

Convegno  
La prevenzione del rischio sismico e gli studi  
di pericolosità sismica del Mugello

Firenze 23 settembre 2019  
Cenacolo di Santa Apollonia  
Auditorium Sala Poccetti Via San Gallo, 25/A



## I Contesti Territoriali e le attività di valutazione dell'operatività del sistema di emergenza

Fabrizio Brammerini  
Giuseppe Naso

Ufficio Attività tecnico scientifiche – Dipartimento della Protezione civile



## Operatività dei Contesti Territoriali

Attività e risultati presentati sono parte del Progetto PON Governance. La metodologia è in fase di sperimentazione e quindi i risultati non sono definitivi

UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

*Agencia para el Desarrollo Territorial*

pon GOVERNANCE  
E CAPACITÀ  
ISTITUZIONALE  
2014-2020

FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	Classe
Individuazione Contesti Territoriali (CT)					E
	Studi di Microzonazione Sismica				D
		Analisi CLE			C
			Valutazione operatività CT		B
				Programmazione Interventi	A

PON GOVERNANCE 2014-2020  
Riduzione del rischio sismico, vulcanico  
e idrogeologico ai fini di protezione  
civile



## Operatività dei Contesti Territoriali

Codice di protezione civile

Criteri generali per la definizione di ambiti territoriali e organizzativi ottimali  
Decreto legislativo 1/2018

### Contesti Territoriali

Fase A

Analisi Sistemi Locali del Lavoro (SLL)

Fase B

Individuazione Contesti Territoriali (CT)

Fase C

Individuazione Comuni di Riferimento (CR)

Fase D

Verifiche Confronti

### Vantaggi e opportunità

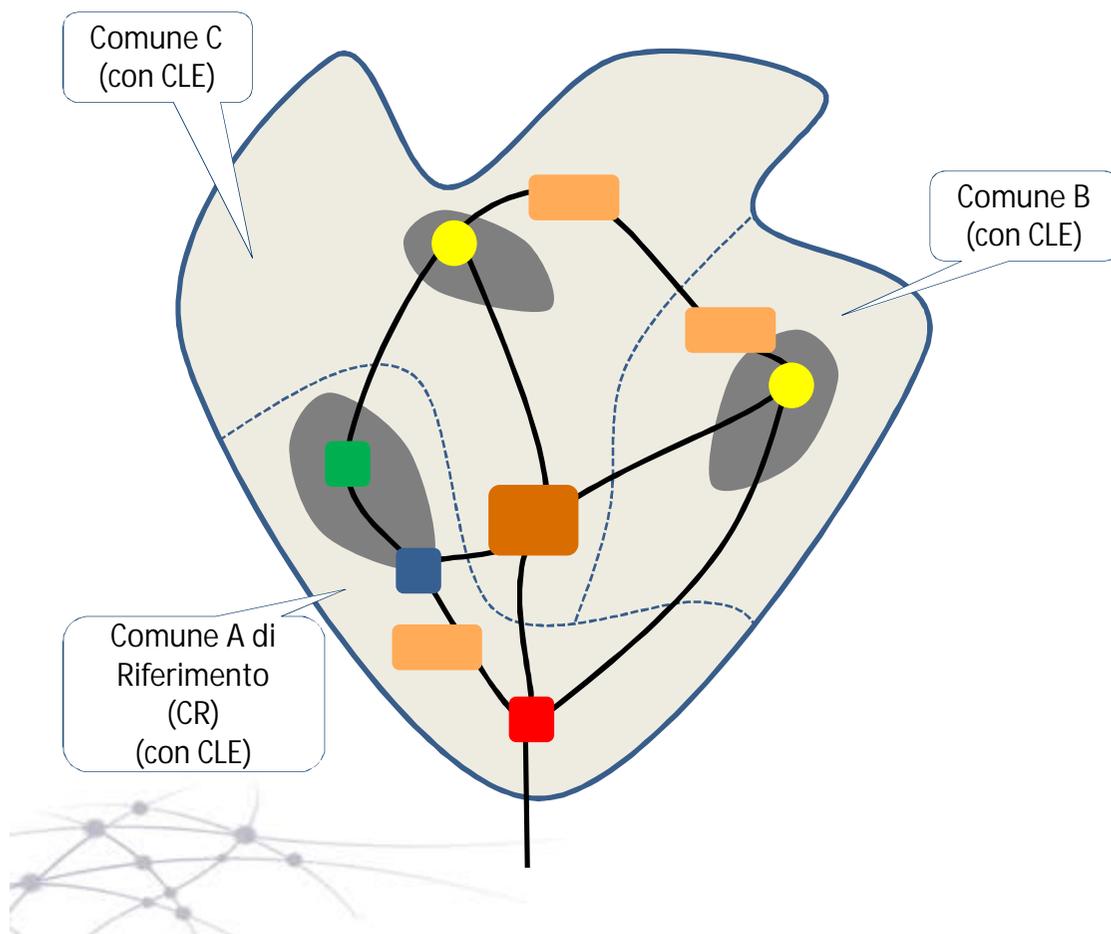
#### Punti di forza

Stabilità nel tempo  
Omogeneità per l'intero territorio  
Trasparenza metodologia  
Fonti certificate  
Riproducibilità del metodo

#### Opportunità

Sinergia politiche economico-sociali  
Valutazione performance confrontabili (indicatori)  
Requisiti minimi di sicurezza per la popolazione

