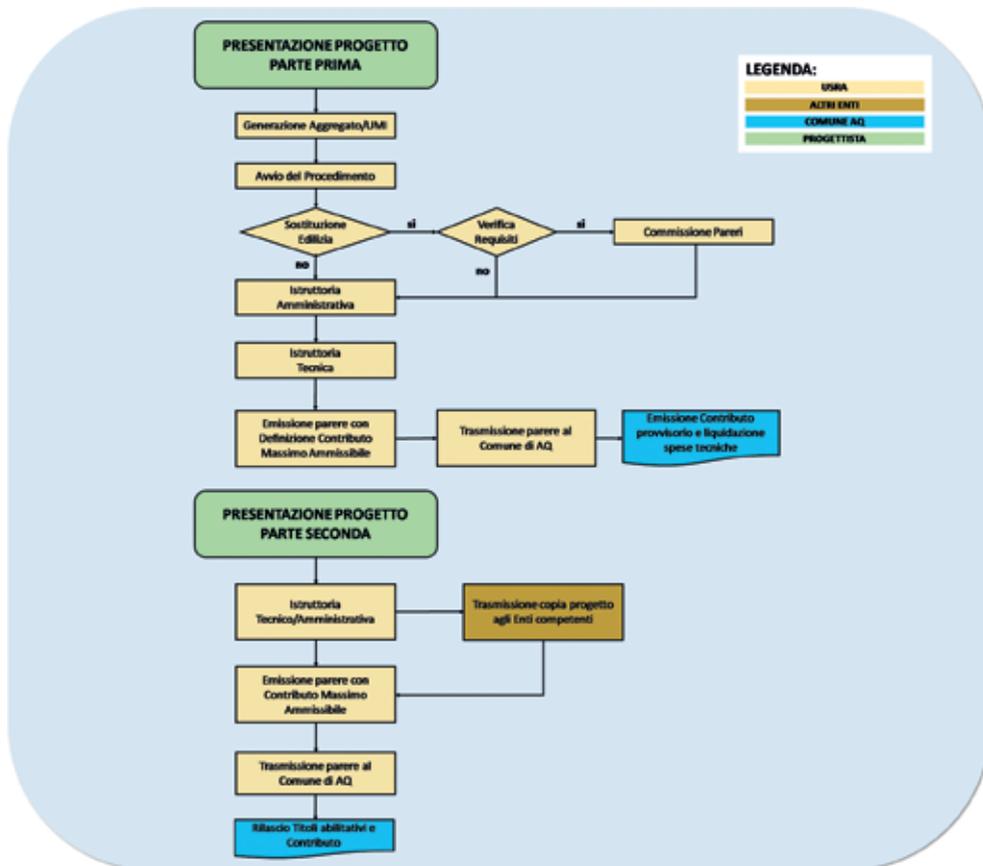


Figura 2.2. Iter procedurale per il rilascio del contributo nel Comune di L'Aquila.

Nella Figura 2.2 è rappresentato schematicamente l'iter procedurale per il rilascio del contributo nel Comune di L'Aquila.

### 2.3.1.1. Calcolo del contributo concedibile

In contributo concedibile per l'ES, l'UMI o l'AE viene determinato attraverso quanto stabilito nel [Decreto USRA n. 1/2013] denominato "Disciplina per la progettazione e la realizzazione degli interventi sugli edifici privati, ubicati nei centri storici del Comune di L'Aquila, danneggiati dal sisma del 2009" e specificato nel Manuale di Istruzioni della Scheda di Accompagnamento ai Progetti di Ricostruzione del

Comune di L'Aquila. La determinazione del contributo concedibile avviene mediante la valutazione di:

- a) *contributo base unitario*, anche definito *indennizzo unitario*, il cui livello è determinato per ciascun ES o ED, sulla base di un'analisi danno-vulnerabilità eseguita dal progettista;
- b) *indennizzo base*, determinato, per ciascun ES o ED, dal prodotto del contributo base unitario per la relativa superficie complessiva;
- c) *contributo convenzionale*, definito come la somma degli indennizzi base di ciascun ES dell'aggregato o della UMI e coincidente con l'indennizzo base determinato per gli ED;
- d) *contributo concedibile per i lavori*, ottenuto maggiorando il contributo convenzionale con eventuali maggiorazioni e ulteriori indennizzi spettanti, di seguito elencati:
  - 1) Presenza di caratteri di valenza storica/artistica/culturale/paesaggistica: ai fini dell'applicazione delle maggiorazioni al contributo convenzionale gli edifici sono distinti in quattro categorie:
    - i) Edifici ordinari, per i quali non è prevista l'applicazione di alcuna maggiorazione;
    - ii) Edifici di particolare interesse paesaggistico, ricompresi all'interno del nucleo storico (zona A di PRG) del capoluogo della città. La maggiorazione applicabile è determinata in relazione alla presenza di elementi ritenuti identificativi del paesaggio urbano, ed è limitata in relazione all'epoca di costruzione dei fabbricati:
      - a) Edifici costruiti prima del 1703: maggiorazione massima del 100%;
      - b) Edifici costruiti tra il 1704 e il 1799: maggiorazione massima del 90%;
      - c) Edifici costruiti tra il 1800 e il 1942: maggiorazione massima del 75%;
      - d) Edifici costruiti tra il 1943 e il 2009: maggiorazione massima del 6%.
    - iii) Edifici con vincolo diretto ai sensi dell'art. 10 comma 3 lettera a) del d.lgs. 42/2004: maggiorazione compresa tra il 60% e il 100% del contributo convenzionale. La maggiorazione è determinata in relazione alla presenza di elementi di pregio architettonico e storico artistico e commisurata al recupero, alla salvaguardia e al ripristino degli elementi individuati;
    - iv) Edifici non vincolati, con esito B, C, oppure E, nei quali sono presenti elementi di pregio storico artistico. La maggiorazione è determinata in relazione alla presenza di elementi di pregio architettonico e storico artistico e commisurata al recupero, alla salvaguardia e al ripristino degli elementi individuati. Ha un tetto massimo del 60% del contributo con-

- venzionale e non è cumulabile con quella prevista per gli edifici di particolare interesse paesaggistico.
- 2) Maggiorazione per gli edifici situati in zone soggette ad amplificazione locale, in relazione al valore assunto dal coefficiente S, così come definito nelle NTC 2008;
  - 3) Maggiorazione per gli edifici situati in aree di sedime interessate da cavità ipogee;
  - 4) Maggiorazione per gli interventi di restauro di particolari elementi decorativi (anche denominati beni storico-artistici) definiti dalla competente Soprintendenza;
  - 5) Indennizzo per l'esecuzione di interventi volti a favorire l'accessibilità agli spazi esterni da parte delle persone disabili;
  - 6) Indennizzo per l'esecuzione di interventi volti all'installazione di meccanismi per l'accesso ai piani superiori degli edifici (ascensori o simili);
  - 7) Indennizzo per l'esecuzione di interventi di riparazione di elementi accessori al fabbricato, necessari al ripristino dell'agibilità;
  - 8) Indennizzo per il costo di demolizione e smaltimento macerie, ove ne ricorrano le condizioni.

Tutte le maggiorazioni e gli indennizzi sono determinati per ciascun ES o ED.

Nel caso di demolizione e ricostruzione, per gli edifici di pregio e per gli edifici con attestazione di interesse paesaggistico o con vincolo diretto ex d.lgs. 42/2004, si può beneficiare delle maggiorazioni previste solo qualora si proceda al ripristino integrale nel rispetto degli strumenti urbanistici vigenti.

Il *Contributo Base*, definito nel D.P.C.M. 4 febbraio 2013, è determinato, per ogni ED, facendo riferimento ai valori indicati in Tabella 1.1, nella quale per gli edifici con esito di agibilità E sono individuate 4 sottoclassi, da E0 a E3, in funzione del livello di danno. Ad ogni esito o sotto-esito è associato un livello di contributo base unitario L, variabile da L0 a L3, in funzione del livello di danno e delle vulnerabilità specifiche. Il livello di contributo base unitario associato alla sottoclasse E0 coincide con quello associato agli esiti di agibilità A, B e C. I livelli di indennizzo riportati nella Tabella 1.1 sono validi sia per gli edifici in aggregato che per gli edifici isolati. Il livello massimo di contributo base unitario corrisponde al costo unitario di costruzione dell'edilizia agevolata nella Regione Abruzzo (edifici realizzati in particolari aree previste nei piani regolatori comunali e rivenduti a prezzi calmierati), così come definito nel già citato Decreto n. 27 del Commissario Delegato per la Ricostruzione, pertanto, al netto delle maggiorazioni al contributo, il costo di riparazione e miglioramento sismico degli edifici ordinari non può superare il costo di costruzione dell'edi-

Tabella 2.1. Contributo base in funzione degli esiti di agibilità degli ED in aggregato per gli edifici ubicati nei centri storici della città di L'Aquila.

<b>Esito e sottoesito</b>	<b>Livello di contributo base unitario (€/m<sup>2</sup><sub>SC</sub>)</b>
A-B-C-E <sub>0</sub>	L0=700
E1	L1=1.000
E2	L2=1.100
E3	L3=1.270

Tabella 2.2. Contributo base unitario in funzione degli esiti di agibilità degli ED in aggregato per gli edifici ubicati fuori dai centri storici della città di L'Aquila.

<b>Esito e sottoesito</b>	<b>Livello di contributo base unitario (€/m<sup>2</sup><sub>SC</sub>)</b>
A (in aggregato con B e/o C)	LA=200
B e/o C (isolati o in aggregato)	LBC=300
A e/o B e/o C (in aggregato con E)	LBCE=500
E <sub>0</sub>	L0=700
E1	L1=1.000
E2	L2=1.100
E3	L3=1.270

lizia agevolata, al pari di quanto previsto dall'O.P.C.M. 3881 per la ricostruzione delle periferie.

Per uniformare la normativa in vigore per la presentazione dei progetti nei centri storici, con la normativa in vigore nelle periferie, gestita dalla cosiddetta *Filiera*, descritta al § 1.1, è stato emanato il decreto n. 3 dell'USRA del 28 dicembre 2013 inerente la *Disciplina per la progettazione e la realizzazione degli interventi sugli edifici privati ubicati fuori dai centri storici del comune di L'Aquila danneggiati dal sisma del 2009*.

Il decreto riprende lo schema di contributo proposto dal decreto n. 1 apportando poche modifiche al fine di adattare il modello agli edifici delle periferie. La differenza più rilevante riguarda la definizione del contributo base unitario, che per le periferie viene modificato come riportato nella Tabella 2.2 e l'utilizzo di tabelle parametriche diverse per il calcolo delle maggiorazioni per gli edifici dichiarati di pregio e per quelli con vincolo diretto ai sensi dell'art. 10 comma 3, lettera a) del d.lgs. 42/2004. A differenza della prima fase della ricostruzione il citato decreto non prevede alcun contributo per gli edifici A isolati

Il livello di contributo base unitario è determinato per ciascun ES/ED in funzione del livello di danno globale subito dall'edificio a causa del sisma e il livello di vulnerabilità dello stesso. Per quanto concerne il livello di danno globa-

Tabella 2.3. Schema per la individuazione del danno.

Danno strutturale										
Livello	D4-D5 gravissimo			D2-D3 medio-grave			D1 leggero			D0 Nullo
Estensione	> 2/3	1/3-2/3	< 1/3	>2/3	1/3-2/3	< 1/3	> 2/3	1/3-2/3	< 1/3	
Componente	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
Strutture verticali										
Solai										
Scale										
Copertura										
Tamponature e tramezzi										

le, esso è determinato sulla base dei dati di danno forniti dal progettista in fase di compilazione della richiesta di contributo e validati da USRA. I dati sono forniti compilando una tabella analoga a quella presente nella sezione 4 delle schede di Agibilità AeDES (Tabella 2.3). Tale tabella consente di archiviare la severità del danno (D0 danno nullo, D1 danno leggero, D2-D3 danno medio-grave, D4-D5 danno gravissimo) e la relativa estensione (< 1/3, 1/3-2/3, >2/3) per diverse componenti strutturali e non strutturali (strutture verticali, strutture orizzontali, copertura, scale, e tamponature).

Il danno alle componenti strutturali e non strutturali è stato trasformato in danno globale dell'edificio mediante la seguente formulazione messa a punto in [Goretti, 2004]:

$$D = \frac{\sum D_j}{D_{max}} = \sum \frac{P_j \times E_j \times W_j}{D_{max}}$$

In cui

- $D_j$  è il danno relativo alla  $j$ -esima componente strutturale o non strutturale;
- $D_{max}$  è il danno massimo;
- $P_j$  è il coefficiente associato alla severità del danno (D0, D1, D2-D3, D4-D5) della  $j$ -esima componente (strutture verticali, solai, scale, coperture, tamponature e tramezzi);
- $E_j$  è il coefficiente associato all'estensione del danno (< 1/3, 1/3-2/3, >2/3) della  $j$ -esima componente (strutture verticali, solai, scale, coperture, tamponature e tramezzi);
- $W_j$ , è un peso compreso tra 0 e 1, associato alla  $j$ -esima componente strutturale e non strutturale (strutture verticali, solai, scale, coperture, tamponature e tramezzi).

Il valore del danno  $D$  così ottenuto è successivamente discretizzato in sei livelli, da  $D_0$  a  $D_5$ , come riportato in Tabella 2.2.

Tabella 2.4. Coefficiente  $P_j$  in funzione del livello di danno strutturale.

Danno	Livello Danno	Danno $P_j$
D0	Nullo	0,00
D1	Leggero	0,20
D2	Medio-Grave	0,50
D3		
D4	Gravissimo	0,90
D5		

Tabella 2.5. Coefficiente  $E_j$  in funzione dell'estensione del danno.

Estensione	Coefficiente $E_j$
$> 2/3$	$5/6$
$1/3-2/3$	$3/6$
$< 1/3$	$1/6$

Tabella 2.6. Peso relativo  $W_j$  al variare delle componenti strutturali e non strutturali in funzione della tipologia costruttiva.

	Muratura	C.A.
Componente strutturale	Peso relativo $W_j$	Peso relativo $W_j$
<b>Strutture verticali</b>	0,650	0,500
Solai	0,200	0,100
Scale	0,025	0,050
<b>Copertura</b>	0,100	0,050
<b>Tamponature e tramezzi</b>	0,025	0,300
<b>Totale</b>	1,000	1,000

Tabella 2.7. Determinazione del livello di danno globale in funzione del coefficiente di danno  $D$ .

Coefficiente $D$	Livello di danno
$D = 0$	D0
$0,00 < D \leq 0,20$	D1
$0,20 < D \leq 0,40$	D2
$0,40 < D \leq 0,60$	D3
$0,60 < D \leq 0,80$	D4
$0,80 < D \leq 1,00$	D5

Oltre alla quantificazione del danno, ai fini della definizione del livello di indennizzo unitario, è richiesta la valutazione di un indice di vulnerabilità.

Per gli edifici in muratura sono utilizzati 9 parametri che caratterizzano l'ED/ES, rappresentati nella successiva Tabella 2.8. A ciascun parametro è associato un punteggio rappresentativo dei tre gradi di vulnerabilità possibili: bassa, media ed elevata. La somma dei punteggi associati ai 9 parametri di vulnerabilità,  $\sum V_i$ , permette di assegnare all'ED/ES un livello di vulnerabilità basso, se  $\sum V_i \leq 20$ , medio se  $20 < \sum V_i < 40$ , oppure alto se  $\sum V_i \geq 40$ .

I valori associati ai parametri indicati nella tabella soprastante sono quelli effettivamente utilizzati da USRA e differiscono leggermente da quelli indicati nel Manuale di Istruzioni della Scheda di Accompagnamento ai Progetti di Ricostruzione del Comune di L'Aquila, che contiene una versione precedente della tabella.

Per gli edifici in C.A. il livello di vulnerabilità è definito dalla presenza di quelle che sono definite come carenze costruttive gravi, rappresentate schematicamente nella Tabella 2.9.

Tabella 2.8. Parametri di vulnerabilità associati agli edifici in muratura e relativi punteggi associati al grado di vulnerabilità.

Codice	Parametro	Vulnerabilità		
		Elevata	Media	Bassa
		Punteggio		
1	Qualità della muratura	15	8	4
2	Qualità delle connessioni della muratura alle angolate ed ai martelli	6	4	1
3	Presenza di muratura gravante in falso, almeno su un livello, sulle strutture orizzontali per almeno il 10% della superficie in pianta	3	0	0
4	Elevata distanza tra pareti portante successive in relazione allo spessore della muratura trasversale	4	2	0
5	Orizzontamenti: Collegamento alle strutture verticali portanti	10	5	0
6	Strutture di copertura: Collegamento alle strutture verticali portanti	8	5	2
7	Presenza di impalcati impostati su piani sfalsati con dislivello maggiore di 1/3 dell'altezza di interpiano	4	1	1
8	Collegamenti fra gli elementi non strutturali e la struttura	4	2	0
9	Posizione nell'aggregato	3	0	0
Totale punteggio massimo		57	32	18

Ciascuna carenza costruttiva è attribuita a una classe: principale, indicata con la lettera A, o secondaria, indicata con la lettera B.

Come per gli edifici in muratura la vulnerabilità è stata graduata su tre livelli: Elevata, raggiunta se sono presenti almeno due carenze costruttive di classe A; Bassa, se sono presenti al massimo 3 carenze costruttive di classe B e nessuna di classe A; Media in tutti gli altri casi.

Noto il livello di danno globale e il livello di vulnerabilità dell'ED/ES, il contributo base unitario è determinato sulla base delle possibili combinazioni danno-vulnerabilità, riportate nella Tabella 2.10 e Tabella 2.11. I valori associati ai 4 livelli di contributo sono indicati nella Tabella 2.1 e Tabella 2.2.

Tabella 2.9. Carenze costruttive associate agli edifici in calcestruzzo armato, e classe di appartenenza (A oppure B).

Codice	Carenza costruttiva grave	A	B
1	Regolarità in pianta	X	
2	Rigidezza dei solai		X
3	Distribuzione delle tamponature in pianta		X
4	Distribuzione delle tamponature in elevazione	X	
5	Tamponature fuori della maglia strutturali		X
6	Presenza di pilastri tozzi	X	
7	Carenza del sistema resistente	X	
8	Stato di conservazione		X
9	Assenza del giunto simico		X
10	Carico sui pilastri	X	
11	Resistenza del calcestruzzo	X	
12	Epoca di costruzione		X

Tabella 2.10. Criteri di valutazione del contributo base unitario sulla base dei livelli di danno e vulnerabilità dell'ED o ES per gli edifici in muratura.

LIVELLO DI DANNO		LIVELLO DI VULNERABILITÀ		
		V1	V2	V3
Nulla	D0	L0	L0	L1
Lieve	D1	L0	L1	L1
Moderato	D2	L1	L1	L2
Medio	D3	L1	L2	L2
Grave	D4	L2	L2	L3
Gravissimo	D5	L2	L3	L3

Tabella 2.11. Criteri di valutazione del contributo base unitario sulla base dei livelli di danno e vulnerabilità dell'ED o ES per gli edifici in c.a.

LIVELLO DI DANNO		LIVELLO DI VULNERABILITÀ		
		V1	V2	V3
Nulla	D0	L0	L0	L1
Lieve	D1	L0	L1	L1
Moderato	D2	L1	L1	L2
Medio	D3	L1	L2	L3
Grave	D4	L2	L3	L3
Gravissimo	D5	L3	L3	L3

### 2.3.2. Il Modello Integrato per il Cratere, MIC

Per gli edifici ricompresi nei centri storici dei comuni del cratere, il riconoscimento dei contributi per gli interventi di riparazione rafforzamento locale/ miglioramento sismico o di demolizione e ricostruzione avviene, analogamente al Comune di L'Aquila, attraverso l'utilizzo di un modello parametrico che, in questo caso, prende il nome di "Modello Integrato per i Comuni del cratere (MIC)". Tale modello prevede la redazione da parte del tecnico incaricato di:

- scheda di calcolo del contributo concedibile per i lavori su base parametrica maggiorato delle eventuali voci aggiuntive (per brevità "scheda del Modello Integrato dei Comuni del Cratere, MIC");
- progetto esecutivo dell'intervento comprensivo del relativo computo metrico estimativo.

La consegna della scheda MIC e del progetto esecutivo con relativo computo metrico avviene contestualmente ed è finalizzata a verificare se l'importo dell'intervento derivante dal progetto rientri nei limiti del contributo concedibile definito su base parametrica; qualora si verifichi tale circostanza il contributo spettante è determinato tramite un'istruttoria di tipo semplificato, che consiste nelle seguenti verifiche:

- titolarità al contributo;
- controllo di corrispondenza tra il livello di danno indicato sulla scheda e il livello di danno rilevato con le schede Aedes nella fase emergenziale, oppure già validato dagli UTR, nel caso di edifici non precedentemente censiti;
- controllo della corretta individuazione delle vulnerabilità che determinano il livello di contributo insieme al danno;
- controllo di coerenza dei dati utilizzati per la compilazione della scheda MIC con quelli utilizzati per la definizione del progetto esecutivo;

- controllo della corretta determinazione delle eventuali maggiorazioni in rapporto alla consistenza dei parametri dimensionali rilevabili dagli elaborati progettuali e alla consistenza architettonica e storico-artistica;
- controllo del livello di sicurezza raggiunto nel rispetto della tipologia di intervento previsto;
- istruttoria puntuale di ammissibilità delle eventuali voci aggiuntive;
- controllo relativo alla corretta applicazione dei prezzi delle lavorazioni desunti dal prezzario regionale vigente.

Nel caso in cui l'importo dell'intervento derivante dal progetto superi il limite del contributo concedibile definito su base parametrica l'istruttoria è incentrata sull'esame del progetto esecutivo: viene valutata analiticamente l'ammissibilità dell'intervento progettuale proposto, in modo analogo a quanto effettuato nella prima fase del processo di ricostruzione, oltre le particolari ed eccezionali condizioni che hanno determinato l'impossibilità di rientrare nei limiti di contributo fissati dal modello parametrico. In Figura 2.3 è rappresentato un quadro sinottico che sintetizza l'iter procedurale per il rilascio del contributo nel Modello Integrato dei Comuni del Cratere.

La procedura di determinazione del contributo concedibile è eseguita online ed il progettista è guidato nel percorso che porta, in particolare, alla corretta applicazione delle singole voci parametriche che concorrono alla determinazione dello stesso contributo. La domanda di contributo può essere presentata, a seconda dei casi, per edifici singoli (ES), per Unità Minime di Intervento (UMI), o aggregati strutturali (AE).

Per ogni AE/UMI o per ogni ES è possibile prevedere una sola categoria di intervento ai sensi del punto 8.4 delle NTC 2008 (rafforzamento locale, miglioramento o adeguamento sismico) secondo quanto descritto in Tabella 2.12. Nel caso di AE o UMI comprendenti soltanto ED con esiti A/B/C o quelli comprendenti ED soltanto con esito E, qualora il danno strutturale sia nullo o leggero su meno di due terzi della struttura ed il livello di sicurezza ante-sisma dell'edificio sia superiore al 60% di quello corrispondente ad una struttura adeguata, oltre agli interventi di riparazione del danno è possibile effettuare interventi di rafforzamento locale o di miglioramento sismico, con l'obiettivo di eliminare le eventuali carenze strutturali locali e pregresse che hanno determinato il danno strutturale. Così operando la valutazione dell'incremento di sicurezza sarà limitata alle parti strutturali su cui si interviene, riducendo i tempi tecnici di progettazione ed esecuzione. Allo stesso modo si può procedere al rafforzamento locale in alternativa agli interventi di miglioramento sismico, con scelta del proprietario o dell'assemblea condominiale o del Consorzio, su proposta

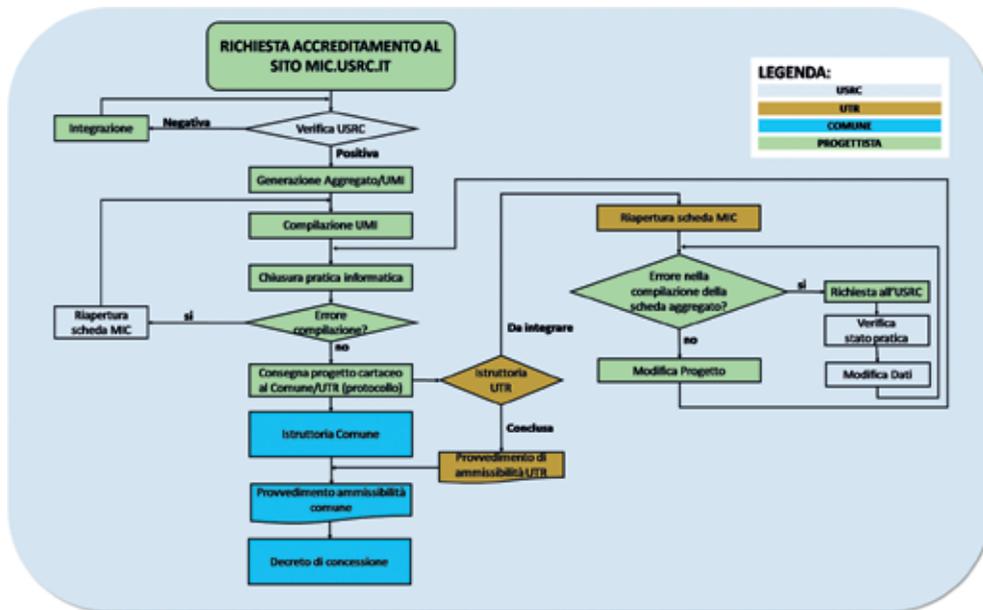


Figura 2.3. Iter procedurale per il rilascio del contributo nel Modello Integrato dei Comuni del Cratere.

ragionata del progettista o, laddove individuato, del coordinatore dei progettisti, nei seguenti casi:

- danno strutturale leggero o nullo su meno di due terzi della struttura e livello di sicurezza ante sisma  $< 60\%$ ;
- danno strutturale leggero o nullo su più di due terzi della struttura e/o danno superiore anche se concentrato in pochi elementi, con livello di sicurezza ante sisma  $\geq 60\%$ .

Tabella 2.12. Livelli di sicurezza minimi.

DANNO	LIVELLO DI SICUREZZA	
	$< 60\%$ dell'adeguamento	$\geq 60\%$ dell'adeguamento
<b>Danno strutturale nullo o leggero su meno di 2/3 della struttura</b>	Miglioramento sismico oppure Rafforzamento locale a scelta del richiedente	Miglioramento sismico oppure rafforzamento locale
<b>Danno strutturale leggero su più di 2/3 o danno superiore localizzato</b>	Miglioramento sismico	Miglioramento sismico oppure rafforzamento locale a scelta del richiedente

Oltre agli interventi di riparazione e rafforzamento/miglioramento sopra descritti, il modello integrato per il Cratere, ammette a contributo i lavori secondo le categorie di seguito riportate che equivalgono anche all'ordine di priorità da rispettare nella progettazione:

- a) *Lavori per la riparazione del danno strutturale ed interventi di rafforzamento su tutti gli elementi strutturali (pareti murarie, travi e pilastri, impalcati...) finalizzati ad eliminare le principali carenze strutturali dell'ED o ES e al raggiungimento di un livello di sicurezza almeno pari al 60% rispetto l'adeguamento nei casi in cui si scelga di procedere ad un intervento di miglioramento sismico;*
- b) *Lavori connessi agli interventi strutturali compreso il ripristino degli impianti;*
- c) *Lavori per la riparazione dei danni di elementi non strutturali e degli impianti di uso comune;*
- d) *Lavori di messa a norma degli impianti e cablaggio;*
- e) *Lavori per l'adeguamento energetico conseguibile (come di seguito specificato) e acustico;*
- f) *Lavori per l'adeguamento alle norme vigenti relative alle barriere architettoniche;*
- g) *Lavori per l'adeguamento igienico sanitario;*
- h) *Lavori per il ripristino delle finiture e degli impianti danneggiati non connessi agli interventi strutturali relativi alle UI adibite ad abitazioni principali, distinto per ciascuna UI;*
- i) *Lavori per il ripristino delle finiture e degli impianti danneggiati non connessi agli interventi strutturali relativi alle UI diverse dalle abitazioni principali, con il limite di 100 €/m<sup>2</sup> di superficie complessiva, distinto per ciascuna UI e comunque in misura non superiore a quanto stabilito dall'art. 10 comma 5 del decreto USRC n. 1/2014;*
- j) *Lavori per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.*

In alternativa ad interventi volti alla riparazione dell'ED, dell'ES, dell'AE o della UMI esistenti, laddove lo strumento urbanistico lo preveda, l'importo complessivo del contributo può essere utilizzato per la demolizione e ricostruzione dell'unità oggetto di richiesta di contributo.

La norma introdotta si rileva necessaria per garantire che il contributo concedibile per i lavori determinato non venga utilizzato forfettariamente senza garanzia del ripristino dell'agibilità, del conseguimento del miglioramento atteso e che il ripristino delle unità adibite a prima abitazione avvenga prima di quelle non adibite ad abitazione principale.

### *2.3.2.1. Calcolo del contributo concedibile*

Il contributo concedibile per i lavori per l'ES, per l'UMI o per l'AE viene determinato attraverso una procedura parametrica, basata sui dati riportati dal

progettista all'interno della scheda MIC in accordo a quanto stabilito nel decreto USRC n. 1/2014. Tale procedura è schematicamente riportata in Figura 2.4. Essa prevede la determinazione del contributo concedibile mediante la valutazione del:

- e) *contributo base unitario* (art. 5 del decreto USRC n. 1/2014) il cui livello è determinato sulla base di un'analisi danno-vulnerabilità degli ES o ED, con esito E, eseguita dal progettista;
- f) *contributo convenzionale unitario*, determinato sulla base dell'effettiva consistenza delle finiture e degli impianti per ciascuna UI;
- g) *contributo convenzionale* ottenuto come somma dei prodotti dei contributi convenzionali unitari di ogni singola UI e delle parti comuni, per le relative superfici complessive, SC, dell'intero ES, UMI o AE;
- h) *contributo concedibile per i lavori* ottenuto maggiorando il contributo convenzionale ove ricorra almeno una delle seguenti condizioni:
  - presenza di caratteri di valenza storica/artistica/culturale,  $P$ ; la maggiorazione è concedibile nel limite massimo pari al 60%;
  - presenza, per ES/ED con esito E, di vincolo diretto ai sensi delle d.lgs. n. 42/2004 art 10 comma 3 lettera a); la maggiorazione è concedibile nel limite massimo pari al 100% (la maggiorazione è concedibile in alternativa alla maggiorazione di cui al punto precedente sui caratteri di valenza storica/artistica/culturale);
  - difficoltà di cantierizzazione,  $C$ , fino ad un incremento pari al 16%;
  - rimozione opere di messa in sicurezza già presenti sull'ED e/o particolare difficoltà ingegneristica e architettonica,  $DI$ ;
  - localizzazione in zone soggette ad amplificazione locale,  $S$  (in funzione del coefficiente  $S_s$  così come definito nelle NTC 2008);

Al contributo ammesso nei limiti del valore determinato come sopra possono sommarsi le seguenti “voci aggiuntive” relative a:

- lavori sugli elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano;
- riparazione di elementi accessori funzionali al ripristino dell'agibilità;
- lavori per il restauro dei beni storico-artistici;
- lavori e oneri derivanti da prescrizioni di tutela per siti ricadenti in aree di interesse archeologico (art. 10 comma 3, art. 13, art. 45 del d.lgs. n. 42/2004);
- lavori per gli interventi su cavità ipogee.

Le voci aggiuntive concorrono alla determinazione del contributo effettivamente spettante ma non sono ricomprese nel contributo concedibile per i lavori che afferisce al solo AE/UMI.

A differenza della procedura USRA il contributo base unitario,  $C_{Bu}$ , per gli edifici con esito A, B, C, in aggregato con edifici E, non è fissato a priori,

### CONTRIBUTO CONVENZIONALE UNITARIO $C_{u,i}$

È ottenuto per l'i-esima UI applicando al CONTRIBUTO BASE UNITARIO del coefficiente  $d_i$  per tener conto dell'effettiva consistenza delle fessure  $e_i$ /o degli impianti:

$$(C_{u,i}) = C_{u,b} \times \left( 1 - \sum d_i \right)$$

Coefficienti $d_i$	
Impianto elettrico	-5%
Impianto idro-sanitario	-2.50%
Infissi	-4%
Intonaci interni	-4%
Pavimenti	-7%

### CONTRIBUTO BASE UNITARIO ( $C_{u,b}$ )

È il contributo base per unità di SC dell'ED, definito in funzione della TIPOLOGIA DI INTERVENTO e ESITO DI AGIBILITÀ

**Rinforzamento locale**

Esito di agibilità	$C_{u,b}$ (€/mq)
A	250
A fin Al con ED E	400
B e C	600

**Miglioramento sismico**

Esito di agibilità	$C_{u,b}$ (€/mq)
A	250
A fin Al con ED E	400
B e C	600

### Esito E

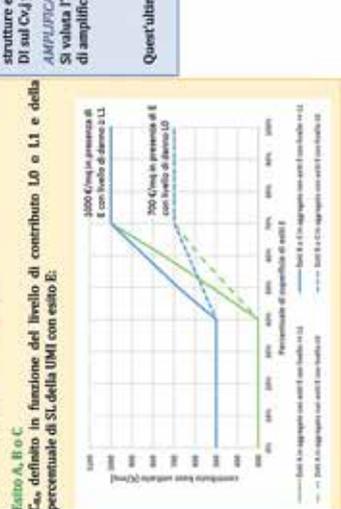
$C_{u,b}$  definito sulla base dell'analisi danno vulnerabilità dell'ED. Essa fornisce il livello di contributo:

Danno	Vulnerabilità		
	V1	V2	V3
Nullo	D0	L0	L1
Lieve	D1	L1	L1
Moderno	D2	L1	L2
Medio	D3	L1	L2
Cirivo	D4	L2	L3
Cirivissimo	D5	L3	L3

**Esito A, B e C**

$C_{u,b}$  definito in funzione del livello di contributo LO o LI e della percentuale di SL della UMI con esito E:

Esito	Contributo $C_{u,b}$ (€/mq)
Nullo	700
L1	1000
L2	1100
L3	1270



## CONTRIBUTO CONCEDEBILE PER I LAVORI

$$CC_L = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n [C_{u,i} \times S_{c,i}] \right) \times (1 + I_j) \} + RP + Ruderi + (Voci aggiuntive)$$

$I =$  Numero UI nell'ED  
 $j =$  Numero di ED nella UMI  
 $SC =$  Superficie Complessiva

### INCREMENTI DEL CONTRIBUTO CONVENZIONALE DELL'ED

$I_j = P + C + DI + S$

Al contributo convenzionale dell'edificio vengono applicate delle maggiorazioni in funzione della presenza di:

**ELEMENTI DI PREGIO (P)**  
 Si valuta l'incremento percentuale P sul  $C_{u,j}$  per la presenza di elementi di valenza storico artistica, fino ad un massimo pari al 60%.

**DIFFICOLTÀ DI CANTIERIZZAZIONE (C)**  
 Si valuta l'incremento percentuale C sul  $C_{u,j}$  per l'eventuale presenza delle seguenti condizioni:

Strade di larghezza < 3m percorribili con mezzi di dimensioni ridotte	6%
Strade di larghezza < 3m con ostacoli, dunque non percorribili con mezzi di dimensioni ridotte	12%
Impossibilità di stoccare materiale a meno di 50m di distanza	4%

**DIFFICOLTÀ INGEGNERISTICHE (DI)**  
 Nel caso di ricostruzioni sulla quota di imposta fuori terra delle strutture esistenti non demolite, è previsto un incremento percentuale DI sul  $C_{u,j}$  pari al 5%

**AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA (S)**  
 Si valuta l'incremento percentuale S sul  $C_{u,j}$  sulla base del coefficiente di amplificazione  $S_s$  definito dalle NTC 2008, in misura pari a:

$$S = \left( \frac{S_s - 1}{0.8} \right) \times 10\%$$

Quest'ultimo è valido per tutti gli ED appartenenti alla UMI.

**RP - Rimozione puntellature**  
 Contributo rilasciato per l'eventuale puntellamento e smantellamento delle opere

**Ruderi**  
 Contributo rilasciato per i Ruderi, in misura pari a 200 €/mq di superficie dei prospetti degli stessi

**Voci aggiuntive**  
 Al contributo per i lavori possono essere aggiunti contributi aggiuntivi per l'intera UMI, ognuno con il proprio computo metrico a parte, per la presenza di:

- 1) ELEMENTI PERTINENZIALI
- 2) ELEMENTI ACCESSORI
- 3) CAVITÀ IPOGEE
- 4) SITO RICADENTE IN AREE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO

Queste voci sono da intendersi aggiuntive al contributo e non facenti parte per definizione del "contributo concedibile"

Figura 2.4. Modello parametrico MIC per il calcolo del contributo concedibile.

ma varia linearmente in funzione della superficie lorda di edifici E in aggregato, seguendo la legge rappresentata nella Figura 2.5. I livelli di contributo sono stati determinati con il supporto del CNR-ITC dell'Aquila e di CINEAS, facendo ricorso ad un'analisi dei dati relativi agli edifici in muratura già finanziati fuori dai centri storici. In particolare, è stato analizzato un campione di 185 edifici con esito B e C e di 485 edifici con esito E al di fuori dei centri storici che ha permesso di pervenire ai valori di contributo base unitario L riportati in Tabella 2.13.

Tabella 2.13. Livelli di contributo base unitario per edifici E – Decreto USRC n. 1/2014.

<b>L0</b>	700 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>
<b>L1</b>	1.000 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>
<b>L2</b>	1.100 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>
<b>L3</b>	1.270 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>

Come mostrato in Figura 2.4, per gli edifici con esito di agibilità E per i quali il progetto prevede interventi di riparazione e miglioramento sismico il contributo base unitario è definito in funzione del livello di danno globale e della vulnerabilità dell'edificio, ED o ES. Per la determinazione del livello di danno globale dell'edificio, ED o ES, si rimanda a quanto già specificato nel modello parametrico adottato dall'USRA, essendo la procedura analoga (vedi Tabella 2.7).

Nel caso in cui gli edifici presentino percentuali rilevanti di crollo, rispettivamente maggiori del 10% e del 25% del volume lordo dell'ES/ED, la procedura prevede l'assegnazione automatica rispettivamente del livello D4 e D5, a prescindere dall'estensione e dalla gravità del danno riportata in Tabella 2.7.

Per quanto riguarda la vulnerabilità V per gli edifici in muratura, analogamente a quanto già visto per la procedura USRA, essa è determinata in base a 9 elementi che caratterizzano l'ED o ES in esame relativi a: i) qualità muraria (ED. MU.01); ii) qualità dei collegamenti tra murature ortogonali; iii) presenza di pareti disposte in falso; iv) interasse tra le pareti murarie; v) tipologia di coperture; vi) tipologia di orizzontamenti; vii) presenza di orizzontamenti sfalsati; viii) presenza di elementi strutturali o non strutturali secondari; ix) irregolarità in pianta ed elevazione. A ciascun elemento è assegnato un punteggio rappresentativo di una vulnerabilità elevata, media o bassa come riportato in Tabella 2.14.

La somma del punteggio associato all'i-esimo elemento,  $\sum V_i$ , consente di associare all'ED o ES una vulnerabilità bassa V1 se  $\sum V_i < 7$ , media V2 se  $7 < \sum V_i < 22$  o alta V3 se  $\sum V_i > 22$ .

Tabella 2.14. Indici di vulnerabilità in funzione delle tipologie costruttive e del livello di vulnerabilità, per gli edifici in muratura.

Codice	Elemento	Vulnerabilità dell'elemento		
		Elevata	Media	Bassa
		Punteggio		
ED.MU.01	Qualità della muratura	10	5	0
ED.MU.02	Qualità del collegamento delle pareti murarie ortogonali	3	1	0
ED.MU.03	Pareti murarie disposte in falso	2	0	0
ED.MU.04	Interasse pareti murarie ortogonali	2	1	0
ED.MU.05	Vulnerabilità delle coperture	4	2	0
ED.MU.06	Vulnerabilità degli orizzontamenti	6	3	0
ED.MU.07	Presenza di orizzontamenti sfalsati	4	0	0
ED.MU.08	Elementi non strutturali e strutturali secondari	2	1	0
ED.MU.09	Irregolarità in pianta e in elevazioni	3	2	0
Totale Massimo		36	15	0

Per gli edifici in C.A. il livello di vulnerabilità è identificato tramite l'indicatore V.

Esso fornisce un parametro sintetico per l'individuazione del livello di vulnerabilità dell'edificio ed è ottenuto in funzione del punteggio calcolato come somma dei punteggi relativi alle varie carenze costruttive riportati in Tabella 2.15.

Tabella 2.15. Carenze costruttive associate agli edifici in calcestruzzo armato.

Codice	Elemento	Vulnerabilità	Punteggio
ED.CA.01	Irregolarità in pianta e in elevazione	Bassa/Alta	
ED.CA.02	Rigidezza degli impalcati	Bassa/Alta	0/5
ED.CA.03	Distribuzione delle tamponature in pianta	Bassa/Alta	0/5
ED.CA.04	Distribuzione delle tamponature in elevazione	Bassa/Alta	0/8
ED.CA.05	Presenza pilastri tozzi	Bassa/Media/Alta	0/5/10
ED.CA.06	Carenza del sistema resistente	Bassa/Media/Alta	0/5/10
ED.CA.07	Stato di conservazione delle strutture	Bassa/Alta	0/5
ED.CA.08	Resistenza media del calcestruzzo	Bassa/Alta	0/10
ED.CA.09	Carico statico agente sui pilastri	Bassa/Alta	0/10
ED.CA.10	Carenza a taglio nei pilastri	Bassa/Media/Alta	0/5/10

Il livello di vulnerabilità, in ragione del punteggio ottenuto, assume i valori V1, V2, V3 come indicato in Tabella 2.16.

Noto il livello di danno globale e la vulnerabilità dell'ED o dell'ES, il contributo base unitario per ES o ED con esito E è determinato sulla base della valu-

Tabella 2.16. Livello di Vulnerabilità per gli edifici in c.a.

Punteggio Totale	Livello di vulnerabilità
≤ 15	V1
16 ÷ 29	V2
≥ 30	V3

tazione delle possibili combinazioni danno-vulnerabilità, assegnando in funzione delle stesse un costo  $L0=700 \text{ €/m}^2_{Sc}$ ,  $L1=1.000 \text{ €/m}^2_{Sc}$ ,  $L2=1.100 \text{ €/m}^2_{Sc}$  o  $L3=1.270 \text{ €/m}^2_{Sc}$  come riportato in Tabella 2.17. Come per la procedura USRA il livello L3 è stato definito in coerenza con il costo di ricostruzione definito dalla O.P.C.M. n. 3881 e dal successivo Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione, D.C.D.R., n. 27 del 2 dicembre 2010 per gli edifici delle periferie.

Tabella 2.17. Criteri di valutazione del contributo base unitario sulla base dei livelli di danno e vulnerabilità dell'ED o ES, validi sia per gli edifici in muratura che in c.a.

LIVELLO DI DANNO		LIVELLO DI VULNERABILITÀ		
		V1	V2	V3
Nulla	D0	L0	L0	L1
Lieve	D1	L0	L1	L1
Moderato	D2	L1	L1	L2
Medio	D3	L1	L2	L3
Grave	D4	L2	L3	L3
Gravissimo	D5	L3	L3	L3

Il livello di contributo base unitario è posto pari a L3 indipendentemente dai livelli di danno e vulnerabilità nei seguenti casi:

- resistenza a compressione media cubica in situ del calcestruzzo  $f_{cm} < 8 \text{ MPa}$ ;
- crolli di parti di edificio di volume maggiore del 25% del totale.

Per gli edifici con esito di agibilità A, B o C, il contributo base unitario è indipendente dal livello di danno e dalle caratteristiche di vulnerabilità dell'edificio. In particolare, per gli ED aventi esito A, B o C ricompresi in AE o UMI con presenza di esiti E, il contributo base unitario è funzione della percentuale di superficie lorda degli ED aventi esito E in rapporto alla superficie lorda totale della UMI, secondo quanto illustrato nella Figura 2.5. In dettaglio:

- per ED con esito A ricompresi in
  - AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda superiore al 70% del totale, il contributo base unitario,  $L_{Amax}$ , è pari al minimo

livello di contributo associato agli ED con esito E all'interno della UMI, e comunque al massimo pari al valore di  $L1=1.000 \text{ €/m}^2_{Sc}$

- AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda, compresa tra il 40% e il 70% del totale, il contributo base unitario  $L_A$  aumenta linearmente all'aumentare della percentuale varia linearmente secondo la formulazione seguente:

$$L_A(\%SL_E) = \frac{(L_{max} - 300) \times (\%SL_E - 40\%)}{0.3} + 300$$

- AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda inferiore o uguale al 40% del totale, il contributo base unitario,  $L_{Amin}$ , è pari a  $300 \text{ €/m}^2_{Sc}$ ;
- AE con assenza di edifici con esito E nella UMI il contributo base unitario,  $L_A$ , è nullo;
- per ED con esito B o C ricompresi in
  - AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda inferiore al 40% del totale, il contributo base unitario,  $L_{BoCmax}$ , è pari al minimo livello di contributo associato agli ED con esito E all'interno della UMI, e comunque al massimo pari al valore di  $L1=1.000 \text{ €/m}^2_{Sc}$ ;
  - AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda, compresa tra il 40% e il 70% del totale, il contributo base unitario,  $L_A$ , aumenta linearmente all'aumentare della percentuale varia linearmente secondo la formulazione seguente:

$$L_{BoC}(\%SL_E) = \frac{(L_{max} - 500) \times (\%SL_E - 40\%)}{0.3} + 500$$

- AE con presenza di edifici con esito E nella UMI con superficie lorda inferiore o uguale al 40% del totale, il contributo base unitario,  $L_{BoCmin}$ , è pari a  $500 \text{ €/m}^2_{Sc}$ ;
- AE con assenza di edifici con esito E nella UMI il contributo base unitario,  $L_{BoC}$ , è pari a  $400 \text{ €/m}^2_{Sc}$ .

Si noti che per gli interventi di rafforzamento locale, il contributo base unitario è funzione solo dell'esito di agibilità dei singoli ED, eccetto nel caso di ED con esito A per i quali il contributo viene maggiorato nel caso di presenza di edifici con esito E all'interno dell'AE. Si riportano, in Tabella 2.18, i contributi base unitari al variare dell'esito di agibilità.

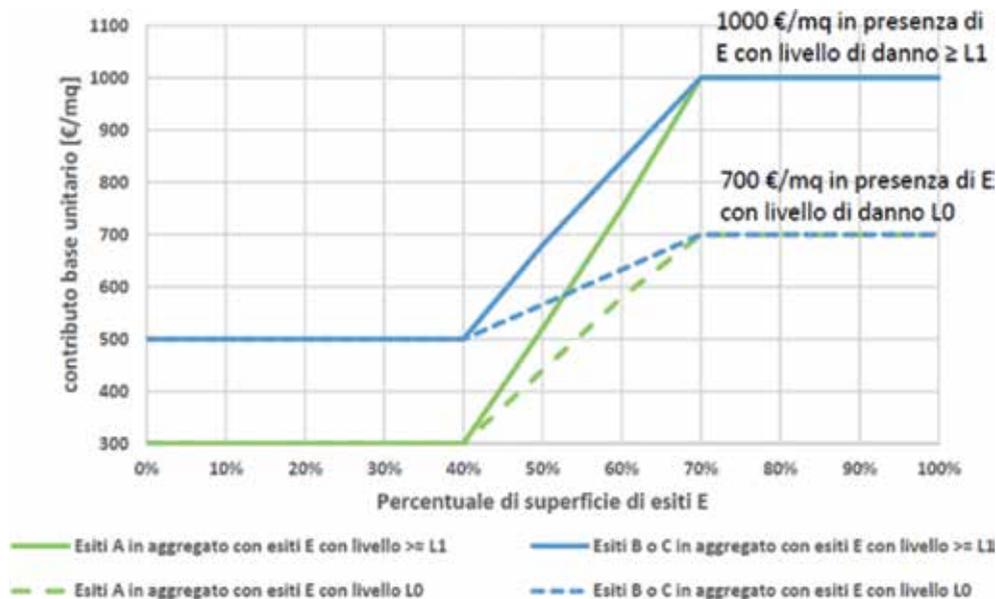


Figura 2.5. Contributo base unitario per gli edifici con esito di agibilità A, B o C, in funzione della percentuale di edifici con esito E nell'aggregato e del livello di danno.

Nei casi in cui nelle singole UI non siano presenti una o più tipologie di finiture e impianti, il contributo base unitario è soggetto a riduzioni mediante coefficienti correttivi, illustrati in Tabella 2.19. Il valore risultante è chiamato contributo convenzionale unitario,  $C_{V,u}$ .

Tabella 2.18. Contributi base unitari per interventi di rafforzamento locale.

Esito della scheda di agibilità	Contributo base unitario (€/m <sup>2</sup> <sub>sc</sub> )
A	0
A (in AE con ED con esito E)	250
B e C	400
E	600

Tabella 2.19. Coefficienti riduttivi per assenza di impianti e finiture.

Impianto elettrico assente	Impianto di riscaldamento assente	Impianto idro-sanitario assente	Infissi interni assenti	Intonaci interni assenti	Pavimenti e rivestimenti interni assenti
-5%	-4%	-2.50%	-4%	-4%	-7%

È utile notare che per le UI ricomprese in ED con esito A, il contributo convenzionale unitario non può essere comunque inferiore a 10.800 €, se l'ED è ricompreso in AE con presenza di ED aventi solamente esiti A/B/C, oppure 15.000 € nel caso di presenza di ED con esito E all'interno dell'AE.

Inoltre, per tenere in considerazione le specificità dei centri storici dei Comuni del Cratere sono state previste alcune particolari maggiorazioni ( $I_j$  in Figura 2.3) o voci aggiuntive (RP, ruderi e voci aggiuntive in Figura 2-) al  $C_{v,u}$ , applicabili qualora ricorrano determinate condizioni al fine di definire il contributo concedibile per i lavori. Si rimanda a [Carpi et al., 2013] per specifiche di dettaglio per la determinazione del contributo concedibile.

## 2.4. Considerazioni conclusive

I due modelli parametrici illustrati nei paragrafi precedenti, seppur simili in molti aspetti e nella struttura complessiva, presentano alcune peculiarità. La differenza maggiore è individuabile a livello procedurale, infatti il modello USRA è articolato su due fasi, denominate Progetto Parte Prima e Progetto Parte Seconda, riferite rispettivamente alla definizione del contributo massimo concedibile ed alla presentazione del progetto esecutivo d'intervento a cui segue il rilascio effettivo del contributo, mentre nel modello USRC la scheda parametrica MIC con la determinazione del contributo massimo concedibile è consegnata contestualmente alla consegna del progetto esecutivo. Questa differenza è probabilmente ascrivibile alla precedente definizione, nei soli comuni del cratere, dei Piani di Ricostruzione che hanno fornito una base di partenza definita per l'applicazione del modello parametrico.

Un'altra differenza è rilevabile nella definizione delle maggiorazioni rivolte alla preservazione delle caratteristiche di pregio storico/architettonico dell'edificato; nel modello parametrico USRA sono presenti più categorie di edifici con tipologie di maggiorazioni più articolate, definite con lo scopo di cogliere le peculiarità dell'edificato del centro storico del capoluogo cittadino, che presenta un'elevata incidenza di edilizia storica di tipo palazziale, in gran parte sottoposta a vincoli di diversa natura, molto diversa dall'edilizia che caratterizza i centri storici dei restanti comuni del cratere e delle frazioni della città.

All'opposto, nel modello USRC il contributo parametrico è articolato in modo da cogliere meglio le caratteristiche di un edificio con peculiarità storico architettoniche di pregio, ma in molti casi non in uso da decine di anni, qual è quello dei centri storici dei comuni minori.

Le vulnerabilità individuate per gli edifici in muratura nella procedura MIC sono sostanzialmente analoghe a quelle individuate nella procedura USRA, a parte alcune differenze di dettaglio nella valutazione delle singole vulnerabilità. I pesi attribuiti ad ognuna delle vulnerabilità sono invece sostanzialmente diversi.

Per gli edifici in c.a. alcune carenze costruttive individuate nella procedura MIC sono simili a quelle individuate nella procedura USRA, mentre altre sono sostanzialmente diverse o assenti. In Tabella 2.20 è proposto un confronto tra le carenze adottate nelle due procedure.

Tabella 2.20. Confronto tra le carenze gravi in uso nella procedura USRA e nella procedura USRC.

<b>Carenza costruttiva</b>	<b>USRA</b>	<b>USRC</b>
<b>Regolarità in pianta</b>	X	X (in pianta e in elevazione)
<b>Rigidezza dei solai</b>	X	X
<b>Distribuzione delle tamponature in pianta</b>	X	X
<b>Distribuzione delle tamponature in elevazione</b>	X	X
<b>Tamponature fuori della maglia strutturali</b>	X	
<b>Presenza di pilastri tozzi</b>	X	X
<b>Carenza del sistema resistente</b>	X	X
<b>Stato di conservazione</b>	X	X
<b>Assenza del giunto simico</b>	X	
<b>Carico sui pilastri</b>	X	X
<b>Resistenza del calcestruzzo</b>	X	X
<b>Epoca di costruzione</b>	X	
<b>Carenze a taglio nei pilastri</b>		X

I livelli di contributo base unitario utilizzati nelle due procedure sono riepilogati in Tabella 2.21. Entrambe le procedure individuano 4 livelli di contributo base, di pari importo. Per l'USRC tali valori sono associati unicamente agli edifici con esito E, in quanto agli edifici con esito A, B, C, il contributo base unitario, di livello comunque inferiore o al più uguale a L0, viene determinato in proporzione alla superficie associata agli edifici con esito E, secondo quanto riassunto nel grafico di Figura 2.5.

Nella procedura USRA al contrario, il livello di contributo base viene sempre elevato a L1 per ogni esito di agibilità, quando nell'aggregato sono presenti edifici con livello di contributo almeno L1.

Inoltre nella procedura USRC, nel caso di bassi livelli di vulnerabilità e danneggiamento, il progettista può attuare interventi di rafforzamento locale piuttosto che interventi di miglioramento sismico, con una contestuale ulteriore ridu-

Tabella 2.21. Livelli di contributo base unitario adottati nelle due procedure parametriche.

<b>Livello</b>	<b>Importo</b>	<b>Esito di agibilità USRC</b>	<b>Esito di agibilità USRA</b>
L0	700 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>	E	A, B, C, E0
L1	1.000 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>	E	A, B, C, E0 in aggregato con edifici ≥ E1, E1
L2	1.100 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>	E	E2
L3	1.270 €/m <sup>2</sup> <sub>SC</sub>	E	E3

zione del contributo base, mentre per USRA è sempre richiesta l'esecuzione di interventi di miglioramento sismico con raggiungimento di un indice di sicurezza almeno pari al 60% dell'adeguamento.

Queste differenze nelle due procedure sono ascrivibili alle condizioni di utilizzo degli edifici stessi: per gli edifici della città di L'Aquila nella quale la mag-

Tabella 2.22. Correlazione danno-vulnerabilità e livelli di costo prevista da USRA.

Livello di danno	Edifici in Muratura			Edifici in CA		
	Livello di vulnerabilità			Livello di vulnerabilità		
	V1 bassa	V2 media	V3 elevata	V1 bassa	V2 media	V3 elevata
D0 – Danno nullo	L0	L0	L1	L0	L0	L1
D1 – Danno lieve	L0	L1	L1	L0	L1	L1
D2 – Danno moderato	L1	L1	L2	L1	L1	L2
D3 – Danno medio	L1	L2	L2	L1	L2	L3
D4 – Danno grave	L2	L2	L3	L2	L3	L3
D5 – Danno gravissimo	L2	L3	L3	L3	L3	L3

Tabella 2.23. Correlazione danno-vulnerabilità e livelli di costo prevista da USRC.

Livello di danno	Edifici in Muratura			Edifici in CA		
	Livello di vulnerabilità			Livello di vulnerabilità		
	V1 bassa	V2 media	V3 elevata	V1 bassa	V2 media	V3 elevata
D0 – Danno nullo	L0	L0	L1	L0	L0	L1
D1 – Danno lieve	L0	L1	L1	L0	L1	L1
D2 – Danno moderato	L1	L1	L2	L1	L1	L2
D3 – Danno medio	L1	L2	L3	L1	L2	L3
D4 – Danno grave	L2	L3	L3	L2	L3	L3
D5 – Danno gravissimo	L3	L3	L3	L3	L3	L3

gior parte degli edifici erano utilizzati al momento del sisma, è stata privilegiata l'esecuzione di interventi unitari, di miglioramento sismico, mentre per gli edifici dei centri storici del cratere, caratterizzati da un utilizzo molto inferiore e da livelli di danno molto diversi e generalmente inferiori a quello del capoluogo, soprattutto per i comuni più lontani dall'epicentro, è stata privilegiata la facilità di esecuzione degli interventi, consentendo di effettuare lavorazioni con diversi gradi di invasività.

I livelli di contributo base unitario associati alle combinazioni danno-vulnerabilità nelle due procedure sono riportati nelle tabelle seguenti. In Tabella 2.22 sono riportate le correlazioni previste nella procedura USRA, mentre nella Tabella 2.23 sono riportate le correlazioni in uso nella procedura MIC di USRC. I valori adottati nelle due procedure sono coincidenti nella gran parte dei casi, a meno di 3 combinazioni danno-vulnerabilità inerenti gli edifici in muratura, evidenziate in colore giallo nelle tabelle, per le quali è riconosciuto un contributo di livello L2 nella procedura USRA e di livello L3 nella procedura USRC. Tali differenze sono probabilmente legate ai diversi pesi associati ad ognuna delle vulnerabilità individuate negli edifici in muratura.

## Bibliografia

- Dolce M., Di Pasquale G., Albanese V., Benetti D., Bramerini F., Coppari S., Corina A., De Rosa G., De Sortis A., Emili P., Ferlito R., Filippi L., Giordano F., Goretti A., Lo Presti T., Lucantoni A., Mercuri M., Moroni C., Orlandi N., Paoli G., Papa F., Pizza A., Procida F., Rinaldelli M., Sergio S., Severino M., Speranza E., Veschi A., Zambonelli E., Manfredi G., Di Ludovico M., Palermo G., Prota A., Verderame G., Corazza L., Cifani G., Mannella A., Martinelli A., *Rilievi speditivi: sopralluoghi per l'agibilità sismica. Capitolo 2 – Effetti sulle strutture ed infrastrutture*. In: *L'Aquila*, 6 aprile 2009, ore 3:32. *Progettazione Sismica*, n. 3/2009, pp. 97-105.
- Baggio C., Bernardini A., Colozza R., Corazza L. Della Bella M., Di Pasquale G., Dolce M., Goretti A., Martinelli A., Orsini G., Papa F., Zuccaro G., *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post sismica (AeDES)*, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2014.
- Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*, Dipartimento di Protezione Civile, ReLUIS, Ufficio del Vice-Commissario Delegato per la Messa in Sicurezza dei Beni Culturali, Struttura Tecnica di Missione, Versione 3, ottobre 2010.
- Capri C., Fico R., Gualtieri R., Pecci D., Sacchini A., Venezi A., *Allegato tecnico del Modello Integrato per i Comuni del Cratere*, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, V15, settembre 2020.
- Decreto del Commissario per la Ricostruzione Presidente della Regione Abruzzo del n. 27 del 2 dicembre 2010, *Modalità di calcolo del limite di convenienza economica*, art. 5 comma 4 O.P.C.M. 3881/2010).

- Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137*, pubblicato in G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, s.o. n. 28.
- D.M. delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008, *Norme Tecniche per le Costruzioni*.
- D.P.C.M. del 4 febbraio 2013, *Definizione delle procedure per il riconoscimento dei contributi per la ricostruzione privata, conseguente agli eventi sismici del 6 aprile 2009*.
- D.G.R. 615/2010 pubblicata sul BUR-A n. 62 ordinario del 24 settembre 2010.
- Bramerini F., Castenetto S. (a cura di), *Manuale per l'analisi della Condizione Limite per L'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano*, Commissione tecnica per la microzonazione sismica, Roma, 2015.
- Goretti A., *Effetti di Sito a San Giuliano a partire dai dati tipologici e di danno rilevati in emergenza sismica*. In: *Proc. XI Congresso Nazionale ANIDIS, L'ingegneria Sismica in Italia*, 2004.
- O.P.C.M. 3778 e 3779 del 6 giugno 2009, *Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni urgenti di protezione civile*.
- O.P.C.M. 3790 del 9 luglio 2009, *Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni urgenti di protezione civile*.
- O.P.C.M. 3881 del 11 giugno 2010, *Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni urgenti di protezione civile*.
- O.P.C.M. 3820 del 12 novembre 2009, *Ulteriori interventi urgenti diretti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella regione Abruzzo il giorno 6 aprile 2009 e altre disposizioni urgenti di protezione civile*.
- O.P.C.M. n. 3996.
- Legge dell'1 giugno 1939, n. 1089, *Tutela delle cose d'interesse artistico o storico*, pubblicato in GU n. 184 del 8-8-1939.
- Legge del 7 agosto 2012, n. 134, *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, recante Misure urgenti per la crescita del Paese*, pubblicato in *Gazzetta Ufficiale* n. 187 dell'11 agosto 2012.
- Manuale di Istruzioni della Scheda di Accompagnamento ai Progetti di Ricostruzione del Comune di L'Aquila*, pubblicato online: <https://usra.it/wp-content/uploads/2019/05/Manuale-istruzioni-scheda-progetto-parte-prima-aggiornato-al-Decreto-n.4.pdf> (ultimo controllo 02/2022).

# 3.

## Caratteristiche del costruito dei centri storici

*Antonio Mannella, Elena Speranza, Giuseppina De Martino, Dario Pecci,  
Marco Di Ludovico, Mauro Dolce, Andrea Prota*

Le analisi riportate nel presente capitolo e in quelli successivi fanno riferimento al costruito dei centri storici. Ai fini di una corretta comprensione del testo che segue si richiamano, di seguito, brevemente le definizioni di Aggregato Edilizio (AE), Unità Minima di Intervento (UMI), Unità Strutturale (US) e Edificio (ED) di cui il costruito storico può essere composto. È bene sottolineare che nelle definizioni di AE, UMI, US, e ED di seguito richiamate, possono aver influito non solo aspetti meramente tecnici (quali ad esempio caratteristiche costruttive e tipi di materiali strutturali, comportamento sotto carichi verticali, comportamento sotto sisma o altre azioni orizzontali) ma anche aspetti legati a questioni amministrative connesse alla gestione del processo di ricostruzione. In particolare, il D.P.C.M. del 4 febbraio 2013 (GU n. 54 del 5/3/2013) che disciplina le procedure per il riconoscimento dei contributi per la ricostruzione privata conseguente agli eventi sismici del 6 aprile 2009, agli Art. 3 e Art.4 riporta quanto segue:

*“Art. 3 Individuazione delle Unità minime di intervento nel Comune di L’Aquila e negli altri comuni del cratere*

*1. Gli interventi da realizzare nell’ambito del centro storico si attuano mediante interventi singoli od in forma associata, aventi ad oggetto uno o più aggregati edilizi, o comunque, per il caso di aggregati particolarmente complessi ed estesi, una o più unità minime di intervento.*

*2. Nel caso di aggregati particolarmente complessi ed estesi, ferma restando la necessità di intervenire in modo unitario, si può ricorrere ad una suddivisione degli stessi in porzioni, ovvero in Unità minime di intervento (UMI), di seguito UMI, costituite da una o più Unità strutturali - edifici (US) oggetto di intervento unitario.”*

*“Art. 4 Determinazione del contributo nel Comune di L’Aquila e negli altri comuni del cratere*

*1. La determinazione del contributo avviene attraverso un modello parametrico basato su un’analisi preliminare del livello di danno e di vulnerabilità degli edifici (Unità strutturali) che consente di individuare il livello di contributo base e delle eventuali maggiorazioni e ulteriori contributi ove spettanti.*

*2. Il contributo base è determinato, per ciascuna Unità strutturale, dal prodotto del contributo unitario, stabilito con la metodologia parametrica di valutazione del danno e della vulnerabilità, per la sua superficie complessiva.”*

Per maggior chiarezza si richiama, inoltre, la definizione di Unità Strutturale (US) chiaramente individuabile, secondo le NTC 2018 (§ 8.7.1), come segue:

*“L’US dovrà avere continuità da cielo a terra, per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi.”*

e secondo la Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. come:

*“L’US è caratterizzata da comportamento strutturale unitario nei confronti dei carichi orizzontali e verticali per cui, nell’individuarela, si terrà conto della tipologia costruttiva e del permanere di elementi caratterizzanti, anche al fine di definire interventi coerenti con la configurazione strutturale. L’US deve comunque garantire con continuità il trasferimento dei carichi in fondazione e, generalmente, è delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui costruiti, ad esempio, con tipologie costruttive e strutturali diverse, o con materiali diversi, oppure in epoche diverse.”*

Alla luce di quanto riportato, si farà riferimento nel seguito, pertanto, ad AE costituiti da una o più UMI (intese come quelle porzioni di aggregato che, sotto sisma, rispetto alle porzioni adiacenti hanno interazioni trascurabili o che possono essere messe “correttamente” in conto in maniera semplificata) a loro volta costituite da una o più US/ED costituiti da una o più porzioni cielo-terra con caratteristiche tipologiche omogenee e con un flusso diretto di trasferimento dei carichi a terra.

In questa logica i dati relativi al patrimonio edilizio esistente dei centri storici del Comune di L’Aquila e dei restanti comuni del cratere colpiti dal sisma del 6 aprile 2009 vengono presentati nel seguito dalla scala dell’AE a quella dell’UMI fino alla scala dell’US/ED.

Il rilievo di agibilità e l'analisi della documentazione delle domande di richiesta di contributo per la ricostruzione delle UMI danneggiate dal sisma hanno consentito di procedere ad una catalogazione dettagliata di diversi parametri caratterizzanti il patrimonio edilizio esistente dei centri storici; è opportuno considerare che il processo di presentazione e validazione delle pratiche è ancora in corso presso gli Uffici Speciali (USRA e USRC).

Al mese di aprile 2021, risultavano presentate (e validate ovvero ammesse a finanziamento) presso tali uffici richieste di contributo per la ricostruzione delle UMI afferenti a: 953 (571) aggregati per un totale di 1.166 (631) UMI e 4.027 (2.258) edifici presso USRA; 2.006 (876) aggregati per un totale di 1.898 (926) UMI e 10.075 (3.941) edifici presso USRC.

Le richieste di contributo in linea con le procedure della ricostruzione sono state presentate per UMI e il loro numero risulta essere maggiore del numero di aggregati in quanto questi ultimi possono essere suddivisi, al fine di agevolare l'esecuzione dei lavori (§ 2.1.2), in porzioni identificate come UMI. In particolare, nel Comune di L'Aquila, 51 aggregati, pari al 5.3% del totale, sono stati suddivisi in più UMI. Nei restanti comuni del cratere gli aggregati suddivisi in UMI sono risultati 66, pari al 6.5% del totale. Nel seguito, pertanto, si farà sempre riferimento alla UMI quale unità di aggregazione degli edifici tralasciando le statistiche relative agli aggregati edilizi.

Le analisi riportate nel presente capitolo fanno riferimento ad una significativa parte (circa il 90%) delle richieste ammesse a finanziamento ed in particolare riguardano nel complesso 1.421 aggregati, 1.595 UMI e 6.198 edifici. In dettaglio, in Tabella 3.1 si riporta per ciascun Ufficio il numero di pratiche oggetto di trattazione in termini di AE, UMI e US/ED.

Nella Figura 3.1 è evidenziata l'estensione territoriale del Comune di L'Aquila (colorato in giallo), per le cui richieste di contributo si è fatto riferimento all'USRA, e dei restanti comuni del cratere del sisma 2009 (colorati in ocra) per le cui richieste di contributo si è fatto riferimento all'USRC.

Alla luce delle differenze presenti nelle due procedure parametriche in uso nella città di L'Aquila e nei restanti comuni del cratere, descritte nei capitoli precedenti,

Tabella 3.1. Richieste di contributo oggetto di trattazione in termini di aggregato, UMI e relativi edifici (ultimo aggiornamento aprile 2021).

	<b>USRA</b>	<b>USRC</b>	<b>Totali</b>
<b>AE</b>	604	817	1.421
<b>UMI</b>	730	865	1.595
<b>US/ED</b>	2.257	3.941	6.198

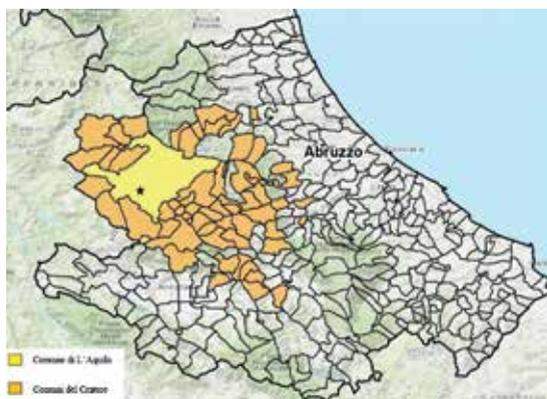


Figura 3.1. Comune di L'Aquila, USRA, (giallo) e comuni del Cratere, USRC, (ocra).

sono qui illustrate e commentate le principali caratteristiche tipologiche dell'edificato, al fine di evidenziarne le differenze e le affinità. Sono inoltre proposte alcune tra le correlazioni più significative tra i dati disponibili in termini di caratteristiche dell'edificato ed esito di agibilità. Per rendere più fruibile e scorrevole la lettura si utilizzerà la dicitura  $UMI_{USRA}$  per indicare le UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila e  $UMI_{USRC}$  per indicare le UMI ubicate nei centri storici dei comuni minori.

### 3.1. Caratteristiche delle UMI

Con riferimento ai 57 comuni dell'area del cratere sismico, nel presente paragrafo si presentano i risultati delle elaborazioni tese alla disamina delle caratteristiche tipologiche di 730  $UMI_{USRA}$  e 865  $UMI_{USRC}$  e alla correlazione di queste ultime con gli esiti di agibilità degli edifici in essa contenuti. Quando possibile è sempre proposto un confronto tra i dati relativi alle UMI ubicate nel comune di L'Aquila e a quelle ubicate nei comuni del cratere, in modo da consentire un'accurata valutazione delle differenze del costruito analizzato.

In relazione agli esiti di agibilità degli edifici che la compongono, le UMI sono state così classificate:

- mono-esito, quando tutti gli edifici che costituiscono la UMI hanno lo stesso esito di agibilità;
- pluri-esito, quando nella UMI sono presenti edifici con esiti di agibilità diversi.

Le UMI costituite da un solo edificio nel seguito sono denominate UMI mono-edificio; le UMI costituite da più edifici sono invece denominate UMI pluri-edificio.

- Per ciascuna UMI sono state acquisite e catalogate le seguenti informazioni:
- numero di edifici che la costituiscono;
  - distribuzione degli esiti di agibilità di ognuno degli edifici;
  - superficie lorda complessiva,  $S_C$ ;
  - superficie complessiva,  $S_c$ ;
  - tipologia di interventi di riparazione, rafforzamento locale o miglioramento sismico;
  - voci di costo relative al contributo richiesto e ammesso a finanziamento.

La superficie lorda complessiva  $S_C$  compiutamente definita nel § 2.2.1 individua la somma delle superfici calpestabili del fabbricato e delle superfici occupate da muri, tamponature e tramezzi; la superficie complessiva, definita nel § 2.2.2, corrisponde alla somma della superficie utile abitabile e di una quota (60%) delle superfici con destinazione d'uso non residenziale o a parcheggio.

La Figura 3.2 mostra la distribuzione delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) mono-edificio o pluri-edificio. Si evince chiaramente che la percentuale di UMI già definito mono-edificio è significativamente maggiore per le UMI<sub>USRA</sub> (i.e. 222 UMI, 30%) rispetto a quelle presenti nei centri storici minori (i.e. 134 UMI, 15%). Il campione di UMI costituito da UMI pluri-edificio per lo più è composto da due, tre o quattro edifici. In media il numero di edifici per UMI è pari a 3 per L'Aquila e a 5 per gli altri comuni minori. Il campione di UMI analizzato risulta costituito da un numero di edifici variabile tra 1 e 10 per i centri storici del Comune

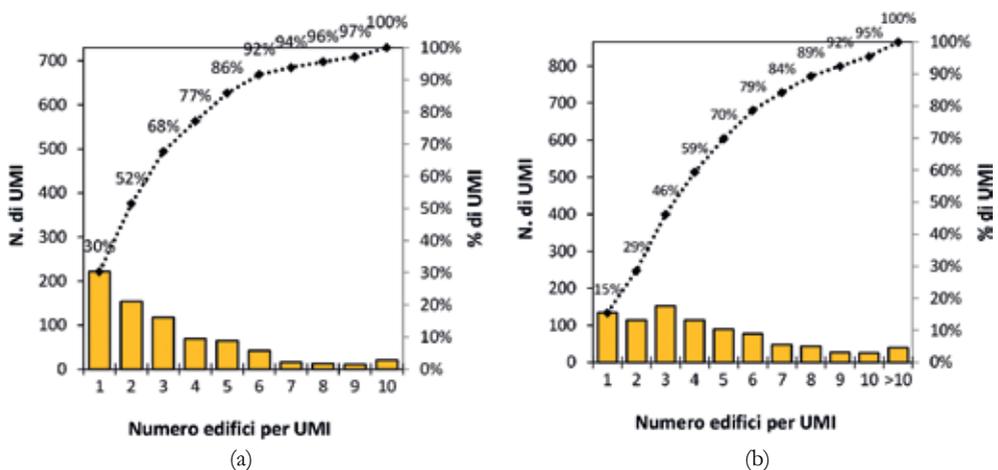


Figura 3.2. Distribuzione del numero di edifici nelle UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

di L'Aquila e tra 1 e 23 per quelli dei restanti comuni. A tal proposito si specifica che la procedura parametrica adottata nella città di L'Aquila non consente di inserire un numero di edifici maggiore di 10 per ogni UMI; si può supporre, pertanto, che le UMI siano state individuate anche facendo riferimento a tale limite.

