

**Prodotto della ricerca
24° Mese**

WP7 – ANALISI DATI POST SISMA

**Task 1 – Analisi di dati di danno e di progetti di interventi per la
ricostruzione post-sisma**

EDIFICI RESIDENZIALI ISOLATI E AGGREGATI EDILIZI: DATI DI DANNO, INTERVENTI E COSTI DI RICOSTRUZIONE

Report Finale

Vincenzo Rinaldi², Maria Giovanna Masciotta¹, Giuseppe Brando^{1*}, Amedeo Gregori²,
Enrico Spacone¹, Massimo Fragiaco^{2**}

¹ UR UNICH, Università G. d'Annunzio di Chieti-Pescara.

² UR UNIVAQ, Università degli Studi dell'Aquila

* e-mail: giuseppe.brand@unich.it

** e-mail: massimo.fragiacomo@univaq.it

1 - PREMESSA

Il seguente report riporta le attività svolte nel biennio 2022-2024 relativamente al WP7 task 1. Gli obiettivi del progetto sono in condivisione tra le unità di ricerca UNIVAQ e UNICH.

Nello specifico le attività riguardano l'analisi dei dati relativi alle tempistiche della ricostruzione privata di edifici isolati ed edifici in aggregato nell'ottica della valutazione della resilienza sismica della comunità dell'Aquila. I risultati si riferiscono ad un database aggiornato al 02/01/24.

2 - INTRODUZIONE

Il terremoto del 6 Aprile del 2009 è stato uno degli eventi drammatici più significativi degli ultimi 50 anni che ha sconvolto l'Italia e tutti i territori del cratere sismico sia umanamente sia materialmente [1]. I "tempi" e i "costi" giocano un ruolo fondamentale nel processo di ricostruzione rientrando nei concetti della "resilienza sismica" vista come «la capacità di una comunità (o centro urbano) di fronteggiare gli effetti prodotti da un terremoto recuperando rapidamente la condizione pre-sisma». In questo progetto di ricerca, la variabile "tempo" è l'oggetto dell'analisi.

3 - OBIETTIVI

Lo studio della variabile tempo nel processo di ricostruzione di un territorio a seguito di un evento sismico consente di poter valutare la resilienza della comunità a seguito dell'evento tellurico (Figura 1) [2-3]. Se da un lato esistono studi e procedure relative all' "analisi del rischio" causati da eventi sismici su vasta scala [4-9], d'altra parte, l' "analisi della resilienza", in particolar modo della rapidità con la quale si riescono a raggiungere le prestazioni funzionali per evento, non sono state ancora esaminate nel dettaglio.

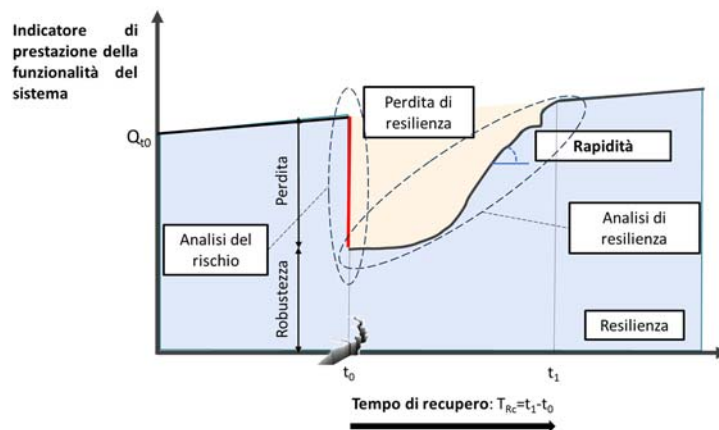


Figura 1 Resilienza di una comunità a seguito di un evento sismico.

I dati raccolti durante la ricostruzione dell'Aquila [4-5] rappresentano un'importante risorsa utile per analizzare il processo di ricostruzione attraverso un'analisi a ritroso di ciò che è accaduto a 15 anni dal terremoto. Nello specifico, il lavoro di ricerca è incentrato sull'analisi delle tempistiche della ricostruzione di L'Aquila (Capoluogo) e frazioni fotografandone l'avanzamento al momento dell'analisi. Gli obiettivi del lavoro si possono riassumere nei seguenti punti:

- Osservare, ad oggi, l'andamento della ricostruzione di L'Aquila;
- Analizzare i dati relativi alle tempistiche della ricostruzione privata;
- Confrontare i tempi di ricostruzione di L'Aquila (Capoluogo) e Frazioni.

4 - IL PROCESSO DI RICOSTRUZIONE: ABRUZZO 2009

Il processo di ricostruzione (Figura 2) si è articolato in due fasi distinte che hanno adottato sia un diverso iter procedurale sia un diverso metodo per la definizione dei contributi: 1) fase emergenziale (dal 2009 al 2013), che ha riguardato la ricostruzione fuori dai centri storici di edifici isolati (“modello analitico”) e 2) fase non-emergenziale (dal 2013 ad oggi), che ha riguardato prevalentemente la ricostruzione degli aggregati edilizi nei centri storici (“modello parametrico”).