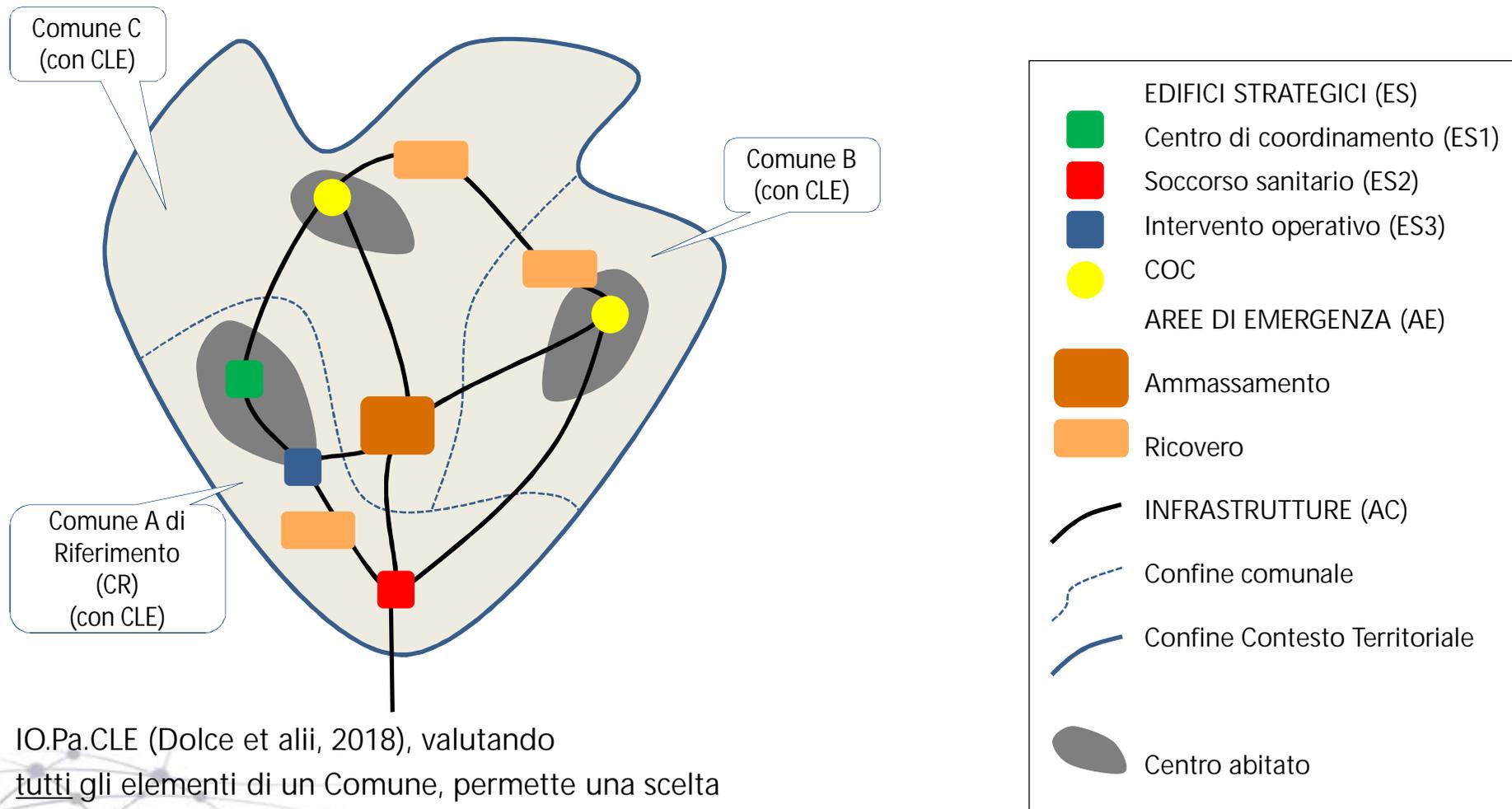
## Operatività dei Contesti Territoriali



### Sistema strutturale di emergenza del Contesto Territoriale (sistema a rete)

- edifici strategici (3 edifici fondamentali e n COC)
- aree di emergenza (aree di ricovero e di ammassamento)
- infrastrutture di connessione e accessibilità

## Operatività dei Contesti Territoriali



IO.Pa.CLE (Dolce et alii, 2018), valutando tutti gli elementi di un Comune, permette una scelta accurata degli elementi del CT

