



*Mitigazione dei rischi naturali per la sicurezza e la mobilità
nelle aree montane del Mezzogiorno*

Scuola di Ingegneria – Università degli studi della Basilicata

Resilienza delle strutture strategiche nella gestione dell'emergenza post-sisma: applicazione al sistema ospedaliero dell'area MITIGO

*Giuseppe SANTARSIERO, Angelo MASI, Vincenzo MANFREDI, Andrea DIGRISOLO,
Giuseppe VENTURA, Valentina PICCIANO*

22-23 Giugno 2023



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Ministero dell'Università
e della Ricerca*



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020



Estratto da: Secondo convegno annuale del progetto MITIGO - 22-23 Giugno 2023 - Sommari degli interventi e presentazioni

© 2023 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9791281551008



9 791281 551008

Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

- Stimare la **domanda di assistenza sanitaria** nell'area MITIGO derivante da alcuni **scenari di danno sismico**
- Delineare le misure da intraprendere **per migliorare la resilienza** della rete ospedaliera

Rete Ospedaliera della **BASILICATA**:

114 Edifici in 15 Plessi

1400000 m³

341729 m²

~ 2600 Posti Letto



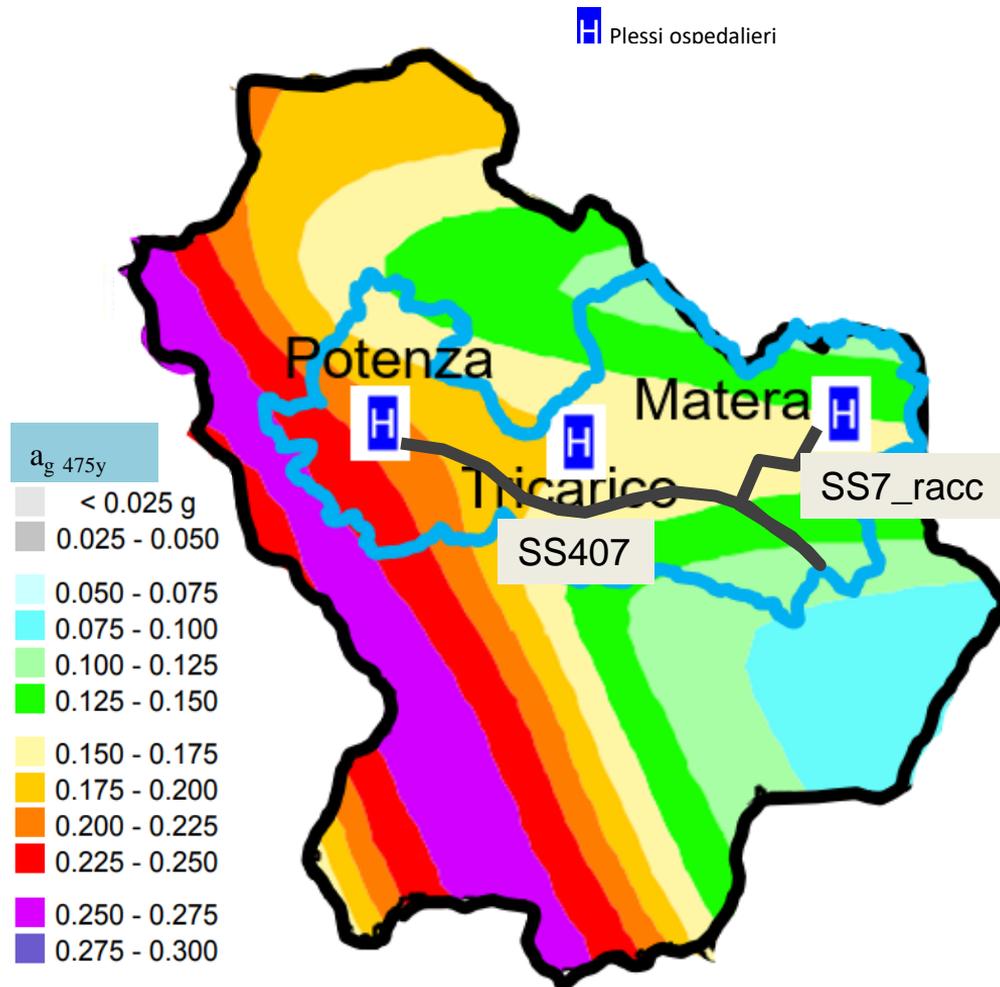
Ospedali dell'area **MITIGO**:

