



PON GOVERNANCE 2014-2020

Rischio Sismico e Vulcanico

Attività CAM_F5.1 | Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare

Attività di supporto sviluppate nella Regione

Campania

Versione 1.1

Pubblicato in data 24/01/2022



Consiglio Nazionale delle Ricerche





PON GOVERNANCE 2014-2020

Rischio Sismico e Vulcanico

Attività CAM_F5.1 | Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare

Attività di supporto sviluppate nella Regione

Campania

Versione 1.1

Pubblicato in data 24/01/2022



Consiglio Nazionale delle Ricerche



PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020

PROGRAMMA PER IL SUPPORTO AL RAFFORZAMENTO DELLA GOVERNANCE IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO E VULCANICO
AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Struttura responsabile dell'attuazione del Programma

Fabrizio Curcio (responsabile), Eliana Mazzaro (supporto)

Immacolata Postiglione (delega funzioni specifiche)

Unità di coordinamento

Fabrizio Bramerini, Angelo Corazza, Luigi D'Angelo, Fausto Guzzetti, Francesca Romana Paneforte, Paola Stefanelli

Unità operativa rischi

Paola Bertuccoli, Sergio Castenetto, Stefano Ciolfi, Andrea Duro, Emilio De Francesco, Marco Falzacappa, Domenico Fiorito, Pietro Giordano, Antonella Gorini, Giuseppe Naso, Stefania Renzulli, Daniele Spina

Unità di raccordo DPC

Silvia Alessandrini, Sara Babusci, Pierluigi Cara, Patrizia Castigliego, Valter Germani, Maria Penna

Unità amministrativa e finanziaria

Valentina Carabellesse, Francesca De Sandro, Susanna Gregori, Maria Cristina Nardella

Hanno fatto parte della struttura

Angelo Borrelli, Gabriella Caruncho, Luciano Cavarra, Pietro Colicchio, Biagio Costa, Lavinia Di Meo, Gianluca Garro, Antonio Gioia, Francesca Giuliani, Italo Giulivo, Fabio Maurano, Natale Mazzei, Agostino Miozzo, Paolo Molinari, Anna Natili, Roberto Oreficini Rosi, Lucia Palermo, Simona Palmiero, Ada Paolucci, Sara Petrinelli, Biagio Prezioso, Umberto Rosini, Marco Rossitto, Sisto Russo, Chiara Salustri Galli, Maria Siclari, Maurilio Silvestri, Gianfranco Sorchetti, Vincenzo Vigorita

REGIONI

Referenti

Basilicata: Claudio Berardi, Antonella Belgiovine, Maria Carmela Bruno, Cinzia Fabozzi, Donatella Ferrara, Cosimo Grieco, Guido Loperte (coordinatore), Alfredo Maffei, Pietro Perrone; **Calabria:** Fortunato Varone (coordinatore); **Campania:** Mauro Biafore (coordinatore), Claudia Campobasso, Luigi Cristiano, Emilio Ferrara, Luigi Gentilella, Maurizio Giannattasio, Francesca Maggiò, Celestino Rampino; **Puglia:** Tiziana Bisantino (coordinatore), Carlo Caricasole, Domenico Donvito, Franco Intini, Teresa Mungari, Fabrizio Panariello, Francesco Ronco, Zoida Tafilaj; **Sicilia:** Giuseppe Basile, Antonio Bruculieri, Aldo Guadagnino, Maria Nella Panebianco, Antonio Torrisi

Sono stati referenti

Basilicata: Alberto Caivano; **Calabria:** Giuseppe Iiritano, Domenico Pallaria, Francesco Russo (coordinatore), Carlo Tansi, Luigi Giuseppe Zinno; **Puglia:** Giuseppe Tedeschi; **Campania:** Crescenzo Minotta; **Sicilia:** Nicola Alleruzzo

Affidamento di servizi del DPC al CNR-IGAG

Responsabile Unico del Procedimento: Mario Nicoletti

Direttore di Esecuzione Contrattuale: Fabrizio Bramerini

Referenti rischio sismico: Fabrizio Bramerini, Sergio Castenetto, Daniele Spina, Antonella Gorini, Giuseppe Naso

Referente rischio vulcanico: Stefano Ciolfi

Referenti pianificazione di emergenza: Domenico Fiorito, Stefania Renzulli

CNR-IGAG (operatore economico rischio sismico e vulcanico)

Massimiliano Moscatelli (referente)

Struttura di coordinamento

Gianluca Carbone, Claudio Chiappetta, Francesco Fazio, Massimo Mari, Silvia Massaro, Federico Mori, Edoardo Peronace, Attilio Porchia, Francesco Stigliano (coordinatore operativo)

Struttura tecnica

Angelo Anelli, Massimo Cesarano, Eleonora Cianci, Stefania Fabozzi, Gaetano Falcone, Cora Fontana, Angelo Gigliotti, Michele Livani, Amerigo Mendicelli, Giuseppe Occhipinti, Federica Polpetta, Alessandro Settimi, Rose Line Spacagna, Daniel Tentori, Valentina Tomassoni

Struttura gestionale

Lucia Paciucci (coordinatrice gestionale), Francesca Argiolas (supporto gestionale), Federica Polpetta (supporto gestionale), Francesco Petracchini

Revisori

Emilio Bilotta, Paolo Boncio, Paolo Clemente, Maria Ioannilli, Massimo Mazzanti, Roberto Santacroce, Carlo Viggiani

Supporto tecnico-amministrativo

Francesca Argiolas, Patrizia Capparella, Martina De Angelis, Marco Gozzi, Alessandro Leli, Patrizia Mirelli, Simona Rosselli

Hanno fatto parte della struttura

Raffaela Ciuffreda, Giuseppe Cosentino, Melissa Di Salvo, Giovanni Di Trapani, Rosa Marina Donolo, Carolina Fortunato, Biagio Giaccio, Marco Modica, Marco Nocentini, Andrea Rampa, Laura Ragazzi, Gino Romagnoli, Paolo Tommasi, Vitantonio Vacca

CAM F 5.1 Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare.

Responsabile DPC: Giuseppe Naso

Responsabile CNR-IGAG: Attilio Porchia

A cura di

Stefania Fabozzi, Cora Fontana, Rose Line Spacagna, Daniel Tentori, Attilio Porchia (CNR-IGAG)

versione colophon 06/12/2021

Sommario

1	Le fasi del progetto	6
2	Il percorso per la definizione dei Contesti Territoriali nella Regione Campania	9
3	Individuazione dei sistemi per la gestione dell'emergenza. La CLE di CT dei CT sperimentali	12
3.1	<i>Grafo Ottimale del Contesto Territoriale e software GOCT</i>	17
4	Valutazione dell'operatività strutturale del Contesto Territoriale.	18
5	Valutazione dell'operatività non strutturale nei contesti territoriali sperimentali	21
6	Analisi per la programmazione di interventi di miglioramento dell'operatività	24
7	Altre attività di affiancamento svolte nella Regione Campania	25
8	Bibliografia	25

ALLEGATO 1: Buone pratiche per la gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri vulcaniche

DEFINIZIONI

Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) - Condizione fino al cui raggiungimento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per fronteggiare l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale.

Centro Operativo Misto (COM) - Centro di coordinamento dell'emergenza, di livello intercomunale. Il COM è ubicato in un Comune (sede COM), cui afferisce un determinato bacino di Comuni di competenza (area COM).

Comune Capoluogo SLL - Comune caratterizzato dal più alto numero di posti di lavoro all'interno del SLL. Esso attribuisce la denominazione al Sistema Locale del Lavoro di cui è Capoluogo.

Comune polo SLL - Comune che, nella geografia dei SLL, ha indice di centralità maggiore di uno ed almeno 100 occupati residenti. L'indice di centralità misura il rapporto tra la domanda e l'offerta di lavoro del Comune, calcolato al netto degli spostamenti che hanno origine e destinazione nel Comune stesso; tale indicatore assume valore superiore all'unità quando il numero di pendolari in entrata (domanda) eccede il numero di quelli in uscita (offerta), indicando che il Comune svolge un ruolo di attrazione in termini di flussi pendolari (Istat, 2014).

Comune di Riferimento (CR) – Comuni identificati come realtà urbane rilevanti per il contesto al quale appartengono e che assumono un carattere prioritario ai fini della programmazione degli interventi.

Contesto Territoriale (CT) - Insieme di aree limitrofe che cooperano sul tema della riduzione del rischio e nelle quali le attività possono essere esercitate in modo unitario tra più municipalità (Accordo di Partenariato Italia 2014 – 2020).

Microzonazione Sismica (MS) - Suddivisione di un territorio a scala comunale in aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale, prendendo in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche in grado di produrre fenomeni di amplificazione del segnale sismico e/o deformazioni permanenti del suolo (frane, liquefazioni, cedimenti e assestamenti) (ICMS, 2008).

Sistemi Locali del Lavoro (SLL) - “*I luoghi, precisamente identificati e simultaneamente delimitati su tutto il territorio nazionale, dove la popolazione risiede e lavora e dove quindi indirettamente tende ad esercitare la maggior parte delle proprie relazioni sociali ed economiche*” (Istat, 2014; pag. 2). I SLL sono quindi aree funzionali che, costruite utilizzando i flussi degli spostamenti casa-lavoro (pendolarismo giornaliero), si caratterizzano per l'auto-contenimento delle attività e delle relazioni sul territorio.

Tempo di ritorno (tr) - Frequenza nel tempo dell'evento di protezione civile. Tempo medio che intercorre tra due occorrenze successive di un evento di un certo tipo e di una data intensità.

Unioni dei Comuni (UC) - “*L'unione di comuni è l'ente locale costituito da due o più comuni, di norma contermini, finalizzato all'esercizio associato di funzioni e servizi. Ove costituita in prevalenza da comuni montani, essa assume la denominazione di unione di comuni montani e può esercitare anche le specifiche competenze di tutela e di promozione della montagna attribuite in attuazione dell'articolo 44, secondo comma, della Costituzione e delle leggi in favore dei territori montani*” (Decreto legislativo n. 267 del 18 agosto 2000, Art. 32). Le Unioni dei Comuni sono pertanto aggregazioni di Comuni che condividono una o più funzioni o servizi con l'obiettivo di ottimizzarne l'efficacia e l'efficienza.

Zone di allerta (ZA) - Ambiti territoriali omogenei rispetto al tipo e all'intensità dei fenomeni meteo-idro che si possono verificare e dei loro effetti sul territorio. Esse vengono individuate ai fini delle attività di previsione e prevenzione, suddividendo e/o aggregando i bacini idrografici di competenza regionale, o parti di essi.

SIGLE

CLE	Condizione Limite per l'Emergenza
COM	Centro Operativo Misto
CR	Comune di Riferimento
CT	Contesto Territoriale
DPC	Dipartimento della Protezione Civile
MS	Microzonazione Sismica
SLL	Sistema Locale del Lavoro
TR	Tempo di Ritorno
UC	Unione di Comuni
ZA	Zone di Allerta

1 Le fasi del progetto

L'attuale strategia di mitigazione del rischio sismico ai fini di protezione civile ("Standard minimi per la programmazione degli interventi in materia di riduzione del rischio ai fini di protezione civile - e di resilienza socio-territoriale" predisposti dal Dipartimento della protezione civile, con l'Agenzia per la coesione territoriale e concertato con la Struttura di Missione contro il dissesto idrogeologico per gli ambiti di competenza, 17 dicembre 2015), prevede un percorso metodologico ben determinato e la raccolta ed elaborazione di dati e informazioni che possono costituire la base di partenza per ulteriori politiche finalizzate alla mitigazione del rischio sismico, in particolare nell'ottica della sicurezza abitativa, della cura del territorio e delle aree urbane all'interno del Paese.

La strategia di riduzione del rischio sismico ai fini di protezione civile degli "standard minimi" è stata predisposta in coerenza con quanto previsto dall'Accordo di partenariato Italia 2014-2020 per quanto riguarda l'Obiettivo Tematico 5 (Promuovere l'adattamento al cambiamento climatico, la prevenzione e la gestione dei rischi). Essa è finalizzata ad assicurare un minimo livello standard di sicurezza del territorio ed a rafforzare la capacità istituzionale e rendere efficiente l'azione delle Regioni per la riduzione del rischio sismico vulcanico e idrogeologico ai fini di protezione civile.

Il percorso attuativo adottato si è articolato in sei fasi (Tabella 1-1):

1. Analisi dei fabbisogni e individuazione dei contesti territoriali
2. Analisi di Pericolosità
3. Analisi ed eventuale aggiornamento dei Piani di emergenza
4. Valutazione operatività del sistema di risposta in caso di emergenza
5. Programmazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di rischio e per il miglioramento dell'operatività del sistema di gestione dell'emergenza
6. Valutazione complessiva dell'efficacia degli interventi

FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6
Individuazione dei Contesti Territoriali (CT)	Analisi di Pericolosità	Analisi dei Piani	Valutazione operatività del CT	Programmazione interventi	Monitoraggio e Verifiche

Tabella 1-1 Le fasi del Progetto

L'intero percorso, pensato e realizzato secondo una struttura modulare, ha previsto all'interno di ogni fase l'elaborazione di basi dati e realizzazione di prodotti e linee guida propedeutiche alle fasi successive nonché la loro applicazione sperimentale nelle 5 Regioni coinvolte.

Nella **fase 1** vengono quantificati i fabbisogni relativi all'obiettivo generale e vengono definiti i Contesti Territoriali su cui operare. In altre parole, viene definita la dimensione territoriale migliore per la gestione delle emergenze e per la mitigazione dei rischi. La programmazione deve avere, come presupposto, cooperazione tra aree territoriali limitrofe (Contesti Territoriali),

in cui le attività di pianificazione e conseguente gestione dell'emergenza si possono esercitare in modo unitario, o in cui vi sia una sostanziale omogeneità di gestione del rischio, inteso nelle sue fasi di previsione, prevenzione e mitigazione, nonché nelle sue attività di tipo strutturale e non strutturale. Le informazioni e i dati utilizzati fanno principalmente riferimento ai Sistemi Locali del Lavoro (Istat, 2011), alle Unioni di comuni e ai Centri Operativi Misti (Direttiva DPC n. 1099 del 31.03.2015). L'intera metodologia per la definizione dei CT, i criteri utilizzati, e i dati di base utilizzati, sono descritti in un'apposita linea guida che è stata realizzata ([Report A1.1 “Linee Guida CT e CR parte prima e parte seconda”](#)) e report regionali **BAS, CAL, CAM, PUG, SIC - F1.1**) e i cui principi sono richiamati nella direttiva piani pubblicata il 30 aprile 2021. Oltre a ciò, la definizione di una dimensione territoriale fisica, rappresenta insieme a quella organizzativa una delle componenti su cui si fondano gli Ambiti Territoriali definiti nel Dlgs. 1/2018 “Codice della protezione civile”.

Nella **fase 2**, i contesti territoriali definiti sono stati analizzati dal punto di vista della pericolosità sismica, seguendo un processo che parte dalla pericolosità sismica di base e attraverso la valutazione degli effetti di amplificazione conduce alla definizione dello scuotimento atteso in corrispondenza degli oggetti del sistema minimo di gestione dell'emergenza del CT. Nelle valutazioni si tiene conto anche degli effetti sismoindotti che possono interferire con il sistema di gestione dell'emergenza come, ad esempio, le frane ed i fenomeni di liquefazione dinamica. Anche in questa fase, sono stati predisposti una serie di prodotti propedeutici alle analisi da compiere nelle fasi successive, alcuni dei prodotti sono stati oggetto di pubblicazioni scientifiche e sono state realizzate delle apposite linee guida a supporto delle Regioni ([Report A2.1, A2.2, A2.3, A2.4](#)).

Nella **fase 3** è stata effettuata una specifica analisi finalizzata alla valutazione dell'operatività dei piani di emergenza attraverso il rilevamento di tutti gli elementi strutturali non strutturali che concorrono alla gestione dell'emergenza post-evento. In linea con quanto espresso dal Codice di protezione civile (Dlgs 1/2018), secondo il quale la prevenzione rappresenta *“l'insieme delle attività di natura strutturale e non strutturale [...] dirette a evitare o a ridurre la possibilità che si verifichino danni consequenti a eventi calamitosi anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione”*, in questa fase vengono definiti sia gli elementi strutturali all'interno del CT, sia gli elementi non strutturali, ovvero l'insieme di tutte le risorse e delle procedure organizzative che servono alla corretta gestione dell'emergenza. Per quanto riguarda la **componente strutturale** è stata realizzata una LG per l'individuazione degli elementi strutturali minimi del CT (CLE di CT) ([Report CAM, PUG, SIC - F4.1 – Linee Guida Individuazione Elementi Strutturali minimi del Contesto Territoriale - LG CLE di CT](#)) la quale fornisce riferimenti e criteri per l'individuazione degli elementi fisici – edifici, aree, infrastrutture – che compongono il Sistema di gestione dell'emergenza del Contesto Territoriale (individuato come Sistema strutturale minimo di CT), operazione indispensabile e preliminare alla valutazione dell'operatività del Sistema tramite la determinazione dell'indice IOCT. Gli elementi sono selezionati tra quanto individuato nelle analisi CLE comunali e, in alcune specifiche condizioni, dagli strumenti di pianificazione e programmazione regionali. Le procedure descritte nelle Linee guida sono finalizzate a verificare la presenza e l'adeguatezza degli elementi strutturali minimi indispensabili per la gestione dell'emergenza a scala di Contesto Territoriale.