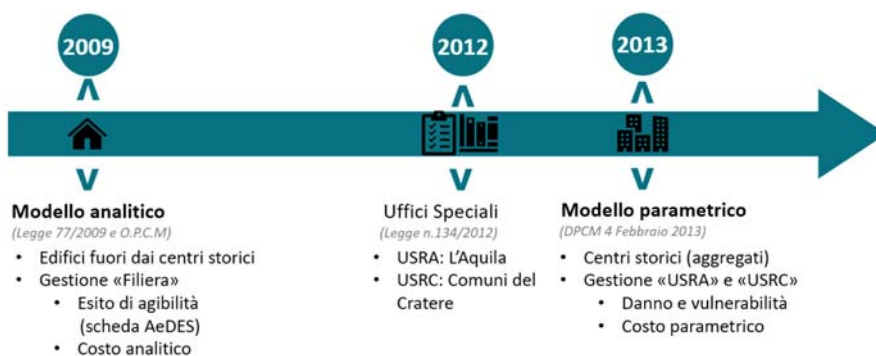


Figura 2 Sintesi del processo di ricostruzione: “Abruzzo 2009”.

Il “modello analitico” è stato adottato dal 2009 al 2013 e gestito dalla cosiddetta Filiera (Fintecna, ReLUI S e Cineas) con verifiche puntuali della congruità tecnica ed economica degli interventi progettuali previsti. L’entità dei contributi della ricostruzione si basavano sui risultati dell’esito delle schede AeDES.

Il “modello parametrico” (ancora in vigore) è basato su un protocollo dipendente dal danno e della vulnerabilità degli edifici ed è articolato in due fasi. Nella prima fase viene determinato il contributo massimo ammissibile al termine dell’istruttoria Scheda P.E.R. (Parte I), mentre nella seconda fase, viene riconosciuto il contributo concedibile al termine dell’istruttoria Scheda P.E.R. (Parte II) determinato nel minore valore tra il contributo base ed il costo derivante dal computo metrico di progetto di riparazione del danno.

A differenza del “modello analitico” che è stato applicato prevalentemente per gli edifici residenziali al di fuori dei centri storici, quello parametrico si adatta meglio per le applicazioni in contesti più complessi e articolati come quello dei centri storici formati da edifici in aggregato e spesso con pregi storico-artistici.

Per un’analisi più approfondita e completa del processo di ricostruzione della prima e della seconda fase si rimanda rispettivamente a [10] e [11].

5 - ANALISI DEI DATI E METODOLOGIA

Le informazioni analizzate si basano sul database OPENdataUSRA aggiornato al 02/01/24. I dati si riferiscono alla città dell'Aquila (Capoluogo) e alle 49 frazioni. L'analisi delle tempistiche ha riguardato le pratiche relative al "Modello Analitico" (MA), al "Modello Parametrico" (MP) e agli edifici vincolati gestiti dalla Soprintendenza "MIBAC" (EV) sia per edifici singoli (ES) che unità minime di intervento (UMI) (Tabella 1 e Figura 3).

Nello specifico, sono state analizzate tutte le pratiche del MP, mentre, per il MA e EV, sono state considerate quelle riferite alle "parti comuni" con esito delle schede AeDES B-C-E di cui sono note le date di inizio e fine lavori. Sono escluse quelle con esito A in quanto immediatamente agibili.

Modello	Pratiche analizzate		Esito scheda AeDES
Analitico	2767 (parti comuni)		B-C-E
Edifici vincolati (gestiti da MIBAC)	132 (parti comuni)		B-E
Parametrico	1676 (AE-UMI)	1456 Aggregati 1676 UMI	n.d.

Tabella 1 Dati analizzati.

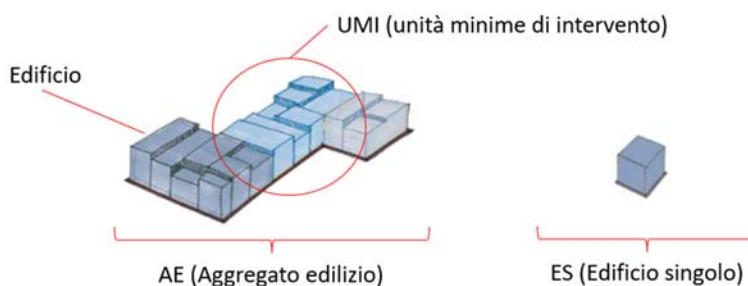


Figura 3 Definizione delle strutture oggetto di interventi.

Per ogni pratica si sono calcolate le tempistiche relative a tre fasi: "periodo di stasi" (dall'evento del terremoto dell'Aquila alla presentazione della pratica), "tempistiche burocratiche" (dalla presentazione della pratica all'inizio dei lavori) e "tempistiche di cantiere" (da inizio a fine lavori). In merito al MP (in Figura 4 sono riportate tutte le fasi) sono state anche analizzate le sotto-tempistiche del tempo burocratico, quali: il tempo del progetto "Parte I", il tempo del progetto "Parte II", il tempo di accettazione-inizio istruttoria (sotto-tempistica del tempo di progetto "Parte I") e il tempo che intercorre tra la fine della "Parte I" e l'inizio della "Parte II".