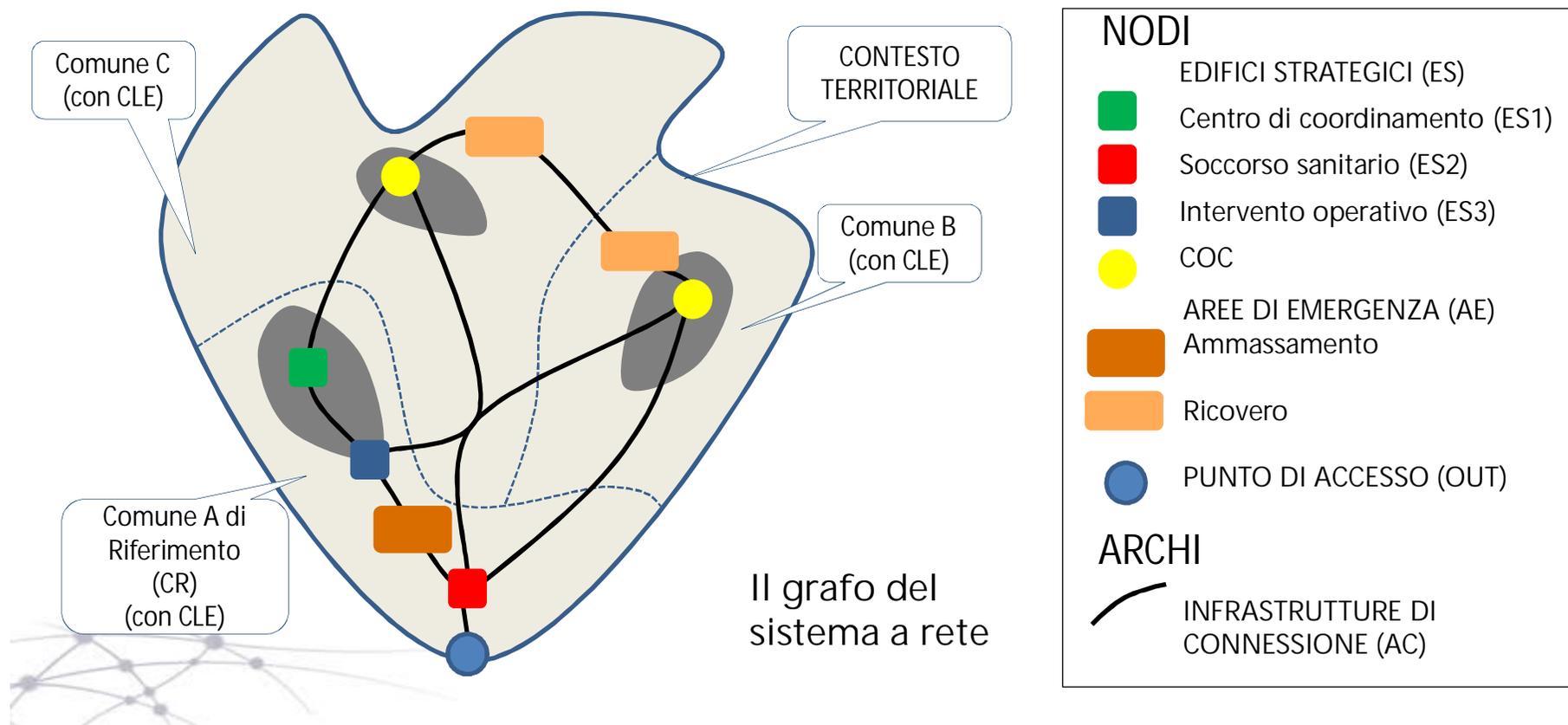
## Operatività dei Contesti Territoriali

- Il modello matematico che traduce la CLE di CT: il grafo del sistema a rete
- Il sistema a rete è costituito da oggetti virtualmente puntuali (edifici strategici ed aree di emergenza) interconnessi da oggetti a sviluppo virtualmente lineare (infrastrutture di connessione)
- La struttura matematica che traduce la CLE di CT è rappresentata da un grafo di rete costituito da nodi (edifici strategici e aree di emergenza) e da archi (infrastrutture di connessione)



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Il modello matematico che traduce la CLE di CT: il grafo del sistema a rete



## Operatività dei Contesti Territoriali

Proposta preliminare in coordinamento con la Regione (in discussione)