Per quanto riguarda la **componente non strutturale**, in conformità a quanto riportato nella Direttiva Piani - *“Indirizzi nazionali per la predisposizione dei piani di protezione civile ai diversi livelli territoriali”* - con lo scopo di rilevare tutte le informazioni riguardanti l'organizzazione, le procedure operative e le risorse disponibili attraverso una rilettura dei Piani di protezione civile, è stata realizzata una scheda di rilevamento (scheda PPC) ([Report A3.2](#)), compilabile attraverso una piattaforma web (webPPC – sistema per l'analisi dei Piani di Protezione Civile). L'analisi permette di avere un primo quadro orientativo sul livello qualitativo dei PPC, sulla distribuzione delle componenti non strutturali tra i Comuni appartenenti allo stesso CT, nonché di giungere ad una valutazione preliminare dei PPC analizzati (Fase 4 - [Report A4.3](#)).

Nella **fase 4** vengono messi a sistema le elaborazioni e i prodotti realizzati nelle fasi precedenti per giungere ad una misura della capacità operativa e prestazionale del Contesto Territoriale in risposta ad un evento sismico e vulcanico. Anche in questo caso, le valutazioni vengono fatte sia sulle componenti strutturali che su quelle non strutturali. Nel primo caso, la **valutazione dell'operatività strutturale** segue un percorso classico di valutazione delle componenti di pericolosità di base e locale ([Report A4.1 LG dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale - LG /OCT](#)), di valutazione degli elementi esposti ([Report A4.1 LG CLE-CT e softGOCT](#)) e della vulnerabilità ([Report regionali BAS F4.2; CAL, CAM, PUG, SIC – F4.3](#)) per giungere al calcolo dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale (IOCT) e della Classe di Operatività del CT (COCT) ([Report A4.1 – LG dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale e report regionali BAS, CAL, CAM, PUG – F4.2; SIC F4.4](#)).

La **valutazione non strutturale** parte dall'analisi dei Piani eseguita mediante la scheda di analisi (Fase 3 [Report A3.2](#)) a seguito della quale si definiscono criteri e metodi per la valutazione della pianificazione di emergenza comunale ed intercomunale. Sulla base delle misure rilevate attraverso la scheda PPC si definiscono punteggi e pesi da associare ad ognuno degli elementi rilevati in modo da classificare il Piano in termini di completezza e coerenza quantificati attraverso l'Indice di Qualità dei Piani ([Report A4.3](#)). I valori per singolo Piano, ovvero per singolo Comune, sono successivamente aggregati per Contesto Territoriale al fine di avere una valutazione dello stato della pianificazione di protezione civile e della capacità organizzativa a scala di CT.

Nella **fase 5** sono stati definiti modelli e metodologie convenzionali per valutare il miglioramento dell'Operatività del sistema di gestione dell'emergenza di un Contesto Territoriale. In particolare sono definiti modelli di mitigazione/intervento per ogni singolo oggetto del sistema con la finalità di produrre scenari di miglioramento/passaggio di classe di operatività COCT ([Report A4.1 - Linee Guida dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale](#)) e quantificazione di massima della spesa economica associata al suddetto passaggio di classe. Gli interventi di mitigazione sono riferibili alle macrocategorie di elementi costituenti il sistema di gestione dell'emergenza, nella fattispecie agli Edifici Strategici per il coordinamento, per il soccorso operativo ed il soccorso sanitario, alle infrastrutture di connessione per possibili interruzioni di servizio per frane, liquefazione, ricaduta di cenere vulcanica o per crollo di edifici interferenti. Agli interventi tipologici sono successivamente associati i costi parametrici per la valutazione economica del miglioramento dei singoli oggetti e, quindi, dell'intero sistema di gestione dell'emergenza ([Report A4.1 - Linee Guida dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale](#)). La combinazione delle diverse strategie di miglioramento adottabili insieme ad alla valutazione in termini di benefici/costi degli interventi, rappresentano un utile strumento decisionale per la programmazione di interventi strutturali di miglioramento della capacità operativa del sistema di gestione dell'emergenza del Contesto territoriale.

La **fase 6**, rappresenta la fase di monitoraggio e verifica che si realizza mediante il calcolo di tutta una serie di indicatori, dal livello comunale a quello di Contesto Territoriale ([Report regionali BAS, CAL, CAM, PUG, SIC – F6.1](#)), che sono diagnostici dello stato di efficienza, delle risorse fisiche e organizzative disponibili e del contesto fisico/antropico (scenario) del CT analizzato, per giungere a valutazioni della performance del sistema di gestione delle emergenze ([Report di progetto A6.1](#)). Per la consultazione degli indicatori è stato progettato e realizzato ([Report di progetto A6.2; A6.3](#)) un sistema di visualizzazione su piattaforma web raggiungibile al link <http://indicatori.govrisv.cnr.it>.

Nel presente documento sono sintetizzate le principali attività svolte dalla Struttura Tecnica di Supporto (STS) per la Regione Campania e che hanno portato alla definizione dei Contesti Territoriali nella Regione ed all'applicazione sperimentale delle metodologie.

2 Il percorso per la definizione dei Contesti Territoriali nella Regione Campania

Come previsto dalla fase 1 della struttura del programma PON, La metodologia per l'individuazione dei **Contesti Territoriali (CT)** e dei relativi **Comuni di Riferimento (CR)**¹ ([Report di progetto A1.1 “Linee Guida CT e CR parte prima” e “parte seconda” applicazione alla Regione Campania](#)), prende in considerazione le Unioni di Comuni, le aree afferenti ai Centri Operativi Misti (COM) e i Sistemi Locali del Lavoro (Istat, 2011), analizzando le relazioni esistenti, sia in termini di perimetrazione che di Comuni “rilevanti”, ed effettua verifiche in termini di raggiungibilità della popolazione, con il sistema dei limiti amministrativi delle province e delle aree metropolitane, con le zone di allerta, con i bacini idrografici e con alcune mappe di pericolosità.

Il processo, distinto in 4 fasi (Figura 2-1), parte dalla geografia dei SLL 2011, i quali vengono analizzati in base ai confini regionali e alla popolazione residente (Fase A); si prosegue con la verifica di coerenza con le Unioni di Comuni, la coerenza con il valore standard di 30.000-35.000 abitanti, previsto dalla Direttiva n. 1099 del 31.03.2015 per l'individuazione dei Centri Operativi Misti e l'eventuale utilizzo del sistema dei COM per ulteriori definizioni dei confini (Fase B); quindi vengono individuati i CR (Fase C). Seguono le verifiche circa il “tempo di percorrenza”, ossia la raggiungibilità dei territori all'interno dei Contesti Territoriali, in linea con quanto previsto dalla Direttiva n. 1099 del 31.03.2015 per il raggiungimento delle aree afferenti ad una sede COM e le verifiche di sovrapposizione con altri sistemi territoriali: i limiti amministrativi provinciali e delle aree metropolitane, le zone di allerta, i bacini idrografici e alcune mappe di pericolosità (Fase D).

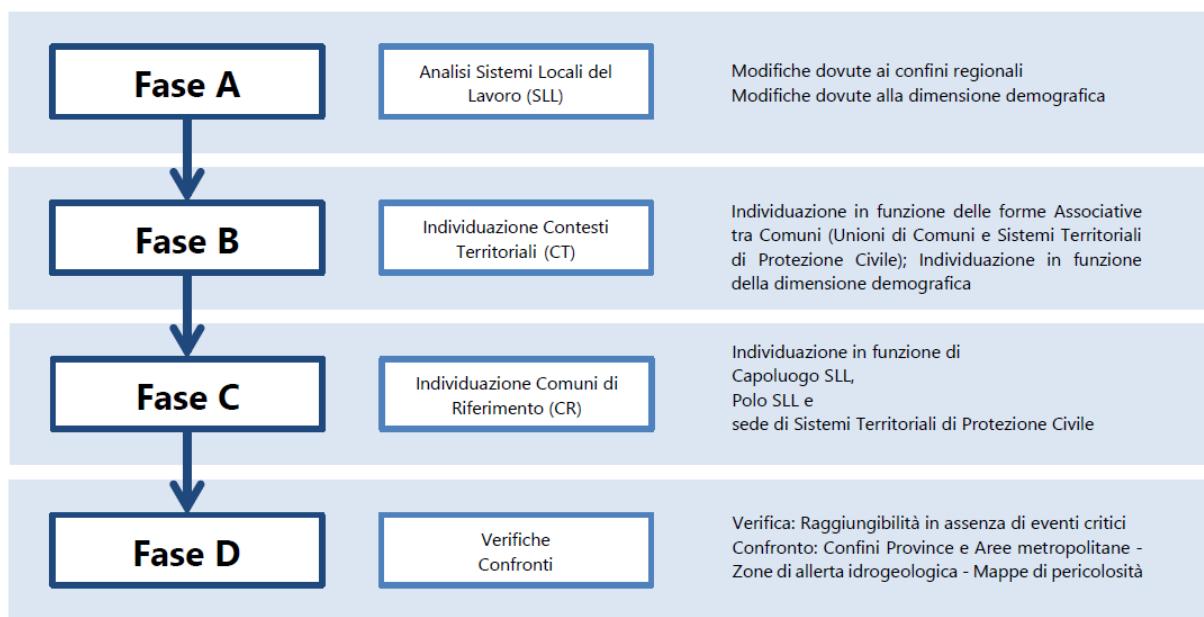


Figura 2-1 Schema riassuntivo della metodologia di individuazione dei CT e dei relativi CR.

¹ I Comuni di Riferimento (CR) sono identificati come realtà urbane rilevanti per il contesto al quale appartengono e che quindi assumono un carattere prioritario ai fini della programmazione degli interventi, a partire dalle principali geografie dei sistemi territoriali esistenti a livello nazionale e regionale.

Il processo di definizione dei Contesti Territoriali nella Regione Campania, si è svolto attraverso la stretta collaborazione tra la STS del CNR-IGAG, i referenti del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale ed il *GdL* regionale coordinato dall'Ing. Mauro Biafore. Nel corso delle diverse riunioni intercorse sono stati ampiamente discussi i criteri di base per la definizione delle aggregazioni di Comuni, e messi a confronto con ipotesi alternative suggerite dalla *GdL* regionale. Il costruttivo e continuo confronto ha permesso in alcuni casi di modificare e adattare i criteri di base della metodologia per la definizione dei CT ([Report A1.1 "Linee Guida CT e CR parte prima"](#)) alle esigenze ed alle condizioni territoriali riscontrate nelle Regioni. A partire da gennaio 2020 la Regione ha avviato un percorso di concertazione coinvolgendo l'ANCI e le Prefetture attraverso l'organizzazione di diversi incontri. In articolare 4 sono stati gli incontri con i rappresentati delle 5 Prefetture Regionali (gennaio 2020, febbraio 2020, ottobre 2020 marzo 2021) le quali, in più occasioni, hanno inviato le loro osservazioni sui criteri di aggregazione dei Comuni (Le osservazioni e le relative istruttorie sono consultabili sul [Report di progetto CAM F1.1](#)) insieme alle proposte di modifica dei perimetri.

A seguito dell'ultimo incontro svolto il 16 marzo 2021, è stata elaborata, l'ultima revisione del documento "Linee Guida Contesti Territoriali e Comuni di Riferimento – Regione Campania", nel quale è riportata la configurazione definitiva dei 60 Contesti Territoriali della Regione Campania. Tale ultima revisione ha portato all'individuazione di 60 Contesti Territoriali e 60 Comuni di Riferimento (Figura 2-2):

CT	Comune di Riferimento (CR)	Tipo CR	Popolazione 2011	Superficie 2011 [km ²]	Numero di Comuni
150100	CASERTA	Capoluogo SLL + Sede COM	115369	95.99	5
150101	MADDALONI	Polo SLL + Sede COM	84068	107.26	6
150102	MARCIANISE	Polo SLL + Sede COM	104945	56.58	7
150200	MONDRAGONE	Capoluogo SLL + Sede COM	133764	403.88	11
150301	CAIAZZO	Sede COM	21613	225.03	9
150300	PIEDIMONTE MATESE	Capoluogo SLL + Sede COM	44635	582.08	19
150400	SESSA AURUNCA	Capoluogo SLL + Sede COM	49527	316.61	5
150500	TEANO	Capoluogo SLL + Sede COM	36396	228.26	9
150501	VAIRANO PATENORA	Polo SLL	32875	390.19	13
150600	BENEVENTO	Capoluogo SLL + Sede COM	104860	525.52	20
150601	SAN GIORGIO DEL SANNIO	Sede COM	30894	166.02	9
150800	MONTESARCHIO	Capoluogo SLL + Sede COM	50245	184.52	11
151000	SAN BARTOLOMEO IN GALDO	Capoluogo SLL + Sede COM	12996	304.59	7
151100	SAN MARCO DEI CAVOTTI	Capoluogo SLL + Sede COM	27416	482.73	13
151200	TELESE TERME	Capoluogo SLL + Sede COM	55910	405.16	18
151300	CAPRI	Capoluogo SLL + Sede COM	14150	10.48	2
151400	CASTELLAMMARE DI STABIA	Capoluogo SLL + Sede COM	151195	90.86	8
151600	ISCHIA	Capoluogo SLL + Sede COM	64028	46,37	6
151701	AFRAGOLA	Sede COM (con ES)	252788	92.13	4
151702	AVERSA	Polo SLL + Sede COM	223642	96.23	14
151703	FRATTAMAGGIORE	Polo SLL (con ES)	239784	58	10
151704	GIULIANO IN CAMPANIA	Sede COM (con ES)	322807	137.02	7
151700	NAPOLI	Capoluogo SLL + Sede COM	978399	118.46	1
151705	POLLENA TROCCHIA	Presenza ES	301312	86.68	11
151706	POZZUOLI	Polo SLL + Sede COM	172700	78.67	5

CT	Comune di Riferimento (CR)	Tipo CR	Popolazione 2011	Superficie 2011 [km ²]	Numero di Comuni
151707	SANTA MARIA CAPUA VETERE	Polo SLL + Sede COM	77780	137.29	6
151800	NOLA	Capoluogo SLL + Sede COM	131389	155.9	15
151801	SOMMA VESUVIANA	Sede COM	102028	72.59	6
151900	SAN GIUSEPPE VESUVIANO	Capoluogo SLL	102496	78.13	5
152000	SORRENTO	Capoluogo SLL + Sede COM	82218	72.54	6
152102	SCAFATI	Presenza ES	50942	19.79	1
152101	TORRE ANNUNZIATA	Polo SLL + Sede COM	116062	44.82	5
152100	TORRE DEL GRECO	Capoluogo SLL + Sede COM	86793	30.48	1
152200	ARIANO IRPINO	Capoluogo SLL + Sede COM	33672	392.61	8
152201	GROTTAMINARDA	Polo SLL (con ES)	46489	317.91	16
152301	ATRIPALDA	Polo SLL + Sede COM	91955	564.63	34
152300	AVELLINO	Capoluogo SLL + Sede COM	166493	416.66	32
152400	SANT'ANGELO DEI LOMBARDI	Capoluogo SLL + Sede COM	40046	625.33	17
152500	SOLOFRA	Capoluogo SLL + Sede COM	32173	61.99	2
152600	VALLATA	Capoluogo SLL + Sede COM	17108	408.84	9
152800	AMALFI	Capoluogo SLL	30088	85.64	11
153000	BATTIPAGLIA	Capoluogo SLL + Sede COM	86963	204.95	5
153100	BUCCINO	Capoluogo SLL + Sede COM	25944	382.58	11
153200	CAMEROTA	Capoluogo SLL	15522	167.42	4
153300	CAPACCIO	Capoluogo SLL	38034	227.68	4
153400	CASTELLABATE	Capoluogo SLL	13813	90.15	4
153500	EBOLI	Capoluogo SLL	62570	386.61	4
153600	NOCERA INFERIORE	Capoluogo SLL	103482	62.72	5
153700	OLIVETO CITRA	Capoluogo SLL + Sede COM	15104	219.63	7
153800	PADULA	Capoluogo SLL + Sede COM	18535	353.68	5
153900	PAGANI	Capoluogo SLL	91631	44.66	5
154100	ROCCADASPIDE	Capoluogo SLL + Sede COM	22913	613.51	16
154200	SALA CONSILINA	Capoluogo SLL	41199	360	9
154301	CAVA DE' TIRRENI	Presenza ES	64238	50.73	3
154302	MERCATO SAN SEVERINO	Presenza ES	71167	122.59	6
154303	PONTECAGNANO FAIANO	Polo SLL (con ES)	64501	222.21	7
154300	SALERNO	Capoluogo SLL + Sede COM	135603	59.5	1
154400	SAPRI	Capoluogo SLL	32527	470.94	15
154500	SARNO	Capoluogo SLL + Sede COM	42303	48.89	2
154600	VALLO DELLA LUCANIA	Capoluogo SLL + Sede COM	81430	726.3	33

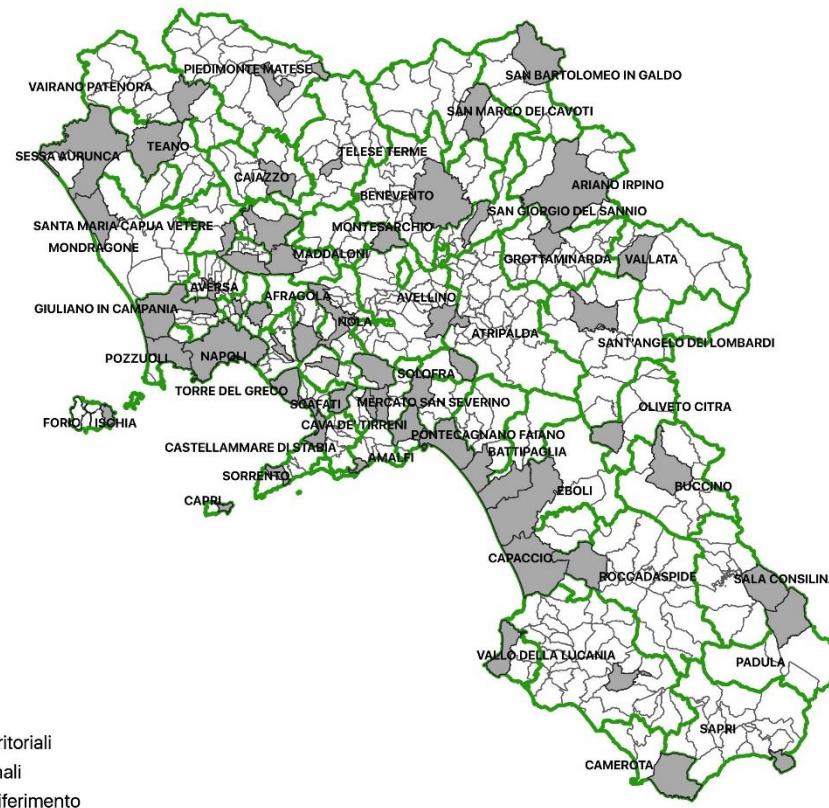


Figura 2-2 – Contesti Territoriali e Comuni di Riferimento

Per la descrizione dettagliata dell'applicazione della metodologia di definizione dei CT e CR per la Regione Campania, si rimanda al [Report di progetto CAM F1.1](#).