La Figura 3.3 mostra la distribuzione di UMI mono-edificio e pluri-edificio. Per queste ultime è inoltre evidenziata la quantità di mono-esito, e quelle pluri-esito. Si ricorda che l'esito di agibilità è definito, per ogni edificio, dalla relativa Scheda AeDES compilata in fase emergenziale, dunque è possibile associare un unico esito all'intera UMI nei casi in cui tutti gli edifici della stessa presentino il medesimo esito, mentre nel caso di UMI pluri-esito, sono possibili varie combinazioni tra gli esiti degli edifici facenti parte della UMI stessa: A-BC; A-E; BC-E, A-BC-E. Dalla Figura 3.3 emerge che la città di L'Aquila è caratterizzata dalla presenza di UMI mono-esito più di quanto non si abbia per i comuni minori del Cratere (67% vs 33%). In particolare, risulta essere decisamente elevata la presen-

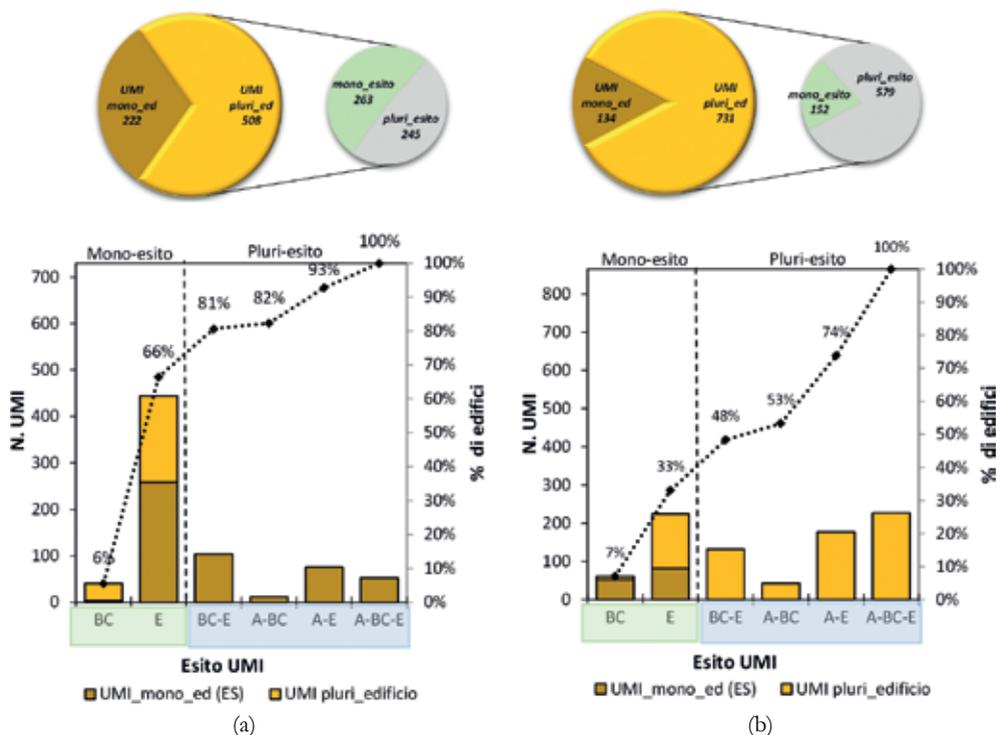


Figura 3.3. Esito di agibilità delle UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

za di edifici con esito E, facilmente spiegabile osservando l'ubicazione dell'epicentro dell'evento principale, a pochi km dal centro storico del capoluogo, all'interno del territorio comunale di L'Aquila.

Al fine di correlare il numero di edifici presenti in ogni UMI e il livello di danno sono state analizzate le incidenze percentuali dei diversi esiti di agibilità a parità di numero di edifici contenuti nelle UMI (Figura 3.4). Sebbene l'analisi sia riferita a edifici dislocati in tutto il cratere sismico, e quindi soggetti ad azioni sismiche di intensità diversa, e ferma restando la limitata rappresentatività del campione considerato, la Figura 3.4 mostra che le percentuali di edifici temporaneamente inagibili (esito B-C) ed inagibili (esito E) risultano essere maggiori nel caso di UMI costituite da un singolo edificio rispetto alle UMI costituite da due o più edifici. Nel caso di UMI pluri-edificio all'aumentare del numero di edifici il comportamento sismico tende, seppur in maniera minima, a migliorare, infatti dalla Figura 3.4 si rileva un andamento decrescente di UMI con esito E, ed un andamento crescente delle UMI pluri-esito. Tale trend si riscontra sia per le UMI<sub>USRA</sub> (Figura 3.4a) che le UMI<sub>USRC</sub> (Figura 3.4b) anche se per queste ultime il trend è più marcato. Difatti dai grafici si conferma il maggior danneggiamento riscontrato nella città di L'Aquila (78% di edifici con esito E) a parità di edifici costituenti l'UMI.

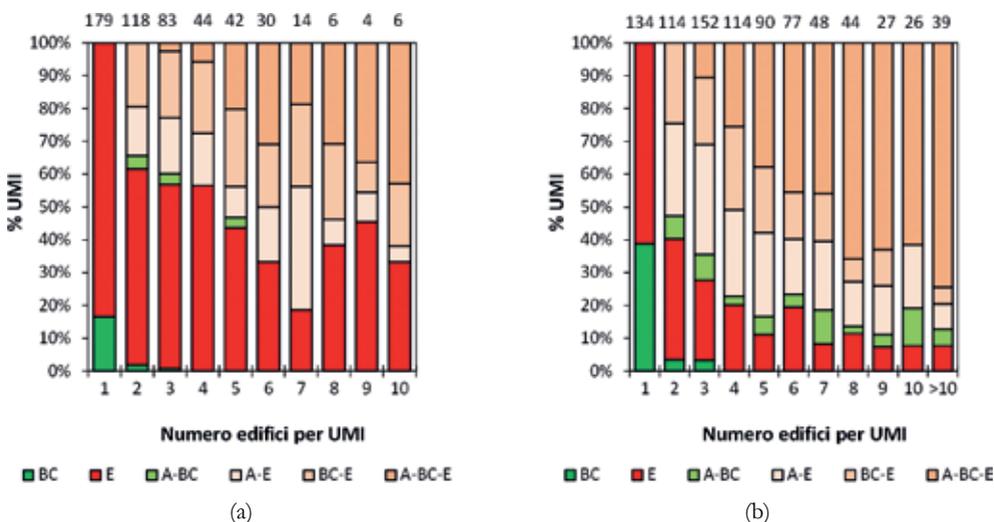
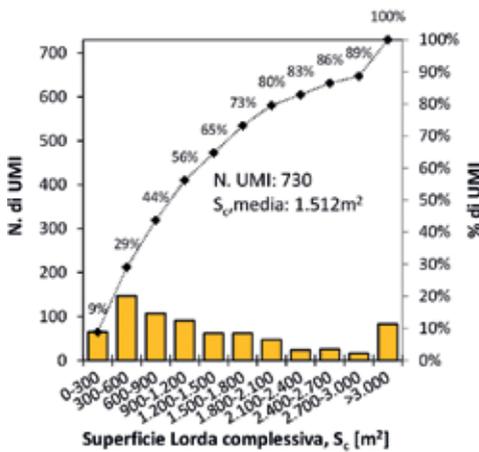
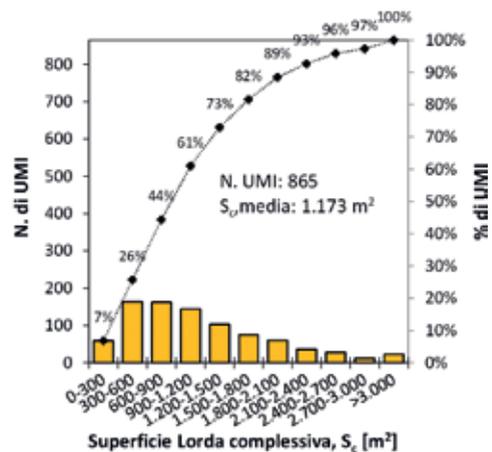


Figura 3.4. Esito di agibilità delle UMI in funzione del numero di edifici che compongono le UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

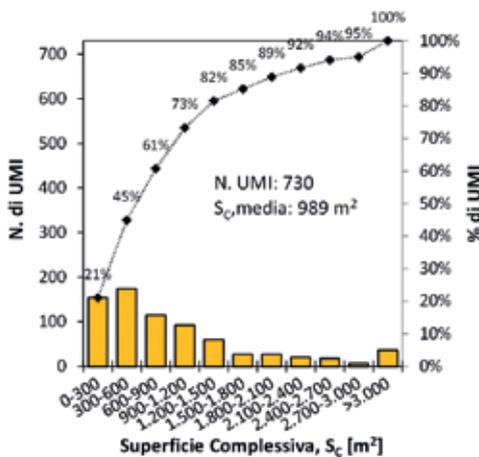
La Figura 3.5 illustra la distribuzione delle UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione alla superficie lorda complessiva (a,b),  $S_L$  e la superficie complessiva,  $S_C$  (c,d). Dai grafici a) e b) di Figura 3.5 risulta che mediamente la superficie lorda complessiva delle UMI<sub>USRA</sub> è superiore a quella delle UMI<sub>USRC</sub> (1.512 m<sup>2</sup> vs. 1.173 m<sup>2</sup>). La percentuale nettamente più elevata di UMI con superficie maggiore di 3.000



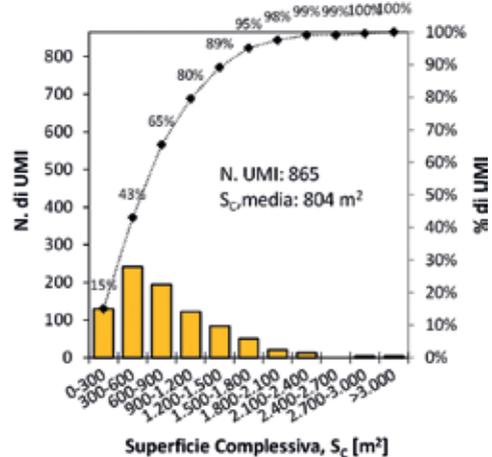
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.5. Distribuzione delle UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a,c) e dei restanti comuni del cratere (b,d) in funzione di Superficie Lorda Complessiva,  $S_L$  e della Superficie Complessiva  $S_C$ .

m<sup>2</sup> per il Comune di L'Aquila rispetto alle UMI individuate nel cratere (11% vs 2%) e il minor numero di edifici contenuti nelle UMI<sub>USRA</sub> (Figura 3.2), sono indici di un'edilizia urbanisticamente più disciplinata, rispetto a quella definita "minore" tipica dei centri storici dei comuni del cratere, nei quali in genere (con notevoli eccezioni) è più difficile leggere un disegno urbanistico compiuto rispetto a quanto accade nel centro storico del capoluogo, così come in tutte le città più importanti. Nei centri storici minori spesso l'espansione della zona edificata nel corso del tempo, così come il riempimento dei vuoti tra gli edifici è avvenuta in modo spontaneo. In ogni caso, l'aggettivo "minore" è in genere utilizzato proprio per indicare la diversa dimensione degli edifici, piuttosto che la secondarietà degli stessi dal punto di vista storico-architettonico.

In termini di superficie complessiva,  $S_c$ , si registra un valore medio di 989 m<sup>2</sup> per le UMI<sub>USRA</sub> e di 804 m<sup>2</sup> per le UMI<sub>USRC</sub>. La variazione tra  $S_c$  e  $S_C$  per le UMI<sub>USRA</sub> è pari a 523 m<sup>2</sup> mentre per le UMI<sub>USRC</sub> è pari a 369 m<sup>2</sup>. Considerando che la  $S_c$  è definita come la somma della superficie residenziale più il 60% della superficie non residenziale, la maggiore variazione di  $S_c$  rispetto a  $S_C$  registrata per le UMI<sub>USRA</sub> è, pertanto, legata alla presenza in tali UMI di una superficie non residenziale più elevata rispetto a quella rilevata nelle UMI<sub>USRC</sub>.

La Figura 3.6 mostra la distribuzione percentuale delle UMI<sub>USRA</sub> (a,c) e UMI<sub>USRC</sub> (b,d) in funzione del loro esito per ciascun intervallo di superficie lorda complessiva,  $S_c$  e superficie complessiva,  $S_C$ . Per le UMI<sub>USRA</sub> non si registra una tendenza significativa né in funzione della  $S_c$  (Figura 3.6a) né in funzione della  $S_C$  (Figura 3.6c). La percentuale di UMI con esito E risulta essere maggiore del 50% in ogni intervallo di superficie preso in esame. Per quanto riguarda le UMI<sub>USRC</sub> si evince che all'aumentare delle superfici il danno risulta più eterogeneo in quanto si riscontra un incremento della percentuale di UMI pluri-esito A-BC-E a discapito delle UMI mono-esito BC ed E (Figura 3.6 b, d).

### 3.2. Caratteristiche degli Edifici

Il campione di 1.595 UMI analizzato è costituito da 6.618 edifici di cui 2.257 (2.029 in muratura e 228 con altra tipologia strutturale) sono relativi alle 730 UMI<sub>USRA</sub> e 3.941 edifici (3.908 in muratura e 33 in c.a.) sono relativi alle 865 UMI<sub>USRC</sub>.

L'analisi delle richieste di contributo e dei relativi progetti ha consentito di catalogare le informazioni relative a esito di agibilità, tipologia costruttiva, epoca di costruzione, numero di piani fuori terra, posizione dell'edificio nella UMI, su-

perficie lorda complessiva,  $S_c$ , fattori di vulnerabilità, tipologia di edificio in relazione alla presenza di caratteristiche di pregio storico-architettonico e all'entità del

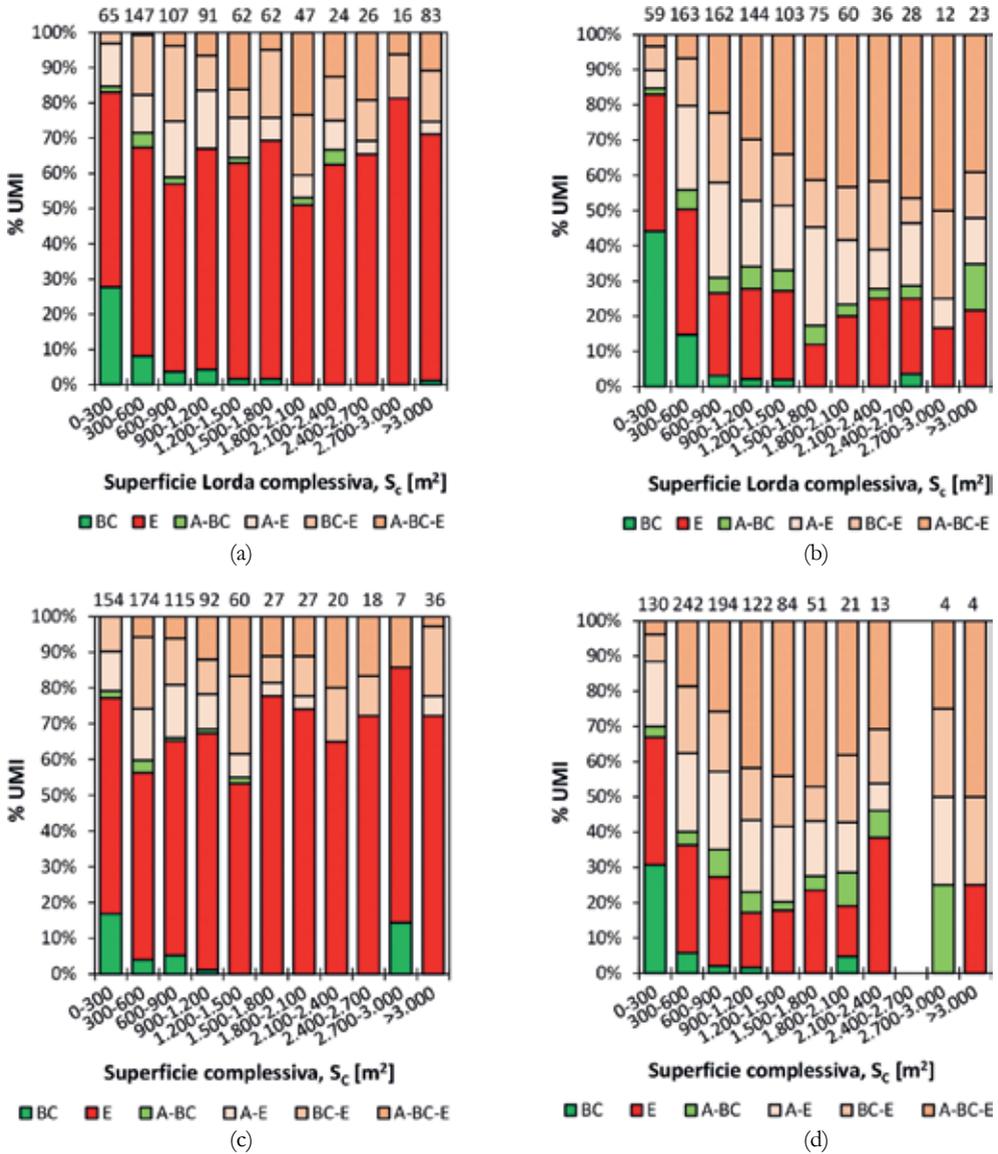


Figura 3.6. Distribuzione delle UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a,c) e dei restanti comuni del cratere (b,d) in funzione di Superficie Lorda complessiva,  $S_c$  e della Superficie Complessiva  $S_c$ .

danno alle componenti strutturali e non strutturali (strutture verticali, orizzontamenti, scale, coperture e partizioni) rilevato a seguito del sisma del 2009 per tutti gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e per un sotto campione di edifici relativi alle UMI<sub>USRC</sub> (2.412 edifici pari al 61% del totale di 3.941 edifici). Nel caso di informazione non disponibile nei grafici riportati nel seguito è stata aggiunta la voce “nd”.

La Figura 3.7 mostra che in entrambe le aree considerate la tipologia costruttiva di gran lunga prevalente è la muratura, anche se mentre nei centri storici della città di L’Aquila circa il 10% degli edifici è realizzato con tecnologie costruttive diverse dalla muratura (i.e. struttura mista, c.a...), nei centri storici minori del cratere le altre tipologie sono pressoché inesistenti.

Analizzando il campione di edifici dell’UMI<sub>USRA</sub> in funzione dell’esito di agibilità, dalla Figura 3.8 si evince che per quanto riguarda gli edifici in muratura circa il 12% ha subito danni tali da renderli temporaneamente o parzialmente inagibili (esito B o C), l’80% ha subito danni più gravi ed è stato dichiarato inagibile (esito E), mentre il restante 8% è risultato agibile a seguito delle verifiche di agibilità (esito A). Gli edifici con altra tipologia strutturale risultano essere leggermente danneggiati. Per quanto riguarda gli edifici delle UMI<sub>USRC</sub>, la percentuale di edifici in muratura con danni gravi (esito E) si riduce al 57%, mentre la percentuale di edifici con esito B-C ed esito A sale rispettivamente al 20% e al 23%. Sebbene poco significativa numericamente, nel caso di altra tipologia più del 50% degli edifici è risultata agibile (esito A).

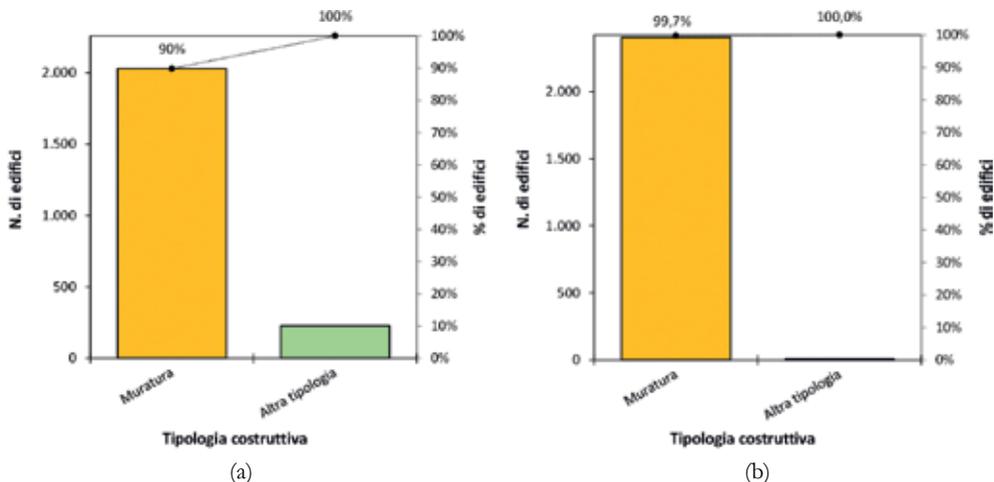


Figura 3.7. Tipologia costruttiva degli edifici ubicati nei centri storici di L’Aquila (a) e dei comuni minori del cratere (b).

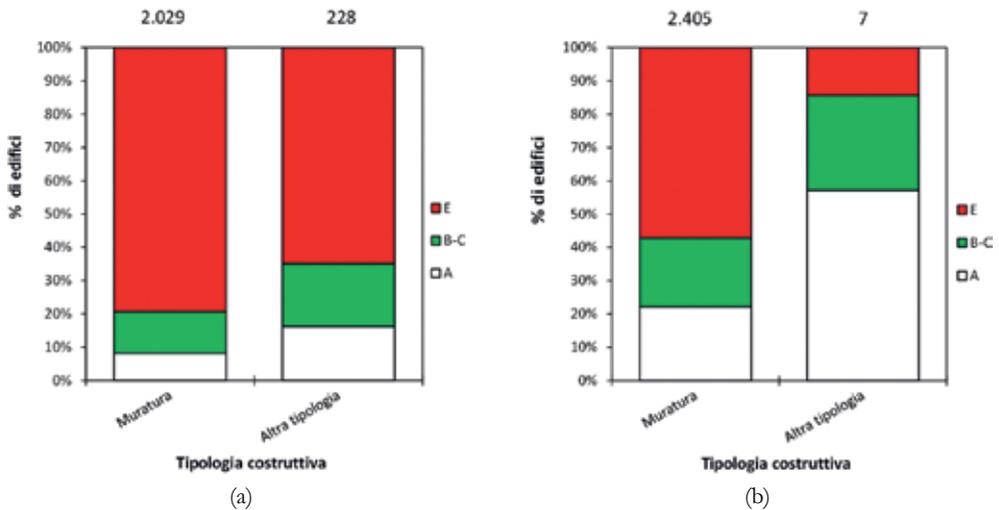


Figura 3.8. Esito di agibilità degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei comuni minori del cratere (b).

Per le valutazioni di vulnerabilità degli edifici in aggregato è importante individuare la posizione dell'edificio nell'ambito di quest'ultimo, evidenziando il rapporto di collegamento o contatto tra gli edifici che lo compongono. Come rappresentato in Figura 3.9, in funzione della posizione, l'edificio può essere definito:

- i) *edificio isolato* se tutti i lati che ne determinano il perimetro non risultano confinati dalla presenza di edifici adiacenti;
- ii) *edificio interno* se presenta almeno due lati paralleli confinati;
- iii) *edificio d'angolo* se presenta due lati consecutivi confinati;
- iv) *edificio d'estremità* se presenta un solo lato in adiacenza ad altri;

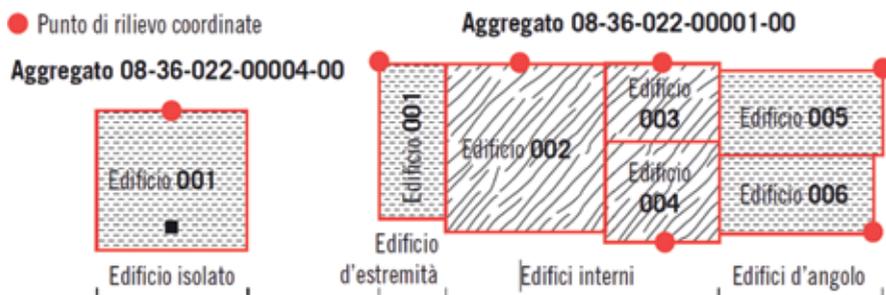


Figura 3.9. Posizione degli edifici nell'ambito delle UMI.

Nel grafico di Figura 3.10 è rappresentata la distribuzione della posizione degli edifici all'interno degli aggregati. Nei centri storici minori del cratere è presente un maggior numero di edifici “interni”, in quanto gli aggregati comprendono un numero maggiore di edifici rispetto a quanto avviene nei centri storici del capoluogo (41% vs. 32%). Gli edifici realizzati con altre tipologie costruttive nelle UMI<sub>USRA</sub> risultano equamente distribuiti in funzione della posizione dell'edificio nell'aggregato.

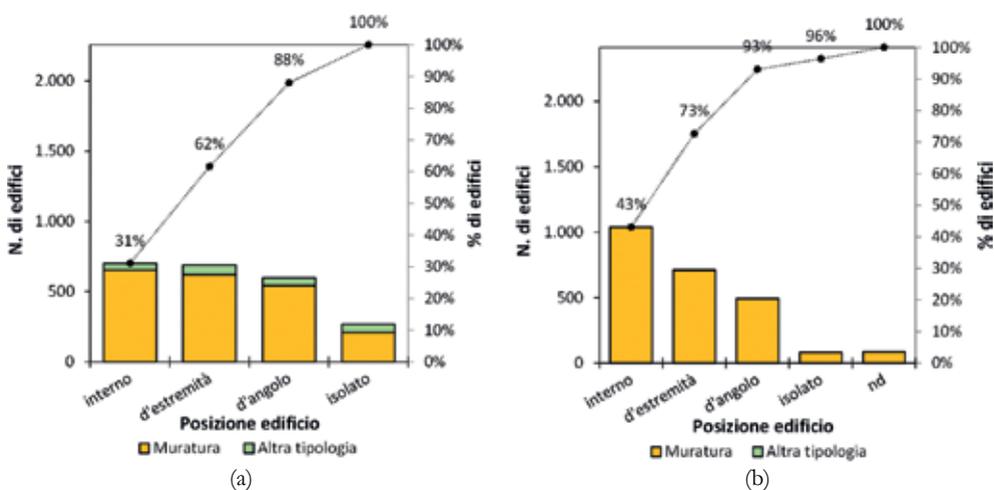


Figura 3.10. Posizione degli edifici rispetto agli altri edifici della UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

Sebbene si ritenga che la posizione dell'edificio rivesta un ruolo importante nella vulnerabilità del costruito, nel campione in esame non si rilevano tendenze significative del danneggiamento in termini di esito di agibilità al variare della posizione dell'edificio come si evince dai grafici di Figura 3.11; nel caso di edifici isolati si segnala una riduzione di edifici con esito A sia per gli edifici del centro storico di L'Aquila che nei restanti comuni del cratere.

In Figura 3.12 è mostrata la distribuzione del campione di edifici in funzione dell'epoca di costruzione. Gli edifici realizzati con tecnologie diverse dalla muratura portante sono stati realizzati, in generale, a partire dal secondo dopoguerra. La maggior parte degli edifici è comunque stata realizzata prima del 1919 (72% del campione di edifici ubicati nel territorio aquilano e 85% del campione di edifici ubicato nei centri storici dei comuni minori del cratere). Le quattro

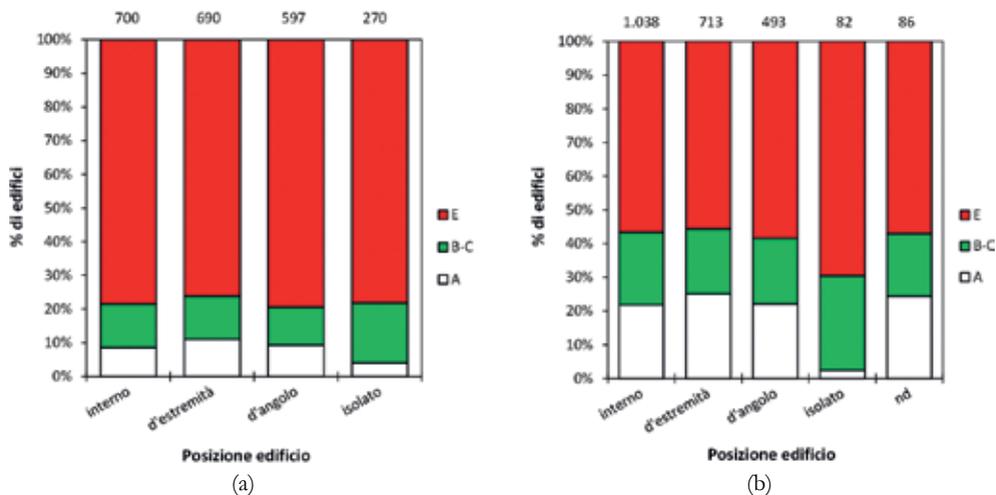


Figura 3.11. Esiti di agibilità in riferimento alla posizione dell'edificio nell'aggregato, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

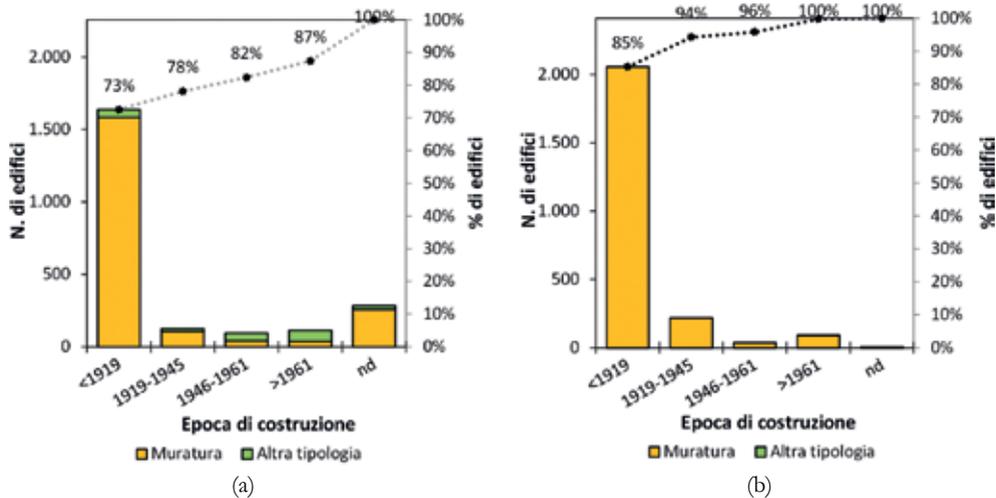


Figura 3.12. Correlazione tra tipologia costruttiva ed epoca di costruzione degli edifici, nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

epoche costruttive indicate nei grafici sono state definite sulla base delle epoche di costruzione indicate nella sezione 2 della scheda AeDES e tipicamente adottate dall'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) per i censimenti sulle abitazioni. Considerata la scarsa popolosità del campione (circa 8% per gli edifici delle

UMI<sub>USRA</sub> e circa 3% per gli edifici delle UMI<sub>USRC</sub>), con riferimento alle 8 epoche di costruzione indicate nella citata sezione 2, sono state raggruppate le classi relative alle epoche costruttive successive all'anno 1961. Inoltre, è stata aggiunta la classe "nd" per gli edifici del campione per i quali non risulta nota l'epoca di costruzione (284 edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e 7 delle UMI<sub>USRC</sub>).

Nel grafico di Figura 3.13 è rappresentata la distribuzione degli edifici all'interno dell'aggregato, rispetto all'epoca costruttiva, nei centri storici di L'Aquila e nei comuni minori del cratere. Si registra una tendenza decrescente della percentuale di edifici interni per epoche costruttive più recenti, legata probabilmente allo sviluppo processuale dell'edilizia di base. Di contro, soprattutto per il capoluogo, al diminuire dell'età aumenta la percentuale di edifici isolati passando dal 10% di edifici isolati costruiti prima del 1919 al 31% costruiti dopo il 1961.

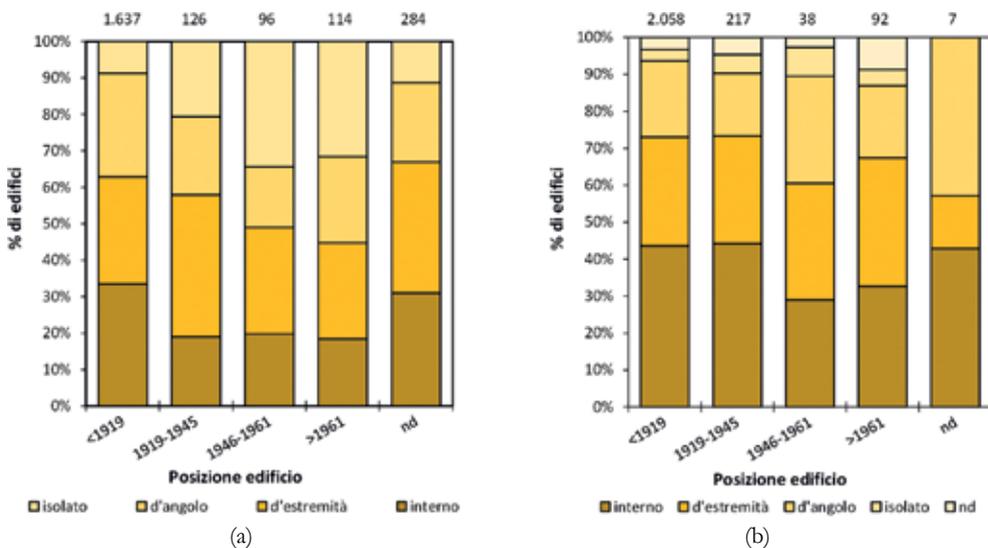


Figura 3.13. Posizione degli edifici in relazione all'epoca di costruzione, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

Al fine di correlare l'epoca di costruzione con il livello di danno rilevato sugli edifici del campione, nei grafici di Figura 3.14 è rappresentata la percentuale di edifici per esito di agibilità rispetto al totale edifici di ciascun periodo di costruzione, per il campione di edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e nei comuni

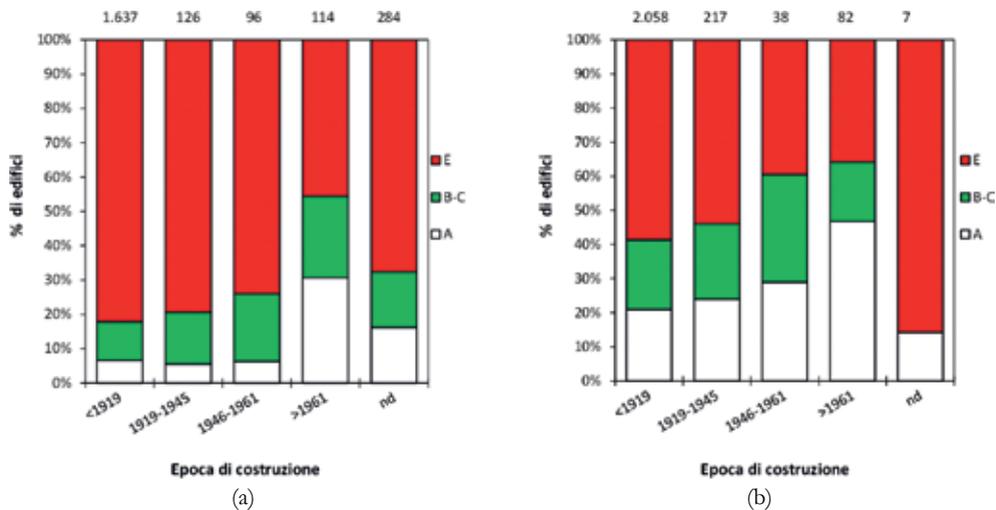


Figura 3.14. Esiti di agibilità in riferimento all'epoca di costruzione, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

minori del cratere (b). Dai grafici si nota come la percentuale di edifici catalogati con esito E tenda a diminuire per epoche costruttive più recenti soprattutto per quelli ubicati nei centri storici della città di L'Aquila. È possibile osservare, inoltre, che le UMI<sub>USRA</sub> presentano percentuali di edifici con esito E maggiori del 70% in tutte le classi di epoca di costruzione fino al 1961, e maggiore del 40% tra gli edifici realizzati dopo il 1961. Per quanto concerne le UMI<sub>USRC</sub>, la percentuale di edifici catalogati con esito di agibilità A e B o C supera quella relativa a edifici con esito di agibilità E a partire dalla classe '46-'61 (Figura 3.14b). Sebbene l'analisi sia riferita a edifici dislocati in tutto il cratere sismico, e ferma restando la limitata rappresentatività del campione considerato, la Figura 3.14 indica comunque una relazione diretta tra la vulnerabilità strutturale e l'epoca di costruzione, ciò poiché molte zone dell'Abruzzo interno sono state tra le prime aree classificate a seguito dei terremoti che hanno colpito la regione a partire dal 1915 e pertanto l'edificato nel tempo ha beneficiato delle prescrizioni delle normative specifiche per le costruzioni in zona sismica esistenti all'epoca.

In Figura 3.15 è riportata la distribuzione di edifici e l'andamento percentuale cumulato in funzione del numero di piani fuori terra per le UMI<sub>USRA</sub> e le UMI<sub>USRC</sub>. Gli edifici del territorio aquilano hanno un numero di piani compreso tra 1 e 10, mentre quelli dei comuni del cratere tra 1 e 6. Il numero di edifici

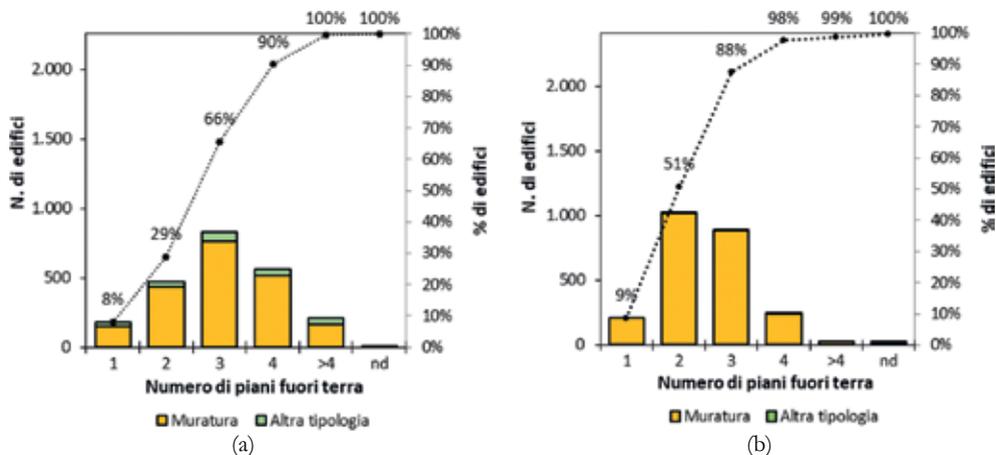


Figura 3.15. Numero di piani fuori terra degli edifici, ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

con numero di piani maggiore di 4 è esiguo per entrambi i campioni; quindi, nel grafico sono raggruppati gli edifici con numero di piani >4. Gli edifici presentano più frequentemente un numero di piani compreso tra 2 e 4 per i centri storici della città di L'Aquila e tra 2 e 3 per i centri storici del cratere.

Circa il 66% degli edifici delle  $UMI_{USRA}$  è caratterizzato da un numero minore o uguale a 3 piani fuori terra, percentuale che aumenta all'88% per gli edifici delle  $UMI_{USRC}$ .

In Figura 3.16 è rappresentata la distribuzione degli edifici in funzione della posizione nell'aggregato e del numero di piani fuori terra. Non si evidenzia alcuna tendenza significativa. Si rileva soltanto che nella classe di edifici ad un piano il numero di edifici interni alle  $UMI_{USRC}$  è significativamente maggiore in percentuale rispetto a quello di edifici interni alle  $UMI_{USRA}$ .

Nel grafico di Figura 3.17 è rappresentata la percentuale di edifici in funzione dell'esito di agibilità e al numero di piani fuori terra. Per la città di L'Aquila (Figura 3.17a) è evidente una netta tendenza al peggioramento delle condizioni di agibilità all'aumentare del numero di piani; per i comuni minori del cratere (Figura 3.17b) non si evidenzia invece alcun trend significativo, probabilmente a causa della grande variabilità dell'azione sismica.

I grafici di Figura 3.18 mostrano la distribuzione della superficie lorda complessiva media degli edifici del campione. Non sono evidenti differenze significative, in termini percentuali, tra la distribuzione degli edifici situati nei centri storici della città di L'Aquila (Figura 3.18a) e quelli dei comuni minori del Cratere

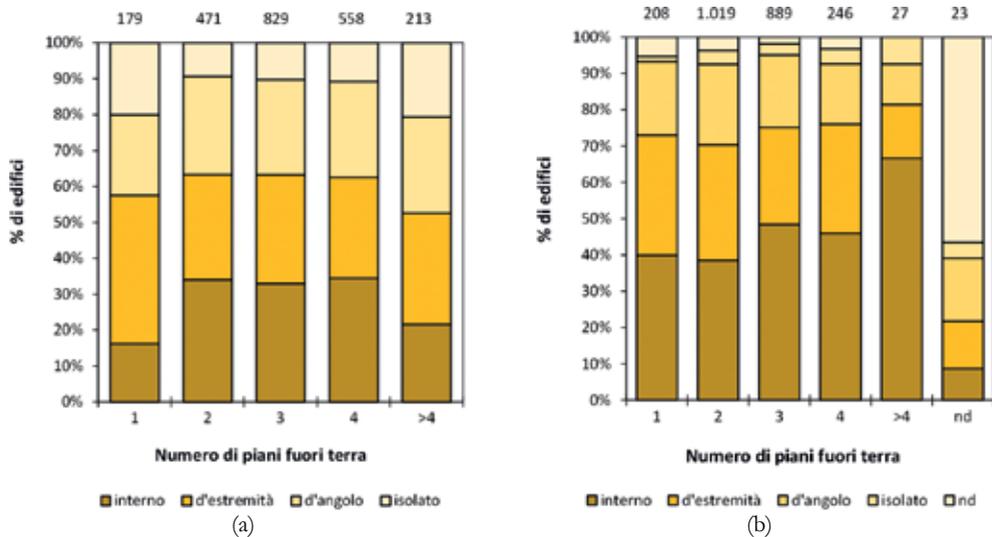


Figura 3.16. Numero di piani fuori terra e posizione nell'aggregato, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

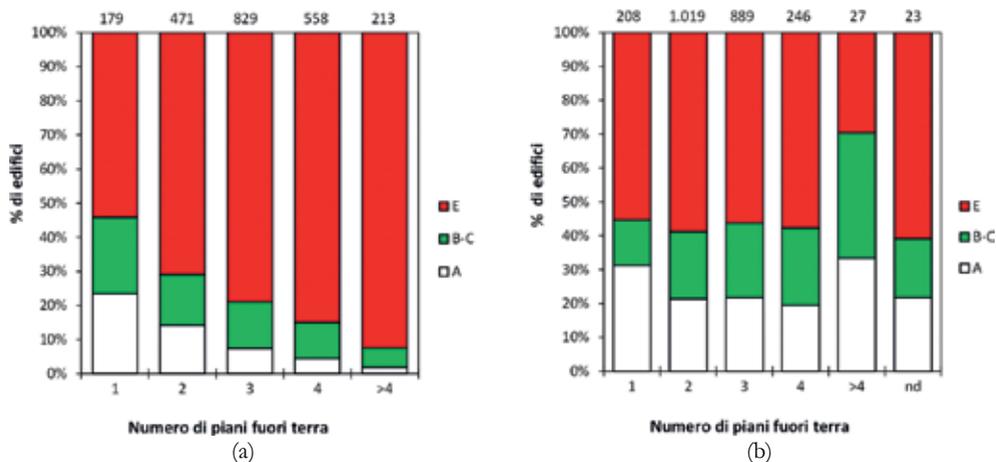


Figura 3.17. Esito di agibilità in relazione al numero di piani, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

(Figura 3.18b). Si riscontra, in entrambi i campioni, una netta prevalenza di edifici con superficie inferiore a 300 m<sup>2</sup>, che rappresentano, in entrambi i casi, poco più del 70% del campione. Il valor medio della distribuzione degli edifici della città di L'Aquila è di 320 m<sup>2</sup>, leggermente maggiore dell'analogo valore associa-

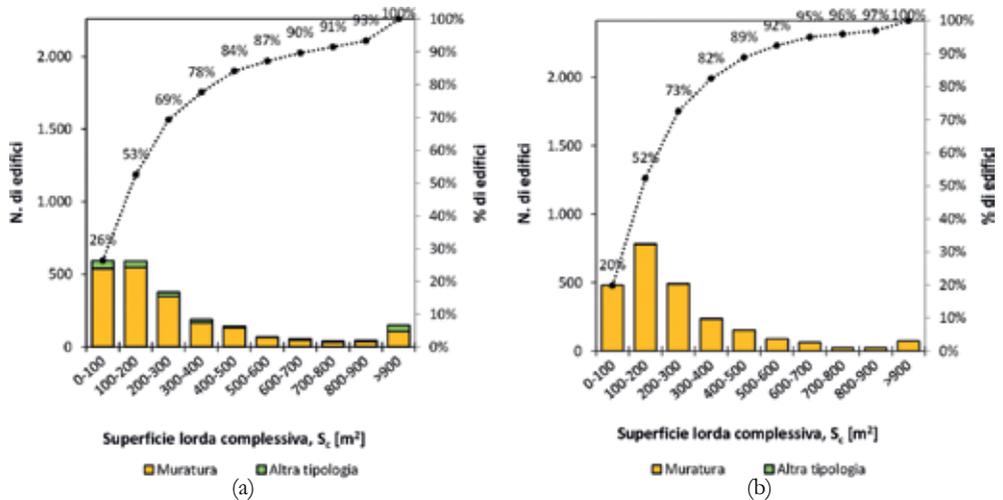


Figura 3.18. Distribuzione degli edifici, dei centri storici della città di L'Aquila (a) e dei comuni del cratere (b), in relazione alla superficie lorda complessiva.

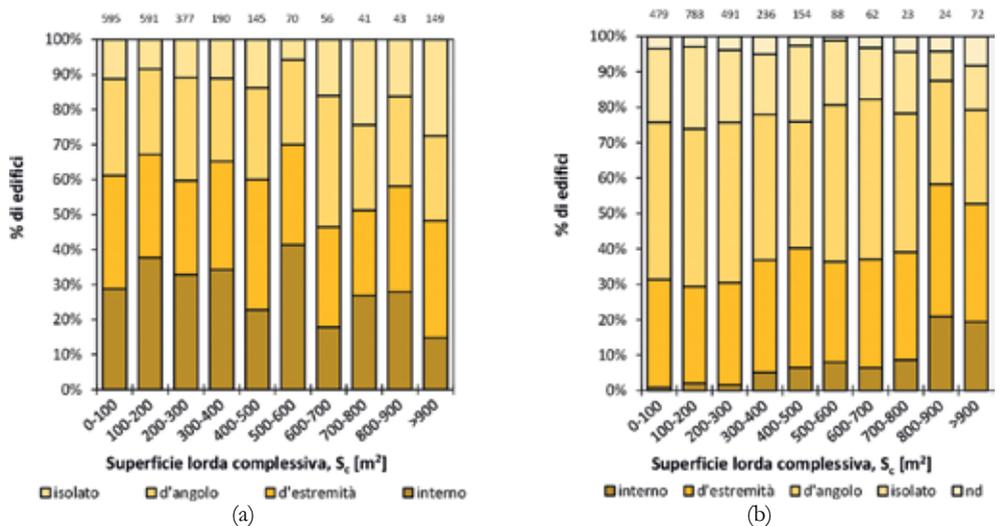


Figura 3.19. Posizione degli edifici in relazione alla superficie lorda, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

to agli edifici del Cratere, pari a 267  $m^2$ ; inoltre, nella città di L'Aquila è presente una quantità non trascurabile di edifici con superficie lorda maggiore di 900  $m^2$  e, in genere, gli edifici con superficie maggiore di 500  $m^2$  sono presenti in misura leggermente superiore agli edifici del cratere.

Nella Figura 3.19 è rappresentata la distribuzione della superficie lorda degli edifici, in relazione alla posizione nell'aggregato. Si segnala, in tutti i gruppi, e in particolare in quello con superficie maggiore di 900 m<sup>2</sup>, una maggiore prevalenza degli edifici isolati nella città di L'Aquila, rispetto al resto del Cratere.

Gli edifici con superficie inferiore, in generale, hanno mostrato una risposta al sisma migliore (Figura 3.20), probabilmente perché a superfici inferiori corrispondono anche interessi minori tra le murature portanti.

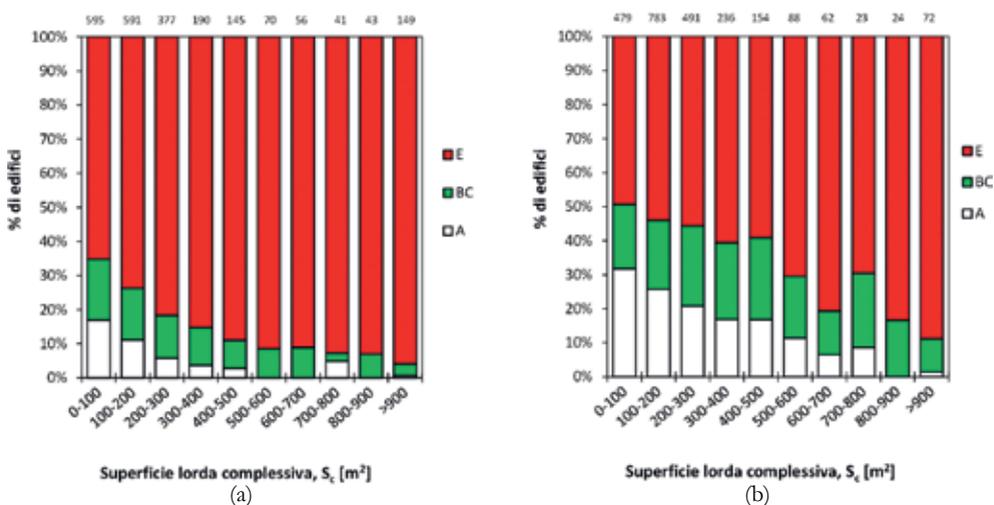


Figura 3.20. Esiti di agibilità in relazione alla superficie lorda, per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3. Vulnerabilità degli edifici in muratura

L'analisi delle caratteristiche e/o carenze costruttive del costruito, (definite in entrambe le procedure parametriche indicatori di vulnerabilità) consente di attribuire a ciascun edificio un livello di vulnerabilità V, distinto in vulnerabilità bassa, V1, media, V2, e elevata, V3. Entrambe le procedure parametriche affrontate nei capitoli precedenti definiscono i livelli di vulnerabilità attribuendo un punteggio ai seguenti indicatori di vulnerabilità:

1. Qualità della muratura;
2. Qualità delle connessioni murarie;
3. Presenza di murature in falso;

4. Interasse tra pareti portanti;
5. Vulnerabilità delle coperture;
6. Vulnerabilità degli orizzontamenti;
7. Presenza di impalcati sfalsati;
8. Collegamenti tra elementi strutturali e non strutturali;
9. Posizione nell'aggregato / Irregolarità in pianta e in elevazione.

Il punteggio associato a ciascun indicatore e i punteggi limite tra i vari livelli, ai fini della valutazione del livello di vulnerabilità, sono differenti per i due modelli parametrici. Per fornire valutazioni uniformi, anche per gli edifici della procedura parametrica USRA il livello di vulnerabilità è stato rideterminato adottando la scala definita nella procedura MIC, illustrata nel dettaglio al § 5.2 del manuale MIC [Capri et al., 2014]. Le informazioni relative ai nove indicatori di vulnerabilità sono state rese disponibili per un sotto campione di 4.002 edifici in muratura, di cui 1.882 afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> e 2.120 afferenti alle UMI<sub>USRC</sub>.

La Figura 3.21 riporta la distribuzione dei 1.882 edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e dei 2.120 afferenti alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione del livello di vulnerabilità. I grafici mostrano come gli edifici del cratere siano più vulnerabili rispetto agli edifici situati nel capoluogo di Regione, con una netta predominanza degli edifici con vulnerabilità V3 (94% vs. 60%). Nel seguito è riportata una disamina degli indicatori di vulnerabilità che concorrono alla determinazione del livello di vulnerabilità per ciascun edificio.

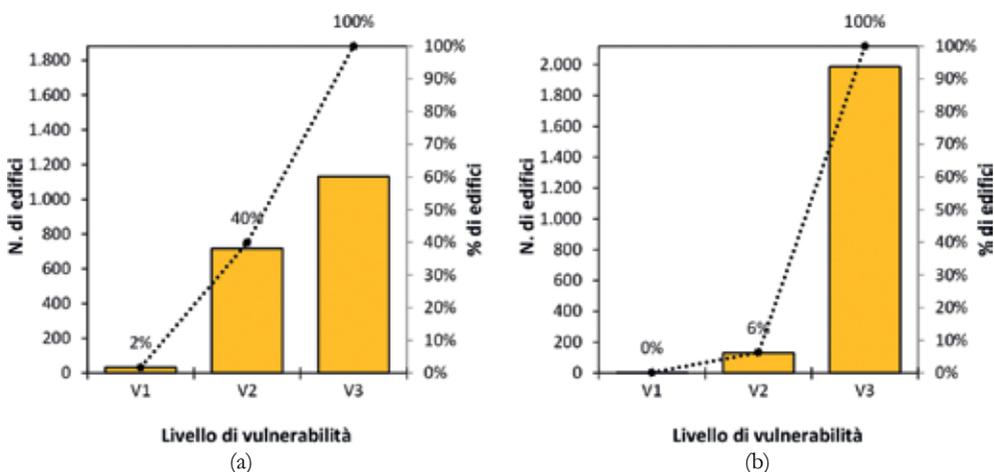


Figura 3.21. Livello di vulnerabilità per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

Nell'analisi non è compreso l'indicatore relativo alla posizione dell'edificio all'interno della UMI in quanto già presente nel precedente § 3.2 e i collegamenti tra elementi strutturali e non strutturali a causa delle differenze nella memorizzazione dei dati inerenti questa vulnerabilità nelle due procedure parametriche.

Le immagini delle figure seguenti sono tratte dai manuali delle schede parametriche.

### 3.3.1. Qualità della muratura

La vulnerabilità di una costruzione in muratura è particolarmente influenzata dalla qualità delle tipologie murarie con la quale è realizzata. Entrambe le procedure parametriche consentono di valutare la qualità muraria di ogni edificio facendo riferimento per la gran parte alle tipologie murarie indicate nella tabella C8A.2.1 della circolare del 2 febbraio 2009 n. 617 /C.S.LL.PP e richiamata nella Tabella 3.2.

Alle tipologie murarie della richiamata tabella, la procedura parametrica USRA aggiunge un'ulteriore tipologia: *muratura in mattoni forati (12a)*, mentre la procedura MIC aggiunge la tipologia *muratura armata realizzata dopo il 1987 (12b)*.

Entrambe le procedure parametriche consentono di indicare la presenza di più di una tipologia muraria, in quanto tale condizione è particolarmente frequente negli edifici dei centri storici, che possono essere oggetto di più interventi nel

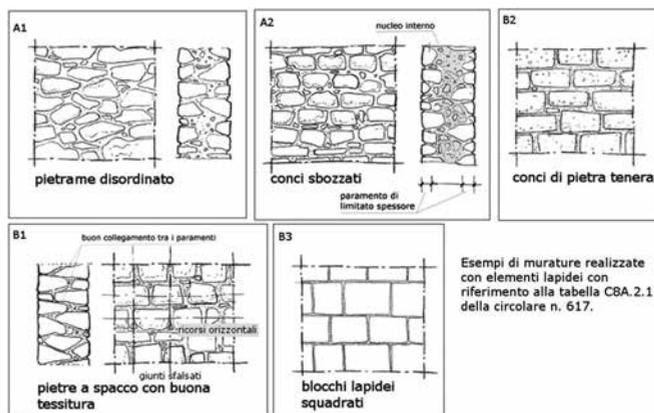


Figura 3.22. Esempi di murature realizzate con elementi lapidei. Da Allegato tecnico MIC.

Tabella 3.2. Tabella C.8A.2.1. della Circolare 617 del 02/02/2009.

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
	Max-min	Max-min	Max-min	Max-min	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1.050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1.020	340	20
	300	5,1	1.440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1.500	500	21
	380	7,4	1.980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1.260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600	9,0	2.400	780	22
	800	12,0	3.200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1.200	400	18
	400	9,2	1.800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizi (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	500	24,0	3.500	875	15
	800	32,0	5.600	1.400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura $< 45\%$ )	400	30,0	3.600	1.080	12
	600	40,0	5.400	1.620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura $< 45\%$ )	300	10,0	2.700	810	11
	400	13,0	3.600	1.080	
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	9,5	1.200	300	12
	220	12,5	1.600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura $< 45\%$ )	300	18,0	2.400	600	14
	440	24,0	3.520	880	

corso dei decenni. Pertanto, si è reso necessario definire la tipologia muraria prevalente come la tipologia muraria con la superficie in pianta maggiore.

La distribuzione delle tipologie murarie prevalenti è illustrata in Figura 3.23 per gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e per quelli delle UMI<sub>USRC</sub>. Le tipologie murarie più frequenti sono quelle realizzate con pietrame disordinato (ciottoli, pietre erratiche e irregolari) e conci di pietra sbozzati, illustrate schematicamente nella Figura 3.22.

In dettaglio per gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub>, la tipologia muraria in pietrame disordinato si riscontra per il 52% del campione, mentre quella a conci sbozzati per il 42%. Per gli edifici delle UMI<sub>USRC</sub>, tali percentuali passano a 84% e 13%. Le altre tipologie murarie, soprattutto nei centri storici dei comuni del cratere, sono pressoché assenti. Nei centri storici della città di L'Aquila si segnala la pre-

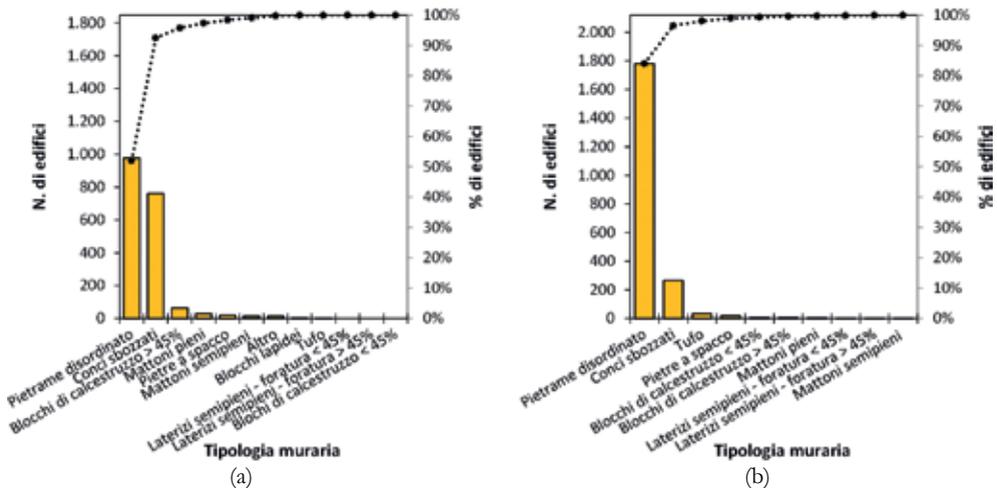


Figura 3.23. Tipologia muraria negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

senza di alcune decine di edifici con strutture verticali realizzate in blocchi di calccestruzzo e mattoni pieni o semipieni. Tali tipologie murarie sono state particolarmente utilizzate negli anni '60-'70 del secolo scorso. Le tipologie più diffuse, tuttavia, utilizzano elementi in pietrame calcareo. Questa condizione è diffusa in tutta l'area del cratere. Il calcare è una pietra molto dura, difficile da lavorare, che raramente viene utilizzata per realizzare dei blocchi squadrati; più frequentemente gli elementi di calcare sono solo sbozzati o, negli edifici più poveri, sono utilizzati così come sono estratti dal terreno. Per il motivo appena esposto la presenza di una maggiore quantità di edifici con murature in conci sbozzati è indice di una qualità costruttiva migliore, dovuta ad una maggiore qualità dell'apparecchiatura muraria, degli edifici cittadini rispetto a quelli dei centri storici minori, come anche evidenziato nei lavori [Valluzzi et al., 2021], [Modena et al., 2011], [Formisano et al., 2017]. Tra le tecniche costruttive locali, si annovera inoltre la presenza di dormienti lignei all'interno della muratura [Aloisio et al., 2021], [Milano et al., 2012].

La Figura 3.24 riporta la combinazione della tipologia muraria prevalente, ovvero pietrame disordinato, con le altre tipologie murarie rilevate sul medesimo edificio. Nella prima colonna di ciascun grafico è rappresentata la quantità di edifici realizzati unicamente in pietrame disordinato. Nella città di L'Aquila tali edifici rappresentano solo il 35% del campione, rispetto a più del 65% dei comuni del cratere, a conferma di una più fedele conservazione dell'edificato dei

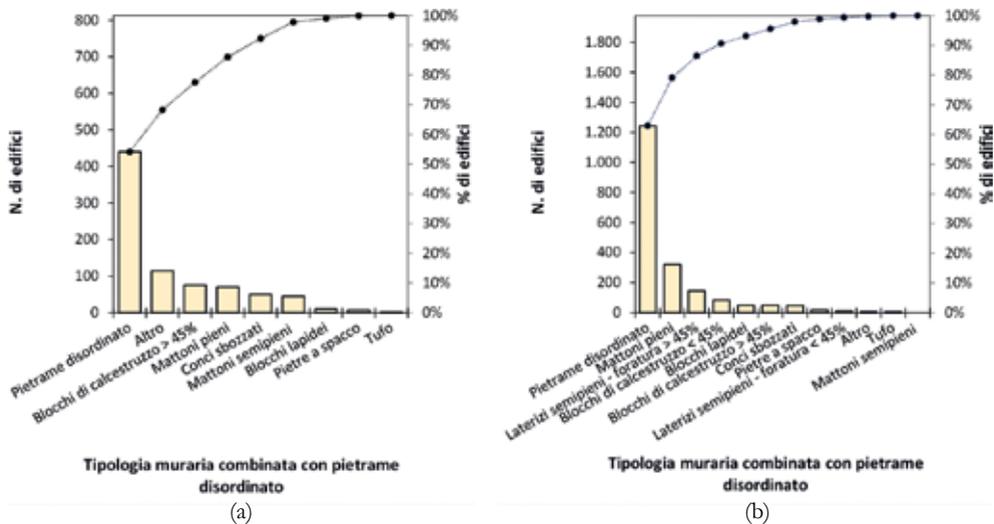


Figura 3.24. Tipologie murarie associate al pietrame disordinato, in uso negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

centri storici minori, attribuibile, probabilmente anche allo spopolamento che tali centri hanno subito negli ultimi decenni. Per il restante 65% degli edifici dei centri storici di L'Aquila, le murature in pietrame disordinato si combinano con altre tipologie murarie qualitativamente migliori, tra cui murature in conci sbozzati. Tale percentuale è pari al 35% nel caso di edifici dei centri storici dei comuni minori del cratere.

La qualità della muratura può variare quando i setti sono oggetto di consolidamenti. Pertanto, le procedure parametriche prevedono la possibilità di inserire dei coefficienti correttivi per considerare la presenza di interventi di consolidamento delle murature esistenti; probabilmente la maggior parte di tali interventi è stata realizzata a seguito del sisma che ha colpito le aree interne dell'Abruzzo nel 1984.

Al fine di fornire una chiave di lettura uniforme, i dati inerenti alla qualità muraria degli edifici che tengono conto anche della possibile presenza di interventi di rinforzo, raccolti dalle due procedure parametriche, sono stati uniformati individuando 3 classi di qualità per le murature, definite come esemplificata nella Tabella 3.3.

La distribuzione delle qualità murarie è illustrata in Figura 3.25 per gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e per quelli delle UMI<sub>USRC</sub>. I grafici riassumono quanto sopra esposto, evidenziando una qualità muraria migliore per gli edifici aquilani rispetto a quelli dei centri storici minori, nonostante la maggiore eterogeneità dei pa-

Tabella 3.3. Classi di qualità muraria.

% Estensione percentuale della tipologia muraria nella US	Qualità muraria
Pietrame disordinato, senza rinforzi >30%	Bassa
Tipologie murarie 3,4,5,6,7,10,12b, con e senza rinforzi, con estensione complessiva > 60%	Buona
Tutti gli altri casi	Discreta

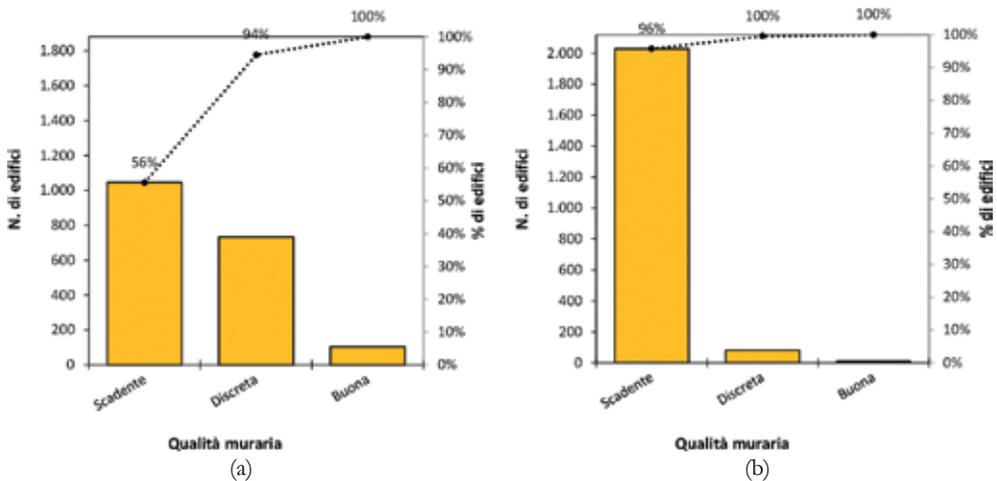


Figura 3.25. Qualità muraria negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

ramenti murari aquilani sopra evidenziata. Difatti risulta che una qualità muraria scadente si riscontra nel 56% del campione di edifici aquilani e nel 96% di quello dei comuni minori.

### 3.3.2. Qualità delle connessioni murarie

I maggiori danneggiamenti e i crolli degli edifici in muratura sono generalmente dovuti all'attivazione dei meccanismi locali fuori dal piano come, ad esempio, il ribaltamento delle pareti murarie, contrastati dall'efficacia dei collegamenti tra le pareti ortogonali o tra le pareti e gli orizzontamenti. Le connessioni tra le pareti murarie, considerate in questo indicatore di vulnerabilità, sono definite efficaci se realizzate mediante la disposizione verticale alternata degli elementi lapi-

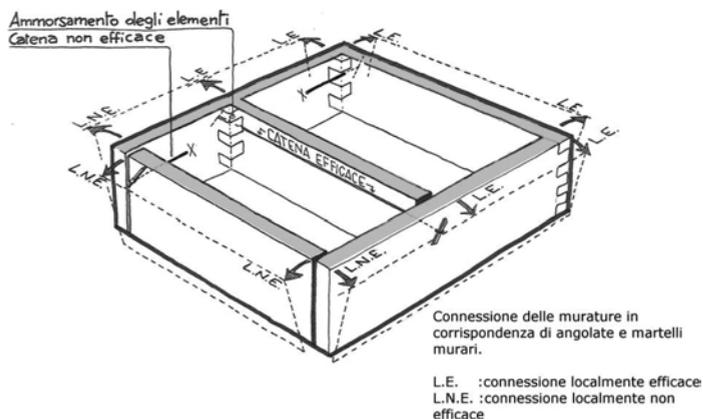


Figura 3.26. Qualità delle connessioni murarie. Da Allegato tecnico MIC.

dei per l'intero spessore della muratura. Non si considerano efficaci i collegamenti tra le pareti portanti non reciprocamente ammassate. Uno schema esemplificativo è riportato in Figura 3.26.

Atteso che su un edificio possono essere presenti diverse tipologie di collegamento tra maschi murari, per la valutazione di questo fattore di vulnerabilità entrambe le procedure fanno riferimento alla percentuale di collegamenti efficaci presenti tra le murature dell'intero edificio. Il giudizio sulla tipologia di connessioni murarie viene espresso in sintesi in una delle seguenti categorie: assenti, irregolari, regolari, come riportato in Tabella 3.4.

In Figura 3.27 è rappresentata la qualità delle connessioni murarie per gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub>: si rileva una migliore qualità delle connessioni per gli edifici siti nei centri storici del Comune di L'Aquila, rispetto a quelli dei centri storici minori.

Tabella 3.4. Tipologia delle connessioni murarie.

Connessioni	Connessioni localmente efficaci
Assenti	< 50%
Irregolari	50%-90%
Regolari	>90%

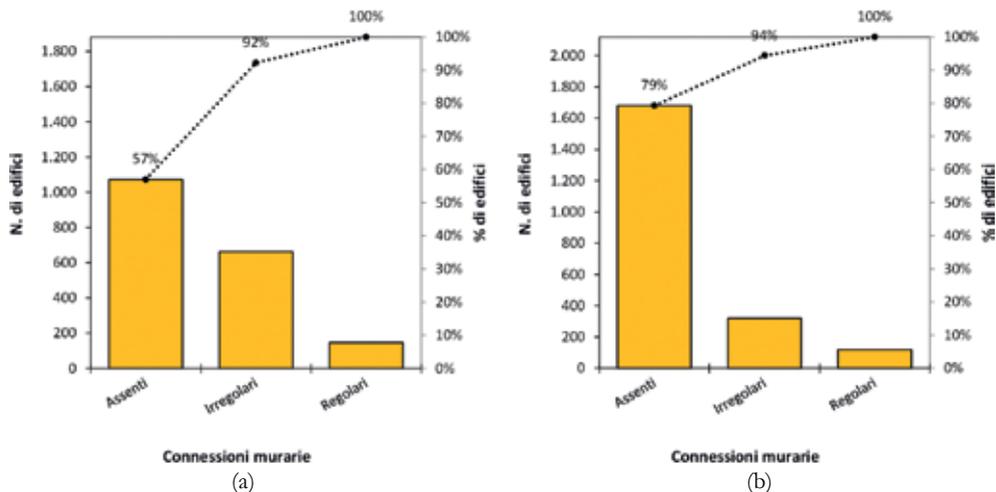


Figura 3.27. Qualità delle connessioni murarie alle angolate e ai martelli negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3.3. Presenza di murature in falso

Le murature in falso sono murature portanti che gravano su orizzontamenti o travi, invece che sulle murature del livello sottostante, come nell'esempio riportato nella Figura 3.28.

Le due procedure parametriche adottano criteri leggermente differenti, basati sull'estensione in pianta delle murature in falso rispetto all'estensione di tutte le murature, per determinare se nell'edificio considerato possa essere considerata la presenza di questo fattore di vulnerabilità. In tal modo la presenza di pareti in falso di limitata estensione non determina la presenza della vulnerabilità.

La Figura 3.29 mostra che circa il 13% degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila e il 22% circa degli edifici situati nei comuni del cratere presenta pareti portanti in falso.

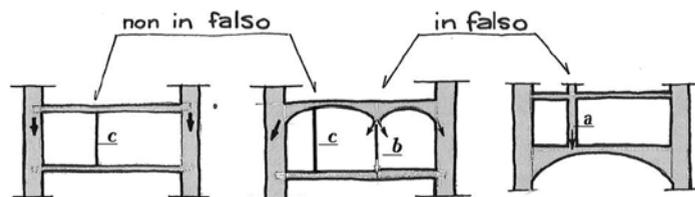


Figura 3.28. Esempi di murature in falso. Da Allegato tecnico MIC.