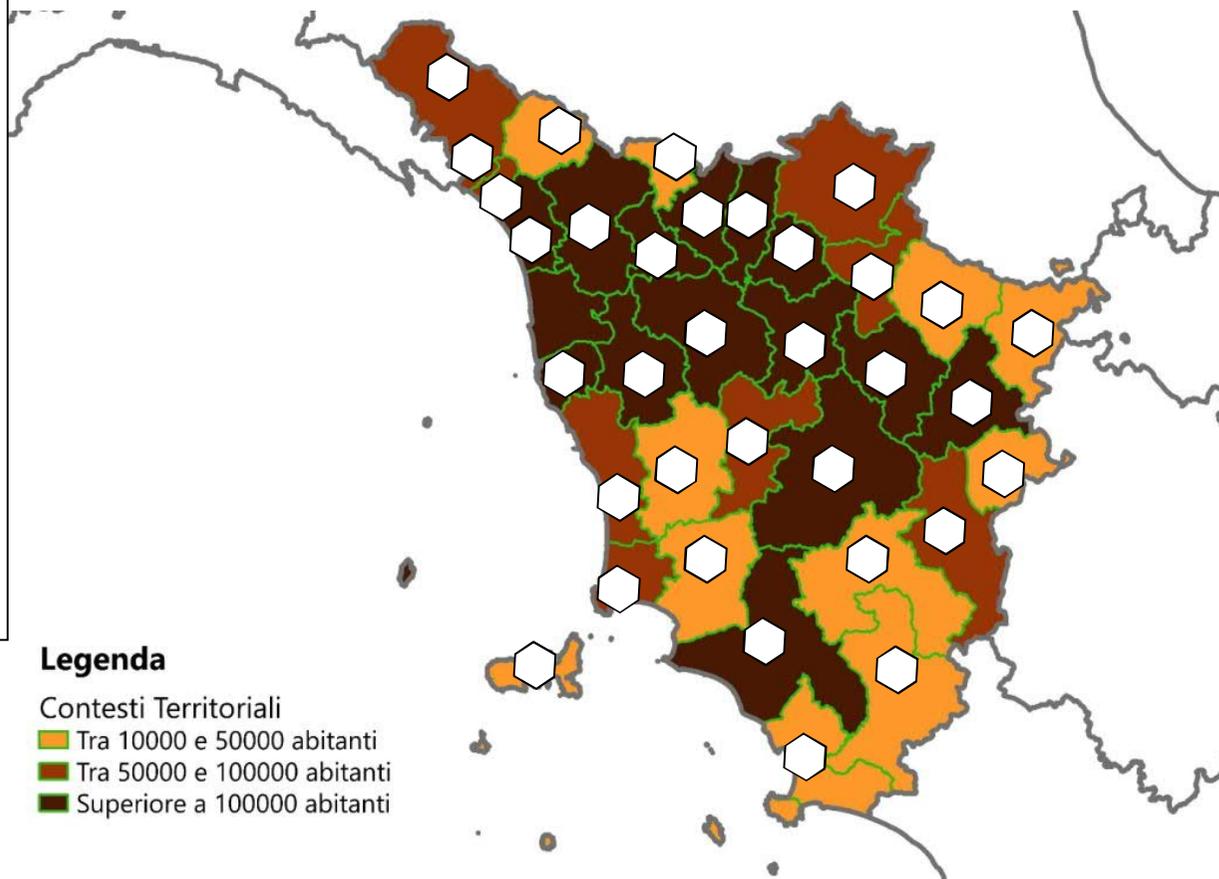
dLgs 1/2018  
Art. 11

Le Regioni... individuano nel rispetto dei criteri generali definiti ai sensi dell'articolo 18, comma 4, gli ambiti territoriali ottimali e connessi criteri organizzativi... nonché attuano la revisione e la valutazione periodica dei piani

### Legenda

Contesti Territoriali

- Tra 10000 e 50000 abitanti
- Tra 50000 e 100000 abitanti
- Superiore a 100000 abitanti



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Dopo aver stabilito la geometria del sistema si passa alla valutazione di operatività del sistema a rete
  - La probabilità di operatività del singolo oggetto del sistema (edifici, aree, infrastrutture)
    - Pericolosità di base
    - Pericolosità locale
    - Vulnerabilità degli oggetti del sistema
  - La probabilità di operatività del sistema a rete
    - L'Indicatore IOCT (Indice Operatività Contesto Territoriale)



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Pericolosità di base

Per ottenere le misure di intensità di scuotimento sismico necessarie per la valutazione dei singoli oggetti della rete è stata utilizzata la procedura Shakefield (Weatherill et al., 2014) (<http://www.vce.at/SYNER-G/files/project/proj-overview.html>)

In corrispondenza dei nodi del sistema a rete (per analisi con  $T_R=100$  e  $T_R=475$  anni) si ottengono i valori di scuotimento di PGA al bedrock



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Pericolosità di base

Tre caratteristiche fondamentali della procedura di calcolo della pericolosità di base:

- misura di PGA (intensità primaria) spazialmente correlata (tra i siti)
- misure di PGD e Sa (intensità secondarie) condizionate alla PGA (nel sito)
- analisi stocastica



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Pericolosità locale

In corrispondenza dei nodi del sistema a rete (per analisi con  $T_R=100$  e  $T_R=475$  anni) si ottengono i valori di scuotimento in termini di PGA, ordinate spettrali  $S_a(T)$  per le amplificazioni in superficie e in termini di valori di spostamenti permanenti PGD per gli effetti cosismici

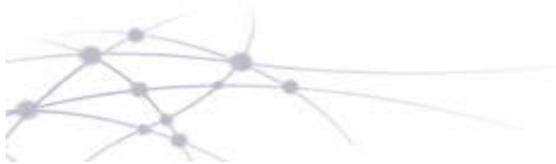


## Operatività dei Contesti Territoriali

- Pericolosità locale

Le caratteristiche fondamentali della procedura di calcolo della pericolosità locale sono:

- Le analisi sono definite su due livelli di approfondimento (approccio semplificato e approccio avanzato)
- Si accettano alcune semplificazioni considerando che l'obiettivo finale è l'operatività di un sistema strutturale di emergenza in un'area vasta (CT)
- Strumento essenziale per queste analisi sono gli studi di microzonazione sismica (su 3 livelli) condotti in gran parte dei territori comunali analizzati



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Pericolosità locale

EFFETTO LOCALE	APPROCCIO SEMPLIFICATO	APPROCCIO AVANZATO
Amplificazione stratigrafica	Metodo originale	Metodo originale
Frane in terra (scivolamento)	HAZUS*	Metodo originale
Frane in roccia (crollo)	Metodo originale	Metodo originale
Liquefazione	HAZUS*	da sviluppare
Faglie attive e capaci	Non ancora valutato	Non ancora valutato
Cedimenti per densificazioni	Non ancora valutato	Non ancora valutato

Non sono ancora valutati gli effetti di faglie attive e capaci, cedimenti per densificazioni e tsunami

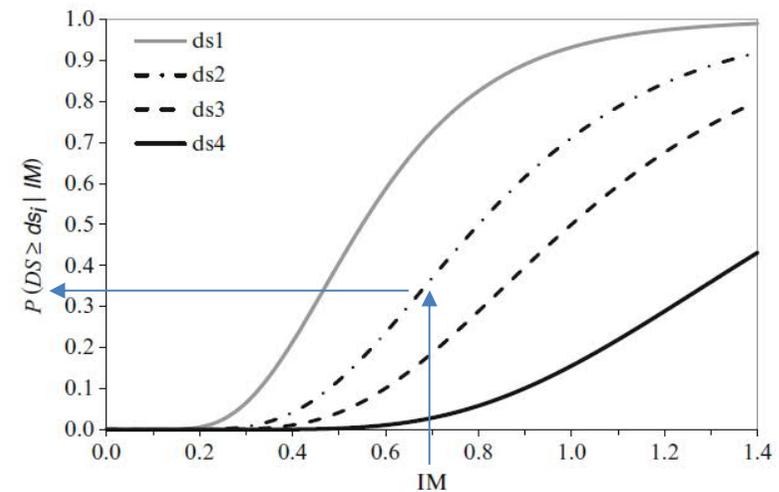
\*HAZUS, 2003. Multi-hazard Loss Estimation Methodology. Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate FEMA Mitigation Division Washington, D.C.