Nel mese di ottobre 2021, con [DGR 422 del 05/10/2021](#) recante “*D.lgs. 2 gennaio 2018, n. 1. Legge regionale 22 maggio 2017, n. 12. Individuazione dei Contesti territoriali e relativi comuni di riferimento, propedeutici all'individuazione degli Ambiti territoriali e organizzativi ottimali di protezione civile della regione Campania.*”, la Regione Campania ha approvato il documento “*PON GOVERNANCE 2014 – 2020 - Riduzione del Rischio ai fini di Protezione Civile - Linee Guida Contesti territoriali e Comuni di Riferimento – Regione Campania*”.

3 Individuazione dei sistemi per la gestione dell'emergenza. La CLE di CT dei CT sperimentali

Tale attività si colloca nell'ambito delle attività previste dalla fase 3 del PON, dedicata all'analisi della Condizione limite per l'emergenza, ed ha l'obiettivo di definire gli elementi di base per la fase 4 (valutazione dell'operatività del sistema strutturale di gestione dell'emergenza sismica del Contesto Territoriale). In particolare il sistema di gestione dell'emergenza di un CT Territoriale (individuato come Sistema strutturale minimo di CT) comprende gli elementi fisici – edifici, aree, infrastrutture – (Figura 3-1) funzionali ad assicurare la gestione dell'emergenza nel CT stesso in caso di evento sismico. La gestione

dell'emergenza viene individuata sulla base di quanto deriva dalla definizione di CLE e alla luce delle definizioni del Dlgs 1/2018 ed è qui intesa solo per quanto compete agli elementi strutturali, limitandosi a identificare gli elementi fisici che permettono di svolgere le funzioni essenziali per la gestione dell'emergenza stessa e la cui individuazione è mutuata dai principi di base dell'analisi della CLE comunale. Gli elementi sono selezionati tra quanto individuato nelle analisi CLE comunali e, in alcune specifiche condizioni, dagli strumenti di pianificazione e programmazione regionali ([Report di progetto CAM F4.2](#)).

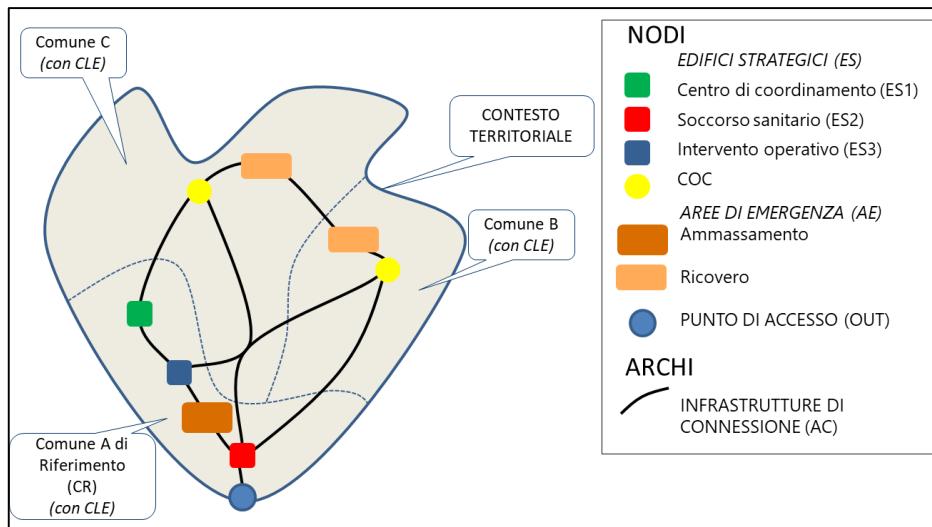


Figura 3-1 Il portafoglio degli oggetti costituenti il sistema di emergenza strutturale del CT

I criteri ed i riferimenti da seguire per l'individuazione degli elementi fisici sono forniti dalle *"Linee Guida Individuazione Elementi Strutturali minimi del Contesto Territoriale (CLE di CT)"* ([Report di progetto CAM F4.1 LG CLE-CT](#)), nella quale la procedura descritta è finalizzata a verificare la presenza e l'adeguatezza degli elementi strutturali minimi indispensabili per la gestione dell'emergenza a scala di Contesto Territoriale. Nella LG non si definisce un percorso progettuale, ma, in primo luogo, una modalità di selezione critica degli elementi individuati nei documenti già esistenti. In ogni caso, sono fornite indicazioni per individuare *ex novo* eventuali elementi essenziali mancanti o inadeguati.

Nella fattispecie il sistema minimo di gestione dell'emergenza di un CT comprende (Figura 3-1):

- **Edifici strategici (ES);**
- **Aree per l'emergenza (AE);**
- **Infrastrutture di accessibilità e connessione (AC).**

- Per **Edifici strategici** rilevanti alla scala di CT si intendono gli **edifici ospitanti funzioni strategiche fondamentali**, come individuati nell'articolo 18 dell'OPCM 4007:
 - Edificio di **coordinamento interventi** a scala di CT (ES1 di CT) individuato nel Comune di Riferimento del CT (CR);
 - Edificio per il **soccorsa sanitario** (ES2) di riferimento per il CT;
 - Edificio per l'**intervento operativo** (ES3 – Vigili del Fuoco) di riferimento per il CT;
 - Edifici con funzione di coordinamento degli interventi comunali (Centri Operativi Comunali - COC) dei comuni appartenenti al CT

Per gli ES, quindi, sono considerati: **3 edifici strategici fondamentali per l'intero CT** oltre ad un numero di **ES1 comunali pari al numero dei Comuni del CT** diversi dal CR.

- Per **Arene di emergenza**, in questo ambito, si intendono:
 - un'area di ammassamento del CT;
 - un'**area di ricovero** per ognuno dei Comuni appartenenti al CT.
- Per **Infrastrutture di accessibilità e connessione** si indicano:
 - le infrastrutture di connessione tra gli elementi ES e AE definiti ai punti precedenti (AC_conn);
 - le infrastrutture di accessibilità al / dal CT rispetto alla viabilità territoriale superiore (AC_acc).

Per la Regione Campania il primo Contesto Territoriale Pilota selezionato per le applicazioni sperimentali è il CT di Vallata (AV). Per ogni elemento (ES, AE) è stata effettuata una verifica preliminare sulla base degli indirizzi forniti dalle Linee Guida della CLE di CT ([Report di progetto CAM FA4.1 Linee Guida Individuazione Elementi Strutturali minimi del Contesto Territoriale – LG CLE di CT](#)). Nello specifico sono state effettuate delle verifiche rispetto ai seguenti ambiti:

- A. Instabilità
- B. Funzione
- C. Requisiti funzionali
- D. Condizioni d'uso e disponibilità
- E. Proprietà e vincoli

La tabella seguente riporta l'esito delle verifiche dei requisiti condotte sugli ES selezionati (Tabella 3-1).

ES 001 CLE CT Municipio di Vallata, Viale Kennedy 1				
Requisito	Verifiche			
A instabilità	Arene instabili	no	✓	
	PAI	-		
B funzione	Più elevato livello dell'AMM.Pubb	sì, Municipio	✓	
C requisiti funzionali e dimensionali	Dimensioni minime (300 mq)	si	✓	
	Spazi e impianti	-		
D Condizioni d'uso e disponibilità	Uso ordinario attuale definito	si	✓	
E Proprietà e vincolo	Proprietà pubblica	si	✓	

ES002 CLE CT Ospedale nuovo di Bisaccia, Via G. Guglielmo				
Requisito	Verifiche			
A instabilità	Arene instabili	no	✓	
	PAI	-		
B funzione	Più elevato livello dell'AMM.Pubb	-		
C requisiti funzionali e dimensionali	Dimensioni minime (mq)	si	✓	
	Spazi e impianti	-		
D Condizioni d'uso e disponibilità	Uso ordinario attuale definito	si	✓	
E Proprietà e vincolo	Proprietà pubblica	si	✓	

ES003 CLE CT Distaccamento VV.F Sud Italia, Via Virgilio 100 Bisaccia

Requisito	Verifiche		
A instabilità	Arearie instabili	no	✓
	PAI	-	
B funzione	Più elevato livello dell'AMM.Pubb	Caserma	✓
	Dimensioni minime (mq)	si	✓
C requisiti funzionali e dimensionali	Spazi e impianti	-	
	Uso ordinario attuale definito	si	✓
E Proprietà e vincolo	Proprietà pubblica	si	✓

Tabella 3-1 Verifica dei requisiti degli ES da LG CLE di CT

La Tabella 3-2 riporta invece l'elenco delle aree di emergenza selezionate secondo i seguenti criteri di verifica ([Report di progetto CAM FA4.1 Linee Guida Individuazione Elementi Strutturali minimi del Contesto Territoriale - CLE di CT](#)):

- Identificazione da scheda AE di AE per ammassamento (campo 8) di maggiori dimensioni su tutte le schede dei Comuni (campi 13, 14 e 15);
- Identificazione area di proprietà pubblica di dimensioni pari o superiori a 25000 mq e rispondente ai criteri generali Direttiva 1099/2015, punto 3; Manuale CLE, Scheda AE, sezione 2.3.2, istruzioni per campo 8;
- Identificazione da schede AE di AE per ricovero (campo 8) di maggiori dimensioni per ciascun Comune (campi 13, 14 e 15);
- Identificazione di un'area di proprietà pubblica e rispondente ai criteri generali Direttiva 1099/2015, punto 3.3 - Manuale CLE, sezione 2.3.2 campo 8;

COMUNE	RIFERIMENTO (CLE, PIANO DI EMERGENZA COMUNALE)	N. AE SELEZIONATE	TIPO AE presenti
Andretta	CLE validata	1	<ul style="list-style-type: none"> • campo sportivo 7674 mq, tipo 1 AE amm, non selezionata • Area PIP 6790 mq, tipo 3 AE mista, selezionata
Aquilonia	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Campo da calcio e area antistante 12024 mq, tipo 3, AE mista, selezionata
Bisaccia	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Campo da calcetto coperto Aldo Scotece, 15120 mq, tipo 3, AE mista, selezionata
Lacedonia	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Largo Poste e parcheggio ex Istituto Magistrale 1384 mq, non selezionata • Campo sportivo, 6369 mq, tipo 1, AE amm, selezionata

COMUNE	RIFERIMENTO (CLE, PIANO DI EMERGENZA COMUNALE)	N. AE SELEZIONATE	TIPO AE presenti
Monteverde	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Area protezione civile, 2394 mq, AE mista tipo 3, selezionata
Scampitella	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Piazzale Padre Pio, 1741 mq, AE mista, tipo area 3, selezionata
Trevico	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Campo sportivo, 4824 mq tipo 2, AE ricovero, selezionata • Area antenne 7776 mq, AE amm, tipo area 1, non selezionata
Vallesaccarda	CLE in validazione	1	<ul style="list-style-type: none"> • Area senza nome, 1657 mq, tipo 3, AE mista, selezionata
Vallata (CR)	CLE in validazione	2	<ul style="list-style-type: none"> • Campo Sportivo San Vito, 5100 mq tipo 2, AE ricovero, selezionata • Area Industriale PIP Maggiano; 39455 mq (verificato maggiore di 25000 mq), AE ammassamento, tipo area 1, selezionata

Tabella 3-2 AE da analisi delle CLE comunali

In Figura 3-2 è riportato il Sistema strutturale minimo del CT di Vallata.

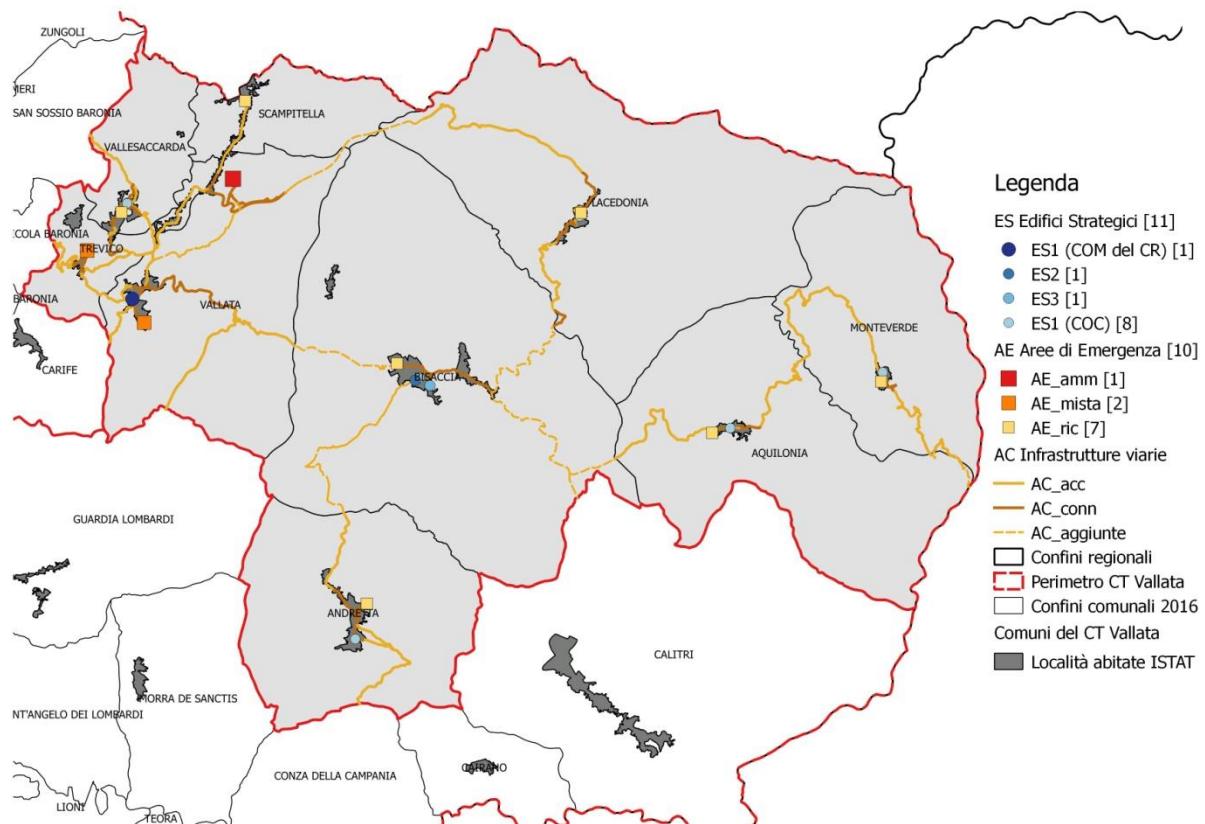


Figura 3-2 Grafo della CLE di CT di "Vallata"

3.1 Grafo Ottimale del Contesto Territoriale e software GOCT

GOCT è un software realizzato con lo scopo di automatizzare la costruzione del grafo del sistema minimo di gestione dell'emergenza per un Contesto Territoriale implementando i criteri definiti e riportati nelle Linee Guida per la costruzione della CLE di CT ([Report di progetto CAM F4.1 Linee Guida Individuazione Elementi Strutturali minimi del Contesto Territoriale - CLE di CT](#)). In Particolare il software, partendo dai nodi strategici della rete di emergenza – edifici, aree, nodi di accesso al CT - e dalle infrastrutture di connessioni ed accessibilità presenti negli studi di CLE Comunali, è in grado costruire un grafo ottimale di connessione tra gli elementi in relazione a variabili quali: i) il tempo di percorrenza; ii) percorsi ridondanti; iii) tempo di rientro, ovvero il tempo necessario a collegare 2 nodi simulando interruzioni stradali; iv) interruzioni per pericolosità sismica, vulcanica, idrogeologica (grafo ottimale multi-pericolosità). Per approfondimenti si rimanda ai [report di progetto CAM F4.1; CAM F4.2](#). con gli esempi di grafo ottimale per i CT pilota della Regione Campania.