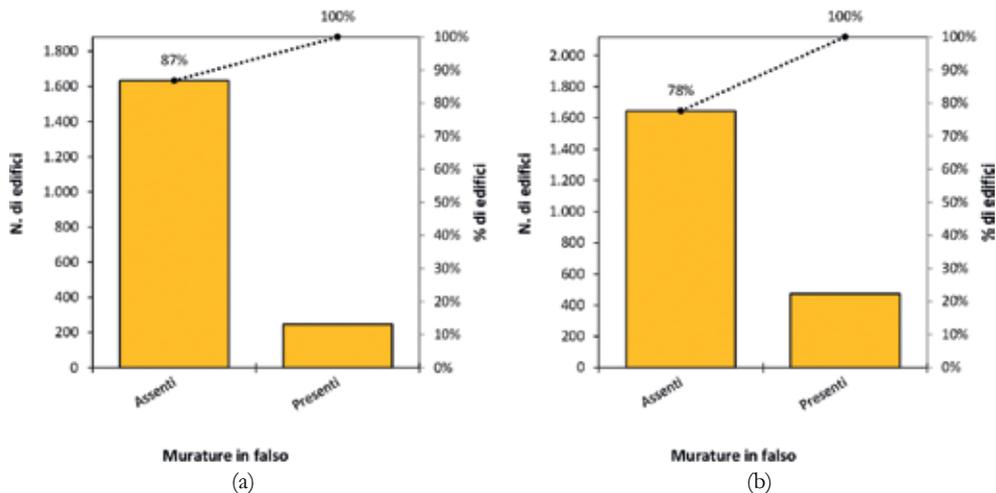


Figura 3.29. Presenza di murature in falso negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3.4. Interasse tra pareti portanti

Le NTC 2018 al § 7.8.1.4 e al § 7.8.1.9 sottolineano che la presenza di muri snelli e/o ad interasse elevato può accentuare la presenza di vulnerabilità rispetto alla possibilità di attivazione di meccanismi locali, in particolare fuori dal piano. Per valutare tale indicatore di vulnerabilità le procedure parametriche considerano solo le murature che fanno parte della struttura portante principale, escludendo i) le pareti murarie considerate in falso; ii) le pareti murarie di spessore inferiore alle pareti a due teste (circa 25 cm) che non hanno funzione portante.

L'indicatore di vulnerabilità, in entrambe le procedure, è definito dal massimo rapporto fra l'interasse fra due muri ortogonali e lo spessore del setto murario compreso tra tali muri, come esemplificato in Figura 3.30.

Il giudizio di vulnerabilità è funzione del rapporto predetto come riportato in Tabella 3.5.

I dati raccolti evidenziano una maggiore presenza di pareti con elevato rapporto interasse/spessore per le murature della città di L'Aquila: per gli edifici delle UMI<sub>USRA</sub> e quelli delle UMI<sub>USRC</sub>: circa l'85% del campione di edifici aquilano presenta il rapporto tra l'interasse delle murature portanti e lo spessore della muratura in esame superiore a 14 contro il 50% riscontrato per gli edifici dei centri storici minori.

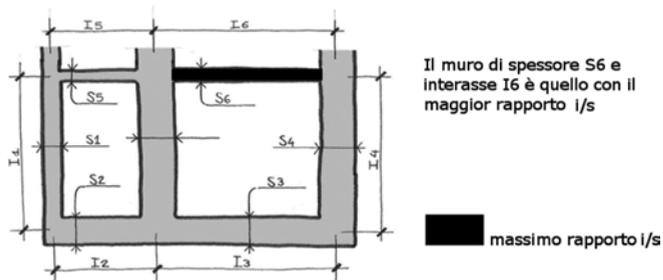


Figura 3.30. Vulnerabilità collegata all'interasse dei muri portanti. Da manuale tecnico MIC.

Tabella 3.5. Vulnerabilità relativa all'interasse tra le pareti portanti.

Vulnerabilità	Rapporto interasse/spessore
Alta	$i/s > 14$
Media	$10 \leq i/s < 14$
Bassa	$i/s < 10$

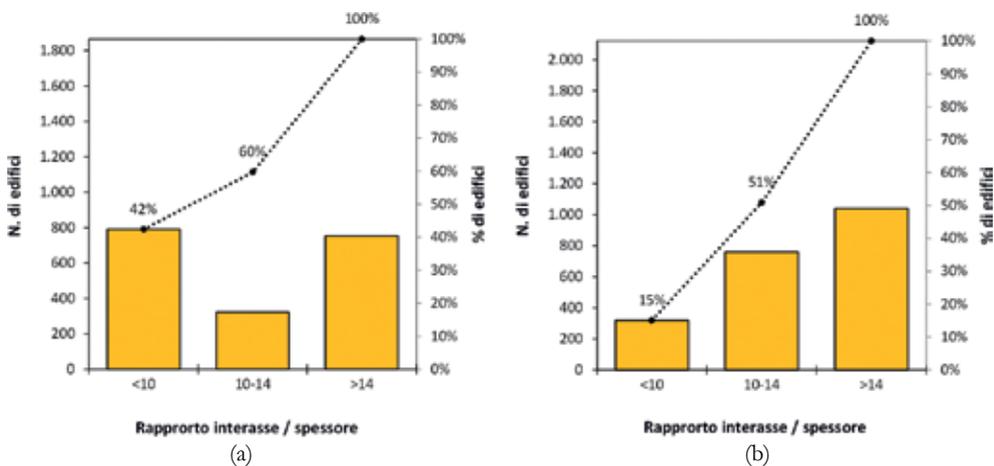


Figura 3.31. Interasse tra pareti portanti (muri di spina e di facciata) negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3.5. Vulnerabilità delle coperture

Le coperture possono influenzare il comportamento sismico dell'edificio essenzialmente tramite due fattori: il peso e l'eventuale spinta non contrastata sulle murature perimetrali. La condizione di minore vulnerabilità è rappresentata da una copertura leggera (in legno) ben collegata alla struttura muraria in quanto ridistribuisce le esigue forze sismiche tra le pareti parallele alle azioni, costituendo un efficace vincolo per le pareti sollecitate fuori del piano. Tuttavia, nel caso di coperture pesanti, per esempio realizzate in c.a., il maggior peso determina, da una parte, un aumento dell'azione sismica, ma anche un incremento della resistenza a pressoflessione e taglio delle pareti murarie. Pertanto, nella determinazione della vulnerabilità, è stato identificato come indicatore il solo collegamento della struttura di copertura alle pareti murarie.

La gran parte degli edifici presenti nei centri storici sia aquilani che minori presenta una copertura in legno (78% vs. 85%).

Le possibili modalità di collegamento sono: assenti, poco efficaci ed efficaci; in particolare, si ritengono efficaci i collegamenti costituiti da cordoli in acciaio, o in c.a. e quelli realizzati con catene o tiranti metallici, quando presenti sistematicamente nell'edificio (Figura 3.33). Tali tipologie di collegamento si ritengono poco efficaci quando non sono estese in modo sistematico all'edificio.

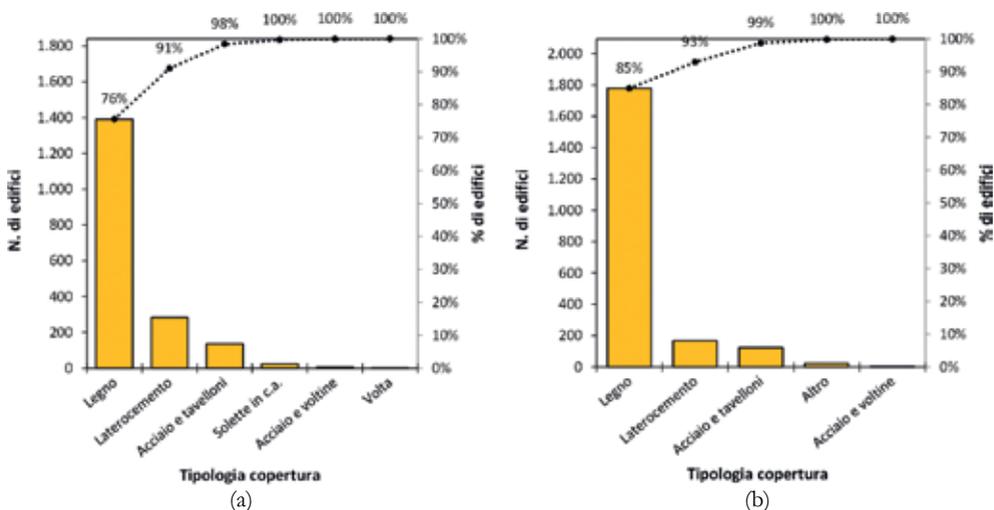


Figura 3.32. Tipologie della copertura negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

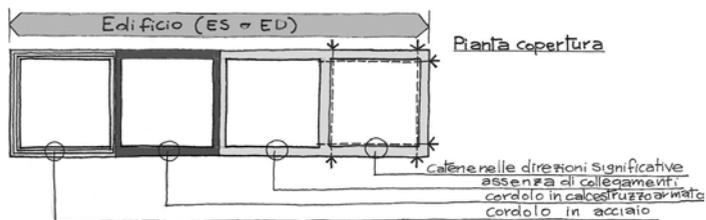


Figura 3.33. Tipologie di collegamenti in copertura. Da manuale tecnico MIC.

La Figura 3.34 mostra che oltre il 95% dei collegamenti della copertura alle pareti, per gli edifici situati nei centri storici minori, è assente o poco efficace. La situazione è leggermente migliore per gli edifici situati nei centri storici della città di L'Aquila, nei quali la percentuale di collegamenti assenti in copertura è pari all'80% del totale.

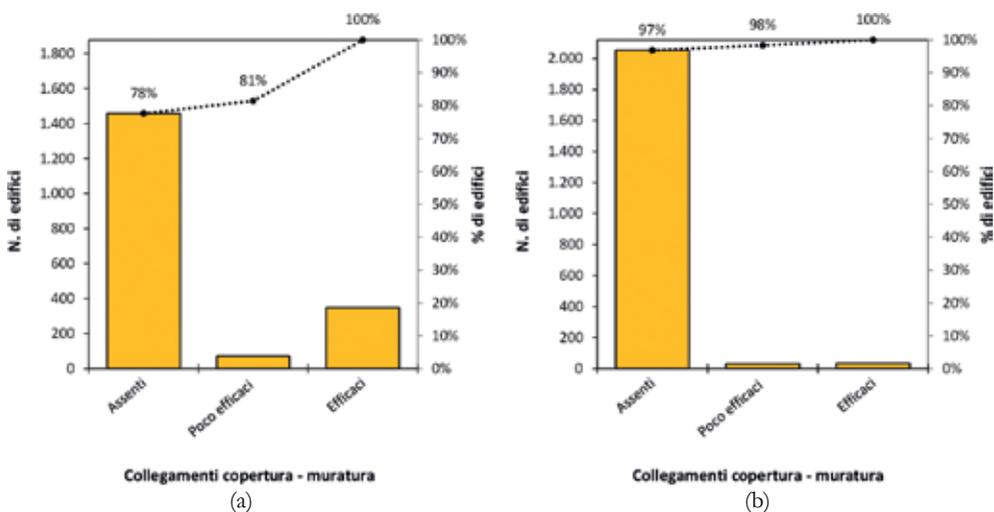


Figura 3.34. Collegamenti tra copertura e le strutture verticali negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3.6. Vulnerabilità derivanti dalla tipologia degli orizzontamenti

La tipologia degli orizzontamenti e il loro collegamento alle murature sono tra le caratteristiche maggiormente identificative per un edificio in muratura.

Nelle due procedure di valutazione del contributo per la ricostruzione sono individuate sette tipologie costruttive degli orizzontamenti: i) volta in pietra; ii) volta in mattoni; iii) legno; iv) acciaio e voltine v) acciaio e tavelloni vi) laterocemento vii) solette in c.a. Per ciascun edificio è possibile indicare la presenza di più tipologie di orizzontamenti. In Figura 3.35 è riportata la distribuzione della tipologia prevalente degli orizzontamenti che sono stati rilevati per ciascun edificio dei centri storici di L'Aquila e dei centri storici dei comuni minori.

Il giudizio di vulnerabilità è assegnato, per entrambe le procedure, facendo riferimento alla percentuale di orizzontamenti che presentano collegamenti efficaci rispetto alla superficie totale degli impalcati. L'assenza di collegamenti efficaci tra gli orizzontamenti e le murature non consente di ripartire favorevolmente le forze sismiche tra i vari elementi strutturali e facilita l'innescò di meccanismi locali di collasso. I collegamenti sono ritenuti efficaci quando viene rilevata la presenza di cordoli in c.a. o in acciaio oppure realizzati con catene o tiranti metallici, presenti in modo diffuso in tutti gli impalcati.

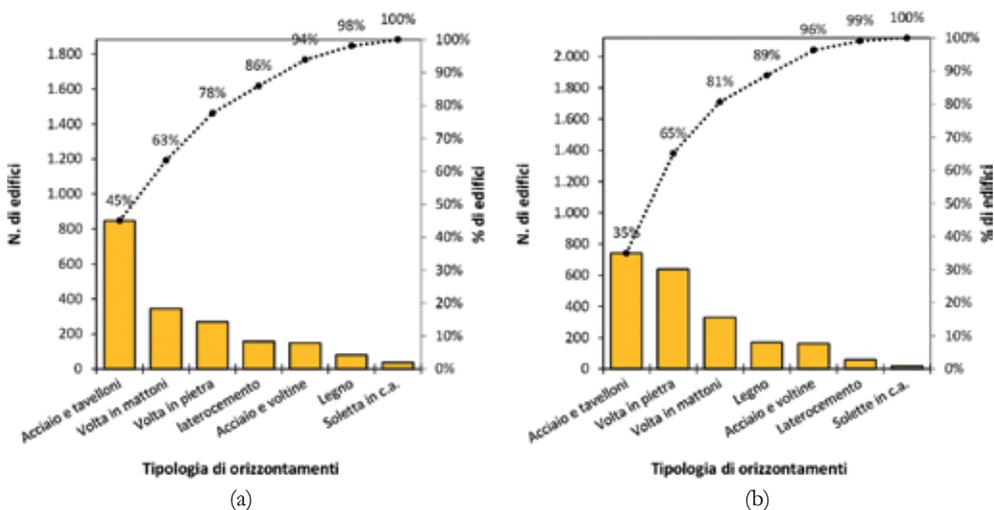


Figura 3.35. Tipologie di orizzontamenti negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

Per quanto concerne i collegamenti tra gli orizzontamenti e le murature, i grafici di Figura 3.36 mostrano che solo per un edificio su 10, per quelli situati nei centri storici aquilani, i collegamenti tra gli orizzontamenti e la muratura sono stati ritenuti efficaci; per i restanti edifici le connessioni sono state ritenute assenti o comunque poco efficaci. Negli edifici ubicati nei centri storici del cratere solo una percentuale irrilevante dei collegamenti è stata ritenuta efficace.

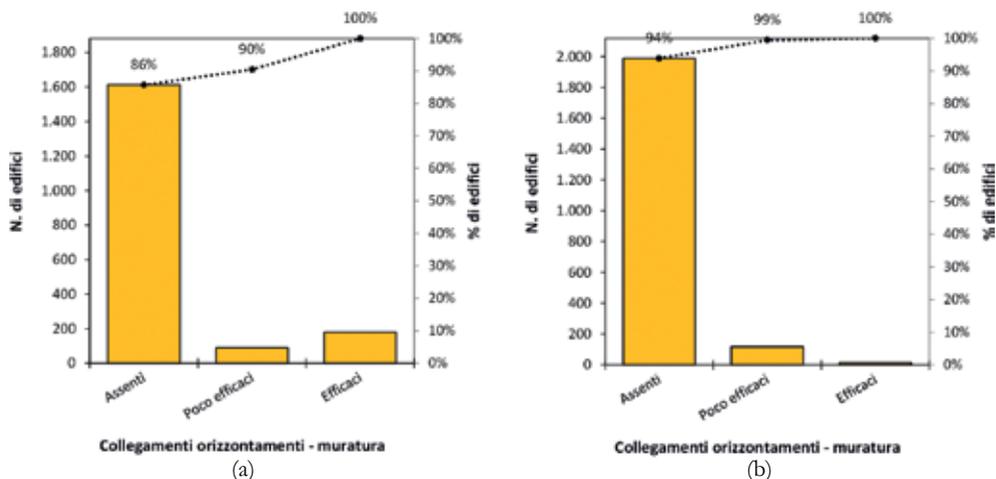


Figura 3.36. Collegamenti tra orizzontamenti e le strutture verticali negli edifici nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

### 3.3.7. Presenza di impalcati sfalsati

Nel grafico della Figura 3.37 è rappresentata la presenza di impalcati a quote sfalsate negli edifici dei centri storici. Per entrambe le procedure questo fattore di vulnerabilità è considerata presente se almeno un impalcato presenta una differenza di quota dagli impalcati adiacenti pari ad almeno 1/3 dell'altezza d'interpiano (Figura 3.38). Per la determinazione della vulnerabilità si considerano anche gli impalcati degli edifici adiacenti all'edificio in esame. Il costruito dei centri storici minori presenta una percentuale leggermente maggiore di impalcati a quote sfalsate rispetto a quelli dei centri storici di L'Aquila (28% vs. 22%) probabilmente a causa delle diverse caratteristiche orografiche del territorio, (molti dei centri storici minori sono arroccati su colline o montagne, per essere più facilmente difendibili in caso di attacco nemico). Anche il processo di accresci-

mento dell'edificato, quando avviene in modo meno sistematico nel corso del tempo può portare alla presenza di impalcati sfalsati, in questo caso soprattutto tra edifici adiacenti.

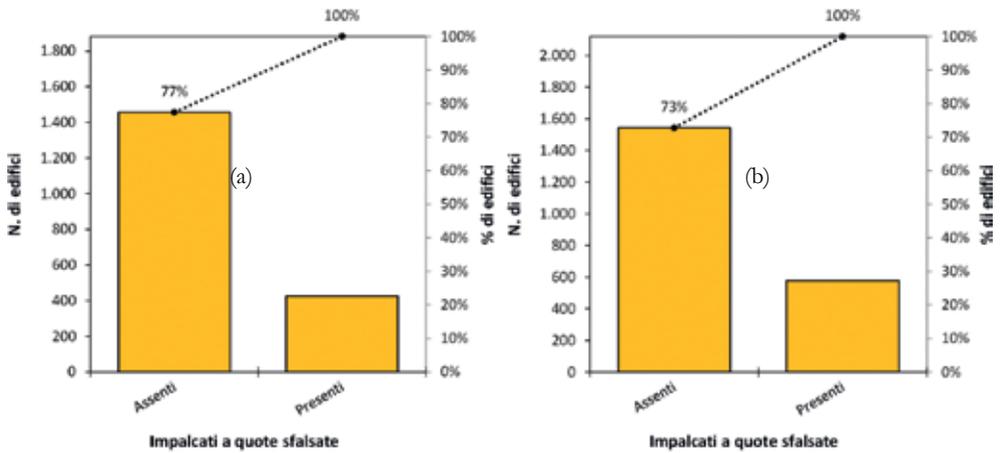


Figura 3.37. Presenza di pareti murarie sulle quali insistono orizzontamenti nei centri storici di L'Aquila (a) e dei restanti comuni del cratere (b).

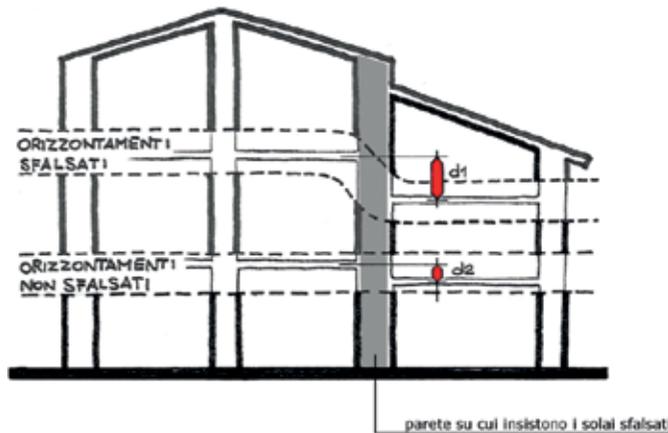


Figura 3.38. Esempio di impalcati a quote sfalsate negli edifici. Da manuale Tecnico MIC.

### 3.4. Elementi di pregio e peculiarità

Gli edifici dei centri storici si contraddistinguono per la presenza di elementi costruttivi peculiari, che rappresentano la testimonianza materiale della storia costruttiva locale, la cui presenza deve essere pertanto tutelata e valorizzata, anche a prescindere dalla presenza di vincoli storico-artistici. Tuttavia, la intrinseca vulnerabilità e fragilità del costruito storico rende particolarmente complesso e costoso il perseguimento di tale obiettivo. Per tali motivi, in entrambe le procedure parametriche, sono stati individuati dei procedimenti che permettono di incrementare il contributo in relazione alla presenza di specifici elementi di pregio, al fine di conservare e valorizzare il costruito storico.

Il processo di ricostruzione attuato per i centri storici di L'Aquila ha previsto l'individuazione di 4 categorie di edifici:

- Edifici con vincolo diretto ai sensi del d.lgs. del 22 gennaio 2004, n. 42;
- Edifici con attestazione di particolare interesse paesaggistico (L. 77/2009 Art. 14 co. 5 bis), intesa comune tra Mibact – Comune dell'Aquila;
- Edifici con caratteri di pregio storico-artistico (DCR n. 45/2011);
- Edifici non ricadenti in alcune delle categorie sopra citate, definiti nel seguito edifici non di pregio.

Per quanto concerne il processo di ricostruzione attuato per i centri storici dei comuni del cratere gli edifici sono stati così classificati:

- edifici con vincolo diretto ai sensi del d.lgs. del 22 gennaio 2004, n. 42;
- edifici con elementi di particolare interesse storico-artistico;
- edifici che non presentano nessuna delle caratteristiche precedenti e che nel seguito sono stati identificati come edifici non di pregio.

Nella Figura 3.39 sono rappresentate le distribuzioni degli edifici secondo le tipologie sopra citate. Rispetto agli edifici ubicati nei centri storici del capoluogo di regione si segnala la minore presenza di edifici vincolati e di edifici definiti “non di pregio”, ovvero edifici generalmente di costruzione piuttosto recente, che non presentano nessuna delle caratteristiche oggetto di contributi specifici per la conservazione o il recupero.

Le due procedure parametriche, per le varie tipologie di edifici sopra descritte, individuano una molteplicità di elementi di pregio che contraddistinguono il costruito come si evince nella Figura 3.40 per gli edifici aquilani e nella Figura 3.41 per gli edifici dei comuni minori. Ad ogni caratteristica di pregio individuata nell'edificio è associato un potenziale aumento percentuale del contributo parametrico, a condizione che la caratteristica di pregio sia oggetto di specifici interventi di conservazione, ripristino o restauro.

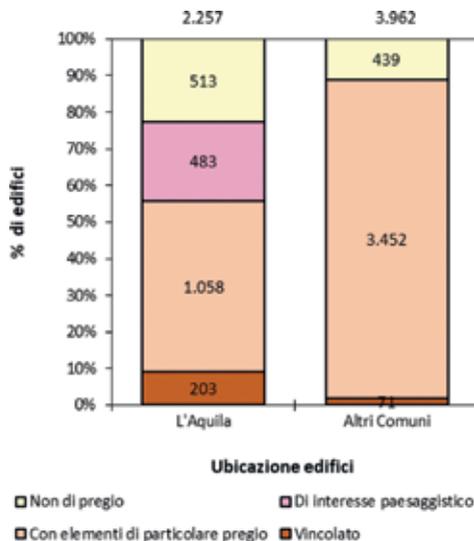


Figura 3.39. Distribuzione degli edifici con vincolo diretto, paesaggistico e con elementi di pregio.

Le caratteristiche di pregio individuate dalle procedure parametriche sono relative sia ad elementi strutturali, quali le tipologie murarie o gli orizzontamenti storici tipici della tradizione locale, sia ad elementi non strutturali; queste ultime caratteristiche riguardano diversi aspetti edilizi, quali le finiture delle murature, i manti di copertura, le pavimentazioni, gli infissi e alcune caratteristiche tipologiche e morfologiche degli edifici stessi. Al fine di semplificare la trattazione e favorire un confronto tra le procedure stesse, le varie caratteristiche di pregio sono state raggruppate in 17 categorie sintetiche di assegnazione.

La corrispondenza tra caratteristiche di pregio e le categorie sintetiche è riportata nell'ultima colonna della Figura 3.40 e della Figura 3.41.

Nei grafici della Figura 3.42 è rappresentata la distribuzione del campione di edifici vincolati, di pregio e con attestazione di interesse paesaggistico in funzione delle categorie di sintesi delle caratteristiche di pregio rilevate nel campione degli edifici analizzati.

Sono presenti differenze notevoli tra le distribuzioni degli elementi di pregio individuati nei due campioni di edifici. Particolarmente rilevante è la caratteristica di pregio inerente la presenza e conservazione delle strutture verticali storiche, adottata esclusivamente da USRA e non presente nei comuni del cratere.

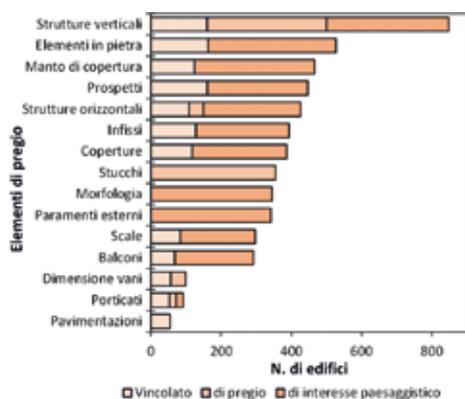
Elementi di pregio	Vincolati	Interesse Paesaggistico	Di Pregio	Sintesi
Imbotti, cornici, modanature in pietra e/o stacco in facciata	x	x		Elementi in pietra
Decorazioni lapidee ed altri elementi decorativi (numero elementi)			x	Elementi in pietra
Facciata e prospiciente i spazi urbani		x		Paramenti esterni
Volte in pietra e/o mattoni, solai in legno, solai in putrelle e volte	x	x	x	Strutture orizzontali
Coperture originarie in legno e/o ripristino in sostituzione di tetti in strutture di copertura	x	x		Coperture
Reintegrazione del manto di copertura in coppi di recupero o comunque in argilla	x	x		Manto di copertura
Presenza e conservazione di portici e/o loggiati sia su spazio pubblico che su cortile		x		Porticati
Ambienti comuni quali porticati, androni di ingresso, scaleate, corridoi con dimensioni volumetriche rilevanti			x	Porticati
Balconi sporgenti in pietra con mensole in pietra e/o ringhiera in ferro ghisa	x	x		Balconi
Presenza e conservazione e/o recupero serramenti infissi originari in legno o in ferro	x	x		Infissi
Facciata e su piazza pubblica (numero delle facciate)	x	x		Prospetti
Facciata e su strada principale		x		Prospetti
Presenza e conservazione di cornicioni in stucco, legno o laterizio (rapporto tra la lunghezza dei cornicioni di pregio e la lunghezza delle facciate, in metri)	x	x		Prospetti
Presenza e conservazione di cortile aperto su spazio pubblico		x		Prospetti
Presenza e conservazione di cortile visibile solo dall'alto		x		Prospetti
Configurazione morfologica caratterizzante lo spazio urbano (perimetro irregolare, curvo, ...)		x		Morfologia
Riconoscibilità della tipologia e morfologia originaria		x	x	Morfologia
Collegamenti verticali principali originari		x		Scale
Conservazione/restauro di scaloni e androni monumentali (numero di scaloni e androni)	x			Scale
Locali interni con altezza netta interpiano >= ml 4,0	x			Dimensione vani
Vani con dimensione minore in pianta non inferiore a 7 m (numero vani)			x	Dimensione vani
Altezza di interpiano determinata come media delle altezze di interpiano dei locali dell'unità strutturale (in metri)			x	Dimensione vani
Presenza e conservazione di strutture verticali, tamponature e tramezzi originari in muratura in pietra e/o in mattoni pieni		x	x	Strutture verticali
Conservazione e/o restauro di strutture verticali, tamponature e tramezzi originari in muratura in pietra e/o in mattoni pieni	x			Strutture verticali
Oneri per il trattamento dei supporti di stucchi, apparati decorativi, affreschi e dipinti murali			x	Stucchi
Oneri per il trattamento di murature o altri supporti in presenza di stucchi, apparati decorativi, affreschi e dipinti su pareti interne	x			Stucchi

Figura 3.40. Caratteristiche di pregio individuate dalla procedura adottata per tipologia di edificio: definizione originale, a sinistra, e categorie sintetiche di assegnazione, a destra.

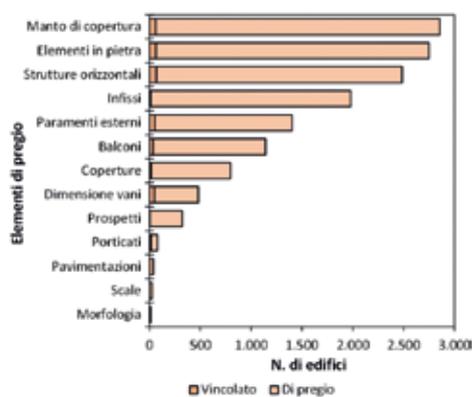
In entrambi i campioni sono molto diffuse le caratteristiche di pregio inerenti la presenza di elementi in pietra e i manti di copertura, realizzati con i tipici coppi in laterizio. Anche la presenza di orizzontamenti con caratteristiche costruttive di pregio è molto diffusa in entrambi i campioni.

 Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere	
Descrizione	Sintesi
Elementi lineari di pregio	Elementi in pietra
Faccia vista e intonaci storici	Paramenti esterni
Volte	Strutture orizzontali
Solai in legno	Strutture orizzontali
Ipe e voltine	Strutture orizzontali
Conservazione tetto in legno	Coperture
Sostituzione tetto CA	Coperture
Coppi originali	Manto di copertura
Porticati e chiostri	Porticati
Balconi	Balconi
Manifattura della tradizione	Infissi
Superfetazioni	Prospetti
Case mura – Passaggi voltati	Prospetti
Tramezzi originali	Morfologia
Scale esclusive	Scale
Altezza >3.2m	Dimensione vani
Pavimentazioni	Pavimentazioni

Figura 3.41. Caratteristiche di pregio individuate dalla procedura adottata per tipologia di edifici: definizione originale, a sinistra, e categorie sintetiche di assegnazione, a destra.



(a)



(b)

Figura 3.42. Distribuzione delle categorie di assegnazione delle caratteristiche di pregio rilevate per gli edifici dei centri storici di L'Aquila (a) e dei centri storici minori (b).

### 3.5. Considerazioni conclusive

Le analisi del presente capitolo sono basate sulla documentazione delle domande di richiesta di contributo per la ricostruzione delle UMI danneggiate dal sisma. Queste hanno consentito di effettuare una catalogazione dettagliata di diversi parametri caratterizzanti il patrimonio edilizio esistente dei centri storici del Comune di L'Aquila e dei comuni del Cratere colpiti dal sisma.

In particolare, l'attenzione si è concentrata sulle richieste di contributo validate e ammesse a finanziamento dai due uffici speciali USRA e USRC che all'aprile del 2021 contano rispettivamente 730 UMI e 944 UMI. Del campione ammesso a finanziamento sono state analizzate tutte le UMI afferenti all'USRA e 865 UMI afferenti all'USRC. Gli edifici afferenti alle 730 UMI ubicate nei centri storici del Comune di L'Aquila risultano essere 2.257, mentre sono 3.941 gli edifici costituenti le 865 UMI analizzate dei comuni del Cratere di cui solo per 2.412 è stato possibile fare una correlazione diretta con le schede AeDES compilate nelle fasi successive all'evento sismico.

Dall'analisi dei dati raccolti è emerso che:

- la percentuale di UMI costituite da un singolo edificio (denominate UMI mono-edificio) è significativamente maggiore per le UMI<sub>USRA</sub> (i.e. 222 UMI, 30%) rispetto a quelle presenti nei centri storici minori (i.e. 134 UMI, 15%);
- la superficie lorda complessiva delle UMI<sub>USRA</sub> è superiore a quella delle UMI<sub>USRC</sub>;
- in media il numero di edifici per UMI è pari a 3 per L'Aquila e a 5 per gli altri comuni minori;
- la città di L'Aquila è caratterizzata da un maggior numero di edifici con esito di agibilità E di rispetto ai comuni minori del cratere;
- gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRC</sub> presentano mediamente superfici minori rispetto gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (1.512 m<sup>2</sup> vs. 1.173 m<sup>2</sup>);
- gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRC</sub> presentano una netta predominanza di edifici con vulnerabilità alta V3, pari al 94%; tale percentuale si riduce al 60% per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

### Bibliografia

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 4 febbraio 2013 *Definizione delle procedure per il riconoscimento dei contributi per la ricostruzione privata, conseguente agli eventi sismici del 6 aprile 2009*, adottato ai sensi dell'articolo 67-quater, comma 9, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, conver-

- tito, con modificazioni, dalla legge 7 agosto 2012, n. 134. (13A01907) (GU Serie Generale n. 54 del 05/03/2013).
- Capri C., Fico R., Gualtieri R., Pecci D., Sacchini A., Venezi A., *Allegato tecnico del Modello Integrato per i Comuni del Cratere*, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, V15, settembre 2020.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle *Nuove norme tecniche per le costruzioni* di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008, Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma, 2009.
- Norme Tecniche per le Costruzioni*, DM 17/1/2018, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma, 2018.
- Bosetti & Gatti, Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 (G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, s.o. n. 28).
- Legge 24 giugno 2009, n. 77 *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile. (09G0088)*, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 147 del 27 giugno 2009.
- Decreto n. 45 del 17.2.2011, *Edifici di particolare pregio storico artistico - limite di contributo*, Il Commissario Delegato per la Ricostruzione Presidente della Regione Abruzzo 17.2.2011
- Aloisio A., Fragiaco M., D'Alò G., "Traditional T-F masonries in the city centre of L'Aquila—The baraccato aquilano", *International Journal of Architectural Heritage*, 15(3), 437-454, 2021.
- Milano L., Morisi C., Calderini C., Donatelli A. (a cura di), *L'Università e la ricerca per l'Abruzzo. Il patrimonio culturale dopo il terremoto del 06 aprile 2009*, Textus Edizioni, ISBN 978-88-87132-80-9, 2012.
- Valluzzi M.R., Sbrogiò L., Saretta Y., Wenliuhan H., "Seismic Response of Masonry Buildings in Historical Centres Struck by the 2016 Central Italy Earthquake. Impact of Building Features on Damage Evaluation", *International Journal of Architectural Heritage*, 1-26, 2021.
- Modena C., Valluzzi M.R., da Porto F., Casarin F., "Structural aspects of the conservation of historic masonry constructions in seismic areas: remedial measures and emergency actions", *International Journal of Architectural Heritage*, 5(4-5), 539-558, 2011.
- Formisano A., "Theoretical and numerical seismic analysis of masonry building aggregates: case studies in San Pio Delle Camere (L'Aquila, Italy)", *Journal of Earthquake Engineering*, 21(2), 227-245, 2017.

# 4.

## Il danno rilevato nel costruito dei centri storici

*Giuseppina De Martino, Elena Speranza, Antonio Mannella, Raffaello Fico, Marco Di Ludovico, Mauro Dolce, Andrea Prota*

Le procedure parametriche adottate nei centri storici del comune di L'Aquila e nei comuni minori del cratere prevedono la possibilità di acquisire informazioni che descrivono lo stato di danno delle componenti strutturali e non strutturali (strutture verticali, orizzontamenti, scale, solai e tamponature/partizioni) degli edifici oggetto di contributo. Tali informazioni sono state acquisite mediante la sezione 4 (danni ad elementi strutturali) della Scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica, Scheda AeDES [Baggio et al., 2014] compilata nella fase emergenziale o redatta nuovamente dal tecnico incaricato per la progettazione degli interventi e validata dai funzionari degli uffici speciali, anche a seguito di sopralluoghi. La necessità di redigere nuovamente la sezione del danno deriva da alcune prescrizioni previste dalle procedure parametriche. Per esempio, per il comune di L'Aquila, la procedura prevedeva di poter ridefinire sia l'individuazione dell'edificio definito nella fase di emergenza sia, in determinate condizioni, l'esito di agibilità attribuito in fase di emergenza; mentre per i comuni minori del cratere l'esito di agibilità poteva essere ridefinito solo se non era stato attribuito correttamente nella fase di emergenza (presenza di più esiti discordanti per lo stesso edificio, oppure esito D).

In ogni caso gli uffici competenti eseguono un'apposita istruttoria per la validazione dell'esito di agibilità proposto dal progettista. Nel caso dei comuni del cratere tale istruttoria è stata prima dell'avvio della procedura parametrica.

In questo capitolo, si procede ad una disamina del danno che parte dalla scala delle singole componenti fino ad arrivare alla scala dell'edificio e delle UMI. In particolare, si analizza, in primis il danno per componenti strutturali e il danno alle componenti più danneggiate in relazione ai principali indicatori di vulnerabilità analizzati al § 3.3. del capitolo precedente.

Non viene qui fornita una lettura critica del danno rilevato a seguito del sisma 2009, in quanto ciò richiederebbe, tra le altre cose, di correlare il livello di danno registrato con l'intensità sismica, e ciò esula dagli scopi di questa trattazione. I dati qui presentati hanno quindi la finalità di fornire una fotografia, il più possibile accurata di quanto rilevato, e di consentire al lettore di interpretare al meglio i dati relativi alle analisi dei costi d'intervento presentati nei capitoli successivi.

Si procede poi alla disamina del danno globale per l'intero edificio ottenuto mediante le metriche di conversione adottate in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019]. Tali metriche a partire dal danno rilevato mediante le schede AeDES consentono di passare dal danno alle componenti strutturali al danno globale per edificio. Il danno globale per edificio viene messo in relazione con la posizione dell'edificio nell'aggregato e con la vulnerabilità dell'edificio definita secondo i parametri richiamati nel § 3.3. Infine, si procede nel calcolare un danno di UMI pesato sulle superfici degli edifici che compongono ciascuna UMI prendendo in considerazione entrambe le metriche di conversione.

Come per il capitolo precedente, ogni grafico è proposto sia con riferimento agli edifici dei centri storici della città di L'Aquila, sempre rappresentati a sinistra nelle figure e individuati dalla lettera (a), sia con riferimento agli edifici dei centri storici dei comuni minori del cratere, a destra nelle figure, individuati dalla lettera (b).

## 4.1. Danno rilevato per le singole componenti strutturali

La scheda AeDES è finalizzata al rilevamento speditivo delle caratteristiche tipologiche, del danno e dell'agibilità degli edifici ordinari nella fase di emergenza che segue il terremoto. Essa si riferisce al singolo edificio, dove per edificio si intende un'unità strutturale "cielo-terra" (di tipologia costruttiva ordinaria), individuabile per caratteristiche tipologiche e quindi distinguibile dagli edifici adiacenti per tali caratteristiche e anche per differenza di altezza e/o piani sfalsati, ecc. Sebbene la scheda non rappresenti uno strumento per la valutazione della sicurezza sismica, la sezione 4, riportata in Figura 4.1, consente di archiviare le informazioni relative alla severità e all'estensione del danno alle componenti strutturali e non strutturali quali: i) strutture verticali; ii) orizzontamenti; iii) scale; iv) copertura e v) partizioni/tamponature. La severità del danno, a parte il caso di danno nullo,  $D0$ , è raggruppata in tre livelli, definiti nel *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)* come segue:

i) **danno leggero, D1** è un danno che non cambia in modo significativo la resistenza della struttura e non pregiudica la sicurezza degli occupanti a causa di possibili cadute di elementi non strutturali: *lesioni non passanti attraverso l'intero spessore, caratterizzate da ampiezza minore di 1 mm, distribuite nelle murature e negli orizzontamenti senza espulsione di materiale, lievissimi inizi di dislocazioni (molto minori di 1 mm) fra porzioni di strutture portanti, ad esempio fra muri e solai o fra muri e scale. Dissesti molto limitati alle coperture più deformabili (legno o acciaio), con conseguente caduta di qualche tegola ai bordi. Come conseguenza possono verificarsi cadute di piccoli pezzi di intonaco o di stucco non legati alla muratura e degradati.*

ii) **danno medio grave D2-D3** è un danno che potrebbe anche cambiare in modo significativo la resistenza della struttura, senza che però venga avvicinato palesemente il limite del crollo parziale di elementi strutturali principali: *lesioni di maggiore gravità rispetto al D1, anche con espulsioni di materiale e con ampiezza di qualche mm (fino a circa 1 cm) o più ampie in prossimità delle aperture, sintomi di lesioni da schiacciamento, distacchi significativi fra solai e/o scale e pareti e fra pareti ortogonali, qualche sconnessione nell'orditura secondaria di solai. Lesioni nelle volte di qualche mm e/o con sintomi di schiacciamento. Nelle coperture in legno o in acciaio con manto di tegole, sconnessioni nell'orditura secondaria e spostamenti apprezzabili (fino a circa 1 cm) degli appoggi delle travi principali, sconnessioni nell'orditura secondaria e caduta di porzioni del manto di tegole. Fuori piombo visibili riconducibili al sisma ma comunque molto inferiori all'1%.*

iii) **Danno gravissimo, D4-D5** danno gravissimo: è un danno che modifica in modo evidente la resistenza della struttura portandola vicino al limite del crollo parziale o totale di elementi strutturali principali.

Livello-estensione  Componente strutturale- Danno preesistente		Danno <sup>(1)</sup>									
		D4 - D5 Gravissimo			D2 - D3 Medio Grave			D1 Leggero			Nullo
		2/3 ^	1/3 - 2/3	1/3 v	2/3 ^	1/3 - 2/3	1/3 v	2/3 ^	1/3 - 2/3	1/3 v	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Strutture verticali	<input type="checkbox"/>									
2	Solai	<input type="checkbox"/>									
3	Scale	<input type="checkbox"/>									
4	Copertura	<input type="checkbox"/>									
5	Tamponature - Tramezzi	<input type="checkbox"/>									
6	Danno preesistente	<input type="checkbox"/>									

Figura 4.1. Scheda AeDES – Sezione 4 (rilievo del danno).

Per quanto concerne l'estensione è possibile indicare per ciascuna componente se l'estensione relativa alla severità del danno è  $<1/3$ , tra  $1/3$  e  $2/3$  o  $>2/3$  con riferimento all'intero edificio. Per ciascuna componente strutturale la scheda prevede di selezionare più di un danno presente (ad es. danno D4-D5 su  $<1/3$  dell'estensione e danno D2-D3 su  $1/3-2/3$ ), a patto che la somma dei relativi coefficienti di estensione sia  $\leq 1,00$ .

Il dato del danno è di seguito analizzato per 1.998 edifici rispetto al totale di 2.029 edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> e 3.382 edifici rispetto al totale di 3.908 edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRC</sub>, vale a dire il 98% e l'87% del campione, rispettivamente.

Per i centri storici di L'Aquila, il dato del danno non è disponibile per 31 edifici prevalentemente per problemi di informatizzazione delle schede. Tale numero aumenta a 526 per i centri storici dei comuni minori.

In Tabella 4.1 e Tabella 4.2 è riportato, in funzione dell'esito di agibilità, il numero di edifici in muratura del campione e il numero di edifici per i quali è disponibile la descrizione del danno, rispettivamente per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub>.

In Figura 4.2 è riportata la distribuzione percentuale della severità del danno rilevata per ciascuna componente strutturale del costruito aquilano (a) e quello dei centri storici minori (b). Nel caso in cui, per le componenti in esame, sono state riportate più informazioni sulla severità del danno, è stato rappresentato il dato relativo alla severità massima.

Tabella 4.1. Distribuzione del danno per gli edifici in muratura del Comune di L'Aquila.

<b>Esito di agibilità</b>	<b>n. di edifici in muratura</b>	<b>n. di edifici in muratura con indicazione del danno</b>
A	166	165
BC	252	238
E	1.611	1.595
Totale	2.029	1.998

Tabella 4.2. Distribuzione per gli edifici in muratura dei comuni minori del cratere.

<b>Esito di agibilità</b>	<b>n. di edifici in muratura</b>	<b>n. di edifici in muratura con indicazione del danno</b>
A	885	599
BC	800	567
E	2.223	2.216
Totale	3.908	3.382

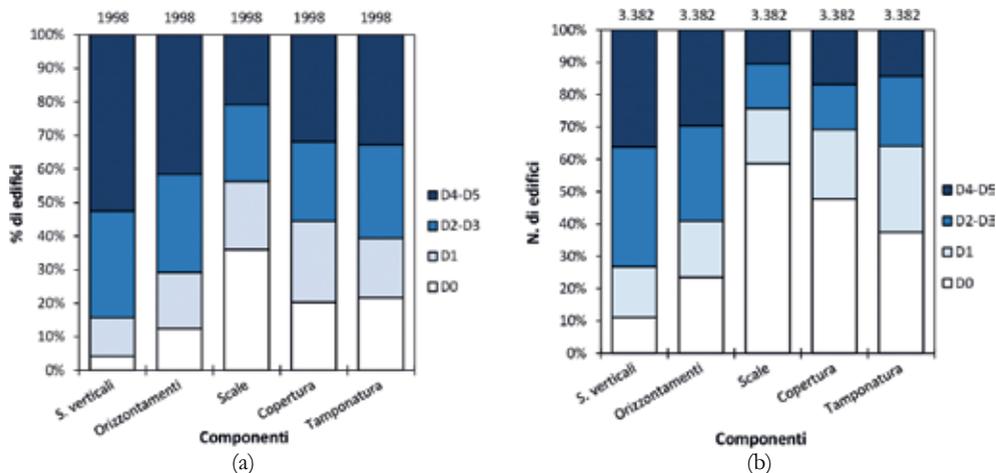


Figura 4.2. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno alle strutture per le componenti strutturali e non strutturali degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

Dai grafici di Figura 4.2 emerge che il costruito aquilano ha registrato danni più severi rispetto a quello dei centri storici minori. Inoltre, le componenti che si sono danneggiate di più sono risultate le strutture verticali e gli orizzontamenti per entrambi i campioni di edifici.

La Figura 4.2a mostra che solo il 4% del campione di dati degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> presenta danno nullo alle strutture verticali e il 12% alle strutture orizzontali; mentre per gli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRC</sub> tali percentuali aumentano al 10% e 22% rispettivamente.

Interessante è la relazione intercorrente tra il danno alle componenti maggiormente danneggiate (strutture verticali ed orizzontamenti) e le caratteristiche del costruito.

Le caratteristiche prese in esame sono alcuni degli indicatori riportati al § 3.1 e relativi a strutture verticali (qualità muraria e presenza di cordoli e catene) e agli orizzontamenti.

Tale analisi è condotta per i soli edifici per cui è nota sia l'informazione del danno che quella relativa alle caratteristiche costruttive. Pertanto, il campione analizzato è pari a 1.841 edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> e 2.115 edifici afferenti alle UMI<sub>USRC</sub>.

La distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno massimo riscontrato sulle strutture verticali in funzione della qualità muraria degli

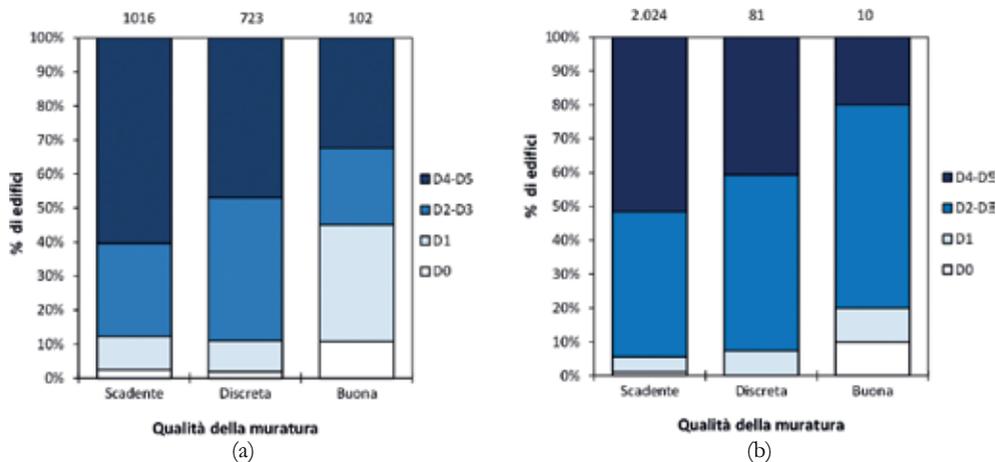


Figura 4.3. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno alle strutture verticali in funzione della qualità muraria degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

edifici è rappresentata in Figura 4.3. Come atteso, sia per il comune di L'Aquila (Figura 4.3a), che per i restanti comuni del Cratere (Figura 4.3b) appare evidente come ad una qualità muraria inferiore sia associato un livello di danno più elevato.

Spostando l'attenzione sulla qualità delle connessioni murarie, definita su tre livelli di connessione tra le murature stesse (assenti, non presenti sistematicamente irregolari, presenti regolari), si nota che per gli edifici ricompresi nei centri storici del comune di L'Aquila si riscontra una decisa corrispondenza tra la qualità delle connessioni murarie e il livello di danno (Figura 4.4); gli edifici con connessioni murarie migliori presentano mediamente un livello di danno più contenuto alle strutture verticali. Il livello di danno D4-D5 passa, infatti, dal 61% per edifici con assenza di connessioni al 22% per edifici con connessioni regolari nel caso dei centri storici aquilani (Figura 4.4a). Per i comuni del cratere tale correlazione, seppur ancora presente, è meno evidente: il livello di danno D4-D5 passa dal 52% per edifici con assenza di connessioni al 44% per edifici con connessioni regolari n (Figura 4.4b). Ciò probabilmente è dovuto sia alla maggiore uniformità delle tipologie costruttive adottate, sia alla maggiore variabilità dell'azione sismica a cui i comuni del cratere sono stati sottoposti.

Rimanendo in tema di collegamenti, nel grafico di Figura 4.5 è rappresentata la correlazione tra il danneggiamento delle strutture verticali e la qualità delle connessioni tra le stesse e gli orizzontamenti. Per entrambe le procedure parametriche la qualità dei collegamenti tra orizzontamenti e strutture verticali è espres-

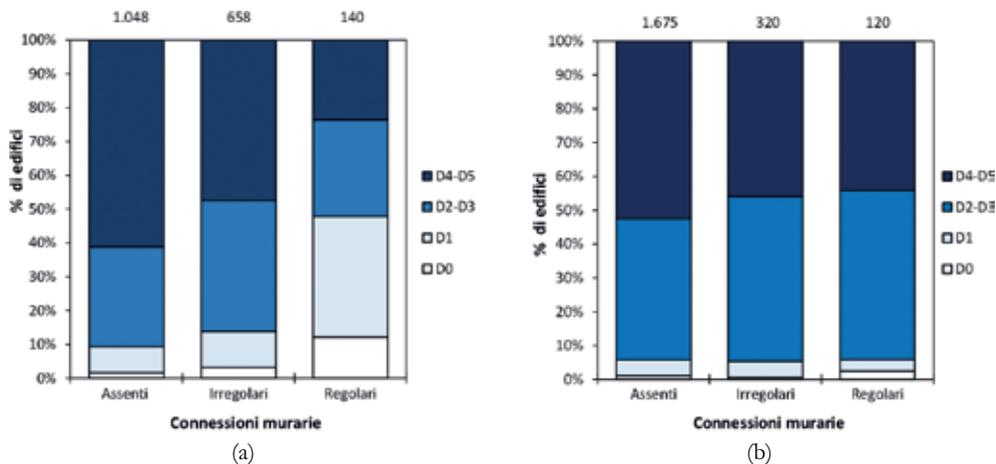


Figura 4.4. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno alle strutture verticali in funzione delle connessioni murarie degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

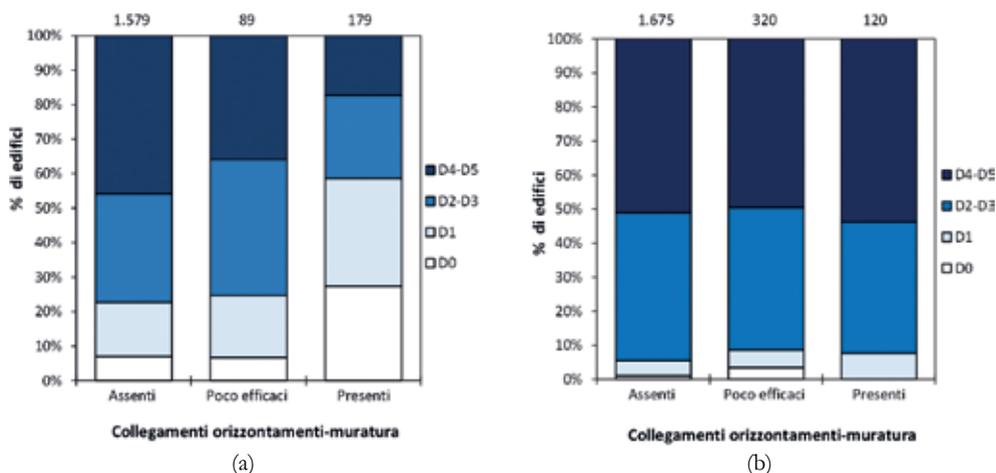


Figura 4.5. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno agli orizzontamenti e collegamenti tra orizzontamenti e muratura degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

sa in tre valori, corrispondenti a collegamenti assenti/inefficaci, poco efficaci ed efficaci. Il grafico mostra che solo per il comune di L'Aquila, gli edifici con collegamenti assenti o inefficaci presentano livelli di danno più elevati degli edifici con orizzontamenti collegati efficacemente alle strutture verticali.

In Figura 4.6 è rappresentata la correlazione tra il danno rilevato agli orizzontamenti e la tipologia delle strutture orizzontali. Dai grafici emerge che il livello di danno subito dagli orizzontamenti dipende sensibilmente dalla tipologia costruttiva. La percentuale di edifici con danno gravissimo D4-D5 agli orizzontamenti diminuisce passando da volte a solai rigidi (solaio latero-cementizio o solaio tipo SAP).

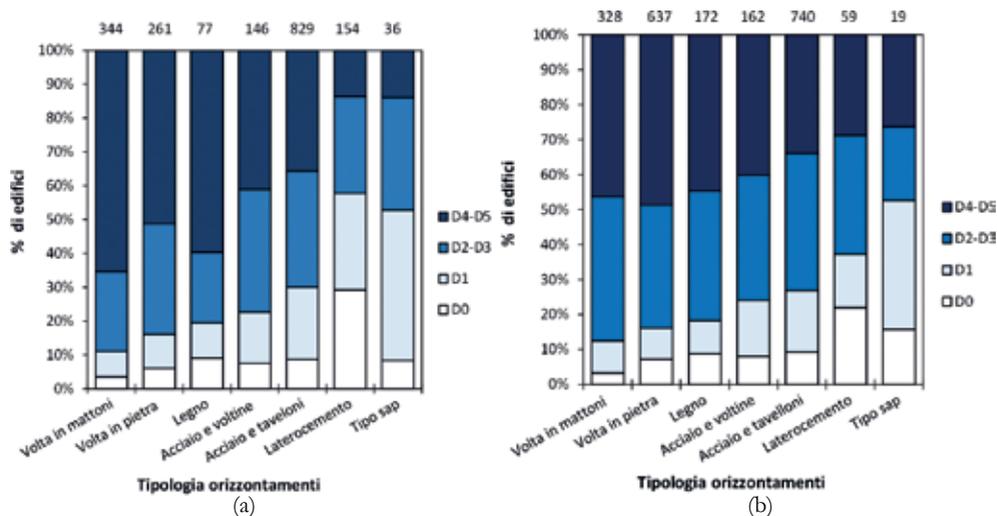


Figura 4.6. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del livello di danno agli orizzontamenti e tipologie di orizzontamenti degli edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

Analogamente per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> le volte in mattoni appaiono essere le strutture più vulnerabili, seguite dalle volte in pietra e dagli orizzontamenti in legno. In genere le volte in pietra sono presenti nei piani bassi degli edifici, inoltre queste ultime, frequentemente sono realizzate con i mattoni disposti “in foglio”, ovvero nel verso dello spessore minore del mattone (tipicamente 5-6 cm), quindi presentano una vulnerabilità molto elevata dovuta alla geometria della volta stessa. Gli orizzontamenti in putrelle in ferro e voltine sono frequenti nell’appennino centrale: in uso, a partire dagli anni ’20 del secolo scorso, sono realizzati ponendo in opera travetti costituiti da putrelle in ferro, tra i quali sono interposte delle voltine con i laterizi disposti in foglio.

Sia per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> che per quelli afferenti alle UMI<sub>USRC</sub> gli orizzontamenti complessivamente meno danneggiati sono quelli indicati ge-

nericamente come laterocemento oppure quelli di tipo SAP, una tipologia strutturale di solaio in laterocemento molto utilizzata nell'immediato dopoguerra.

Tuttavia, va notato che le tendenze riportate in Figura 4.6 non tengono conto delle correlazioni incrociate tra i parametri considerati: ad esempio, la presenza di tiranti è generalmente accoppiata con la presenza di solai rigidi, mentre la presenza di cordoli/ catene possono avere un'influenza trascurabile sui danni in strutture molto irregolari o in murature di cattiva qualità.

## 4.2. Danno globale

I livelli di danno riportati nella scheda AeDES sono definiti in accordo alla scala macrosismica europea, EMS-98 [Grunthal, 1998]. Rispetto a tale scala sussistono due differenze sostanziali: la scheda AeDES riporta tre livelli di danno (D1, D2-D3, D4-D5), oltre al danno nullo (D0), a fronte dei cinque riportati nell'EMS-98 (danno trascurabile o lieve, *DS1*, danno moderato, *DS2*, danno sostanziale o grave, *DS3*, danno molto grave, *DS4*, collasso, *DS5*); il dato del danno è riferito a quattro componenti strutturali e ad una componente non strutturale, mentre nell'EMS-98 ci si riferisce all'intero edificio.

Nel corso degli anni sono state adottate diverse metriche di conversione del danno alle componenti strutturali e non strutturali in danno globale dell'edificio [Dolce et al., 2001]; Di Pasquale e Goretti, 2001; Goretti e Di Pasquale, 2004; Rota et al., 2008; Dolce e Goretti, 2015; Del Gaudio et al., 2019; Dolce et al., 2019]. Nel presente paragrafo sono state adottate le procedure proposte in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019] per convertire il danno alle componenti strutturali e non strutturali in danno globale dell'edificio.

La procedura proposta in [Rota et al., 2008] prende in considerazione il danno massimo tra quello registrato alle strutture verticali (SV), agli orizzontamenti (O) e alle coperture (C) per definire il danno globale dell'edificio. La scelta di utilizzare il danno massimo, soprattutto nei casi in cui è consentita la scelta multipla, è dettata dalla necessità di utilizzare un criterio univoco. Inoltre, il danno massimo osservato è di solito l'elemento principale che influenza la valutazione dell'agibilità dell'edificio. I tre livelli di danno e le relative estensioni definiti secondo la scheda AeDES sono convertiti in danno globale secondo la metrica riportata nella Tabella 4.3.

La metrica riportata in [Dolce et al., 2019] tiene conto solo dei danni alle strutture verticali; essa, tuttavia, si basa anche sull'estensione di tale danno al fine di convertire il danno di componente nei gradi di danno di edificio in accordo a quanto previsto dall'EMS '98. Rispetto alla procedura riportata in [Rota et

Tabella 4.3. Metrica di conversione del danno alle componenti strutturali in danno globale secondo [Rota et al., 2008].

Severità del danno alle componenti	Estensione del danno (max SV, O,C)	Danno globale
D0	-	DS0
D1	< 1/3	DS1
	1/3-2/3	DS1
	> 2/3	DS1
D2-D3	< 1/3	DS2
	1/3-2/3	DS3
	> 2/3	DS3
D4-D5	< 1/3	DS4
	1/3-2/3	DS4
	> 2/3	DS5

al., 2008], la metrica di conversione non considera il danno massimo in caso di multi-scelta ma valuta le varie combinazioni tra severità ed estensione del danno in accordo a quanto riportato nella Tabella 4.4.

In Figura 4.7 e in Figura 4.8 è rappresentata la distribuzione del danno globale degli edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  (a) e alle  $UMI_{USRC}$  (b) valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019] rispettivamente. Come già evidenziato in altri paragrafi, nel Comune di L'Aquila si riscontra un danno mediamente maggiore rispetto a quello dei comuni del cratere. Considerando la metrica [Rota et al., 2008] (Figura 4.3), gli edifici con danno elevato,  $DS4$ , o molto elevato,  $DS5$ , rappresentano il 60% del campione di edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  e il 45% del campione di edifici afferenti alle  $UMI_{USRC}$ ; quelli con danno moderato agli elementi strutturali e a danno elevato agli elementi non strutturali,  $DS3$ , rappresentano il 16% del campione di edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  e il 29% del campione di edifici afferenti alle  $UMI_{USRC}$ .

La metrica riportata in [Dolce et al., 2019] (Figura 4.3), restituisce livelli di danno mediamente minori rispetto a quelli determinati con la metrica riportata in [Rota et al., 2008] a causa del fatto che è riferita all'estensione del danno e non solo al massimo danno ed inoltre non tiene conto del danno agli orizzontamenti e alle coperture. Per quanto riguarda gli edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  (Figura 4.3a e Figura 4.3a), una sostanziale differenza tra le due metriche si riscontra soprattutto per gli edifici con danno  $DS3$  (16% vs 29%) e  $DS4$  (42% vs 25%). Per quanto riguarda gli edifici afferenti alle  $UMI_{USRC}$  (Figura 4.7b e Figura 4.8b), una sostanziale differenza tra le due metriche si riscontra oltre che per gli edifici con danno  $DS3$  (20% vs 38%) e  $DS4$  (33% vs 12%), anche per gli edifici con danno  $DS5$  (12% vs 8%).

Tabella 4.4. Metrica di conversione del danno alle componenti strutturali in danno globale secondo [Dolce et al., 2019].

	D4-D5	D2-D3	D1	Nulla	Livello di danno
Estensione del danno (max SV)				✓	0
			< 1/3		1
			1/3-2/3		1
			> 2/3		1
		< 1/3			2
		< 1/3	< 1/3		2
		< 1/3	1/3-2/3		2
		< 1/3	> 2/3		2
		1/3-2/3	< 1/3		3
		1/3-2/3	1/3-2/3		3
		1/3-2/3			3
		> 2/3			3
		> 2/3	< 1/3		3
		< 1/3			3
		< 1/3	< 1/3		3
		< 1/3	1/3-2/3		3
		< 1/3	> 2/3		3
		< 1/3	< 1/3		3
		< 1/3	< 1/3	< 1/3	3
		< 1/3	1/3-2/3		4
		< 1/3	> 2/3		4
		1/3-2/3			4
		1/3-2/3	< 1/3		4
		1/3-2/3	1/3-2/3		4
		1/3-2/3	< 1/3		4
		1/3-2/3	1/3-2/3		5
		> 2/3			5
		> 2/3	< 1/3		5
		> 2/3	< 1/3		5

In Figura 4.9 e in Figura 4.10 è rappresentata la distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale in funzione della posizione dell'edificio nell'aggregato per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b). Sia per il Comune di L'Aquila, che per i comuni del Cratere, gli edifici "interni" all'aggregato, ovvero circondati da altri edifici almeno su due lati, presentano un danneggiamento leggermente minore degli edifici d'estremità o d'angolo. Si segna-

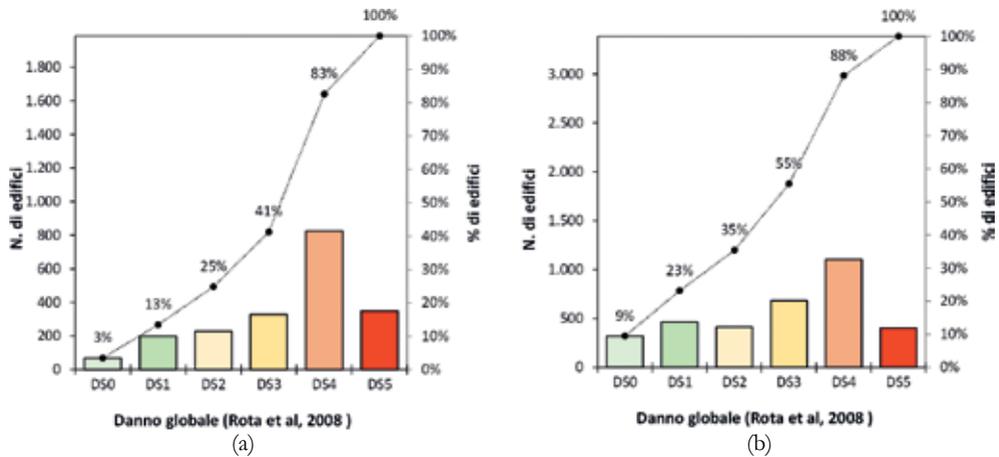


Figura 4.7. Distribuzione degli edifici in funzione del danno globale definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

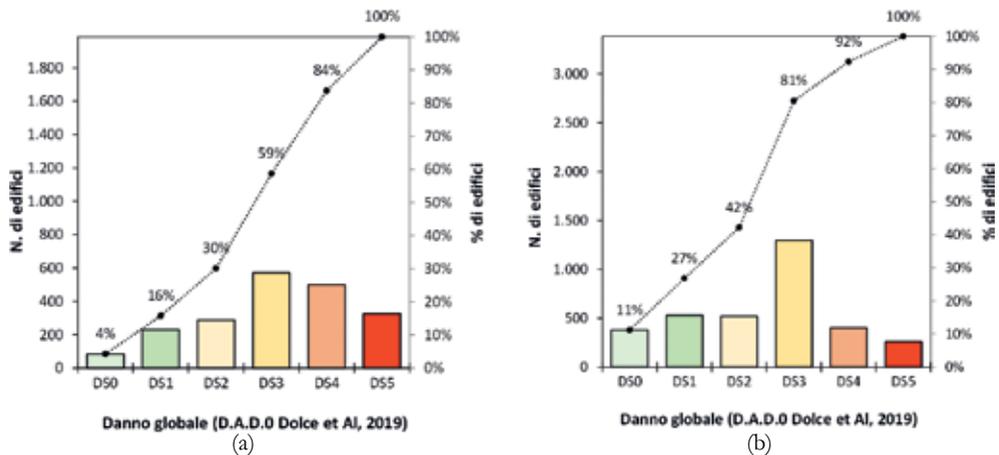


Figura 4.8. Distribuzione degli edifici in funzione del danno globale definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

la inoltre gli edifici isolati presentano un livello di danno maggiore degli edifici in aggregato. Le due metodologie utilizzate per la determinazione dell'indice di danno sintetico forniscono distribuzioni simili.

Nei capitoli 2 e 3 e sono stati descritti gli indicatori di vulnerabilità per ciascuna procedura parametrica ed i punteggi assegnati ad ognuno di essi al fine di associare un livello di vulnerabilità a ciascun edificio in una scala predefinita. Gli

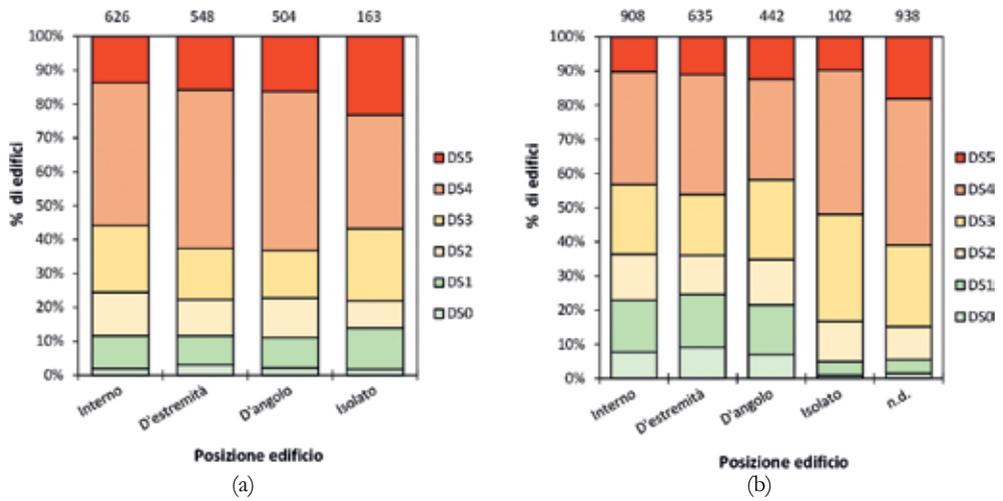


Figura 4.9. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione della posizione dell'edificio nell'aggregato.

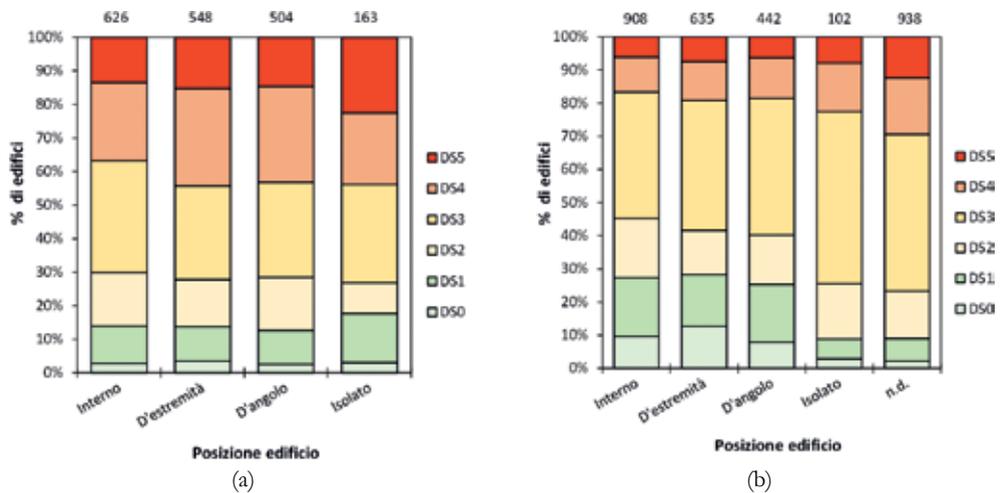


Figura 4.10. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione della posizione dell'edificio nell'aggregato.

indicatori di vulnerabilità considerati nelle due procedure sono perlopiù sovrapponibili, a meno di limitate differenze semantiche; invece, sia i punteggi assegnati che le scale di riferimento sono diverse per le due procedure. Pertanto, al fine di uniformare la trattazione e permettere un confronto tra gli edifici situati nel comune di L'Aquila e nei comuni del cratere, le scale sono state uniformate tra loro utilizzando come riferimento i punteggi e la scala di vulnerabilità adottati nella procedura MIC. Coerentemente con quanto previsto in tale procedura, in funzione del punteggio raggiunto da ogni edificio, è stata assegnata una delle seguenti classi di vulnerabilità: bassa,  $V_1$ , media,  $V_2$ , e alta,  $V_3$ .

Nei grafici di Figura 4.11 e di Figura 4.12 è rappresentata la correlazione tra classe di vulnerabilità e il danno globale ottenuto facendo riferimento, rispettivamente, alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] e in [Dolce et al., 2019]. Dai grafici emerge che per entrambe le metriche di conversione si registra un trend crescente del danneggiamento all'aumentare della vulnerabilità degli edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  (a) e  $UMI_{USRC}$  (b). Inoltre, nella Figura 4.11 si osserva una distribuzione del danno DS4 e DS5 simile per i due campioni di edifici con vulnerabilità media,  $V_2$ , e alta,  $V_3$ .

Tale distribuzione cambia notevolmente prendendo in esame la metrica riportata in [Dolce et al., 2019], anche se si mantiene la buona correlazione tra vulnerabilità globale e livello di danneggiamento, come si evince dalla Figura 4.12.

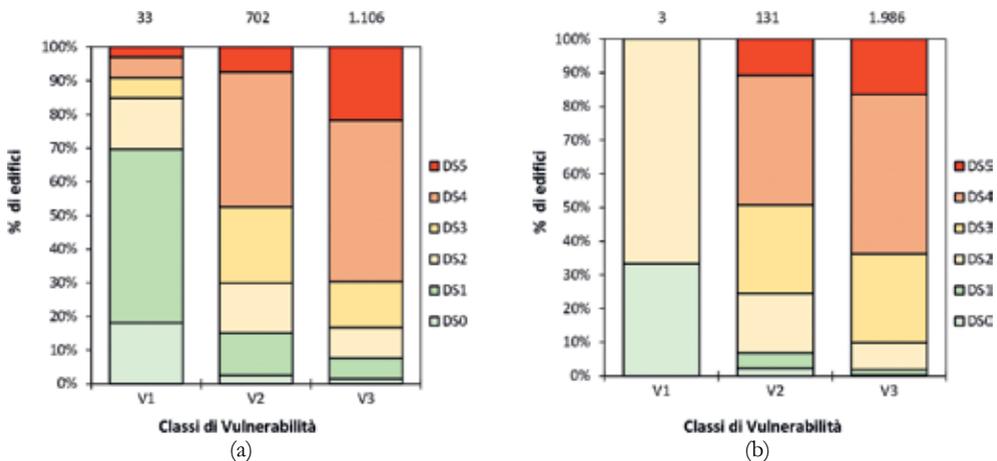


Figura 4.11. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  (a) e alle  $UMI_{USRC}$  (b) in funzione della classe di vulnerabilità.