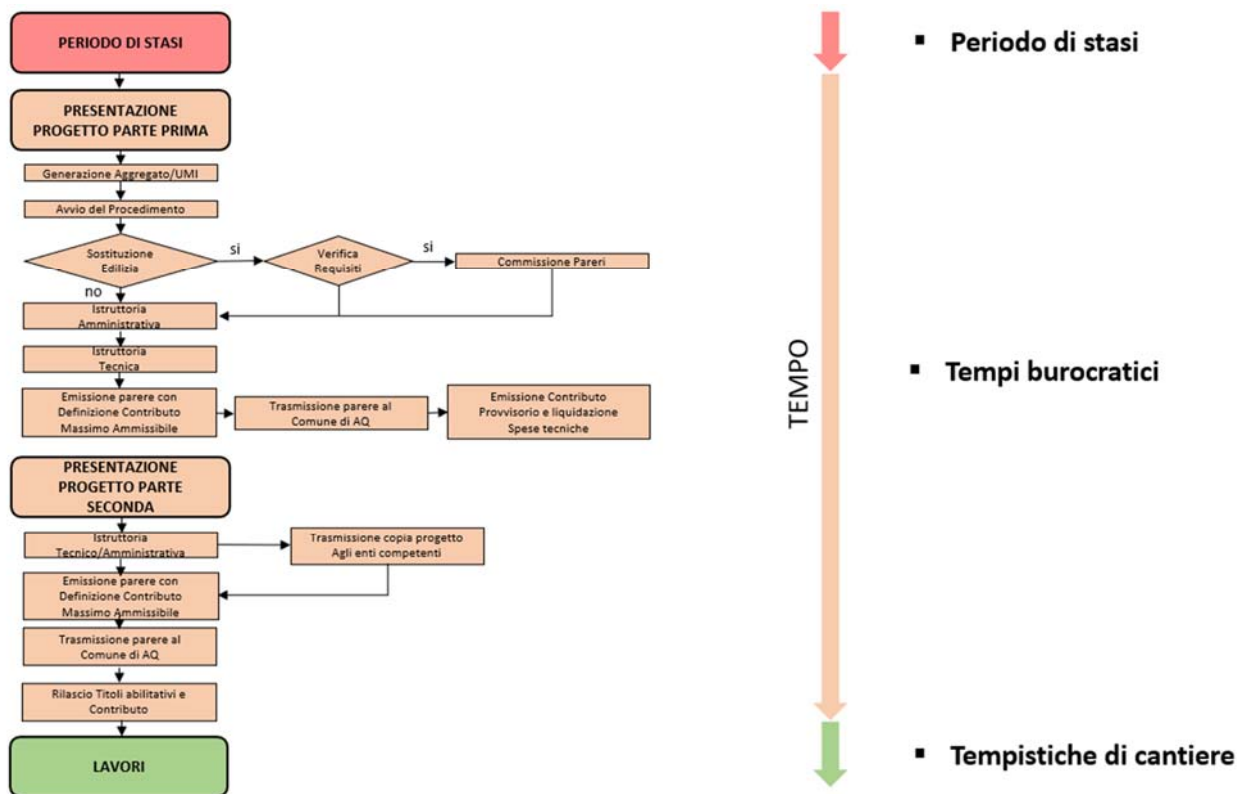


Figura 4 Modello parametrico: Iter procedurale e analisi delle tempistiche della ricostruzione.

È ben noto che le tempistiche della ricostruzione dipendono fortemente sia da fattori antropici (es. personale coinvolto, impegno lavorativo, ecc.) sia da fattori oggettivi (es. località del fabbricato, volume del fabbricato, danno iniziale, tipologia di intervento, ecc.). Specie per i fattori antropici è dunque difficile fornire una chiave di lettura univoca. D'altra parte, l'analisi dei fattori oggettivi è limitata ai dati liberamente accessibili nel database.

In Figura 5 sono riportati due esempi di pratiche concluse con diverso andamento temporale che mostrano come possa essere diverso l'iter procedurale.