4 Valutazione dell'operatività strutturale del Contesto Territoriale.

Nell'ambito della fase 4 del PON Governance, rischio sismico e vulcanico, all'individuazione dei Contesti Territoriali Regionali (§2), ed alla selezione del CT pilota (§3) sul quale avviare le attività di sperimentazione, ha fatto seguito la “valutazione di operatività strutturale” che comprende le seguenti componenti e fasi, ognuna declinata attraverso uno specifico modello metodologico (Report di Progetto: A4.1 Linee guida dell'indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale IOCT e CAM F4.2):

Componente Pericolosità

- Sismica: con modelli ufficiali di base dell'INGV amplificati per mezzo di una nuova carta nazionale del fattore di amplificazione stratigrafica ottenuta a partire dal database della Microzonazione Sismica. Cosismica (Frane e Liquefazione): con modelli di regressione logistica già utilizzati dall'USGS utilizzando il trigger della pericolosità sismica amplificata;
- Vulcanica (fenomeno della ricaduta di ceneri e di flussi piroclastici)
- Idrogeologica (frane e inondazioni)

Dovendo valutare sistemi a rete distribuiti spazialmente, in linea generale la pericolosità è trattata in maniera stocastica tenendo conto della correlazione spaziale delle misure di intensità e la loro cross correlazione (cfr. software Openquake, GEM, 2020; letteratura sulle Shakemap <http://shakemap.rm.ingv.it/shake/>).

Componente Esposizione

Il modello dell'esposto è un sistema a rete distribuito spazialmente costituito da nodi (edifici strategici, aree di emergenza, ecc.) e da archi (infrastrutture di collegamento).

Un algoritmo originale (soft_GOCT - §3.1) è in grado di trovare i k percorsi ottimali (in termini di efficienza) tra i nodi del sistema per ogni pericolosità ed effettuare successivamente una selezione in termini multi-pericolosità. La perturbazione della connessione è trattata in termini di impedenza di sistema (Boeing, 2018).

Componente Vulnerabilità

- Edifici strategici fondamentali: Caratterizzazione dinamica degli edifici e determinazione delle curve di fragilità attraverso la metodologia SMAV (Spina et al., 2018). Tale fase ha previsto la messa in campo di un piano di indagine per la definizione delle caratteristiche modali, quali forme modali e frequenze fondamentali, della struttura nella sua configurazione di esercizio. Per il CT pilota di Vallata, gli ES oggetto di campagna di indagine per l'identificazione dinamica sono stati:
 - ES1 - COM del Comune di Vallata
 - ES2 - Presidio Ospedaliero di Vallata
 - ES3 - Caserma dei VVF
- Edifici residenziali: con curve di fragilità ricavate da una metodologia semplificata (“Sismabonus”, da DM MIT 58 del 28.02.2017 fino a DM MIT del 06-08-2020).

Le curve di fragilità vengono sempre supportate da modellazioni numeriche avanzate e da confronti con curve di letteratura (Syner-g in Pitilakis et al. 2014; SERA, 2020). In particolare la modellazione numerica degli ES è stata eseguita tramite opportuni software e approcci di modellazione quali elementi finiti, macro-elementi discreti e modelli semplificati. Le caratteristiche modali definite in fase di misura hanno permesso di calibrare i modelli numerici e renderli coerenti con la struttura in una condizione di risposta elastica. L'analisi della struttura ha previsto quindi la calibrazione, come già accennato, del modello matematico tale che le caratteristiche modali simulate numericamente fossero congruenti con quelle rilevate in situ. I modelli si sono avvalsi di diverse ipotesi di base tali da simulare anche il comportamento non lineare della struttura esplicitato in occasione di azioni sismiche. Questi approcci possono essere di tipo equivalente o esplicito. Non sono state previste ulteriori indagini conoscitive sulle caratteristiche meccaniche dei materiali di costruzione. Queste ultime sono state considerate secondo approcci probabilistici (per approfondimenti si rimanda al [Report di progetto CAM F4.3](#)).

Valutazione di operatività

L'indice IOCT è definito, per un dato periodo di ritorno (TR), come il rapporto tra l'efficienza della rete a seguito di un evento sismico e l'efficienza della rete in condizioni di servizio: questo parametro misura la perdita di operatività attesa nel sistema di gestione strutturale dell'emergenza a seguito del manifestarsi di un evento sismico corrispondente al periodo di ritorno dell'evento stabilito. Tale determinazione finale di operatività strutturale è stata trattata con i teoremi della probabilità condizionata con riferimento a tutti i possibili scenari stocastici per tutti i nodi vulnerabili del sistema (edifici, aree di emergenza, infrastrutture) riferiti a 2 periodi di ritorno pari a 100 e 475 anni. Così facendo ad ogni Contesto Territoriale può essere associato un **Indice di Operatività (IOCT) (variabile tra 0 e 1)** ed una **Classe di Operatività (COCT) (suddivisa in 5 classi: A, B, C, D, E)** riproponendo in chiave territoriale il modo di operare del c.d. "Sismabonus" (da DM MIT 58 del 28.02.2017 fino a DM MIT del 06-08-2020). Per tutte queste analisi è stato predisposto un software *stand alone* in Matlab denominato **SOFT_IOCT** ([Report di progetto A4.1 LG IOCT](#)). Oltre alla definizione di un indice che misura la performance globale del sistema, ottenuto dall'opportuna combinazione di tutte le probabilità di operatività degli oggetti nelle varie simulazioni, sono state valutate anche le prestazioni delle singole classi di oggetti (ES, COC, AE, AC) per mezzo degli indici di operatività delle singole componenti del sistema in forma disaggregata. Queste valutazioni sono state effettuate imponendo, di volta in volta, l'unica categoria di elementi vulnerabili come quella della quale si vuole calcolare l'indice disaggregato (Figura 4-1).

Nelle tabelle di seguito ed in Figura 4-1 sono esposti i risultati preliminari relativi al CT di Vallata per il tempo di ritorno di 475 anni. Per approfondimenti si rimanda ai [report di progetto A4.1 LG IOCT; CAM F4.2](#).

TR 475 anni

	INDICE	CLASSE
Componenti del sistema di gestione dell'emergenza	<i>ES fondamentali</i>	0.21 D
	<i>Area di ammassamento</i>	1.00 A
	<i>Edifici COC</i>	0.54 C*
	<i>Aree di ricovero</i>	0.94 A
	<i>Connessioni</i>	0.93 A
	<i>Out</i>	1.00 A

	IOCT	COCT
Contesto Territoriale	0.44	B

CLASSE	INDICE
A	0.8 - 1.0
B	0.6 - 0.8
C	0.4 - 0.6
D	0.2 - 0.4
E	0 - 0.2

Legenda per le componenti

COCT	IOCT
A	0.60 - 1.00
B	0.35 - 0.60
C	0.15 - 0.35
D	0.05 - 0.15
E	0 - 0.05

Legenda per l'indice globale

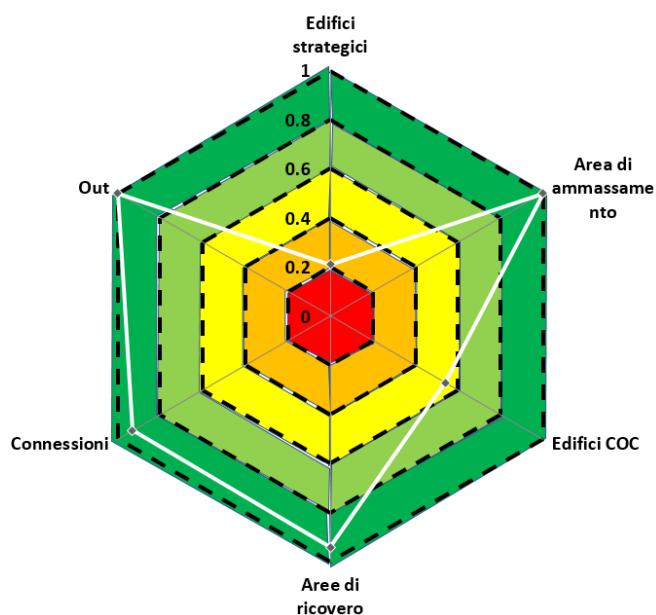


Figura 4-1 Rappresentazione su grafico a radar degli indici delle singole componenti (TR 475 anni).

5 Valutazione dell'operatività non strutturale nei contesti territoriali sperimentali

Alle componenti strutturali/fisiche minime necessarie alla gestione dell'emergenza di un contesto territoriale, si affiancano quelle non strutturali legate al modello organizzativo ed alle procedure. Il Piano di protezione civile è lo strumento che regola l'operatività dell'intero sistema di gestione delle emergenze e che definisce in anticipo gli scenari di rischio attesi, gli attori coinvolti, le procedure di intervento, le risorse necessarie e disponibili. L'analisi attraverso la rilettura dei piani comunali e la successiva valutazione, dalla scala comunale fino a quella di Contesto Territoriale, permette di avere un quadro conoscitivo sulla distribuzione delle componenti non strutturali tra i Comuni appartenenti allo stesso CT, nonché di giungere ad una valutazione dello stato della pianificazione di protezione civile e della capacità organizzativa a scala di CT.

La metodologia per l'analisi e la valutazione del Piano ([Report di progetto A3.2 “Definizione di linee guida per l'analisi della pianificazione dell'emergenza”](#) e [A4.3 “Definizione di linee guida per un modello di valutazione standard della pianificazione di emergenza”](#)) si basa sulla “content analysis” (analisi dei contenuti), procedura comunemente utilizzata nel campo degli studi sociali, con l'obiettivo di generare dati quantitativi a partire dal contenuto di documenti come articoli di giornale, discorsi ed anche video (Krippendorff, 2004). Tale metodologia successivamente è stata applicata anche alla valutazione degli strumenti di pianificazione: il Piano diventa l'unità di analisi in cui andare a verificare la presenza o l'assenza o la consistenza di determinati elementi specifici (parole, tabelle, mappe, ecc.) (Berke e Godschalk, 2009). Gli elementi del Piano, identificati con l'ausilio di un protocollo standardizzato, vengono raggruppati per insiemi coerenti, corrispondenti in letteratura alle caratteristiche di qualità del piano, e ad esso viene associato un punteggio con delle apposite regole. Successivamente il punteggio viene aggregato per caratteristiche e in alcuni casi per l'intero piano (Ward & Stevens, 2014).

Il metodo proposto si articola in due fasi e sottofasi:

1. Fase di analisi ([Report di progetto A3.2; CAM F3.1](#))
 - a. Definizione di un protocollo standard, per il rilevamento dei dati;
 - b. Definizione delle istruzioni di compilazione, tali da minimizzare gli errori di interpretazione personale;
 - c. Valutazione dell'affidabilità del protocollo e delle relative istruzioni.
2. Fase di valutazione ([Report di progetto A4.3; CAM F3.1](#))
 - a. Definizione delle caratteristiche di qualità di un Piano di Protezione Civile;
 - b. Definizione delle regole di assegnazione dei punteggi
 - c. Definizione delle regole per l'aggregazione dei punteggi
 - d. Sperimentazione

Per ogni Contesto Territoriale, e qui nella fattispecie per il **CT di Pozzuoli**, i dati informativi per la prima fase di analisi sono stati raccolti attraverso una scheda di analisi strutturata nelle seguenti sezioni:



Alla fase di analisi è seguita la fase di valutazione attraverso la definizione delle caratteristiche di qualità di un Piano di Protezione Civile, a ciascuna della quale corrispondono più elementi di valutazione. La tabella in basso riporta lo schema riassuntivo di tali caratteristiche.

	Caratteristiche di qualità del Piano	Numero elementi	
Qualità del Piano di Protezione Civile	Caratteristiche Interne del Piano	Fattori di Base per l'inquadramento del territorio	9
		Fattori di Base per la definizione degli scenari di Rischio	12
		Modalità di attuazione e organizzazione	24
		Procedure operative	13
		Coerenza interna	4
	Caratteristiche Esterne del Piano	Comunicazione	23
		Coordinamento inter-organizzativo	6
		Conformità	7

A ciascun elemento è stato assegnato un punteggio (0 - elemento assente; 1 - elemento parzialmente presente nel piano; 2 - elemento completamente presente nel piano) e successivamente calcolato un indice aggregato per caratteristiche di qualità. I valori ottenuti per ogni caratteristica vengono a loro volta aggregati, attraverso una media semplice, per l'intero Piano per il calcolo degli **Indicatori di qualità delle Caratteristiche Interne ed Esterne del Piano** e complessivamente per il calcolo dell'indicatore di **Qualità del Piano di Protezione Civile**.

A titolo di esempio vengono riportati di seguito le tabelle e le mappe di sintesi di valutazione dei piani per il **CT di Pozzuoli** secondo gli indici aggregati per caratteristiche di qualità (Tabella 5-1) e, a loro volta, per caratteristiche interne ed esterne (Tabella 5-2 - Figura 5-1). Per maggiori dettagli si rimanda ai [report di progetto A3.2, A4.3 e CAM F3.1](#).

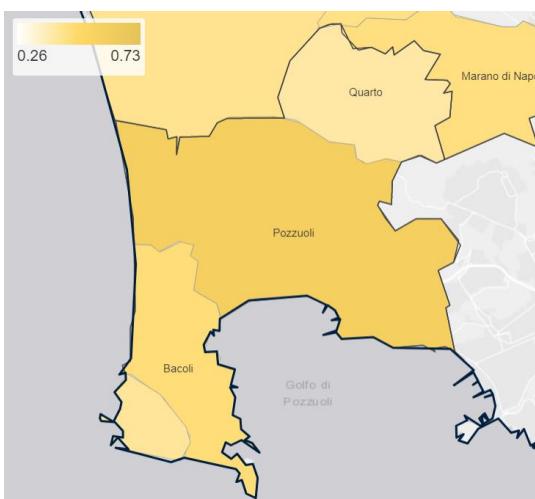
Tabella 5-1 Valutazione per Caratteristiche di Qualità

Caratteristiche di qualità	Pozzuoli	Monte di Procida	Bacoli	Quarto
Fattori di Base per l'inquadramento del territorio	0.72	0.28	0.39	0.17
Fattori di Base per la Definizione degli scenari di Rischio	0.54	0.21	0.54	0.00
Modalità di attuazione e organizzazione	0.81	0.40	0.35	0.23
Procedure operative	0.69	0.19	0.31	0.31
Coerenza interna	0.63	0.50	0.50	0.75
Comunicazione	0.80	0.30	0.09	0.24
Coordinamento inter-organizzativo	0.60	0.20	0.20	0.40
Conformità	0.50	0.64	0.70	0.64

Tabella 5-2 Indicatori di qualità delle Caratteristiche Interne, Esterne e dell'intero Piano.

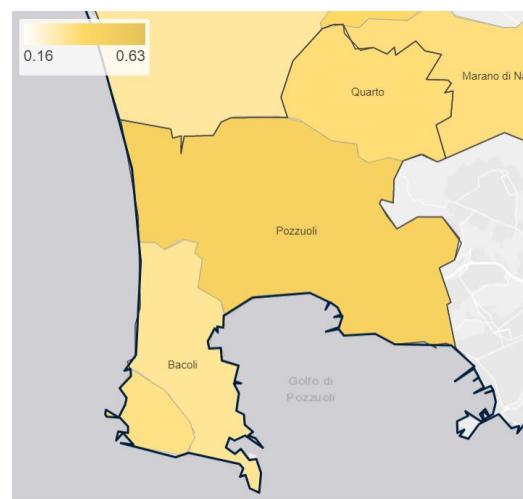
	Pozzuoli	Monte di Procida	Bacoli	Quarto
Caratteristiche interne	0.68	0.32	0.42	0.29
Caratteristiche esterne	0.63	0.38	0.33	0.43
Qualità del Piano	0.66	0.34	0.38	0.34

Qualità delle Caratteristiche Interne



Media: 0.43 - Min: 0.29 - Max: 0.68

Qualità delle caratteristiche Esterne



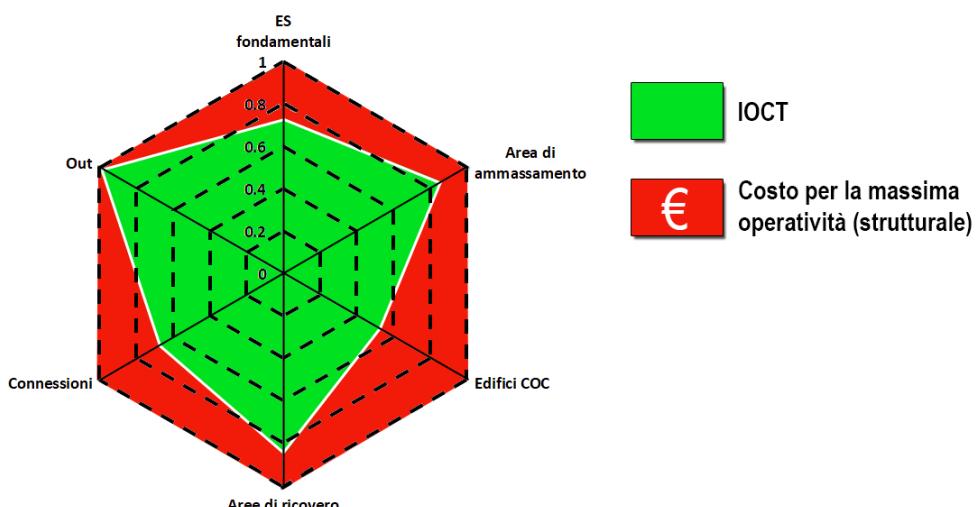
Media: 0.44 - Min: 0.33 - Max: 0.63

QUALITA' DEL PIANO PER IL CT DI POZZUOLI: 0,43 (Min: 0,34 – Max: 0,66)

Figura 5-1 Sintesi della Qualità delle Caratteristiche Interne ed Esterne dei Piani di Protezione Civile per il CT di Pozzuoli.