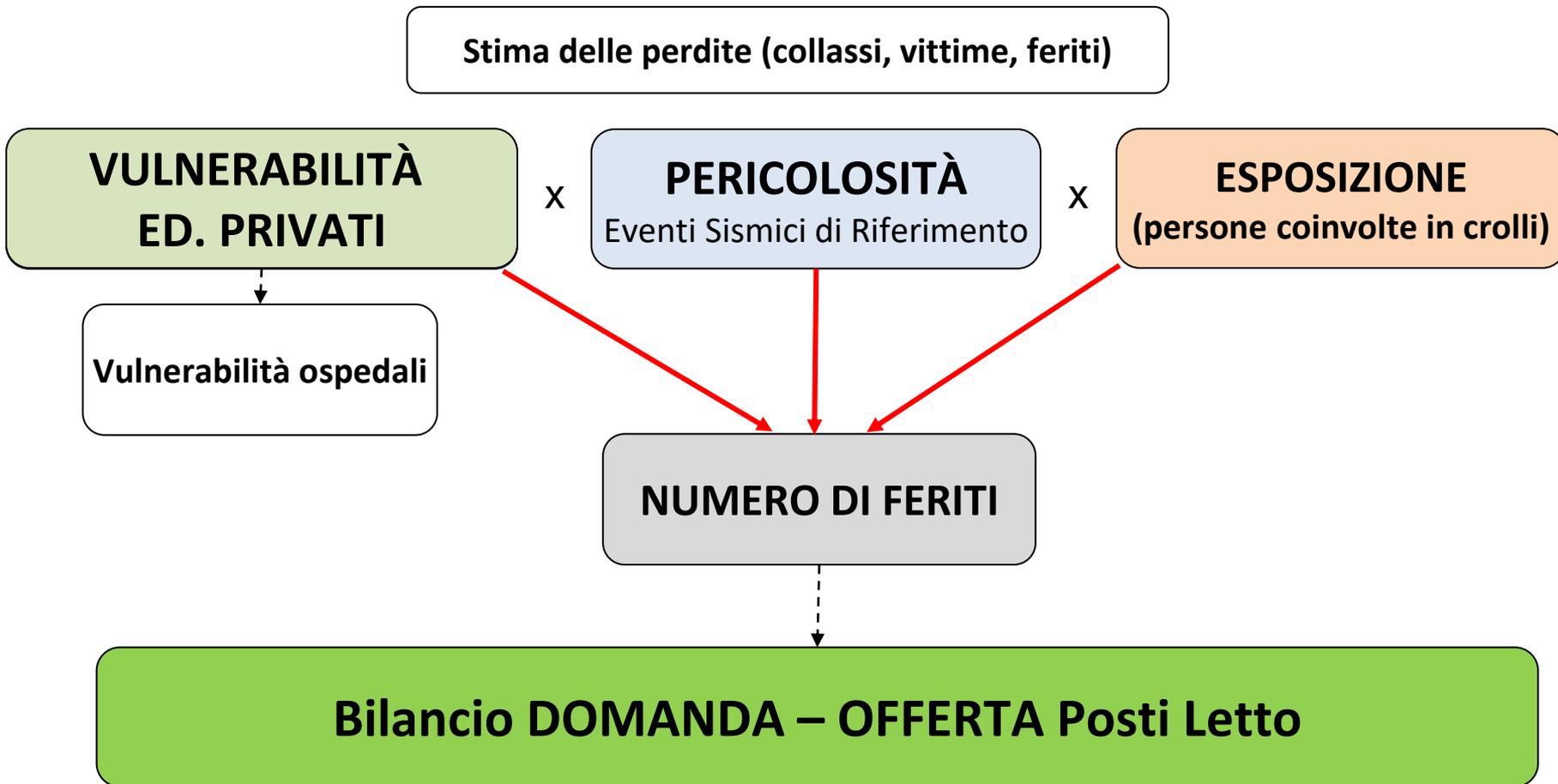
32 Edifici in 3 Plessi

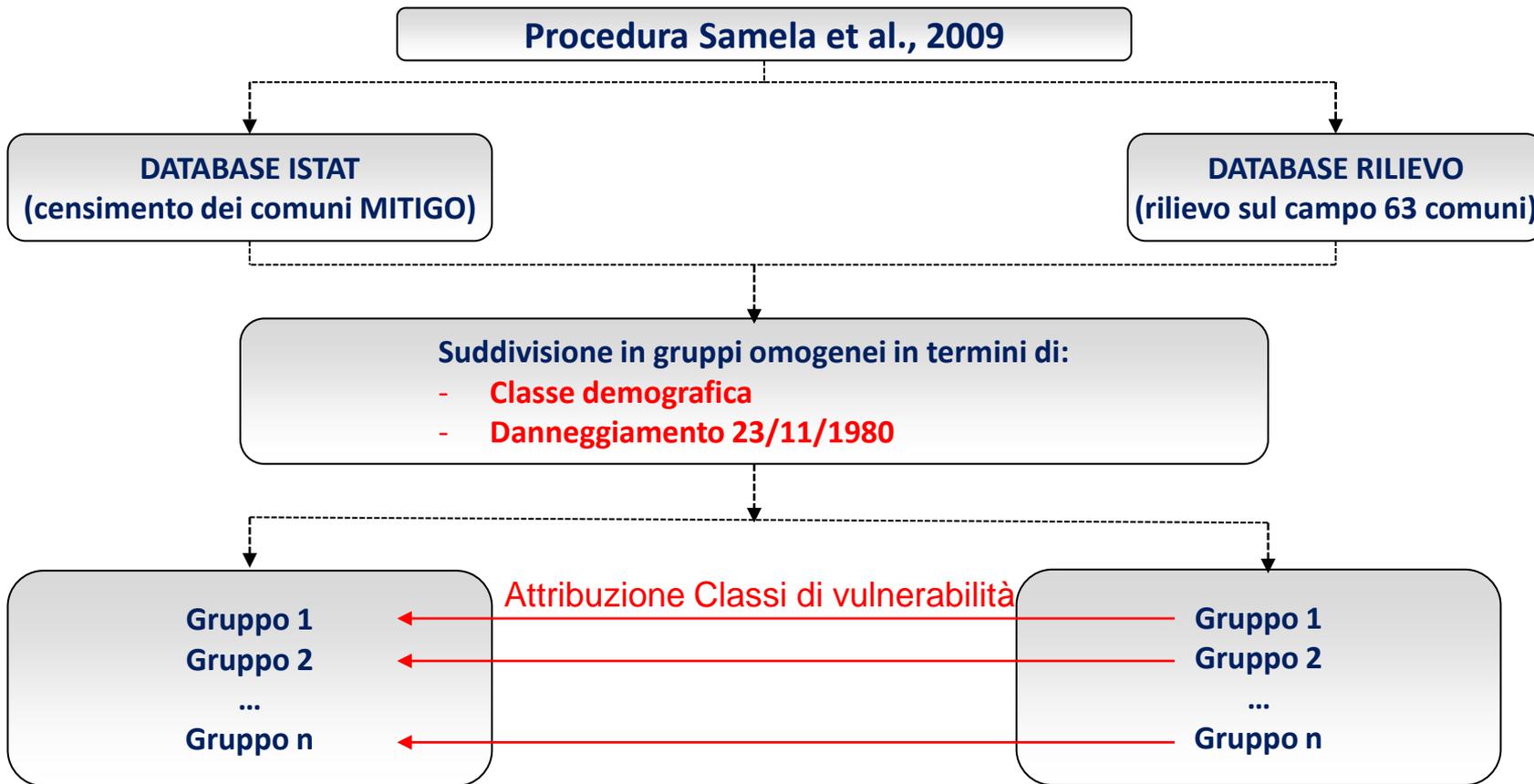
595060 m³

135035 m²

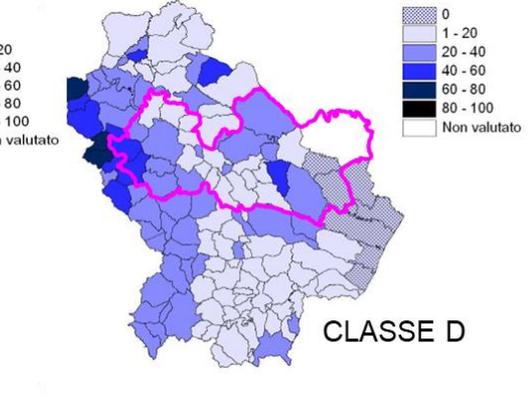