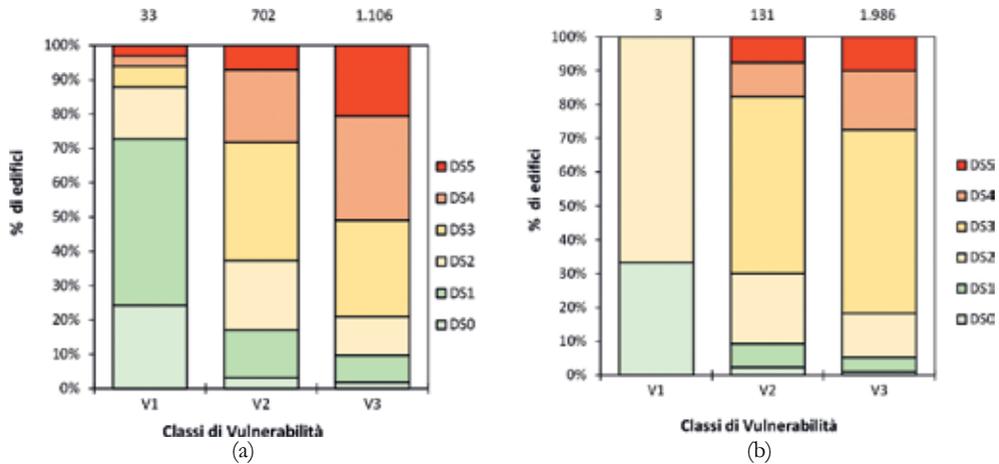


Figura 4.12. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione della classe di vulnerabilità.

### 4.3. Indice di danno per UMI

I rilievi di agibilità condotti in fase emergenziale a seguito del sisma del 2009, anche nel caso degli aggregati di edifici, prevedono l'individuazione dei singoli edifici, intesi come unità strutturali cielo terra indipendenti, e il rilievo, per questi ultimi, delle condizioni di agibilità e danno. Le attività di ricostruzione dei centri storici danneggiati dal sisma del 2009 fanno invece riferimento all'intero aggregato, oppure, nel caso in cui questo sia molto esteso, alle Unità Minime d'Intervento, UMI. Da ciò ne deriva, come riportato anche nel § 3.1, che ciascun aggregato / UMI può essere costituito da edifici con il medesimo esito di agibilità (UMI mono-esito costituite da un edificio o da più edifici) o da edifici con esiti differenti. Ovviamente anche a parità di esito negli edifici si possono riscontrare danni globali differenti. In Figura 4.13 sono riportate le distribuzioni delle percentuali di edifici al variare del danno globale valutato mediante la metrica [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di UMI (mono-edificio; mono-esito\_pluri-edificio, pluri-esito) per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b). Analogamente in Figura 4.14 sono riportate le distribuzioni del danno globale valutato mediante la metrica [Dolce et al., 2019]. Si osservi che il campione di edifici è relativo a 1.266 UMI di cui si conosce il danno globale di tutti gli edifici che le compongono (79% delle UMI trattate nel capitolo 3). Pertanto, le distribuzioni sono valutate su 1.802 edifici afferenti a 564 UMI<sub>USRA</sub> e su 3.025 edifici afferenti a 702 UMI<sub>USRC</sub>.

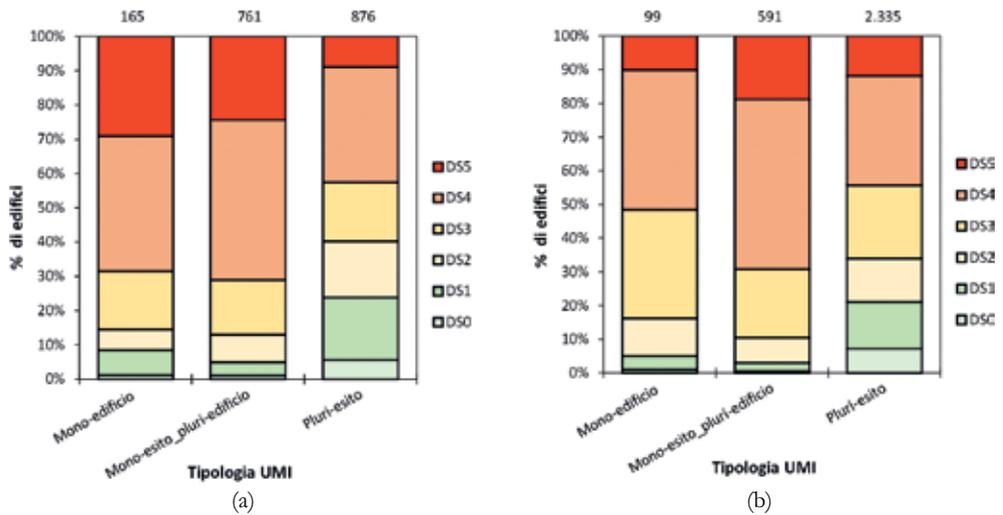


Figura 4.13. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione della tipologia di UMI.

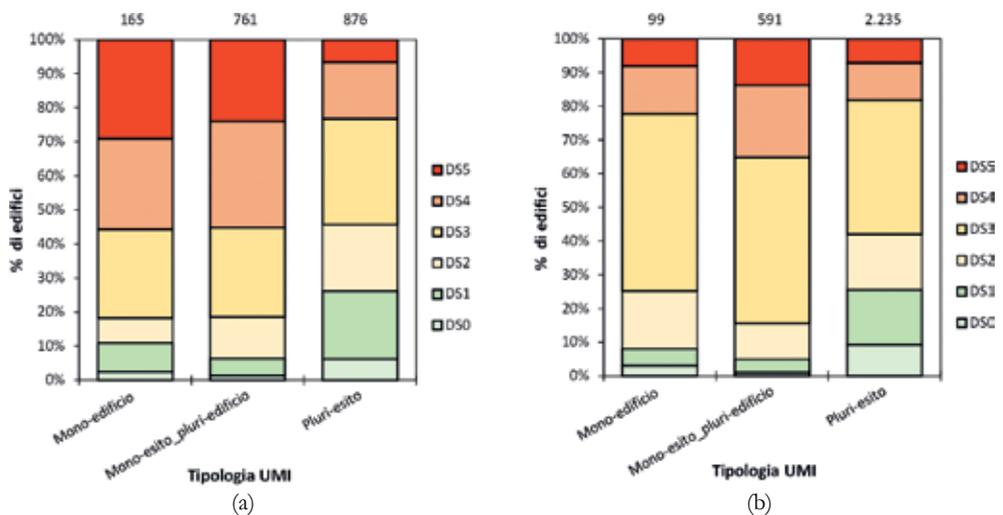


Figura 4.14. Distribuzione percentuale degli edifici al variare del danno globale definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione della tipologia di UMI.

Al fine di analizzare il danno alla scala delle UMI e non più dell'edificio, si è ritenuto necessario in questo paragrafo utilizzare per le analisi di danno l'indice di danno,  $I_{DS,UMI}$ . Ciascuna UMI è costituita da un numero variabile di edifici con danni e superfici lorde complessive differenti (Figura 4.15).



Figura 4.15. Distribuzione in pianta degli edifici costituenti la UMI ed individuazione della superficie lorda complessiva di edificio  $S_{c,i}$  e dell'UMI,  $S_{c,UMI}$ .

Per tener conto di tale variabilità, l' $I_{DS,UMI}$  è stato valutato pesando il danno dell' $i$ -esimo edificio costituente la UMI mediante il rapporto tra la superficie lorda complessiva dell' $i$ -esimo edificio,  $S_{c,i}$  e la superficie lorda complessiva dell'intera UMI in esame,  $S_{c,UMI}$ , secondo la seguente espressione:

$$I_{DS,UMI} = \sum_i \frac{DS_i * S_{c,i}}{S_{c,UMI}} \quad 2)$$

dove

- $I_{DS,UMI}$  è l'indice di danno dell'UMI, variabile tra 0 e 5;
- $DS_i$  è il danno globale dell' $i$ -esimo edificio valutato in accordo alla metrica [Rota et al., 2008] o [Dolce et al., 2019], variabile anch'esso tra 0 e 5;
- $S_{c,i}$  è la superficie lorda complessiva dell' $i$ -esimo edificio;
- $S_{c,UMI}$  è la superficie lorda dell'intera UMI (somma delle  $S_{c,i}$  degli edifici che costituiscono l'UMI in esame).

L' $I_{DS,UMI}$  è quindi stato discretizzato in sei valori, tra 0 e 5, operando come illustrato nella Tabella 4.7.

La distribuzione del numero di edifici in funzione dell' $I_{DS,UMI}$ , calcolato a partire dal danno globale degli edifici valutato mediante la metrica [Rota et al., 2008] è riportata in Figura 4.16 per le UMI<sub>USRA</sub> (a) e per le UMI<sub>USRC</sub> (b). Sia per il costruito dei centri storici di L'Aquila che per quello dei centri storici minori si registra un trend crescente del numero di edifici al crescere del danno fino a IDS4 e poi un trend decrescente.

Tabella 4.7. Modalità di discretizzazione dell'indice di danno della UMI.

Indice di danno della UMI	Valore assegnato
$I_{DSUMI} = 0$	$I_{DS0}$
$0 < I_{DSUMI} < 1$	$I_{DS1}$
$1 \leq I_{DSUMI} < 2.0$	$I_{DS2}$
$2.0 \leq I_{DSUMI} < 3.0$	$I_{DS3}$
$3.0 \leq I_{DSUMI} < 4.0$	$I_{DS4}$
$I_{DSUMI} \geq 4.0$	$I_{DS5}$

Calcolando l' $I_{DS,UMI}$  a partire dal danno globale valutato mediante la metrica [Dolce et al., 2019], per il costruito dei centri storici aquilani si mantiene il trend riscontrato con l'altra metrica anche se il numero di UMI con  $I_{DS3}$  aumenta sensibilmente a discapito del numero di UMI con  $I_{DS4}$  e  $I_{DS5}$  (Figura 4.17). Per il costruito dei centri storici minori si registra sempre un trend crescente e poi decrescente del numero di edifici al crescere del danno, ma il picco si registra in corrispondenza dell' $I_{DS3}$  invece dell' $I_{DS4}$ .

Essendo ottenuto come media pesata dei danni degli edifici che costituiscono le UMI, la distribuzione del danno rappresentato in tale figura ricalca quella rappresentata nella precedente Figura 4.3. Nei capitoli successivi saranno proposte alcune correlazioni tra l'indice di danno per UMI e alcuni indicatori dei costi d'intervento.

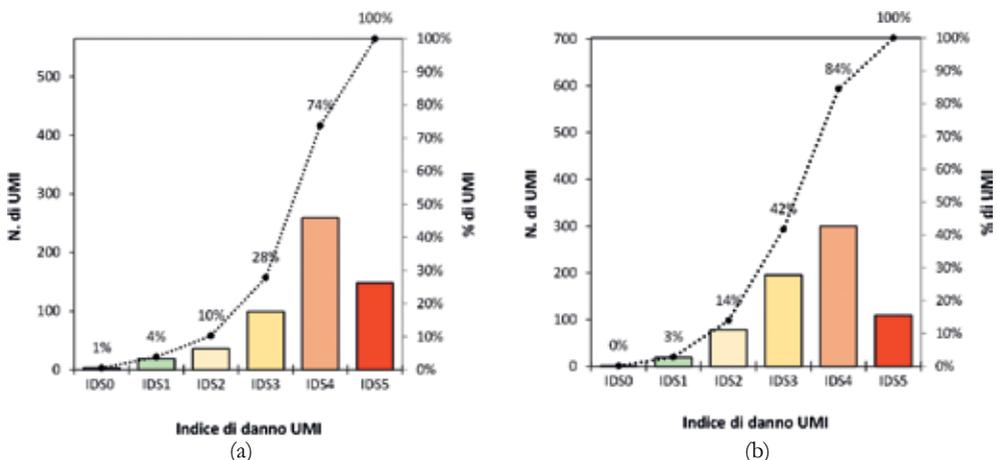


Figura 4.16. Indice di danno per UMI, calcolato a partire dagli indici di danno degli edifici calcolati secondo la metrica [Rota et al., 2008] per le UMI<sub>USRA</sub> (a) e per le UMI<sub>USRC</sub> (b).

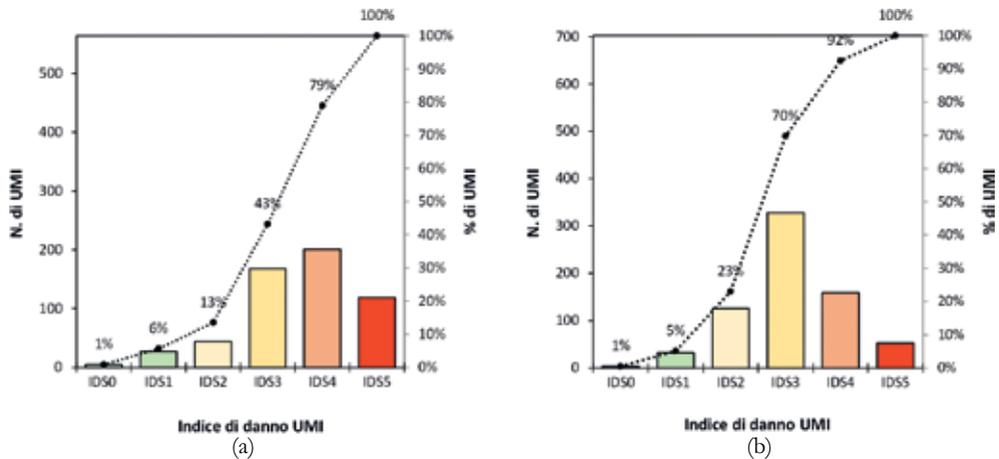


Figura 4.17. Indice di danno per UMI, calcolato a partire dagli indici di danno degli edifici calcolati secondo la metrica [Dolce et al., 2019] per le UMI<sub>USRA</sub> (a) e per le UMI<sub>USRC</sub> (b).

## 4.4. Conclusioni

Le analisi proposte in questo capitolo sono basate sui dati di danno raccolti nei database delle due procedure parametriche, integrati in parte, per USRC, con i dati di danno provenienti dalla sezione 4 delle schede AeDES compilate nella fase emergenziale. Sono stati analizzati i dati di danno relativi a 1.998 edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> e 3.382 edifici in muratura afferenti alle UMI<sub>USRC</sub>.

Dall'analisi dei dati proposti in questo capitolo emerge che:

- il costruito della città di L'Aquila ha subito danni mediamente più severi rispetto a quello dei centri storici minori;
- in entrambi i campioni analizzati, gli edifici con qualità muraria migliore presentano una distribuzione del danno più favorevole;
- per gli edifici della città di L'Aquila è evidente una diminuzione del danneggiamento all'aumentare della qualità delle connessioni murarie e della qualità delle connessioni tra orizzontamenti e murature;
- il danno degli edifici è influenzato significativamente dalla qualità degli orizzontamenti.

Nel capitolo è stata proposta anche un'analisi del danno globale con riferimento a due metriche di conversione del danno espresso nella sezione 4 della scheda AeDES; la distribuzione dei livelli di danno globale ottenuti con le due metriche sono diversi, anche se viene mostrato lo stesso andamento qualitativo. In particolare, con riferimento alle classi di vulnerabilità definite nelle due proce-

ture parametriche, entrambe le distribuzioni evidenziano un incremento dei livelli di danno al crescere della classe stessa.

Nell'ultimo paragrafo è stata proposta la definizione di un indice di danno per UMI, volta a semplificare la gestione delle attività di ricostruzione degli aggregati edilizi, ottenuto semplicemente come media pesata degli indici di danno degli edifici che lo compongono.

## Bibliografia

- Baggio C., Bernardini A., Colozza R., Corazza L. Della Bella M., Di Pasquale G., Dolce M., Goretti A., Martinelli A., Orsini G., Papa F., Zuccaro G., *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post sismica (AEDS)*, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2014.
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Di Meo A., Faravelli M., Pascuale V., "Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. Webgis", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 60(2), 141-164, 2019.
- Rota M., Penna A., Strobbia C.L., "Processing Italian damage data to derive typological fragility curves", *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 28, 933-947, 2008.
- Dolce M., Moroni C., Samela, C., Marino, M., Masi, A., Vona, M., *Una Procedura di Normalizzazione del Danno per la Valutazione degli Effetti di Amplificazione Locale*, Proceedings of the X National conference of seismic engineering in Italy, Potenza-Matera, 9-13 September 2001 (in Italian).
- Di Pasquale G., Goretti A., *Functional and economic vulnerability of residential buildings affected by recent Italian earthquakes*, Proceedings X National conference of seismic engineering in Italy, Potenza-Matera, 9-13 September 2001 (in Italian).
- Goretti A., Di Pasquale G., "Building inspection and damage data for the 2002 Molise, Italy, earthquake", *Earthq Spectra* 20 (special Issue I), pp. 167-190, 2004.
- Dolce M., Goretti A., "Building damage assessment after the 2009 Abruzzi earthquake", *Bulletin of Earthquake Engineering*, Springer, 2015.
- Grunthal G., "European Macroseismic Scale 1998", *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 15, pp. 1-97, Luxembourg, 1998.
- Del Gaudio C., De Martino G., Di Ludovico M., Manfredi G., Prota A., Ricci P., Verderame G., "Empirical fragility curves from damage data on RC buildings after the 2009 L'Aquila earthquake", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2017.
- Del Gaudio C., De Martino G., Di Ludovico M., Manfredi G., Prota A., Ricci P., Verderame G., "Empirical fragility curves for masonry buildings after the 2009 L'Aquila, Italy, earthquake", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2019.

# 5.

## Interventi di riparazione, rafforzamento locale e miglioramento sismico

*Antonio Mannella, Giuseppina De Martino, Raffaello Fico, Marco Di Ludovico, Mauro Dolce, Andrea Prota*

Le procedure parametriche adottate nei centri storici colpiti dal sisma del 2009, insieme alle norme urbanistiche e ai documenti di indirizzo prodotti (§ 1.2.2 e § 1.3), sono state sviluppate per consentire non solo il ripristino dell'agibilità degli edifici danneggiati dal sisma, ma anche l'incremento della sicurezza sismica, nonché per dare una forte spinta alla conservazione del costruito e alla tutela degli elementi di pregio storico-architettonico dei centri storici. Tali obiettivi sono stati conseguiti attraverso interventi di:

- a) eliminazione delle condizioni di pericolo;
- b) riparazione e/o reintegro degli elementi non strutturali e strutturali danneggiati;
- c) recupero e valorizzazione degli elementi di pregio;
- d) mitigazione del rischio sismico.

Nell'ultima categoria rientrano gli interventi finalizzati ad incrementare il livello di sicurezza della costruzione nel rispetto di quanto specificato al § 8.4.2 e al § 8.4.3 del D.M. del 14 gennaio 2008. In dettaglio, per le UMI<sub>USRA</sub> il Decreto 1 [USRA 21/01/2013] ha consentito la progettazione di soli interventi di miglioramento sismico, mentre nel caso di UMI<sub>USRC</sub> l'art. 4 del Decreto n. 1 dell'USRC [USRC 06/04/2014], ha consentito la progettazione di interventi sia di rafforzamento locale che di miglioramento sismico.

In ogni caso è stato richiesto che i progetti di miglioramento sismico, oltre ad eliminare le principali carenze strutturali dell'edificio, causa di innesco di meccanismi locali di collasso per effetto di azioni sismiche, consentissero di incrementare il livello di sicurezza della costruzione almeno al 60% di quello corrispondente ad una struttura adeguata ai sensi delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Nel caso di miglioramento sismico, dunque, è necessario procedere all'analisi sismica dell'intera struttura, ipotizzata priva di danno, al fine di determinarne il li-

vello di sicurezza, prima e dopo l'intervento, vale a dire la capacità sismica in accordo a quanto prescritto dalle disposizioni simiche di cui al D.M. del 14 gennaio 2008, prima e al D.M. 17 gennaio 2018 attualmente vigente.

In casi particolari, previo parere della Commissione Pareri nonché in conformità agli strumenti urbanistici vigenti (art 6 co. 2 del decreto n. 1 USRA), nel caso degli edifici ubicati nella città di L'Aquila, e nel rispetto dei piani di ricostruzione per gli edifici ubicati nei comuni del cratere, è stata prevista la possibilità di procedere con interventi di demolizione e ricostruzione, anche definiti di sostituzione edilizia. Tali interventi possono riguardare l'intera UMI oppure singole unità strutturali.

In Tabella 5.1 si riporta il numero di UMI oggetto di analisi nel presente capitolo, per ciascun ufficio speciale e totali, suddivise tra interventi di rafforzamento locale, miglioramento sismico e demolizione e ricostruzione. L'analisi si riferisce nel complesso a 1.495 UMI costituite prevalentemente da US/ED in muratura; sono state trascurate, pertanto, nella presente analisi, 62 UMI<sub>USRA</sub> costituite da US/ED in c.a. o altra tipologia costruttiva.

Le UMI<sub>USRA</sub> oggetto di studio sono 668 e nel 75% dei casi (501 UMI) sono stati effettuati interventi di miglioramento sismico mentre nel restante 25% dei casi (167 UMI) si è proceduto ad interventi di demolizione e ricostruzione.

Le UMI<sub>USRC</sub> sono 827 e nel 12% dei casi (103 UMI) sono stati effettuati interventi di rafforzamento locale, nel 77% (636 UMI) interventi di miglioramento sismico e solo nel 11% (88 UMI) interventi di demolizione e ricostruzione. Il minor numero di UMI<sub>USRC</sub> demolite rispetto alle UMI<sub>USRA</sub>, può giustificarsi considerando il minor livello di danno medio complessivo degli edifici del cratere.

Per motivi legati alle diverse procedure adottate dai due uffici per la presentazione delle richieste di contributo, gli interventi progettati relativi ai centri storici

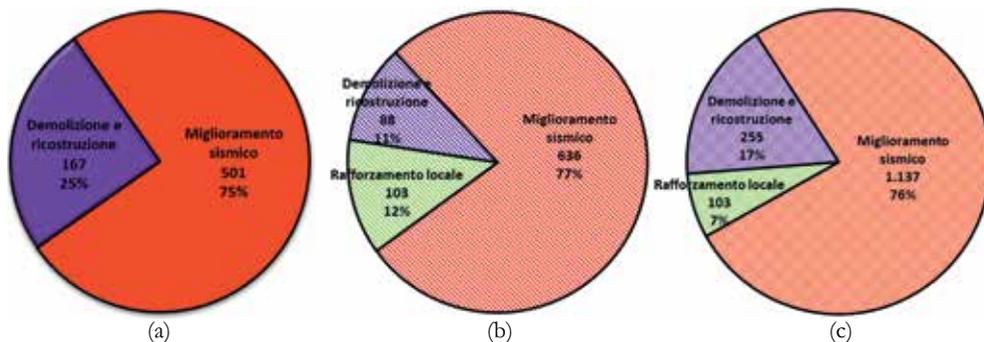


Figura 5.1. Interventi di rafforzamento locale, miglioramento, demolizione e ricostruzione, delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e delle UMI<sub>USRC</sub> (b) e totali (c).

Tabella 5.1. Numero di UMI con intervento di rafforzamento locale, miglioramento sismico e demolizione e ricostruzione.

<b>Tipologia di intervento</b>	<b>UMI<sub>USRA</sub></b>	<b>UMI<sub>USRC</sub></b>	<b>UMI<sub>Totali</sub></b>
Rafforzamento locale	-	103	103
Miglioramento sismico	501	636	1.137
Demolizione e ricostruzione	167	88	255
<b>Totali</b>	<b>668</b>	<b>827</b>	<b>1.495</b>

di L'Aquila sono stati archiviati sia per US/ED che per UMI; mentre per quanto concerne gli interventi relativi ai centri storici dei Comuni minori sono stati archiviati per UMI.

Nel seguito, dopo una descrizione delle tecniche di intervento più diffuse su strutture verticali, orizzontali e coperture, si procede alla disamina delle frequenze degli interventi di riparazione e di rafforzamento locale previsti nei progetti allegati alle pratiche di richiesta di contributo delle 103 UMI<sub>USRC</sub> e degli interventi di riparazione e di miglioramento sismico previsti nei progetti allegati alle pratiche di richiesta di contributo delle 501 UMI<sub>USRA</sub> e 636 UMI<sub>USRC</sub>.

La ricostruzione post-sisma del 2009 al di fuori dei centri storici ha visto l'affermarsi di tecniche costruttive, in uso da alcuni anni, ma precedentemente limitate a casi specifici quali, ad esempio, le reti in fibra di vetro, carbonio, basalto o altri materiali, che sono state utilizzate in modo particolarmente esteso e sono entrate nella pratica corrente del consolidamento dell'edificato esistente (Dolce e Manfredi 2015). Tali tecniche sono state riscontrate anche nei progetti di ricostruzione dei centri storici di L'Aquila e dei comuni minori del cratere, anche se in tal caso è stata posta una particolare attenzione durante le lavorazioni nonché nella scelta dei materiali al fine di conservare, recuperare e a valorizzare le caratteristiche architettoniche, storiche ed estetiche, proprie degli edifici e del territorio. Oltre agli interventi di consolidamento strutturale, sono stati progettati interventi di restauro e conservazione delle finiture/rivestimenti e degli elementi strutturali consistenti in interventi di preconsolidamento, di pulitura, di integrazione e di protezione.

Nei paragrafi che seguono, ponendo l'attenzione solo sulle tecniche di intervento di consolidamento più diffuse, sono state analizzate le tipologie di materiali e/o le modalità costruttive adottate; si propone inoltre un focus sulle UMI con interventi di demolizione e ricostruzione e una valutazione della correlazione tra l'indice di danno dell'UMI e gli interventi adottati.

Terminata l'analisi degli interventi alla scala delle UMI, si procede alla analisi della distribuzione delle tecniche di intervento progettate per le US/ED (con riferimento alle UMI<sub>USRA</sub>).

## 5.1. Descrizione degli interventi utilizzati nella ricostruzione post sisma dei centri storici

I progetti per il ripristino dell'agibilità sismica hanno previsto oltre agli interventi di riparazione, anche interventi di mitigazione del rischio sismico. Gli interventi sono stati raggruppati in tre gruppi principali in funzione dell'elemento strutturale sul quale si è intervenuto: i) strutture verticali, *SV*; ii) strutture orizzontali, *SO*; e iii) coperture, *C*. Per ciascun gruppo sono state individuate differenti tipologie di intervento con la relativa nomenclatura (adottata per brevità nel seguito) e riportata in Tabella 5.2.

Nei seguenti paragrafi è illustrata una sintesi delle tecniche di intervento utilizzate nella ricostruzione dei centri storici, raggruppate, per quanto possibile, come indicato nella citata Tabella 5.2. Le immagini e le fotografie sono tratte direttamente dagli elaborati progettuali conservati presso i due Uffici Speciali di Ricostruzione. In ogni caso si prescinde da un giudizio di merito sugli interventi indicati che, in generale, devono essere realizzati seguendo le indicazioni delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni e dei relativi riferimenti tecnici.

### 5.1.1. Strutture Verticali

Gli interventi sulle strutture verticali sono stati progettati al fine di riparare il danno indotto dal sisma e migliorare il comportamento nel piano e fuori dal piano delle pareti.

Nelle categorie di intervento volte alla riparazione di lesioni si considerano diverse soluzioni: iniezione di malta nelle lesioni e successiva eventuale applicazione di rete leggera in fibra immersa in matrice di malta; ristilatura di giunti con malta di caratteristiche fisico meccaniche simili alla malta originaria presente nella muratura; intervento di “cuci e scuci” consistente in una demolizione locale di parti di tessitura muraria fessurata e successiva ricostruzione della stessa.

La riparazione delle lesioni e la chiusura di vuoti nelle murature sono effettuate con la tecnica di scuci e cucì o con la realizzazione di integrazioni di muratura. Tali interventi mirano al ripristino della rigidità della parete mediante la realizzazione di un efficace collegamento di nuovi elementi di muratura con quelli esistenti. Per queste lavorazioni tipicamente sono spesso utilizzati elementi in laterizio, in particolare mattoni pieni (Figura 5.2), più raramente elementi lapidei.

Un altro tipo di intervento locale molto diffuso riguarda la riparazione o sostituzione degli architravi esistenti, tramite l'inserimento di elementi resistenti a

Tabella 5.2. Tipologie di intervento su strutture verticali, strutture orizzontali e coperture.

<b>Gruppo</b>	<b>Tipologia di intervento</b>	<b>Nomenclatura</b>
Interventi sulle strutture verticali	Chiusura aperture esistenti	Chiusura aperture
	Realizzazione e consolidamento di architravi/ cerchiature aperture	Architravi/cerchiature aperture
	Creazione o ripristino di collegamenti tra le murature (ad es. con elementi lapidei o mattoni, perfori armati, barre elicoidali a secco)	Collegamenti tra SV
	Realizzazione di contrafforti e/o ringrossi	Contrafforti/ringrossi
	Inserimento di diatoni nelle murature, in acciaio, fibra, barre elicoidali a secco	Diatoni
	Iniezione di miscele leganti/ristilatura dei giunti di malta	Iniezioni/ristilatura
	Interventi per mitigare vulnerabilità connesse alla presenza di muri in falso, quali realizzazione di portali o sostegni, nuove murature	Interventi muri in falso
	Realizzazione di intonaco armato	Intonaco armato
	Realizzazione di nuovi setti pareti murari	Nuove SV
	Ricostruzione di pareti murarie	Ricostruzione SV
	Riparazione di pareti murarie	Riparazione SV
Interventi sulle strutture orizzontali	Riparazione strutture orizzontali	Riparazione SO
	Irrigidimento/consolidamento degli orizzontamenti esistenti (ad. es. posa in opera di fibre, realizzazione di solette collaboranti, elementi di controvento)	Irrigidimento/consolidamento SO
	Realizzazione di collegamenti tra strutture orizzontali e strutture verticali (ad es. barre, piatti o angolari con ancoraggi a coda di rondine, con perfori armati o con capochiave), e tra strutture verticali (inserimento di catene a quota delle strutture orizzontali)	Collegamento SO con SV
	Sostituzione delle strutture orizzontali esistenti	Sostituzione SO
Interventi sulle coperture	Riparazione delle coperture esistenti	Riparazione C
	Irrigidimento/consolidamento delle coperture esistenti (ad es. con integrazione di elementi, realizzazione di solette collaboranti/tavolato aggiuntivo, elementi di controvento)	Irrigidimento/consolidamento C
	Realizzazione di collegamenti tra strutture orizzontali e strutture verticali (ad es. barre, piatti o angolari con ancoraggi a coda di rondine, con perfori armati o con capochiave), e tra strutture verticali (inserimento di catene a quota delle strutture di copertura)	Collegamento C con SV
	Sostituzione delle coperture esistenti con nuove coperture	Sostituzione C

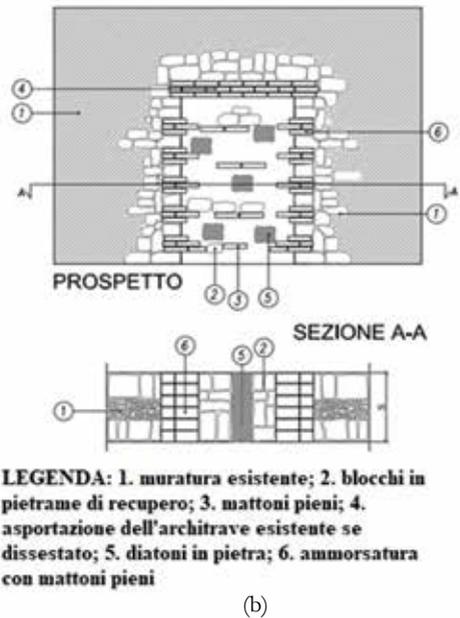
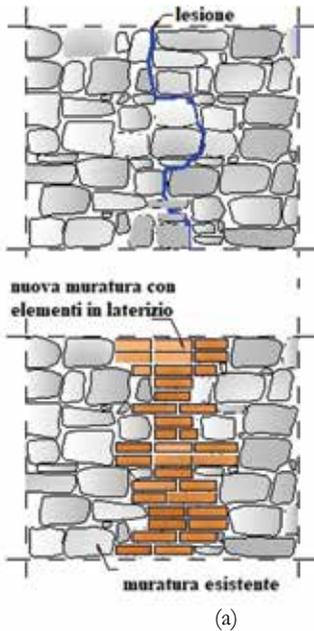


Figura 5.2. Particolare sarcitura di lesioni (a), particolare costruttivo della chiusura di vuoti nelle murature (b) e relative foto degli interventi su strutture esistenti (c), (d).

trazione. Nella Figura 5.3 sono illustrati alcuni particolari costruttivi inerenti tale intervento e alcune fotografie inerenti la realizzazione di architravi con elementi in acciaio e in legno.

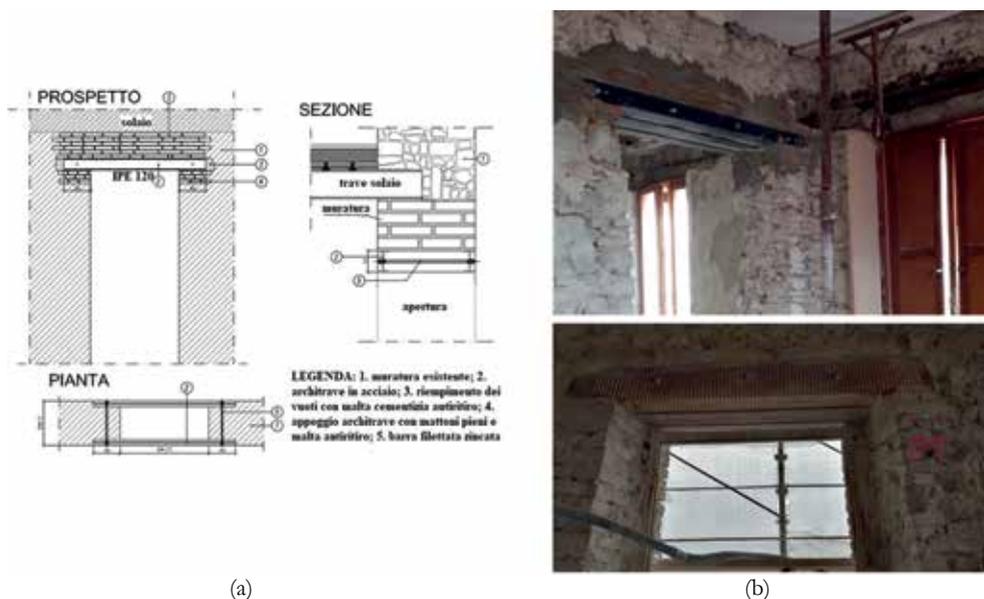


Figura 5.3. Interventi su architravi: a), particolare costruttivo; b) foto di un nuovo architrave in acciaio (sopra) e in legno (sotto).

In taluni casi è necessario procedere alla creazione di collegamenti tra murature ortogonali o complanari che per motivi diversi non sono adeguatamente collegate tra loro; in genere ciò accade quando i setti murari sono realizzati in epoche o con materiali differenti. In questi casi, quando non è sufficiente o non è prevista la posa di intonaco armato, si ricorre a diverse tecniche che spaziano dall'esecuzione di perfori armati e non iniettati di miscela legante nelle murature allo smontaggio e al rimontaggio dell'intera angolata e all'ammorsatura con tecniche come la già citata tecnica dello scuci e cuci. Nella Figura 5.4 sono visibili due momenti di una lavorazione inerente all'inserimento di tiranti nella muratura, per migliorare il collegamento con la parete ortogonale.

Nella Figura 5.5 è rappresentato un particolare costruttivo (a) e due foto (b,c) relative all'intervento di iniezione di miscele leganti nella muratura. Nelle foto sono visibili i beccucci per l'iniezione della malta (b) e l'operazione di iniezione effettuata con l'apposita lancia (c).

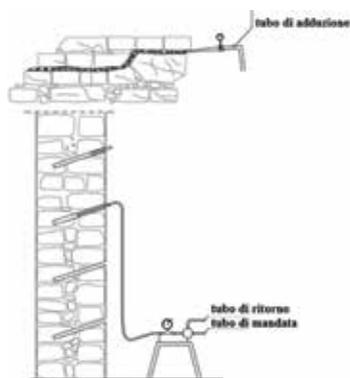


(a)



(b)

Figura 5.4. Intervento di inserimento di tiranti nella muratura: a) esecuzione del perforo; b) ancoraggio della barra all'esterno tramite capochiave.



(a)



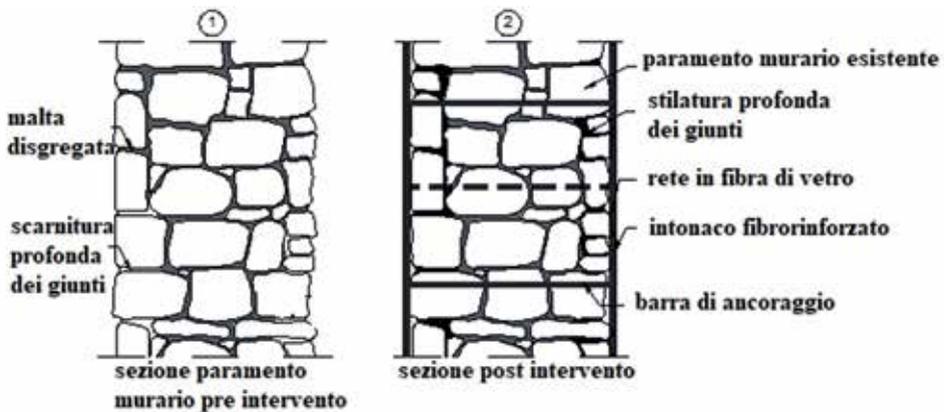
(b)



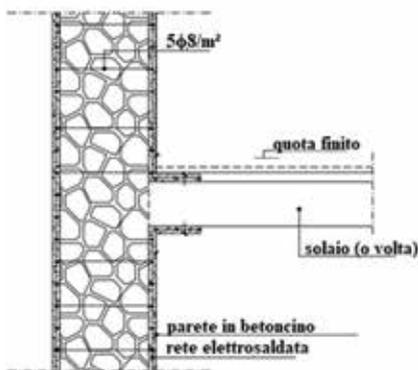
(c)

Figura 5.5. Consolidamento dei pareti murarie con iniezioni di malta: a) particolare costruttivo; b) foto con beccucci per le iniezioni; c) foto durante la fase di iniezione della malta.

Uno degli interventi più diffusi nel processo ricostruttivo in esame per incrementare le proprietà meccaniche della muratura, volto ad incrementare la capacità nel piano e fuori piano del paramento murario, è l'intervento di placcaggio mediante intonaco armato (Figura 5.6). Esso consiste nella realizzazione, preferibilmente su entrambi i lati della muratura, di un intonaco realizzato con malta strutturale e armatura con rete metallica, collegata mediante tiranti passanti. In alternativa all'intonaco armato tradizionale, l'intervento di placcaggio può essere realizzato mediante adozione di reti o tessuti in composito immerse in un sottile strato di malta. È bene sottolineare che qualora l'intonaco armato sia stato previsto su gran parte delle strutture murarie, l'intervento è stato trattato come interven-



(a)



(b)



(c)

Figura 5.6. Realizzazione di intonaco armato su setti murari: a), b) particolari costruttivi; c) posa in opera di rete in fibra di vetro su un setto murario.

to di miglioramento sismico (punto 8.4.2 del D.M. 14 gennaio 2008) e, pertanto, è stato necessario effettuare la “Valutazione della sicurezza” prima e dopo l’intervento (mediante un’analisi globale della struttura), come indicato al punto 8.3 del D.M. 14 gennaio 2008. Quando l’intervento ha interessato porzioni limitate delle pareti murarie, è stato catalogato come intervento di rafforzamento locale.

Un’altra tecnica utilizzata per consolidare le murature è il CAM (Cuciture Attive per la Muratura). Essa consiste nell’applicare nastri pretesi disposti in modo da garantire un sistema continuo di tirantatura come mostrato in Figura 5.7.



Figura 5.7. Consolidamento delle murature con sistema CAM.

### 5.1.2. Strutture orizzontali

Gli interventi effettuati sugli orizzontamenti sono volti alla riparazione, al consolidamento e all’ancoraggio degli stessi con le pareti.

Le tecniche adoperate per la riparazione delle lesioni sono quelle già enunciate per le strutture verticali. Gli interventi di consolidamento delle volte, quando necessario, sono preceduti da quelli di riparazione delle stesse, di cui è visibile



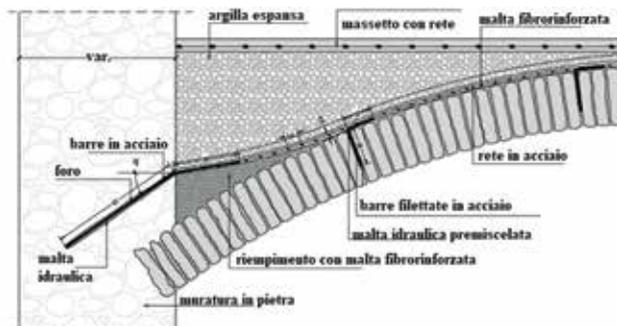
Figura 5.8. Intervento di riparazione di volte in mattoni con inserimento di nuovi elementi.

un esempio nella Figura 5.8. In tale figura sono visibili anche le catene poste in opera per contrastare le spinte generate dalle volte stesse.

Per quanto riguarda il consolidamento degli orizzontamenti è necessario trattare separatamente le strutture voltate da quelle piane. Per quanto riguarda le strutture voltate gli interventi di consolidamento possono essere realizzati sia all'estradosso (Figura 5.9) che all'intradosso (Figura 5.10). L'intervento di consolidamento delle volte all'estradosso prevede lo svuotamento della volta con la messa a nudo della parte strutturale, e successivamente l'esecuzione delle lavorazioni per il consolidamento della stessa, in genere tramite la posa in opera di reti o tessuti in acciaio (Figura 5.9a) o fibre (Figura 5.9b), ed eventualmente la realizzazione o il consolidamento dei frenelli (Figura 5.9c).

In Figura 5.10 è rappresentato invece un particolare costruttivo di un intervento di consolidamento di una volta eseguito dall'intradosso. Tale intervento, meno efficace dell'equivalente eseguito all'estradosso, prevede la posa in opera di una rete in fibre all'intradosso, dopo aver portato a nudo la parte strutturale, e l'ancoraggio della stessa alla volta e alle murature circostanti tramite l'inserimento di barre resinare o con sistemi a secco. Spesso gli interventi di consolidamento delle volte sono coadiuvati con la posa in opera di tiranti volti a contrastare le spinte generate da questo tipo di orizzontamenti.

In Figura 5.11 è rappresentato un tipico intervento di consolidamento di solaio esistente realizzato con elementi in acciaio e laterizio. La realizzazione di voltine in laterizio interposte tra elementi in ferro è una modalità costruttiva tipica dell'Italia centrale, in uso fino agli anni '60 del secolo scorso. In entrambi gli interventi di consolidamento rappresentati in figura, riferiti rispettivamente a solai



(a)



(b)



(c)

Figura 5.9. Intervento di consolidamento di una volta all'estradosso: a) particolare costruttivo intervento con rete in acciaio e malta fibrorinforzata; b) dettaglio costruttivo in fase di realizzazione con rete in fibre di vetro, c) intervento con rete in fibre di vetro e frenelli in mattoni e rete pretensionata in acciaio.

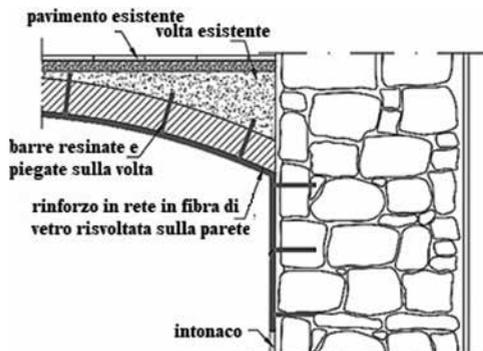


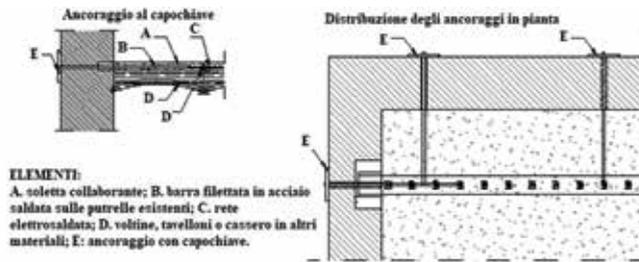
Figura 5.10. Intervento di consolidamento di volte all'intradosso.

realizzati con putrelle e voltine a), d) e putrelle e tavelloni b), c), e) si segnala la presenza di connettori a taglio sulle travi utilizzati per rendere collaborante la soletta superiore, in quanto, tipicamente, gli elementi in acciaio originali erano sottodimensionati. In entrambi i casi sono stati inseriti anche degli elementi di collegamento alle strutture murarie verticali, consistenti in barre di acciaio saldate agli elementi del solaio e ancorate all'esterno delle murature tramite capochiave oppure nelle murature stesse tramite inghisaggi con malte di caratteristiche adeguate. Questo intervento è sempre completato con la posa in opera di una rete elettrosaldata affogata nella soletta collaborante.

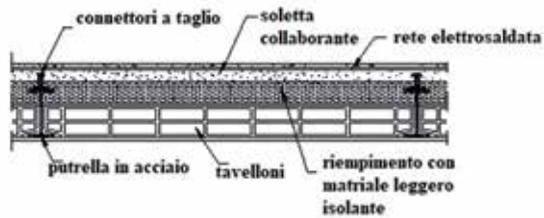
### 5.1.3. Coperture

Gli interventi in copertura riguardano in genere il consolidamento o la sostituzione della stessa, e la contestuale realizzazione di cordoli o di collegamenti alle murature sottostanti. In taluni casi può anche essere previsto l'inserimento di specifici elementi volti all'eliminazione di spinte non contrastate, quale ad esempio la semicapriata a sostegno di una copertura in legno rappresentata nella Figura 5.12. Nell'esempio rappresentato in Figura 5.12 è stata smontata la copertura esistente, sono stati realizzati i nuovi cordoli, ed è stata quindi posta in opera la semicapriata sulla quale sono stati appoggiati gli arcarecci della copertura in legno.

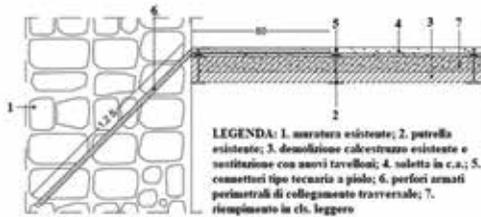
Spesso i cordoli di sommità in copertura del costruito abruzzese non sono realizzati interamente in c.a. (come quello indicato in Figura 5.12) ma sono realizzati in muratura armata, ovvero utilizzando come casseri parti delle strutture di muratura. Nella Figura 5.13 sono riportati alcuni esempi di particolari costrut-



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 5.11. Intervento di consolidamento di solai con putrelle in acciaio e collegamento alle strutture verticali: a) di un solaio in putrelle e voltine di laterizio; b), c) di solai in putrelle e tavelloni; d), e) foto scattate durante l'esecuzione degli interventi.

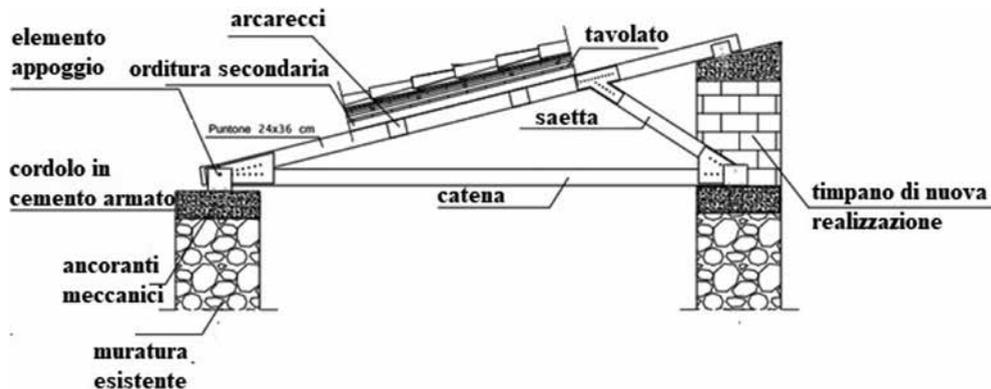


Figura 5.12. Realizzazione di una semicapriata in legno.

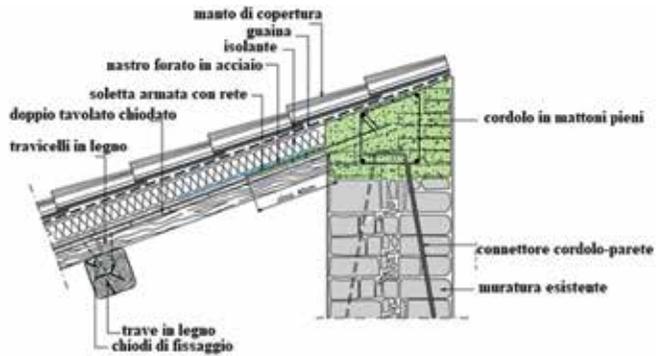
tivi (a, b) e una foto che evidenzia alcune lavorazioni necessarie alla realizzazione di tale intervento (c). Si nota anche la presenza di connettori di vario tipo volti a realizzare un migliore ancoraggio tra i cordoli e le strutture murarie sottostanti.

In Figura 5.14 sono visibili alcuni particolari costruttivi e alcune foto dei lavori inerenti la realizzazione di una nuova copertura a falde in legno, in sostituzione della copertura esistente. Nelle foto sono visibili i dettagli degli ancoraggi degli elementi di copertura ai cordoli e alcune fasi realizzative. In Figura 5.15 è rappresentata l'immagine di una capriata in acciaio a sostegno di una copertura in legno; nel caso rappresentato nella foto, le strutture murarie del timpano sono state ancorate alla struttura in acciaio al fine di contrastarne il ribaltamento fuori dal piano.

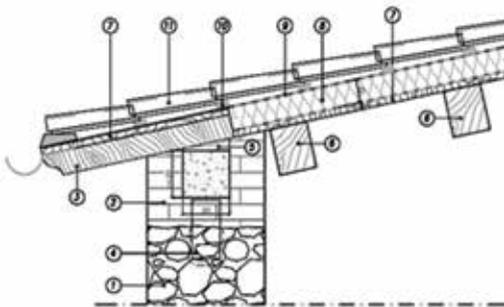
Oltre agli interventi riportati in Tabella 5.2 si annoverano anche interventi di mitigazione del rischio sismico su elementi non strutturali quali i controsoffitti dell'ultimo piano.

Tra gli elementi non strutturali più frequentemente danneggiati si segnalano le volte di controsoffitto.

A partire dalla seconda metà del XIX secolo e fino ai primi decenni del XX, si è diffusa la consuetudine di realizzare controsoffitti per rendere più confortevoli gli ambienti dell'ultimo piano. Molto spesso tali controsoffitti sono stati realizzati con volte di mattoni disposti in foglio, cementati con malte a base di gesso, senza alcun riempimento all'intradosso. Tale configurazione risulta estremamente vulnerabile alle azioni sismiche, infatti la gran parte di questi controsoffitti sono crollati o si sono danneggiati fortemente. In alcuni casi, ove richiesto dalle norme urbanistiche o di tutela tali controsoffitti sono stati ricostruiti



(a)



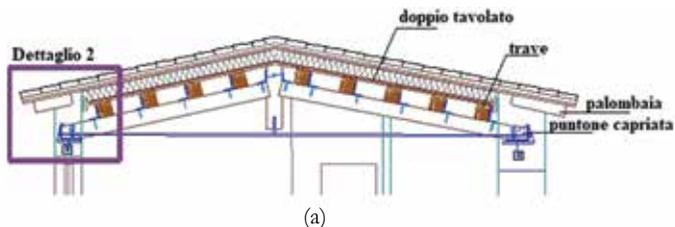
**LEGENDA:** 1. muratura esistente o nuova; 2. cordolo in c.a. o in muratura armata; 3. palombelle; 4. sacca alloggiamento mattoni; 5. cuneo di legno; 6. nuova trave in legno lamellare; 7. tavolato abete nord classe S2; 8. pannello isolante; 9. guaina impermeabilizzante; 10. listelli; 11. coppi

(b)



(c)

Figura 5.13. Esempi di cordolo in muratura armata: a) e b) particolari costruttivi; c) realizzazione.



(a)



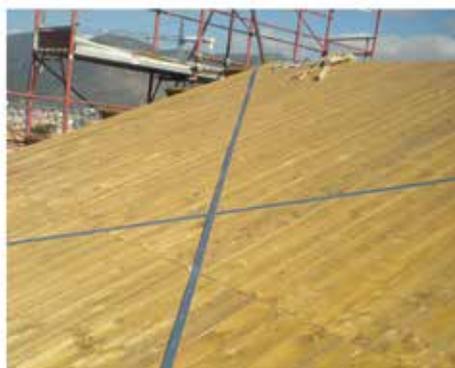
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 5.14. Intervento di ricostruzione di una copertura in legno: a) un particolare costruttivo; b), c) dettagli degli ancoraggi degli elementi in legno ai cordoli; d), e) fasi di montaggio della copertura.

utilizzando materiali più leggeri. Nella Figura 5.16 è riportata una foto che illustra una volta di controsoffitto parzialmente crollata, poggiante su un tramezzo in laterizio (a), e una fase della costruzione di una nuova volta realizzata con elementi in acciaio e cartongesso.



Figura 5.15. Realizzazione di una capriata in acciaio a sostegno di una copertura in legno.



(a)



(b)

Figura 5.16. Volta di controsoffitto crollata (a) e ricostruita con elementi di acciaio e cartongesso (b).

## 5.2. UMI: analisi degli interventi

In questo paragrafo sono analizzati gli interventi progettati per il ripristino dell'agibilità e il rinforzo sismico delle UMI ubicate nei centri storici di L'Aquila e dei Comuni minori del cratere. In dettaglio sono state analizzate le tipologie e le tecniche di intervento progettate per le strutture verticali, le strutture orizzontali e le coperture prima nell'ambito dei progetti di riparazione e rafforzamento locale previsti per 103 UMI<sub>USRC</sub> e poi nell'ambito dei progetti di riparazione e miglioramento sismico previsti per 501 UMI<sub>USRA</sub> e per 636 UMI<sub>USRC</sub>.

Infine, è proposto un approfondimento sulle UMI con interventi di demolizione e ricostruzione e una correlazione tra categoria di intervento e indice di danno dell'UMI,  $I_{DSUMI}$ .

### 5.2.1. Interventi di riparazione e rafforzamento locale

Sono qui descritti gli interventi ricadenti nella categoria “Riparazione o intervento locale” ai sensi del § 8.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018. La possibilità di adottare interventi locali è stata prevista solo per i centri storici dei Comuni minori del cratere. Per quanto concerne gli interventi di rafforzamento locale, il progetto e la valutazione dell'incremento della sicurezza sismica sono relativi alle sole porzioni e/o elementi oggetto di intervento purché si attesti che non siano state prodotte sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme. In particolare, è stato ritenuto possibile evitare di procedere ad un progetto di miglioramento sismico nei seguenti casi:

- US/ED in cui le parti strutturali siano risultate non danneggiate o solo leggermente danneggiate (danni leggeri su meno di due terzi della struttura, secondo la definizione della scheda AeDES) ed il livello di sicurezza, determinato mediante un'analisi globale riferita alla struttura non danneggiata, sia risultato maggiore del 60% dell'adeguamento sismico;
- con scelta del proprietario o dell'assemblea consortile, su proposta ragionata del progettista, nei casi in cui le parti strutturali abbiano subito danni più rilevanti ma concentrati in pochi elementi ed il livello di sicurezza, determinato mediante un'analisi globale riferita alla struttura non danneggiata, sia risultato maggiore del 60% dell'adeguamento sismico;
- con scelta del proprietario o dell'assemblea consortile, su proposta ragionata del progettista, nei casi in cui le parti strutturali abbiano subito danni leggeri, indipendentemente dal livello di sicurezza dell'edificio.

In Figura 5.17 sono riportate le percentuali delle UMI in cui è stata prevista l'adozione di una determinata tipologia di intervento di riparazione o rafforzamento locale con riferimento alle 103 UMI<sub>USRC</sub> del campione analizzato. In particolare, le tipologie di intervento sono state suddivise in funzione delle componenti strutturali oggetto delle stesse, distinguendo dunque gli interventi effettuati su strutture verticali (SV), su strutture orizzontali (SO) e sulle coperture (C). Poiché le varie tipologie di intervento sono state combinate con l'impiego, sulla medesima UMI, anche di altre tipologie, la somma delle percentuali rappresentate nel grafico di Figura 5.17 supera il 100%.

In particolare, dal grafico si evince che gli interventi adottati per oltre il 50% delle UMI hanno interessato tutte e tre le componenti strutturali. In dettaglio, gli interventi maggiormente adottati hanno riguardato sia le strutture orizzontali sia quelle verticali:

- realizzazione di collegamenti tra strutture orizzontali e pareti atti a garantire il comportamento scatolare degli edifici, (83% dei progetti, pari a 85 UMI);
- riparazione delle lesioni sulle pareti (75% dei progetti, pari a 77 UMI);
- interventi di irrigidimento/consolidamento, (73% dei progetti, pari a 75 UMI);
- realizzazione di nuovi architravi o cerchiature (72% dei progetti, pari a 74 UMI).

A seguire si riscontrano interventi sulle coperture ed in particolare:

- realizzazione di collegamenti tra copertura e pareti atti a garantire il comportamento scatolare degli edifici, (61% dei progetti, pari a 63 UMI);
- interventi di sostituzione delle coperture (56% dei progetti, pari a 58 UMI);

A questi interventi seguono in termini di frequenza un gruppo di interventi realizzati sulle strutture verticali, fatta eccezione per un solo intervento sulle coperture e due interventi sulle strutture orizzontali:

- chiusura aperture, (48% dei progetti, pari a 49 UMI);
- intonaco armato (44% dei progetti, pari a 45 UMI);
- interventi di riparazione delle coperture (36% dei progetti, pari a 37 UMI);
- iniezioni di lesioni e ristilatura profonda dei giunti (35% dei progetti, pari a 36 UMI);
- interventi di sostituzione di strutture orizzontali (16% dei progetti, pari a 16 UMI);
- realizzazione di collegamenti tra le strutture verticali (15% dei progetti, pari a 15 UMI);
- interventi di riparazione di strutture orizzontali (14% dei progetti, pari a 14 UMI).

Gli interventi, utilizzati in meno del 10% delle UMI, sono stati: realizzazioni di nuove strutture verticali, diatoni, contrafforti/ringrossi e irrigidimento/consolidamento della copertura.

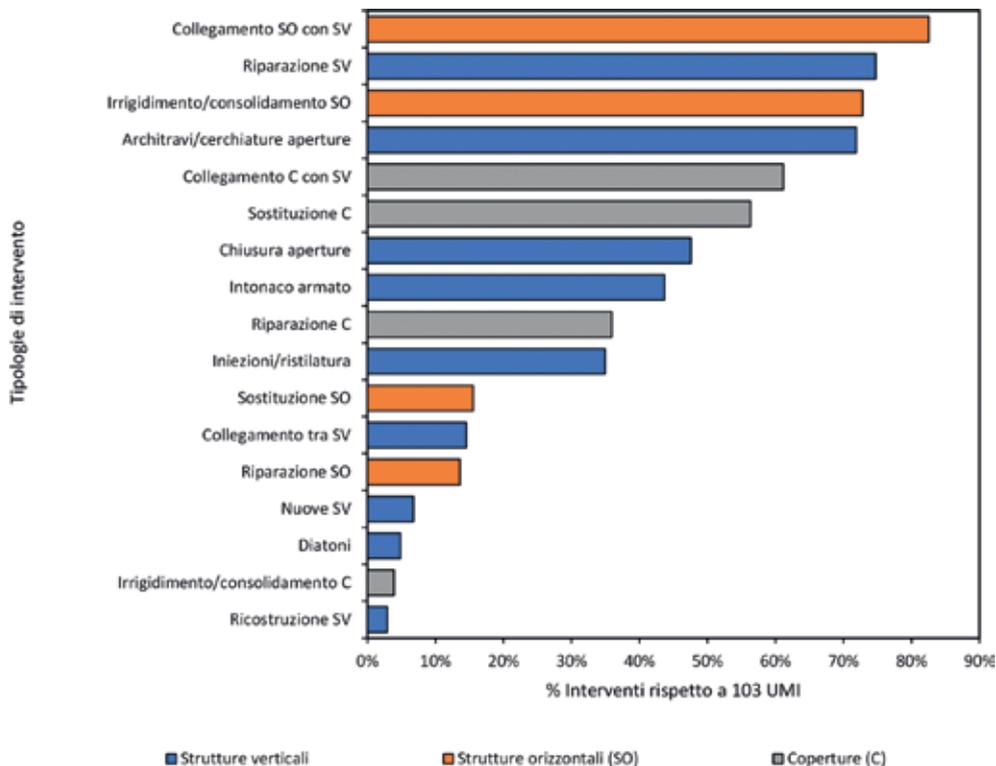


Figura 5.17. Interventi su strutture verticali, orizzontali e coperture previsti nei progetti di riparazione e rafforzamento locale per le UMI<sub>USRC</sub>.

### 5.2.1.1. Strutture verticali

Gli interventi sulle strutture verticali sono stati progettati per 100 UMI. Per ciascuna UMI le strutture verticali possono essere state interessate dalla progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 100 UMI risulta un numero totale di interventi sulle strutture verticali pari a 308. Nella Figura 5.18 è rappresentata la distribuzione degli interventi eseguiti sulle strutture verticali. L'intervento più utilizzato è risultato quello di riparazione delle lesioni sulle pareti (25% pari a 77 interventi) seguito dal consolidamento degli architravi o cerchiatura completa delle aperture (24% pari a 74 interventi), dalla chiusura delle aperture nelle pareti (16% pari a 49 interventi) e dall'intonaco armato (14% pari a 45 interventi). In alternativa all'intonaco armato, per consolidare le pareti dal grafico di Figura 5.18 si evince che sono stati progettati 36 (pari al 12%) interventi di ristilatura profonda dei giunti o di iniezione di miscele leganti.

Da una analisi di dettaglio sui materiali utilizzati è emerso che l'intervento di posa in opera di intonaco armato è stato eseguito molto spesso utilizzando reti in fibra (53% dei 24 interventi con intonaco armato), al posto delle più tradizionali tecniche con rete in acciaio (Figura 5.19).

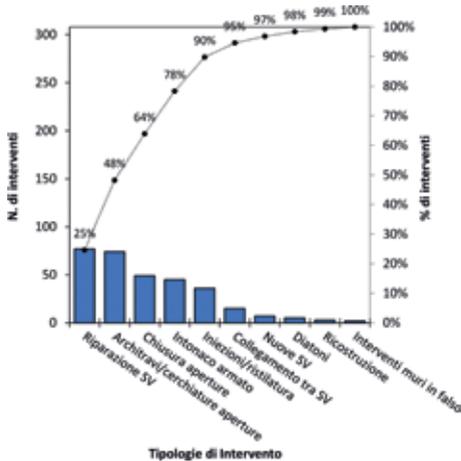


Figura 5.18. Interventi su strutture verticali previsti nei progetti di riparazione e rafforzamento locale per le UMI<sub>IUSRC</sub>.

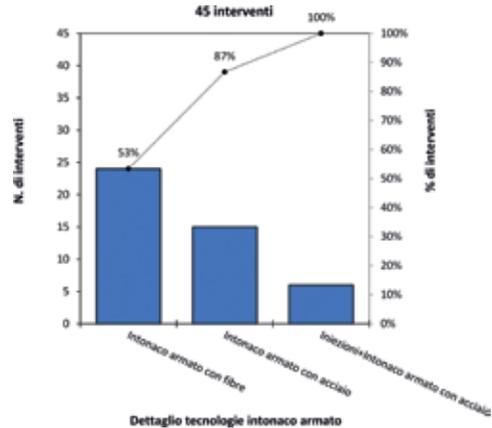


Figura 5.19. Tecnologia utilizzata per l'intervento di consolidamento con intonaco armato.

### 5.2.1.2. Strutture orizzontali

Gli interventi sulle strutture orizzontali sono stati progettati per 95 UMI. Per ciascuna UMI le strutture orizzontali possono essere state interessate dalla progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 95 UMI risulta un numero totale di interventi sulle strutture orizzontali pari a 190. Nel grafico di Figura 5.20 è riportata la distribuzione degli interventi eseguiti sulle strutture orizzontali: gli interventi eseguiti con più frequenza riguardano interventi di collegamento tra gli orizzontamenti e le strutture murarie e interventi di consolidamento e/o irrigidimento. Nel 8% dei casi (16 UMI) si è provveduto alla sostituzione completa degli orizzontamenti esistenti, mentre nel 7% (14 UMI) è stata operata una semplice riparazione.

L'intervento di collegamento degli orizzontamenti è stato realizzato con diverse tecnologie. Dal grafico di Figura 5.21 si osserva che la tecnologia più diffusa

è risultata la posa in opera di catene (59%) o cordoli in acciaio (23%). In generale gli interventi che comprendono la posa in opera di elementi in acciaio rappresentano la quasi totalità del campione (98%); la realizzazione di cordoli in c.a. è stata eseguita solo nel 2% dei casi.

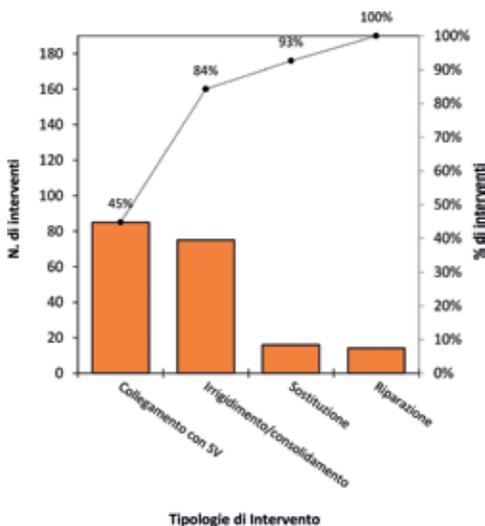


Figura 5.20. Interventi su strutture orizzontali previsti nei progetti di riparazione e rafforzamento locale per le UMI<sub>IUSRC</sub>.

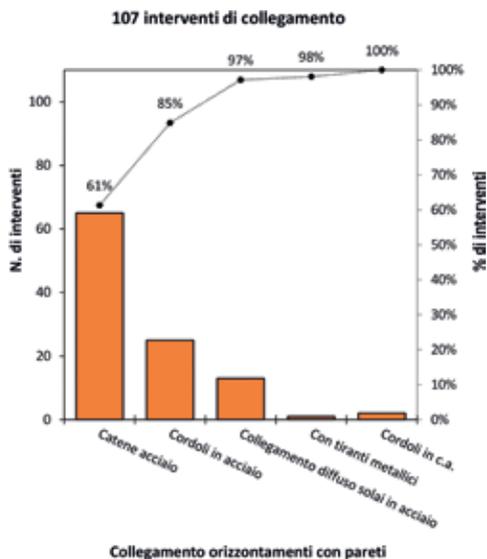


Figura 5.21. Tecnologie di realizzazione del collegamento tra strutture orizzontali e strutture verticali.

Per quanto concerne la sostituzione delle strutture orizzontali, dai progetti è emerso che tale intervento ha interessato sia strutture a volta, per 3 UMI che solai piani, per 13 UMI. La gran parte degli interventi di sostituzione ha riguardato i solai piani; le volte sono state sostituite in un numero limitato di casi.

La demolizione delle volte ha previsto la ricostruzione con solai piani in acciaio (12% di 2 UMI), o in laterocemento (6% di 1 UMI). Quest'ultima tecnologia non è stata adoperata per la sostituzione dei solai piani che da progetto risultano essere stati ricostruiti o in acciaio (68% di 11 UMI) o in legno (12% di 2 UMI).

Il grafico in Figura 5.22 mostra che la tipologia di nuovo orizzontamento più adottata è risultata quella con elementi in acciaio, realizzato tipicamente con purrelle ed elementi di alleggerimento in tavelloni.

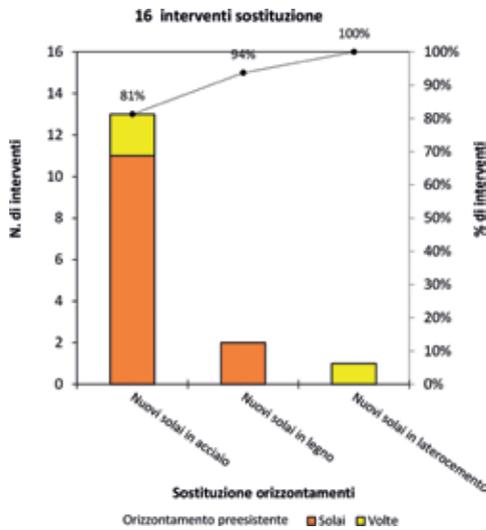


Figura 5.22. Tecnologie degli interventi di sostituzione solai.

### 5.2.1.3. Coperture

Gli interventi sulle strutture di copertura sono stati progettati per 93 UMI. Per ciascuna UMI le strutture di copertura possono essere state interessate dalla progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 93 UMI risulta un numero totale di interventi sulle coperture pari a 162. Gli interventi sulle strutture di copertura delle UMI<sub>USRC</sub> sono rappresentati in Figura 5.23. In accordo con quanto rilevato per gli orizzontamenti di piano, anche in questo caso l'intervento più utilizzato ha riguardato il collegamento con le strutture verticali (39% pari a 63 UMI) seguito dalla sostituzione o ricostruzione completa dell'elemento strutturale (36% pari a 58 UMI). Ciò potrebbe essere collegato sia alle condizioni di conservazione delle coperture stesse, sia al sottodimensionamento degli elementi strutturali esistenti rispetto al carico neve previsto dalle norme vigenti.

In Figura 5.24 è rappresentata la tipologia costruttiva adottata quando è stata prevista la sostituzione delle coperture esistenti: nel 97% dei casi sono state realizzate coperture in legno, e solo nel 3% dei casi coperture in acciaio. Non è stata realizzata alcuna nuova copertura in laterocemento.

Nel grafico di Figura 5.25 sono rappresentate le modalità di collegamento tra le coperture e le strutture verticali. In questo caso la tecnologia più utilizzata è risultata quella che prevede la costruzione di cordoli in acciaio, seguita da cordoli in c.a. e da quelli in muratura armata. L'utilizzo di perfori armati o di catene in acciaio o di cerchiature esterne è risultata poco diffuso.

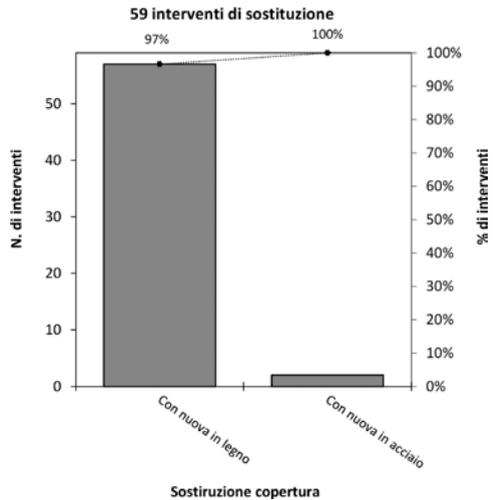
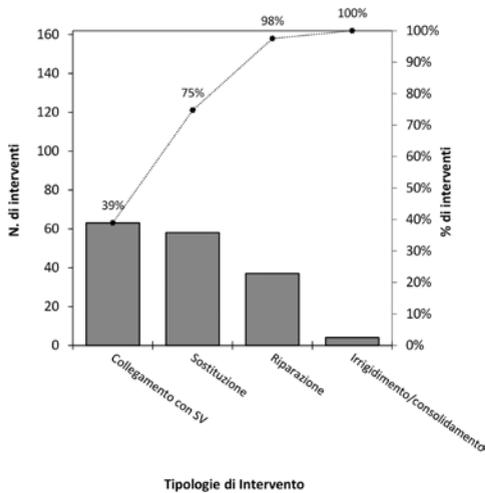


Figura 5.23. Interventi sulle coperture previsti nei progetti di riparazione e rafforzamento locale per le UM<sub>IUSRC</sub>.

Figura 5.24. Dettaglio degli interventi di sostituzione coperture.

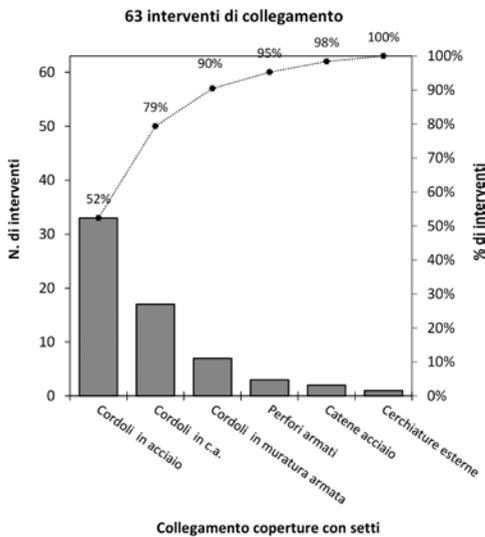


Figura 5.25. Dettaglio degli interventi di collegamento tra le coperture e le strutture verticali.