6 Analisi per la programmazione di interventi di miglioramento dell'operatività

Le attività nella fase 5 hanno riguardato la definizione di modelli e metodologie convenzionali per valutare il miglioramento dell'Operatività del sistema di gestione dell'emergenza di un Contesto Territoriale e, in particolare, riguarda il miglioramento dell'operatività strutturale degli edifici strategici nonché la stima economica di massa degli interventi. Facendo riferimento alla rappresentazione a radar dell'Indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale (IOCT) (Figura 4-1) possiamo dire che se l'area interna rappresenta l'operatività del sistema (IOCT), l'area complementare può essere ricondotta al costo del miglioramento per ottenere la massima operatività (Figura 6-1). Occorre evidenziare che maggiore è la differenza tra l'area totale dell'esagono e l'area del poligono individuato dai diversi indici parziali (IOCT), maggiore sarà il costo per l'adeguamento del sistema.



Al fine di fornire una stima di massima di tale costo, sono stati messi a punto modelli, basati su ipotesi semplificative, che

Figura 6-1 Schema esemplificativo del costo per la massima operatività strutturale del sistema
mettono in relazione il miglioramento delle prestazioni del singolo oggetto (edificio, infrastruttura, area di emergenza) con il relativo costo. Tali modelli riguardano:

- Edifici Strategici
- Crollo di edifici interferenti (per la valutazione delle interruzioni di servizio delle infrastrutture di connessione e accessibilità);
- Frane sismoindotte (per la valutazione delle interruzioni di servizio delle infrastrutture di connessione e accessibilità);
- Liquefazione cosismica (per la valutazione delle interruzioni di servizio delle infrastrutture di connessione e accessibilità);

Per ogni ipotesi di intervento vengono verificati i benefici in termini di passaggio di classe dell'indice delle singole componenti e di passaggio di classe dell'indice globale COCT. Per maggiori dettagli ed approfondimenti si rimanda ai [report di progetto A4.1 Linee guida dell'indice di Operatività strutturale del Contesto Territoriale IOCT; CAM F4.2](#).

7 Altre attività di affiancamento svolte nella Regione Campania

A compendio delle attività di supporto all'ufficio rischio vulcanico per la pianificazione delle zone a rischio vulcanico Vesuvio e Campi Flegrei e a seguito dei solleciti pervenuti da parte del DPC, nel corso del secondo semestre 2019 sono state definite le "Buone pratiche per la gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri vulcaniche". In particolare sono stati analizzati i principali aspetti relativi alla vulnerabilità alla caduta di cenere vulcanica degli elementi esposti e proposti gli interventi di mitigazione del danno in funzione delle diverse tipologie di elementi esposti (infrastrutture di trasporto e di servizio, edifici). In seguito alle osservazioni pervenute dal DPC, il documento, in allegato a questo report ([ALLEGATO 1 a questo documento](#)), è stato integrato con l'aggiunta di due capitoli concernenti le possibili modalità di smaltimento della cenere di origine vulcanica in riferimento alla normativa vigente, anche nella prospettiva di un suo riutilizzo come non rifiuto.

8 Bibliografia

- Berke P.R., Godschalk, D.R. (2009). Searching for the Good Plan: A Meta-analysis of Plan Quality Studies. - Journal of Planning Literature 23 (3): 227–40.
- Boeing, G., 2018. Measuring the complexity of urban form and design. Urban Des. Int. <https://doi.org/10.1057/s41289-018-0072-1>
- Caterino, N., Azmoekeh, B.M., Manfredi, G., 2018. Seismic Risk Mitigation for a Portfolio of Reinforced Concrete Frame Buildings through Optimal Allocation of a Limited Budget. Adv. Civ. Eng.
- Decreto Legislativo 6 febbraio 2020, n. 4. "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1, recante: «Codice della protezione civile»". Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.35 del 12.02.2020
- GEM (2020). The OpenQuake-engine User Manual. *Global Earthquake Model (GEM) Open- Quake Manual for Engine version 3.8.1. doi: 10.13117/GEM.OPENQUAKE.MAN.ENGINE.3.8.1, 183 pages.*
- Krippendorff, K. (2004). Content Analysis: An Introduction to Its Methodology. 2nd ed. Sage Publications
- Pitilakis, K., Crowley, H., Kaynia, a M., Facilities, C., 2014. SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk, 11. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7872-6>
- Ward, L., Stevens, S. (2014). Plan Quality Evaluation 1994–2012: Growth and Contributions, Limitations, and New Directions. Journal of Planning Education and Research 34 (4): 433–5Co0.



PON GOVERNANCE 2014-2020

Rischio Sismico e Vulcanico

Attività CAM_F5.1 | Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare

ALLEGATO 1 - Buone pratiche per la gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri vulcaniche

Versione 1.1

Pubblicato in data 24/01/2022



Consiglio Nazionale delle Ricerche





PON GOVERNANCE 2014-2020

Rischio Sismico e Vulcanico

Attività CAM_F5.1 | Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare

ALLEGATO 1 - Buone pratiche per la gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri vulcaniche

Versione 1.1

Pubblicato in data 24/01/2022



Consiglio Nazionale delle Ricerche



PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020

PROGRAMMA PER IL SUPPORTO AL RAFFORZAMENTO DELLA GOVERNANCE IN MATERIA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO E VULCANICO AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Struttura responsabile dell'attuazione del Programma

Fabrizio Curcio (responsabile), Eliana Mazzaro (supporto)

Immacolata Postiglione (delega funzioni specifiche)

Unità di coordinamento

Fabrizio Bramerini, Angelo Corazza, Luigi D'Angelo, Fausto Guzzetti, Francesca Romana Paneforte, Paola Stefanelli

Unità operativa rischi

Paola Bertuccioli, Sergio Castenetto, Stefano Ciolfi, Andrea Duro, Emilio De Francesco, Marco Falzacappa, Domenico Fiorito, Pietro Giordano, Antonella Gorini, Giuseppe Naso, Stefania Renzulli, Daniele Spina

Unità di raccordo DPC

Silvia Alessandrini, Sara Babusci, Pierluigi Cara, Patrizia Castigliego, Valter Germani, Maria Penna

Unità amministrativa e finanziaria

Valentina Carabellesse, Francesca De Sandro, Susanna Gregori, Maria Cristina Nardella

Hanno fatto parte della struttura

Angelo Borelli, Gabriella Caruncho, Luciano Cavarra, Pietro Colicchio, Biagio Costa, Lavinia Di Meo, Gianluca Garro, Antonio Gioia, Francesca Giuliani, Italo Giulivo, Fabio Maurano, Natale Mazzei, Agostino Miozzo, Paolo Molinari, Anna Natili, Roberto Oreficini Rosi, Lucia Palermo, Simona Palmiero, Ada Paolucci, Sara Petrinelli, Biagio Prezioso, Umberto Rosini, Marco Rossitto, Sisto Russo, Chiara Salustri Galli, Maria Siclari, Maurilio Silvestri, Gianfranco Sorchetti, Vincenzo Vigorita

REGIONI

Referenti

Basilicata: Claudio Berardi, Antonella Belgiovine, Maria Carmela Bruno, Cinzia Fabozzi, Donatella Ferrara, Cosimo Grieco, Guido Loperte (coordinatore), Alfredo Maffei, Pietro Perrone; **Calabria:** Fortunato Varone (coordinatore); **Campania:** Mauro Biafore (coordinatore), Claudia Campobasso, Luigi Cristiano, Emilio Ferrara, Luigi Gentilella, Maurizio Giannattasio, Francesca Maggiò, Celestino Rampino; **Puglia:** Tiziana Bisantino (coordinatore), Carlo Caricasole, Domenico Donvito, Franco Intini, Teresa Mungari, Fabrizio Panariello, Francesco Ronco, Zoida Tafilaj; **Sicilia:** Giuseppe Basile, Antonio Bruculeri, Aldo Guadagnino, Maria Nella Panebianco, Antonio Torrisi

Sono stati referenti

Basilicata: Alberto Caivano; **Calabria:** Giuseppe Iritano, Domenico Pallaria, Francesco Russo (coordinatore), Carlo Tansi, Luigi Giuseppe Zinno; **Puglia:** Giuseppe Tedeschi; **Campania:** Crescenzo Minotta; **Sicilia:** Nicola Alleruzzo

Affidamento di servizi del DPC al CNR-IGAG

Responsabile Unico del Procedimento: Mario Nicoletti

Direttore di Esecuzione Contrattuale: Fabrizio Bramerini

Referenti rischio sismico: Fabrizio Bramerini, Sergio Castenetto, Daniele Spina, Antonella Gorini, Giuseppe Naso

Referente rischio vulcanico: Stefano Ciolfi

Referenti pianificazione di emergenza: Domenico Fiorito, Stefania Renzulli

CNR-IGAG (operatore economico rischio sismico e vulcanico)

Massimiliano Moscatelli (referente)

Struttura di coordinamento

Gianluca Carbone, Claudio Chiappetta, Francesco Fazzio, Massimo Mari, Silvia Massaro, Federico Mori, Edoardo Peronace, Attilio Porchia, Francesco Stigliano (coordinatore operativo)

Struttura tecnica

Angelo Anelli, Massimo Cesarano, Eleonora Cianci, Stefania Fabozzi, Gaetano Falcone, Cora Fontana, Angelo Gigliotti, Michele Livani, Amerigo Mendicelli, Giuseppe Occipinti, Federica Polpetta, Alessandro Settimi, Rose Line Spacagna, Daniel Tentori, Valentina Tomassoni

Struttura gestionale

Lucia Paciucci (coordinatrice gestionale), Francesca Argiolas (supporto gestionale), Federica Polpetta (supporto gestionale), Francesco Petracchini

Revisori

Emilio Bilotta, Paolo Boncic, Paolo Clemente, Maria Ioannilli, Massimo Mazzanti, Roberto Santacroce, Carlo Viggiani

Supporto tecnico-amministrativo

Francesca Argiolas, Patrizia Capparella, Martina De Angelis, Marco Gozzi, Alessandro Leli, Patrizia Mirelli, Simona Rosselli

Hanno fatto parte della struttura

Raffaela Ciuffreda, Giuseppe Cosentino, Melissa Di Salvo, Giovanni Di Trapani, Rosa Marina Donolo, Carolina Fortunato, Biagio Giaccio, Marco Modica, Marco Nocentini, Andrea Rampa, Laura Ragazzi, Gino Romagnoli, Paolo Tommasi, Vitantonio Vacca

CAM F 5.1 Supporto per il coordinamento fra le strutture tecniche della Regione e gli altri Enti coinvolti; definizione di procedure standard e produzione della documentazione tecnica da adottare

Responsabile DPC: Giuseppe Naso

Responsabile CNR-IGAG: Attilio Porchia

A cura di

Stefania Fabozzi, Marco Nocentini (CNR-IGAG)

Con il contributo di

Eleonora Cianci, Gino Romagnoli, Attilio Porchia (CNR-IGAG)

versione colophon 06/12/2021

Sommario

Introduzione	5
1 Ricaduta di ceneri: fenomenologia	6
2 Indicazioni per la gestione dell'emergenza da parte di soggetti pubblici	6
2.1 <i>Indicazioni generali per enti e soggetti pubblici</i>	6
2.2 <i>Trasporti</i>	7
2.2.1 <i>Strade ed autostrade</i>	8
2.2.2 <i>Linee ferroviarie</i>	9
2.2.3 <i>Aeroporti</i>	10
2.2.4 <i>Porti</i>	11
2.3 <i>Rete elettrica</i>	11
2.4 <i>Acque reflue e riserve idriche</i>	12
2.5 <i>Telecomunicazioni</i>	13
2.6 <i>Gasdotti locali</i>	14
2.7 <i>Edifici pubblici</i>	15
3 Indicazioni per la gestione dell'emergenza da parte di soggetti privati	16
3.1 <i>Edifici privati</i>	16
4 Norme di comportamento in caso di caduta di cenere vulcanica	17
4.1 <i>Indicazioni generali di prevenzione contro la caduta di cenere</i>	17
4.2 <i>Cosa fare durante la caduta di cenere</i>	18
4.3 <i>Operazioni di pulizia a seguito della caduta di cenere</i>	18
5 Stato dell'arte in Italia e nel mondo sulla gestione e lo smaltimento delle ceneri di origine vulcanica	19
5.1 <i>CER, il catalogo Europeo dei Rifiuti</i>	19
5.2 <i>Caratteristiche del sito temporaneo di deposito</i>	20
5.3 <i>Test di cessione</i>	21
6 Cessazione dello stato di rifiuto e possibile riutilizzo della cenere di origine vulcanica	23

Introduzione

Tra i possibili fenomeni pericolosi connessi al vulcanismo nella Regione Campania, quattro in particolare interessano la pianificazione di emergenza:

1) i flussi piroclastici

I flussi piroclastici costituiscono sicuramente l'effetto più devastante che prevede un'unica strategia di mitigazione ovvero l'evacuazione preventiva della popolazione dalle aree esposte al pericolo. Questo riduce l'interesse per la valutazione dei danni indotti dai flussi piroclastici, a vantaggio della valutazione della pericolosità e della previsione di "run-out" del flusso stesso.

2) gli eventi sismici pre- sin- o post- eruzione e il bradisismo (per i Campi Flegrei)

La gestione dell'emergenza in caso di eventi sismici pre- sin- o post- eruzione invece, viene trattata alla stregua di eventi sismici tetttonici per cui non solo la pericolosità, ma anche la vulnerabilità degli elementi/persone esposte a rischio viene opportunamente valutata. Per eventi sismici post-eruttivi è da tenere in considerazione, nella valutazione della vulnerabilità degli elementi esposti a rischio, il carico aggiuntivo sulle strutture dovuto all'accumulo di ceneri.

3) le colate di fango (Lahars) e i fenomeni di alluvionamento

Le colate di fango (Lahar) sono dovute alla rimobilizzazione rapida, a causa dalle piogge, dei depositi piroclastici sciolti (ceneri e materiale di ricaduta) depositati su pendii ripidi durante l'eruzione. Tali fenomeni possono essere sin-eruttivi o post-eruttivi.

Allo stesso modo, a causa di piogge intense e della riduzione della permeabilità del suolo dovuta alla messa in posto di ceneri, possono verificarsi frequentemente fenomeni di alluvionamento. La valutazione del rischio, così come la gestione dell'emergenza a seguito di tali tipologie di eventi, possono essere effettuate secondo le metodologie e le pratiche tipiche di eventi idrogeologici e idrologici.

4) la ricaduta di cenere

La caduta di cenere, anche quando caratterizzata da spessori ridotti, può incidere in maniera significativa sul funzionamento dei diversi sistemi di infrastrutture (i.e. strade e autostrade, linee ferroviarie, aeroporti e porti, linee elettriche) per cui la valutazione preventiva dei possibili danni attesi risulta essere una fase molto delicata ed importante per una corretta gestione dell'emergenza in aree vulcaniche soggette a questo tipo di rischio. Pertanto, l'individuazione, già in tempo di pace, dei possibili elementi a rischio è uno degli obiettivi che il Piano di gestione dell'emergenza deve porsi. Opportune operazioni di mitigazione del danno, oltre che un apposito piano di pulizia e ripristino dei servizi e delle aree interrotte, secondo un ordine gerarchico di importanza, costituiscono gli strumenti di gestione di questa tipologia di rischio.

Il presente documento, nel trattare esclusivamente l'effetto di ricaduta di cenere indotto da un'eruzione vulcanica, basandosi su studi tecnici e di letteratura pregressi (F.E.M.A., 1984; INGV, 2010; INGV, 2012; P.L.I.N.I.U.S., 2014; Wilson, Wilson, Deligne, Blake, & Cole, 2017), contiene le indicazioni per la gestione del rischio trattato da parte di enti e soggetti sia pubblici che privati.

1 Ricaduta di ceneri: fenomenologia

La caduta di cenere vulcanica consiste nella deposizione di piccole particelle di magma, di dimensioni inferiori a 2 mm di diametro, che, nel corso di un'eruzione esplosiva, vengono immesse dalla colonna eruttiva in atmosfera, raffreddate e solidificate. Le eruzioni verificatesi nel corso dei secoli hanno mostrato come la caduta di cenere sia in grado di produrre impatti fisici, sociali ed economici importanti su diversi settori. Nel presente documento, in particolare, si farà riferimento all'effetto che la ricaduta di cenere vulcanica può avere sulle infrastrutture di trasporto e di servizio e sugli edifici, come di seguito elencato:

- Strade e autostrade;
- Ferrovie;
- Aeroporti;
- Porti;
- Reti elettriche;
- Acque reflue e riserve idriche;
- Telecomunicazioni;
- Gasdotti locali;
- Edifici.