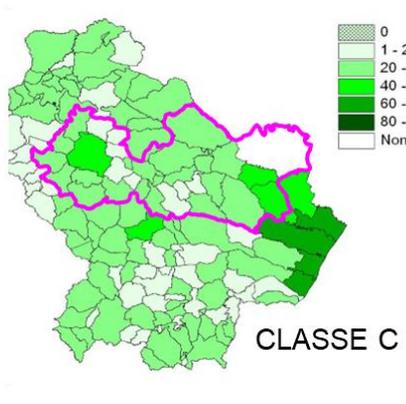
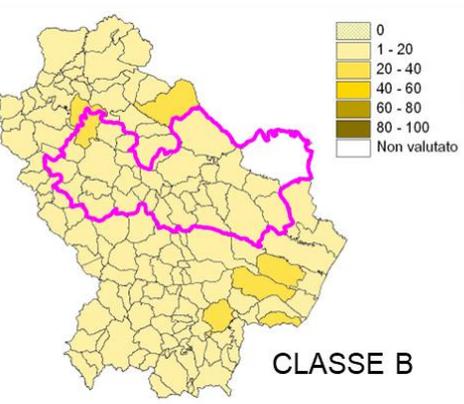
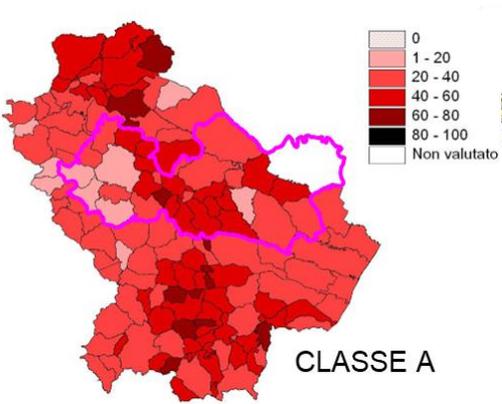
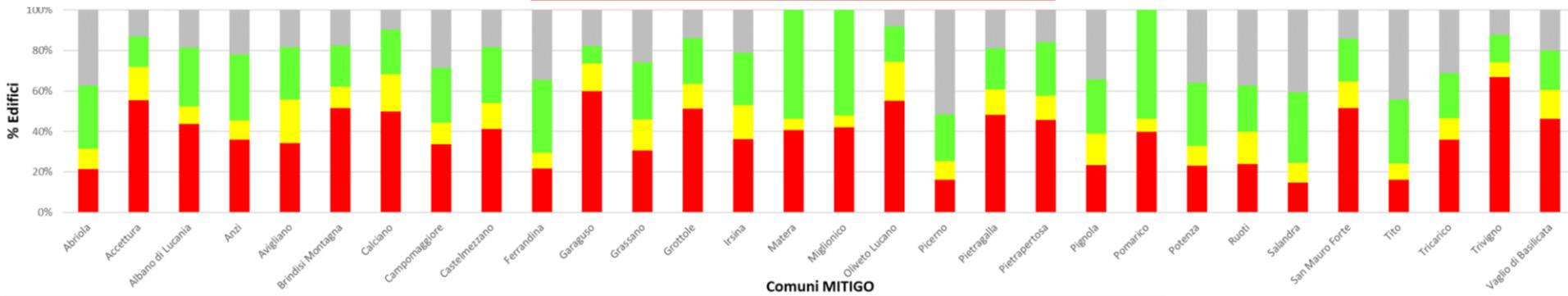
~ 1200 Posti Letto