## 5.2.2. Interventi di riparazione e di miglioramento sismico

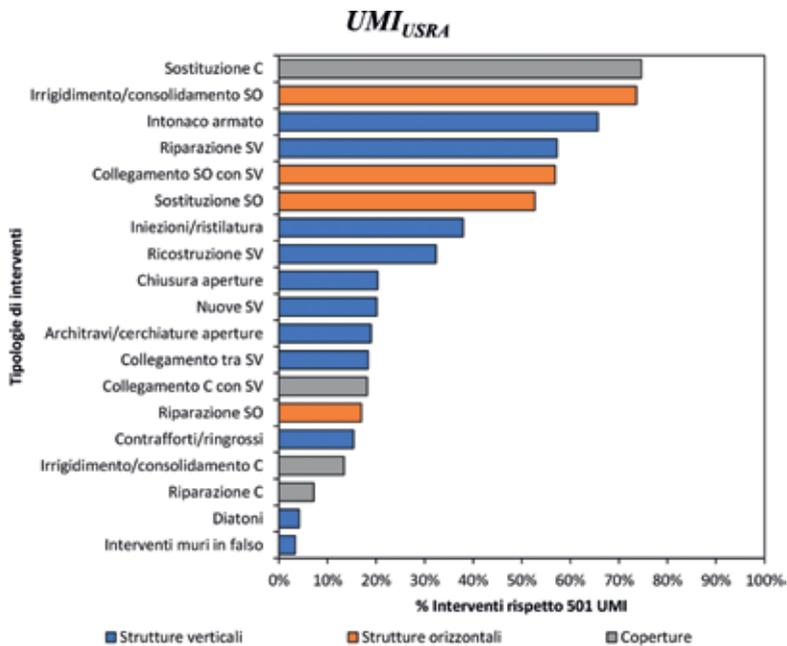
In questo paragrafo sono analizzati i progetti per il ripristino dell'agibilità sismica che hanno previsto gli interventi di riparazione e di miglioramento sismico. Per quanto concerne gli interventi di miglioramento sismico, in tale categoria sono stati ammessi a finanziamento interventi di rinforzo di elementi strutturali finalizzati all'eliminazione di eventuali carenze locali o al conseguimento di un incremento della sicurezza globale maggiore del 60%. A tal fine, a differenza del caso relativo alle UMI con rafforzamento locale, è risultato necessario procedere all'analisi sismica della struttura, priva di danno, al fine di determinarne il livello di sicurezza, vale a dire la capacità sismica in accordo a quanto prescritto dalle disposizioni simiche di cui al D.M. 14/01/2008.

Lo studio qui descritto è stato condotto con riferimento a 501 UMI<sub>USRA</sub> e 636 UMI<sub>USRC</sub> costituite prevalentemente da edifici in muratura. In tutte le pratiche sono stati previsti non solo interventi di riparazione ma anche di miglioramento sismico.

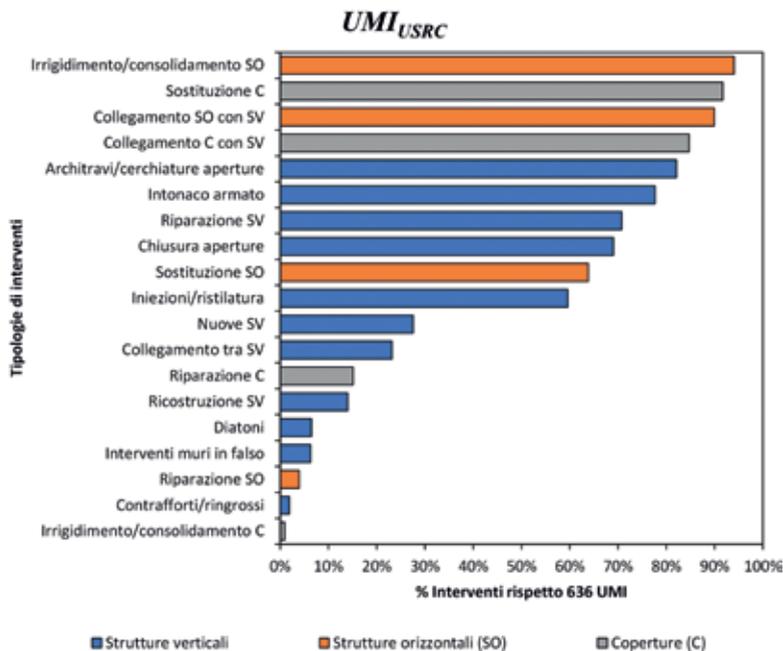
In Figura 5.26 sono riportati gli interventi riscontrati nei progetti di 501 UMI<sub>USRA</sub> (a) e 636 UMI<sub>USRC</sub> (b). Dall'analisi condotta si evince che per le UMI<sub>USRA</sub> i primi tre interventi progettati, in termini di frequenza, hanno interessato tutte e tre le componenti strutturali (i.e. strutture verticali, strutture orizzontali e coperture), mentre per le UMI<sub>USRC</sub> le analisi dei progetti hanno evidenziato una maggiore necessità di intervenire sulle coperture e sulle strutture orizzontali. Nel dettaglio, dal grafico di Figura 5.26a si riscontra che per il 75% del campione (pari a 374 UMI) sono stati progettati interventi di sostituzione della copertura; per il 74% del campione (pari a 369 UMI) interventi di consolidamento e/o irrigidimento delle strutture orizzontali e per il 66% del campione (pari a 329 UMI) interventi con intonaco armato.

Per quanto riguarda le UMI<sub>USRC</sub>, dal grafico di Figura 5.26b si evince che il 94% è stato interessato dall'irrigidimento/consolidamento delle strutture orizzontali, seguito da interventi di sostituzione delle coperture (92% pari a 583 UMI), dal collegamento delle strutture orizzontali con le pareti (90% pari a 572 UMI) e dal collegamento delle coperture con le pareti (85% 539 UMI).

Segue ancora un gruppo di quattro interventi finalizzati alla riparazione e all'incremento della resistenza nel piano della parete.



(a)



(b)

Figura 5.26. Frequenza degli interventi più eseguiti nelle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

### 5.2.2.1. Strutture verticali

Gli interventi sulle strutture verticali sono stati progettati per 465 UMI<sub>USRA</sub> e 624 UMI<sub>USRC</sub>. Per ciascuna UMI, le strutture verticali possono essere state interessate dalla progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 465 UMI<sub>USRA</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture verticali pari a 1.473; per le 624 UMI<sub>USRC</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture verticali pari a 2.788.

Nel grafico di Figura 5.27 è rappresentata la frequenza degli interventi di riparazione e miglioramento sismico eseguiti sulle strutture verticali di 465 UMI<sub>USRA</sub> (a) e 624 UMI<sub>USRC</sub> (b). Per quanto concerne le UMI<sub>USRA</sub> gli interventi di miglioramento più diffusi sono relativi all'incremento della resistenza nel piano della muratura mediante intonaco armato (329 UMI pari al 22% del campione) e riparazione delle pareti (287 UMI pari al 20% del campione). Per 228 UMI sono state utilizzate entrambe le tecniche di consolidamento intonaco armato e ristilatura/iniezioni.

Analogamente per le UMI<sub>USRC</sub> (Figura 5.27b) dai progetti si riscontra la necessità di incrementare la resistenza nel piano della parete. Oltre agli interventi di intonaco armato e di ristilatura/iniezioni (494 UMI pari al 17% del campione e 379 UMI pari al 14% del campione), si riscontrano la progettazione di architravi e/o cerchiature (19%) o di chiusura delle aperture (15%).

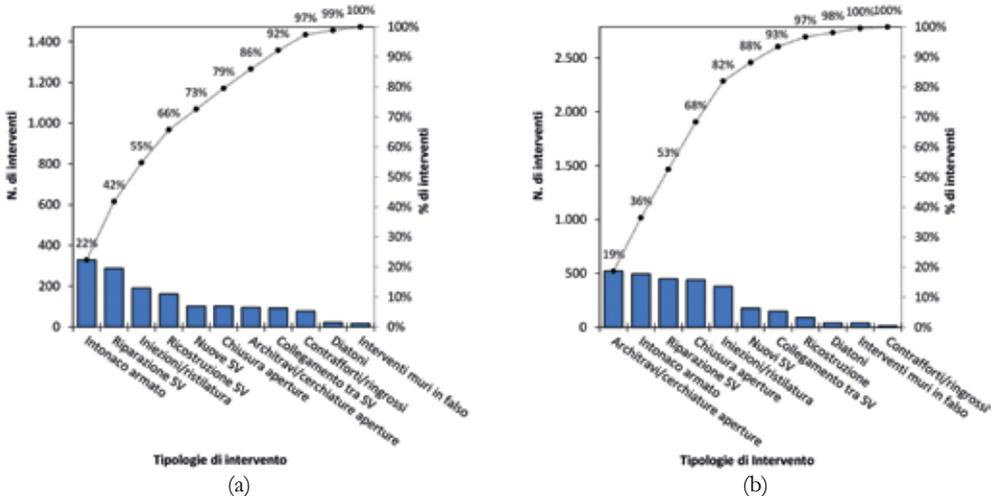


Figura 5.27. Frequenza degli interventi più eseguiti sulle strutture verticali delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

Da una analisi di dettaglio sulla tecnologia utilizzata per l'intervento di posa in opera di intonaco armato adottato per 329 UMI<sub>USRA</sub> e 469 UMI<sub>USRC</sub> è emerso che tale intervento è stato eseguito principalmente utilizzando reti in fibra, seguito da intonaco armato con rete in acciaio. Rispetto alla città di L'Aquila, per le UMI<sub>USRC</sub> si riscontra un utilizzo più ampio dell'intervento combinato di intonaco armato ed iniezioni con la ristilatura profonda dei giunti di malta, ognuno utilizzato in circa il 10% e 33% dei casi (Figura 5.28).

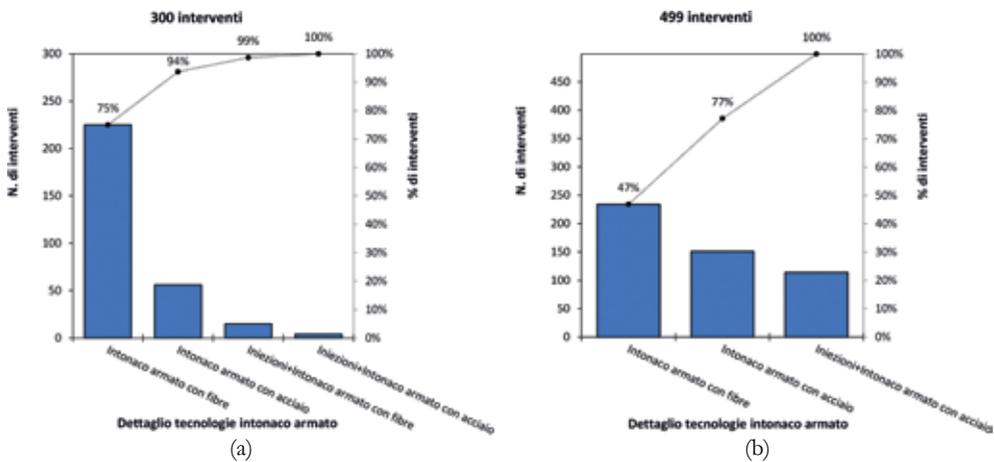


Figura 5.28. Tecnologia utilizzata per l'intervento di consolidamento con intonaco armato per le UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b).

### 5.2.2.2. Strutture orizzontali

Gli interventi sulle strutture orizzontali sono stati progettati per 435 UMI<sub>USRA</sub> e 624 UMI<sub>USRC</sub>. Per ciascuna UMI sulle strutture orizzontali è stata prevista la progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 435 UMI<sub>USRA</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture orizzontali pari a 1.003; per le 624 UMI<sub>USRC</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture orizzontali pari a 1.601. Nella Figura 5.29 è rappresentata la distribuzione degli interventi realizzati sulle strutture orizzontali. L'intervento di sola riparazione dei solai esistenti è marginale sia a L'Aquila (8% del campione) sia nei comuni del cratere (2% del campione), mentre sia per le UMI<sub>USRA</sub> che per le UMI<sub>USRC</sub> gli interventi di consolidamento e/o l'irrigidimento delle strutture orizzontali risultano i più frequenti (37% in entrambi i campioni). A seguire, seppur con una differente frequenza

(28% per le UMI<sub>USRA</sub> e 36% per le UMI<sub>USRC</sub>), è possibile rilevare gli interventi che riguardano il collegamento degli orizzontamenti stessi con la muratura. In entrambi i campioni la sostituzione degli orizzontamenti esistenti è stata effettuata in percentuale minore rispetto ai precedenti interventi: per 264 UMI<sub>USRA</sub> (pari a 27%) e per 406 UMI<sub>USRC</sub> (pari al 25%).

Analogamente alle UMI soggette a rafforzamento locale, sia per le UMI<sub>USRA</sub> che per le UMI<sub>USRC</sub>, come si evince dal grafico in Figura 5.30, è stato fatto ampio uso di elementi in acciaio per il collegamento degli orizzontamenti alle murature. La realizzazione di cordoli in c.a. è stata eseguita solo nel 4% dei casi sia nella città di L'Aquila che nei Comuni del cratere. Nella città di L'Aquila si segnala inoltre una piccola quantità di cordoli realizzati in materiali compositi (circa il 3% del campione).

Per quanto concerne la sostituzione delle strutture orizzontali, si osservi che in 136 UMI<sub>USRA</sub> e 366 UMI<sub>USRC</sub> sono state effettuate sostituzioni sia di volte che di solai piani. Nella Figura 5.31 è rappresentata la distribuzione degli interventi attuati per la sostituzione degli orizzontamenti esistenti con nuovi elementi realizzati con diversa tecnologia costruttiva. In dettaglio, in arancione si riporta la tecnologia utilizzata per la sostituzione degli orizzontamenti che nello stato pre-intervento (orizzontamento originario) risultavano essere solai piani; in giallo quelli che nello stato pre-intervento risultavano essere volte.

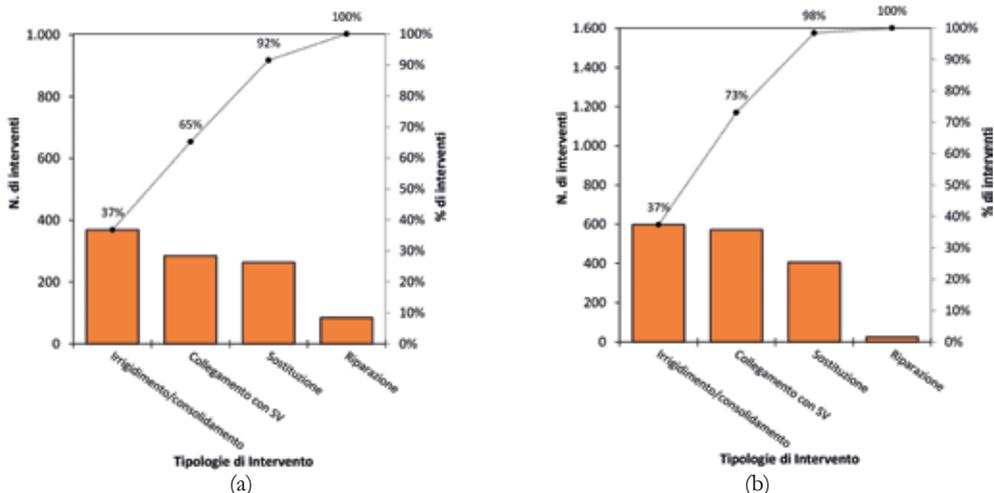


Figura 5.29. Frequenza degli interventi più eseguiti sulle strutture orizzontali delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

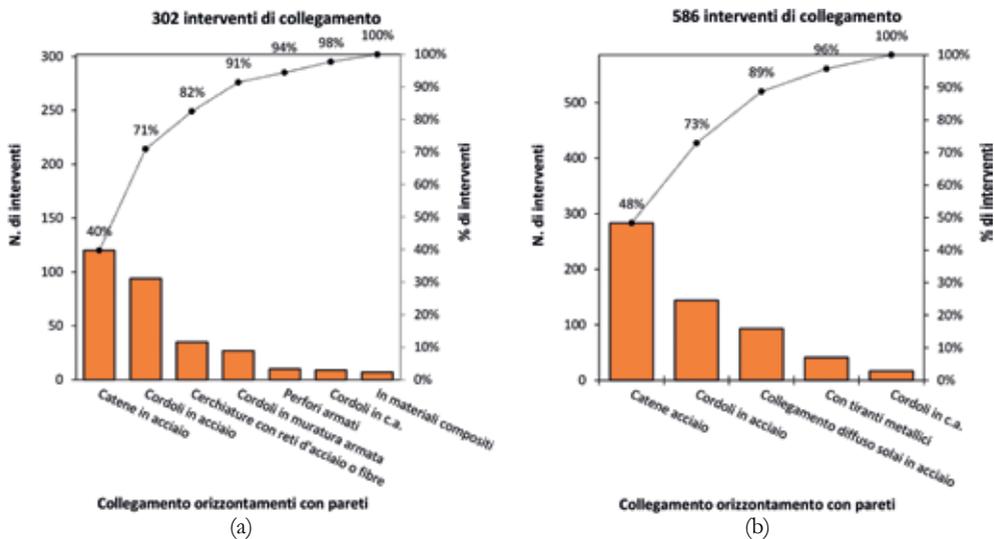


Figura 5.30. Tecnologie utilizzate per il collegamento tra gli orizzontamenti e le strutture verticali delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

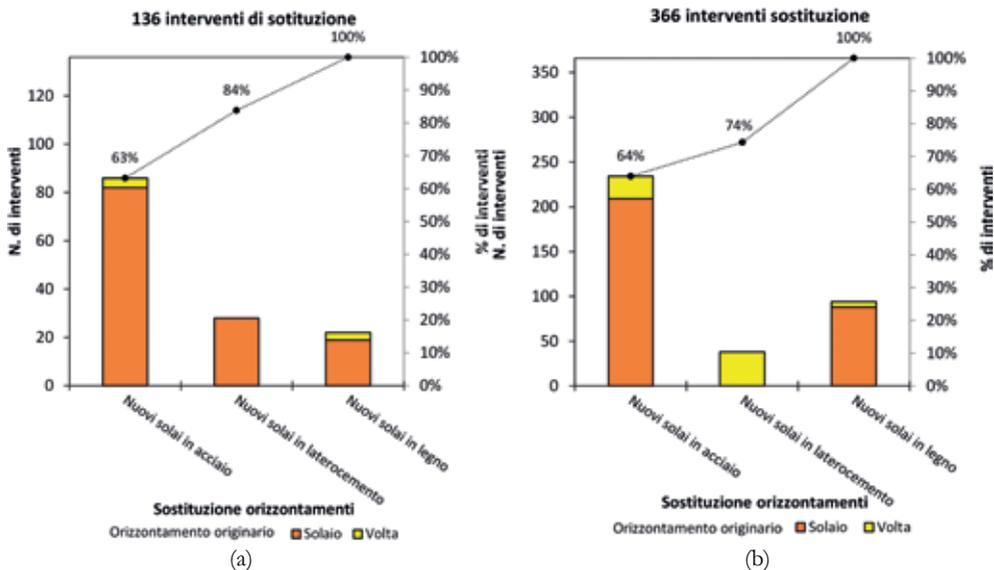


Figura 5.31. Dettaglio degli interventi di sostituzione degli orizzontamenti UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

Si nota che la gran parte degli interventi di sostituzione ha riguardato i solai piani; le volte sono state sostituite in un numero limitato di casi (5% delle UMI<sub>USRA</sub> e 18% delle UMI<sub>USRC</sub>). In dettaglio per le UMI<sub>USRA</sub> le volte sono state ricostruite mediante solaio in acciaio (3%) o latero-cementizi (2%); per le UMI<sub>USRC</sub> la tecnologia maggiormente adoperata è quella dei solai laterocementizi (10%), seguita da quella dei solai in acciaio (7%) e solaio in legno (2%). Gli orizzontamenti a sostituzione dei solai originari sono stati realizzati con solai piani in acciaio (6% di 502 UMI totali), in legno (1% di 502 UMI totali) o in laterocemento (8% di 502 UMI totali). Quest'ultima tecnologia non è stata mai adoperata per la sostituzione degli orizzontamenti a volta, che da progetto risultano essere stati ricostruiti in acciaio (58% di 502 UMI totali) o in legno (21% di 502 UMI totali). Inoltre, il grafico sopra richiamato di Figura 5.31 mostra che la tipologia di nuovo orizzontamento più adottata è quella con elementi in acciaio, realizzato tipicamente con putrelle ed elementi di alleggerimento in tavelloni. La sostituzione di solai con nuovi in laterocemento risulta più frequente nella città di L'Aquila (21% dei casi) rispetto ai comuni del cratere (10% dei casi), dove è stata privilegiata la realizzazione di solai in acciaio o in legno.

Nei grafici di Figura 5.32 è rappresentata la distribuzione della tecnologia utilizzata per gli interventi di consolidamento delle volte. Sia per le UMI<sub>USRA</sub> che per le UMI<sub>USRC</sub> le volte sono state consolidate prevalentemente ponendo in opera i

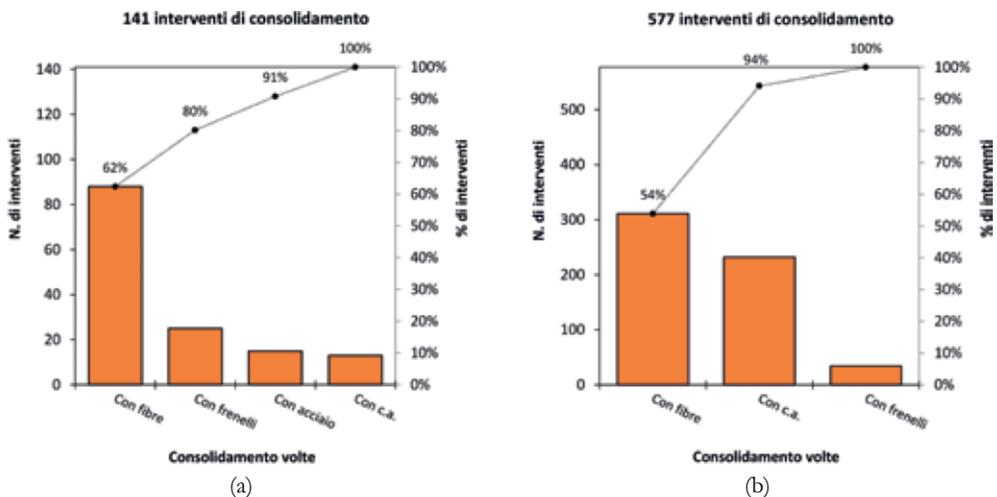


Figura 5.32. Tecnologie adottate per il consolidamento delle volte delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

materiali compositi, tipicamente in forma di reti o tessuti, ancorati alle volte tramite malte o resine. Nel 18% dei casi, nella città di L'Aquila sono stati realizzati dei frenelli, ovvero dei muretti, tipicamente in mattoni pieni, che hanno lo scopo di irrigidire la volta, contrastandone la deformabilità sotto le azioni sismiche. Nella città di L'Aquila gli interventi di consolidamento delle volte con cappe in c.a. sono stati utilizzati limitatamente (nel 10% dei casi), mentre nel cratere rappresentano circa il 40% degli interventi.

### 5.2.2.3. Coperture

Gli interventi sulle strutture di copertura sono stati progettati per 406 UMI<sub>USRA</sub> e 600 UMI<sub>USRC</sub>. Per ciascuna UMI, le strutture di copertura possono essere state interessate dalla progettazione di uno o più interventi strutturali. Per le 406 UMI<sub>USRA</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture di copertura pari a 568; per le 600 UMI<sub>USRC</sub> risulta un numero totale di interventi sulle strutture di copertura pari a 1.224.

Dal grafico di Figura 5.33 si rileva che l'intervento di sola riparazione è stato utilizzato marginalmente, in entrambi i campioni (circa nel 7% delle UMI<sub>USRA</sub> e 8% UMI<sub>USRC</sub>). Molto più frequenti sono gli interventi di sostituzione comple-

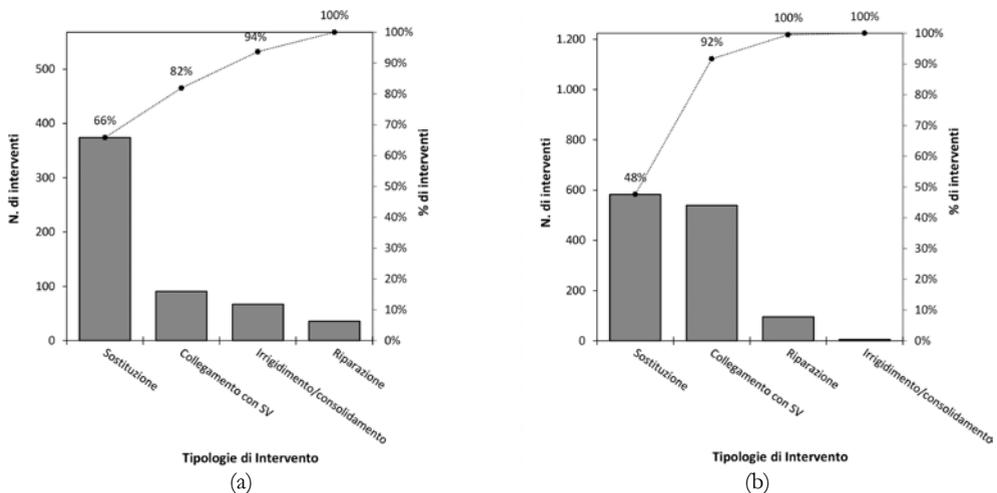


Figura 5.33. Frequenza degli interventi più eseguiti sulle coperture delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

ta della copertura, operati nel 66% delle  $UMI_{USRA}$  e nel 48% delle  $UMI_{USRC}$ , e gli interventi di collegamento delle coperture alle strutture verticali, utilizzati nel 16% delle  $UMI_{USRA}$  e nel 44% delle  $UMI_{USRC}$ .

Il collegamento tra copertura e strutture verticali è stato progettato con differenti tecnologie. La loro distribuzione è riportata in Figura 5.34 per 77  $UMI_{USRA}$  (a) e 529  $UMI_{USRC}$  (b), dove sono riportate le tecnologie utilizzate per il collegamento delle coperture alle strutture verticali.

La tecnologia più adottata è risultata quella mediante cordoli in acciaio (36% delle  $UMI_{USRA}$  e 41% delle  $UMI_{USRC}$ ), seguita da quella che prevede il collegamento mediante cordolo in c.a. Rispetto agli orizzontamenti intermedi, la realizzazione del cordolo in c.a. per il collegamento tra copertura e strutture verticali presenta meno difficoltà nelle realizzazioni, motivo per cui risulta essere tra le tecnologie maggiormente adottata (24% delle  $UMI_{USRA}$  e 33% delle  $UMI_{USRC}$ ). Piuttosto spesso sono stati realizzati cordoli in muratura armata (18% delle  $UMI_{USRA}$  e 19% delle  $UMI_{USRC}$ ).

In entrambi i campioni la realizzazione di cerchiature con tessuti d'acciaio o materiali compositi risultata rappresentata in maniera marginale.

Nella Figura 5.35 sono infine rappresentate le modalità realizzative delle nuove coperture realizzate in sostituzione delle coperture esistenti. Per le UMI di L'Aquila, nel 79% del campione è stata realizzata una nuova copertura in legno, mentre nel 15% dei casi sono state realizzate coperture in laterocemento (indicate nel grafico con la dicitura coperture in c.a.). Nel restante 6% dei casi sono sta-

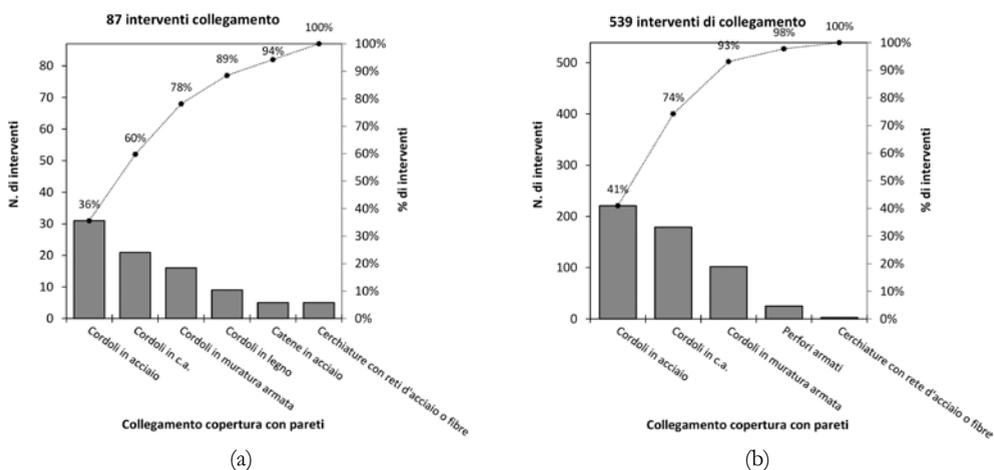


Figura 5.34. Dettaglio degli interventi di collegamento tra le coperture e le strutture verticali delle  $UMI_{USRA}$  (a) e  $UMI_{USRC}$  (b) soggette a miglioramento sismico.

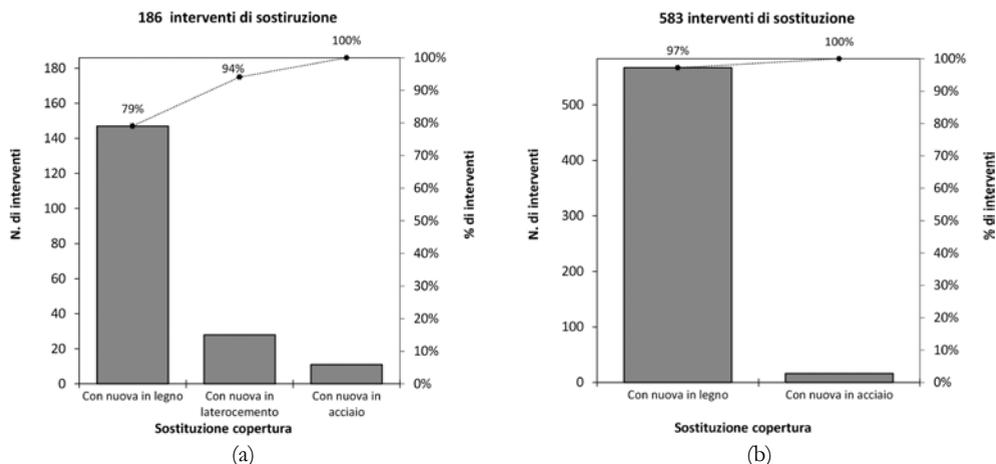


Figura 5.35. Tecnologie utilizzate per gli interventi di sostituzione delle coperture delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) soggette a miglioramento sismico.

te realizzate coperture con elementi in acciaio. Nei comuni del cratere nella quasi totalità dei casi sono state realizzate nuove coperture in legno (97%). Non è stato rilevato l'utilizzo di nuove coperture in laterocemento.

### 5.2.3. Demolizione e ricostruzione

La possibilità di prevedere interventi di demolizione e ricostruzione è stata gestita in modo sostanzialmente diverso tra la città di L'Aquila e i comuni del cratere. Nella città di L'Aquila la possibilità di operare interventi di demolizione e ricostruzione in centro storico è definita nel già citato Decreto 1/2013, che definisce anche le prerogative del modello parametrico. All'articolo 6 si specifica che gli interventi di demolizione e ricostruzione sono consentiti, qualora non in contrasto con gli strumenti urbanistici vigenti, nei seguenti casi:

- sostituzione edilizia su richiesta del proprietario;
- edifici distrutti ossia completamente crollati o demoliti per ordinanza sindacale;
- edifici con crolli parziali dei muri portanti e degli orizzontamenti che hanno interessato almeno il 25% in volume vuoto per pieno;
- edifici in c.a. in presenza di spostamenti permanenti dovuti al sisma fra la base e la sommità dei pilastri di un qualunque piano, pari o superiore all'1.5% dell'altezza di interpiano e relativa ad almeno il 50% dei pilastri del piano stesso;
- edifici in c.a. con resistenza a compressione media cubica inferiore a 8 MPa.

Nei casi di cui ai punti a), b) e c) del precedente elenco, le proposte di demolizione devono comunque essere approvate dalla Commissione Pareri, in sede di istruttoria del progetto parte prima.

Nei comuni del cratere invece la possibilità di effettuare interventi di sostituzione edilizia è demandata interamente alla legislazione urbanistica vigente, in particolare alle previsioni dei piani di ricostruzione che, per 47 comuni, presentano anche una componente urbanistica, con previsioni in variante o ad integrazione dei piani comunali vigenti al momento del sisma (§ 1.3). La procedura MIC non prevede differenziazioni di contributo tra edifici riparati o sostituiti, se non a livello di concessione dei singoli incrementi collegati alla conservazione degli elementi di pregio.

Dall'analisi dei progetti è emerso che per 167 UMI<sub>USRA</sub> (pari al 25% di 668 UMI<sub>USRA</sub>) e per 88 UMI<sub>USRC</sub> (pari al 10% di 865 UMI<sub>USRC</sub>) sono stati adottati interventi di demolizione e ricostruzione che hanno riguardato l'intera UMI o una porzione di essa. Nel seguito si farà riferimento alle UMI parzialmente demolite se almeno un edificio della UMI non è stato demolito e alle UMI demolite nel caso in cui tutti gli edifici della UMI sono stati demoliti.

In Figura 5.36 è riportata la distribuzione delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) demolite o parzialmente demolite. In dettaglio risulta che per le UMI<sub>USRA</sub> 100 sono state parzialmente demolite e 67 totalmente demolite; per le UMI<sub>USRC</sub> 57 sono state parzialmente demolite e 31 totalmente demolite.

La parziale demolizione è stata adottata per 61 UMI<sub>USRA</sub> e 16 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito E e per 39 UMI<sub>USRA</sub> e 41 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito (di cui 12 UMI<sub>USRA</sub> e 16 UMI<sub>USRC</sub> con esito A-E, 17 UMI<sub>USRA</sub> e 12 UMI<sub>USRC</sub> con esito BC-E e 10 UMI<sub>USRA</sub> e 12 UMI<sub>USRC</sub> con esito A-BC-E).

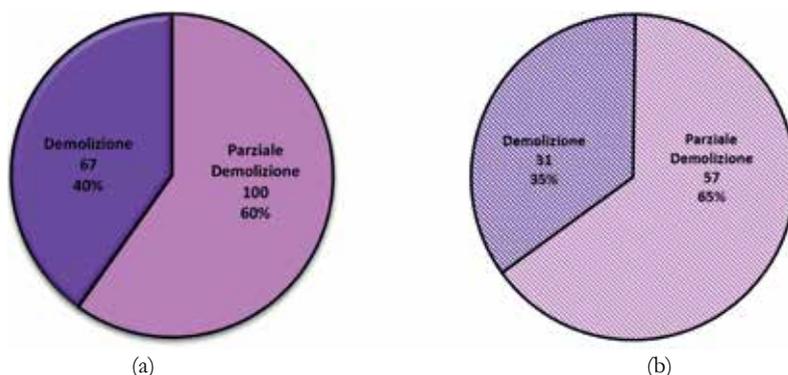


Figura 5.36. Interventi di demolizione e ricostruzione, parziale e totale, delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e delle UMI<sub>USRC</sub> (b).

Per quanto concerne la demolizione e ricostruzione essa è stata adottata per 66 UMI<sub>USRA</sub> e 25 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito E e per 1 UMI<sub>USRA</sub> e 6 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito (di cui 1 UMI<sub>USRA</sub> e 3 UMI<sub>USRC</sub> con esito A-E, 0 UMI<sub>USRA</sub> e 2 UMI<sub>USRC</sub> con esito BC-E e 0 UMI<sub>USRA</sub> e 1 UMI<sub>USRC</sub> con esito A-BC-E). Si sottolinea che per quanto concerne le 66 UMI<sub>USRA</sub> e le 25 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito interamente demolite e ricostruite esse sono costituite per lo più da uno, due o tre edifici. La percentuale di UMI interamente demolite composte da più di tre edifici è pari al 7% delle 66 UMI<sub>USRA</sub> e 16% delle 25 UMI<sub>USRC</sub>.

In Figura 5.37 sono riportate le percentuali di UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) con parziale demolizione e totalmente demolite rispetto al totale di UMI per ciascun esito di agibilità. Dai grafici si evince, come era lecito attendersi, che la parziale demolizione è stata adottata in percentuali più elevate nel caso di UMI pluri-esito sia per le UMI<sub>USRA</sub> che per le UMI<sub>USRC</sub>.

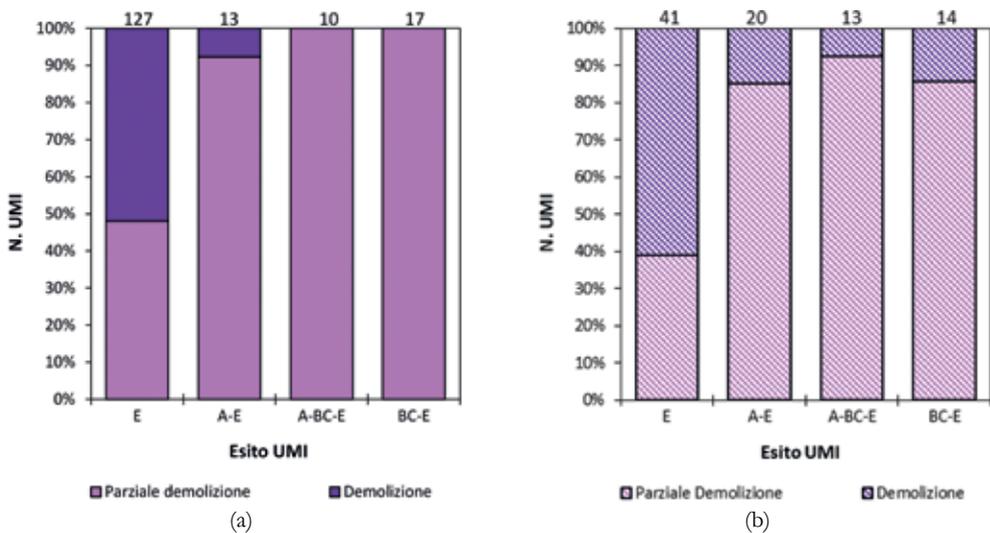


Figura 5.37. Percentuale di UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> parzialmente demolite e demolite in funzione degli esiti di agibilità.

#### 5.2.4. Correlazione tra interventi e indice di danno

In questo paragrafo sono proposte alcune correlazioni tra l'indice di danno delle UMI,  $I_{DSUMI}$  (definito nel capitolo 4), e le categorie di intervento. In dettaglio, in Figura 5.39 si riportano le percentuali di UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b)

dell'intero campione afferenti a diversi valori dell'indice di danno,  $I_{DSUMI}$ , definito a partire dalla metrica riportata in [Rota et al., 2008] per ciascuna categoria di intervento. Analogamente in Figura 5.38 si riportano le percentuali per  $I'_{DSUMI}$  definito a partire dalla metrica riportata in [Dolce et al., 2019]

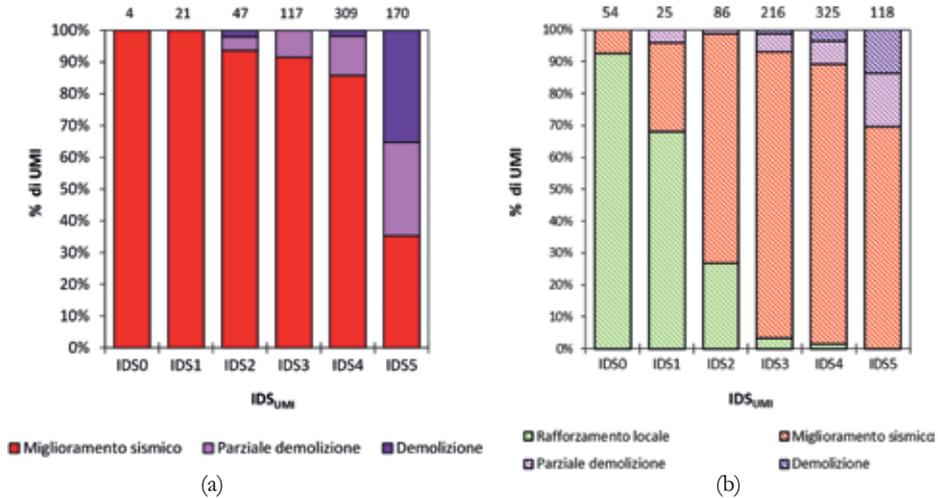


Figura 5.38. Correlazioni tra interventi e indice di danno definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per le  $UMI_{USRA}$  (a) e per le  $UMI_{USRC}$  (b).

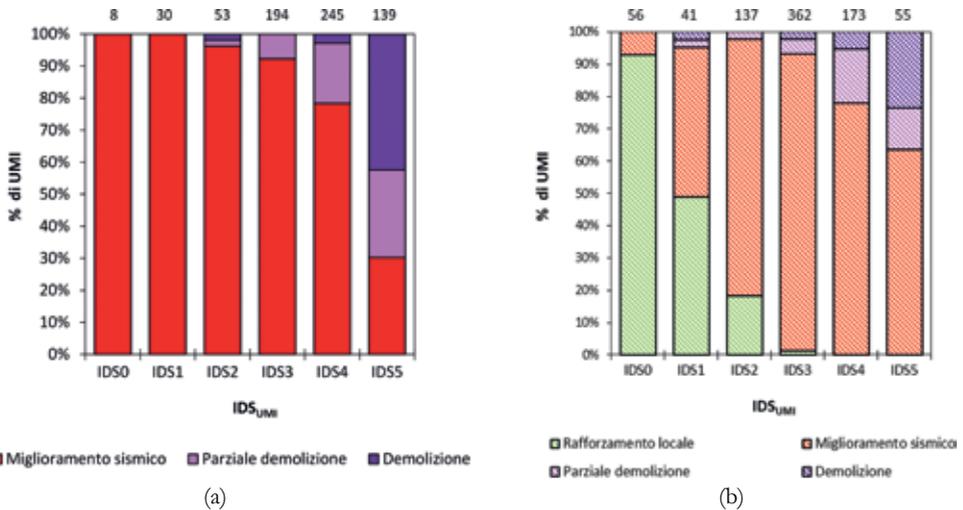


Figura 5.39. Correlazioni tra interventi e indice di danno definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per le  $UMI_{USRA}$  (a) e per le  $UMI_{USRC}$  (b).

Dai grafici di Figura 5.38 e di Figura 5.39 emerge che, sia per le UMI<sub>USRA</sub> che per le UMI<sub>USRC</sub> ed indipendentemente dalla metrica adottata, la scelta della categoria di intervento è lo specchio del livello di danneggiamento. In dettaglio si osserva una crescita della percentuale di UMI parzialmente demolite o totalmente demolite al crescere dell'indice di danno. La Figura 5.39 mostra che tali percentuali variano da 6% al 64% (3% al 70%) per le UMI<sub>USRA</sub> e da 4% al 36% (4% al 31%) per le UMI<sub>USRC</sub> passando dal I<sub>DS0</sub> a I<sub>DS5</sub>.

### 5.3. Edifici: analisi degli interventi

La tipologia di interventi di riparazione e miglioramento sismico per le UMI<sub>USRA</sub> è disponibile non solo per l'intera UMI ma anche per singolo edificio. In questo paragrafo si propone l'analisi degli interventi di riparazione e miglioramento sismico con riferimento a 1.662 edifici afferenti a 668 UMI<sub>USRA</sub>.

Nel grafico di Figura 5.40 sono rappresentati gli interventi più frequente utilizzati; rispetto al grafico di Figura 5.26 (a), nel quale la frequenza era stata deter-

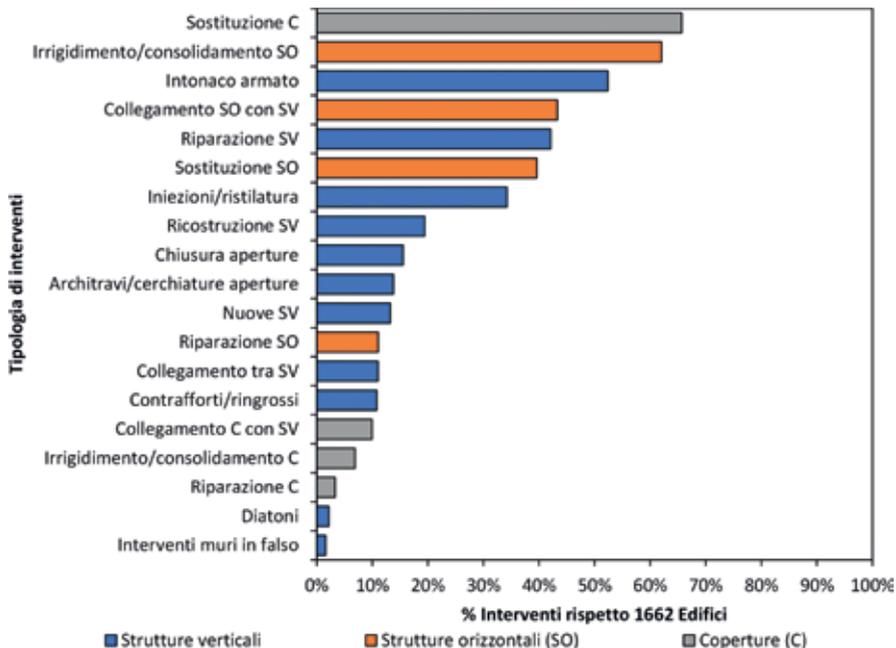


Figura 5.40. Frequenza degli interventi sugli edifici dell'USRA.

minata rispetto alle UMI, non si segnalano cambiamenti significativi, se non nella posizione reciproca di alcuni interventi, probabilmente in quanto gli interventi progettati sono estesi alla gran parte se non alla totalità degli edifici che compongono la UMI.

Gli interventi di riparazione e miglioramento sismico sulle strutture verticali sono stati progettati per 1.260 edifici; sulle strutture orizzontali per 1.182 edifici e sulle coperture per 1.059 edifici. La distribuzione della tipologia di interventi progettati per ciascuna componente strutturale è riportata in Figura 5.41.

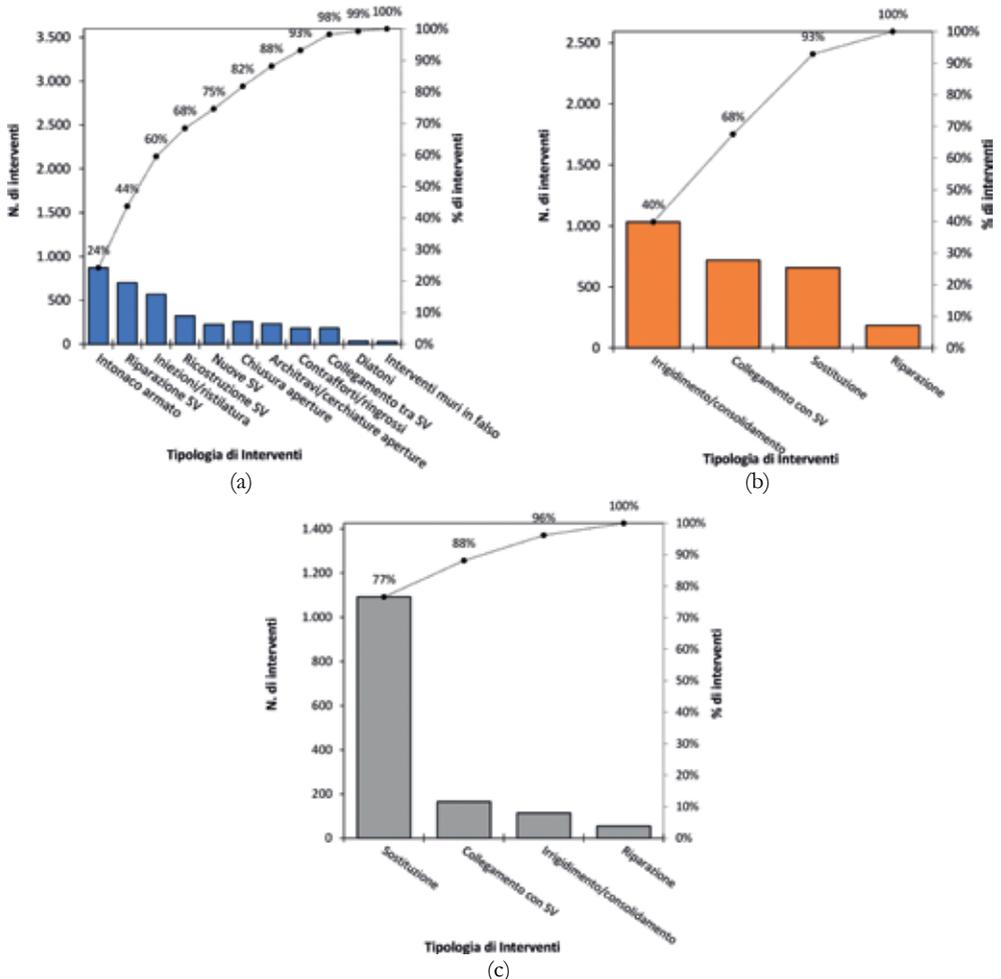


Figura 5.41. Frequenza degli interventi sugli edifici: su strutture verticali (a); sulle strutture orizzontali (b); sulle coperture (c).

### 5.3.1. Demolizione e ricostruzione

Gli interventi di demolizione e ricostruzione hanno interessato un totale di 265 edifici afferenti a 167 UMI<sub>USRA</sub> e 215 edifici afferenti a 88 UMI<sub>USRC</sub>.

Nel grafico di Figura 5.42 è rappresentata la distribuzione degli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) oggetto di demolizione e ricostruzione in funzione delle categorie di edifici definite al § 3.4 e richiamate nel seguito:

- a) edifici con vincolo diretto ai sensi del d.lgs. del 22 gennaio 2004, n. 42;
- b) edifici con attestazione di particolare interesse paesaggistico (L. 77/2009 Art. 14 co. 5 bis), intesa comune tra Mibac – comune dell’Aquila;
- c) edifici con caratteri di pregio storico-artistico (DCR n. 45/2011);
- d) edifici non ricadenti in alcune delle categorie sopra citate, definiti nel seguito edifici non di pregio.

Nella città di L’Aquila sono in uso tutte le categorie di edifici sopra richiamate, mentre nel processo di ricostruzione dei comuni del cratere sono state individuate solo tre delle categorie sopraesposte:

- a) edifici con vincolo diretto ai sensi del d.lgs. del 22 gennaio 2004, n. 42;
- b) edifici con caratteri di pregio storico-artistico (DCR n. 45/2011);
- c) edifici non di pregio.

Nel campione analizzato delle UMI<sub>USRC</sub> non sono presenti edifici con vincolo diretto.

Dal grafico di Figura 5.42a si evince che, nonostante la presenza dell’ampio patrimonio di interesse culturale e l’elevato livello di danno medio riscontrato,

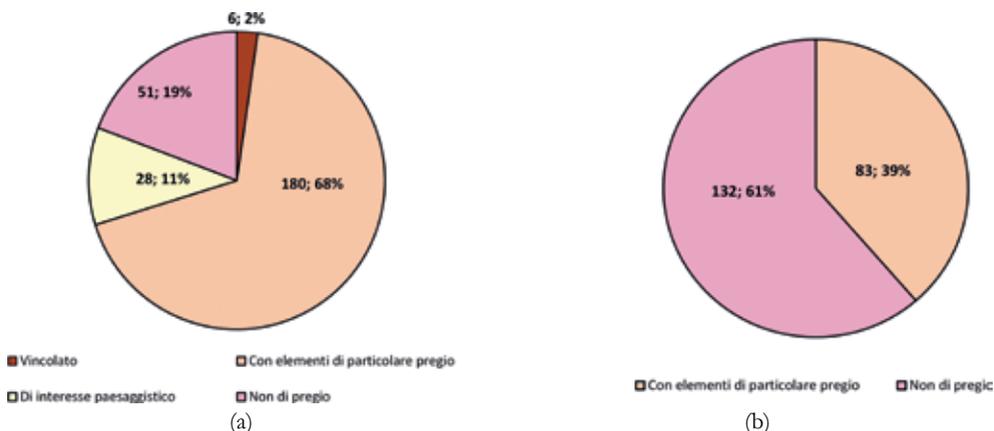


Figura 5.42. Distribuzione degli edifici demoliti con vincolo diretto, paesaggistico e con elementi di pregio delle UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b).

nella città di L'Aquila (a) sono stati oggetto di sostituzione edilizia solo 6 edifici con vincolo diretto e 28 edifici sottoposti a vincolo paesaggistico. Il 68% degli edifici sostituiti presentava caratteri di pregio, mentre il restante 19% è costituito da edifici senza caratteristiche di pregio o vincoli. Per quanto riguarda gli edifici ubicati nei centri storici dei comuni minori del cratere (Figura 5.42b), il 61% non presentava caratteristiche di pregio, a differenza della restante parte. La numerosità degli edifici con caratteristiche di pregio soggetti a sostituzione edilizia è in entrambi i casi estremamente limitata rispetto al numero di edifici complessivi.

Si riporta, infine, di seguito un'analisi volta alla definizione delle cause che hanno indotto l'intervento di demolizione e ricostruzione.

Dall'analisi dei 265 edifici demoliti e ricostruiti afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> è emerso che:

- a) 104 edifici sono stati demoliti su richiesta dei proprietari;
- b) 32 edifici sono risultati distrutti ossia completamente crollati o demoliti per ordinanza sindacale;

Tabella 5.3. Motivazione dell'intervento di demolizione e ricostruzione in funzione delle categorie di edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

Motivazione demolizione	Vincolo diretto	Vincolo paesaggistico	Con elementi di pregio	Non di pregio	Totale
Su richiesta del proprietario	4	7	71	22	<b>104</b>
Crollo totale	1	7	5	3	<b>16</b>
Crolli parziali	1	14	104	26	<b>145</b>
<b>Totale</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>180</b>	<b>51</b>	<b>265</b>

Tabella 5.4. Motivazione dell'intervento di demolizione e ricostruzione in funzione delle categorie di edifici afferenti alle UMI<sub>USRC</sub>.

Motivazione demolizione	Con elementi di pregio	Non di pregio	Totale
Su richiesta del proprietario	-	108	<b>108</b>
Edificio crollato o demolito con ordinanza sindacale	83	24	<b>107</b>
<b>Totale complessivo</b>	<b>83</b>	<b>132</b>	<b>215</b>

- c) 146 edifici hanno presentato crolli parziali dei muri portanti e degli orizzontamenti che hanno interessato almeno il 25% in volume vuoto per pieno;

Mentre nei centri storici dei comuni minori del cratere è emerso che dei 215 edifici demoliti e ricostruiti:

- a) 108 edifici sono stati demoliti su richiesta dei proprietari;  
b) 107 edifici sono risultati distrutti ossia completamente crollati o demoliti per ordinanza sindacale.

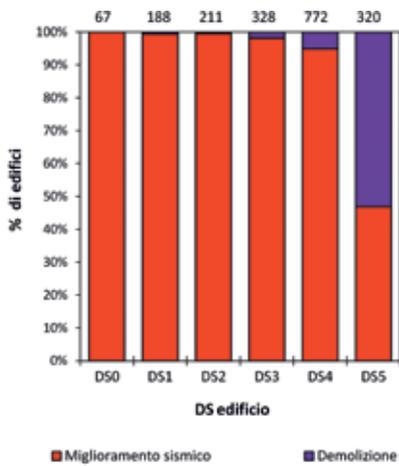
Nelle Tabelle 5.3 e 5.4 sono riportati il numero di edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  e alle  $UMI_{USRC}$ , rispettivamente, per ciascuna categoria in funzione delle motivazioni alla base della scelta dell'intervento di demolizione e ricostruzione. Si nota come la gran parte degli edifici demoliti e ricostruiti afferenti sia alle  $UMI_{USRA}$  che  $UMI_{USRC}$  presentava crolli parziali o totali. Nella città di L'Aquila è stata autorizzata la sostituzione edilizia su richiesta del proprietario anche di edifici con elementi di pregio o, solo in 4 casi, con vincolo diretto. Giova ricordare che nel caso del campione USRA tali interventi sono stati tutti espressamente autorizzati dalla Commissione pareri (vedi § 2.3.1), che ha anche la facoltà di condizionare l'intervento stesso al rispetto di particolari vincoli, quali ad esempio la conservazione e il ripristino di specifici elementi della facciata.

### 5.3.2. Correlazione tra interventi e indice di danno

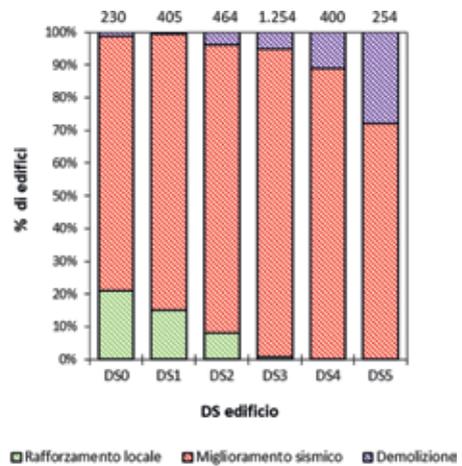
Nei due grafici di Figura 5.43 e Figura 5.44 sono proposte le correlazioni tra l'indice di danno assegnato al singolo edificio, determinato rispettivamente con la metrica DaDO riportata in [Rota et al., 2008] e con la metrica riportata in [Dolce et al., 2019], e la categoria di intervento previsto, tra rafforzamento locale, miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione. Le correlazioni con entrambe le metriche evidenziano come si sia proceduto agli interventi di demolizione e ricostruzione degli edifici perlopiù in corrispondenza di livelli di danno DS4 e DS5.

## 5.4. Conclusioni

In questo capitolo è stata effettuata una disamina degli interventi più utilizzati nella ricostruzione post-sisma dei centri storici con riferimento ad un numero complessivo di 1.495 UMI costituite prevalentemente da US/ED in muratura. Le lavorazioni analizzate sono state raggruppate in funzione dell'elemento strutturale oggetto di intervento (strutture verticali, orizzontali e coperture). Sono sta-

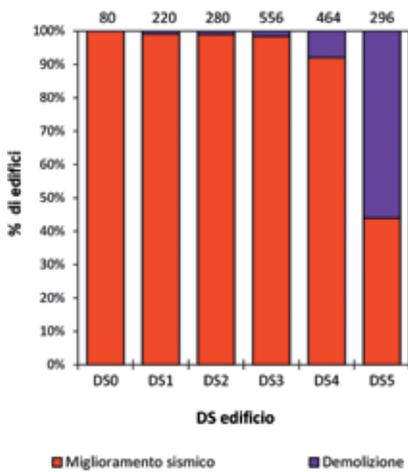


(a)

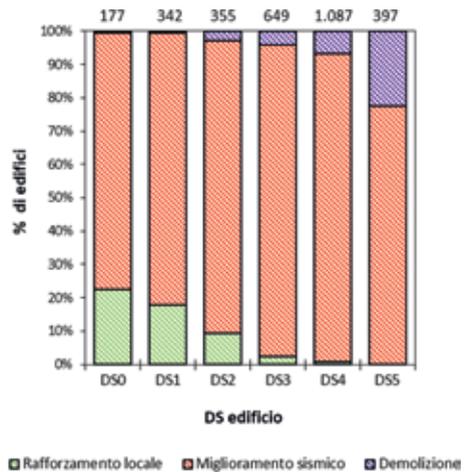


(b)

Figura 5.43. Correlazioni tra l'indice di danno definito mediante la metrica [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).



(a)



(b)

Figura 5.44. Correlazioni tra interventi e indice di danno definito mediante la metrica [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a) e alle UMI<sub>USRC</sub> (b).

te individuate 11 lavorazioni inerenti le strutture verticali, 4 inerenti gli orizzontamenti e 4 inerenti le coperture.

Il campione delle UMI<sub>USRA</sub> comprende 668 UMI, di cui 501 oggetto di miglioramento sismico e 167 comprendenti interventi di demolizione e ricostru-

zione. Il campione delle  $UMU_{USRC}$  comprende 827 UMI, di cui 103 oggetto di rafforzamento locale, 636 oggetto di miglioramento sismico e 88 comprendenti interventi di demolizione e ricostruzione.

Gli interventi sono stati analizzati sia facendo riferimento alle UMI che ai singoli edifici.

Dai dati analizzati è emerso che:

- le tipologie di lavorazioni adottate per le UMI oggetto di rafforzamento locale hanno prevalentemente riguardato il collegamento dei solai, i collegamenti dei solai con le pareti e la realizzazione di architravi/chiusura di aperture;
- le tipologie di lavorazioni adottate per le UMI oggetto di miglioramento sismico, hanno riguardato, per le  $UMI_{USRA}$ , in maniera abbastanza omogenea tutte e tre le componenti strutturali (i.e. strutture verticali, strutture orizzontali e coperture), mentre per le  $UMI_{USRC}$  si è riscontrata una maggiore frequenza di interventi sulle coperture e sulle strutture orizzontali;
- l'intervento più frequentemente adottato per il consolidamento delle strutture verticali delle  $UMI_{USRA}$  ha riguardato la posa in opera di intonaco armato (22% degli interventi del campione), mentre nelle  $UMI_{USRC}$  ha riguardato la realizzazione di architravi/cerchiatura di aperture (19% degli interventi del campione);
- gli interventi d'intonaco armato, sia nelle  $UMI_{USRA}$  che nelle  $UMI_{USRC}$  sono stati progettati prevalentemente mediante l'utilizzo di fibre; nei comuni del cratere si è osservata, tuttavia, un significativo utilizzo del classico intervento di intonaco armato con rete in acciaio;
- gli interventi più diffusamente previsti sulle strutture orizzontali hanno riguardato sia l'irrigidimento/consolidamento dei solai, sia il collegamento di questi ultimi con le pareti; per i collegamenti degli orizzontamenti con le pareti sono stati previsti prevalentemente cordoli o catene in acciaio (71% dei casi nelle  $UMI_{USRA}$ , 73% dei casi nelle  $UMI_{USRC}$ ); mentre in casi estremamente limitati cordoli in c.a.;
- nei casi di sostituzione degli orizzontamenti esistenti, i nuovi orizzontamenti sono stati progettati prevalentemente in acciaio, rispettivamente nel 64% e nel 62% dei casi per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$ ;
- gli interventi sulle volte, (63%  $UMI_{USRA}$  e 64%  $UMI_{USRC}$ ) sono stati per lo più progettati mediante consolidamento con fibre;
- gli interventi più diffusi sulle coperture hanno riguardato la sostituzione e il collegamento delle stesse con le pareti verticali prevalentemente mediante cordoli in acciaio;
- le nuove coperture sono state progettate prevalentemente in legno, rispettivamente nel 79% e nel 97% dei casi per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$ ;

- gli interventi di sostituzione edilizia che hanno interessato l'intera UMI o singole porzioni sono stati più diffusi nella città di L'Aquila (25% delle UMI), rispetto ai comuni del Cratere (10% delle UMI);
- gli interventi di sostituzione edilizia hanno interessato UMI con elevato indice di danno, prevalentemente UMI con indice di danno pari a  $I_{DS5}$ .

## Bibliografia

- USRA Decreto n. 1 del 21/01/2013, *Disciplina per la progettazione e la realizzazione degli interventi sugli edifici privati, ubicati nei centri storici del Comune di L'Aquila danneggiati dal Sisma del 2009*.
- USRC Decreto n. 1 del 06/02/2014, *Disposizioni per il riconoscimento del contributo per gli interventi sull'edilizia privata nei centri storici dei Comuni del Cratere* (art. 2, comma 2, del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 4 febbraio 2013).
- Del Gaudio C., De Martino G., Di Ludovico M., Manfredi G., Prota A., Ricci P., Verderame G., "Empirical fragility curves from damage data on RC buildings after the 2009 L'Aquila earthquake", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2017.
- Del Gaudio C., De Martino G., Di Ludovico M., Manfredi G., Prota A., Ricci P., Verderame G. "Empirical fragility curves for masonry buildings after the 2009 L'Aquila, Italy, earthquake", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2019.
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Di Meo A., Faravelli M., Pascale V., "Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. Webgis", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 60(2), 141-164, 2019.
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Pascale V., *Da.D.O – A web-based tool for analyzing and comparing post-earthquake damage database relevant to national seismic events since 1976*. In: *Atti del XVII Convegno ANIDIS L'ingegneria Sismica in Italia*, 347-357, Pisa University Press, Pisa, Italy, 2017.
- Rota M., Penna A., Strobbia C.L., "Processing Italian damage data to derive typological fragility curves", *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 28, 933-947, 2008.
- Ministero delle Infrastrutture, Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* del 4 febbraio 2008, n. 29).

# 6.

## Aspetti economici della ricostruzione dei centri storici

*Giuseppina De Martino, Antonio Mannella, Dario Pecci, Marco Di Ludovico, Mauro Dolce, Andrea Prota*

### 6.1. Introduzione

In questo capitolo sono presentate alcune analisi sui costi unitari d'intervento degli edifici ubicati nei centri storici della città di L'Aquila e dei comuni del Cratere.

Il contributo concesso è stabilito mediante il computo metrico relativo al progetto degli interventi di riparazione, rafforzamento sismico, adeguamento impiantistico ed energetico predisposto da tecnici incaricati dal committente. Tale contributo è inferiore o uguale alla somma del contributo determinato in accordo ai decreti [USRA 21/01/2013; Decreto USRC 01/2014]. Tali limiti sono stati definiti mediante l'introduzione dei costi parametrici, descritti nel dettaglio al § 2.3.1 per il modello parametrico adottato da USRA e nel § 2.3.2 per il modello parametrico adottato da USRC.

Nella Tabella 6.1 è riportato un elenco degli ulteriori indennizzi non concessi su base parametrica. All'ultima riga della tabella sono stati indicati anche i lavori a carico dei proprietari (in accollo) in alcuni casi particolari (ad esempio parte delle finiture per seconde abitazioni), definiti dalle procedure per la ricostruzione dei centri storici di L'Aquila e degli altri comuni, in quanto entrambe le procedure parametriche richiedono che tali importi siano evidenziati nel quadro economico dei lavori. I costi d'intervento dei lavori relativi agli elementi accessori al fabbricato necessari al ripristino dell'agibilità, alla rimozione dell'amianto e delle opere di messa in sicurezza, agli elementi storico artistici contenuti negli immobili sono riportati in computi specifici; il relativo contributo è autorizzato a seguito di una specifica istruttoria dei relativi progetti esecutivi, in quanto tali voci non sono comprese nelle procedure parametriche.

Tabella 6.1. Voci di costo extra parametriche previste nelle procedure per la ricostruzione dei centri storici e confronto con quanto previsto per la ricostruzione delle periferie.

<b>Voce di costo EXTRA PARAMETRICA</b>	<b>USRA</b>	<b>USRC</b>
Demolizione del fabbricato esistente, nel caso di sostituzione edilizia	Escluso demolizione volontaria	Mai prevista
Elementi accessori al fabbricato necessari all'agibilità: muri di sostegno, palificate, e simili	✓	✓
Consolidamento/bonifica di cavità ipogee	✓	✓
Rimozione barriere architettoniche (installazione ascensori, rampe d'accesso per disabili)	✓	Compreso nel contributo param.
Rimozione Amianto	✓	✓
Messa in sicurezza ruderi	-	✓
Contenuti storico artistici negli edifici	✓, computo a parte	✓
Elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano e siti archeologici	-	✓
Rimozione opere di messa in sicurezza	✓	✓
Accolli a carico dei proprietari, necessari a terminare i lavori e ridare l'agibilità	✓	✓

I contributi concessi comprendono una quota per l'esecuzione dei lavori e delle indagini e una quota relativa agli oneri professionali, il tutto comprensivo di IVA (pari al 10% per i costi di riparazione, di rafforzamento locale e di miglioramento sismico e al 22% per le voci relative ai costi delle spese tecniche). In questo capitolo tutte le valutazioni e le analisi sono effettuate con riferimento ai costi unitari (comprensivi degli oneri professionali e di IVA); ovvero ai costi riferiti alla superficie lorda complessiva, già definita al § 2.2.1 della quale si richiama, per comodità di lettura, la definizione: *“somma delle superfici calpestabili coperte delle unità immobiliari e delle parti comuni del fabbricato, e delle superfici occupate da muri portanti, setti, tamponature e tramezzzi. La superficie lorda coperta di una unità immobiliare è data dalla somma della superficie calpestabile coperta dell'unità e della superficie occupata da muri portanti, setti, tamponature e tramezzzi di competenza dell'unità stessa.”*

Nel presente capitolo i dati economici sono presentati in primo luogo con riferimento alle UMI ed in funzione dell'esito di agibilità e dell'intervento progettato (rafforzamento locale o miglioramento sismico sulle stesse). Un paragrafo è dedicato all'analisi dei costi delle UMI nelle quali sono previsti interventi di sostituzione edilizia. L'analisi dei costi è stata condotta con riferimento ad UMI caratterizzate da diverse unità strutturali con uguale (UMI mono-esito) e differente esito di agibilità (UMI pluri-esito). Considerato che nel caso di UMI pluri-esito le analisi dei costi sono fortemente influenzate dalle tipologie di esito presenti nella UMI, al

fine di svincolare le analisi di costo dell'enorme variabilità degli esiti che possano caratterizzare le UMI, il capitolo affronta anche l'analisi dei costi con riferimento all'indice di danno delle UMI. Infine, poiché la procedura adottata dall'USRA ha consentito di archiviare i dati per ogni edificio ricompreso nelle UMI e non solo per le UMI nel loro complesso, nella parte finale i costi di intervento sono analizzati alla scala dell'edificio ed in funzione dell'esito di agibilità, della categoria di intervento e del livello di danno globale. Ciò è stato possibile per i soli interventi relativi ai centri storici di L'Aquila in quanto la procedura adottata dall'USRC non distingue i costi di intervento per singolo edificio data la complessità di identificazione univoca degli edifici negli aggregati/UMI nei centri storici minori.

## 6.2. Voci di costo

I contributi rilasciati per la ricostruzione riguardano diverse voci di costo correlate alle diverse categorie di lavori necessari. Al fine di semplificare la lettura, per entrambe le procedure parametriche, il finanziamento rilasciato per ciascuna richiesta di contributo è stato raggruppato nel prosieguo nelle sei voci di costo individuate nella Tabella 6.2 e descritte più nel dettaglio di seguito.

*Voce di costo n. 1: riparazione del danno e rafforzamento locale o miglioramento sismico*

Questa voce comprende i lavori per la riparazione del danno strutturale ed interventi di rafforzamento locale su tutti gli elementi strutturali (pareti murarie, travi e pilastri, impalcati...) finalizzati ad eliminare le principali carenze strutturali degli edifici che compongono le UMI nonché gli interventi di miglioramento sismico volti a conseguire il raggiungimento di un livello di sicurezza almeno pari al 60% rispetto a quello di un edificio di nuova costruzione. In questa voce sono

Tabella 6.2. Voci di costo individuate.

Voce di costo	Descrizione
1	riparazione del danno e rafforzamento locale o miglioramento sismico
2	conservazione, recupero e valorizzazione degli elementi di pregio
3	prove geotecniche e strutturali
4	adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico
5	ulteriori lavorazioni (consolidamento/bonifica di cavità ipogee, messa in sicurezza ruderi, elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano e siti archeologici...)
6	recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili

anche compresi i lavori per la riparazione dei danni agli elementi non strutturali e i lavori di finitura direttamente connessi agli interventi strutturali, compreso il ripristino della funzionalità degli impianti esistenti. Questa voce comprende infine le lavorazioni necessarie al ripristino delle finiture e degli impianti danneggiati, non connessi agli interventi strutturali, relativi alle UI adibite ad abitazioni principali e le lavorazioni necessarie al ripristino delle finiture e degli impianti danneggiati non connessi agli interventi strutturali relativi alle UI diverse dalle abitazioni principali, con il limite di 100 €/m<sup>2</sup> di superficie complessiva.

*Voce di costo n. 2: conservazione, recupero e valorizzazione degli elementi di pregio*

Entrambe le procedure parametriche prevedono la possibilità di maggiorare il contributo base qualora ricorrano specifiche condizioni. Ai fini dell'applicazione delle maggiorazioni dovute alla presenza di caratteri di valenza storica/artistica/culturale/paesaggistica, gli edifici sono distinti in quattro categorie: edifici con vincolo diretto ai sensi dell'art. 10 comma 3 lettera a) del d.lgs. 42/2004; edifici di particolare interesse paesaggistico, ricompresi all'interno del nucleo storico (zona A di PRG) del capoluogo della città; edifici non vincolati ma con presenza di elementi di pregio storico artistico; edifici non ricadenti in alcune delle categorie sopra citate, definiti nel seguito edificio non di pregio.

Proprio per tener conto delle maggiorazioni sopra citate, i costi di riparazione, di rafforzamento locale o miglioramento sismico, individuati alla voce 1) dell'elenco precedente, sono stati scorporati dai costi per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio, individuati alla voce 2).

*Voce di costo n. 3: prove geotecniche e strutturali*

I costi per effettuare le indagini geologico/geotecniche e sui materiali necessarie per la caratterizzazione delle strutture e dei terreni e comprendono:

- a) spese per le indagini geotecniche;
- b) spese per le indagini strutturali;

Il contributo alla spesa per unità di superficie lorda della UMI oggetto delle prove geotecniche e strutturali è stato fissato in 12 €/mq IVA inclusa in entrambe le procedure parametriche, con i seguenti limiti massimi:

- 15.000 € IVA inclusa, per le prove geotecniche e strutturali sugli edifici isolati;
- 20.000 € IVA inclusa, per le prove geotecniche e strutturali sugli aggregati;
- 6.000 € IVA inclusa, per indagini su terreni.