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Vulnerabilità

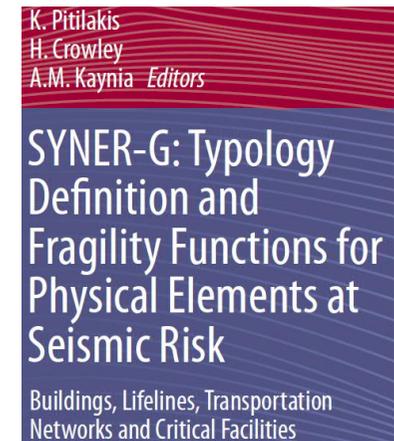
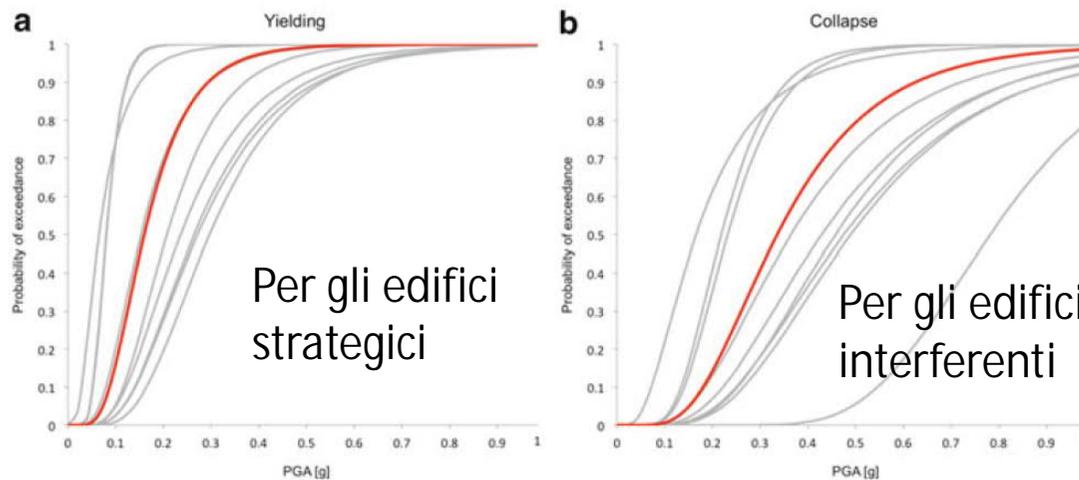
- La probabilità di operatività del singolo oggetto della rete è valutata attraverso una curva di fragilità (vulnerabilità) che esprime la probabilità di eccedenza di un certo livello di danno in funzione di una certa misura di intensità sismica.
- Per ogni oggetto definiamo un modello di vulnerabilità (fragilità) semplificato o avanzato associato ad una misura di intensità sismica in superficie ottenuta con un modello di pericolosità semplificato o avanzato



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Vulnerabilità degli edifici – Approccio semplificato

Si utilizzano curve di fragilità di letteratura (Progetto SYNER-G) che hanno la peculiarità di riassumere in una curva media i tanti modelli esistenti in letteratura.



## Operatività dei Contesti Territoriali

- Vulnerabilità degli edifici – Approccio avanzato

La curva di fragilità viene ricavata attraverso la metodologia Seismic Model from Ambient Vibrations (SMAV), Mori e Spina 2015 - basata sulla misure delle vibrazioni ambientali eseguite a tutti i piani dell'edificio ed in condizioni di normale utilizzo (non a seguito di un terremoto)



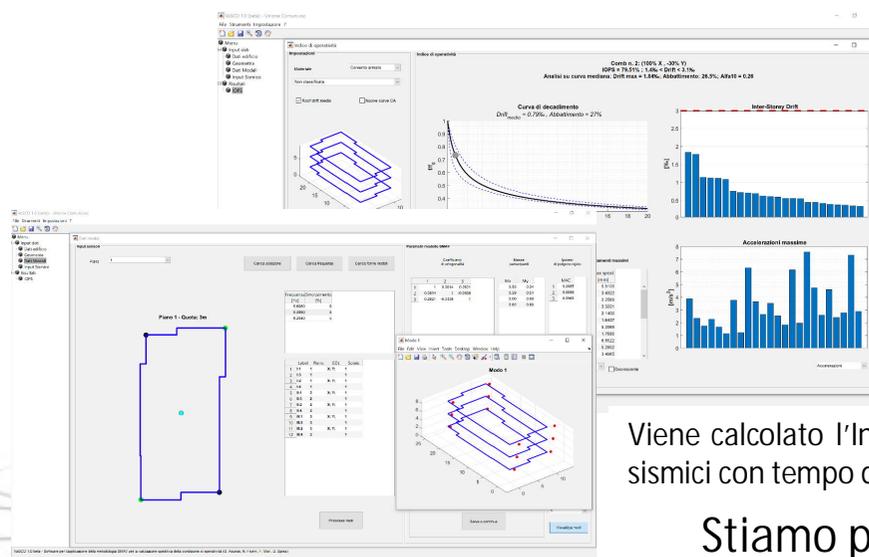
## Operatività dei Contesti Territoriali