■ CLASSE A
 ■ CLASSE B
 ■ CLASSE C
 ■ CLASSE D

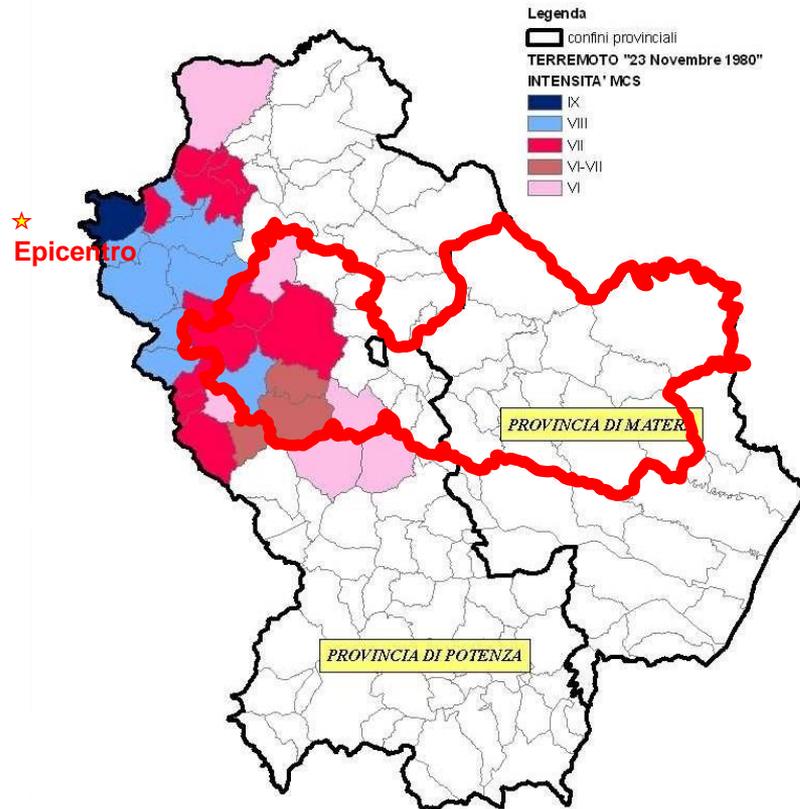


←
Maggiore VULNERABILITA'