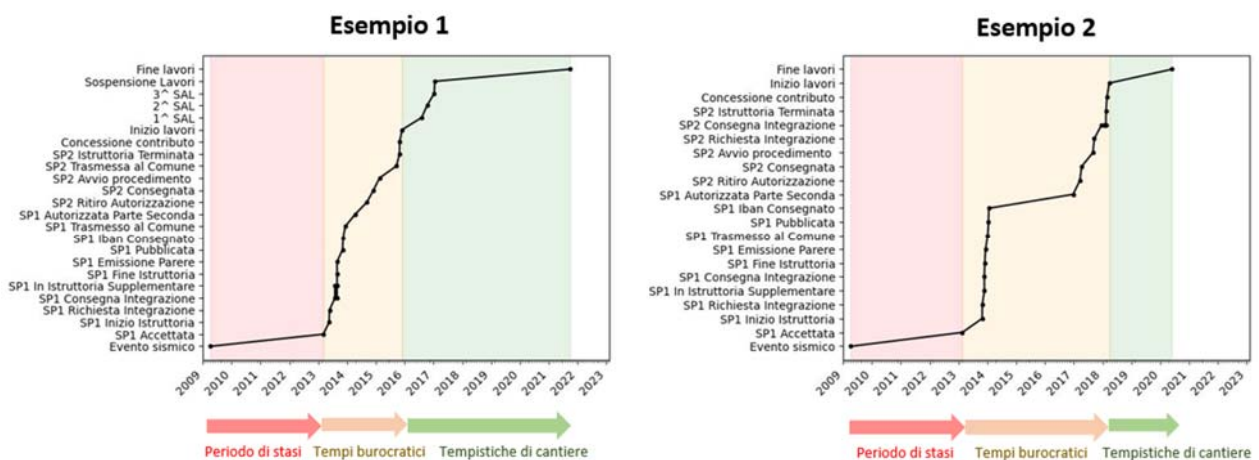


Figura 5 Confronto dell'iter procedurale di due pratiche.

5.1 - TEMPISTICHE

In Figura 6 e in Tabella 2 sono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati suddivisi per esito di agibilità e danno attraverso le schede AeDES.

Durante l'applicazione del MA, si sono succeduti vari O.P.C.M, che hanno scandito il processo di ricostruzione nelle periferie distinguendolo tra ricostruzione "leggera" e "pesante". La ricostruzione leggera ha coinvolto edifici classificati A-B-C mentre quella pesante gli edifici con esito E.

Nel MA, l'analisi dei dati rispecchia pienamente la strategia di ricostruzione adottata. Il "periodo di stasi" è simile tra edifici B-C (0.77 anni) a differenza degli edifici E in cui la ricostruzione pesante è avvenuta successivamente (2.35 anni). Anche i "tempi burocratici" mostrano una notevole differenza tra ricostruzione leggera e pesante. In particolare, quelle con esito E (2.24 anni), hanno spesso coinvolto la riparazione/miglioramento degli stessi valutando il limite di convenienza economica con la possibilità demolizione e ricostruzione. Anche le "tempistiche di cantiere" mostrano andamenti e tempistiche simili ai tempi burocratici. È chiaro come eventuali interventi più invasivi di miglioramento o di demolizione e ricostruzione comportino un dilatamento dei tempi rispetto agli edifici classificati B-C in cui la riparazione degli elementi non strutturali, degli impianti o di singoli elementi strutturali è meno impegnativa.

In merito alle parti comuni dei edifici vincolati e gestiti dalla Soprintendenza, 4 sono stati classificati B e 128 come E. Visto il numero limitato per gli edifici classificati come B, il "periodo di stasi" è mediamente di 3.36 anni, i "tempi burocratici" di 1.3 anni e le "tempistiche di cantiere" sono simili per i due esiti, probabilmente a causa sia di un campione ridotto di edifici con esito B sia anche per le difficoltà di operare in un contesto di pregio storico-artistico.

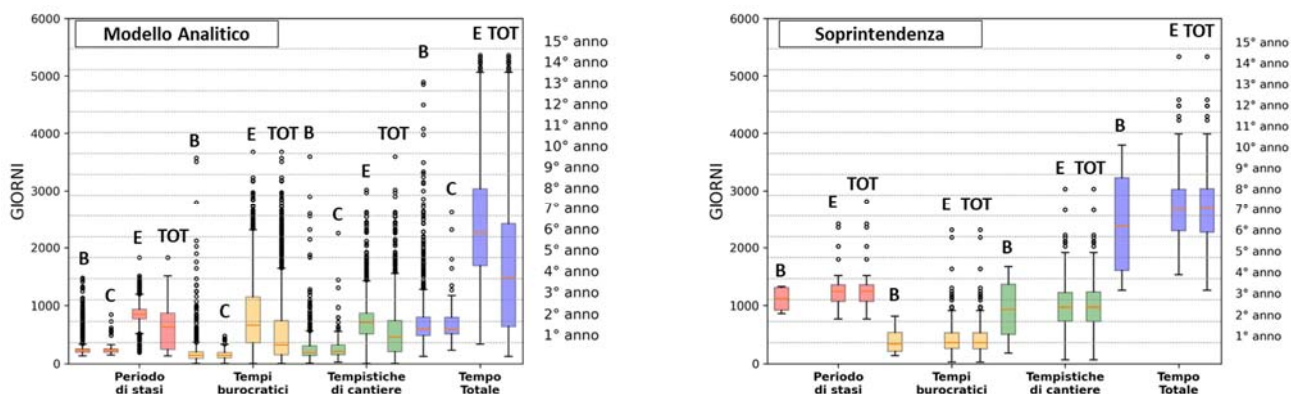


Figura 6 Modello analitico e edifici vincolati delle Soprintendenza: Analisi delle tempistiche.

Fase	Modello analitico						Soprintendenza			
	Esito									
	B		C		E		B		E	
	N° 1056		N° 154		N° 1557					
	Media	Dev.st.	media	Dev.st.	media	Dev.st.	media	Dev.st.	media	Dev.st.
Periodo di stasi [gg]	280	184	248	103	856	228	1109	237	1225	247
Tempo burocratico [gg]	196	263	157	88	817	601	411	304	461	370
Tempistiche di cantiere [gg]	270	278	284	257	737	362	933	663	1042	452
Tempo Totale [gg]	740	499	688	320	2404	952	2453	1169	2728	688

Tabella 2 Modello analitico e edifici vincolati delle Soprintendenza: Sintesi dei risultati.