Per ciascun settore vengono di seguito illustrati i principali aspetti relativi alla vulnerabilità degli elementi esposti e alla mitigazione del danno conseguenti alla caduta di cenere vulcanica.

2 Indicazioni per la gestione dell'emergenza da parte di soggetti pubblici

2.1 Indicazioni generali per enti e soggetti pubblici

La rimozione e lo smaltimento delle ceneri sono probabilmente tra le più grandi sfide per le città e le comunità a seguito di un evento eruttivo. Per poter affrontare efficacemente un'eventuale caduta di cenere è necessaria un'attenta azione di pianificazione e di coordinamento tra gli enti pubblici, le imprese (pubbliche e private) e la cittadinanza, sia nelle zone colpite che al di fuori di esse. Diversi sono i fattori che influenzano i tempi e i metodi impiegati per la rimozione della cenere, la facilità con cui questa può essere rimossa e il costo delle operazioni di pulizia. Tra questi, i principali sono: lo spessore e la granulometria della cenere; l'areale di dispersione della cenere; la disponibilità di mezzi e uomini.

Dall'analisi della bibliografia esistente e dall'esperienza derivante dalla gestione di eventi verificatisi in tutto il mondo (Dipartimento della Protezione Civile , 2019; F.E.M.A., 1984; GNS, 2012; GNS, 2013; P.L.I.N.I.U.S., 2014; USGS, 2016; USGS, 2019; IVHHN (a), 2019), si riportano di seguito alcune indicazioni per la pianificazione e la gestione dell'emergenza da parte degli enti pubblici, così come le azioni che questi dovranno adottare a supporto alla popolazione:

- Sviluppare una lista di priorità degli edifici pubblici, a partire da quelli che fanno parte del sistema di gestione dell'emergenza, che devono essere mantenuti operativi, definendo la sequenza delle misure di prevenzione, pulizia e manutenzione da porre in essere;
- Sviluppare una lista di priorità delle infrastrutture pubbliche, a partire da quelle che fanno parte del sistema di gestione dell'emergenza, che devono essere mantenute operative, definendo la sequenza delle misure di prevenzione, pulizia e manutenzione da porre in essere;
- Individuare le strutture e infrastrutture, con i relativi servizi, che possono subire arresti durante e/o dopo la caduta di cenere a causa di un loro danneggiamento e/o per l'esecuzione delle operazioni di pulizia/manutenzione;
- Promuovere e incentivare l'esecuzione di verifiche strutturali della capacità di carico da cenere di tetti e balconi di edifici sia pubblici che privati;

- Condurre un'analisi di vulnerabilità di edifici pubblici e infrastrutture presenti sul territorio per determinare gli elementi maggiormente esposti a rischio caduta ceneri e programmare i necessari interventi di prevenzione e/o adeguamento;
- A seguito dell'evento eruttivo, provvedere all'analisi chimico-fisica della cenere allo scopo di definire le opportune tecniche di smaltimento e/o i possibili riusi del materiale in funzione delle sue caratteristiche chimico-fisiche;
- Individuare dei punti di raccolta temporanei dove far confluire, per un loro successivo smaltimento, le ceneri rimosse dagli edifici pubblici e privati;
- Individuare, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dei depositi, le aree destinate allo stoccaggio definitivo delle ceneri e/o i processi da mettere in atto per il loro smaltimento/riuso;
- Identificare efficaci ed efficienti metodi di rimozione della cenere, in funzione delle diverse tipologie di strutture e infrastrutture;
- Prevedere la necessità, durante le operazioni di pulizia/manutenzione, di risorse aggiuntive per il mantenimento dei servizi essenziali (es. generatori elettrici, illuminazione ausiliaria, riserve idriche, etc...);
- Istituire un centro di controllo e di comunicazione per diffondere le informazioni e coordinare le attività di pulizia;
- Sviluppare piani e procedure di comunicazione per notificare alla popolazione e ai soccorritori l'avviso di caduta cenere;
- Sviluppare piani e procedure di comunicazione per notificare alla popolazione e ai soccorritori l'ordine, la tempistica e la tipologia delle operazioni di pulizia e manutenzione da porre in atto;
- Sviluppare piani e procedure di comunicazione per notificare alla popolazione e ai soccorritori informazioni riguardanti la mobilità a seguito della caduta di cenere (percorsi consigliati, stato dell'infrastruttura, visibilità, etc...);
- Informare la popolazione sui metodi di smaltimento delle ceneri, sulla presenza e sull'ubicazione delle aree preposte alla raccolta delle ceneri rimosse dagli edifici;
- Informare la popolazione su come proteggere le riserve idriche e i sistemi delle acque piovane e reflue (proteggere chiusini, scolare pluviali etc...);
- Fornire materiale informativo ai dipendenti di Enti Pubblici che illustri i rischi legati alla caduta di cenere e le operazioni da mettere in atto all'interno dell'edificio;
- Fornire gli adeguati dispositivi di autoprotezione ai soccorritori, agli addetti alle operazioni di pulizia e alla popolazione presente all'interno degli edifici pubblici;
- Non avviare operazioni di pulizia dei tetti fino a quando la pioggia di cenere non sia terminata, ad eccezione dei casi in cui gli edifici siano minacciati da un sovraccarico dei tetti;
- Coordinare gli sforzi di pulizia tra soggetti pubblici e privati per prevenire la continua rimobilizzazione delle ceneri e il ripetersi delle operazioni di pulizia, in particolare per quanto riguarda le strade;
- Durante la pulizia delle strade collocare dei sacchi di sabbia intorno o sopra a tombini e caditoie, o chiuderli del tutto, per evitare l'entrata della cenere nel sistema fognario;
- Potrebbe essere utile avere in vigore ordinanze locali che vietano le connessioni dirette di pluviali e canali di scolo con la rete fognaria;
- Prevedere un adeguato numero di mezzi e attrezzature per lo smaltimento e la pulizia della cenere, oltre che di parti di ricambio (olio motori, filtri dell'aria, etc...) e quindi la necessità di una loro abbondanza sul territorio;
- Prevedere la necessità di risorse idriche aggiuntive data la probabile elevata richiesta di acqua, in particolare durante le operazioni di pulizia.

2.2 Trasporti

In generale, con riferimento a tutte le infrastrutture di trasporto, per la gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri occorre garantire:

- l'accesso alle principali arterie di trasporto e linee di trasporto pubblico;
- l'accesso ai servizi ed alle strutture di emergenza, in particolare polizia e vigili del fuoco;

- l'accesso all'assistenza medica / servizi di ambulanza e ospedali;
- l'accesso alle strutture di gestione delle reti (elettricità, acqua e fognature, stazioni di pompaggio);
- la disponibilità di attrezzature per le operazioni di pulizia e ripristino, e di parti di ricambio (filtri dell'aria, olio motore e carburante, guarnizioni, pneumatici);
- la disponibilità di idoneo equipaggiamento per il personale (mascherine, occhiali protettivi, strumenti per la pulizia);
- la disponibilità di adeguata fornitura idrica per la pulizia, oltre a quello per il pericolo da incendio.

Per la pulizia delle aree dai depositi di cenere, in accordo con le normative F.E.M.A. (1984), è utile seguire le seguenti direttive:

- individuare un sito per lo stoccaggio della cenere rimossa per velocizzare le operazioni di pulizia;
- cospargere la cenere con acqua per ridurre la polvere;
- mescolare la cenere con segatura bagnata per contenere le dispersioni aeree;
- posizionare la cenere raccolta su metà o a lato della sede stradale;
- eliminare la rimanente cenere o polvere utilizzando scope elettriche o acqua, prevenendo l'ingresso nel sistema delle acque piovane.

2.2.1 Strade ed autostrade

Nel sistema di trasporto stradale e autostradale, gli elementi maggiormente esposti a danno a seguito della caduta di cenere vulcanica sono:

1. Viabilità;
2. Segnaletica elettrica;
3. Veicoli.

Al superamento dello spessore critico di cenere possono verificarsi:

- interruzioni stradali dovute a scarsa visibilità e riduzione dell'aderenza al suolo;
- danni strutturali o perdita di efficienza dei manufatti stradali;
- abrasione o copertura della segnaletica verticale e orizzontale;
- danni ai dispositivi elettronici della segnaletica stradale soggetti a fenomeno di cortocircuito;
- abrasione dei parabrezza e delle parti meccaniche ed otturazione dei filtri dei veicoli in transito;
- inefficienza del radiatore.

In Tabella 1 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

Per poter eseguire le azioni di Tabella 1, è necessario che vengano preventivamente definiti dagli organi preposti:

1. l'ordine gerarchico dell'infrastruttura stradale e autostradale;
2. i limiti di velocità e le distanze di sicurezza in funzione dei diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata;
3. la stima delle quantità necessarie di mezzi e strumenti per gli interventi di ripristino;
4. la disponibilità di attrezzature per gli interventi di ripristino quali: parti di ricambio per i veicoli (filtri dell'aria, olio motore e carburante, guarnizioni, pneumatici); equipaggiamento per il personale (mascherine, occhiali protettivi, strumenti per la pulizia); adeguata fornitura idrica per la pulizia del fondo stradale e dei veicoli.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controllo della velocità e della distanza di sicurezza per assicurare la sicurezza stradale in caso di scarsa visibilità
2-50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle strade in ordine di importanza ▪ Controllo della velocità e della distanza di sicurezza per assicurare la sicurezza stradale in caso di scarsa visibilità ▪ Limitazione del traffico veicolare per consentire il transito dei veicoli di emergenza
50-150	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle strade in ordine di importanza ▪ Controllo della velocità e della distanza di sicurezza per assicurare la sicurezza stradale in caso di scarsa visibilità ▪ Limitazione del traffico veicolare per consentire il transito dei veicoli di emergenza. ▪ Chiusura strade per veicoli a due ruote motrici ▪ Riparazione e sostituzione della segnaletica elettrica danneggiata ▪ Controllo, pulizia e sostituzione del filtro dell'aria o dell'olio motore dei veicoli ▪ Pulizia dei veicoli
>150	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle strade in ordine di importanza ▪ Chiusura diffusa delle strade (se la cenere è compattata la strada può essere percorsa da veicoli a 4 ruote motrici) ▪ Riparazione e sostituzione della segnaletica elettrica danneggiata ▪ Controllo, pulizia e sostituzione del filtro dell'aria o dell'olio motore dei veicoli ▪ Pulizia dei veicoli

Tabella 1. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di cenere sulle infrastrutture stradali ed autostradali (Mod. PLINIVS 2014).

2.2.2 Linee ferroviarie

Nel sistema delle infrastrutture ferroviarie, gli elementi maggiormente esposti a danno a seguito della caduta di cenere vulcanica sono:

1. strada ferrata (ferrovia, tranvia);
2. veicoli ferroviari.

Al superamento dello spessore critico di cenere possono verificarsi:

- interruzione delle strade ferrate, riduzione dell'aderenza delle rotaie e della visibilità;
- danni ai treni ed alla segnaletica elettrica, con rischio di cortocircuito dei dispositivi ed abrasione e corrosione delle parti meccaniche.

In Tabella 2 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<1	▪ Nessun intervento
1-30	▪ Pulizia delle reti ferroviarie e dei treni
30-150	▪ Pulizia delle reti ferroviarie e dei treni ▪ Messa in sicurezza, sostituzione e riparazione degli elementi elettrici
>150	▪ Chiusura delle linee ferroviarie

Tabella 2. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di cenere sulle infrastrutture ferroviarie (Mod. PLINIVS 2014).

2.2.3 Aeroporti

Per il settore aeroportuale, la caduta di cenere vulcanica può causare danni considerevoli, non solo agli aeromobili, ma anche alle piste. Gli elementi a rischio individuati sono i seguenti:

1. aeromobili;
2. piste d'atterraggio;
3. vie di rullaggio, raccordi, piazzale di soste;
4. veicoli aeroportuali.

Al superamento dello spessore critico di cenere al suolo, i danni riscontrati sono:

- riduzione dell'attrito della pista e della visibilità;
- corrosione e abrasione delle superfici;
- malfunzionamenti all'elettronica di bordo;
- contaminazione dell'atmosfera interna agli aeromobili;
- potenziale blocco delle parti meccaniche dei motori.

Gli ultimi 4 punti precedenti si possono verificare in particolare se l'aeromobile incontra le ceneri in fase di volo.

In Tabella 3 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<1	▪ Nessun intervento ▪ Pulizia delle piste
1-30	▪ Adozione delle principali misure di sicurezza in caso di atterraggio o decollo ▪ Pulizia delle piste (se la cenere è asciutta, bagnarla per evitarne la risospensione) ▪ Rivestimento degli aeromobili con teloni o spostamento in luoghi sicuri ▪ Rivestimento dei dispositivi elettrici e disattivazione di quelli non necessari ▪ Interruzione del decollo degli aeromobili ▪ Chiusura dell'aeroporto
30-150	▪ Controllo, manutenzione dei motori o sostituzione delle parti meccaniche ▪ Chiusura dell'aeroporto
>150	▪ Controllo, manutenzione dei motori o sostituzione delle parti meccaniche ▪ Chiusura dell'aeroporto

Tabella 3. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sugli aeroporti (Mod. PLINIVS 2014).

2.2.4 Porti

Gli elementi a rischio individuati per le aree portuali sono i seguenti:

1. moli;
2. banchine;
3. imbarcazioni.

I danni riscontrati sono:

- riduzione dell'aderenza al suolo e della visibilità
- corto-circuito della segnaletica elettrica;
- potenziale danno di corrosione e abrasione delle superfici.

In Tabella 4 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
1-30	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle banchine e dei moli ▪ Coprire tutti i dispositivi elettrici e disattivare quelli non necessari
30-150	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle banchine e dei moli ▪ Rivestimento dei dispositivi elettrici e disattivazione di quelli non necessari ▪ Controllo, manutenzione dei motori o sostituzione delle parti meccaniche
>150	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controllo, manutenzione dei motori o sostituzione delle parti meccaniche ▪ Chiusura del porto

Tabella 4. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di cenere sui porti (Mod. PLINIVS 2014).

2.3 Rete elettrica

La caduta di cenere vulcanica può provocare interruzioni della linea elettrica, aumentando il rischio di incendi dovuti a corto circuito e causando problemi alle operazioni di soccorso.

Gli elementi deboli della rete elettrica risultano essere:

1. elettrodotti: sostegni, conduttori, isolatori;
2. linea elettrica sotterranea.

I danni che possono verificarsi sono:

- sciariche elettriche sui conduttori e isolatori;
- deformazione o rottura dei sostegni della linea;
- interruzione della rete elettrica;
- danni agli elementi mobili ed agli impianti di aerazione degli impianti sotterranei.

In Tabella 5 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<3	▪ Nessun intervento
3-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della cenere ▪ Blocco della linea elettrica durante le operazioni di pulizia ▪ Utilizzo di aspira polveri ove possibile ▪ Prevenzione di corto-circuiti agli isolatori
10-100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eventuale interruzione della linea elettrica ▪ Sostituzione di elementi e filtri degli impianti di aerazione ▪ Riparazione o sostituzione di parti danneggiate, dopo aver effettuato un'analisi costi-benefici
>100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostituzione di elementi e filtri degli impianti di aerazione ▪ Riparazione o sostituzione di parti danneggiate, dopo aver effettuato un'analisi costi-benefici ▪ Interruzione della linea elettrica

Tabella 5. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sulle reti elettriche (Mod. PLINIVS 2014).

2.4 Acque reflue e riserve idriche

In seguito alla caduta di cenere vulcanica, il rischio più frequente per il sistema delle acque reflue è quello di sovraccarico. Durante le operazioni di pulizia, soprattutto quando si utilizza acqua, la cenere va ad accumularsi nel sistema fognario. Gli elementi deboli da monitorare in un sistema di acque reflue sono:

1. condotte e sistemi di pompaggio delle acque reflue;
2. impianto di trattamento.

Il danno più usualmente osservato in seguito alla caduta di cenere è il blocco del deflusso delle acque reflue. Questo può generare danneggiamenti ai componenti meccanici dei sistemi di pompaggio e del trattamento delle acque.

Le riserve idriche prive di copertura sono soggette a pericolo di contaminazione in seguito alla caduta di cenere vulcanica. Ciò comporta un grave pericolo per la popolazione. Ecco perché è necessario prevedere un piano di emergenza che monitori la presenza di eventuali sostanze tossiche all'interno dell'acqua potabile e garantisca una scorta di acqua potabile di emergenza.

Gli elementi a rischio da monitorare sono i seguenti:

1. fiumi, ruscelli, riserve idriche prive di coperture;
2. acquedotti.

I danni che possono verificarsi sono:

- alterazione della torbidità dell'acqua;
- contaminazione da fluoro e altre sostanze (solfati, cloro, ferro, allumino etc.);
- alterazione dell'acidità e del PH delle riserve idriche;
- blocco, usura ed abrasione delle strutture;
- blocco dei filtri e della procedura di sedimentazione;
- blocco dei motori e degli strumenti elettrici;
- riduzione delle riserve idriche;
- potenziale pericolo igienico.

In Tabella 6 e 7 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
3-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulizia delle reti fognarie, controllando se ci sono perdite o accumuli di cenere che blocchino il flusso delle acque reflue ▪ Rivestimento delle strutture esterne con teloni ▪ Pulizia del sito per evitare contaminazioni
10-50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interruzione del servizio per pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate ▪ Riparazione e sostituzione degli elementi danneggiati
>50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interruzione del servizio per pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate ▪ Riparazione e sostituzione degli elementi danneggiati

Tabella 6. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sui sistemi delle acque reflue (Mod. PLINIVS 2014).

SPESSORE CENERI (mm)	INTERVENTI DA ATTUARE
<1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
1-20	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operazioni di pulizia con acqua non potabile ▪ Pulizia delle aree adiacenti in modo da evitare contaminazioni ▪ Pulizia dei filtri degli impianti
20-100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostituzione e/o riparazione delle strutture danneggiate ▪ Eventuali restrizioni per l'uso d'acqua ▪ Analisi chimica della cenere allo scopo di individuare eventuale presenze di sostanze tossiche ▪ Indicazione alla popolazione in merito all'utilizzo dell'acqua
>100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostituzione e/o riparazione delle strutture danneggiate ▪ Eventuali restrizioni per l'uso d'acqua ▪ Analisi chimica della cenere allo scopo di individuare eventuale presenze di sostanze tossiche ▪ Indicazione alla popolazione in merito all'utilizzo dell'acqua

Tabella 7. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sui sistemi di gestione e distribuzione delle riserve idriche (Mod. PLINIVS 2014).

2.5 Telecomunicazioni

Per le reti di telecomunicazione, gli elementi a rischio in caso di caduta da cenere vulcanica sono:

1. trasmittitori, ricevitori, antenne (tv, radio);
2. reti (telefonica, internet).

I danni attesi sono i seguenti:

- interruzione della linea;
- deformazione o rottura dei pali sulla linea;
- scosse elettriche sugli isolatori;
- blocco dei sistemi di aerazione e ventilazione.

In Tabella 8 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
5-30	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
30-100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della cenere con aspiratori o strumenti ad aria compressa ▪ Sigillatura delle apparecchiature non a tenuta stagna ▪ Interruzione della linea per consentire le operazioni di pulizia ▪ Sostituzione, riparazione e ripristino della linea
>100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della cenere con aspiratori o strumenti ad aria compressa ▪ Sigillatura delle apparecchiature non a tenuta stagna ▪ Interruzione della linea per consentire le operazioni di pulizia ▪ Sostituzione, riparazione e ripristino della linea

Tabella 8. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sulle reti di telecomunicazione (Mod. PLINIVS 2014).

2.6 Gasdotti locali

In caso di caduta di cenere vulcanica, la rete dei gasdotti locali deve essere monitorata costantemente per scongiurare eventuali incendi dovuti al contatto tra la cenere incandescente ed elementi danneggiati dall'usura. Gli elementi deboli da monitorare sono costituiti da:

- reti di trasporto locali e di distribuzione.

I danni attesi sono:

- corrosione e abrasione delle tubature con potenziale pericolo di rotture e guasti;
- pericolo di incendio dovuto alla temperatura della cenere.

In Tabella 9 (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014) vengono riportati, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata, le azioni che l'Ente Gestore dell'infrastruttura dovrà mettere in atto al fine di garantire la sua funzionalità.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
1-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
10-50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della cenere con aspiratori o strumenti ad aria compressa ▪ Sigillatura delle apparecchiature non a tenuta stagna ▪ Interruzione della linea per consentire le operazioni di pulizia ▪ Sostituzione, riparazione e ripristino della linea
>50	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della cenere con aspiratori o strumenti ad aria compressa ▪ Sigillatura delle apparecchiature non a tenuta stagna ▪ Interruzione della linea per consentire le operazioni di pulizia ▪ Sostituzione, riparazione e ripristino della linea

Tabella 9. Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sui gasdotti locali (Mod. PLINIVS 2014).

2.7 Edifici pubblici

Per quanto riguarda gli edifici, la caduta di cenere vulcanica può provocare da lievi danni agli esterni, a importanti danni strutturali fino al collasso. Il livello di danno dipende dalla quantità e dalle caratteristiche della cenere, dalla tipologia strutturale dell'edificio e degli elementi esposti, dalle condizioni ambientali durante e dopo la caduta di cenere. Una delle maggiori preoccupazioni in caso di caduta di cenere è il potenziale crollo di tetti e di interi edifici a causa del sovraccarico dovuto al peso della cenere accumulata. In linea generale, un importante danno strutturale è poco probabile per spessori <100mm, al contrario degli elementi non strutturali come grondaie e sporgenze che possano subire danni. Le grondaie infatti, sono tra gli elementi di un edificio più vulnerabili all'accumulo di cenere in quanto possono raccogliere la cenere presente sul tetto e facilmente sganciarsi o staccarsi, specialmente se la cenere è bagnata e pertanto più pesante. L'intasamento delle grondaie inoltre, può ridurre la capacità di drenaggio e aumentare ulteriormente il carico del tetto. Durante la caduta di cenere, possono verificarsi anche fenomeni di corrosione di tetti metallici e, in generale, delle diverse superfici esposte, a causa della particolare composizione chimico-fisica della cenere stessa.

Questa, infine, può facilmente penetrare all'interno degli edifici provocando danni agli impianti di riscaldamento/ventilazione e aria condizionata, agli elettrodomestici, alle superfici/pavimentazioni o ad arredi sensibili, oltre che possibili rischi per la salute degli occupanti.

In sintesi, gli elementi degli edifici esposti a rischio caduta cenere sono i seguenti:

1. tetti e balconi;
2. grondaie e canali di scolo;
3. impianti di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione;
4. impianti elettrici, generatori e telecomunicazioni;
5. elettrodomestici e strumenti elettronici;
6. superfici, pavimentazioni e arredi;
7. riserve idriche;
8. reti fognarie.

I potenziali danni agli edifici che possono verificarsi a causa della caduta di cenere sono:

- collasso parziale o totale del tetto o del balcone;
- perdita di funzionalità o intasamento del sistema di smaltimento pluviali e delle acque reflue;
- collasso delle grondaie e/o del sistema di smaltimento pluviali;
- corrosione e abrasione dei tetti, dei balconi e delle superfici esposte, sia interne che esterne;
- perdita di funzionalità o blocco dei sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione;
- perdita di funzionalità o blocco di elettrodomestici, impianti elettrici, generatori e telecomunicazioni;
- contaminazione delle riserve idriche esterne (es. vasche e cisterne scoperte).

Nella Tabella 8-10 si riportano, in funzione di diversi valori soglia di spessore di cenere accumulata (GNS, 2012; USGS, 2019), gli interventi da mettere in atto al fine di garantire la funzionalità dell'edificio ed evitare l'ingresso delle ceneri all'interno. Non essendo individuati in letteratura valori soglia di riferimento per gli edifici a causa della grande variabilità delle tipologie strutturali e di elementi accessori, i valori riportati in Tabella 10 sono stati definiti integrando le indicazioni riguardanti i possibili danni agli elementi strutturali degli edifici (USGS, 2015) con le soglie di danno degli elementi accessori (es. rete elettrica, rete idrica, etc...) (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014).

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
3-20	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chiudere porte, finestre e serrande per evitare l'ingresso della cenere all'interno dell'edificio; ▪ Proteggere, o scollegare dalla rete, le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali e reflui; ▪ Proteggere con dei teloni i tetti, i rivestimenti e le superfici esposte alla cenere;

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coprire o sigillare i comignoli e le prese d'aria esterne per evitare l'ingresso della cenere all'interno dell'edificio. Dove ciò non è possibile, installare dei filtri aggiuntivi; ▪ Coprire i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione; ▪ Pulire tetti e balconi; ▪ Pulire grondaie e sistemi di smaltimento pluviali, controllando che non ci siano perdite o accumuli di cenere che blocchino il drenaggio; ▪ Rivestire le riserve idriche esterne con teloni.
20-100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulire tetti e balconi; ▪ Pulire le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali; ▪ Arrestare i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione o ridurne al minimo l'uso se il funzionamento è strettamente necessario, prevedendo l'installazione di filtri aggiuntivi; ▪ Interrompere il servizio per la pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate; ▪ Riparare e sostituire gli elementi danneggiati.
>100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulire tetti e balconi; ▪ Pulire le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali; ▪ Arrestare i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione o ridurne al minimo l'uso se il funzionamento è strettamente necessario, prevedendo l'installazione di filtri aggiuntivi; ▪ Interrompere il servizio per la pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate; ▪ Riparare e sostituire gli elementi danneggiati.

Tabella 8-10.Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sugli edifici pubblici (Mod. PLINIVS 2014).

3 Indicazioni per la gestione dell'emergenza da parte di soggetti privati

3.1 Edifici privati

La gestione dell'emergenza in caso di caduta di ceneri da parte di soggetti privati è limitata alle attività che riguardano gli edifici privati in cui la comunità locale risiede. Le indicazioni relative agli edifici privati sono del tutto analoghe a quelle individuate per gli edifici pubblici e vengono nuovamente riportate in Tabella 11, i cui valori sono stati definiti integrando le indicazioni riguardanti i possibili danni agli elementi strutturali degli edifici (USGS, 2015) con le soglie di danno degli elementi accessori (es. rete elettrica, rete idrica, etc...) (mod. P.L.I.N.I.U.S. 2014).

I soggetti privati, inoltre, saranno stati preventivamente istruiti da soggetti pubblici addetti alla gestione dell'emergenza così come riportato in §1.2.1. In questi casi si raccomanda di seguire le norme di comportamento indicate in §4.1.

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
<3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessun intervento
3-20	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chiudere porte, finestre e serrande per evitare l'ingresso della cenere all'interno dell'edificio; ▪ Proteggere, o scollegare dalla rete, le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali e reflui;

SPESSORE DI CENERI PREVISTO (mm)	PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ATTUARE
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proteggere con dei teloni i tetti, i rivestimenti e le superfici esposte alla cenere; ▪ Coprire o sigillare i comignoli e le prese d'aria esterne per evitare l'ingresso della cenere all'interno dell'edificio. Dove ciò non è possibile, installare dei filtri aggiuntivi; ▪ Coprire i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione; ▪ Pulire di tetti e balconi; ▪ Pulire delle grondaie e dei sistemi di smaltimento pluviali, controllando che non ci siano perdite o accumuli di cenere che blocchino il drenaggio; ▪ Rivestire le riserve idriche esterne con teloni.
20-100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulire tetti e balconi; ▪ Pulire le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali; ▪ Arrestare i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione o ridurne al minimo l'uso se il funzionamento è strettamente necessario, prevedendo l'installazione di filtri aggiuntivi; ▪ Interrompere il servizio per la pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate; ▪ Riparare e sostituire gli elementi danneggiati.
>100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulire tetti e balconi; ▪ Pulire le grondaie e i sistemi di smaltimento pluviali; ▪ Arrestare i sistemi di riscaldamento, aria condizionata e ventilazione o ridurne al minimo l'uso se il funzionamento è strettamente necessario, prevedendo l'installazione di filtri aggiuntivi; ▪ Interrompere il servizio per la pulizia dei serbatoi, smaltendo le acque reflue non trattate; ▪ Riparare e sostituire gli elementi danneggiati.

Tabella 11 Tecniche di mitigazione per la ricaduta di ceneri sugli edifici privati (Mod. PLINIVS 2014).

4 Norme di comportamento in caso di caduta di cenere vulcanica

4.1 Indicazioni generali di prevenzione contro la caduta di cenere

Vengono di seguito fornite alcune indicazioni generali di prevenzione per la caduta di ceneri vulcaniche; tuttavia, occorre tenere presente che le misure da adottare dipendono strettamente dalla quantità di ceneri e dalla durata e ripetibilità del fenomeno nel tempo e vanno pertanto tarate secondo le reali necessità.

- La cenere deve essere rimossa dai tetti degli edifici per evitare il collasso che potrebbe causare lesioni alla struttura e agli occupanti dell'edificio. Prima di rimuovere la cenere, assicurarsi che i sistemi di smaltimento dell'acqua piovana siano sigillati per impedire l'ingresso della cenere. Se possibile, spazzare la cenere dai tetti allo stato secco, accumulandola in un luogo adatto, per poi riportarla in sacchi di plastica;
- In caso di abbondanti cadute di cenere, le finestre e le porte potrebbero richiedere una sigillatura aggiuntiva per evitare che la cenere penetri nell'edificio (es. posizionare degli asciugamani bagnati sotto porte e finestre);
- Prestare particolare attenzione alle persone che entrano negli edifici per assicurarsi che gli indumenti e le calzature siano rimossi al più presto per evitare nuove contaminazioni dell'edificio;
- Se possibile sigillare i sistemi di ventilazione, aria condizionata o riscaldamento, per evitare l'ingresso di cenere negli edifici;
- È necessario eseguire un attento monitoraggio dei sistemi di ventilazione, aria condizionata o riscaldamento. Potrebbe essere necessario sostituire i filtri dell'aria più volte nei mesi successivi;

- Tutti i tipi di motori (auto, camion, aeromobili) richiedono la pulizia/sostituzione dei filtri e controlli periodici per mantenerne l'efficienza. Si dovrebbe chiedere consiglio ai produttori per quanto riguarda i requisiti adeguati del filtro dell'aria;
- È necessario eseguire un attento monitoraggio del lubrificante dei motori. Potrebbe essere necessario sostituire i lubrificanti fino a quattro volte la frequenza normale. Altre componenti di veicoli e macchinari devono essere frequentemente puliti e spolverati per evitare un'eccessiva abrasione e usura;
- Le cisterne sui tetti delle case devono essere scollegate e il serbatoio protetto durante la caduta di cenere;
- La respirazione di piccole quantità di particelle di cenere solitamente può solo causare disagio piuttosto che rappresentare un rischio per la salute. A concentrazioni elevate evitare la cenere e le polveri sottili usando mascherine o, in alternativa, filtri in tessuto sulla bocca e sul naso;
- Le persone che devono lavorare durante la caduta di ceneri devono indossare indumenti protettivi, maschere e occhiali, per garantire che il contatto con il corpo sia ridotto al minimo;
- Le macchine industriali e agricole, come trattori ed escavatori, hanno una maggiore tolleranza alle ceneri; tuttavia, saranno necessarie ulteriori misure protettive affinché queste possano continuare a funzionare nel corso della caduta di cenere;
- Le colture e le piante sono danneggiate dalle ceneri vulcaniche, le quali possono contenere componenti volatili altamente tossici come fluoro, idrogeno solforato e anidride solforosa. Si consiglia di attendere il parere delle autorità prima di consumare cibo che potrebbe essere stato contaminato dalla caduta di cenere;
- Controllare che l'acqua a disposizione non sia contaminata.

4.2 Cosa fare durante la caduta di cenere

- Rimanere all'interno dell'edificio;
- Chiudere finestre e porte;
- Abbandonare scantinati e seminterrati (compresi garage sotterranei);
- Non uscire su balconi o tetti durante la caduta di ceneri;
- Utilizzare mascherine per proteggere le vie respiratorie;
- Spegnere i dispositivi elettronici;
- Far bollire l'acqua prima di bere;
- Bloccare l'ingresso di scarichi, fogne e sistemi di raccolta pluviali;
- Non scaricare le ceneri nella rete fognaria;
- Non utilizzare sistemi di ventilazione, aria condizionata o riscaldamento;
- Se possibile sigillare i sistemi di ventilazione, aria condizionata o riscaldamento;
- Evitare di utilizzare gli elettrodomestici;
- Utilizzare i mezzi di comunicazione per ricevere indicazioni e informazioni;
- Se all'aperto cercare riparo; utilizzare una maschera o un fazzoletto umido per respirare e indossare indumenti e occhiali protettivi;
- Se possibile non utilizzare l'auto. Parcheggiare l'auto al coperto o coprirla con un telo;
- Se è necessario guidare, procedere lentamente causa scarsa visibilità e aderenza. Non usare il sistema di ventilazione dell'auto;
- Non correre a scuola da tuo figlio. Le scuole sono responsabili per la sicurezza dei bambini e ti informeranno di eventuali procedure di emergenza e sulla loro attivazione;
- Tenere gli animali domestici in casa;
- Scollegare l'alimentazione idrica da eventuali riserve presenti sul tetto durante la caduta di ceneri e le operazioni di pulizia.

4.3 Operazioni di pulizia a seguito della caduta di cenere

- Il migliore metodo di rimozione della cenere è inumidire leggermente la cenere e poi spazzarla via (ATTENZIONE: bagnare abbondantemente la cenere formerà un materiale simile alla colla, non facile da rimuovere, aumentandone il peso);
- Rimuovere immediatamente la cenere (se possibile prima della pioggia), ponendo attenzione al fatto che le particelle di cenere hanno comunemente spigoli vivi che la rendono un materiale molto abrasivo;
- Pulire per primi i tetti, per impedire che le ceneri rinobilitate dal vento coprano le aree già pulite o danneggino e/o intasino le grondaie e i canali di scarico;
- Riporre le ceneri raccolte in sacchi di plastica e sigillarli;

- Non scaricare le ceneri nel sistema di smaltimento pluviali o nel sistema fognario;
- Seguire le indicazioni del proprio comune sullo smaltimento delle ceneri;
- Evitare che ulteriori ceneri entrino in casa limitando l'accesso all'entrata più riparata;
- Usare un panno umido o un'aspirapolvere per rimuovere la cenere dalle superfici interne;
- Rimuovere la cenere dall'auto con acqua abbondante. Effettuare la manutenzione dell'automobile se è stata utilizzata durante la caduta di cenere (es. controllare/sostituire il filtro dell'aria, il filtro dell'olio, l'olio e le pastiglie dei freni);
- In linea generale le ceneri asciutte devono essere eliminate con aria ad alta pressione, mentre le ceneri umide devono essere pulite a mano o con acqua ad alta pressione.

5 Stato dell'arte in Italia e nel mondo sulla gestione e lo smaltimento delle ceneri di origine vulcanica

La gestione e lo smaltimento delle ceneri vulcaniche non sono regolamentate da una normativa specifica, sia a livello nazionale che internazionale; fino ad oggi la cenere vulcanica è stata considerata come rifiuto speciale, raccolta e conferita in discarica sotto forma di rifiuto. In alcuni casi, enti governativi di vario livello, hanno emesso indicazioni per la raccolta e il successivo smaltimento in sicurezza delle ceneri. In Italia, ad esempio, tra le Regioni che trattano il rischio vulcanico nella pianificazione d'emergenza, la Regione Siciliana, ha finora gestito il fenomeno della ricaduta delle ceneri attraverso l'emanazione, in fase emergenziale, di ordinanze *ad hoc*.

A seguito degli eventi eruttivi dell'ETNA nel 2021 con considerevoli volumi di ceneri da smaltire, è stata introdotta con Decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77 - "Governance del Piano nazionale di rilancio e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure" - un'importante modifica all'art. 185 del Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152. In particolare l'art. 35 – *Misure di semplificazione per la promozione dell'economia circolare* – al comma 1b riporta "... al comma 1 lettera c), sono aggiunte, in fine, le seguenti parole: "le ceneri vulcaniche, laddove riutilizzate in sostituzione di materie prime all'interno di cicli produttivi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana". Grazie a questa modifica le ceneri di origine vulcanica non sono più classificate come rifiuto urbano e, di conseguenza, non assoggettate alla relativa disciplina, sempre che non danneggino l'ambiente o mettano in pericolo la salute umana.

In questo capitolo verranno richiamati alcuni principi della normativa nazionale e comunitaria, che potrebbero essere applicati alle ceneri di origine vulcanica per un loro corretto smaltimento o nella prospettiva di un loro riutilizzo.

5.1 CER, il catalogo Europeo dei Rifiuti

Il Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER), emanato con Decisione 2000/532/CE, aggiornato con decisione 2014/955/UE dalla Comunità Europea e riportato in allegato al D.lgs. 152/2006 (Decreto legislativo 3 aprile, n. 152, 2006) (allegato D), è costituito da 842 codici identificativi delle diverse tipologie di rifiuto, compresi quelli pericolosi, organizzati in 20 capitoli. Il codice identificativo di ogni rifiuto si compone di 6 cifre di cui le prime 2, corrispondenti al capitolo, indicano l'attività dalla quale si è originato il rifiuto, la terza e quarta cifra indicano, all'interno dell'attività produttiva, il processo da cui si è originato il rifiuto e infine le ultime due cifre indicano la tipologia specifica di rifiuto.

Come anticipato, non esiste un codice specifico riferito alla cenere vulcanica all'interno del CER e, di conseguenza, qualunque associazione ha fino ad oggi rappresentato un possibile adattamento/interpretazione della norma al fine di consentirne un corretto smaltimento nel rispetto della normativa esistente.

Ad esempio con ordinanza Ordinanza prot.n. 00019272 del 27 marzo, 2014, il Commissario Straordinario della Provincia Regionale di Catania, ordinò l'attribuzione del codice CER 17.05.04 (terre e rocce) alla cenere vulcanica con lo scopo di ridurre il carico di inerti che vanno a pesare sulla capacità di abbancamento giornaliero delle discariche, avviando così le procedure per il riutilizzo della cenere presso gli impianti che svolgono attività di recupero R5 (riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche) del codice CER.

Caso analogo è avvenuto in concomitanza della crisi eruttiva del 2021 con l'ordinanza n.1 del 24/02/2021 con cui il sindaco della Città metropolitana di Catania, facendo appello all'art. 191 “*Ordinanze contingibili e poteri sostitutivi*” del DLgs. 152/2006, ha permesso l'attribuzione del codice CER 17.05.04 alle ceneri vulcaniche e consentito l'accesso presso gli impianti di recupero.

Per rendere possibile l'associazione del codice CER 17.05.04 alla cenere, si rende necessario comunque seguire alcune accortezze, fra le quali:

- > la raccolta della cenere di origine vulcanica deve avvenire in modo separato e non miscelata (>95%) con altri rifiuti urbani, i quali sono identificati dai codici CER appartenenti al capitolo 20 (20.01; 20.02; 20.03). La miscelazione delle due tipologie di rifiuto compromette la possibilità di associare il codice 17.05.04 alle ceneri e di conseguenza fa decadere la possibilità di essere accettate da un impianto per il recupero;
- > la cenere deve essere accumulata in depositi temporanei (DPR 120/17) identificati nelle vicinanze delle aree di raccolta prima di essere conferita ad un impianto di recupero inerti.

5.2 Caratteristiche del sito temporaneo di deposito

I potenziali siti di deposito temporaneo possono essere identificati, prima di un'eruzione vulcanica, su base regionale come parte del processo di pianificazione di emergenza, secondo i seguenti principali criteri:

- deve trovarsi vicino alle aree di raccolta della cenere;
- possibilità di accesso da strade principali per mezzi pesanti;
- deve essere situato lontano dai corsi d'acqua e da aree di emergenza della falda (per evitare fenomeni di lisciviazione);
- è necessario impedire, attraverso opportune coperture, che la cenere raccolta venga sollevata dal vento e dispersa;
- la cenere accumulata deve essere protetta dalle acque meteoriche.

Il sito, ad ogni modo, deve soddisfare i requisiti previsti da leggi locali, regionali o nazionali sull'uso del suolo e quanto regolamentato dal DPR 120/17 (Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno, n. 120, 2017).

Inoltre, fra le altre possibili precauzioni non esaustive, la cenere rimossa da strade, edifici e altre strutture deve essere accumulata in modo che (USGS, 2015):

- > non crei un nuovo pericolo per il pubblico, i terreni e le strutture;

- > si impedisca al vento o all'acqua di prendere in carico e ridistribuire la cenere.

5.3 Test di cessione

La cenere vulcanica, raccolta e depositata presso i siti di deposito temporaneo individuati, per poter essere conferita presso un impianto di recupero dovrà essere sottoposta al test di cessione (rif. norma UNI EN 12457-2004) effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'articolo 9 del D.M. 5/2/1998 (DM 5 febbraio 1998), (D.M. 05/04/2006 n°186), per valutare la possibile presenza di contaminanti. Il test di cessione consiste in una prova simulata di rilascio di contaminanti, effettuata ponendo in contatto, per un tempo definito, un solido con un liscivante (i.e. agente separatore) e separando quindi le due fasi per ottenere un eluato (i.e. liquido prodotto dall'esito del test).

Le matrici che non siano risultate conformi ai limiti del test di cessione (Tabella 12) sono fonti di contaminazione e, come tali, devono essere rese conformi, tramite operazioni di trattamento che rimuovano i contaminanti, ai limiti del test di cessione o devono essere sottoposte a messa in sicurezza permanente.

Parametri	Unità di misura	Concentrazioni limite
Nitrati NO ₃	[mg/l]	50
Fluoruri F	[mg/l]	1,5
Solfatti SO ₄	[mg/l]	250
Cloruri Cl	[mg/l]	100
Cianuri Cn	[µg/l]	50
Bario Ba	[mg/l]	1
Rame Cu	[mg/l]	0.05
Zinco Zn	[mg/l]	3
Berillio Be	[µg/l]	10
Cobalto Co	[µg/l]	250
Nichel Ni	[µg/l]	10
Vanadio V	[µg/l]	250
Arsenico As	[µg/l]	50
Cadmio Cd	[µg/l]	5
Cromo totale Cr	[µg/l]	50
Piombo Pb	[µg/l]	50
Selenio Se	[µg/l]	10
Mercurio Hg	[µg/l]	1
Amianto	[mg/l]	30
COD	[mg/l]	30
PH	Unità di pH	5,5 < > 12,0

Tabella 12 Test di cessione All. 3 DM 5/2/98. Tabella concentrazioni limite.

Riguardo alle modalità di campionamento e di analisi delle ceneri vulcaniche, esistono dei protocolli internazionali redatti dalla IVHHN (IVHHN (b), 2019) che hanno lo scopo di indirizzare i gruppi di ricerca ed i laboratori di analisi ad una corretta esecuzione e standardizzazione delle procedure principalmente in riferimento ai pericoli indotti da elementi lisciviabili (C.S. Witham, 2004). È infatti presente una vasta letteratura internazionale sugli effetti prodotti sulla salute dell'uomo e dell'ambiente terrestre ed acquatico (Blong, 1984) (Shane J Cronin, 2003) per la presenza nelle ceneri vulcaniche di elementi contaminanti. In particolare, sono riportati casi di intossicazione da fluoro e da metalli pesanti, i quali possono essere estratti ed entrare in circolo attraverso processi di lisciviazione, contaminando acque superficiali, suolo e bestiame.

6 Cessazione dello stato di rifiuto e possibile riutilizzo della cenere di origine vulcanica

Secondo l'articolo 184ter del D.lgs. 152/2006 e s.m.i., una sostanza cessa di essere considerata rifiuto quando:

« 1... è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfi i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

2. L'operazione di recupero può consistere semplicemente nel controllare i rifiuti per verificare se soddisfano i criteri elaborati conformemente alle predette condizioni. I criteri di cui al comma 1 sono adottati in conformità a quanto stabilito dalla disciplina comunitaria ovvero, in mancanza di criteri comunitari, caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto attraverso uno o più decreti del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400. I criteri includono, se necessario, valori limite per le sostanze inquinanti e tengono conto di tutti i possibili effetti negativi sull'ambiente della sostanza o dell'oggetto.

...

5. La disciplina in materia di gestione dei rifiuti si applica fino alla cessazione della qualifica di rifiuto.».

A seguito della modifica introdotta con l'art. 35 del DL 77/2021, l'articolo 185 del Dlgs 152/2006 riporta:

« 1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:

- a)...

b)...

c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale scavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato scavato, le ceneri vulcaniche, laddove riutilizzate in sostituzione di materie prime all'interno di cicli produttivi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente ne' mettono in pericolo la salute umana;

...»

Negli ultimi anni si stanno sviluppando una serie di sperimentazioni per il riutilizzo delle ceneri vulcaniche.

La cenere di origine vulcanica se adeguatamente trattata, potrebbe sostituire come inerte alcuni dei più comuni costituenti nella produzione di malte cementizie e prodotti per l'edilizia.

In particolare, si riportano alcuni studi condotti sulla cenere vulcanica originata dall'Etna utilizzata in sostituzione all'"azolo" (Basalto macinato) nella produzione di piastrelle ceramiche (Belfiore, Amato, Pezzino, & Viccaro, 2020). Le piastrelle prodotte, sottoposte a diverse prove di resistenza fisico-meccanica (e.g: i) assorbimento d'acqua; ii) resistenza alla flessione; iii) resistenza agli urti; iv) resistenza all'abrasione profonda; v) resistenza agli shock termici; vi) resistenza al gelo; etc), hanno restituito risultati incoraggianti e del tutto paragonabili ai comuni materiali presenti sul mercato.

Analoghi studi sono stati condotti sul possibile riutilizzo della cenere vulcanica come legante nella produzione di malta e calcestruzzo (Contrafatto, 2017). I test sono stati condotti utilizzando differenti percentuali di aggregati vulcanici, di differente frazione granulometrica, con o senza prelavaggio. I risultati preliminari mostrano come la differente combinazione di questi fattori incida sulle caratteristiche di resistenza, duttilità e tempo di presa del composto finale.

Nel 2020 si è concluso un importate progetto condotto dall'Università di Catania denominato REUCET, attraverso il quale sono stati affrontati sistematicamente e con approccio multidisciplinare i possibili utilizzi delle ceneri di origine vulcanica sopra menzionati, promuovendo la transizione verso un'economia circolare. In particolare ha trattato il riutilizzo della cenere per il confezionamento di malte, intonaci e pannelli isolanti, per la realizzazione di prodotti ceramici e come adsorbenti di inquinanti.

Bibliografia

- Belfiore, C., Amato, C., Pezzino, A., & Viccaro, M. (2020). An end of waste alternative for volcanic ash: A resource in the manufacture of ceramic tiles. *Construction and Building Materials*, 263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildma>
- Blong, R. (1984). Volcanic Hazards: A Sourcebook on the Effects of Eruptions. doi:ISBN: 9781483288208.
- C.S. Witham, C. O. (2004). Volcanic ash-leachates: a review and recommendations for sampling methods. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. doi:[10.1016/j.jvolgeores.2004.11.010](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.11.010)
- Contrafatto, L. (2017). Recycled Etna volcanic ash for cement, mortar and concrete manufacturing. *Construction and Building Materials*. doi:[10.1016/j.conbuildmat.2017.06.125](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.125)
- D.M. 05/04/2006 n°186. (2006). Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 05/02/1998.
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno, n. 120. (2017). Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 16.
- Decreto legislativo 3 aprile, n. 152. (2006). Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006).
- Dipartimento della Protezione Civile . (2019). *Cosa fare in caso di caduta di ceneri vulcaniche*. Tratto da <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/sei-preparato/cosa-fare-in-caso-di-caduta-di-ceneri-vulcaniche>
- DM 5 febbraio. (1998). Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n.22. (*Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale 16 aprile 1998 n. 88*).
- F.E.M.A. (1984). *The mitigation of ashfall damage to public facilities. Lessons learned from the 1980 eruption of Mount St. Helens, Washington*. Federal Emergency Management Agency.
- GNS. (2012). *Ash Fall*. Tratto da <https://www.gns.cri.nz/Home/Learning/Science-Topics/Volcanoes/Volcanic-Hazards/Ash-fall>
- GNS. (2013). *Be Prepared: Volcanic Ash Fall*. Tratto da GNS: <https://www.gns.cri.nz/Home/Learning/Science-Topics/Volcanoes/Eruption-What-to-do/Be-Prepared-Volcanic-Ash-Fall>
- INGV. (2010). *Scenari Eruttivi e Livelli di Allerta per il Vesuvio*. Dipartimento della Protezione Civile.
- INGV. (2012). *Definizione degli scenari di riferimento per il piano di emergenza dei Campi Flegrei per il rischio vulcanico*. Dipartimento della Protezione Civile.
- IVHHN (a). (2019). Preparedness for ashfall. Tratto da <https://www.ivhhn.org/information/preparedness-ashfall>
- IVHHN (b). (2019). *Protocol for collection, storage, preparation and analysis of volcanic ash samples for assessment of leachable elements*. Tratto da <https://www.ivhhn.org/guidelines#ash-collection>
- Ordinanza N. 1 del 24 febbraio 2021 Città metropolitana di Catania. *Emergenza cenere vulcanica. Individuazione CER e loro gestione*.

Ordinanza N. 19272 del 27 marzo 2014. Commissario Straordinario della Provincia Regionale di Catania. *Ordinanza contingibile e urgente ai sensi dell'art. 191 del D.Lgs 152/2006. Emergenza cenere vulcanica – Individuazione CER e loro gestione.*

P.L.I.N.I.U.S. (2014). *Relazione sull'analisi di vulnerabilità delle infrastrutture nei riguardi dell'impatto da caduta di cenere sulla base dei dati di letteratura. Deliverable D1.1 (WP1).* Convenzione quadro annuale - ARES 2014-2015 "Aggiornamento analisi di Rischio E di Scenario al Vesuvio e ai Campi Flegrei"- tra Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile e il Centro interdipartimentale di ricerca di urbanistica e di pianificazione territoriale "Raffaele D'ambrosio" (L.U.P.T.), struttura operativa centro studi PLINIVS dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Shane J Cronin, V. N. (2003, March 1). Environmental hazards of fluoride in volcanic ash: a case study from Ruapehu volcano, New Zealand. *Volume 121, Issues 3–4,* Pages 271-291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.volmat.2003.03.003>

USGS. (2015). *Roof Loading.* Tratto da Volcanic Ash Impacts & Mitigation: https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/roof_loading.html

USGS. (2015). *Volcanic ash impact and mitigation. Ash disposal.* Tratto da https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/ash_disposal.html

USGS. (2016). *Preparedness during an eruption.* Tratto da https://volcanoes.usgs.gov/vhp/during_eruption.html

USGS. (2019). *Volcanic Ash Impacts & Mitigation.* Tratto da Volcanic Ash Impacts & Mitigation: https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/

Wilson, G., Wilson, T. M., Deligne, N. I., Blake, D. M., & Cole, J. W. (2017). Framework for developing volcanic fragility and vulnerability functions for critical infrastructure. *Journal of Applied Volcanology*, 6(14). doi:10.1186/s13617-017-0065-6