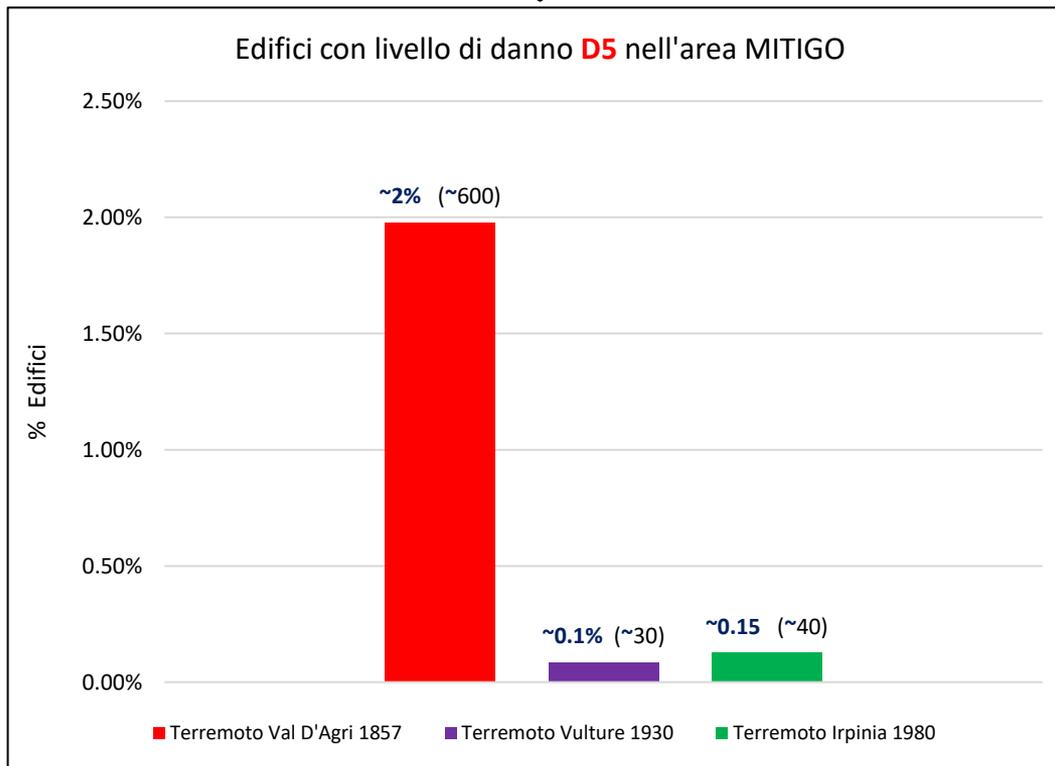
Terremoto Val D'Agri: 16 dicembre 1857

$I_{\max} = XI \text{ MCS}$

Comuni con intensità $\geq VI \text{ Mcs}$



Stima del Danno sugli Edifici (DPM)



Stima del numero di vittime (Coburn & Spence, 2002)



$$k_s = D_5 \cdot [M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot (M_4 \cdot (1 - M_4)) \cdot M_5]$$



Stima del numero di feriti

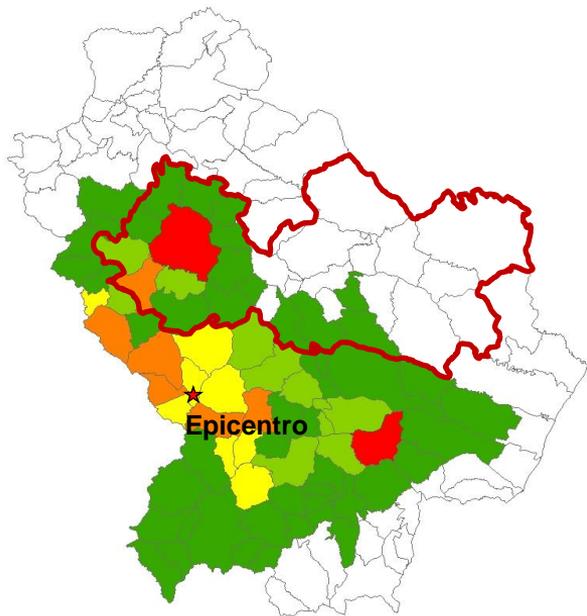


$$n_f = 5 \cdot k_s$$

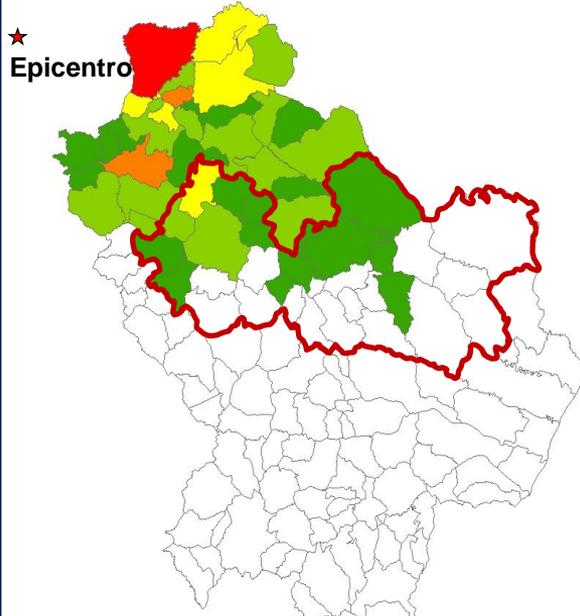
- k_s : è il numero di vittime atteso;
- D_5 : è il numero di edifici che subiscono un livello di danno D5;
- M_1 : è il rapporto Abitanti/Edifici;
- M_2 : è la percentuale di abitanti presenti all'interno degli edifici al momento del terremoto;
- M_3 : è la percentuale di persone intrappolate negli edifici al momento del crollo;
- M_4 : è la mortalità al collasso;
- M_5 : è la mortalità post-collasso.

- n_f : è il numero di feriti;
- k_s : è il numero di vittime atteso.