Nel MP, la ricostruzione dei centri storici della città dell'Aquila (Capoluogo) e le relative frazioni è iniziata successivamente alle periferie ed è stata scandita dai "Piani di Ricostruzione" (PdR). Nel centro storico dell'Aquila, la maggior parte della ricostruzione degli edifici privati è avvenuta, ad esempio, successivamente alla realizzazione dei sottoservizi ("smart tunnel").

In Figura 7 e in Tabella 3 sono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati. Il "periodo di stasi", il "tempo burocratico", le "tempistiche di cantiere" e il "tempo totale della ricostruzione" sono rispettivamente pari a circa 4.5, 4.4, 2.8 e 11.7 anni in media.

Per quanto riguarda il "periodo di stasi", la sua durata è coerente con l'entrata in vigore del DPCM 4 (febbraio 2013) il che evidenzia anche una certa rapidità della preparazione e dell'accettazione della pratica "Parte I". Discorso a parte merita il "tempo burocratico" che risulta essere il dato più disperso e variabile. La durata media di circa 4.3 anni è paragonabile al "periodo di stasi" ma la sua variabilità è significativa. Pertanto, le "tempistiche di cantiere" sono relativamente contenute se confrontate con le altre fasi e in linea con le tempistiche limite concesse.

Le sotto-tempistiche dei tempi burocratici evidenziano come il tempo del progetto "Parte I" (2.7 anni) è predominante rispetto alla "Parte II" (0.9 anni). In particolare, il tempo tra l'accettazione della pratica e l'inizio dell'istruttoria ha richiesto 1.9 anni proprio per il rispetto dei PdR. D'altra parte, tra la fine del progetto "Parte I" e l'inizio della "Parte II" intercorrono in media 0.6 anni.

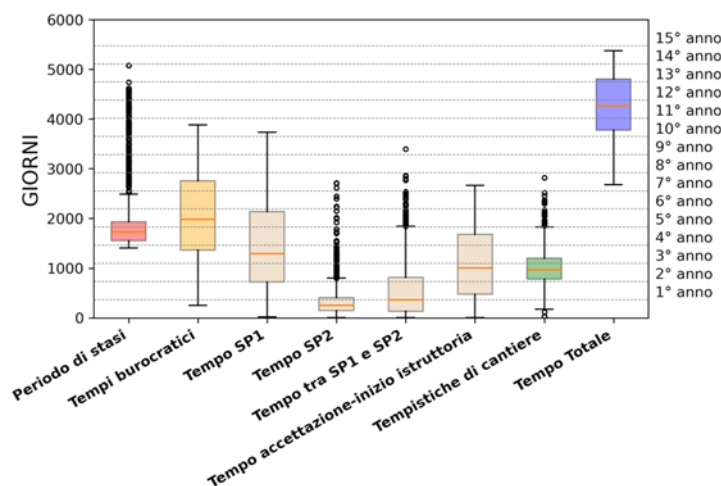


Figura 7 Modello parametrico: Analisi delle tempistiche.

Fase	Media [gg]	Dev.st. [gg]
Periodo di stasi	1650	305
Tempo burocratico	1609	575
Tempo SP1	976	475
Tempo SP2	319	212
Tempo tra SP1 e SP2	229	214
Accettazione-Inizio istruttoria	701	487
Tempistiche di cantiere	1019	399
Tempo Totale	4277	644

Tabella 3 Modello parametrico: Sintesi dei risultati.

Confrontando in Figura 8 e Tabella 4 le medesime tempistiche della ricostruzione del Capoluogo (centro storico della città dell'Aquila) con tutti i centri storici delle Frazioni, si osserva che le “tempistiche burocratiche” per le frazioni hanno richiesto in media più tempo rispetto a quelle del Capoluogo (6.28 anni rispetto a 4.64 anni) mentre in controtendenza, le “tempistiche di cantiere” nelle Frazioni sono in media pari a 2.53 anni rispetto a quelle del Capoluogo con 3.08 anni. Ciò può dipendere dal fatto che agire in un contesto edilizio articolato e complesso, come quello del Capoluogo, in cui sono presenti più edifici di pregio e la logistica di cantiere può essere ostacolata dai cantieri limitrofi influenzandone la rapidità, può portare a tempi maggiori.