Stiamo lavorando con la Regione alle analisi del CT del Mugello

Sede Unione Montana dei Comuni del Mugello – Borgo San Lorenzo (FI)



4 punti di misura per piano  
3 livelli  
12 punti di misura complessivi



Viene calcolato l'Indice di Operatività Strutturale (IOPS) per gli eventi sismici con tempo di ritorno 100 e 475 anni

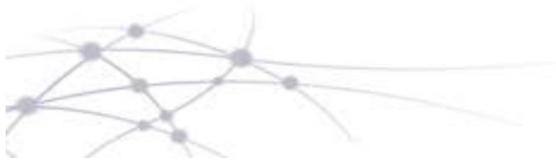
Stiamo programmando le analisi del CT di Prato

## Operatività dei Contesti Territoriali

- Operatività delle aree e delle infrastrutture

Per le aree di emergenza e per le infrastrutture di connessione si valuta l'operatività in funzione di:

- Spostamento permanente del suolo PGD (Frane e liquefazione) → Curve HAZUS
- Probabilità di innesco frana di crollo in funzione della PGA → Curve FABFAL
- Crollo di edificio interferente → Procedura SYNER-G (Argyroudis, 2011)
  - probabilità di collasso di ogni tipologia
  - numero di edifici collassati di ogni tipologia
  - probabilità di ingombro legata al collasso con modelli di Argyroudis
  - probabilità di operatività dell'infrastruttura come produttoria delle probabilità di ingombro dovute al collasso delle tipologie elevate al numero di edifici collassati



## Operatività dei Contesti Territoriali

- La probabilità di operatività del sistema a rete
  - L'Indice IOCT

- In termini generali in letteratura la misura di performance di una rete in termini di connessione è definita dall'efficienza (Latora and Marchiori, 2001- Franchin and Cavalieri, 2015)
- L'Indice di Operatività del Contesto Territoriale IOCT è definito come il rapporto tra l'efficienza della rete a seguito di un evento sismico per un dato periodo di ritorno (100 e 475 anni) e l'efficienza della rete in condizioni di servizio
- L'efficienza della rete è data dalla sommatoria delle efficienze delle singole coppie di nodi che devono rimanere collegati.

IO.Pa.CLE (Dolce et alii, 2018) è utilizzato per valutazioni sulla ridondanza delle infrastrutture



## Operatività dei Contesti Territoriali

- La probabilità di operatività del sistema a rete
  - L'Indicatore IOCT

$$IOCT(T_R) = \frac{E_{CT}(T_R)}{E_{CT}(0)}$$

Indice Operatività del Contesto Territoriale per il tempo di ritorno  $T_R$

$$E_{CT}(0) = \sum_h \sum_k \frac{1}{L_{hk}}$$

Efficienza CT in condizioni di servizio (tempo di ritorno  $T_R=0$ )

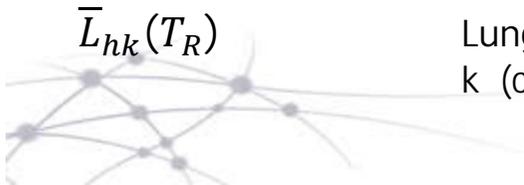
$$E_{CT}(T_R) = \sum_h \sum_k \frac{P(OP_h \cup OP_k, T_R)}{\bar{L}_{hk}(T_R)}$$

Efficienza attesa CT per tempo di ritorno  $T_R$

$L_{hk}$  Lunghezza percorso minimo fra gli oggetti h e k

$P(OP_h \cup OP_k, T_R)$  Probabilità che gli oggetti h e k siano entrambi operativi per il tempo di ritorno  $T_R$

$\bar{L}_{hk}(T_R)$  Lunghezza attesa (per il tempo di ritorno  $T_R$ ) del percorso minimo fra gli oggetti h e k (condizionata all'operatività degli oggetti h e k)