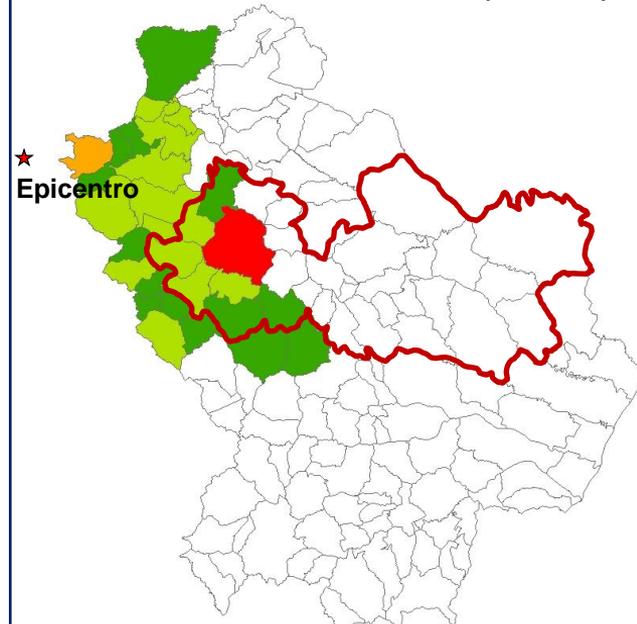
Terremoto 16/12/1857 (22:15)



Terremoto 23/07/1930 (00:08)



Terremoto 23/11/1980 (19:30)



Numero di Feriti	N° Feriti MITIGO	N° Edifici D5
0-90	>4500	~600
91-310		
311-800		
801-1300		
>1300		

Numero di Feriti	N° Feriti MITIGO	N° Edifici D5
0-5	90-100	~30
6-20		
21-70		
71-250		
>250		

Numero di Feriti	N° Feriti MITIGO	N° Edifici D5
0-5	190-200	~40
6-40		
41-90		
>90		



Potenza – Ospedale San Carlo

Tricarico – Ospedale Mazzarone



Matera – Ospedale Madonna delle Grazie



PL occ	PL ord.	P.L.emerg.
63	16	58

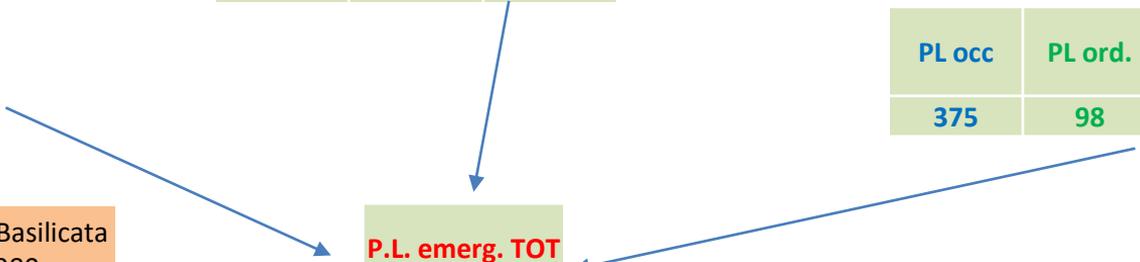
PL occ	PL ord.	P.L. emerg.
535	140	247

PL occ	PL ord.	P.L.emerg.
375	98	180

Feriti area MITIGO

Val d'Agri 1857	Vulture 1930	Irpinia-Basilicata 1980
>4500	90-100	204

P.L. emerg. TOT
485



TERREMOTO ABRUZZO 2009 Mw=6.3 L'AQUILA, OSP. SAN SALVATORE EVACUATO*



L'AQUILA

TERREMOTO EMILIA 2012 Mw=5.9 MIRANDOLA, OSP. SANTA MARIA BIANCA EVACUATO**



MIRANDOLA (MO)



Masi A., Santarsiero G., et al. **Performance of the health facilities during the 2012 Emilia (Italy) earthquake and analysis of the Mirandola hospital case study, Bull. Earthq. Eng. (12), (2014).

TERREMOTO CENTRO ITALIA 2016 Mw=6.1, 5.9, 6.5 3 OSPEDALI EVACUATI, 1 PARZIALMENTE ***



AMATRICE (RI)



AMANDOLA (FE)