Per gli edifici con una superficie lorda complessiva inferiore a 417 mq è comunque ammesso un contributo massimo fino a 5.000 €. Tali costi sono stati raggruppati nella voce n. 3) dell'elenco precedente.

*Voce di costo n. 4: adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico*

I costi legati all'adeguamento impiantistico e all'efficientamento energetico comprendono:

- a) lavori per l'adeguamento igienico sanitario delle unità immobiliari residenziali;
- b) lavori per l'adeguamento degli impianti elettrici e termici alle normative vigenti;
- c) lavori per l'efficientamento energetico e acustico;
- d) lavori per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

Tali costi sono relativi alla necessità di adeguare gli impianti esistenti alle attuali normative impiantistiche, al fine del rilascio del certificato di agibilità e, inoltre, a conseguire un efficientamento energetico dell'immobile, compatibilmente con quanto previsto in termini di conservazione del costruito dai piani di ricostruzione e dagli strumenti urbanistici vigenti e con i fondi a disposizione.

*Voce di costo n. 5: ulteriori lavorazioni*

I costi relativi a ulteriori lavorazioni comprendono lavorazioni necessarie a gestire aspetti specifici, che ricorrono solo in casi particolari non ricompresi nei contributi ordinari:

- a) consolidamento/bonifica cavità ipogee;
- b) rimozione barriere architettoniche (installazione ascensori, rampe d'accesso per disabili) (solo USRA);
- c) rimozione amianto;
- d) messa in sicurezza ruderi (solo USRC);
- e) elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano e siti archeologici;
- f) rimozione opere di messa in sicurezza.

La procedura parametrica adottata dall'USRC prevede un limite di contributo, pari al 7% del contributo convenzionale della UMI, per la riparazione degli elementi accessori al fabbricato e per il consolidamento/bonifica di cavità ipogee con un limite massimo di 150 €/mc di cavità. La procedura parametrica adottata dal USRA prevede un limite massimo di 150 €/mc di cavità per il consolidamento e/o la bonifica delle cavità e prevede inoltre dei tetti di spesa specifici per gli interventi di abbattimento delle barriere architettoniche, pari rispettivamente a 10.000 € per l'esecuzione di interventi per l'accessibilità al piano terra e a 60.000 €, oltre 10.000 € per ogni livello abitabile oltre il quinto, per l'esecuzione di lavori per l'accessibilità ai piani superiori degli immobili.

Gli edifici gravemente danneggiati dei centri storici sono stati spesso oggetto di opere di messa in sicurezza realizzate sia al fine di preservare gli stessi da ulteriori danneggiamenti sia di consentire la fruibilità degli spazi nelle immediate vicinanze degli stessi. Per consentire la rimozione delle opere provvisorie di

messa in sicurezza al momento dell'avvio dei lavori di riparazione, entrambe le procedure parametriche prevedono dei contributi specifici, determinati in funzione della tipologia di opera provvisoria. Per la procedura parametrica adottata dal USRA le modalità di calcolo di tale contributo sono riportate nel decreto n. 9 del 27/07/2017; per la procedura parametrica adottata dal USRC sono riportate all'interno dell'allegato tecnico al decreto n. 1/2014.

*Voce di costo n. 6: recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili*

I costi per il recupero dei beni storico-artistici contenuti negli immobili consentono il recupero dei beni culturali contenuti negli immobili danneggiati, che altrimenti sarebbero rimasti esclusi dai finanziamenti. Gli interventi su tali beni devono essere preventivamente autorizzati dalla Soprintendenza, comprendendo affreschi, stucchi, dipinti murari, apparati decorativi interni, statue, mosaici, arazzi, reperti archeologici e ogni altro tipo di apparato decorativo la cui tutela è disciplinata dal richiamato codice dei beni culturali d.lgs. 42/2004.

Si osserva che le voci di costo 1), 2) e 4) sono estratte dai computi metrici dei progetti di intervento allegati alle richieste di contributo e sono inferiori o al più uguali ai limiti parametrici sopra richiamati.

In Tabella 6.3, sia per la città di L'Aquila che per i comuni minori del cratere, è presentato un confronto tra la quota di contributo concedibile su base parametrica e la rispettiva quota di contributo effettivamente rilasciato a valle della fase istruttoria delle richieste di contributo. Si nota che per entrambe le procedure parametriche lo scostamento tra il contributo concedibile e il contributo rilasciato è trascurabile, quindi i professionisti incaricati utilizzano tutto il budget definito in modo parametrico a disposizione per l'esecuzione degli interventi. A tal proposito giova ricordare che entrambe le procedure parametriche [Decreto USRA 1/2013] e [Decreto USRC 1/2014] prevedono delle priorità di intervento, a partire dall'esecuzione dei lavori strutturali e il ripristino delle finiture degli alloggi adibiti ad abitazione principale, fino ad arrivare alla realizzazione delle finiture nelle unità immobiliari non abitative e nelle abitazioni non principali, oltre ai lavori connessi all'efficientamento energetico. Pertanto, sono stati effettuati prioritariamente i lavori relativi alla riparazione del danno, al rafforzamento locale, al miglioramento sismico e al ripristino dell'agibilità, e successivamente ulteriori lavorazioni accessorie volte a migliorare la qualità del costruito.

La quota di contributo concedibile su base parametrica riportata nella Tabella 6.3 è quella consolidata a valle della fase istruttoria delle richieste di contributo. Nel caso di USRC, nel corso della fase istruttoria, il contributo concedibile richiesto viene decurtato in media del 14%. Tale variazione non è possibile va-

Tabella 6.3. Contributo concedibile e contributo rilasciato nelle due procedure parametriche.

Procedura Parametrica	n. di UMI	Contributo concedibile richiesto	Contributo concedibile complessivo	Contributo rilasciato complessivo	$\Delta\%$
USRA	566	nd	M€ 921,81	M€ 913,08	0,9%**
USRC	769	M€ 902,61	M€ 694,17	M€ 690,82	23%* (0,4%)**

\* Valutato rispetto al contributo richiesto. \*\* Valutato rispetto al contributo concedibile complessivo.

lutarla per l'istruttoria USRA in quanto non è disponibile il dato del contributo concedibile richiesto.

Nei paragrafi successivi si riporta in primo luogo l'analisi dei costi per UMI in funzione di: i) esito di agibilità (UMI mono-esito B-C, UMI mono-esito E e UMI pluri-esito); ii) categoria di intervento (rafforzamento locale, miglioramento sismico); iii) presenza di intervento di demolizione e ricostruzione; iv) indice di danno  $I_{DS,UMI}$ , valutato a partire dalla metrica riportata in [Rota et al., 2008], definito nel seguito  $I_{DS,UMI_I}$ , dalla metrica Da.D.O riportata in [Dolce et al., 2019] definito nel seguito  $I_{DS,UMI_{II}}$ .

A seguire l'analisi dei costi è effettuata con riferimento agli edifici componenti le UMI.

Le analisi sono effettuate mediante l'ausilio di rappresentazioni grafiche dei costi totali, e di tabelle contenenti alcuni parametri statistici rilevanti per ciascuna voce di costo oltre al costo totale, quali:

- n. di UMI per le quali sono state desunte le voci di costo;
- n. di edifici contenuti all'interno delle suddette UMI;
- media dei costi a metro quadro di UMI;
- mediana: 50° percentile, valore che occupa la posizione centrale nella serie ordinata dei dati di costo;
- $f[16\%]$ : 16° percentile – costo a mq al di sotto del quale si trova il costo del 16% del totale delle UMI analizzate;
- $f[84\%]$ : 84° percentile – costo a mq al di sopra del quale si trova il costo del 16% del totale delle UMI analizzate;
- Deviazione standard  $\sigma$ : indice di dispersione dei dati attorno al valore medio,

valutata con la seguente espressione:  $\left(\frac{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}}{n}\right)$ ;

- CoV (o deviazione standard relativa): rapporto tra deviazione standard e valore assoluto della media, valutato con la seguente espressione:  $\left(\frac{\sigma}{\bar{x}}\right)$ ;

- Totale Contributo: la somma dei contributi concessi alle UMI del campione espressa in M€;
- Contributo Medio: la media dei contributi concessi alle UMI del campione espresso in €;
- Superficie Media: la superficie media delle UMI del campione espressa in mq.

Ogni tabella è organizzata in modo da proporre sulla sinistra i dati relativi alle UMI<sub>USRA</sub> e sulla destra i dati relativi alle UMI<sub>USRC</sub>.

### 6.3. UMI: costi di intervento per esito di agibilità

L'analisi dei costi unitari d'intervento è proposta prima con riferimento alle UMI che comprendono più edifici con lo stesso esito di agibilità (B-C o E) definite, coerentemente con la denominazione adottata nei capitoli precedenti "UMI mono-esito", poi con riferimento alle UMI comprendenti edifici con differenti esiti di agibilità, definite "UMI pluri-esito". Per ciascun esito i costi sono analizzati separatamente per categoria di interventi (rafforzamento locale e miglioramento sismico). In Tabella 6.4 si riporta il numero di UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> analizzate in funzione dell'esito di agibilità e della categoria di intervento.

In funzione dell'esito di agibilità e della categoria di intervento, si riportano le distribuzioni dei costi totali e le incidenze delle varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale di intervento, ovvero:

1. costi di riparazione e di rafforzamento locale o miglioramento sismico;
2. costi per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio;
3. costi per le prove geotecniche e strutturali;
4. costi legati all'adeguamento impiantistico e all'efficientamento energetico;
5. costi per ulteriori lavorazioni;
6. costi per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili;
7. costi totali, ovvero la somma delle voci di costo da 1) a 6).

Tabella 6.4. UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in funzione dell'esito di agibilità e della categoria di intervento.

Esito di agibilità	UMI <sub>USRA</sub>		UMI <sub>USRC</sub>	
	Raff. locale	Migl. sismico	Raff. locale	Migl. sismico
<b>Monoesito B-C</b>	-	30	48	7
<b>Monoesito E</b>	-	268	-	171
<b>Pluri-esito E</b>	-	201	44	458
<b>Totale</b>	-	499	92	636

Inoltre, si riporta una tabella di sintesi con alcuni parametri statistici rilevanti relativi al costo totale e alle sei voci di costo definite sia in relazione alle UMI<sub>USRA</sub> che alle UMI<sub>USRC</sub>.

### 6.3.1. UMI mono-esito B-C

In questo paragrafo sono analizzati i costi d'intervento per le UMI comprendenti uno o più edifici con esito di agibilità B o C in funzione della categoria di intervento (rafforzamento locale per le UMI<sub>USRC</sub> e miglioramento sismico per le UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub>).

#### 6.3.1.1. Rafforzamento locale

Nella Figura 6.1 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 48 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito B-C (complessivamente 57 edifici) per le quali sono stati progettati interventi di rafforzamento locale. Mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 7.568.415,69 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 382,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 380,66 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 80,01 €/m<sup>2</sup>).

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	48
N° Edifici totali	57
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>382,8</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	380,7
f[16%]	309,6
f[84%]	459,5
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	80
CoV [%]	21
Totale Contributo [M€]	7,57
Contributo Medio [€]	157.675,4
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	415,6

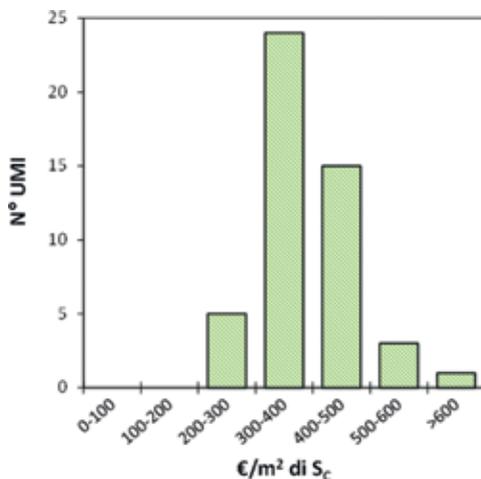


Figura 6.1. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di rafforzamento locale.

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.2), è emerso che per le UMI sottoposte a rafforzamento locale, le voci di costo relative alla riparazione del danno e rafforzamento locale (voce di costo 1) hanno un'incidenza pari 80%, mentre le voci di costo relative agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) un'incidenza pari al 19% del costo totale. Le voci di costo relative alle prove geotecniche e strutturali non sono presenti poiché la procedura parametrica adottata dall'USRC non prevede il finanziamento per tale voce di costo per le UMI con esito B-C soggette a interventi locali.

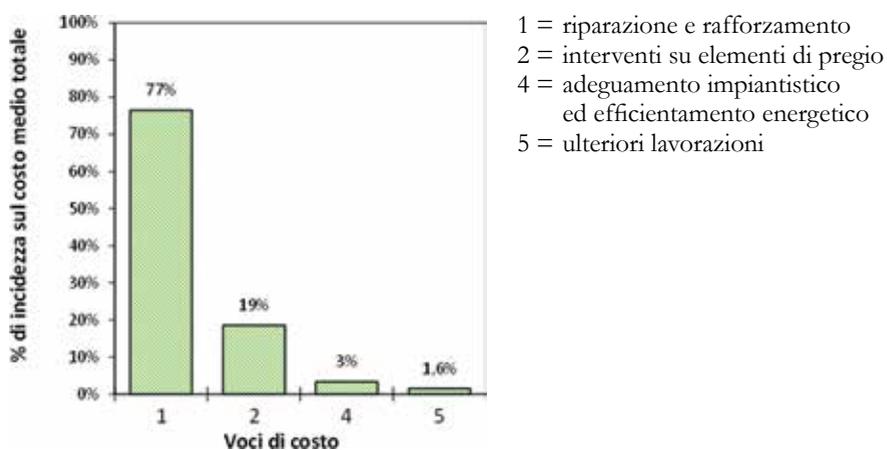


Figura 6.2. Incidenza delle voci di costo sul costo medio totale per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di interventi di rafforzamento locale.

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.5. Si segnala che gli interventi di conservazione recupero e valorizzazione degli elementi di pregio (voce di costo 2), nonché per l'adeguamento energetico (voce di costo 4), e per le ulteriori lavorazioni (voce di costo 5), sono stati effettuati in un numero di UMI inferiore rispetto al campione in esame di 48 UMI<sub>USRC</sub>. Pertanto, in Tabella 6.5 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici delle UMI con voci di costo non nulle. In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento a 48 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito B-C aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 415,6 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

Tabella 6.5. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di rafforzamento locale.

	VOCI DI COSTO				
	Totali	1	2	4	5
N° UMI totali	48	48	48	48	48
		(48)	(35)	(23)	(12)
N° Edifici totali	57	57	57	57	57
		(57)	(43)	(26)	(16)
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>382,8</b>	<b>293</b>	<b>71</b>	<b>12,8</b>	<b>6</b>
		<b>(293)</b>	<b>(96,1)</b>	<b>(26,7)</b>	<b>(19,9)</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	380,7	303,0	48,2	0,0	0,0
		(303)	(84,1)	(18,9)	(12,6)
f[16%]	309,6	189,7	0	0	0
		(189,7)	(19)	(12)	(8,1)
f[84%]	459,5	394,9	138,1	22,4	9,8
		(394,9)	(187,1)	(37,4)	(38,5)
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	80,0	102,5	78,5	22,1	12,1
		(102,5)	(77,1)	(25,6)	(17,4)
CoV [%]	21	35	112	1,73	243
		(35)	(80)	(0,96)	(87)
Totale Contributo [M€]	7,57	5,53	1,72	0,23	0,06
Contributo Medio [€]	157.675,3	115.266,3	35.852,3	(231058,1)	1.293,8
		(115.266,3)	(49.168,9)	4813,7	(5.175,3)
Superficie media [m <sup>2</sup> ]	415,6	415,6	415,6	(10046)	415,6
		(415,6)	(463,3)	415,6	(342,7)

1. costo medio riparazione e di rafforzamento locale pari a 293 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 303 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 102,5 €/m<sup>2</sup>);
2. costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 71 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 48,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 78,5 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 96,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 84,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 77,1 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 35 UMI in cui ci sono tali interventi;
4. costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 12,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 22,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 26,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 18,9 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 25,6 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 23 UMI in cui ci sono tali interventi;

5. costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 6 €/m<sup>2</sup> (deviazione standard 12,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 19,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 12,6 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 17,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 12 UMI in cui ci sono tali interventi.

### 6.3.1.2. Miglioramento sismico

Nella Figura 6.3 e nella Figura 6.4 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 30 UMI<sub>USRA</sub> e 7 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito B-C per le quali sono stati progettati interventi di miglioramento sismico. I costi totali d'intervento delle UMI<sub>USRA</sub> risultano mediamente più elevati dei costi d'intervento delle UMI<sub>USRC</sub>. In dettaglio, per le UMI<sub>USRA</sub> mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 317.812,6 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 873,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 738,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 470,7 €/m<sup>2</sup>). Per le UMI<sub>USRC</sub>, mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 250.000,0 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 396,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 424,0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 181,6 €/m<sup>2</sup>).

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.5), emerge che per le UMI sottoposte a miglioramento sismico le voci di costo

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	30
N° Edifici totali	35
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>873,7</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	738,1
f[16%]	470,7
f[84%]	1.231,3
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	499,3
CoV [%]	57
Totale Contributo [M€]	9,53
Contributo Medio [€]	317.812,21
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	367,8

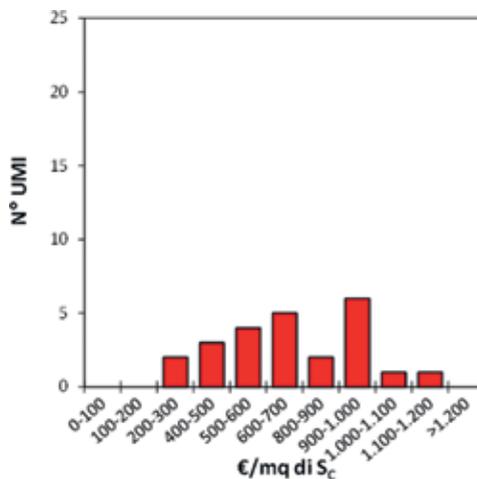


Figura 6.3. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRA</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	7
N° Edifici totali	9
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>396,4</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	424
f[16%]	286,6
f[84%]	534,0
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	89,5
CoV [%]	46
Totale Contributo [M€]	1,75
Contributo Medio [€]	250.000
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	575,2

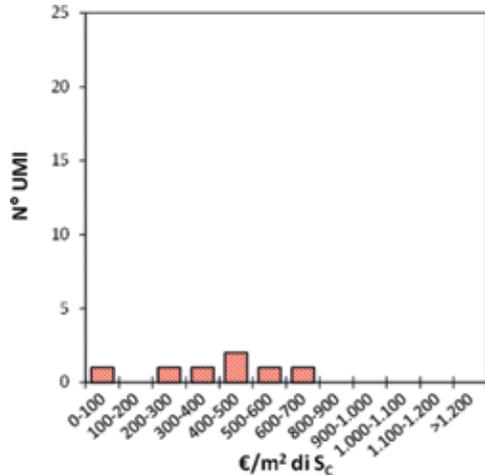
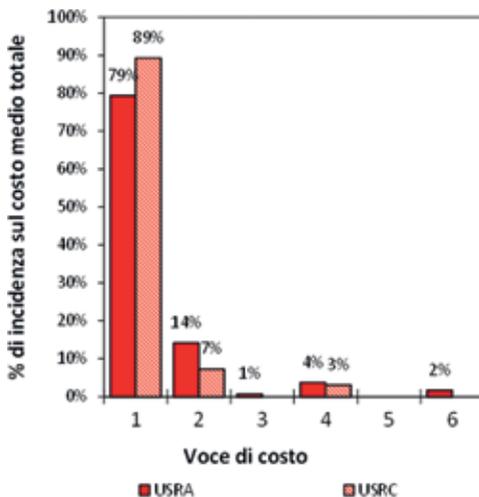


Figura 6.4. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.



- 1 = riparazione e rafforzamento
- 2 = interventi su elementi di pregio
- 3 = prove geotecniche e strutturali
- 4 = adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico
- 5 = ulteriori lavorazioni
- 6 = costi medi per beni e contenuti storico-artistico

Figura 6.5. Incidenza delle voci di costo sul costo medio totale per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

più significative sono risultate quelle relative alla riparazione del danno e miglioramento sismico (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) (incidenza sul costo totale pari al 79% e 14% per le UMI<sub>USRA</sub> e 89% e 7% per le UMI<sub>USRC</sub>). Solo il 4% e 3% dell'importo a di-

sposizione è stato utilizzato per interventi di adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico (voce di costo 4) degli immobili; ciò è probabilmente dovuto anche alle limitazioni d'intervento volte la conservazione delle facciate, degli infissi e delle finiture esterne, generalmente presenti nei centri storici. La figura mostra che, nonostante il valore di contributo concesso sia in valore assoluto molto diverso per le UMI<sub>USRA</sub> e le UMI<sub>USRC</sub>, le incidenze delle diverse voci di costo sul totale sono risultate pressoché uguali per le UMI nei centri storici di L'Aquila e degli altri comuni.

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.6. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di UMI inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.6 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici delle UMI con voci di costo non nulle.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento a 30 UMI<sub>USRA</sub> mono-esito B-C aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 367,8 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

1. costo medio di riparazione e miglioramento sismico pari a 693,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 657,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 305,7 €/m<sup>2</sup>);
2. costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 124 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 15 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 209,9 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 205,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 97,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 239,1 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 18 UMI in cui ci sono tali interventi;
3. costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 6,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 7,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 4,9 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 8,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 9,4 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 3,35 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 22 UMI in cui ci sono tali interventi;
4. costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 32,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 9,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 47,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 61,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 56,9 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 49,3€/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 16 UMI in cui ci sono tali interventi;
5. costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 2,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 8,3 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 15,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 9,4 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 15,5 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 5 UMI in cui ci sono tali interventi;

Tabella 6.6. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

	VOCI DI COSTO UMI <sub>USRA</sub>						VOCI DI COSTO UMI <sub>USRC</sub>						
	Totali	1	2	3	4	5	6	Totali	1	2	3	4	5
<b>N° UMI totali</b>	30	30	30	30	30	30	30	7	7	7	7	7	-
		(30)	(18)	(22)	(16)	(5)	(1)		(7)	(3)	(2)	(4)	-
<b>N° Edifici totali</b>	35	35	35	35	35	35	35	9	9	9	9	9	-
		(35)	(21)	(26)	(20)	(6)	(2)		(9)	(5)	(2)	(6)	-
<b>Media [€/m²]</b>	<b>873,7</b>	<b>693,2</b>	<b>124</b>	<b>6,4</b>	<b>32,6</b>	<b>2,7</b>	<b>14,8</b>	<b>396,4</b>	<b>353,5</b>	<b>28,7</b>	<b>2</b>	<b>12,2</b>	-
		(693,2)	(205,9)	(8,7)	(61,1)	(15,9)	(443,7)		(353,5)	(67)	(5,8)	(21,4)	-
<b>Mediana [€/m²]</b>	738,1	657,2	15	7,5	9,1	0,0	0,0	424,0	320,8	0,0	0	4,0	-
		(657,2)	(97,1)	(9,4)	(56,9)	(9,4)	(443,7)		(320,8)	(51,9)	(5,8)	(24,6)	-
<b>f[16%]</b>	470,7	428,2	0,0	0	0	0	0	286,6	259,8	0	0,0	0	-
		(428,2)	(15,3)	(5,2)	(10,9)	(7)	(0)		(259,8)	(21,8)	(3,7)	(12,6)	-
<b>f[84%]</b>	1231,3	979,5	294	11,5	80,9	2,0	0,0	534,0	508,8	55,5	3	27,7	-
		(979,5)	(416,2)	(11,6)	(108,8)	(24,3)	(443,7)		(508,8)	(112,8)	(7,9)	(29,9)	-
<b>Dev. St [€/m²]</b>	499,3	305,7	209,9	4,9	47,1	8,3	81,0	181,6	179,6	53,2	3,3	14,4	-
		(305,7)	(239,1)	(3,5)	(49,3)	(15,5)	(-)		(179,6)	(68,2)	(4,4)	(12,3)	-
<b>CoV [%]</b>	57	44	170	77	145	314	548	0,46	51	185	202	118	-
		(44)	(116)	(40)	(81)	(97)	(-)		(51)	(102)	(75)	(58)	-
<b>Totale Contributo [M€]</b>	9,53	6,87	1,69	0,063	0,41	0,026	0,00044	1,75	1,60	0,073	0,0086	0,062	-
<b>Contributo Medio [€]</b>	317812,6	229.038,9	56.435,4	2.115,8	13.764,3	862,4	14,8	250.000,0	250.000,0	229.470,4	10.456,3	1.224,4	-
		(229.038,9)	(94.059,1)	(28.85,2)	(25.808)	(5174,6)	(467.869,6)			(229.470,4)	(24.397,9)	(4.285,5)	-
<b>Superficie media [m²]</b>	367,8	367,8	367,8	367,8	367,8	367,8	367,8	575,2	575,2	575,2	575,2	575,2	-
		(367,8)	(329,5)	(389,8)	(445)	(513)	(1.054,4)		(575,2)	(350,5)	(980,7)	(719,9)	-

0 UMI o edifici con voce costo non nulla. 1 = Costo medio riparazione e miglioramento sismico. 2 = Costo medio ripristino elementi di pregio. 3 = Costo medio indagini e prove. 4 = Costo medio per l'adeguamento impiantistico e per l'efficiamento energetico. 5 = Costo medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medi per beni e contenuti storico-artistico.

6. costo medio per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili pari a 14,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 81 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 443,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 443,7 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 0 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 1 UMI in cui ci sono tali interventi.

Con riferimento a 7 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito B-C aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 575,2 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

1. costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 353,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 320,8 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 181,6 €/m<sup>2</sup>);
2. costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 28,7 €/m<sup>2</sup> (deviazione standard 53,2 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 67 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 51,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 68,2 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 3 UMI in cui ci sono tali interventi;
3. costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 3,3 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 5,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 5,8 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 4,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 2 UMI in cui ci sono tali interventi;
5. costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 12,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 4 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 14,4 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 21,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 24,6 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 14,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 4 UMI in cui ci sono tali interventi.

### 6.3.2. UMI mono-esito E

In questo paragrafo sono analizzati i costi d'intervento per le UMI comprendenti uno o più edifici con esito di agibilità E in funzione della categoria di intervento di miglioramento sismico per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub>.

#### 6.3.2.1. Miglioramento sismico

Nei grafici di Figura 6.6 e Figura 6.7 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 268 UMI<sub>USRA</sub> e 171 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito E per le quali sono stati progettati interventi di miglioramento sismico. I costi complessivi d'intervento delle UMI<sub>USRA</sub> risultano

mediamente più elevati dei costi d'intervento delle UMI<sub>USRC</sub>. In dettaglio, per le UMI<sub>USRA</sub> mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 3.521.179,5 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 1.847,8 €/

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	268
N° Edifici totali	669
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.847,8</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.660,75
f[16%]	938,65
f[84%]	2.819,74
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	884,88
CoV [%]	48
Totale Contributo [M€]	943,68
Contributo Medio [€]	3.521.179,47
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.582,58

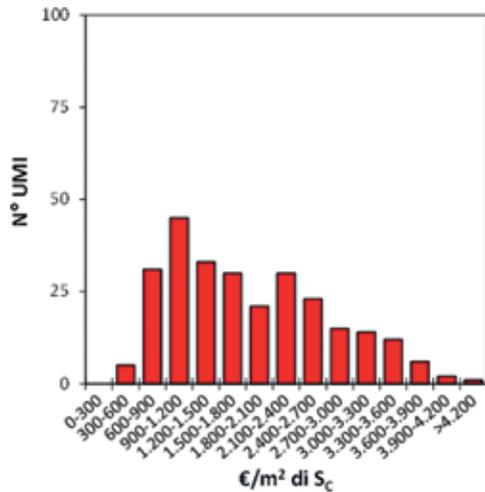


Figura 6.6. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRA</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	171
N° Edifici totali	460
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.230,1</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.133,3
f[16%]	937,9
f[84%]	1.438,8
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	745,8
CoV [%]	61
Totale Contributo [M€]	221,02
Contributo Medio [€]	1.292.544,2
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	978,6

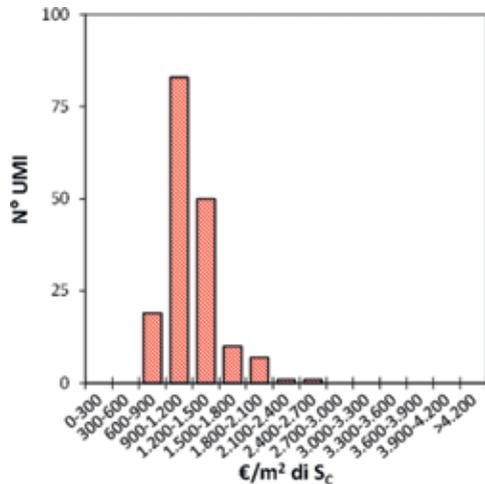


Figura 6.7. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.660,8 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 884,9 €/m<sup>2</sup>). Per le UMI<sub>USRC</sub>, mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 1.292.544,2 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 1.230,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.133,3 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 745,8 €/m<sup>2</sup>). Anche in questo caso, come per le UMI mono-esito B-C, si riscontra una dispersione molto più ampia del costo per le UMI<sub>USRA</sub> rispetto alle UMI<sub>USRC</sub>. Tale dispersione nei costi può ascrivere alle ampie casistiche di tipologie costruttive e caratteristiche di pregio riscontrabili nei centri storici di L'Aquila.

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.8) emerge che per le UMI sottoposte a miglioramento sismico le voci di costo più significative sono risultate quelle relative alla riparazione del danno e miglioramento sismico (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) (incidenza sul costo totale pari al 66% e 28% per le UMI<sub>USRA</sub> e 79% e 13% per le UMI<sub>USRC</sub>). L'incidenza degli interventi di adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico (voce di costo 4) è invece leggermente maggiore nelle UMI<sub>USRC</sub>. A tal proposito si segnala che diverse UMI<sub>USRA</sub> sono situate in aree soggette a vincolo paesaggistico (Figura 3.39), quindi con forti limitazioni agli interventi sulle facciate. Viceversa, l'incidenza dei costi di intervento sui elementi di pregio è risultata, come prevedibile, più rilevante per le UMI<sub>USRA</sub>.

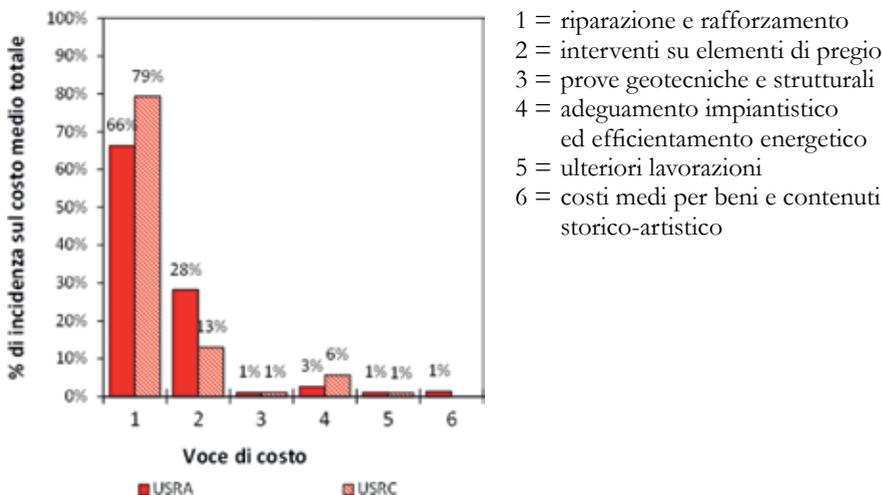


Figura 6.8. Incidenza delle voci di costo sul costo medio totale per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> mono-esito E, oggetto di intervento di miglioramento sismico.

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.7. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di UMI inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.7 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici delle UMI con voci di costo non nulle.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento a 268 UMI<sub>USRA</sub> mono-esito E aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 1.582,6 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 1.225,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.227,6 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 376,4 €/m<sup>2</sup>);
- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 552 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 362 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 492,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 580,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 490 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 485,8 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 241 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 9,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 6,8 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 9,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,3 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 6,7 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 260 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 46,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 28,7 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 61,5 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 83,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 74 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 60,5 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 150 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 20,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 43,7 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a a 43 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 23,7 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 55,8 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 125 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 6) costo medio per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili pari a 24,1€/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 72,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 104,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 58,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 119,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 62 UMI in cui ci sono tali interventi.

Con riferimento a 171 UMI<sub>USRC</sub> mono-esito E aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 978,6 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

Tabella 6.7. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> mono-esisto E, oggetto di intervento di miglioramento sismico.

	VOCI DI COSTO UMI <sub>USRA</sub>						VOCI DI COSTO UMI <sub>USRC</sub>						
	Totali	1	2	3	4	5	6	Totali	1	2	3	4	5
<b>N° UMI totali</b>	268	268	268	268	268	268	268	171	171	171	171	171	171
	(268)	(241)	(241)	(260)	(150)	(125)	(62)	(171)	(171)	(134)	(160)	(137)	(72)
<b>N° Edifici totali</b>	669	669	669	669	669	669	669	460	460	460	460	460	460
	(669)	(623)	(623)	(654)	(390)	(335)	(170)	(460)	(460)	(375)	(431)	(367)	(227)
<b>Media [€/m<sup>2</sup>]</b>	1.847,8	1.225,2	522	9,5	46,9	20,1	24,1	1.230,1	976,6	160,5	13	68,8	11,2
	(1.225,2)	(580,2)	(9,8)	(83,8)	(43,0)	(104,4)		(976,6)	(204,8)	(13,9)	(85,9)	(26,5)	(26,5)
<b>Mediana [€/m<sup>2</sup>]</b>	1.660,8	1.227,6	362	10,1	28,7	0,0	0,0	1.133,3	909,3	116,8	11	59,8	0,0
	(1.227,6)	(490)	(10,3)	(7,4)		(23,7)	(58,9)		(909,3)	(165,4)	(11,1)	(78,1)	(17,7)
<b>f[16%]</b>	938,7	811,3	18,9	5	0	0	0	937,9	730,8	0	4,1	0	0
	(811,3)	(81,2)	(5,1)	(39,3)	(5,2)	(16,7)		(730,8)	(61,3)	(4,6)	(24,4)	(4,8)	(4,8)
<b>f[84%]</b>	2819,7	1.629,9	1.074	12,1	99,6	48,4	33,9	1.438,8	1109,7	310,7	16	133,8	24,5
	(1.629,9)	(1132,1)	(12,2)	(114,8)	(77,5)	(165,6)		(1109,7)	(353,2)	(15,9)	(141,9)	(50,5)	(50,5)
<b>Dev. St. [€/m<sup>2</sup>]</b>	884,9	376,4	492,6	6,8	61,5	43,7	72,1	745,8	666,9	173,4	16,9	63,8	22,3
	(376,4)	(485,8)	(6,7)	(60,5)	(55,8)	(119,3)		(666,9)	(171,1)	(17,1)	(60)	(28)	(28)
<b>CoV [%]</b>	48	30	94	71	131	217	298	0,61	0,68	1,08	1,29	0,93	2,00
	(30)	(83)	(68)	(72)	(129)	(114)		(0,68)	(0,84)	(1,22)	(0,7)	(1,05)	(1,05)
<b>Totale Contributo [M€]</b>	943,7	573,7	319,1	3,07	18,4	10,6	0,006	221,03	174,22	31,99	1,44	10,93	2,43
<b>Contributo Medio [€]</b>	3.521.179,5	2.140.864,1	1.190.871,7	1.1472,6	68.668,2	39.549,8	24,1	1.292.544,2	1.018.806,2	187.110,6	8.439,7	63.921,3	14.266,4
	(2.140.864,1)	(1.324.288,9)	(11.825,6)	(122.687,1)	(84.794,7)	(301513,7)		(1.018.806,2)	(238.775,5)	(9.019,9)	(79.785)	(33.882,6)	(33.882,6)
<b>Superficie media [m<sup>2</sup>]</b>	1.582,6	1.582,6	1.582,6	1.582,6	1.582,6	1.582,6	1.582,6	978,6	978,6	978,6	978,6	978,6	978,6
	(1.582,6)	(1.688)	(1.593,5)	(1.580,8)	(2.085,3)	(2.574)		(978,6)	(978,6)	(977,1)	(997,3)	(1.025,7)	(1.195,8)

0 UMI o edifici con voce costo non nulla. 1 = Costo medio riparazione e miglioramento sismico. 2 = Costo medio ripristino elementi di pregio. 3 = Costo medio indagini e prove. 4 = Costo medio per l'adeguamento impiantistico e per l'efficiamento energetico. 5 = Costo medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medi per beni e contenuti storico-artistico.

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 976,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 909,3 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 666,9 €/m<sup>2</sup>);
- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 160,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 116,8 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 175,4 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 204,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 165,4 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 171,1 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 134 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 13 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 11 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 16,9 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 13,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 11,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 17,1 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 160 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 68,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 59,8 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 63,8 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 85,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 78,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 60 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 137 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 11,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 22,3 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 26,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 17,7 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 28 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 72 UMI in cui ci sono tali interventi.

### 6.3.3. UMI pluri-esito

In questo paragrafo sono rappresentati i costi relativi alle UMI comprendenti più edifici con esito diverso in funzione della categoria di intervento (rafforzamento locale per le UMI<sub>USRC</sub> e miglioramento sismico per le UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub>). Rispetto alle UMI mono-esito si segnala una dispersione ancora più rilevante dei valori medi d'intervento, sia per le UMI oggetto di intervento di rafforzamento locale, sia per le UMI oggetto di intervento di miglioramento sismico.

#### 6.3.3.1. Rafforzamento locale

Nella Figura 6.9 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 44 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito per le quali sono stati progettati interventi di rafforzamento locale. Mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 341.381,5 €. Il contributo medio

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	44
N° Edifici totali	216
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>296,4</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	306,6
f[16%]	211,6
f[84%]	378,7
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	92,4
CoV [%]	31
Totale Contributo [M€]	15,02
Contributo Medio [€]	341.381,5
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	1.195,2

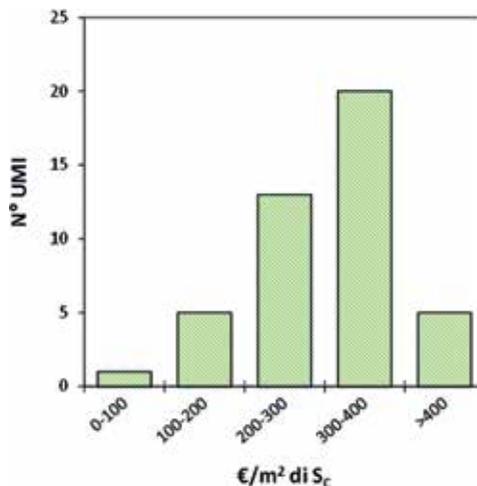
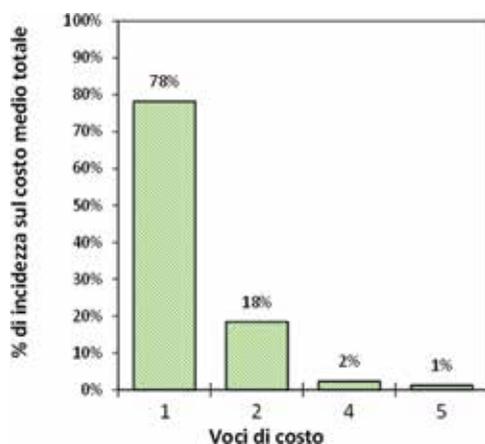


Figura 6.9. Distribuzione dei costi totali d'intervento per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di rafforzamento locale.

per unità di superficie è pari a 296,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 306,6 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 92,4 €/m<sup>2</sup>).

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.10) emerge che per le UMI sottoposte a rafforzamento locale le voci di costo più significative sono quelle relative alla riparazione del danno e rafforzamento



- 1 = riparazione e rafforzamento
- 2 = interventi su elementi di pregio
- 3 = prove geotecniche e strutturali
- 4 = adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico
- 5 = ulteriori lavorazioni

Figura 6.10. Incidenza delle varie voci di costo sul costo medio totale per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di rafforzamento locale.

locale (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) (incidenza pari al 78% e al 18% del costo totale). A queste si aggiunge un'incidenza del 2% per i costi di adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico (voce di costo 4).

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.8. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di UMI inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.8 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici delle UMI con voci di costo non nulle.

Tabella 6.8. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di rafforzamento locale.

	VOCI DI COSTO					
	Totali	1	2	3	4	5
N° UMI totali	44	44	44	44	44	44
		(44)	(30)	(5)	(19)	(16)
N° Edifici totali	216	216	216	216	216	216
		(216)	(156)	(33)	(99)	(94)
Media [€/m <sup>2</sup> ]	296,4	230,9	54,3	1	6,7	3,5
		(230,9)	(79,6)	(7,4)	(15,5)	(9,7)
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	306,6	227,9	35,9	0	0,0	0,0
		(227,9)	(63,2)	(9)	(13)	(6,5)
f[16%]	211,6	105,4	0	0,0	0	0
		(105,4)	(24,5)	(1,9)	(6,3)	(3)
f[84%]	378,7	341,2	117,4	0	14,6	6,8
		(341,2)	(130,5)	(12,2)	(19,3)	(14,7)
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	92,4	101,6	61,6	2,9	13,1	7,6
		(101,6)	(59,5)	(5,7)	(16,3)	(10)
CoV [%]	31	44	113	349	195	215
		(44)	(75)	(76)	(105)	(104)
Totale Contributo [M€]	15,02	11,34	3,12	0,05	0,32	0,19
Contributo Medio [€]	341.381,5	257.795,9	70.924,8	1.191,6	72.35,6	4.233,6
		(257.795,9)	(104.023,1)	(10.486)	(167.56,2)	(116.42,3)
Superficie media [m <sup>2</sup> ]	1.195,2	1.195,2	1.195,2	1.195,2	1.195,2	1.195,2
		(1.195,2)	(1.345,6)	(1.479,1)	(1.137,2)	(1.357,4)

() UMI o edifici con voce costo non nulla. 1 = Costo medio riparazione e rafforzamento. 4 = Costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico. 2 = Costo medio interventi su elementi di pregio. 5 = Costo medio delle ulteriori lavorazioni. 3 = Costo medio prove geotecniche e strutturali.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento a 44 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 1.195,2 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di rafforzamento locale pari a 230,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 227,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 101,6 €/m<sup>2</sup>);
- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 54,3 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 35,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 61,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 79,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 35,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 59,5 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 56 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 7,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 5,7 €/m<sup>2</sup>);
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 6,7 €/m<sup>2</sup> (deviazione standard 13,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 15,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 13 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 16,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 19 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 3,5 €/m<sup>2</sup> (deviazione standard 7,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 9,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 6,5 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 10 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 16 UMI in cui ci sono tali interventi.

### 6.3.3.2. Miglioramento sismico

Nei grafici di Figura 6.11 e Figura 6.12 e nella successiva Tabella 6.9 è rappresentata la distribuzione dei costi d'intervento delle UMI<sub>USRA</sub> e delle UMI<sub>USRC</sub> oggetto di interventi di miglioramento sismico. Il costo medio d'intervento è nettamente più basso di quello relativo alle UMI mono-esito E. Nei grafici di Figura 6.11 e Figura 6.12 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 201 UMI<sub>USRA</sub> e 458 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito per le quali sono stati progettati interventi di miglioramento sismico. I costi totali d'intervento delle UMI<sub>USRA</sub> risultano mediamente più alti dei costi d'intervento delle UMI<sub>USRC</sub>: 1.291 €/m<sup>2</sup> rispetto a 870 €/m<sup>2</sup>.

Anche in questo caso, come per le UMI mono-esito E, si riscontra una dispersione molto più ampia del costo per le UMI<sub>USRA</sub> rispetto alle UMI<sub>USRC</sub>. Tale dispersione può ascriversi alle ampie casistiche di tipologie costruttive e caratteristiche di pregio riscontrabili nei centri storici di L'Aquila.

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	201
N° Edifici totali	873
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.291</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.102,1
f[16%]	763,87
f[84%]	1.743,0
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	644,7
CoV [%]	50
Totale Contributo [€]	428,5
Contributo Medio [€]	2.131.107,5
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.458,1

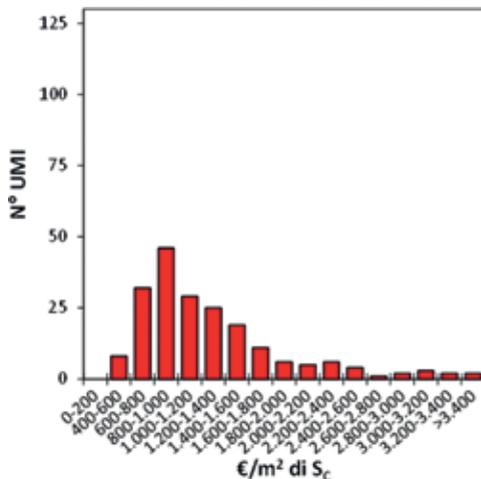


Figura 6.11. Costi totali d'intervento per UMI<sub>USRA</sub> pluri-esito oggetto di intervento di miglioramento sismico.

Statistica descrittiva	
N° UMI totali	458
N° Edifici totali	2657
Media [€/m <sup>2</sup> ]	870
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	<b>872,9</b>
f[16%]	574,5
f[84%]	1.123,5
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	278,4
CoV [%]	32
Totale Contributo [€]	529,6
Contributo Medio [€]	1.156.341,5
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.295,7

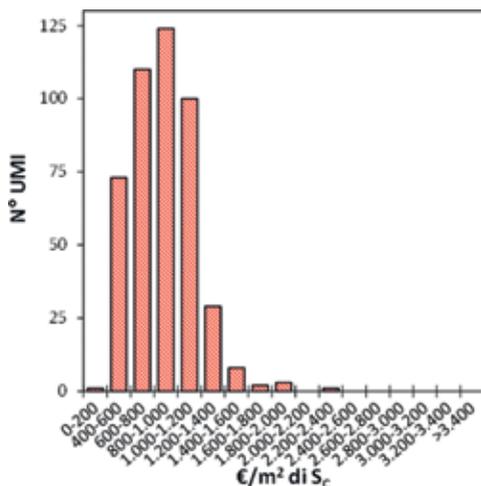
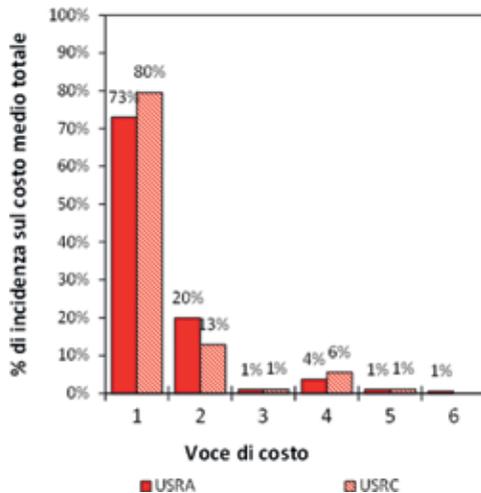


Figura 6.12. Costi totali d'intervento per UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito oggetto di intervento di miglioramento sismico.

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.13) emerge che per le UMI sottoposte a miglioramento sismico le voci di costo più significative sono risultate quelle relative alla riparazione del danno e miglioramento sismico (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione



- 1 = riparazione e rafforzamento
- 2 = interventi su elementi di pregio
- 3 = prove geotecniche e strutturali
- 4 = adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico
- 5 = ulteriori lavorazioni
- 6 = costi medi per beni e contenuti storico-artistico

Figura 6.13. Incidenza delle varie voci di costo sul costo medio totale per  $UMI_{USRA}$  e  $UMI_{USRC}$  oggetto di intervento di miglioramento sismico.

degli elementi di pregio (voce di costo 2); l'incidenza di tali voci sul costo totale è pari rispettivamente al 73% e al 20% per le  $UMI_{USRA}$  e all'80% e al 13% per le  $UMI_{USRC}$ . L'incidenza degli interventi di adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico (voce di costo 4) è invece leggermente maggiore nelle  $UMI_{USRC}$ . Viceversa, l'incidenza dei costi di intervento sugli elementi di pregio (voce di costo 2) è risultata, come prevedibile, più rilevante per le  $UMI_{USRA}$ ; a tal proposito si segnala che una parte significativa di  $UMI_{USRA}$  è situata in aree soggette a vincolo paesaggistico, quindi con forti limitazioni agli interventi eseguibili sulle facciate, che presumibilmente generano costi di intervento più elevati.

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.9. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di UMI inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.9 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici delle UMI con voci di costo non nulle.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento a 201  $UMI_{USRA}$  pluri-esito aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 1.458,1 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 961,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 888,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 312,9 €/m<sup>2</sup>);

- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 258 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 134 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 331,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 284,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 168,3 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 337,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 182 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 9,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,4 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 4,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 10,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 4,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 193 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 47,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 35 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 52,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 74,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 68,3 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 47,2 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 127 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 7,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 20,9 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 17,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 8,3 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 28,7 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 89 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 6) costo medio per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili pari a 6,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 31,9 €/m<sup>2</sup>) tale costo sale a 60,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 39 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 76,6 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 23 UMI in cui ci sono tali interventi.

Con riferimento a 458 UMI<sub>USRC</sub> pluri-esito aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 1.295,7 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 692,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 692,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 234,2 €/m<sup>2</sup>);
- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 111,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 82,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 129,9 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 145 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 108,6 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 130,7 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 352 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 5,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 9,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 4,7 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 433 UMI in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico

Tabella 6.9. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

	VOCI DI COSTO UMI <sub>USRA</sub>						VOCI DI COSTO UMI <sub>USRC</sub>						
	Totali	1	2	3	4	5	6	Totali	1	2	3	4	5
<b>N° UMI totali</b>	201	201	201	201	201	201	201	458	458	458	458	458	458
	(201)	(182)	(193)	(127)	(89)	(89)	(23)	(458)	(458)	(352)	(433)	(370)	(228)
<b>N° Edifici totali</b>	873	873	873	873	873	873	873	2657	2657	2657	2657	2657	2657
	(873)	(791)	(847)	(576)	(405)	(405)	(108)	(2657)	(2657)	(2069)	(2539)	(2170)	(1339)
<b>Media [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1.291</b>	<b>961,5</b>	<b>258</b>	<b>9,7</b>	<b>47,2</b>	<b>7,7</b>	<b>6,9</b>	<b>870,0</b>	<b>692,1</b>	<b>111,5</b>	<b>9</b>	<b>48,1</b>	<b>9,3</b>
	(961,5)	(284,5)	(10,1)	(10,1)	(74,8)	(17,5)	(60,7)	(692,1)	(692,1)	(145)	(9,6)	(59,6)	(18,6)
<b>Mediana [€/m<sup>2</sup>]</b>	1.102,1	888,2	134	10,4	35,0	0,0	0,0	872,9	692,5	82,9	10	38,5	0,0
	(888,2)	(168,3)	(10,5)	(10,5)	(68,3)	(8,3)	(39)	(692,5)	(692,5)	(108,6)	(10,2)	(51,3)	(10,8)
<b>f[16%]</b>	763,9	688,0	13,2	5	0	0	0	574,5	448,8	0	3,8	0	0
	(688)	(31)	(5,7)	(29,5)	(3,1)	(14,5)	(14,5)	(448,8)	(448,8)	(39,5)	(4,8)	(16,3)	(3,7)
<b>f[84%]</b>	1.743,0	1.254,6	480	13,0	103,2	10,5	0,0	1123,5	914,2	204,4	13	93,8	16,2
	(1254,6)	(520,5)	(13,1)	(13,1)	(117,5)	(23,4)	(98,4)	(914,2)	(914,2)	(231,6)	(13,1)	(99,6)	(29,9)
<b>Dev. St [€/m<sup>2</sup>]</b>	644,7	312,9	331,6	4,6	52,1	20,9	31,9	278,4	234,2	129,9	5,1	45,5	18,3
	(312,9)	(337,4)	(4,3)	(4,3)	(47,2)	(28,7)	(76,6)	(234,2)	(234,2)	(130,7)	(4,7)	(43,3)	(22,3)
<b>CoV [%]</b>	50	32	128	47	110	270	459,	0,32	0,34	1,17	0,56	0,94	1,98
	(32)	(118,)	(42)	(42)	(63)	(164)	(126)	(0,34)	(0,34)	(0,9)	(0,49)	(0,73)	(1,2)
<b>Totale Contributo [M€]</b>	428,4	298,3	110,0	2,3	11,8	2,5	0,001	529,6	416,8	73,1	4,7	28,7	6,3
<b>Contributo Medio [€]</b>	2.131.107,5	1.487.235,2	547.208,8	11.444,3	5.8710,1	12.574,5	6,9	1.156.341	909.936,7	159.700,4	10.341,9	62.613,2	13.749,3
	(1.487.235,2)	(604.335)	(11.918,7)	(11.918,7)	(92.919,1)	(28.398,5)	(12.1776,6)	(909.936,7)	(909.936,7)	(207.792,1)	(10.939)	(77.505)	(27.619,1)
<b>Superficie media [m<sup>2</sup>]</b>	1.458,1	1.458,1	1.458,1	1.458,1	1.458,1	1.458,1	1.458,1	1.295,7	1.295,7	1.295,7	1.295,7	1.295,7	1.295,7
	(1.458,1)	(1.498)	(1.444,4)	(1.444,4)	(1.455,6)	(1.648,1)	(2.715,8)	(1.295,7)	(1.295,7)	(1.309)	(1.305,7)	(1.292,5)	(1.402,2)

0 UMI o edifici con voce costo non nulla. 1 = Costo medio riparazione e miglioramento sismico. 2 = Costo medio ripristino elementi di pregio. 3 = Costo medio indagini e prove. 4 = Costo medio per adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico. 5 = Costo medio ulteriori lavorazioni.

pari a 48,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 38,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 45,5 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 59,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 51,3 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 43,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 370 UMI in cui ci sono tali interventi;

- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 9,3 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 18,3 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 18,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,8 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 22,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio sulle 228 UMI in cui ci sono tali interventi.

Il campione analizzato delle UMI USRC non comprende edifici con richieste di finanziamento per il recupero dei beni storico-artistici.

#### 6.4. UMI: costi di sostituzione edilizia

L'importo relativo ai costi di demolizione del costruito e smaltimento delle macerie nel caso di sostituzione edilizia è determinato in modo analitico, con modalità analoghe a quelle in uso per la ricostruzione delle periferie [Dolce e Manfredi, 2015]: il costo è funzione del volume vuoto per pieno dell'edificio, della tipologia di materiali da smaltire, della eventuale presenza di rifiuti speciali e della distanza fino al più vicino centro di smaltimento autorizzato; questo importo è riconosciuto solo dalla procedura adottata da USRA, con esclusione delle sostituzioni edilizie volontarie, non conseguenti a necessità tecniche d'intervento, ma proposte esclusivamente su indicazione dei proprietari; la procedura adottata da USRC, invece, non prevede mai contributi specifici per gli interventi di demolizione. In tal caso l'importo finanziato per l'intervento di demolizione e ricostruzione è pari a quello derivante dal progetto degli interventi di riparazione e miglioramento sismico, sebbene nei casi di sostituzione edilizia le maggiorazioni dovute alla presenza degli elementi di pregio presentano delle limitazioni. *L'impostazione dei centri storici dei comuni minori del Cratere, coerentemente con le previsioni conservative del costruito espresse dai piani di ricostruzione, ha determinato, mediamente, un minor ricorso agli interventi di sostituzione edilizia.* Nella città di L'Aquila, come mostrano i grafici di Figura 3.12, è presente una maggiore quantità di edifici costruiti nel dopoguerra con caratteri architettonici non in linea con quelli dei restanti edifici storicizzati (c.d. edifici incongrui), per i quali l'intervento di sostituzione edilizia potrebbe conseguire l'obiettivo di migliorare una condizione urbanistica già compromessa prima dell'evento sismico.

Dall'analisi del campione è emerso che 167 UMI<sub>USRA</sub> e 88 UMI<sub>USRC</sub> presentano interventi di demolizione e ricostruzione. Si ricorda che le UMI possono

essere sia parzialmente che interamente demolite. Le 100 UMI<sub>USRA</sub> per un totale di 480 edifici e le 58 UMI<sub>USRC</sub> per un totale di 390 edifici, per le quali vi è stato il ricorso alla demolizione parziale, non sono state considerate nell'analisi dei costi seguente, limitata alle UMI soggette a interventi di demolizione e ricostru-

Statistica descrittiva	
	Demolite
N° UMI totali	67
N° Edifici totali	119
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.268,54</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.175,12
f[16%]	882,41
f[84%]	1.612,05
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	566,27
CoV [%]	45
Totale Contributo [M€]	86,8
Contributo Medio [€]	1.296.290,26
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	1.025,89

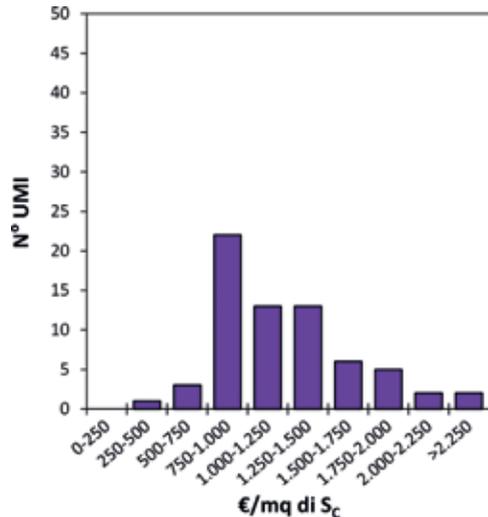


Figura 6.14. Costi medi totali per UMI<sub>USRA</sub> oggetto di parziale demolizione e ricostruzione.

Statistica descrittiva	
	Demolite
N° UMI totali	31
N° Edifici totali	93
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.045,14</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.034,36
f[16%]	903,34
f[84%]	1.218,52
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	181,62
CoV [%]	0,17
Totale Contributo [M€]	33,02
Contributo Medio [€]	1.065.285,27
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	1.003,01

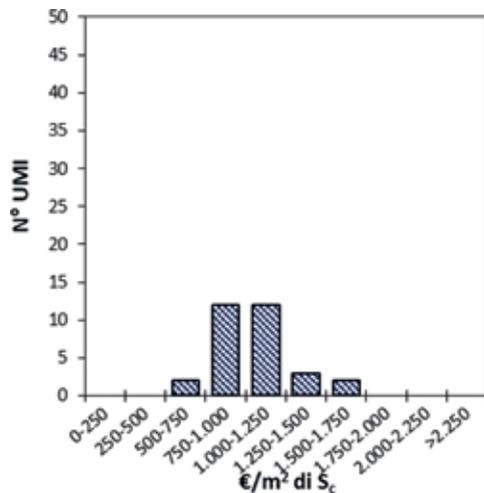


Figura 6.15. Costi medi totali per UMI<sub>USRC</sub> oggetto di parziale demolizione e ricostruzione.

zione di tutti gli edifici. Questo sotto campione comprende 67  $UMI_{USRA}$  (Figura 6.14), con un costo medio di intervento pari a 1.268,54 €/m<sup>2</sup>, valore mediano pari a 1.175,12 €/m<sup>2</sup> e deviazione standard di 566,27 €/m<sup>2</sup>, e 31  $UMI_{USRC}$  (Figura 6.15) con un costo medio di intervento pari a 1.045,14 €/m<sup>2</sup>, valore mediano pari a 1.034,36 €/m<sup>2</sup> e deviazione standard 181,62 €/m<sup>2</sup>.

## 6.5. UMI: costi di intervento vs. indice di danno ( $I_{DSUMI}$ )

In questo paragrafo sono esaminate le relazioni tra gli indici di danno  $I_{DS,UMI}$  introdotti al § 4.3 e le varie voci di costo (costo di riparazione e miglioramento sismico (voce 1), costi di riparazione degli elementi di pregio (voce 2) e costi totali (voce 7)) per le 499  $UMI_{USRA}$  e le 636  $UMI_{USRC}$  oggetto di intervento di miglioramento sismico. Per brevità di seguito si indicherà con  $I_{DS,UMI\_Rota}$  l'indice di danno valutato mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] e con  $I_{DS,UMI\_Dolce}$  l'indice di danno valutato mediante metrica riportata in [Dolce et al., 2019]. Nei grafici di Figura 6.16 sono rappresentati i punti ( $I_{DS,UMI\_Rota}$ , costo di riparazione e miglioramento sismico) e la funzione di regressione che al meglio approssima a distribuzione dei dati per le  $UMI_{USRA}$  (a) e le  $UMI_{USRC}$  (b). Ciascun punto dei grafici rappresenta una UMI. Si nota una certa correlazione tra l'indice di danno e l'importo unitario d'intervento, con alcune eccezioni. Si osserva che la media e la mediana crescono all'aumentare dell'indice di danno. La dispersione dei dati, visibile anche nei grafici di Figura 6.16, è relativamente elevata e cresce all'aumentare dell' $I_{DSUMI}$ .

Nella Tabella 6.11 sono riportati i parametri statistici rilevanti per i costi unitari di riparazione e miglioramento per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$  per ciascun indice di danno,  $I_{DSUMI\_Rota}$ , raggruppati in 6 classi da 0 a 5 secondo gli intervalli riportati in Tabella 6.10.

Tabella 6.10. Modalità di discretizzazione dell'indice di danno della UMI.

Indice di danno della UMI	Valore assegnato
$I_{DSUMI} = 0$	$I_{DS0}$
$0 < I_{DSUMI} < 1$	$I_{DS1}$
$1 \leq I_{DSUMI} < 2,0$	$I_{DS2}$
$2,0 \leq I_{DSUMI} < 3,0$	$I_{DS3}$
$3,0 \leq I_{DSUMI} < 4,0$	$I_{DS4}$
$I_{DSUMI} \geq 4,0$	$I_{DS5}$

Figura 6.16. Costi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DSUMI</sub> [Rota et al., 2008].

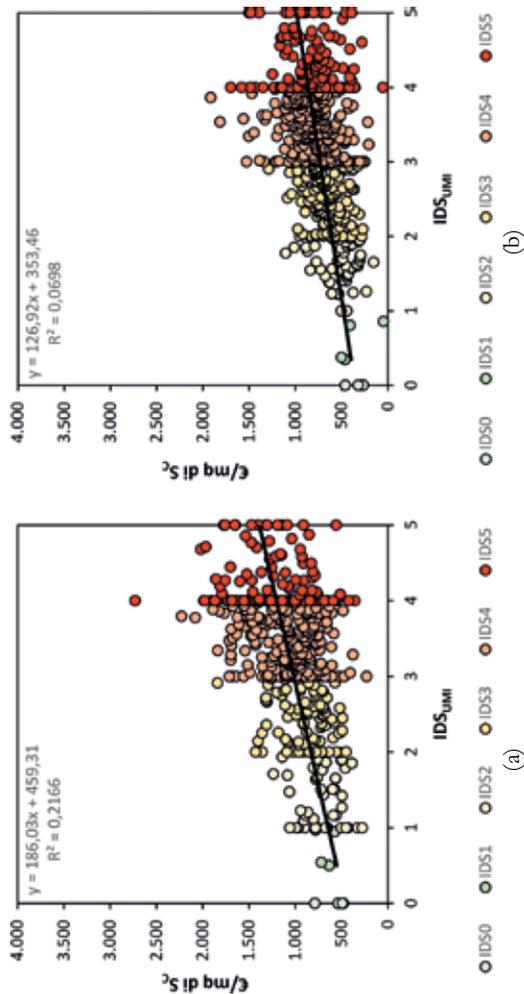


Tabella 6.11. Costi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DSUMI</sub> [Rota et al., 2008].

Costi riparazione e miglioramento	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>						I <sub>DS,UMIUSRC</sub>					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
N° UMI	4	4	48	83	198	162	4	4	51	139	261	177
N° Edifici	7	17	143	296	758	356	4	17	261	755	1.372	717
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>576,1</b>	<b>678,3</b>	<b>717,8</b>	<b>905,5</b>	<b>1.079,1</b>	<b>1.259,8</b>	<b>333,7</b>	<b>356,9</b>	<b>519,8</b>	<b>666,4</b>	<b>809,0</b>	<b>866,7</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	515,7	677,6	715,8	864,9	1.015,3	1.282,7	301,6	436,8	488,7	690,1	787,0	808,0
f[16%]	486,8	603,0	498,3	676,1	747,9	845,8	275,2	222,8	333,4	459,9	568,2	556,5
f[84%]	670,3	753,7	957,1	1.178,3	1.469,5	1.651,4	394,7	484,5	680,5	836,3	1.017,5	1.073,4
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	145,1	92,5	222,4	266,6	349,1	383,8	89,0	208,1	193,4	185,8	260,7	672,2
CoV [%]	25	14	31	29	32	30	27	58	37	28	32	78
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	592,5	678,3	757,7	1.038,6	1.743,8	1.570,8	394,1	884,5	1.082,9	1.184,0	1.264,9	1.184,8

Nei grafici di Figura 6.17 sono rappresentati i punti ( $I_{DS,UMI\_Dolce}$ , costo di riparazione e miglioramento sismico) e la funzione di regressione che al meglio approssima a distribuzione dei dati per le  $UMI_{USRA}$  (a) e le  $UMI_{USRC}$  (b). Ciascun punto dei grafici rappresenta una UMI. La distribuzione dei dati, sia per le  $UMI_{USRA}$  che per le  $UMI_{USRC}$ , è molto prossima a quella illustrata nei grafici di Figura 6.16. In particolare, si segnala la presenza di alcune UMI con danno nullo ma costi unitari compresi tra 50 e 500 €/m<sup>2</sup> per le  $UMI_{USRC}$ , e compresi tra 400 e 700 €/m<sup>2</sup> per le  $UMI_{USRA}$ . Si ricorda a tal proposito che l'indice proposto in [Dolce et al., 2019] considera il danno alle sole strutture verticali; quindi, il danno alle altre componenti strutturali non viene preso in considerazione. Inoltre, i costi di intervento unitari riguardano sia gli interventi di riparazione che di rafforzamento sismico.

Nella Tabella 6.12 sono riportati i parametri statistici rilevanti per i costi unitari di riparazione e miglioramento sismico per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$  per ciascun  $I_{DSUMI\_Dolce}$ .

Nei grafici di Figura 6.18 sono rappresentati i punti  $I_{DS,UMI\_Rota}$  (costi unitari relativi alla conservazione e recupero degli elementi di pregio) e la funzione di regressione che al meglio approssima la distribuzione dei dati per le  $UMI_{USRA}$  (a) e le  $UMI_{USRC}$  (b). Dai grafici si osserva che i costi relativi alle  $UMI_{USRA}$  risultano molto più elevati di quelli relativi alle  $UMI_{USRC}$ . Si ricorda, a tal proposito, che le  $UMI_{USRA}$  comprendono anche edifici soggetti a vincolo paesaggistico e a vincolo diretto, per i quali la procedura parametrica USRA prevede incrementi notevoli del contributo base parametrico. Per entrambe queste categorie di edifici l'incremento massimo raggiungibile è del 100% del contributo base, rispetto al 60% massimo raggiungibile per gli edifici con caratteristiche di pregio, inoltre per gli edifici con vincolo diretto è previsto una percentuale minima di incremento del contributo base del 60%. Si ricorda inoltre che il campione delle  $UMI_{USRC}$  comprende un numero molto limitato di edifici con vincolo diretto.

Nella Tabella 6.13 sono riportati i parametri statistici rilevanti per i costi unitari relativi alla conservazione e recupero degli elementi di pregio per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$  per ciascun  $I_{DSUMI\_Rota}$ .

Nei grafici di Figura 6.19, analogamente a quelli di Figura 6.18, sono rappresentati i punti ( $I_{DS,UMI\_Dolce}$ , costi unitari relativi alla conservazione e recupero degli elementi di pregio) e la funzione di regressione che al meglio approssima a distribuzione dei dati per le  $UMI_{USRA}$  (a) e le  $UMI_{USRC}$  (b). Anche in questo caso è evidente la differenza tra gli importi unitari delle  $UMI_{USRA}$  e delle  $UMI_{USRC}$ .

Nella Tabella 6.14 sono riportati i parametri statistici rilevanti per i costi unitari relativi alla conservazione e recupero degli elementi di pregio per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$  per ciascun  $I_{DSUMI\_Dolce}$ .

Figura 6.17. Costi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DSUMI</sub> [Dolce et al., 2019].

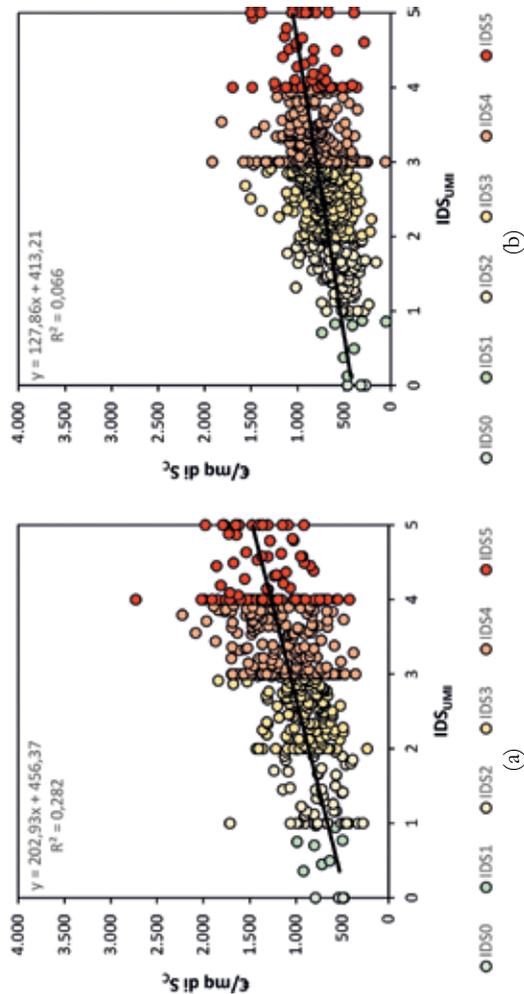


Tabella 6.12. Costi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DSUMI</sub> [Dolce et al., 2019].

Costi riparazione e miglioramento sismico	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>						I <sub>DS,UMIUSRC</sub>					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
N° UMI	4	8	59	131	190	107	4	10	95	210	261	56
N° Edifici	7	33	167	547	606	217	4	38	521	1.219	1.011	203
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>576,1</b>	<b>740,2</b>	<b>752,7</b>	<b>917,9</b>	<b>1.132,5</b>	<b>1.348,8</b>	<b>333,7</b>	<b>420,2</b>	<b>575,1</b>	<b>746,7</b>	<b>841,5</b>	<b>890,5</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	515,7	752,5	762,8	890,6	1.101,7	1.366,7	301,6	428,8	535,5	754,3	788,0	865,2
f[16%]	486,8	581,7	496,3	698,4	791,0	928,7	275,2	299,6	386,3	535,7	556,7	644,3
f[84%]	670,3	905,9	992,3	1.123,0	1.487,8	1.684,6	394,7	555,4	776,0	934,9	1.055,5	1.131,8
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	145,1	168,0	263,4	255,1	357,5	374,1	89,0	184,8	198,9	220,1	572,6	297,9
CoV [%]	25	23	35	28	32	28	27	44	35	29	68	33
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	592,5	854,4	742,3	1.282,7	1.616,9	1.869,1	394,1	863,3	1.144,5	1.284,5	1.195,2	1.212,1

Figura 6.18. Costi per il recupero degli elementi di pregio (voce di costo 2) per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DS,UMI</sub> [Rota et al., 2008].

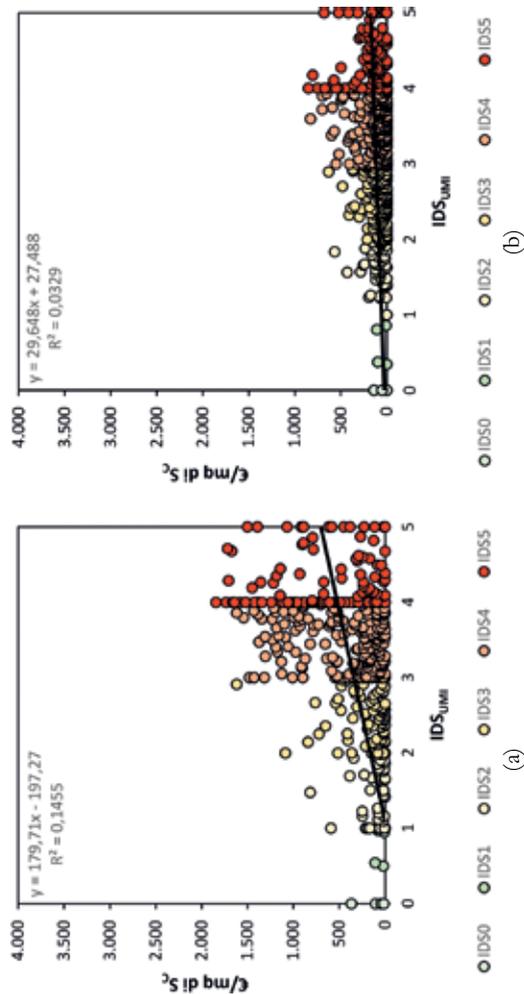


Tabella 6.13. Costi per il recupero degli elementi di pregio (voce di costo 2) per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DS,UMI</sub> [Rota et al., 2008].