## Operatività dei Contesti Territoriali

### Esposizione

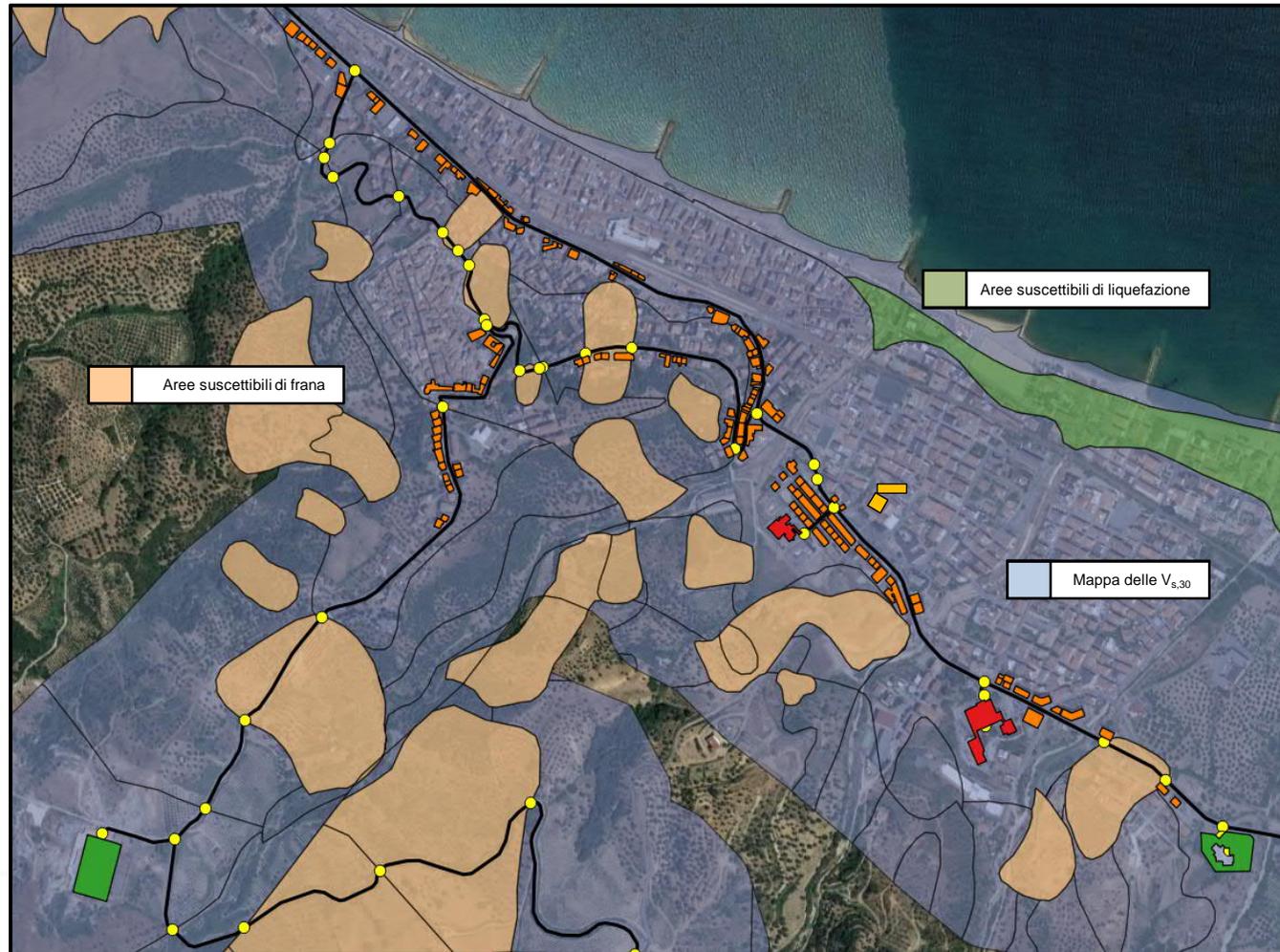
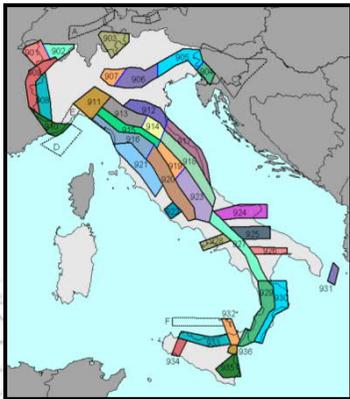
- Grafo della CLE del Contesto Territoriale (nodi e archi)



## Operatività dei Contesti Territoriali

### Pericolosità

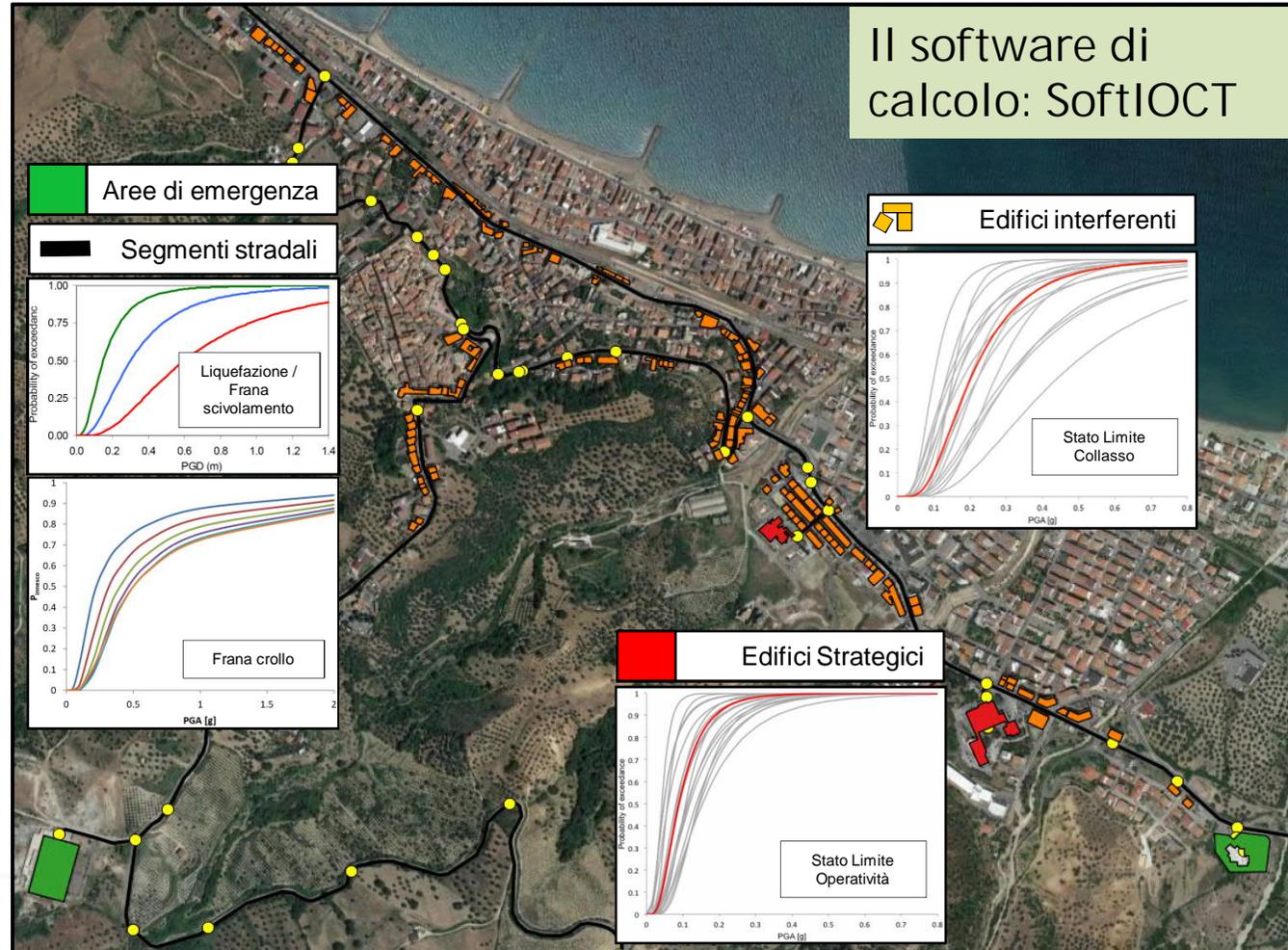
- Zone sismogenetiche significative per definire la sismicità del Contesto Territoriale in esame
- Caratterizzazione geologica dell'area in esame (Mappa delle  $V_{s,30}$ , Aree suscettibili di frana di scivolamento o crollo, Aree suscettibili di Liquefazione);



## Operatività dei Contesti Territoriali

### Vulnerabilità

- Edifici interferenti e edifici strategici: curve di fragilità metodo Syner-G
- Infrastrutture: curve di fragilità con metodo Hazus
- Aree di emergenza: curve di fragilità con metodi Syner-G e Hazus



## Operatività dei Contesti Territoriali

Esempio di risultati di un Contesto Territoriale

TR = 100 ANNI

IOCT

0.490

Indici di Operatività delle Singole Componenti

ES	0.935
COC	0.794
AE Ricovero	0.732
AE Ammassamento	1.000
Connessioni	0.706
Accessibilità	0.924

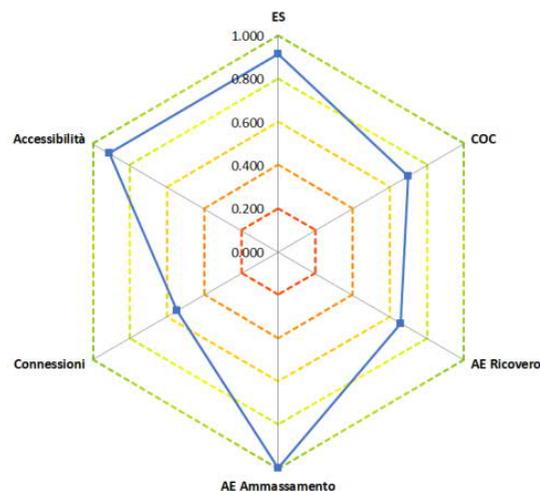
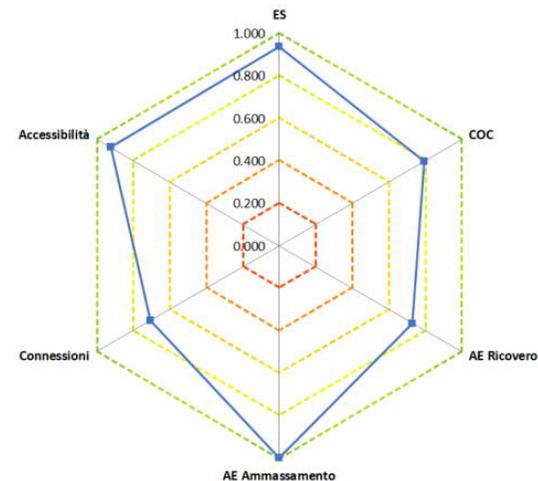
TR = 475 ANNI

IOCT

0.384

Indici di Operatività delle Singole Componenti

ES	0.913
COC	0.701
AE Ricovero	0.661
AE Ammassamento	1.000
Connessioni	0.545
Accessibilità	0.910



## Operatività dei Contesti Territoriali

NEL 2020...

- Si sperimenterà e calibrerà la metodologia su 10 Contesti Territoriali pilota.
- Si integreranno le valutazioni sulle lifelines
- Si integrerà la valutazione sul sistema non strutturale di emergenza
- Si integrerà una valutazione preliminare sui CT vulcanici
- Si svilupperà la fase di «programmazione degli interventi» attraverso una metodologia finalizzata all'ottimizzazione degli interventi strutturali e della spesa economica associata al raggiungimento di una performance