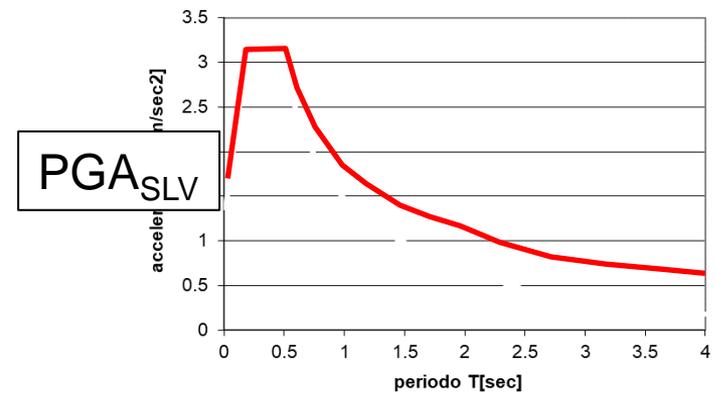
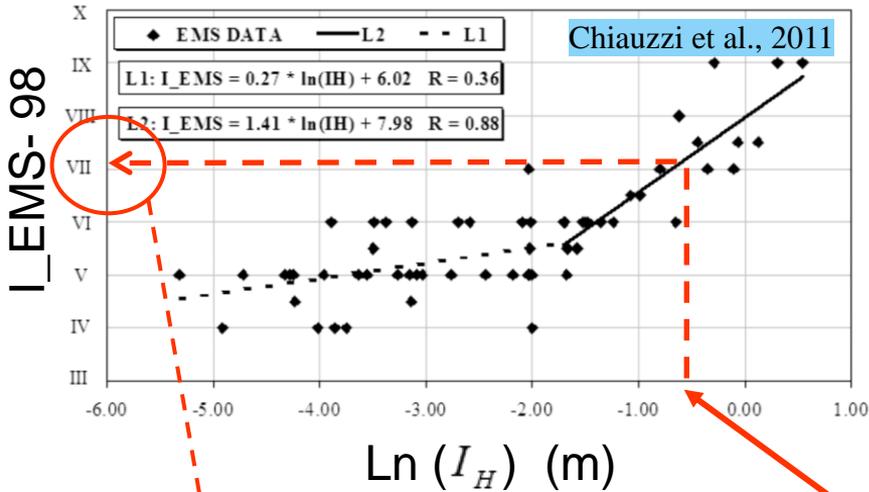
***Santarsiero, G., Di Sarno, L., Giovinazzi, S. *et al.* **Performance of the healthcare facilities during the 2016–2017 Central Italy seismic sequence**. Bull Earthq Eng 17, 5701–5727 (2019).

*Price HJ, De Sortis A, Schotanus M (2012) **Performance of the San Salvatore Regional Hospital in the 2009 L'Aquila earthquake**. Earthq Spectra 28:239–256

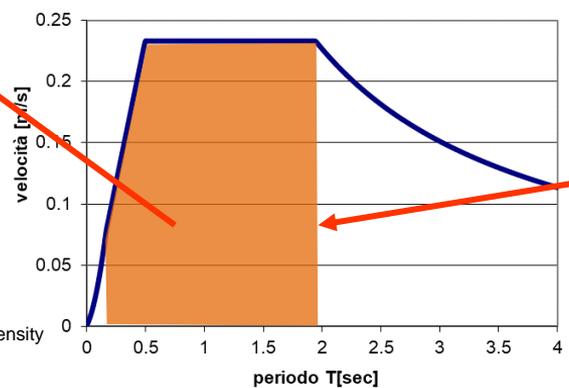
È nota la capacità sismica degli ospedali indagati

PGA_{SLV} Vita
 PGA_{SLD} Danno

Macroseismic Intensity vs Housner Intensity



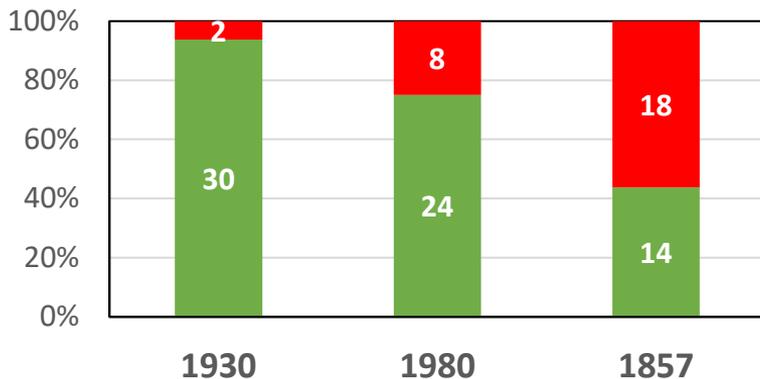
I_{EMS-98_SLV} Vs. I_{EMS-98}
 Capacità scenario



Intensità di Housner

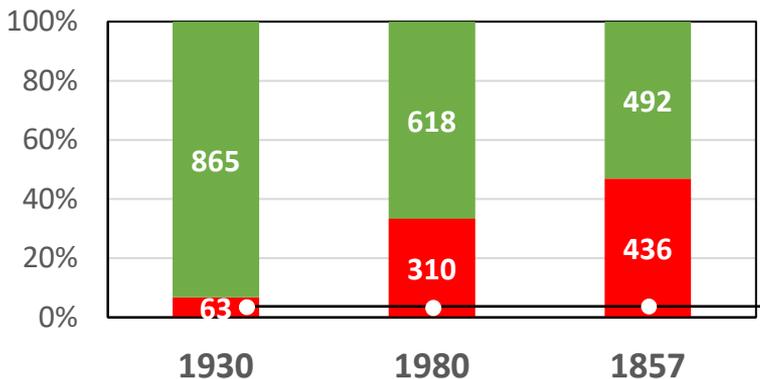
$$I_H = \int_{0.2}^2 PVS(T, \xi) dT$$

EDIFICI OSP. ■ AGIBILI ■ INAGIBILI



- Gran parte delle inagibilità si verifica a **Potenza** e marginalmente a **Tricarico**
- L'ospedale di **Matera** può svolgere una funzione suppletiva