Costi elementi di pregio	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>						I <sub>DS,UMIUSRC</sub>					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
N° UMI	4	4	48	83	198	162	4	4	51	139	261	177
N° Edifici	7	17	143	296	758	356	4	17	261	755	1.372	717
Media [€/m <sup>2</sup> ]	131,7	53,4	96,6	195,6	403,8	578,7	48,4	54,3	98,2	98,5	123,9	153,8
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	72,9	48,1	24,1	80,7	226,2	479,7	25,9	53,6	69,0	68,3	84,9	117,1
f[16%]	28,1	13,8	0,0	4,6	24,2	41,7	0,0	3,7	1,6	0,0	0,0	0,0
f[84%]	240,0	93,3	200,8	408,5	933,4	1.134,9	98,5	105,0	167,2	204,3	232,3	266,9
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	160,7	47,3	160,7	274,6	430,2	502,3	66,8	58,6	111,4	111,1	146,1	168,2
CoV [%]	122	89	166	140	107	87	138	108	113	113	118	109
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	592,5	893,0	757,7	1.038,6	1.743,8	1.570,8	394,1	884,5	1.082,9	1.184,0	1.264,9	1.184,8

Figura 6.19. Costi per il recupero degli elementi di prezzo (voce di costo 2) per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DSU</sub>.MI [Dolce et al., 2019].

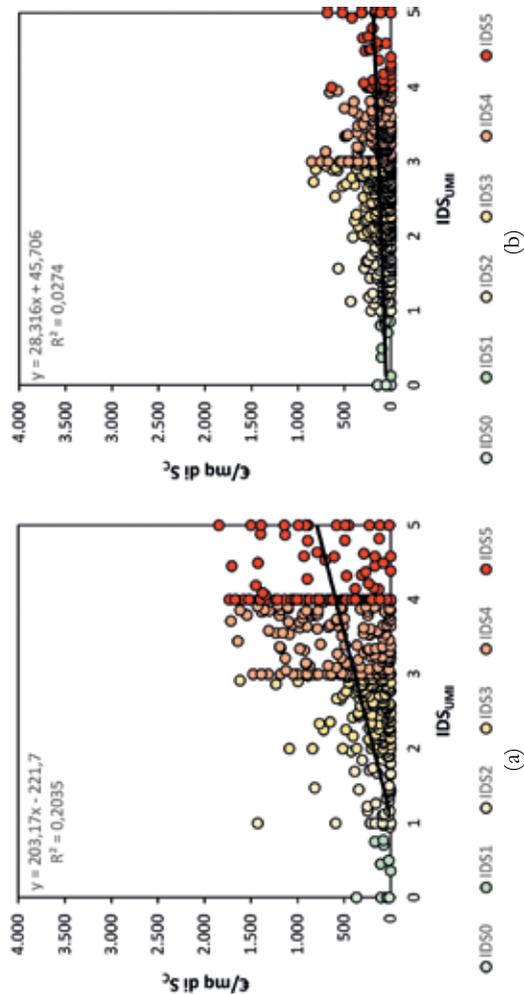


Tabella 6.14. Costi per il recupero degli elementi di prezzo (voce di costo 2) per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DSUMI</sub> [Dolce et al., 2019].

Costi elementi di prezzo	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>						I <sub>DS,UMIUSRC</sub>					
	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
N° UMI	4	8	59	131	190	107	4	10	95	210	261	56
N° Edifici	7	33	167	547	606	217	4	38	521	1.219	1.011	203
Media [€/m <sup>2</sup> ]	131,7	66,8	122,4	217,7	450,5	681,4	48,4	56,3	92,6	123,9	133,9	145,7
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	72,9	75,6	20,9	128,2	256,1	617,0	25,9	58,2	65,8	88,8	98,7	128,9
f[16%]	28,1	10,3	0,0	16,3	15,7	115,8	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0
f[84%]	240,0	104,5	224,7	395,2	977,4	1.346,3	98,5	97,4	178,4	228,1	233,0	260,0
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	160,7	56,7	233,9	265,4	453,3	514,9	66,8	40,2	102,6	148,3	152,0	157,0
CoV [%]	122	85	191	122	101	76	138	71	111	120	114	108
Superficie Media [m <sup>2</sup> ]	592,5	854,4	742,3	1.282,7	1.616,9	1.869,1	394,1	863,3	1.144,5	1.284,5	1.195,2	1.212,1

Infine, nei grafici di Figura 6.20 e di Figura 6.21 sono rappresentati rispettivamente i punti ( $I_{DS,UMI\_Rota}$ , costi unitari totali) e ( $I_{DS,UMI\_Dolce}$ , costi unitari totali) e le funzioni di regressione che al meglio approssimano la distribuzione dei dati per le  $UMI_{USRA}$  (a) e le  $UMI_{USRC}$  (b).

Nelle successive Tabella 6.15 e Tabella 6.16 sono riportati i parametri statistici rilevanti per i costi unitari complessivi di intervento per le  $UMI_{USRA}$  e le  $UMI_{USRC}$  rispettivamente per ciascun  $I_{DSUMI\_Rota}$  e  $I_{DSUMI\_Dolce}$ .

Permangono le differenze di costo tra le  $UMI_{USRA}$  (a) e  $UMI_{USRC}$  (b), già evidenziate per le singole voci di costo. Si segnala infine che gli elevati costi unitari di alcuni edifici scaturiscono probabilmente da particolari condizioni al contorno che possono portare ad incrementare notevolmente il contributo base parametrico.

## 6.6. Edifici: costi per esito di agibilità

In questo paragrafo sono analizzati i costi unitari d'intervento con riferimento agli edifici afferenti alle  $UMI_{USRA}$  per le quali sono disponibili i dati disaggregati, ovvero esplicitati con riferimento a ciascun edificio componente l'UMI. L'organizzazione del paragrafo ricalca quella del paragrafo precedente, relativo ai costi per UMI; pertanto, sono proposti inizialmente i costi d'intervento in funzione dell'esito di agibilità. Si ricorda che il processo di ricostruzione adottato dall'USRA prevede solo interventi di miglioramento sismico e che il costo degli interventi per il singolo edificio è influenzato dal quadro di danneggiamento delle UMI in cui ricadono.

### 6.6.1. Edifici con esito B-C

Nella Figura 6.22 sono riportati i dati inerenti al costo totale relativo alle richieste di contributo ammesse a finanziamento per 248 edifici con esito B-C. Mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 304.716,0 €. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 1.220,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.061,6 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 634,2 €/m<sup>2</sup>).

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.23), emerge che le due voci di costo più significative sono risultate quelle relative a riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) (incidenza pari al 75% e 15% del costo totale).

Figura 6.20. Costi totali per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DSUMI</sub> [Rota et al., 2008].

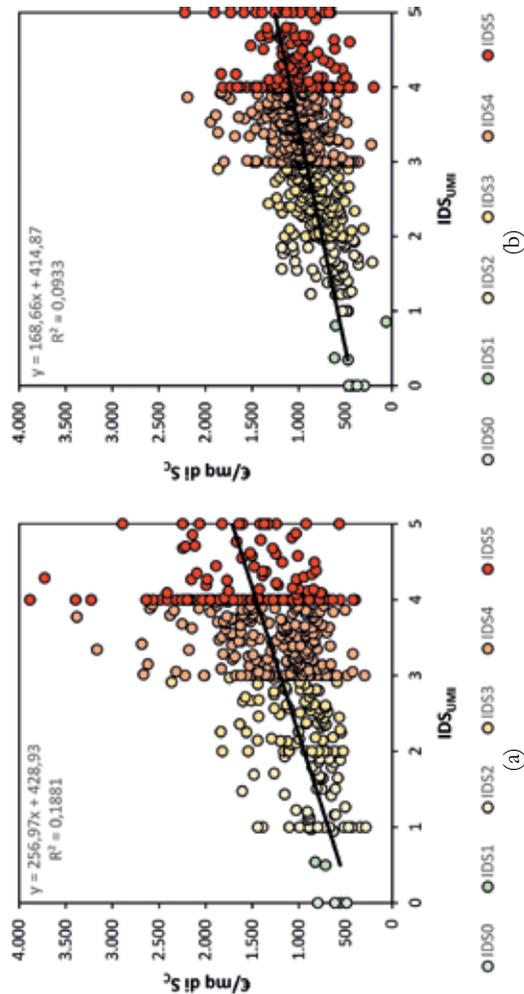


Tabella 6.15. Costi totali di intervento in UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DSUMI</sub> [Rota et al., 2008].

Costi totali	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>						I <sub>DS,UMIUSRC</sub>					
	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
N° UMI	4	4	48	83	198	162	4	4	51	139	261	177
N° Edifici	7	17	143	296	758	356	4	17	261	755	1.372	717
Media [€/m²]	<b>614,8</b>	<b>760,4</b>	<b>820,0</b>	<b>1.024,9</b>	<b>1.268,1</b>	<b>1.555,1</b>	<b>388,9</b>	<b>438,6</b>	<b>660,4</b>	<b>830,9</b>	<b>1.012,3</b>	<b>1.101,0</b>
Mediana [€/m²]	585,3	770,9	790,5	923,8	1.124,7	1.478,8	275,5	538,5	612,4	830,8	1.004,2	1.056,0
f[16%]	521,1	671,1	575,7	722,1	833,7	950,1	1,0	258,4	471,3	595,5	728,8	719,1
f[84%]	710,9	848,8	1.064,1	1.414,1	1.729,0	2.143,5	448,4	610,9	898,5	1.019,3	1.262,0	1.327,6
Dev. St [€/m²]	133,0	108,6	286,6	348,3	514,1	611,7	200,6	259,7	235,8	219,7	303,6	759,1
CoV [%]	22	14	35	34	41	39	52	59	36	26	30	69
Superficie Media [m²]	592,5	893,0	757,7	1.038,6	1.743,8	1.570,8	394,1	884,5	1.082,9	1.184,0	1.264,9	1.184,8

Figura 6.21. Costi totali per UMI<sub>USRA</sub> (a) e UMI<sub>USRC</sub> (b) in funzione dell'I<sub>DSUMI</sub> [Dolce et al., 2019].

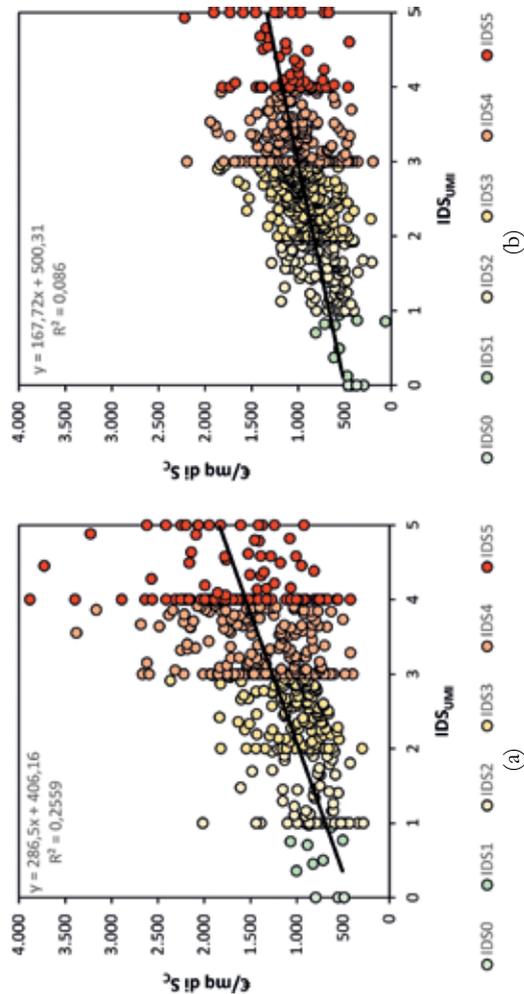


Tabella 6.16. Costi totali di intervento per UMI<sub>USRA</sub> e UMI<sub>USRC</sub> in relazione all'indice di danno I<sub>DSUMI</sub> [Dolce et al., 2019].

Costi totali	I <sub>DS,UMIUSRA</sub>					I <sub>DS,UMIUSRC</sub>						
	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
<b>N° UMI</b>	4	8	59	131	190	107	4	10	95	210	261	56
<b>N° Edifici</b>	7	33	167	547	606	217	4	38	521	1.219	1.011	203
Media [€/m²]	614,8	813,2	855,4	1.040,1	1.354,9	1.680,7	388,9	516,8	723,1	940,0	1.060,6	1.122,9
<b>Mediana [€/m²]</b>	585,3	847,9	807,0	981,6	1.272,8	1.652,5	398,3	557,8	656,7	926,6	1.033,1	1.075,3
f[16%]	521,1	639,9	586,8	760,1	857,2	1.010,0	332,8	383,5	503,7	709,2	728,6	734,4
f[84%]	710,9	989,5	1.147,8	1.370,4	1.867,3	2.196,4	444,3	671,7	1.007,8	1.143,8	1.291,7	1.415,9
<b>Dev. St [€/m²]</b>	133,0	188,5	323,6	331,9	529,7	638,6	72,1	208,6	239,7	262,2	310,6	368,5
<b>CoV [%]</b>	22	23	38	32	39	38	19	40	33	28	29	33
<b>Superficie Media [m²]</b>	592,5	854,4	742,3	1.282,7	1.616,9	1.869,1	394,1	863,3	1.144,5	1.284,5	1.195,2	1.212,1

Statistica descrittiva	
N° Edifici	248
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.220,9</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.066,6
f[16%]	712,7
f[84%]	1.697,8
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	616,1
CoV [%]	50
Totale Contributo [M€]	75,6
Contributo Medio [€]	304.716,0
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	268,0

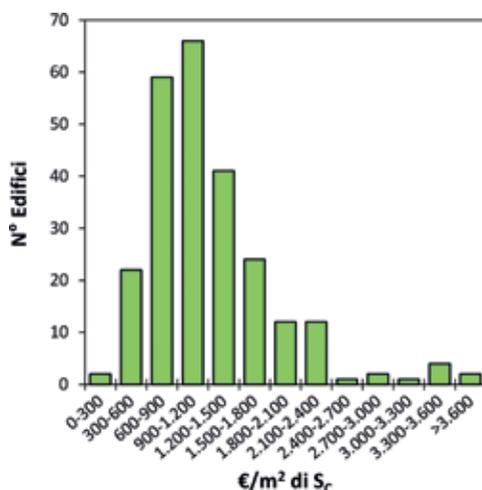
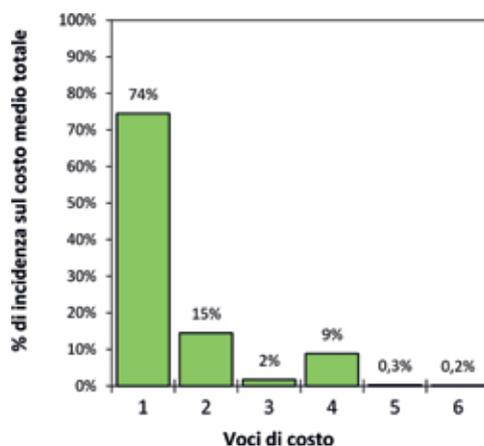


Figura 6.22. Costi totali d'intervento per gli edifici USRA oggetto di miglioramento sismico.



- 1 = riparazione e rafforzamento
- 2 = interventi su elementi di pregio
- 3 = prove geotecniche e strutturali
- 4 = adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico
- 5 = ulteriori lavorazioni
- 6 = costi medi per beni e contenuti storico-artistico

Figura 6.23. Incidenza delle varie voci di costo sul costo medio totale degli edifici USRA oggetto di miglioramento sismico.

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.17. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di edifici inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.17 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici degli edifici con voci di costo non nulle.

Tabella 6.17. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per gli edifici<sub>USRA</sub> oggetto di miglioramento sismico.

	VOCI DI COSTO						
	Totali	1	2	3	4	5	6
<b>N° Edifici</b>	248	248	248	248	248	248	248
		(248)	(193)	(236)	(164)	(36)	(4)
<b>Media [€/ m<sup>2</sup>]</b>	<b>1220,9</b>	<b>909,5</b>	<b>177</b>	<b>21,2</b>	<b>107,7</b>	<b>3,6</b>	<b>1,9</b>
		<b>(909,5)</b>	<b>(227,9)</b>	<b>(22,3)</b>	<b>(162,8)</b>	<b>(24,9)</b>	<b>(119,7)</b>
<b>Mediana [€/ m<sup>2</sup>]</b>	1066,6	850,2	71	9,5	29,5	0,0	0,0
		(850,2)	(154,9)	(10,3)	(80,1)	(11,9)	(130)
<b>f[16%]</b>	712,7	603,8	0,0	4	0	0	0
		(603,8)	(23,8)	(5,1)	(23,3)	(4,9)	(47,3)
<b>f[84%]</b>	1697,8	1.215,2	359	26,4	153,1	0,0	0,0
		(1215,2)	(397,5)	(27,2)	(190,1)	(28)	(191,3)
<b>Dev. St [€/ m<sup>2</sup>]</b>	616,1	344,0	239,1	28,6	284,5	26,0	17,7
		(344)	(248,9)	(41,3)	(337,1)	(65)	(84,4)
<b>CoV [%]</b>	50	38	135	135	264	719	919
		(38)	(109)	(185)	(207)	(261)	(71)
<b>Totale Contributo [M€]</b>	75,6						
		56,7	14,3	0,6	3,4	0,2	0,0005
<b>Contributo Medio [€]</b>	304.716,0	228.785,4	57.816,7	2.514,2	13.704,4	903,8	1,9
		(228.785,4)	(74.293)	(2.642,1)	(20.723,7)	(6226,3)	(119,7)
<b>Superficie media [m<sup>2</sup>]</b>	268,0	268,0	268,0	268,0	268,0	268,0	268,0
		(268)	(277,1)	(256,5)	(272,4)	(342,6)	(780,2)

0) UMI o edifici con voce costo non nulla. 1 = Costo medio riparazione e rafforzamento. 2 = Costo medio interventi su elementi di pregio. 3 = Costo medio prove geotecniche e strutturali. 4 = Costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico. 5 = Costo medio delle ulteriori lavorazioni.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento ai 248 edifici USRA con esito B-C aventi una superficie lorda complessiva mediamente pari a 268,0 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 909,5 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 850,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 344 €/m<sup>2</sup>);
- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 177 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 71 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 239,1 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 227,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 154,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 248,9 €/m<sup>2</sup>); se si valuta il costo medio su 193 edifici in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 21,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 9,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 28,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 22,3

- €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 10,3 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 41,3 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 236 edifici in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 107,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 29,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 284,5 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 162,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 80,1 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 337,1 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 164 edifici in cui ci sono tali interventi;
  - 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 3,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 26 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 24,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 11,9 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 65 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 36 edifici in cui ci sono tali interventi;
  - 6) costo medio per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili pari a 1,9 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 17,7 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 119,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 130,0 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 84,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 4 edifici in cui ci sono tali interventi.

### 6.6.2. Edifici con esito E

Nei grafici di Figura 6.24 sono rappresentati i costi totali d'intervento di 1.347 edifici con esito E delle UMI<sub>USRA</sub> soggetti a miglioramento sismico. Mediamente è stato ammesso a finanziamento un contributo pari a 980.892,28€. Il contributo medio per unità di superficie è pari a 1.641 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.382,76 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 860,77 €/m<sup>2</sup>).

Dall'analisi delle incidenze delle varie voci di costo sul costo totale (Figura 6.25), emerge che le due voci di costo più significative sono quelle relative alla riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) e agli interventi volti alla conservazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) (incidenze pari a 69% e 24% del costo totale).

I parametri statistici rilevanti per il costo totale e le varie voci di costo che concorrono alla determinazione del costo totale sono riportate in Tabella 6.18. Si segnala che a meno degli interventi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1), tutti gli altri interventi sono stati effettuati in un numero di edifici inferiore rispetto al campione in esame. Pertanto, in Tabella 6.18 si riportano tra parentesi anche i parametri statistici degli edifici con voci di costo non nulle.

In sintesi, dalla analisi emerge che, con riferimento ai 1.445 edifici con esito E delle UMI<sub>USRA</sub> aventi una superficie lorda complessiva mediamente pa-

Statistica descrittiva	
N° Edifici	1.347
Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.641
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.382,8</b>
f[16%]	903,4
f[84%]	2.481,4
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	860,8
CoV [%]	52
Totale Contributo [M€]	1.321,3
Contributo Medio [€]	980.892,3
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	489,3

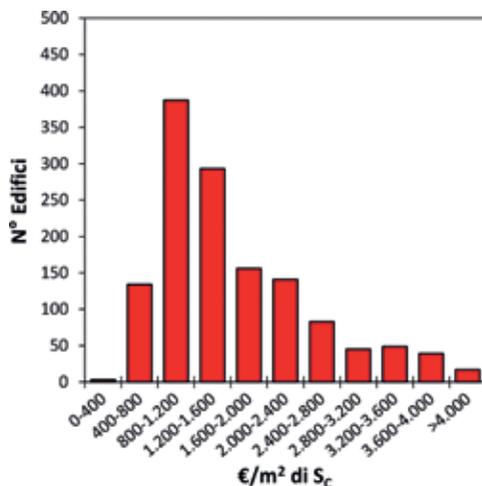
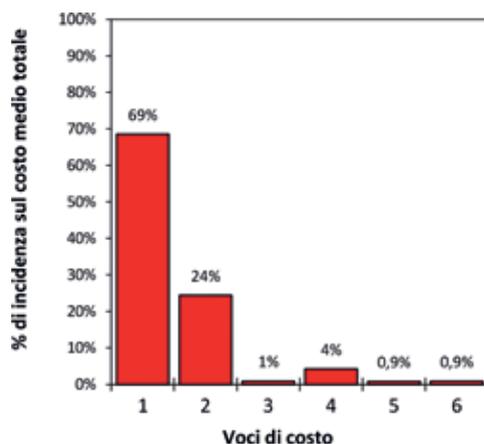


Figura 6.24. Costi totali d'intervento per gli edifici<sub>USRA</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.



- 1 = riparazione e rafforzamento
- 2 = interventi su elementi di pregio
- 3 = prove geotecniche e strutturali
- 4 = adeguamento energetico
- 5 = ulteriori lavorazioni
- 6 = costi medi per beni e contenuti storico-artistico

Figura 6.25. Incidenza delle varie voci di costo sul costo medio totale degli edifici<sub>USRA</sub> oggetto di intervento di miglioramento sismico.

ri a 489,3 m<sup>2</sup>, le richieste di contributo ammesse a finanziamento sono risultate le seguenti:

- 1) costo medio riparazione e di miglioramento sismico pari a 1.125,6 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 1.057,2 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 428,9 €/m<sup>2</sup>);

Tabella 6.18. Costi d'intervento e rispettivi indicatori statistici per gli edifici<sub>USRA</sub> oggetto di miglioramento.

	VOCI DI COSTO UMI <sub>USRA</sub>						
	Totali	1	2	3	4	5	6
<b>N° Edifici</b>	1.347	1.347	1.347	1.347	1.347	1.347	1.347
		(1.347)	(1.177)	(1.318)	(837)	(422)	(139)
<b>Media [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>1.641</b>	<b>1.125,6</b>	<b>401</b>	<b>15,7</b>	<b>69,4</b>	<b>14,2</b>	<b>15,1</b>
		(1.127,3)	(459,3)	(16)	(111,7)	(45,4)	(146,8)
<b>Mediana [€/m<sup>2</sup>]</b>	1.382,8	1.057,2	230	7,6	25,1	0,0	0,0
		(1.057,2)	(283,5)	(7,9)	(25,1)	(19)	(80,4)
<b>f[16%]</b>	903,4	746,8	14,4	3	0	0	0
		(747,7)	(64,2)	(3,5)	(22,3)	(5,3)	(27,8)
<b>f[84%]</b>	2.481,4	1.514,5	854	17,5	113,0	17,9	0,0
		(1.514,5)	(955,1)	(17,7)	(158,8)	(77,4)	(224,4)
<b>Dev. St [€/m<sup>2</sup>]</b>	860,8	428,9	456,8	41,0	179,4	48,6	87,6
		(427)	(460,7)	(41,4)	(217)	(78,2)	(235,3)
<b>CoV [%]</b>	52	38	114	261	258	341	578
		(38)	(100)	(259)	(194)	(172)	(16)
<b>Totale Contributo [M€]</b>	1.321,3	841,3	435,00	4,5	26,3	14,2	0,02
<b>Contributo Medio [€]</b>	980.892,3	194.774,8	322.945,2	3.313,4	19.491,6	10.586,3	15,1
		(194.774,8)	(369.589,8)	(3.386,3)	(31.368,2)	(33.791)	(146,8)
<b>Superficie Media [m<sup>2</sup>]</b>	489,3	489,3	489,3	489,3	489,3	489,3	489,3
		(489,7)	(526,1)	(487,1)	(465,2)	(696,2)	(17,3)

◊ UMI con voce costo. 1 = Costo medio riparazione e miglioramento sismico. 2 = Costo medio ripristino elementi di pregio. 3 = Costo medio indagini e prove. 4 = Costo medio per adeguamento impiantistico ed efficientamento energetico. 5 = Costi medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medio per beni e contenuti storico-artistico.

- 2) costo medio per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio pari a 401 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 230 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 456,8 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 459,3 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 283,5 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 460,7 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 1,177 edifici in cui ci sono tali interventi;
- 3) costo medio per le prove geotecniche e strutturali pari a 15,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 7,6 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 41 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 16 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 7,9 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 41,4 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 1.318 edifici in cui ci sono tali interventi;
- 4) costo medio per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico pari a 69,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 25,1 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 179,4 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 111,7 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 25,1 €/m<sup>2</sup> devia-

zione standard 78,2 €/m<sup>2</sup> se si valuta il costo medio su 837 edifici in cui ci sono tali interventi;

- 5) costo medio per le ulteriori lavorazioni pari a 14,2 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 48,6 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 45,4 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 19 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 78,2 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 422 edifici in cui ci sono tali interventi;
- 6) costo medio per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili pari a 15,1 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 0 €/m<sup>2</sup>, deviazione standard 876 €/m<sup>2</sup>); tale costo sale a 146,8 €/m<sup>2</sup> (valore mediano pari a 80,4 €/m<sup>2</sup> deviazione standard 87,6 €/m<sup>2</sup>) se si valuta il costo medio su 139 edifici in cui ci sono tali interventi.

## 6.7. Edifici: costi di sostituzione edilizia

Nei grafici di Figura 6.26 è riportata la distribuzione dei costi d'intervento relativi a 258 edifici delle UMI<sub>USRA</sub> che sono stati oggetto di interventi di sostituzione edilizia, definite nel seguito demolizione.

Le motivazioni che hanno determinato l'esecuzione degli interventi di sostituzione edilizia e non di riparazione degli edifici esistenti sono state descritte nel § 5.3.1.

Statistica descrittiva	
N° Edifici	258
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>1.344,3</b>
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	1.220,9
f[16%]	845,2
f[84%]	1.729,1
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	673,5
CoV [%]	50
Totale Contributo [M€]	166,6
Contributo Medio [€]	645.675,1
Superficie Media [€/m <sup>2</sup> ]	471,3

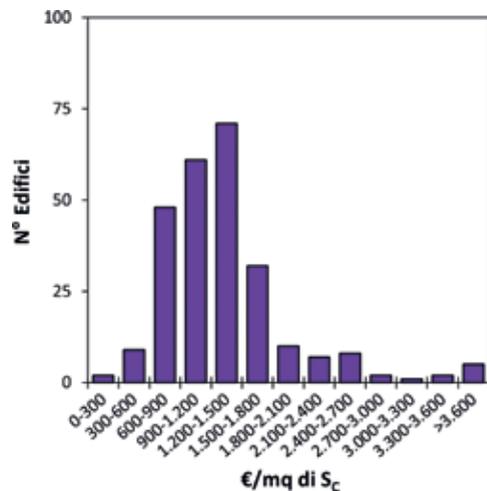


Figura 6.26. Costi totali per gli edifici<sub>USRA</sub> oggetto di sostituzione edilizia.

## 6.8. Edifici: costi degli edifici vs. livelli di danno globale

In questo paragrafo è analizzata la distribuzione dei costi d'intervento degli edifici USRA, in relazione ai livelli di danno globale degli edifici valutati secondo la metrica riportata in [Rota et al., 2008],  $DS_{Rota}$ , e [Dolce et al., 2019],  $DS_{Dolce}$ . In dettaglio le distribuzioni dei valori medi dei costi di riparazione e miglioramento sismico, di riparazione degli elementi di pregio e dei costi totali e i relativi parametri statistici in funzione del danno globale  $DS_{Rota}$  sono riportati rispettivamente in Figura 6.27, Figura 6.28 e Figura 6.29.

Analogamente in Figura 6.30, Figura 6.31 e Figura 6.32 sono riportate le distribuzioni dei valori medi dei costi di riparazione e miglioramento sismico, di riparazione degli elementi di pregio e dei costi totali e i relativi parametri statistici in funzione del danno globale  $DS_{Dolce}$ .

## 6.9. Considerazioni conclusive

Il capitolo riporta una disamina dei contributi per la ricostruzione degli edifici danneggiati dal sisma del 2009, situati nei centri storici della città di L'Aquila.

	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	68	195	226	322	770	154
Media [€/m <sup>2</sup> ]	751,4	946,4	984,0	1.050,9	1.153,5	1.155,1
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	640,6	885,4	947,6	987,6	1.097,4	1.103,4
f[16%]	460,4	611,9	673,2	700,7	768,2	748,4
f[84%]	1.022,5	1.225,5	1.276,8	1.414,0	1.531,9	1.578,6
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	394,6	421,8	363,1	423,2	419,3	442,4
CoV [%]	53	45	37	40	36	38
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	190,7	206,9	273,6	360,5	581,9	471,9

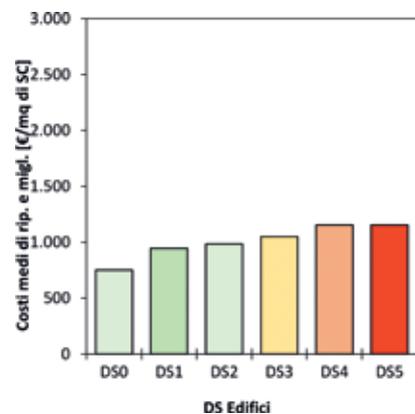


Figura 6.27. Costi medi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Rota et al 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	68	195	226	322	770	154
Media [€/m <sup>2</sup> ]	127,7	119,2	213,2	297,3	466,0	409,6
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	21,2	37,3	131,6	158,3	283,9	225,5
f[16%]	0,0	0,0	7,6	0,0	28,9	0,0
f[84%]	249,3	219,4	376,9	620,5	990,3	946,2
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	260,6	197,9	279,8	372,0	479,8	497,9
CoV [%]	204	166	131	125	103	122
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	190,7	206,9	273,6	360,5	581,9	471,9

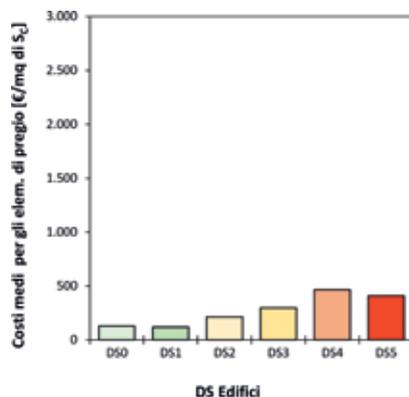


Figura 6.28. Costi medi di riparazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	68	195	226	322	770	154
Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.132,1	1.238,1	1.304,1	1.483,6	1.721,6	1.701,1
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	971,4	1.059,8	1.180,5	1.235,2	1.462,0	1.427,9
f[16%]	569,3	729,9	785,2	840,4	930,0	953,4
f[84%]	1.483,4	1.783,6	1.764,3	2.212,8	2.564,1	2.643,9
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	774,7	642,7	624,6	778,0	889,3	919,6
CoV [%]	68	52	48	52	52	54
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	190,7	206,9	273,6	360,5	581,9	471,9

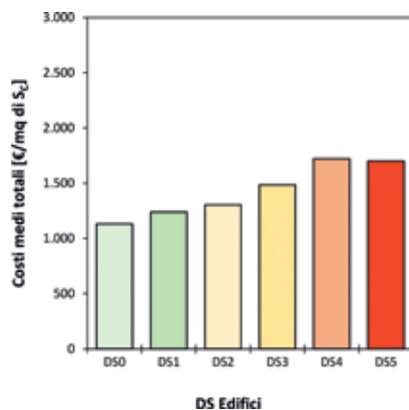


Figura 6.29. Costi totali medi in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Rota et al 2008] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub> (a).

	USRA					
	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	83	225	283	558	452	134
Media [€/m <sup>2</sup> ]	777,8	929,4	977,6	1.036,5	1.251,5	1.254,4
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	742,8	876,5	953,7	973,9	1.218,2	1.263,0
f[16%]	462,1	603,5	674,3	717,0	838,3	824,7
f[84%]	1.053,4	1.211,3	1.251,2	1.380,3	1.638,9	1.682,2
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	379,9	414,3	348,4	383,3	444,4	441,7
CoV [%]	49	45	36	37	36	35
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	190,6	214,0	294,0	391,6	665,0	639,3

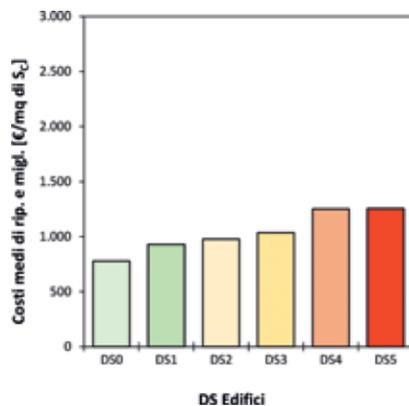


Figura 6.30. Costi medi di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	83	225	283	558	452	134
Media [€/m <sup>2</sup> ]	109,6	129,1	214,5	306,0	565,6	541,1
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	15,5	44,2	129,6	198,6	391,5	308,6
f[16%]	0,0	0,0	0,0	13,5	60,5	4,0
f[84%]	174,6	240,5	381,7	625,9	1166,5	1355,3
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	239,6	212,7	279,7	355,4	514,8	576,3
CoV [%]	219	165	130	116	91	106
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	190,6	214,0	294,0	391,6	665,0	639,3

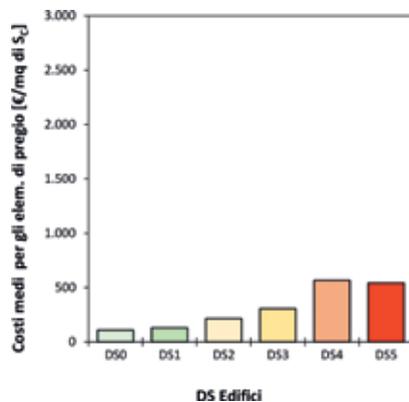


Figura 6.31. Costi medi di riparazione degli elementi di pregio (voce di costo 2) in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

	DS0	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
N° Edifici	83	225	283	558	452	134
Media [€/m <sup>2</sup> ]	1.118,1	1.240,1	1.301,9	1.458,4	1.915,3	1.930,4
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	982,2	1.053,8	1.174,3	1.228,6	1.750,5	1.654,0
f[16%]	590,1	727,9	797,7	862,9	1031,1	983,1
f[84%]	1.467,3	1.750,3	1.760,7	2.166,0	2.891,2	3.271,2
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	720,6	684,0	609,6	727,6	930,6	1.009,8
CoV [%]	64	55	47	50	49	52
Sup. Media [m <sup>2</sup> ]	1.90,6	214,0	294,0	391,6	665,0	639,3

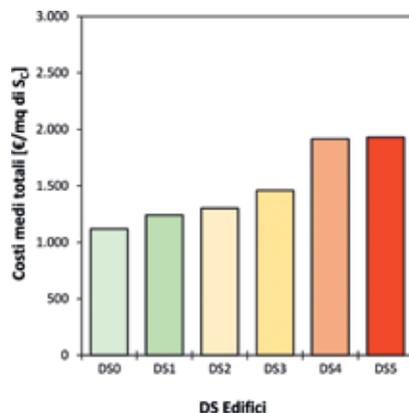


Figura 6.32. Costi medi totali in funzione del danno globale definito mediante la metrica riportata in [Dolce et al., 2019] per gli edifici afferenti alle UMI<sub>USRA</sub>.

la (USRA) e degli altri comuni del Cratere sismico (USRC). Il campione esaminato è costituito da 566 UMI<sub>USRA</sub> (1.696 edifici) per un contributo complessivo finanziato pari a M€ 913,08 e da 762 UMI<sub>USRC</sub> (3.507 edifici) per un contributo complessivo finanziato M€ 690,82 (per un totale di 1.328 UMI, 5.203 edifici, e un finanziamento complessivo di circa 1,6 miliardi di euro).

Il costo totale d'intervento (comprensivo degli oneri professionali e di IVA) è stato analizzato in riferimento a 6 specifiche voci di costo di seguito richiamate:

- 1) costo di riparazione e di rafforzamento locale o miglioramento sismico;
- 2) costi per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio;
- 3) costi per le prove geotecniche e strutturali;
- 4) costi per l'adeguamento impiantistico e l'efficientamento energetico;
- 5) costi per ulteriori lavorazioni (messa in sicurezza ruderi, elementi pertinenziali caratterizzanti il tessuto urbano e siti archeologici, ecc.);
- 6) costi per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili.

Tutte le valutazioni ed analisi sono state effettuate con riferimento ai costi unitari; ovvero ai costi espressi in €/m<sup>2</sup> e riferiti alla superficie lorda complessiva.

I dati economici sono stati analizzati in primo luogo in funzione dell'esito di agibilità delle UMI (mono-esito B-C o E e pluri-esito) e della categoria di intervento progettato (rafforzamento locale o miglioramento sismico); a seguire,

sono stati presentati i dati economici in funzione dell'indice di danno dell'UMI,  $IDS_{UMI}$ , e della categoria di intervento progettato. L'indice di danno è stato valutato in accordo a due diverse metriche di conversione del danno strutturale e non strutturale in danno globale riportate rispettivamente in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019].

L'analisi di costo alla scala dell'UMI ha inoltre riguardato il costo di demolizione e ricostruzione delle stesse.

Il capitolo, infine, riporta l'analisi di costo alla scala dell'edificio, per i soli edifici dei centri storici di L'Aquila. Anche in questo caso l'analisi è stata effettuata in funzione dell'esito di agibilità, della categoria di intervento e del livello di danno globale di edificio, DS.

Dall'analisi a livello di UMI è emerso che in tutti i casi analizzati le voci di costo più significative sono risultate essere quelle relative alla voce di costo 1 (riparazione e rafforzamento locale o miglioramento sismico) e alla voce di costo 2 (conservazione, recupero e valorizzazione degli elementi di pregio).

Al fine di fornire un quadro riassuntivo di tali voci di costo riscontrate nelle UMI sia del centro storico di L'Aquila che degli altri comuni del cratere, in Tabella 6.19 e Tabella 6.20 si riportano i costi medi delle voci 1, 2 nonché del costo totale (determinato come somma delle sei voci di costo sopra richiamate).

Per quanto concerne l'analisi dei costi in funzione dell' $I_{DSUMI}$  valutato secondo le metriche di conversione del danno riportate in [Rota et al., 2008] e in [Dolce et al., 2019], essa è stata condotta sulle sole 499  $UMI_{USRA}$  e 640  $UMI_{USRC}$  oggetto di miglioramento sismico con dati di danno noti. Analogamente alle analisi per esito di agibilità, in Tabella 6.21 e Tabella 6.22, si riportano i dati salienti delle voci di costo (voce 1, 2 e costo totale) in funzione dell'indice di danno rispettivamente delle  $UMI_{USRA}$  e  $UMI_{USRC}$  valutato in accordo alle due metriche di conversione.

Da quanto riportato in Tabella 6.21 e in Tabella 6.22 appare evidente che il costo medio d'intervento delle  $UMI_{USRA}$  risulta sempre più elevato del costo medio d'intervento delle  $UMI_{USRC}$ . Oltre alle diverse peculiarità della scheda parametrica adottata per la determinazione del contributo, ciò è dovuto anche alla diversa tipologia degli edifici inclusi nel campione, che nel caso della città di L'Aquila includono percentuali significative (rispettivamente dell'11% e del 22% rispetto al totale) di edifici con vincolo diretto ai sensi dell'art. 10 comma 3 lettera a) del d.lgs. 42/2004 e di edifici di particolare interesse paesaggistico. Nel caso delle  $UMI_{USRC}$  invece il campione comprende prevalentemente edifici con elementi di pregio storico artistico ed edifici non di pregio.

Infine, analogamente alle analisi condotte per le UMI, in Tabella 6.23 e in Tabella 6.24 si riportano le voci di costo più significative riscontrate alla

Tabella 6.19. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali per  $UMI_{USRA}$  in funzione dell'esito di agibilità.

	<b>Esito di agibilità</b>	<b>Categoria intervento</b>	<b>N. UMI</b>	<b>1 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>2 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale [€/m<sup>2</sup>]</b>
<b>UMI<sub>USRA</sub></b>	<b>mono-esito BC</b>	Miglioramento sismico	30	263,2	124	873,7
	<b>mono-esito E</b>	Miglioramento sismico	268	1.225,2	522	1.847,8
	<b>pluri-esito</b>	Miglioramento sismico	201	961,5	258	1.291
	<b>pluri-esito</b>	Demolizione e ricostruzione	67	-	-	1.268,5

Tabella 6.20. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali per  $UMI_{USRC}$  in funzione dell'esito di agibilità.

	<b>Esito di agibilità</b>	<b>Categoria intervento</b>	<b>N. UMI</b>	<b>1 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>2 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale [€/m<sup>2</sup>]</b>
<b>UMI<sub>USRC</sub></b>	<b>mono-esito BC</b>	Rafforzamento locale	48	293,0	71	382,8
	<b>mono-esito E</b>	Rafforzamento locale	-	-	-	-
	<b>pluri-esito</b>	Rafforzamento locale	44	230,9	54,3	296,4
	<b>mono-esito BC</b>	Miglioramento sismico	7	353,5	28,7	396,4
	<b>mono-esito E</b>	Miglioramento sismico	171	976,6	160,5	1.230,1
	<b>pluri-esito</b>	Miglioramento sismico	458	692,1	111,5	870,0
	<b>pluri-esito</b>	Demolizione e ricostruzione	31	-	-	1.045,14

scala dell'edificio (1.853 edifici dei centri storici di L'Aquila) rispettivamente in funzione dell'esito di agibilità e del livello di danno globale DS, valutato in accordo alle metriche di conversione riportate in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019].

Tabella 6.21. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali in funzione dell' $I_{DS,UMI}$  definito in accordo alle metriche di conversione del danno riportate in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019] per le  $UMI_{USRA}$ .

		Metrica [Rota et al., 2008]				Metrica [Dolce et al., 2019]			
	$I_{DS}$	N. UMI	1 [€/m <sup>2</sup> ]	2 [€/m <sup>2</sup> ]	Totale [€/m <sup>2</sup> ]	N. UMI	1 [€/m <sup>2</sup> ]	2 [€/m <sup>2</sup> ]	Totale [€/m <sup>2</sup> ]
$UMI_{USRA}$	$I_{DS0}$	4	576,1	131,7	614,8	4	576,1	131,7	614,8
	$I_{DS1}$	4	678,3	53,4	760,4	8	740,2	66,8	813,2
	$I_{DS2}$	48	717,8	96,6	820,0	59	752,7	122,4	855,4
	$I_{DS3}$	83	905,5	195,6	1.024,9	131	917,9	217,7	1.040,1
	$I_{DS4}$	198	1.079,1	403,8	1.268,1	190	1.132,5	450,5	1.354,9
	$I_{DS5}$	162	1.259,8	578,7	1.555,1	107	1.348,8	681,4	1.680,7

Tabella 6.22. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali in funzione dell' $I_{DS,UMI}$  definito in accordo alle metriche di conversione del danno riportate in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019] per le  $UMI_{USRC}$ .

		Metrica [Rota et al., 2008]				Metrica [Dolce et al., 2019]			
	$I_{DS}$	N. UMI	1 [€/m <sup>2</sup> ]	2 [€/m <sup>2</sup> ]	Totale [€/m <sup>2</sup> ]	N. UMI	1 [€/m <sup>2</sup> ]	2 [€/m <sup>2</sup> ]	Totale [€/m <sup>2</sup> ]
$UMI_{USRC}$	$I_{DS0}$	4	333,7	48,4	388,9	4	333,7	48,4	388,9
	$I_{DS1}$	4	356,9	54,3	438,6	10	420,2	56,3	516,8
	$I_{DS2}$	51	519,8	98,2	660,4	95	575,1	92,6	723,1
	$I_{DS3}$	139	666,4	98,5	830,9	210	746,7	123,9	940,0
	$I_{DS4}$	261	809,0	123,9	1.012,3	261	841,5	133,9	1.060,6
	$I_{DS5}$	177	866,7	153,8	1.101,0	56	890,5	145,7	1.122,9

Tabella 6.23. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali per gli edifici<sub>USRA</sub> in funzione dell'esito di agibilità.

	<b>Esito di agibilità</b>	<b>Categoria intervento</b>	<b>N. edifici</b>	<b>1 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>2 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale [€/m<sup>2</sup>]</b>
<b>UMI<sub>USRA</sub></b>	<b>esito BC</b>	Miglioramento sismico	248	909,5	177	1.221,3
	<b>esito E</b>	Miglioramento sismico	1.347	1.125,6	401	1.641
	<b>esito E</b>	Demolizione e ricostruzione	258			1.344,3

Tabella 6.24. Costi medi di riparazione e rafforzamento locale/miglioramento sismico (voce 1), di interventi su elementi di pregio (voce 2) e totali in funzione del danno DS definito in accordo alle metriche di conversione del danno riportate in [Rota et al., 2008] e [Dolce et al., 2019] per gli edifici<sub>USRA</sub>.

		<b>Metrica [Rota et al., 2008]</b>			<b>Metrica [Dolce et al., 2019]</b>				
	<b>I<sub>Ds</sub></b>	<b>N. Edifici</b>	<b>1 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>2 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>N. UMI</b>	<b>1 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>2 [€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Totale [€/m<sup>2</sup>]</b>
<b>UMI<sub>USRA</sub></b>	DS0	68	751,4	127,7	1.132,1	83	777,8	109,6	1.118,1
	DS1	195	946,4	119,2	1.238,1	225	929,4	129,1	1.240,1
	DS2	226	984,0	213,2	1.304,1	283	977,6	214,5	1.301,9
	DS3	322	1.050,9	297,3	1.483,6	558	1.036,5	306,0	1.458,4
	DS4	770	1.153,5	466,0	1.721,6	452	1.251,5	565,6	1.915,3
	DS5	154	1.155,1	409,6	1.701,1	134	1.254,4	541,1	1.930,4

## Bibliografia

- USRA Decreto n. 1 del 21/01/2013, *Disciplina per la progettazione e la realizzazione degli interventi sugli edifici privati, ubicati nei centri storici del Comune di L'Aquila danneggiati dal Sisma del 2009*.
- USRC Decreto n. 1 del 06/02/2014, *Disposizioni per il riconoscimento del contributo per gli interventi sull'edilizia privata nei centri storici dei Comuni del Cratere* (art. 2, comma 2, del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 4 febbraio 2013).
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Di Meo A., Faravelli M., Pascale V., "Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. Webgis", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 60(2), 141-164, 2019.
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Pascale V., *Da.D.O – A web-based tool for analyzing and comparing post-earthquake damage database relevant to national seismic events since 1976*. In: *Atti del XVII Convegno ANIDIS L'ingegneria Sismica in Italia*, 347-357, Pisa University Press, Pisa, Italy, 2017.
- Rota M., Penna A., Strobbia C.L., "Processing Italian damage data to derive typological fragility curves", *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 28, 933-947, 2008.
- Dolce M., Manfredi G. (a cura di), *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009*, ReLUIS-Fintecna-Cineas, Doppiavoce, 2015.

# 7.

## Ricostruzione fuori e dentro i centri storici

*Marco Di Ludovico, Giuseppina De Martino, Antonio Mannella, Salvatore Provenzano, Raffaello Fico, Elena Speranza, Mauro Dolce, Andrea Prota*

### 7.1. Introduzione

Tra gli aspetti più dibattuti e più complessi nelle fasi decisionali del processo di riparazione/ricostruzione degli edifici danneggiati da un sisma, vi è certamente la determinazione dei costi massimi ammissibili a finanziamento per la riparazione e, eventualmente, per il rafforzamento sismico degli edifici. Come specificato al capitolo 1, il processo di ricostruzione post terremoto abruzzese del 2009 ha coinvolto due diversi modelli in due diverse fasi: il cosiddetto “modello analitico” adottato nella prima fase di ricostruzione dal 2009 al 2013 per gli edifici residenziali distribuiti geograficamente al di fuori dei centri storici (FCS) di L’Aquila e delle province di L’Aquila, Pescara, Chieti e Teramo e il “modello parametrico” adottato nella seconda fase e tutt’ora in atto per la ricostruzione degli edifici residenziali ubicati nei centri storici di L’Aquila ( $CS_{USRA}$ ) e degli altri comuni del cratere ( $CS_{USRC}$ ). Il modello analitico ha interessato 5.775 edifici. Con il modello parametrico, ad aprile 2021 risultano approvate 3.898 pratiche di richieste di contributo per UMI per un totale di 6.199 edifici di cui 2.258 afferenti ai centri storici di L’Aquila ( $CS_{USRA}$ ) e 3.941 afferenti ai centri storici degli altri comuni del cratere ( $CS_{USRC}$ ).

Lo scopo di questo capitolo è presentare al lettore un confronto non solo in termini di caratteristiche costruttive degli edifici dei  $CS_{USRA}$  e  $CS_{USRC}$  e FCS ma anche in termini di costi di intervento a parità di esito di agibilità e di livello di danno globale. Il confronto, inoltre, viene effettuato tenendo conto delle diverse tipologie di vincolo da cui gli edifici oggetto di analisi possono essere caratterizzati.

Nel prosieguo del capitolo il confronto viene condotto con riferimento ad un sotto campione di edifici CS e FCS per tener conto di diversi aspetti da considerare per rendere comparabili i dati: i) sono analizzati solo gli edifici in mura-

tura (tipologia costruttiva rappresentativa della maggior parte del costruito dei CS); dal campione di edifici CS sono esclusi quelli con esito di agibilità A (non presenti nel campione FCS); iii) dal campione CS sono esclusi gli edifici con esito di agibilità B-C con interventi di miglioramento sismico e gli edifici con esito E con interventi di rafforzamento locale in quanto non presenti nel campione di edifici esaminato per i centri storici; iv) dal campione CS<sub>USRC</sub> sono esclusi gli edifici appartenenti alle UMI pluri-esito e alle UMI costituite da edifici con tipologie di vincolo diverse (i costi infatti a livello di edificio per queste UMI non sono disponibili); si sottolinea, inoltre, che tale assunzione ha condotto ad una significativa riduzione del campione CS<sub>USRC</sub>, i cui aggregati sono caratterizzati da una maggioranza di UMI pluri-esito in quanto siti in un territorio estremamente vasto e con distanze anche rilevanti dall'epicentro.

Per i restanti edifici CS<sub>USRC</sub> afferenti alle UMI mono-esito e costituite da edifici con la medesima tipologia di vincolo, il costo unitario per edificio è stato ottenuto ripartendo il costo unitario in €/m<sup>2</sup> della j-esima UMI in proporzione alla superficie dell'i-esimo edificio afferente all j-esima UMI.

A fronte di tali assunzioni il confronto viene eseguito con riferimento a 3.377 edifici di cui 1.229 ubicati FCS, 1.597 ubicati nei CS<sub>USRA</sub> e 551 nei CS<sub>USRC</sub>.

Entrambe le procedure parametriche adottate per la ricostruzione dei CS<sub>USRA</sub> e dei CS<sub>USRC</sub> hanno previsto la copertura economica non solo dei costi per gli interventi di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici danneggiati dal sisma, ma anche dei costi per gli interventi necessari a preservare il valore del patrimonio culturale e architettonico degli edifici dei CS. Ciò ha comportato un aumento anche significativo dei contributi ammessi a finanziamento per edifici con caratteri di pregio storico-artistico (DCR n. 45/2011), con attestazione di particolare interesse paesaggistico (L. 77/2009 Art. 14 co. 5 bis) o con vincolo diretto ai sensi del d.lgs. del 22 gennaio 2004, n. 42 rispetto a quelli ammessi a finanziamento per gli edifici cosiddetti “non di pregio”. È utile specificare che con la denominazione “non di pregio” non viene identificata una particolare categoria a sé stante di edifici. Con tale denominazione sono ricompresi gli edifici per i quali non sussistono elementi che hanno dato luogo a maggiorazioni al contributo per caratteristiche di pregio a valenza strutturale. A tal proposito si ricorda infatti che per la normativa predisposta dall'Ufficio Speciale per il Cratere ogni edificio non vincolato che esibisca una delle caratteristiche di pregio stabilite (presenza di volte, cornici, ecc.) può richiedere la maggiorazione senza alcuna preliminare attestazione formale di valenza per l'edificio (come accade invece per gli edifici di “particolare interesse paesaggistico”).

Considerando che gli edifici FCS per lo più non presentano tipicamente elementi o caratteristiche di pregio, si è ritenuto indispensabile effettuare i confronti

in termini economici tra FCS e CS suddividendo il campione in funzione della tipologia di vincolo. Sarebbe interessante anche effettuare un confronto in termini economici tra edifici vincoli ubicati nei CS e quelli ubicati FCS ma purtroppo per questi ultimi i datiriguardano un campione limitato e i relativi dati economici non sono disponibili. In Tabella 7.1, pertanto, si riportano il numero di edifici, il contributo totale ammesso a finanziamento e la superficie media degli edifici in funzione dell'ubicazione del campione di edifici in esame e della tipologia di vincolo.

Tabella 7.1. Edifici oggetto di confronto dei costi unitari.

Ubicazione	Tipologia di edificio	Numero di edifici	Contributo totale [M€]	Superficie media $S_C$ [m <sup>2</sup> ]
1.597 edifici CS <sub>USRA</sub>	Non di pregio	261	65,20	264,46
	Con elementi di pregio storico-artistico	814	371,82	375,62
	Interesse paesaggistico	344	452,75	636,25
	Vincolo Diretto	178	596,69	1040,72
551 edifici CS <sub>USRC</sub>	Non di pregio	32	11,62	313,97
	Con elementi di pregio storico-artistico	494	195,39	348,51
	Interesse paesaggistico	-	-	-
	Vincolo Diretto	25	38,79	845,24
1.229 edifici FCS	Non di pregio	1.229	310,09	457,72
	Con elementi di pregio storico-artistico	-	-	-
	Interesse paesaggistico	-	-	-
	Vincolo Diretto	-	-	-

## 7.2. Caratteristiche costruttive

In questo paragrafo sono presentate le distribuzioni degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, e dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS, del campione in funzione delle principali caratteristiche costruttive degli edifici.

Nella Figura 7.1 è rappresentata la distribuzione degli edifici per tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, (a), nei CS<sub>USRC</sub> (b) e FCS (c) in relazione al numero di piani fuori terra. Il numero di edifici con numero di piani maggiore di 4 è in

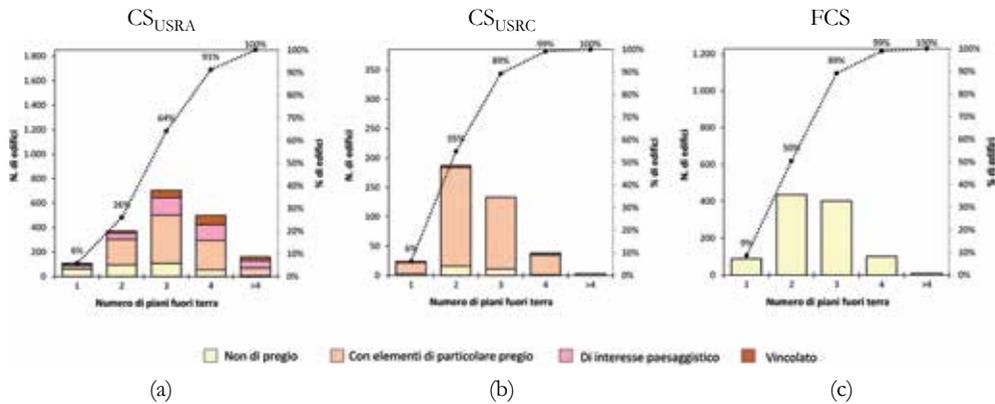


Figura 7.1. Distribuzione del numero di piani fuori terra degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

Tabella 7.2. Distribuzione numero di piani fuori terra degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

	Numero di piani fuori terra														
	$CS_{USRA}$					$CS_{USRC}$					FCS				
Tipologia di vincolo	1	2	3	4	>4	1	2	3	4	>4	1	2	3	4	>4
Non di pregio	61	96	107	56	5	3	16	11	1	-	89	436	402	102	11
Con elementi di pregio storico-artistico	25	209	395	239	67	19	168	122	34	3	-	-	-	-	-
Interesse paesaggistico	15	50	141	130	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vincolo Diretto	6	17	60	74	30	2	3	-	3	-	-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>107</b>	<b>372</b>	<b>703</b>	<b>499</b>	<b>160</b>	<b>24</b>	<b>187</b>	<b>133</b>	<b>38</b>	<b>3</b>	<b>89</b>	<b>436</b>	<b>402</b>	<b>102</b>	<b>11</b>

ogni caso esiguo, pertanto, nel grafico sono raggruppati gli edifici con numero di piani >4. In Tabella 7.2 è riportato il numero di edifici per ciascuna classe di numeri di piano in funzione dell'ubicazione e della tipologia costruttiva. Il totale degli edifici è inferiore al campione di edifici oggetto di analisi in quanto il dato non è sempre disponibile.

Nella Figura 7.2 è rappresentata la distribuzione degli edifici per tipologia di vincolo ubicati nei  $CS_{USRA}$ , (a), nei  $CS_{USRC}$  (b) e FCS (c) in relazione all'epoca di costruzione. Il numero di edifici costruito dopo il 1961 è esiguo per entrambi

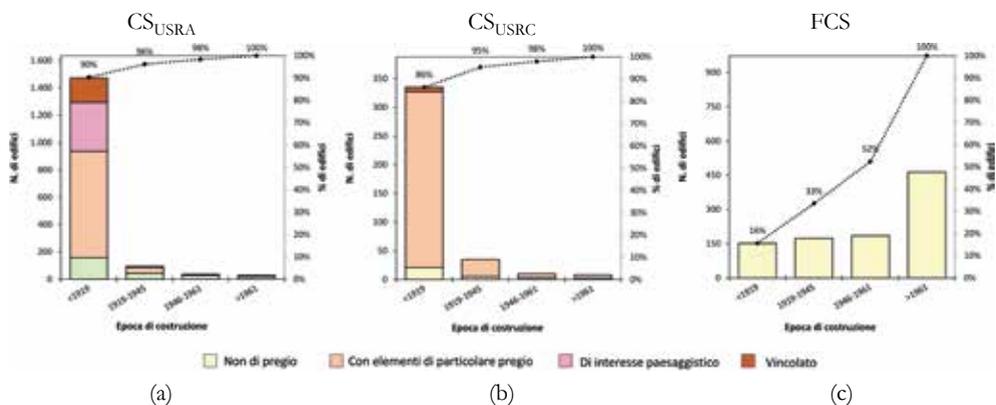


Figura 7.2. Distribuzione epoca di costruzione degli edifici degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

Tabella 7.3. Distribuzione epoca di costruzione degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

Tipologia di vincolo	Epoca di costruzione											
	CS <sub>USRA</sub>				CS <sub>USRC</sub>				FCS			
	<1919	1919-1945	1946-1961	>1961	<1919	1919-1945	1946-1961	>1961	<1919	1919-1945	1946-1961	>1961
Non di pregio	158	43	27	20	21	5	3	2	152	173	185	463
Con elementi di pregio storico-artistico	788	42	6	3	306	30	7	6	-	-	-	-
Di interesse paesaggistico	358	9	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Vincolo Diretto	179	1	-	2	8	-	-	-	-	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>1473</b>	<b>95</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>335</b>	<b>35</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>152</b>	<b>172</b>	<b>185</b>	<b>463</b>

i campioni; quindi, nel grafico sono raggruppati gli edifici con epoca di costruzione >1961. Dal grafico in Figura 7.2 si rileva una differenza sostanziale tra gli edifici ubicati in FCS (c) e quelli ubicati nei CS del comune di L'Aquila (a) e dei comuni minori del cratere (b). Gli edifici FCS presentano una quota rilevante di edifici (il 77% del campione) edificata dopo il 1945, mentre nei CS<sub>USRA</sub> e CS<sub>USRC</sub> tale quota scende rispettivamente al 4% (a) e al 5% (b) degli edifici del campione.

In Tabella 7.3 è riportato il numero di edifici per ciascuna classe di epoca di costruzione in funzione dell'ubicazione e della tipologia costruttiva.

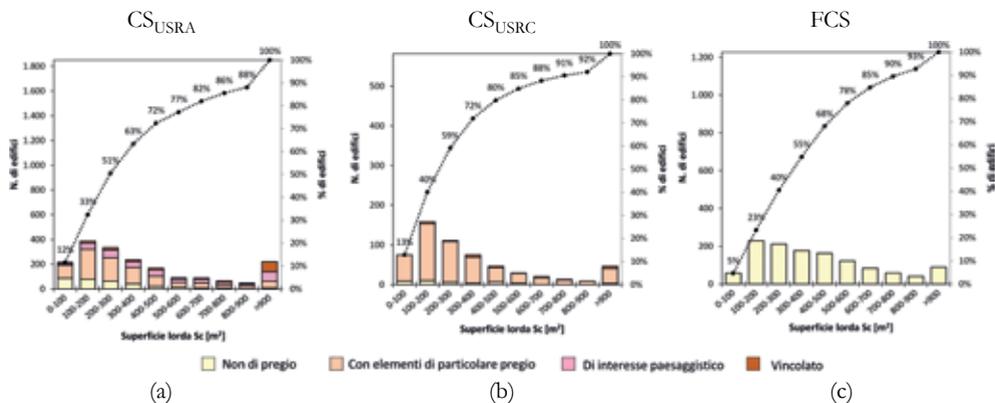


Figura 7.3. Distribuzione della superficie lorda edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

Infine, in Figura 7.3 è rappresentata la distribuzione degli edifici per tipologia di vincolo ubicati nei  $CS_{USRA}$ , (a), nei  $CS_{USRC}$  (b) e FCS (c) in funzione della superficie lorda complessiva,  $S_C$ . Dai grafici emerge la presenza di un maggior numero di edifici con  $S_C < 100$  m<sup>2</sup> nei centri storici rispetto a fuori centro storico. Inoltre, si riscontra un maggior numero di edifici per i  $CS_{USRA}$  con superficie  $> 900$  m<sup>2</sup>. Il valore medio della  $S_C$  in funzione dell'ubicazione e della tipologia costruttiva è riportato nella Tabella 7.1.

### 7.3. Esito di agibilità e livello di danno

Il campione in esame è costituito da 810 edifici con esito di agibilità B-C e 2.567 edifici con esito E. Ai fini della progettazione degli interventi il campione è stato suddiviso in tre categorie di intervento: B-C con interventi di riparazione e rafforzamento locale, E con interventi di miglioramento sismico, ed E con interventi di demolizione e ricostruzione,  $E_{dem}$ . La distribuzione degli edifici in funzione della categoria di intervento e dell'ubicazione è riportata in Tabella 7.4. Si osservi che la possibilità di eseguire interventi di rafforzamento locale è consentita solo per gli edifici con esito di agibilità B-C ubicati FCS e nei centri storici dei comuni minori del cratere; nei centri storici della città di L'Aquila invece è richiesta la realizzazione di interventi di miglioramento sismico anche per gli esiti di agibilità B-C; pertanto non risultano edifici nella classe di intervento B-C con interventi di riparazione e rafforzamento locale per gli edifici ubicati nei  $CS_{USRA}$ .

Tabella 7.4. Distribuzione degli edifici nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS.

Esito di agibilità	Categoria di intervento	Ubicazione	N. di edifici
B-C	Rip. e raff. locale	$CS_{USRA}$	-
		$CS_{USRC}$	32
		FCS	778
		Totale	810
E	Rip. e migl. sismico	$CS_{USRA}$	1.345
		$CS_{USRC}$	456
		FCS	277
		Totale	2078
	Demolizione e ricostruzione	$CS_{USRA}$	252
		$CS_{USRC}$	63
		FCS	174
		Totale	489

In termini di danneggiamento, DS, valutato mediante la metrica di conversione del danno alle componenti strutturali in danno globale dell'edificio riportata [Rota et al., 2008] ed introdotta al capitolo 4, dai grafici riportati in Figura 7.4 si riscontra un livello di danno molto più rilevante per gli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila (a) e degli altri comuni del cratere (b), rispetto agli edifici ubicati fuori dai centri storici (c).

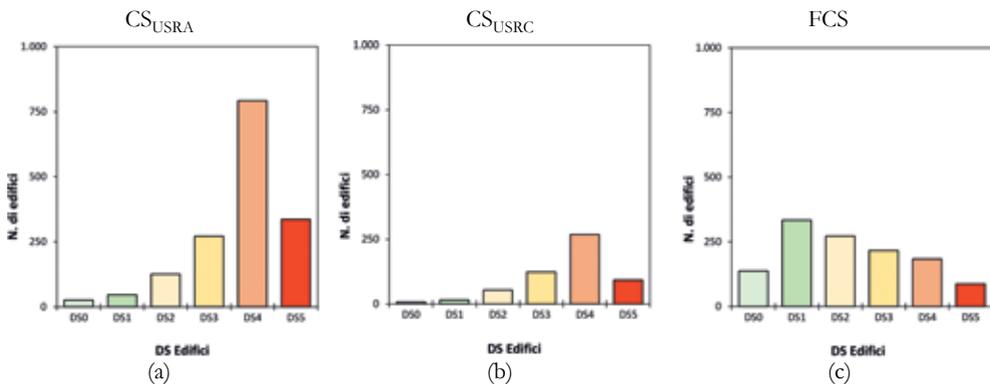


Figura 7.4. Numero di edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c), e per ciascun DS definito in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008].

Analoghe distribuzioni si riscontrano utilizzando la metrica di conversione del danno riportata in [Dolce et al., 2019], come si evince da Figura 7.5, anche se le differenze di danneggiamento degli edifici FCS e CS sono più evidenti quando si fa riferimento alla metrica [Rota et al., 2008] (che tiene conto anche di altre componenti strutturali oltre che delle strutture verticali).

In Figura 7.6, inoltre, sono riportate la distribuzione percentuale di ciascun DS, valutati con entrambe le metriche, per i tre campioni analizzati.

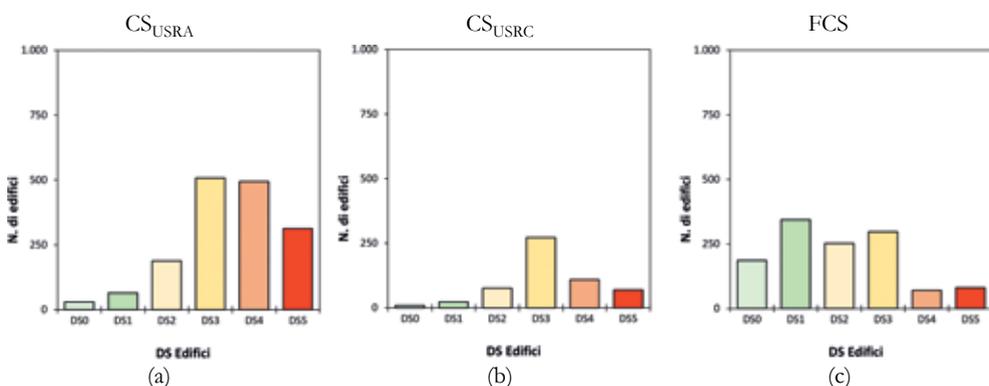


Figura 7.5. Numero di edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c), e per ciascun DS definito in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019].

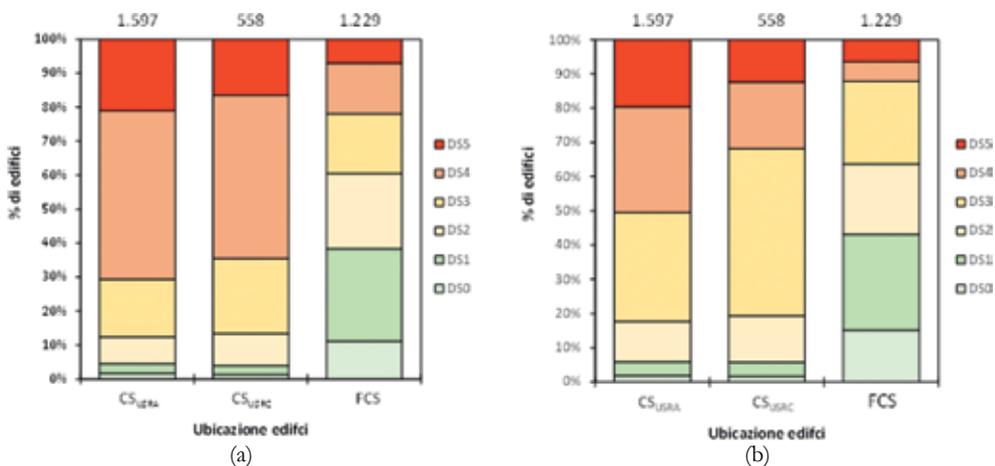


Figura 7.6. Distribuzione percentuale per ciascun DS definito in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS.

In Tabella 7.5 sono riportate le percentuali di edifici ricadenti in ciascuna classe di danno DS valutate rispetto al totale di edifici ubicati nei  $CS_{USRA}$  o nei  $CS_{USRC}$  o FCS con il medesimo esito di agibilità. La percentuale di DS riportata per le categorie di intervento è valutata rispetto al totale di edifici con esito E ubicati nei  $CS_{USRA}$  o nei  $CS_{USRC}$  o FCS. Gli edifici con esito di agibilità B-C ricadono per lo più nelle classi di danno DS1 o DS2 (i.e. 19% e 63% per gli edifici nei  $CS_{USRC}$ ; e 42% e 29% per gli edifici FCS). Si può notare tuttavia che nel passaggio da CS a FCS, a parità di esito B-C, si ha una netta prevalenza di DS2 rispetto al DS1. Nel caso di edifici con esito E, le classi di danno più popolate risultano le DS3 e DS4; tuttavia, anche in questo caso vi è una significativa differenza, a parità di esito, tra le percentuali di edifici afferenti ai due DS in funzione dell'ubicazione degli edifici, all'interno dei centri storici di L'Aquila degli altri comuni e fuori i centri storici. In particolare, si riscontra una presenza di DS4, 49% degli edifici, nel caso di edifici ubicati nel  $CS_{USRA}$  ed una presenza di DS3, 52%, per gli edifici ubicati nei  $CS_{USRC}$ . Nel caso di edifici ubicati fuori i centri storici si ha una percentuale simile di edifici con DS3 e con DS4 pari a 32% e 35%, rispettivamente.

Tabella 7.5. Distribuzione degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c) per ciascun DS valutato secondo la metrica riportata in [Rota et al., 2008] a parità di esito di agibilità.

Stati di danno	Esito B-C			Esito E		
	$CS_{USRA}$	$CS_{USRC}$	FCS	$CS_{USRA}$	$CS_{USRC}$	FCS
<b>DS0</b>	-	16%	17%	2%	0%	1%
<b>DS1</b>	-	19%	42%	3%	3%	3%
<b>DS2</b>	-	62%	29%	8%	11%	10%
<b>DS3</b>	-	3%	9%	17%	52%	32%
<b>DS4</b>	-	0%	3%	49%	21%	35%
<b>DS5</b>	-	0%	0%	21%	13%	19%

In Tabella 7.6 si riporta, inoltre, un approfondimento relativo della percentuale di edifici ricadenti in diversi DS nel caso di edifici con esito di agibilità E. In particolare, tale campione di edifici viene suddiviso in due sotto-campioni: edifici con esito E con interventi di riparazione e miglioramento sismico (1.345 edifici ubicati nei  $CS_{USRA}$ , 456 edifici ubicati nei  $CS_{USRC}$  e 277 edifici ubicati FCS); edifici con esito E con interventi di demolizione e ricostruzione (252 edifici ubicati nei  $CS_{USRA}$ , 63 edifici ubicati nei  $CS_{USRC}$  e 174 edifici ubicati FCS).

Tabella 7.6. Distribuzione degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c) per ciascun DS valutato secondo la metrica riportata in [Rota et al., 2008] a parità di esito di agibilità E e della categoria di intervento.