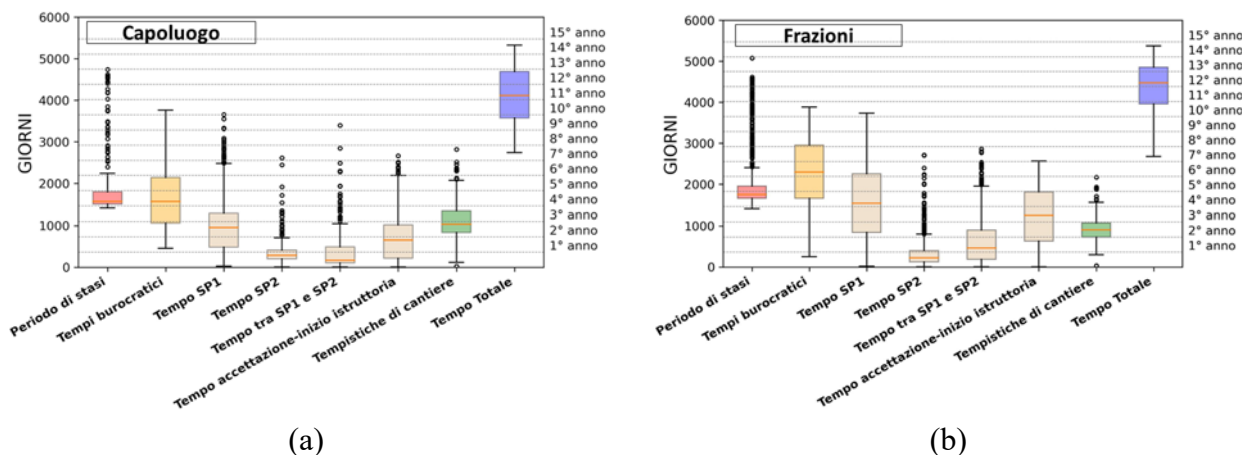


Figura 8 Modello parametrico: tempistiche Capoluogo (a) e tempistiche Frazioni (b).

Fase	Capoluogo		Frazioni	
	Media [gg]	Dev.st. [gg]	Media [gg]	Dev.st. [gg]
Periodo di stasi	1869	778	2141	897
Tempo burocratico	1694	752	2294	818
Tempo SP1	1047	684	1544	861
Tempo SP2	358	308	318	358
Tempo tra SP1 e SP2	367	469	606	532
Accettazione-Inizio istruttoria	688	573	1153	743
Tempistiche di cantiere	1123	464	922	313
Tempo Totale	4119	658	4435	573

Tabella 4 Modello parametrico: sintesi risultati Capoluogo e Frazioni.

5.2 - RAPIDITÀ DI RICOSTRUZIONE

Nelle Figure 9-10-11-12 sono riportati gli andamenti della rapidità di ricostruzione (inizio e fine lavori) per MA, EV e MP. L'elaborazione dei dati, specie per il MA, riguarda le pratiche associate alle "parti comuni" di cui sono note le date di inizio e fine lavori e con esito B-C-E delle schede AeDES.

Per il MA (Figura 9), si possono osservare tre trend distinguibili: il primo con circa 50 edifici/mese in cui sono state completate la maggior parte degli edifici con esito B-C. Al contrario, gli edifici di esito E ricadono prevalentemente nel secondo e terzo trend con rispettivamente 18 e 3 edifici/mese completati. Il protrarsi nel tempo dei lavori degli edifici con esito E è dovuto prevalentemente alla complessità degli interventi e alle demolizioni e ricostruzioni.

Per gli edifici singoli e gestiti dalla Soprintendenza (Figura 10), gran parte dei lavori sono iniziati tra il 2012 e il 2014 ma per la fine dei lavori sono distinguibili due andamenti. Il primo con circa 2 edifici/mese completati tra il 2014 e il 2018 e il secondo dal 2018 ad oggi con circa 0.25 edifici/mese.

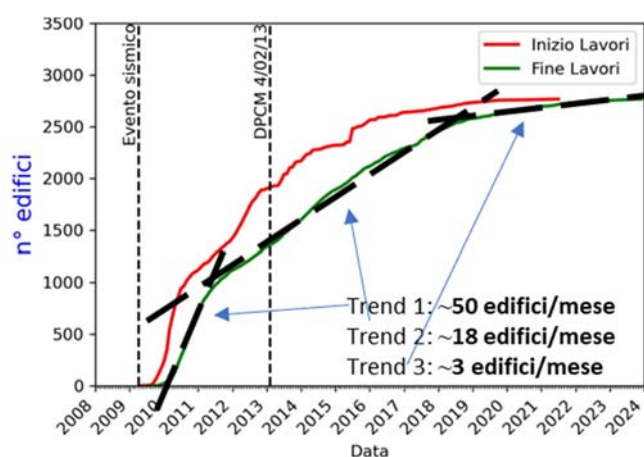


Figura 9 Modello analitico: Rapidità della ricostruzione.

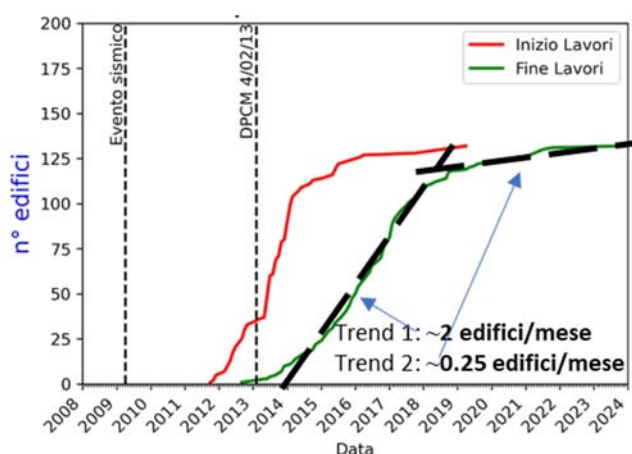


Figura 10 Soprintendenza: Rapidità della ricostruzione.

L'andamento della ricostruzione dei centri storici del Capoluogo e delle Frazioni (Figura 11) è in crescita costante e lineare ma non ancora in fase di conclusione. I primi lavori sono iniziati a metà 2015 mentre la fine dei primi lavori è iniziata intorno al 2017 (circa 2.5 anni di differenza). Sono presenti circa 465 UMI per il Capoluogo e 1211 per le Frazioni. La rapidità globale della fine lavori è di circa 7 UMI/mese che si ripartisce in 3 UMI/mese nel Capoluogo e 4 UMI/mese nelle Frazioni. Complessivamente (Figura 12), le restrizioni dovute al Lockdown COVID-19 non hanno interrotto in maniera significativa il processo di ricostruzione a differenza dei vari bonus edilizi, come il superbonus 110%, che sembra aver rallentato l'inizio dei lavori anche per via della possibilità di accedere parzialmente a questi contributi (Superbonus rafforzato).

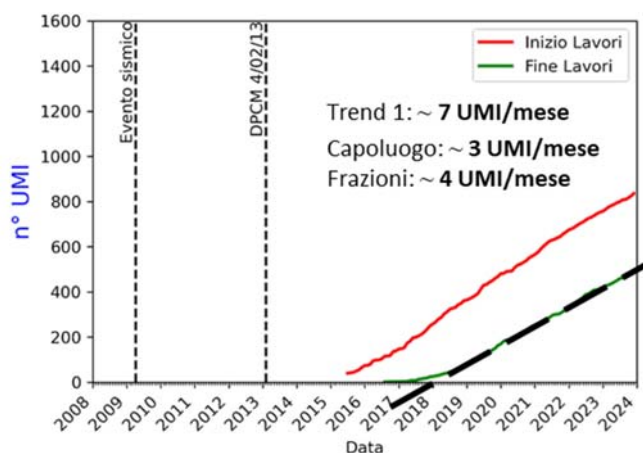


Figura 11 Modello parametrico: Rapidità della ricostruzione del Capoluogo e delle Frazioni.

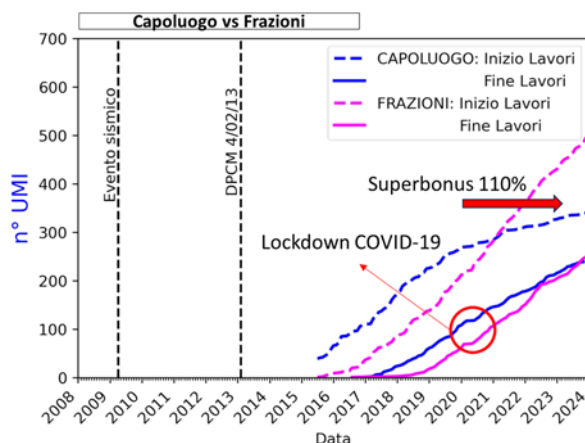


Figura 12 Rapidità della ricostruzione del Capoluogo e delle Frazioni.

Globalmente (Figura 13), considerando MA, EV e MP, si possono osservare due tipi di trend per la ricostruzione privata. Il primo trend con circa 50 edifici-UMI/mese completati tra il 2010 e il 2012, e un secondo trend con circa 18 edifici-UMI/mese completati tra il 2012 ed oggi in cui la maggiore rapidità è attribuita alla ricostruzione degli edifici E fuori da centri storici.

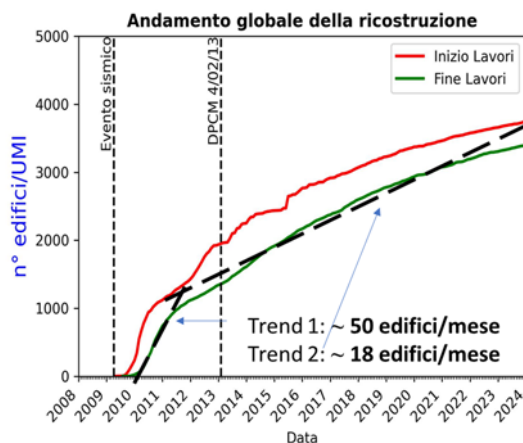


Figura 13 Andamento globale: Rapidità della ricostruzione

6 - CONCLUSIONI

Il lavoro di ricerca è incentrato sull'analisi delle tempistiche della ricostruzione di L'Aquila: Capoluogo e Frazioni. Lo studio delle tempistiche ha permesso di: i) osservare, ad oggi, l'andamento della ricostruzione di L'Aquila, ii) analizzare i dati relativi alle tempistiche della ricostruzione privata e iii) confrontare i tempi di ricostruzione del Capoluogo e delle Frazioni.

Le informazioni analizzate si basano sul database OPENDATAUSRA aggiornato al 02/01/24 e hanno coinvolto le pratiche relative ai vari modelli adottati nella ricostruzione: "Modello Analitico", "Modello Parametrico" ed edifici vincolati e gestiti dalla Soprintendenza "MIBAC". Nello specifico, per il "Modello Analitico" e per gli edifici gestiti dalla Soprintendenza "MIBAC", sono state considerate tutte le pratiche riferite alle "parti comuni" con esito delle schede AeDES B-C-E di cui sono note le date di inizio e fine lavori. È ben noto che le tempistiche della ricostruzione dipendono fortemente sia da fattori antropici (ad es. personale coinvolto, impegno lavorativo, ecc.) sia da fattori oggettivi (ad es. località del fabbricato, volume del fabbricato, danno iniziale, tipologia di intervento, ecc.). Specie per fattori antropici è dunque difficile fornire una chiave di lettura univoca. D'altra parte, l'analisi dei fattori oggettivi è limitata ai dati liberamente accessibili nel database.

I risultati hanno permesso di evidenziare il "periodo di stasi" (dall'evento del terremoto dell'Aquila alla presentazione della pratica), le "tempistiche burocratiche" (dalla presentazione della pratica all'inizio dei lavori) e le "tempistiche di cantiere" (da inizio a fine lavori). Per il "Modello Parametrico" sono state analizzate anche le sotto-tempistiche dei tempi burocratici.

In generale si è osservato che la "ricostruzione leggera" (esito B e C) ha permesso di far rientrare buona parte dei cittadini nelle proprie abitazioni intorno all'inizio del 2012 mentre per la "ricostruzione pesante" (esito E) molti interventi si sono protratti oltre il 2018. In merito al "Modello Parametrico", le Frazioni mostrano dei "periodi di stasi" più lunghi e delle "tempistiche di cantiere" più ridotte rispetto al Capoluogo. In entrambi i casi, comunque, le "tempistiche di cantiere" risultano contenute e coerenti con i limiti temporali di completamento richiesti mentre i "tempi burocratici",

specie il progetto “Parte I”, rappresentano una percentuale significativa delle tempistiche totali del processo di ricostruzione.

I risultati estrapolati dall’analisi dei dati, evidenziano il quadro generale delle diverse fasi della ricostruzione, e possono rappresentare uno strumento per la definizione dei prossimi piani organizzativi e gestionali per migliorare la resilienza delle comunità coinvolte da eventi calamitosi.

7 - RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il contributo anche finanziario offerto dalla CGIL CISL UIL mediante il Fondo Territori Lavoro e Conoscenza nell’ambito del Progetto Territori Aperti - Attività 3.5: Questioni di pianificazione territoriale: modelli teorici e analisi empiriche (<https://territoriaperti.univaq.it/ricerca/>).

8 - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Alexander, D. E. (2010). The L'Aquila earthquake of 6 April 2009 and Italian Government policy on disaster response. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 2(4), 325-342.
- [2] Koliou, M., van de Lindt, J. W., McAllister, T. P., Ellingwood, B. R., Dillard, M., & Cutler, H. (2020). State of the research in community resilience: Progress and challenges. *Sustainable and resilient infrastructure*, 5(3), 131-151.
- [3] Franchin, P. (2018). Research Needs Towards a Resilient Community: Vulnerability Reduction, Infrastructural Systems Model, Loss Assessment, Resilience-Based Design and Emergency Management. In *Recent Advances in Earthquake Engineering in Europe: 16th European Conference on Earthquake Engineering-Thessaloniki 2018* (pp. 661-691). Springer International Publishing.
- [4] D’Amato, M., Laguardia, R., Di Trocchio, G., Coltellacci, M., & Gigliotti, R. (2022). Seismic risk assessment for masonry buildings typologies from L’Aquila 2009 earthquake damage data. *Journal of earthquake engineering*, 26(9), 4545-4579.
- [5] Laguardia, R., D’Amato, M., Coltellacci, M., Di Trocchio, G., & Gigliotti, R. (2023). Fragility curves and economic loss assessment of RC buildings after L’Aquila 2009 earthquake. *Journal of Earthquake Engineering*, 27(5), 1126-1150.
- [6] Lagomarsino, S. (2012). Damage assessment of churches after L’Aquila earthquake (2009). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 10, 73-92.
- [7] Di Ludovico, M., De Martino, G., Manfredi, V., Masi, A., Prota, A., Sorrentino, L., & Zucconi, M. (2023). Loss Functions for the Risk Assessment of Residential Buildings. *Buildings*, 13(11), 2817.
- [8] Brando, G., De Matteis, G., & Spacone, E. (2017). Predictive model for the seismic vulnerability assessment of small historic centres: application to the inner Abruzzi Region in Italy. *Engineering Structures*, 153, 81-96.
- [9] Tocchi, G., Misra, S., Padgett, J. E., Polese, M., & Di Ludovico, M. (2023). The use of machine-learning methods for post-earthquake building usability assessment: A predictive model for seismic-risk impact analyses. *International journal of disaster risk reduction*, 97, 104033.
- [10] Dolce, M., & Manfredi, G. (2015). Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell’Abruzzo del 6 aprile 2009.

[11] Di Ludovico, M., Dolce, M., Prota, A. (2022). Libro bianco sulla ricostruzione privata dei centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009. ReLUIIS, Dipartimento della Protezione Civile, USRA, USRC