■ Pazienti da rilocare



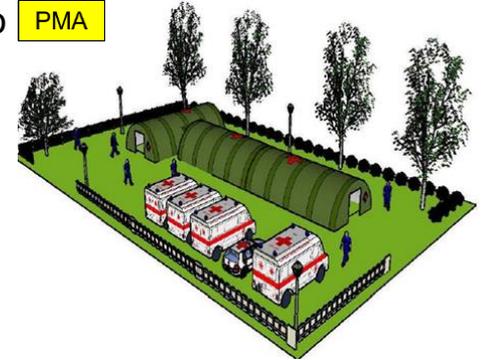
- I pazienti ospitati negli edifici risultati **inagibili** si aggiungono ai feriti che si generano nell'area di interesse (MITIGO)

Val d'Agri 1857	Vulture 1930	Irpinia-Basilicata 1980
>4500	90-100	204
+436	+63	+310

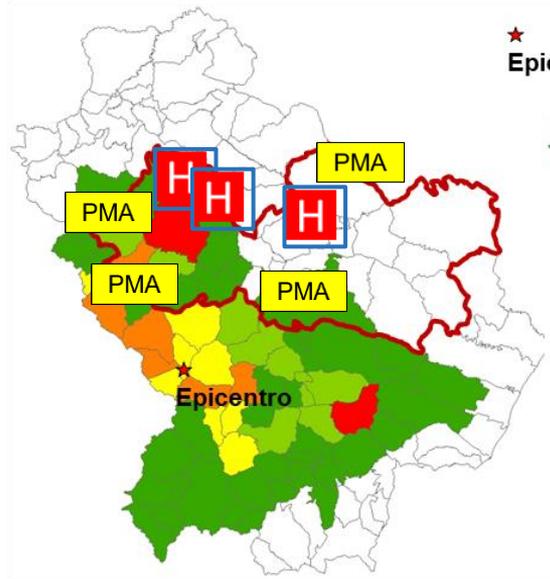
Ospedale da campo **H**



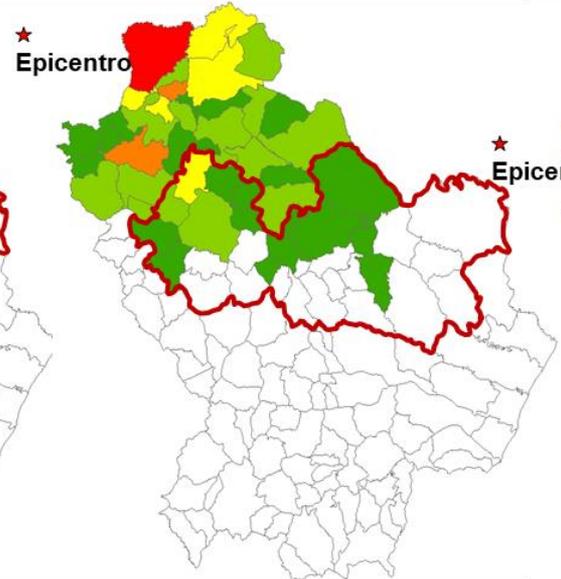
Posto medico avanzato **PMA**



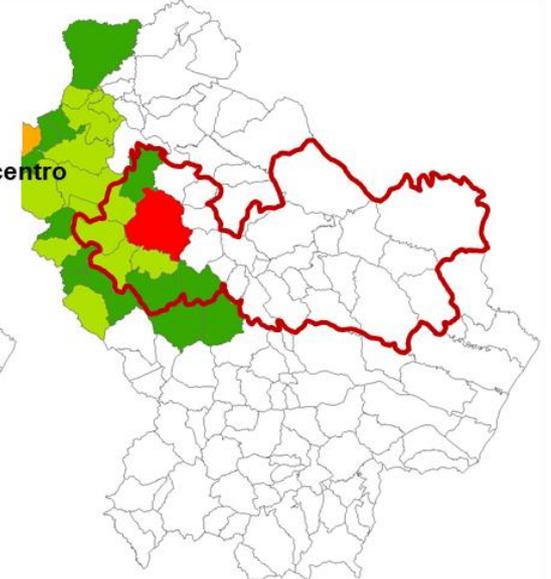
1857



1930



1980



- I dati disponibili hanno consentito di stimare gli effetti di alcuni scenari sismici sull'edilizia sia privata che ospedaliera
- Gli scenari rivelano che gli ospedali più colpiti sono quelli di **Potenza e Tricarico**.
- La capacità di cura appare insufficiente almeno per gli **scenari 1857 e 1980**
- Al fine di incrementare la resilienza del sistema sanitario è necessario prevedere l'uso di ospedali da campo e PMA con capacità di alcune centinaia di posti letto
- La riduzione della vulnerabilità degli ospedali è di primaria importanza: in alcuni casi il numero di pazienti da rilocare è maggiore del numero di feriti generati dal sisma
- Un'attenta valutazione della **agibilità delle principali arterie** appare indispensabile

Grazie per l'attenzione