	Esito E					
	Riparazione e miglioramento sismico			Demolizione e ricostruzione		
Stati di danno	$CS_{USRA}$	$CS_{USRC}$	FCS	$CS_{USRA}$	$CS_{USRC}$	FCS
<b>DS0</b>	1%	0%	2%	2%	0%	0%
<b>DS1</b>	3%	3%	4%	0%	0%	0%
<b>DS2</b>	9%	12%	12%	0%	4%	6%
<b>DS3</b>	20%	57%	36%	3%	17%	27%
<b>DS4</b>	55%	20%	34%	21%	30%	36%
<b>DS5</b>	12%	8%	12%	74%	49%	31%

La Tabella 7.7 mostra, come nel caso precedente, una prevalenza di edifici con DS3 e DS4 in caso di interventi di riparazione e miglioramento sismico (con analoghe fluttuazioni percentuali tra  $CS_{USRA}$ ,  $CS_{USRC}$  e FCS). Per quanto riguarda gli edifici sottoposti ad interventi di demolizione e ricostruzione, si riscontra una maggiore presenza di edifici con DS5 per quelli ubicati nei centri storici centri storici di L'Aquila ( $CS_{USRA}$ ) e nei centri storici dei comuni minori del cratere ( $CS_{USRC}$ ), mentre per quanto riguarda gli edifici fuori i centri storici vi è una maggiore presenza di edifici con DS4 e DS5.

#### 7.4. Analisi dei costi per categoria di intervento

Di seguito si procede all'analisi dei costi di intervento sugli edifici danneggiati dal sisma. Come specificato nel capitolo 6, i costi qui discussi sono stati analizzati con riferimento a 6 voci di costo unitario introdotte nel § 6.2, e richiamate nel seguito:

- 1) costo di riparazione del danno e rafforzamento locale o miglioramento sismico;
- 2) costo per la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli elementi di pregio;
- 3) costo per le prove geotecniche e strutturali;
- 4) costo per l'adeguamento impiantistico e per l'efficientamento energetico;
- 5) costo per ulteriori lavorazioni;
- 6) costo per il recupero dei contenuti storico artistici presenti negli immobili.

Il valore del costo medio di riparazione del danno e rafforzamento locale o miglioramento sismico (voce di costo 1) per ciascuna classe di ricostruzione (B-C con riparazione e rafforzamento locale, E con riparazione e miglioramento sismico, E con demolizione e ricostruzione) è riportato nei grafici di Figura 7.7 per gli edifici dei centri storici di L'Aquila  $CS_{USRA}$  (a) degli altri comuni  $CS_{USRC}$  (b) e per edifici fuori centro storico, FCS (c).

Dai grafici si osserva che i costi medi per la riparazione e rafforzamento locale degli edifici in classe B-C ubicati nei centri storici degli altri comuni,  $CS_{USRC}$  (Figura 7.7b) e al di fuori dei centri storici, FCS (Figura 7.7c) sono paragonabili (301 €/m<sup>2</sup> vs 253,2 €/m<sup>2</sup>). Si riscontra un incremento del costo medio per il costruito dei centri storici del 18% rispetto al costo medio valutato sul campione di edifici FCS.

Per quanto concerne gli edifici E con riparazione e miglioramento sismico si osserva che mediamente i costi d'intervento degli edifici nei centri storici della città di L'Aquila (a) sono risultati maggiori sia rispetto a quelli dei  $CS_{USRC}$  (b) che quelli FCS (c); in particolare, nei  $CS_{USRA}$  il costo degli edifici oggetto di riparazione e miglioramento sismico è risultato maggiore del +59% rispetto agli edifici FCS e +13% rispetto agli edifici dei  $CS_{USRC}$ . Questi ultimi a loro volta presentano un costo unitario totale medio maggiore del 40% rispetto agli edifici FCS.

Infine, si osserva che per gli edifici E con interventi di demolizione e ricostruzione, il costo medio d'intervento negli edifici ubicati nei centri storici degli altri comuni è risultato leggermente inferiore (-20%) a quello degli equivalenti edifici

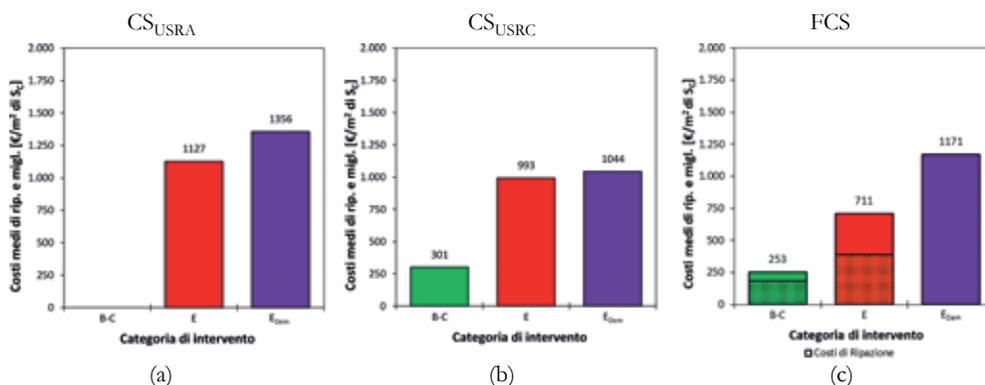


Figura 7.7. Distribuzione dei costi medi riparazione e rafforzamento sismico in funzione della categoria di intervento degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , (a), nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , (b) e al di fuori dei centri storici, FCS (c).

ubicati FCS in quanto nel primo caso sono ricompresi nel contributo parametrico calcolato e non costituiscono quindi un costo aggiuntivo.

I valori medi delle 6 voci di costo che concorrono alla determinazione del costo unitario totale medio sono riportati in Tabella 7.7 in funzione dell'ubicazione e per ciascuna tipologia di intervento. Dalla Tabella 7.7 emerge che anche considerando i soli costi di riparazione e rafforzamento locale o miglioramento sismico (voce 1) si riscontrano dei costi unitari per gli edifici in classe B-C ed E dei centri storici più elevati rispetto a quelli fuori ai centri storici probabilmente legati alle specificità del costruito dei centri storici, nonché a difficoltà di cantierizzazione. Al fine di indagare questi aspetti nei paragrafi successivi si riporta per gli edifici in classe di ricostruzione B-C ed E con interventi di riparazione e miglioramento sismico un'analisi della voce di costo 1 in funzione della tipologia di vincolo presente sull'edificio.

Tabella 7.7. Costi unitari medi in funzione della categoria di intervento degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS.

	Esito di agibilità	Categoria di intervento	N. ed	VOCI DI COSTO [€/m <sup>2</sup> ]						
				Totale	1	2	3	4	5	6
$CS_{USRA}$	BC	Rip. e raff. locale	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	Rip. e migl. sismico	1.345	1.627,93	1127,29	401,30	15,69	69,41	14,24	15,15
		Demolizione e ricostruzione	252	1.347,67	-	-	-	-	-	-
$CS_{USRC}$	BC	Rip. e raff. locale	32	368,18	301,17	46,83	-	14,17	6,01	-
	E	Rip. e migl. sismico	456	1244,14	992,87	162,43	10,78	64,18	13,88	-
		Demolizione e ricostruzione	63	1.043,54	-	-	-	-	-	-
FCS	BC	Rip. e raff. locale	777	253,31	253,31	-	-	-	-	-
	E	Rip. e migl. sismico	277	781,60	711,02	-	10,28	60,29	-	-
		Demolizione e ricostruzione	174	1.170,9	-	-	-	-	-	-

1 = Costo medio riparazione e rafforzamento. 2 = Costo medio interventi su elementi di pregio. 3 = Costo medio prove geotecniche e strutturali. 4 = Costo medio per ad. Impiantistico ed eff. energetico. 5 = Costi medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medio per beni e contenuti storico-artistici.

#### 7.4.1. Edifici B-C (interventi di riparazione e rafforzamento locale)

Il campione di 810 edifici con esito di agibilità B-C è costituito da

- 32 Edifici  $CS_{USRC}$ :
- 4 edifici non di pregio;

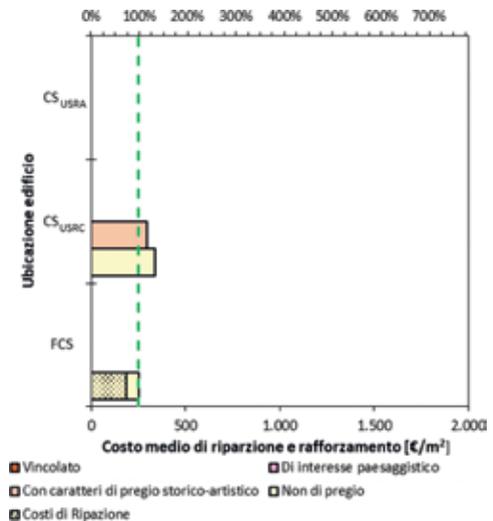
28 edifici con caratteri di pregio storico-artistico.

– **778 Edifici FCS:**

778 edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento locale (voce di costo 1) degli edifici non di pregio e con caratteri di pregio storico-artistico ubicati nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati nel grafico di Figura 7.8 insieme ad una tabella di sintesi con alcuni parametri statistici rilevanti. Per il modello analitico sono disponibili separatamente i costi di riparazione e di rafforzamento locale. Pertanto, in Figura 7.8

Figura 7.8. Costi medi unitari di riparazione e rafforzamento locale in funzione della tipologia di vincolo degli edifici ubicati nei centri storici degli altri comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS.



Statistica descrittiva	Tipologia di edificio		
	Non di pregio		Con elementi di particolare pregio
	CS <sub>USRC</sub>	FCS	CS <sub>USRC</sub>
N° Edifici	4	778	28
Media [€/m <sup>2</sup> ]	340,3	253,3	295,6
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	344,0	232,8	294,5
f[16%]	302,4	112,7	218,0
f[84%]	377,9	391,8	409,3
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	49,5	144,6	93,7
CoV [%]	15	0,57	32
Totale contributo [M€]	0,38	66,907	2,50
Contributo Medio [€]	95.357,7	85998,3	89.425,2
Sup. Media S <sub>C</sub> [m <sup>2</sup> ]	282,3	381,4	305,8

il costo medio relativo agli edifici FCS presenta una barra con due colori rappresentativi rispettivamente del costo medio di riparazione (pari a 186,03 €/m<sup>2</sup>) e del costo medio unitario di riparazione e rafforzamento locale (pari a 253,3 €/m<sup>2</sup>). La linea tratteggiata verde riportata in Figura 7.8 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento locale che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS. Per agevolare il lettore nella valutazione del rapporto percentuale tra il costo medio unitario di riparazione e rafforzamento locale degli edifici nei CS e quello FCS è stato inoltre inserito un asse orizzontale secondario con valori percentuali. Indicando con 100% il costo medio unitario rilasciato FCS.

Rapportando il costo unitario di riparazione e rafforzamento locale rilasciato mediamente per gli edifici dei CS<sub>USRC</sub> al costo medio unitario di riparazione e rafforzamento locale rilasciato per gli edifici FCS si registra sempre un incremento dei costi pari a:

- +34% per gli edifici non di pregio dei CS<sub>USRC</sub>;
  - +16% per gli edifici con caratteri di pregio storico-artistico dei CS<sub>USRC</sub>.
- Si osserva che i confronti per il campione CS<sub>USRC</sub> potrebbero essere affetti dalla poca significatività del campione analizzato.

#### 7.4.2. Edifici E (riparazione e miglioramento sismico)

Il campione di 2.078 edifici con esito di agibilità E con interventi di riparazione e miglioramento sismico è costituito da:

- **1.345 Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 217 edifici non di pregio;
  - 640 edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 316 edifici di interesse paesaggistico;
  - 172 edifici con vincolo diretto.
- **456 Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 8 edifici non di pregio;
  - 423 edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 25 edifici con vincolo diretto.
- **277 Edifici FCS:**
  - 277 edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e miglioramento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRC</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati nel grafico di Figura 7.9. In Tabella 7.8 si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata. Per il modello analiti-

Figura 7.9. Costi medi di riparazione e miglioramento sismico in funzione della tipologia di vincolo degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, degli altri comuni minori del cratere CS<sub>USRC</sub> e al di fuori dei centri storici, FCS.

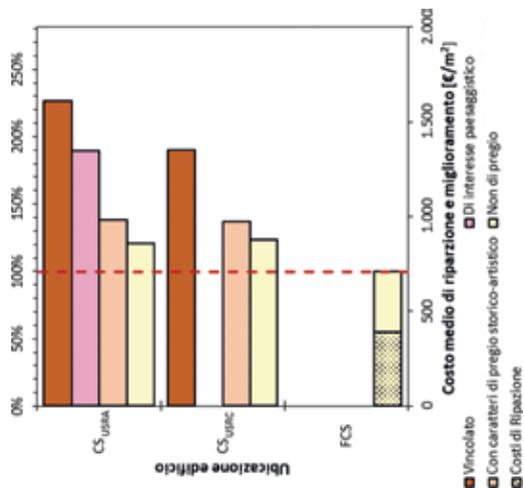


Tabella 7.8. Costi medi di riparazione e miglioramento sismico in funzione della tipologia di vincolo degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici degli altri comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio											
	Non di pregio			Con elementi di particolare pregio			Di interesse paesaggistico			Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	217	8	277	640	423	-	316	-	-	172	25	-
Media [€/m²]	<b>856,9</b>	<b>877,6</b>	<b>711,0</b>	<b>981,3</b>	<b>973,7</b>	-	<b>1346,1</b>	-	-	<b>1609,8</b>	<b>1354,3</b>	-
Mediana [€/m²]	802,1	890,0	712,5	947,4	903,7	-	1345,3	-	-	1607,1	1358,3	-
f[16%]	576,5	731,9	527,9	733,5	713,1	-	1042,8	-	-	1305,5	1020,6	-
f[84%]	1038,0	946,7	910,7	1197,4	1077,1	-	1624,9	-	-	1888,0	1816,0	-
Dev. St [€/m²]	421,1	145,2	189,4	333,4	905,6	-	340,2	-	-	291,5	349,2	-
Co V [%]	49	17	27	34	93	-	25	-	-	18	26	-
Totale Contributo [M€]	40,46	2,73	121,33	212,90	167,47	-	274,00	-	-	291,36	38,78	-
Contributo Medio [€]	186451,6	341472,1	438030,0	332650,5	395927,3	-	867075,0	-	-	1693972,1	1.551.519,2	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m²]	231,1	367,7	620,6	349,2	329,6	-	645,6	-	-	1050,5	845,2	-

co sono disponibili separatamente i costi di riparazione e di rafforzamento locale. Pertanto, in Figura 7.9 il costo medio relativo agli edifici FCS presenta una barra con due colori (beige e beige puntinato) rappresentativi rispettivamente del costo unitario medio di riparazione (pari a 391 €/m<sup>2</sup>) e del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico (pari a 711 €/m<sup>2</sup>). In corrispondenza di quest'ultimo costo unitario, nel grafico sopra richiamato, è tracciata una linea tratteggiata rossa corrispondente al valore 100% sull'asse orizzontale secondario, sul quale sono indicati i valori percentuali.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.9.

Tabella 7.9. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	$\Delta\%,CS_{USRA}$	$\Delta\%,CS_{USRC}$
<b>Edifici non di pregio</b>	+20%	+23%
<b>Pregio storico-artistico</b>	+38%	+37%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+89%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+126%	+90%

Gli incrementi evidenziati sono in parte ascrivibili al maggior danneggiamento degli edifici dei centri storici rispetto a quelli ubicati nelle periferie e in parte ad altri fattori, particolarmente rilevanti negli edifici soggetti a vincoli quali ad esempio:

- gli edifici storici, al contrario degli edifici sorti nelle periferie a partire dal secondo dopoguerra, tipicamente presentano irregolarità planivolumetriche e nella disposizione degli elementi strutturali dovute alle modalità di accrescimento della fabbrica e ai successivi rimaneggiamenti avvenuti nel corso del tempo;
- l'assenza di qualsiasi norma di riferimento per gli edifici realizzati prima degli anni '20 del secolo scorso, tipicamente comporta la presenza di vulnerabilità specifiche, che rendono più complicata e quindi più costosa l'esecuzione degli interventi, anche di sola riparazione, rispetto agli edifici realizzati successivamente;
- la cantierizzazione degli interventi nei centri storici può essere molto più difficile rispetto a quanto accade nelle periferie, sia per i minori spazi a disposizione, sia per le interferenze che si creano tra cantieri vicini, sia per i maggiori costi legati alla necessità di mantenere aperte le strade. Nel caso specifico di

L'Aquila, si segnalano, a titolo di esempio, le difficoltà collegate ai cantieri dei sottoservizi, che hanno interessato la gran parte del centro storico in concomitanza con i cantieri della ricostruzione, e alla scelta operata di cantierizzare prioritariamente gli edifici del cosiddetto "Asse centrale", l'arteria Nord-Sud che attraversa tutto il centro storico del capoluogo, determinando una particolare concentrazione di cantieri immediatamente adiacenti ad attività e aree già usufruibili;

- i piani regolatori o i piani di ricostruzione adottati a seguito del sisma generalmente prevedono prescrizioni specifiche per gli edifici ubicati nei centri storici, volte a preservare il costruito, valide a prescindere dai contributi concessi per la ricostruzione;
- gli interventi attuabili negli edifici sottoposti a vincoli diretti o indiretti devono rispettare le prescrizioni imposte dalle Soprintendenze del Ministero della Cultura, correlate alla tutela dei beni; in genere tali prescrizioni limitano fortemente l'utilizzo di materiali e tecnologie d'intervento e quindi generalmente determinano un aggravio dei costi d'intervento, a parità di lavorazioni da eseguire;
- gli edifici con vincolo diretto o con vincolo paesaggistico, ubicati in massima parte nel centro storico del capoluogo della città di L'Aquila, presenta-

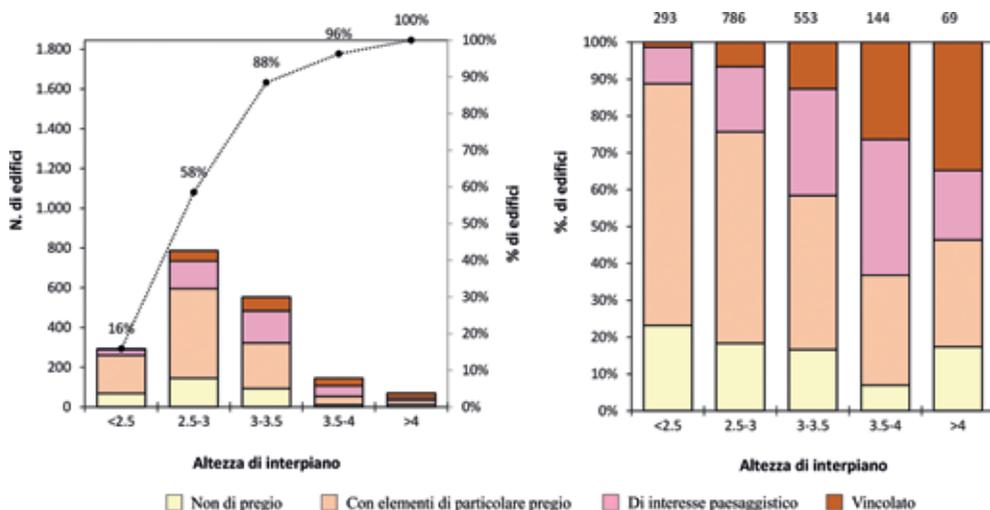


Figura 7.10. Distribuzione delle altezze d'interpiano per gli edifici del centro storico di L'Aquila in funzione della tipologia di edificio.

no tipicamente i caratteri tipologici del “palazzo”, ovvero sono caratterizzati mediamente da dimensioni in pianta e altezze d’interpiano più elevate rispetto all’edilizia di carattere minore. La maggiore altezza d’interpiano comporta maggiori costi d’intervento a parità di superficie in pianta, in quanto il volume su cui intervenire risulta maggiore; a tal proposito si consideri che il 70% degli edifici non di pregio di L’Aquila presenta un’altezza d’interpiano fino a 3,00 metri, tipica dell’edilizia minore (circa 280 cm di interpiano netto, oltre solai di spessore pari a circa 20 cm), rispetto al 45% degli edifici sottoposti a vincolo paesaggistico e al 32% degli edifici con vincolo diretto (Figura 7.10). Anche la presenza di solai voltati di notevole luce e complessità realizzativa più elevata tipicamente comporta costi d’intervento più elevati rispetto a solai di luce e modalità realizzative tipiche dell’edilizia minore.

Si segnala infine l’elevata variabilità dei costi riportati nel § 7.8 (come chiaramente espresso dai valori di CoV), oltre che per gli edifici delle periferie, anche per gli edifici ubicati nei centri storici.

## 7.5. Analisi costi d’intervento in funzione del livello di danno

In questo paragrafo si presenta l’analisi dei costi d’intervento in relazione al livello di danneggiamento, DS, valutato in accordo alla metrica proposta in [Rota et al., 2008] e in [Dolce et al., 2019].

I valori medi delle 6 voci di costo che concorrono alla determinazione del costo unitario totale medio in funzione dell’ubicazione e per ciascun DS valutato in accordo alle metriche riportate in [Rota et al., 2008] e in [Dolce et al., 2019] sono riportati in Tabella 7.10 e in Tabella 7.11.

Dalle tabelle emerge che il costo totale cresce al crescere del danno, a meno dei DS4 e DS5 per gli edifici dei CS<sub>USRC</sub> e DS5 per gli edifici dei CS<sub>USRA</sub>. Questo è dovuto al fatto che nei DS4 e DS5 ricadono per lo più edifici con interventi di demolizione e ricostruzione per i quali già in Tabella 7.7 si evincevano dei valori medi dei costi unitari totali più bassi rispetto agli edifici con interventi di riparazione e miglioramento sismico.

Il costo medio di riparazione del danno e rafforzamento locale o miglioramento sismico per ciascun DS valutato secondo la metrica riportata in [Rota et al., 2008] è rappresentato nei grafici di Figura 7.11 per gli edifici dei CS<sub>USRA</sub> (a) e dei CS<sub>USRC</sub> (b), e per gli edifici fuori i centri storici, FCS (c). Analogamente in Figura 7.12 si riportano i valori medi dei costi unitari per ciascun DS definito in accordo alla metrica [Dolce et al., 2019].

Tabella 7.10. Costi unitari medi in funzione degli stati di danno DS valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS.

	DS	N. Ed.	VOCI DI COSTO [€/M <sup>2</sup> ]						
			Totale	1	2	3	4	5	6
$CS_{USRA}$	0	26	1.214,09	894,37	135,44	35,51	135,64	0,00	13,13
	1	46	1.355,49	997,43	166,69	47,51	116,17	27,69	4,35
	2	126	1.312,43	1.008,81	202,34	17,60	75,04	6,72	1,92
	3	271	1.544,33	1.094,89	325,76	19,10	89,27	9,87	5,44
	4	792	1.723,38	1.160,74	456,43	11,45	58,56	14,81	21,39
	5	336	1.510,30	1.111,85	290,31	14,41	61,97	26,40	5,36
$CS_{USRC}$	0	7	331,62	247,25	66,73	2,28	15,35	0,00	-
	1	15	727,79	553,99	124,41	4,71	44,44	0,24	-
	2	53	771,99	646,35	70,40	5,69	40,61	8,94	-
	3	123	1.085,00	879,12	119,27	12,69	62,19	11,73	-
	4	268	1.313,57	1.056,98	166,38	10,31	65,35	14,55	-
	5	92	1.171,75	943,23	143,31	8,05	53,26	23,90	-
FCS	0	137	234,44	230,92	-	0,53	2,99	-	-
	1	334	263,10	260,27	-	0,34	2,48	-	-
	2	272	368,97	357,47	-	1,76	9,74	-	-
	3	216	699,42	656,08	-	7,90	35,44	-	-
	4	183	858,42	798,35	-	9,11	50,96	-	-
	5	87	1.026,00	972,09	-	9,75	44,16	-	-

1 = Costo medio riparazione e rafforzamento. 2 = Costo medio interventi su elementi di pregio. 3 = Costo medio prove geotecniche e strutturali. 4 = Costo medio per adeguamento energetico. 5 = Costi medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medio per beni e contenuti storico-artistico.

Dai grafici si osserva che i costi medi unitari di riparazione e retrofit sismico presentano una tendenza analoga ai costi medi unitari totali.

Confrontando i costi di ciascun DS degli edifici dei centri storici rispetto a quelli degli edifici FCS, a seconda delle due metriche utilizzate per la conversione del danno, si riscontra un incremento pari a:

Rota et al., 2008				Dolce et al., 2019			
$\Delta\%, CS_{USRA}$		$\Delta\%, CS_{USRC}$		$\Delta\%, CS_{USRA}$		$\Delta\%, CS_{USRC}$	
287%	DS0	7%	DS0	293%	DS0	28%	DS0
283%	DS1	113%	DS1	261%	DS1	131%	DS1
182%	DS2	81%	DS2	156%	DS2	76%	DS2
67%	DS3	34%	DS3	50%	DS3	49%	DS3
45%	DS4	32%	DS4	32%	DS4	0%	DS4
14%	DS5	-3%	DS5	16%	DS5	-3%	DS5

Tabella 7.11. Costi unitari medi in funzione degli stati di danno DS valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS.

	DS	N. Ed.	VOCI DI COSTO [€/M <sup>2</sup> ]						
			Totale	1	2	3	4	5	6
CS <sub>USRA</sub>	0	30	1.208,72	911,90	120,45	32,56	132,43	0,00	11,38
	1	65	1.327,69	979,03	178,03	37,99	103,38	22,72	6,54
	2	188	1.298,80	988,48	205,25	16,41	78,54	7,41	2,71
	3	507	1.493,28	1.059,96	320,70	15,87	78,82	9,70	8,22
	4	494	1.876,53	1.239,80	537,03	11,94	51,25	17,61	18,89
	5	313	1.595,99	1.147,49	326,98	12,56	60,64	28,44	19,87
CS <sub>USRC</sub>	0	9	377,37	296,55	65,97	2,14	12,71	0,00	-
	1	23	835,54	627,26	147,19	6,17	53,33	1,60	-
	2	76	817,45	678,45	72,16	8,80	48,04	10,00	-
	3	272	1.303,87	1.049,43	163,35	10,96	66,93	13,20	-
	4	109	1.169,06	938,32	143,50	10,10	60,59	16,54	-
	5	69	1.168,48	957,90	130,06	7,84	46,19	26,49	-
FCS	0	186	234,74	232,07	-	0,47	2,20	-	-
	1	344	275,96	271,04	-	0,48	3,44	-	-
	2	252	400,48	385,60	-	2,16	12,73	-	-
	3	297	754,96	705,16	-	8,56	42,81	-	-
	4	70	1.001,48	937,86	-	10,85	52,77	-	-
	5	80	1.043,46	989,78	-	9,87	43,82	-	-

1 = Costo medio riparazione e rafforzamento. 2 = Costo medio interventi su elementi di pregio. 3 = Costo medio prove geotecniche e strutturali. 4 = Costo medio per adeguamento energetico. 5 = Costi medio ulteriori lavorazioni. 6 = Costi medio per beni e contenuti storico-artistico.

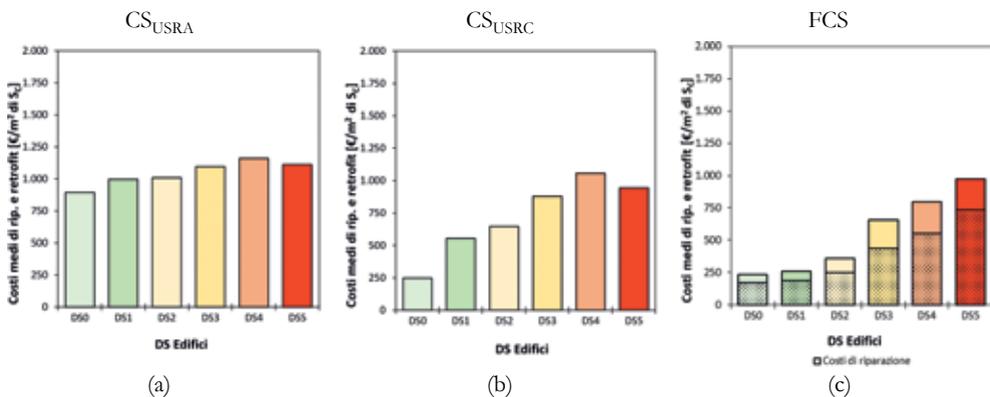


Figura 7.11. Costo medio di riparazione e miglioramento sismico in funzione del danno DS valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2019] degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS.

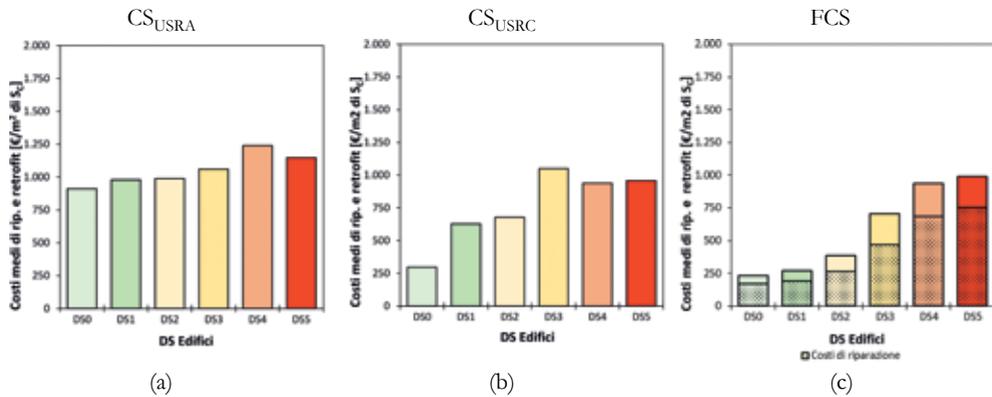


Figura 7.12. Costo medio di riparazione e miglioramento sismico in funzione del danno DS valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS.

I maggiori costi unitari degli edifici dei centri storici sono legati sia alle specificità del costruito sia a difficoltà di cantierizzazione. Al fine di indagare questi aspetti nei paragrafi successivi si riporta per ciascun DS un'analisi della voce di costo di riparazione e rafforzamento sismico in funzione della tipologia di vincolo presente sull'edificio.

In dettaglio, per ciascun DS si riportano il numero di edifici in esame in funzione dell'ubicazione e della tipologia di vincolo e i costi medi unitari di riparazione e retrofit sismico (voce di costo 1), sia in forma grafica che tabellare. In dettaglio nei grafici si riporta il valore medio unitario della voce 1. Per gli edifici FCS sono noti separatamente i costi di riparazione e di rafforzamento sismico; la prima aliquota è riportata con un tratteggio puntinato nei grafici.

Per agevolare il lettore nella valutazione del rapporto percentuale tra il costo medio unitario di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici nei CS e quello FCS è stato inoltre inserito un asse orizzontale secondario con valori percentuali. Il 100% rappresenta il caso in cui la voce media di costo 1 relativa agli edifici dei CS è proprio pari al costo medio unitario rilasciato FCS.

### 7.5.1. Edifici con DS0

Il campione di 170 (230) edifici con danno DS0 definito mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **26 (30) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 6 (9) edifici non di pregio;
  - 17 (18) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 1 (1) edifici di interesse paesaggistico;
  - 2 (2) edifici con vincolo diretto.
- **7 (9) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 7 (9) edifici con caratteri di pregio storico-artistico.
- **137 (186) Edifici FCS:**
  - 137 (186) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.13a (Figura 7.13b). In Tabella 7.12 (Tabella 7.13) si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per

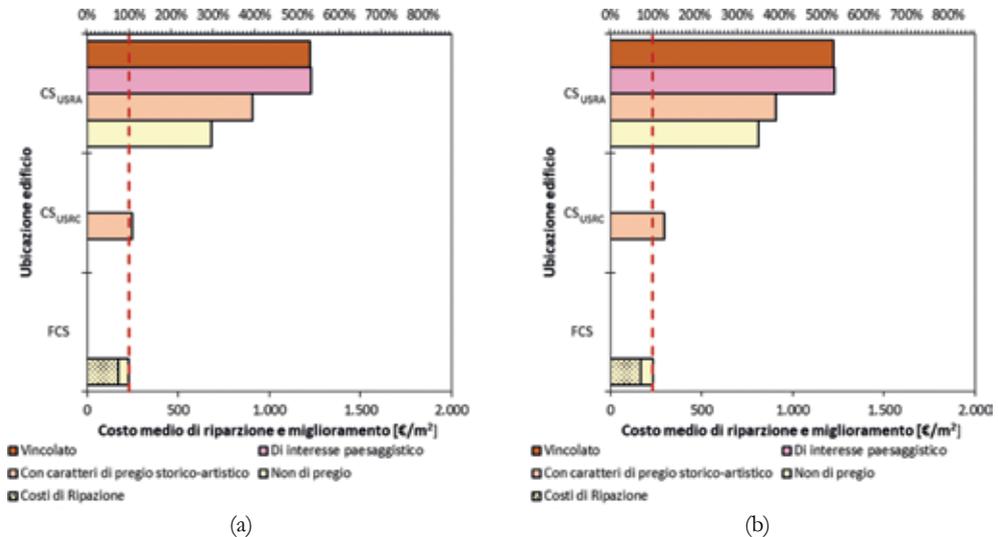


Figura 7.13. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS0 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

Tabella 7.12. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS0 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	6	-	137	17	7	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	684,8	-	230,9	909,4	247,3	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.226,5	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	669,0	-	187,5	642,3	271,7	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.226,5	-	-
f[16%]	430,0	-	82,3	479,3	91,8	-	-	1.231,0	-	-	-	-	995,2	-	-
f[84%]	931,7	-	381,5	1.286,3	368,2	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.457,9	-	-
Dev, St [€/m <sup>2</sup> ]	300,1	-	169,0	685,2	1.71,6	-	-	-	-	-	-	-	481,1	-	-
CoV [%]	44	-	73	75	69	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-
Totale Contributo [M€]	0,49	-	13,59	2,63	0,36	-	-	0,70	-	-	-	-	0,14	-	-
Contributo Medio [€]	81.668,8	-	99.198,7	154.733,6	51.389,1	-	-	69.6114,5	-	-	-	-	68.685,3	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	151,6	-	431,0	196,3	236,7	-	-	565,5	-	-	-	-	62,5	-	-

Tabella 7.13. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS0 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS		CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	9	-	186	18	9	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Media [€/m <sup>2</sup> ]	814,9	-	232,07	907,7	296,6	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.226,5	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	837,8	-	188,28	680,6	308,2	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.226,5	-	-
f[16%]	468,2	-	87,17	484,4	98,1	-	-	1.231,0	-	-	-	-	995,2	-	-
f[84%]	1.054,2	-	369,21	1.283,1	478,1	-	-	1.231,0	-	-	-	-	1.457,9	-	-
Dev, St [€/m <sup>2</sup> ]	347,9	-	162,96	664,7	195,3	-	-	-	-	-	-	-	481,1	-	-
CoV [%]	43	-	70	73	66	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-
Totale Contributo [M€]	1,05	-	17,41	2,78	0,58	-	-	0,70	-	-	-	-	0,14	-	-
Contributo Medio [€]	11.6475,9	-	93.617,54	15.4504,6	64.279,4	-	-	69.6114,5	-	-	-	-	68.685,3	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	166,4	-	406,05	194,9	238,0	-	-	565,5	-	-	-	-	62,5	-	-

il DS0. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.13 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari a 685 (815) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.14.

Tabella 7.14. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta_{\%,CS_{USRA}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRA}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$
<b>Edifici non di pregio</b>	+197%	-	+251%	-
<b>Pregio storico-artistico</b>	+294%	+7%	+291%	+28%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+433%	-	+430%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+431%	-	+428%	-

### 7.5.2. Edifici con DS1

Il campione di 395 (432) edifici con danno DS1 mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **46 (65) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 17 (22) edifici non di pregio;
  - 21 (32) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 5 (7) edifici di interesse paesaggistico;
  - 3 (4) edifici con vincolo diretto.
- **15 (23) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 2 (2) edifici non di pregio;
  - 13 (20) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 0 (1) edifici con vincolo diretto.
- **334 (344) Edifici FCS:**
  - 334 (344) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.14a (Figura 7.14b). In Tabella 7.15 (Tabella 7.16) si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per il DS1. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.14 rappresenta il costo unitario

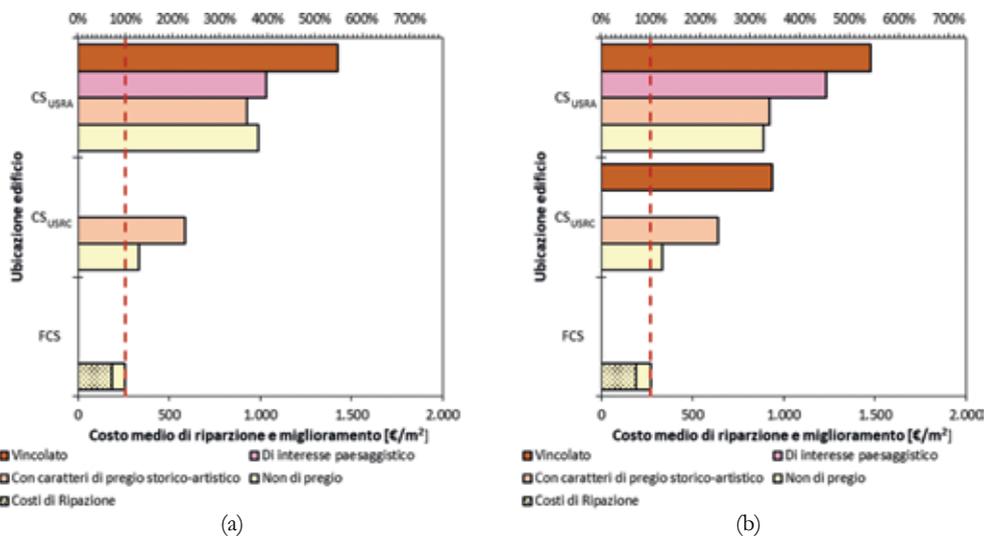


Figura 7.14. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS1 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari 998 (981) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.17.

Tabella 7.17. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta\%,CS_{USRA}$	$\Delta\%,CS_{USRC}$	$\Delta\%,CS_{USRA}$	$\Delta\%,CS_{USRC}$
<b>Edifici non di pregio</b>	+283%	+29%	+228%	+24%
<b>Pregio storico-artistico</b>	+256%	+126%	+239%	+136%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+297%	-	+353%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+447%	-	+443%	245%

Tabella 7.15. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS1 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	17	2	334	334	21	13	-	-	5	-	-	-	3	-	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	998,2	336,5	260,3	260,3	927,3	587,4	-	-	1.034,3	-	-	-	1.423,1	-	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	868,9	336,5	220,7	220,7	878,2	645,0	-	-	1.029,1	-	-	-	1.380,0	-	-	-
f[16%]	582,8	296,9	108,4	108,4	730,3	271,7	-	-	995,1	-	-	-	1.289,4	-	-	-
f[84%]	1.276,5	376,2	410,7	410,7	1.003,0	972,6	-	-	1.071,7	-	-	-	1.558,4	-	-	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	579,4	82,5	171,6	171,6	367,4	339,3	-	-	57,8	-	-	-	201,3	-	-	-
CoV [%]	58	25	66	66	40	58	-	-	6	-	-	-	14	-	-	-
Totale Contributo [M€]	1,73	7	31,404	31,404	3,64	2,37	-	-	2,54	-	-	-	1,34	-	-	-
Contributo Medio [€]	101.739,4	140.136,1	94025,4	94025,4	173.162,3	182.093,5	-	-	508.358,2	-	-	-	446.917,4	-	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	119,2	419,3	402,8	402,8	189,6	351,4	-	-	493,7	-	-	-	311,1	-	-	-

262

Tabella 7.16. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS1 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	22	2	344	344	32	20	-	-	7	-	-	-	4	1	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	891,5	336,5	272,0	272,0	921,5	640,8	-	-	1.233,0	-	-	-	1.476,1	937,7	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	793,7	336,5	229,4	229,4	883,4	671,7	-	-	1.043,1	-	-	-	1.507,6	937,7	-	-
f[16%]	550,0	296,9	113,0	113,0	739,1	290,9	-	-	1.010,9	-	-	-	1.310,7	937,7	-	-
f[84%]	1.025,6	376,2	423,0	423,0	1.018,5	970,7	-	-	1.726,8	-	-	-	1.638,9	937,7	-	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	523,3	82,5	182,0	182,0	309,8	297,8	-	-	342,6	-	-	-	195,6	-	-	-
CoV [%]	59	25	67	67	34	46	-	-	28	-	-	-	13	-	-	-
Totale Contributo [M€]	2,15	7	34,697	34,697	6,61	3,01	-	-	2,98	-	-	-	3,82	0,14	-	-
Contributo Medio [€]	97.703,7	140.136,1	100864,2	100864,2	206.442,0	150.727,1	-	-	425.339,2	-	-	-	955.798,4	136.150,1	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	165,2	419,3	403,9	403,9	221,0	269,7	-	-	388,6	-	-	-	612,8	145,2	-	-

### 7.5.3. Edifici con DS2

Il campione di 451 (528) edifici con danno DS2 mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **126 (182) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 31 (43) edifici non di pregio;
  - 68 (110) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 22 (28) edifici di interesse paesaggistico;
  - 5 (7) edifici con vincolo diretto.
- **53 (94) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 5 (7) edifici non di pregio;
  - 47 (68) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 1 (1) edifici con vincolo diretto.
- **272 (252) Edifici FCS:**
  - 272 (252) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.15a (Figura 7.15b). In Tabella 7.18 (Tabella 7.19)

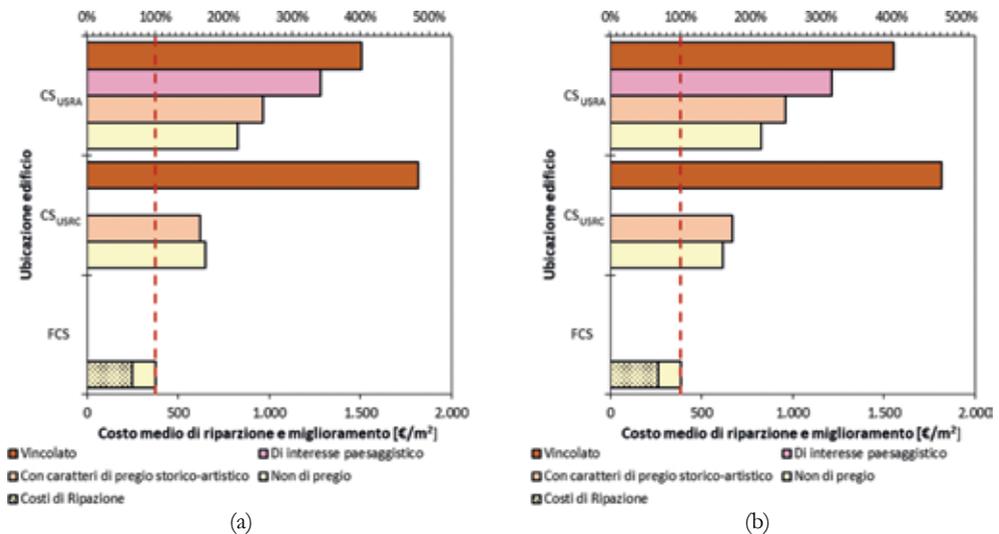


Figura 7.15. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS2 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

Tabella 7.18. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS2 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	31	5	272	272	68	47	-	-	22	-	-	-	5	1	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	826,7	650,4	357,5	357,5	966,0	621,0	-	-	1284,5	-	-	-	1.507,3	1.816,0	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	839,4	695,5	280,1	280,1	946,8	645,0	-	-	1127,6	-	-	-	1.571,4	1.816,0	-	-
f[16%]	558,7	574,5	156,5	156,5	750,8	275,0	-	-	957,2	-	-	-	1.376,9	1.816,0	-	-
f[84%]	1.015,2	743,8	587,8	587,8	1.229,7	961,1	-	-	1.616,0	-	-	-	1.611,5	1.816,0	-	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	304,5	165,9	252,7	252,7	247,4	292,5	-	-	464,4	-	-	-	1.28,9	-	-	-
CoV [%]	37	26	71	71	26	47	-	-	36	-	-	-	9	-	-	-
Totale Contributo [M€]	5,03	4	45,389	45,389	18,55	7,53	-	-	9,66	-	-	-	1,84	0,69	-	-
Contributo Medio [€]	166.872,6	124.433,4	162.260,1	162.260,1	272.797,0	160.132,2	-	-	439.286,9	-	-	-	368.265,8	693.948,7	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	409,6	192,3	215,1	215,1	296,8	256,8	-	-	363,7	-	-	-	253,7	382,1	-	-

264

Tabella 7.19. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS2 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	43	7	252	252	110	68	-	-	28	-	-	-	7	1	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	824,7	615,2	385,60	385,60	959,1	668,2	-	-	1.213,7	-	-	-	1555,7	1816,0	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	805,3	695,5	290,78	290,78	953,8	740,4	-	-	1.127,6	-	-	-	1571,4	1816,0	-	-
f[16%]	572,4	358,3	164,48	164,48	719,6	314,4	-	-	930,7	-	-	-	1339,7	1816,0	-	-
f[84%]	1.017,1	728,0	632,37	632,37	1.201,4	959,4	-	-	1.402,2	-	-	-	1.637,8	1816,0	-	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	303,1	187,4	265,01	265,01	262,7	266,1	-	-	433,5	-	-	-	255,4	-	-	-
CoV [%]	37	30	69	69	27	40	-	-	36	-	-	-	16	-	-	-
Totale Contributo [M€]	7,01	4	46,72	46,72	29,88	12,81	-	-	15,76	-	-	-	2,32	0,69	-	-
Contributo Medio [€]	163.137,0	122.962,0	185.377,48	185.377,48	271.601,1	188.379,6	-	-	562.747,5	-	-	-	331.117,3	693.948,7	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	212,8	192,6	424,75	424,75	298,0	277,2	-	-	463,7	-	-	-	220,9	382,1	-	-

si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per il DS2. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.15 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari 357 (385) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.20.

Tabella 7.20. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$
<b>Edifici non di pregio</b>	+131%	+82%	+114%	+125%
<b>Pregio storico-artistico</b>	+170%	+74%	+149%	+73%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+259%	-	+215%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+322%	+408%	+371%	+238%

#### 7.5.4. Edifici con DS3

Il campione di 610 (1.076) edifici con danno DS3 mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **271 (507) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 49 (81) edifici non di pregio;
  - 132 (267) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 68 (121) edifici di interesse paesaggistico;
  - 22 (38) edifici con vincolo diretto.
- **123 (272) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 7 (14) edifici non di pregio;
  - 111 (246) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 5 (12) edifici con vincolo diretto.
- **216 (297) Edifici FCS:**
  - 216 (297) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.16a (Figura 7.16b). In Tabella 7.21 (Tabella 7.22) si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per

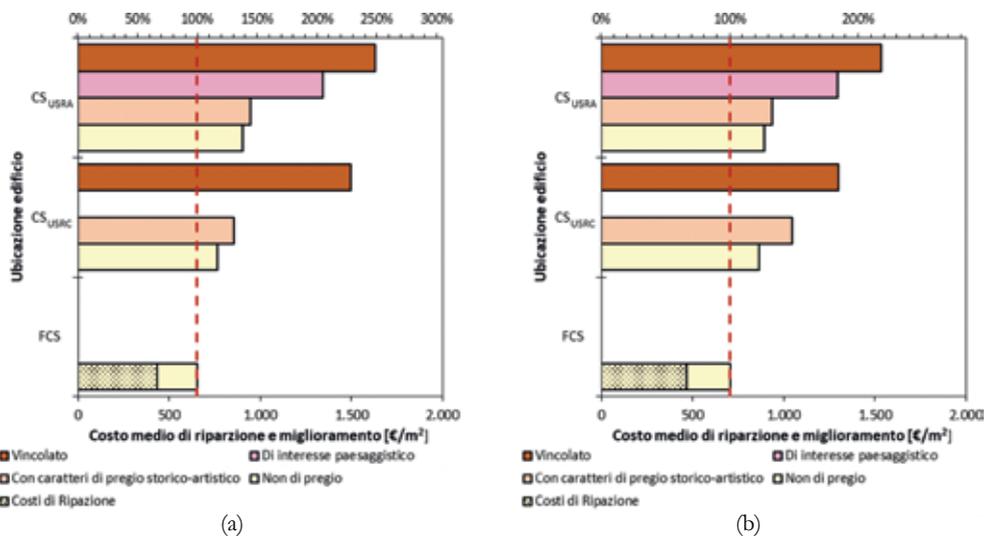


Figura 7.16. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS3 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

il DS3. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.16 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari 656 (895) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.23

Tabella 7.23. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$
Edifici non di pregio	+38%	+17%	+27%	+23%
Pregio storico-artistico	+44%	+31%	+33%	+49%
Interesse paesaggistico	+105%	-	+84%	-
Vincolo diretto	+149%	+128%	+118%	+85%

Tabella 7.21. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS3 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	49	7	216	216	132	111	-	-	68	-	-	-	22	5	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	904,1	765,2	656,1	656,1	947,3	858,5	-	-	1.345,1	-	-	-	1.632,1	1.497,1	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	792,5	890,0	608,3	608,3	933,2	874,1	-	-	1.305,2	-	-	-	1.638,1	1.358,3	-
f[16%]	627,7	657,4	280,6	280,6	715,2	698,4	-	-	1.070,3	-	-	-	1.353,4	1.242,4	-
f[84%]	1.071,8	892,9	986,0	986,0	1.139,7	1.068,4	-	-	1.650,7	-	-	-	1.800,4	1.852,1	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	574,1	218,4	347,8	347,8	255,2	216,3	-	-	340,5	-	-	-	308,6	363,4	-
CoV [%]	64	29	53	53	27	25	-	-	25	-	-	-	19	24	-
Totale Contributo [M€]	1.010	3	73,083	73,083	38,49	30,62	-	-	42,08	-	-	-	25,54	3,25	-
Contributo Medio [€]	206.127,9	321.927,3	338.345,2	338.345,2	291.621,2	275.879,8	-	-	618.874,2	-	-	-	1.160.983,6	650.667,6	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	238	386,3	488,1	488,1	311,7	317,1	-	-	484,6	-	-	-	765,2	436,3	-

Tabella 7.22. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS3 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	81	14	297	297	267	246	-	-	121	-	-	-	38	12	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	894,4	867,5	705,16	705,16	936,3	1.047,4	-	-	1.294,7	-	-	-	1.534,4	1.303,8	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	802,1	872,5	699,14	699,14	914,7	903,2	-	-	1.271,3	-	-	-	1.546,8	1.197,4	-
f[16%]	624,0	711,2	326,12	326,12	719,5	725,5	-	-	1.035,9	-	-	-	1.224,2	937,7	-
f[84%]	1.119,4	960,4	1.042,68	1.042,68	1.125,4	1.077,3	-	-	1.578,6	-	-	-	1.778,7	1.840,1	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	478,4	115,7	338,08	338,08	264,2	1.173,3	-	-	329,4	-	-	-	291,6	386,0	-
CoV [%]	53	13	48	48	28	112	-	-	25	-	-	-	19	30	-
Totale Contributo [M€]	17,51	2	116,90	116,90	85,81	85,40	-	-	76,58	-	-	-	43,69	10,73	-
Contributo Medio [€]	216.112,8	305.888,4	393.593,86	393.593,86	321.397,6	347.164,0	-	-	632.872,4	-	-	-	114.9719,7	894.490,8	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	252,2	357,5	538,31	538,31	350,4	358,6	-	-	505,4	-	-	-	769,2	648,3	-

### 7.5.5. Edifici con DS4

Il campione di 1.243 (673) edifici con danno DS4 definito mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **792 (494) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 102 (55) edifici non di pregio;
  - 367 (205) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 201 (142) edifici di interesse paesaggistico;
  - 122 (92) edifici con vincolo diretto.
- **268 (109) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 19 (10) edifici non di pregio;
  - 236 (92) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 13 (7) edifici con vincolo diretto.
- **183 (70) Edifici FCS:**
  - 183 (70) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.17a (Figura 7.17b). In Tabella 7.24 (Tabella 7.25)

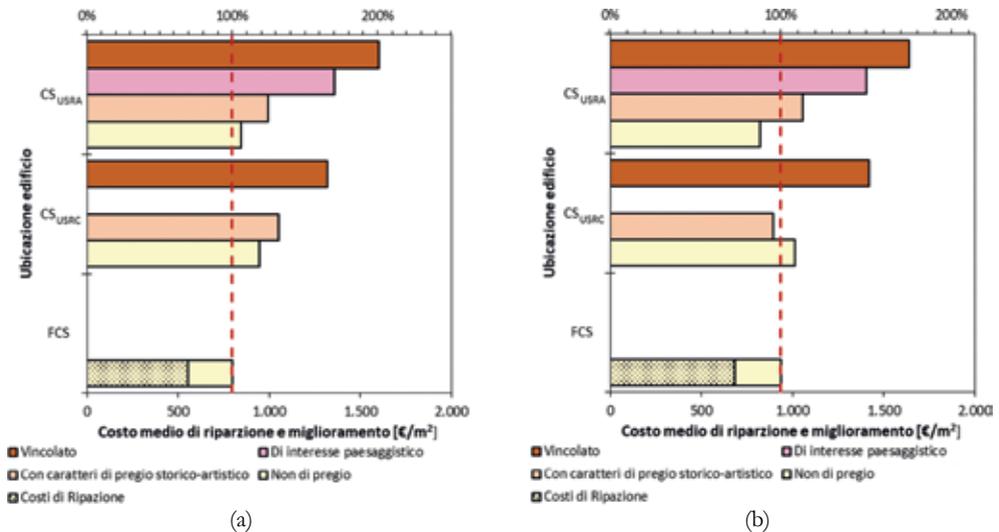


Figura 7.17. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS4 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

Tabella 7.24. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS4 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	102	19	183	183	367	236	236	236	201	-	-	-	122	13	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>846,5</b>	<b>945,8</b>	<b>798,3</b>	<b>798,3</b>	<b>993,8</b>	<b>1.051,5</b>	-	-	<b>1.358,2</b>	-	-	-	<b>1.600,2</b>	<b>1.319,3</b>	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	831,8	954,5	778,0	778,0	951,9	904,7	-	-	1.364,9	-	-	-	1.590,5	1.036,4	-	-
f[16%]	589,8	836,3	420,4	420,4	745,0	716,7	-	-	1.089,5	-	-	-	1.305,5	1.028,5	-	-
f[84%]	1.096,6	1.082,0	1.122,6	1.122,6	1.190,3	1.077,1	-	-	1.609,5	-	-	-	1.887,2	1.816,0	-	-
Dev, St [€/m <sup>2</sup> ]	259,3	151,8	348,4	348,4	387,4	1.196,5	-	-	325,4	-	-	-	288,6	378,1	-	-
CoV [%]	31	16	44	44	39	114	-	-	24	-	-	-	18	29	-	-
Totale Contributo [M€]	25,08	2	88,106	88,106	1.41,84	81,90	-	-	196,98	-	-	-	226,96	24,32	-	-
Contributo Medio [€]	245.926,4	222.068,4	481.454,8	481.454,8	386.480,1	347.046,8	-	-	980.019,8	-	-	-	1.860.343,6	1.871.004,7	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub>	292,3	242,6	590,6	590,6	404,5	361,6	-	-	718,6	-	-	-	1.158,3	1219,7	-	-

Tabella 7.25. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS4 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio															
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati			
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS
N° Edifici	55	10	70	70	205	92	92	92	142	-	-	-	92	7	-	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	<b>823,2</b>	<b>1.012,8</b>	<b>937,86</b>	<b>937,86</b>	<b>1.057,4</b>	<b>893,7</b>	-	-	<b>1.405,9</b>	-	-	-	<b>1.639,0</b>	<b>1.418,2</b>	-	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	825,6	1.064,7	951,08	951,08	1.006,5	948,8	-	-	1.398,2	-	-	-	1.603,8	1.486,6	-	-
f[16%]	566,8	876,0	598,79	598,79	787,0	706,0	-	-	1.138,6	-	-	-	1.347,4	1.036,4	-	-
f[84%]	1.026,1	1.117,0	1.306,73	1.306,73	1.256,8	1.077,1	-	-	1.638,9	-	-	-	1.945,8	1.816,0	-	-
Dev, St [€/m <sup>2</sup> ]	254,5	147,2	349,75	349,75	401,6	191,7	-	-	323,6	-	-	-	304,6	373,6	-	-
CoV [%]	31	15	37	37	38	21	-	-	23	-	-	-	19	26	-	-
Totale Contributo [M€]	12,54	1	37,84	37,84	88,04	27,23	-	-	153,34	-	-	-	177,28	17,16	-	-
Contributo Medio [€]	228.058,6	195.178,7	540.504,79	540.504,79	429.462,9	296.025,8	-	-	1.079.862,4	-	-	-	1.926.973,1	2.452.064,4	-	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	286,6	192,1	570,43	570,43	421,2	333,9	-	-	775,3	-	-	-	1191,2	1.514,4	-	-

si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per il DS4. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.17 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari 798 (937) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.26.

Tabella 7.26. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta_{\%,CS_{USRA}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRA}}$	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$
<b>Edifici non di pregio</b>	+6%	+18%	-12%	+8%
<b>Pregio storico-artistico</b>	+24%	+32%	+13%	-5%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+70%	-	+50%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+100%	+65%	+75%	+51%

### 7.5.6. Edifici con DS5

Il campione di 515 (462) edifici con danno DS0 definito mediante la metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è costituito da:

- **336 (313) Edifici CS<sub>USRA</sub>:**
  - 56 (51) edifici non di pregio;
  - 209 (182) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 47 (45) edifici di interesse paesaggistico;
  - 24 (35) edifici con vincolo diretto.
- **92 (69) Edifici CS<sub>USRC</sub>:**
  - 7 (7) edifici non di pregio;
  - 79 (58) edifici con caratteri di pregio storico-artistico;
  - 6 (4) edifici con vincolo diretto.
- **87 (80) Edifici FCS:**
  - 87 (80) edifici non di pregio.

I costi medi unitari di riparazione e rafforzamento sismico (voce di costo 1) degli edifici in funzione della tipologia di vincolo ubicati nei CS<sub>USRA</sub>, nei CS<sub>USRC</sub> e FCS sono riportati in Figura 7.18a (Figura 7.18b). In Tabella 7.27 (Tabella 7.28) si riportano alcuni parametri statistici rilevanti della voce di costo analizzata per

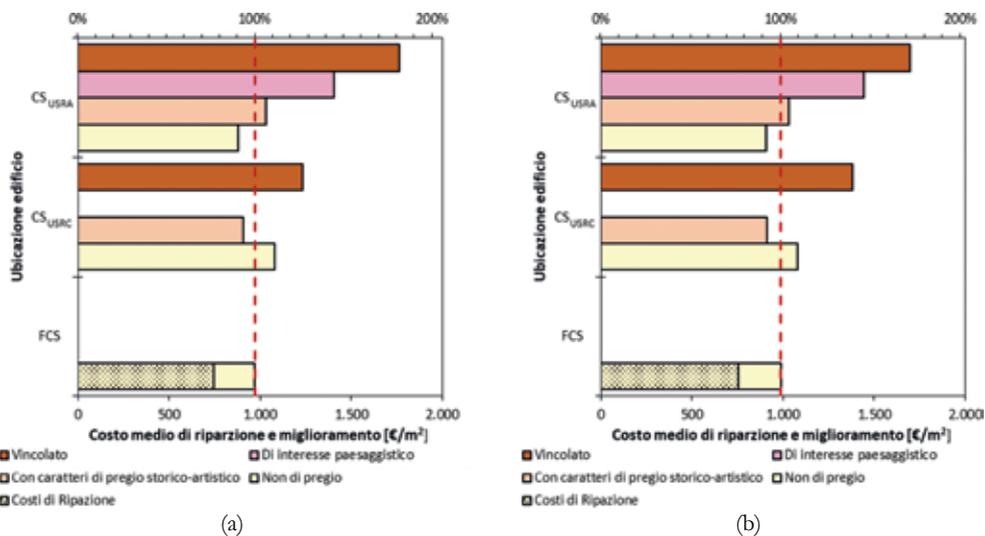


Figura 7.18. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila,  $CS_{USRA}$ , nei centri storici dei comuni minori del cratere,  $CS_{USRC}$ , e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS5 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] (a) e in [Dolce et al., 2019] (b) in funzione della tipologia di edifici.

il DS5. La linea tratteggiata riportata in Figura 7.18 rappresenta il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico che mediamente è stato rilasciato per gli edifici FCS, pari 972 (989) €/m<sup>2</sup>.

Per gli edifici dei CS si registra sempre un incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico rispetto agli edifici FCS, come illustrato nella Tabella 7.29.

Tabella 7.29. Incremento del costo unitario medio di riparazione e miglioramento sismico degli edifici dei CS rispetto agli edifici FCS.

Tipologia di vincolo	Rota et al., 2008		Dolce et al., 2019	
	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$	$\Delta\%, CS_{USRA}$	$\Delta\%, CS_{USRC}$
<b>Edifici non di pregio</b>	-10%	+11%	-8%	+9%
<b>Pregio storico-artistico</b>	+6%	-7%	+5%	-8%
<b>Interesse paesaggistico</b>	+45%	-	+46%	-
<b>Vincolo diretto</b>	+81%	+27%	+71%	+40%

Tabella 7.27. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS5 valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	56	7	87	87	209	79	-	-	47	-	-	-	24	6	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	878,1	1.081,4	972,1	972,1	1.033,5	908,9	-	-	1.405,8	-	-	-	1.764,2	1.234,4	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	823,8	1.169,0	974,1	974,1	1.024,0	949,9	-	-	1.392,3	-	-	-	1.768,7	1.374,6	-
f[16%]	606,6	899,7	691,4	691,4	745,6	725,2	-	-	1.117,2	-	-	-	1.510,1	937,7	-
f[84%]	1.118,6	1.268,9	1.234,0	1.234,0	1.303,3	1.080,0	-	-	1.657,1	-	-	-	2.098,0	1.390,9	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	404,4	209,8	284,1	284,1	317,4	174,0	-	-	354,8	-	-	-	280,6	230,2	-
CoV [%]	46	19	29	29	31	19	-	-	25	-	-	-	16	19	-
Totale Contributo [M€]	15,22	2	41,766	41,766	91,36	32,14	-	-	41,79	-	-	-	43,88	3,53	-
Contributo Medio [€]	271.862,4	519.932,9	480064,3	480064,3	437.134,7	406.803,6	-	-	889.209,1	-	-	-	1.828.240,1	589.042,2	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	320,5	492,2	503,2	503,2	424,1	417,4	-	-	647,9	-	-	-	1.032,3	452,0	-

Tabella 7.28. Costo medio di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei centri storici di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>, nei centri storici dei comuni minori del cratere, CS<sub>USRC</sub>, e al di fuori dei centri storici, FCS con livello di danno DS5 valutato in accordo alla metrica riportata in [Dolce et al., 2019] in funzione della tipologia di edifici.

Statistica descrittiva	Tipologia di edificio														
	Non di pregio				Con elementi di particolare pregio				Di interesse paesaggistico				Vincolati		
	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS	FCS	CS <sub>USRA</sub>	CS <sub>USRC</sub>	FCS
N° Edifici	51	7	80	80	182	58	-	-	45	-	-	-	35	4	-
Media [€/m <sup>2</sup> ]	909,6	1.081,4	989,78	989,78	1.034,7	913,7	-	-	1.445,9	-	-	-	1.696,8	1.382,8	-
Mediana [€/m <sup>2</sup> ]	861,5	1.169,0	986,91	986,91	1.027,4	950,8	-	-	1.435,4	-	-	-	1.682,3	1.390,9	-
f[16%]	643,6	899,7	713,12	713,12	727,2	718,9	-	-	1.187,6	-	-	-	1.445,6	1.374,0	-
f[84%]	1.125,7	1.268,9	1.252,27	1.252,27	1.293,7	1.107,2	-	-	1.660,0	-	-	-	1.945,2	1.390,9	-
Dev. St [€/m <sup>2</sup> ]	402,8	209,8	271,22	271,22	391,0	184,6	-	-	324,5	-	-	-	244,9	16,3	-
CoV [%]	44	19	27	27	38	20	-	-	22	-	-	-	14	1	-
Totale Contributo [M€]	17,40	2	39,78	39,78	83,39	25,88	-	-	44,41	-	-	-	72,45	3,08	-
Contributo Medio [€]	341.131,1	519.932,9	497255,88	497255,88	458.208,9	446.150,7	-	-	986.978,4	-	-	-	207.0043,4	769.040,6	-
Sup. Media S <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	381,4	492,2	512,11	512,11	453,2	457,0	-	-	696,8	-	-	-	1.208,8	555,8	-

## 7.6. Considerazioni conclusive

La ricostruzione post-terremoto di L'Aquila 2009 ha previsto due diversi modelli: il cosiddetto “modello analitico” adottato nella prima fase di ricostruzione dal 2009 al 2013 per gli edifici residenziali distribuiti geograficamente al di fuori dei centri storici (FCS) di L'Aquila e degli altri comuni delle province di L'Aquila, Pescara, Chieti e Teramo, e il “modello parametrico” adottato nella fase tutt'ora in atto per la ricostruzione degli edifici residenziali ubicati nei centri storici di L'Aquila (CS<sub>USRA</sub>) e degli altri comuni del cratere (CS<sub>USRC</sub>).

Dai dati raccolti è stato estratto, ai fini di un confronto sui dati di costo di intervento, un sotto-campione di 3.377 edifici di cui 1.229 ubicati FCS, 1.597 ubicati nei CS<sub>USRA</sub> e 551 nei CS<sub>USRC</sub>. Il campione di edifici CS<sub>USRA</sub> è costituito da 261 edifici senza particolari caratteri di pregio storico-artistico, cosiddetti “non di pregio”, 814 edifici con elementi di pregio storico-artistico, 344 edifici di interesse paesaggistico e 178 edifici con vincolo diretto. Il campione di edifici CS<sub>USRC</sub> è costituito da 32 edifici “non di pregio”, 494 edifici con particolare carattere di pregio storico-artistico, e 25 edifici con vincolo diretto. Infine, il campione degli edifici FCS è costituito interamente da edifici senza particolari caratteri di pregio storico-artistico, cosiddetti “non di pregio”.

Lo scopo di questo capitolo è stato quello di fornire al lettore un confronto in termini di costi di intervento a parità di esito di agibilità e di livello di danno globale degli edifici dentro e fuori dai centri storici (CS<sub>USRA</sub>, CS<sub>USRC</sub> e FCS), tenendo conto anche di ciascuna tipologia di vincolo presente sull'edificio (non di pregio, con particolare carattere di pregio storico-artistico, di interesse paesaggistico e con vincolo diretto).

In dettaglio, dall'analisi dei costi degli edifici FCS in funzione dell'agibilità è emerso che sono stati rilasciati mediamente:

- 253,31 €/m<sup>2</sup> per il campione di 778 edifici con esito di agibilità B-C oggetto di interventi di riparazione e rafforzamento locale;
- 711,02 €/m<sup>2</sup> per il campione di 277 edifici con esito di agibilità E oggetto di interventi di riparazione e miglioramento sismico;
- 1.170,9 €/m<sup>2</sup> per il campione di 174 edifici con esito di agibilità E oggetto di interventi di demolizione e ricostruzione.

Rapportando il costo medio unitario di riparazione e rafforzamento sismico rilasciato per ciascun esito di agibilità e tipologia di edifici dei CS al costo medio unitario di riparazione e rafforzamento sismico rilasciato per gli edifici “non di pregio” FCS sono stati riscontrati gli incrementi percentuali riportati in Tabella 7.30. In tabella si riporta inoltre il numero di edifici afferente a ciascuna tipologia di vincolo.

Tabella 7.30 Numero di edifici e incremento del costo di riparazione e rafforzamento sismico degli edifici ubicati nei CS<sub>USRA</sub> e CS<sub>USRC</sub> rispetto a quello rilasciato per gli edifici ubicati FCS in funzione della categoria di intervento e della tipologia di vincolo presente sull'edificio.

Tipologia di vincolo	B-C con rip e raff. locale		E con rip. e migl. sismico			
	N. ed CS <sub>USRC</sub>	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$	N. ed CS <sub>USRA</sub>	$\Delta_{\%,CS_{USRA}}$	N. ed CS <sub>USRC</sub>	$\Delta_{\%,CS_{USRC}}$
Edifici non di pregio	4	+34%	217	+20%	8	+23%
Pregio storico-artistico	28	+16%	640	+38%	423	+37%
Interesse paesaggistico	-	-	316	+89%	-	-
Vincolo diretto	-	-	172	+126%	25	+90%

Dall'analisi dei costi degli edifici FCS in funzione del livello di danno globale DS valutato in accordo alla metrica riportata in [Rota et al., 2008] ([Dolce et al., 2019]) è emerso che sono stati rilasciati mediamente

- 230,9 €/m<sup>2</sup> (232,07€/m<sup>2</sup>) per il campione di 137 (186) edifici con livello di danno DS0;
- 260,3 €/m<sup>2</sup> (336,5 €/m<sup>2</sup>) per il campione di 334 (344) edifici con livello di danno DS1;
- 357,5 €/m<sup>2</sup> (385,6€/m<sup>2</sup>) per il campione di 272 (252) edifici con livello di danno DS2;
- 656,1 €/m<sup>2</sup> (705,1€/m<sup>2</sup>) per il campione di 216 (297) edifici con livello di danno DS3;
- 798,3 €/m<sup>2</sup> (937,86 €/m<sup>2</sup>) per il campione di 183 (70) edifici con livello di danno DS4;
- 972,1 €/m<sup>2</sup> (989,78 €/m<sup>2</sup>) per il campione di 87 (80) edifici con livello di danno DS5.

Rapportando il costo unitario di riparazione e rafforzamento sismico rilasciato mediamente per ciascun DS valuto in accordo alla metrica riportata in [Rota et al. 2008] ([Dolce et al. 2019]) e per le diverse tipologie edilizie dei CS al costo medio unitario di riparazione e rafforzamento sismico rilasciato per gli edifici “non di pregio” FCS sono stati riscontrati gli incrementi riportati in Tabella 7.31 (Tabella 7.32). In tabella si riportano inoltre il numero di edifici afferente a ciascuna tipologia di vincolo.

Dall'analisi dei dati in relazione al livello di danno è emerso un rilevante incremento di costo di intervento per gli edifici dei CS, specie nel caso di bassi livelli di danno (DS0, DS1, DS2) e per gli edifici dei CS di L'Aquila, CS<sub>USRA</sub>. Al crescere del livello di danno globale (DS3, DS4, e DS5), il campione di edifici



dei CS, statisticamente più rilevante, mostra incrementi di costo più contenuti e decrescenti all'incrementare del livello di danno. Le differenze di costo massime tra CS e FCS si sono riscontrate nel caso di danno globale DS3 e sono risultate, inoltre, sempre più accentuate nel centro storico della città di L'Aquila, come lecito attendersi in funzione delle peculiari caratteristiche di pregio del centro storico del capoluogo. Con riferimento al campione più ricco di dati, vale a dire il caso di edifici con danno globale DS4, gli incrementi percentuali di costo di intervento riscontrati negli edifici nel centro storico di L'Aquila (o altri comuni del cratere) rispetto agli edifici al di fuori nei centri storici sono risultati pari al 6% (18%), 24% (32%), 70% (n.d.) e 100% (65%) rispettivamente per edifici non di pregio, di pregio storico-artistico, di interesse paesaggistico o con vincolo diretto.

I dati riportati mostrano chiaramente l'incidenza della tipologia del costruito, edifici singoli o in aggregato, ubicati al di fuori o all'interno dei centri storici, non vincolati o soggetti a vincoli paesaggistici o diretti, nei riguardi dei costi di intervento tesi alla riparazione del danno e all'incremento dell'originaria capacità di sostenere azioni da sisma. Si sottolinea che i valori di costo discussi e riportati in questo capitolo, sebbene rappresentino certamente un *unicum* a livello nazionale, devono essere, tuttavia, letti ed interpretati anche alla luce dei differenti modelli di ricostruzione da cui derivano e della tipologia costruttiva prettamente relativa al patrimonio abruzzese cui fanno riferimento.

## Bibliografia

- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Di Meo A., Faravelli M., Pascale V., "Observed damage database of past Italian earthquakes: the Da.D.O. Webgis", *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 60(2), 141-164, 2019.
- Dolce M., Speranza E., Giordano F., Borzi B., Bocchi F., Conte C., Pascale V., *Da.D.O – A web-based tool for analyzing and comparing post-earthquake damage database relevant to national seismic events since 1976*. In: *Atti del XVII Convegno ANIDIS L'ingegneria Sismica in Italia*, 347-357, Pisa University Press, Pisa, Italy, 2017.
- Rota M., Penna A., Strobbia C.L., "Processing Italian damage data to derive typological fragility curves", *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 28, 933-947, 2008.
- Dolce M., Manfredi G. (a cura di), *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009*, ReLUIS-Fintecna-Cineas, Doppiavoce, 2015.

# Autori

Giuseppina De Martino

Consulente ReLUIS durante le attività oggetto del presente volume

Marco Di Ludovico

Professore Associato, Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

Mauro Dolce

Direttore generale presso il Dipartimento nazionale della Protezione Civile  
Professore Ordinario, Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

Raffaello Fico

Titolare dell'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Claudia Genitti

Funzionario ingegnere-architetto del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, assegnato all'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Antonio Mannella

Ricercatore, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sede di L'Aquila

Claudio Moroni

Funzionario, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri

Dario Pecci

Funzionario ingegnere-architetto del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, assegnato all'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Giorgio Pipponzi

Istruttore geologo presso l'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere

Andrea Prota

Professore Ordinario, Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

Salvatore Provenzano

Titolare dell'Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila

Elena Speranza

Funzionario, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri