

The background of the slide is a faded, blue-tinted aerial photograph of a coastal city. In the foreground, there are several multi-story buildings with flat roofs. The middle ground shows a harbor area with a few ships and a prominent tower. The background features a range of mountains under a cloudy sky.

Dal Terremoto di Messina 1908 alla Valutazione di Scenari di Danno nel 2008

R. Pinho, M.S. Teramo, H. Crowley,
M. Lopez, A. Teramo, G. Cultrera,
A. Cirella, M. Cocco, M. Mai, W. Imperatori



MESSINA 1908, alcuni dati

- Magnitudo: $M_w \cong 6.7-7.1$
- Quasi 86,000 vittime, più di 40% della popolazione di Messina
- Tsunami di 3-12 m che ha investito la città per quasi 200 m

(Baratta, 1985)

- 90% degli edifici: collassati, danneggiati severamente oppure dovevano essere demoliti (Baratta, 1985)

Quali potrebbero essere le possibili conseguenze se un terremoto con una magnitudo simile si verificasse oggi nella città di Messina?

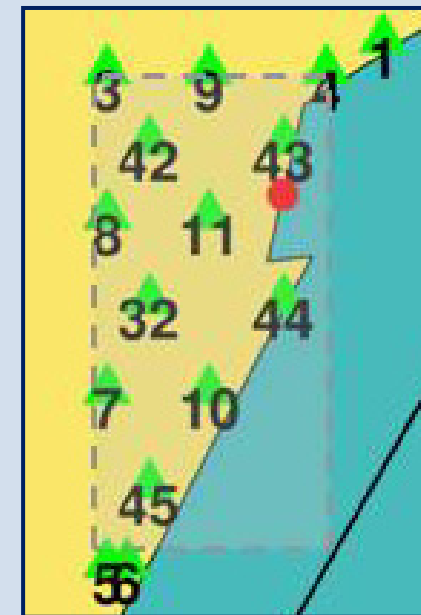
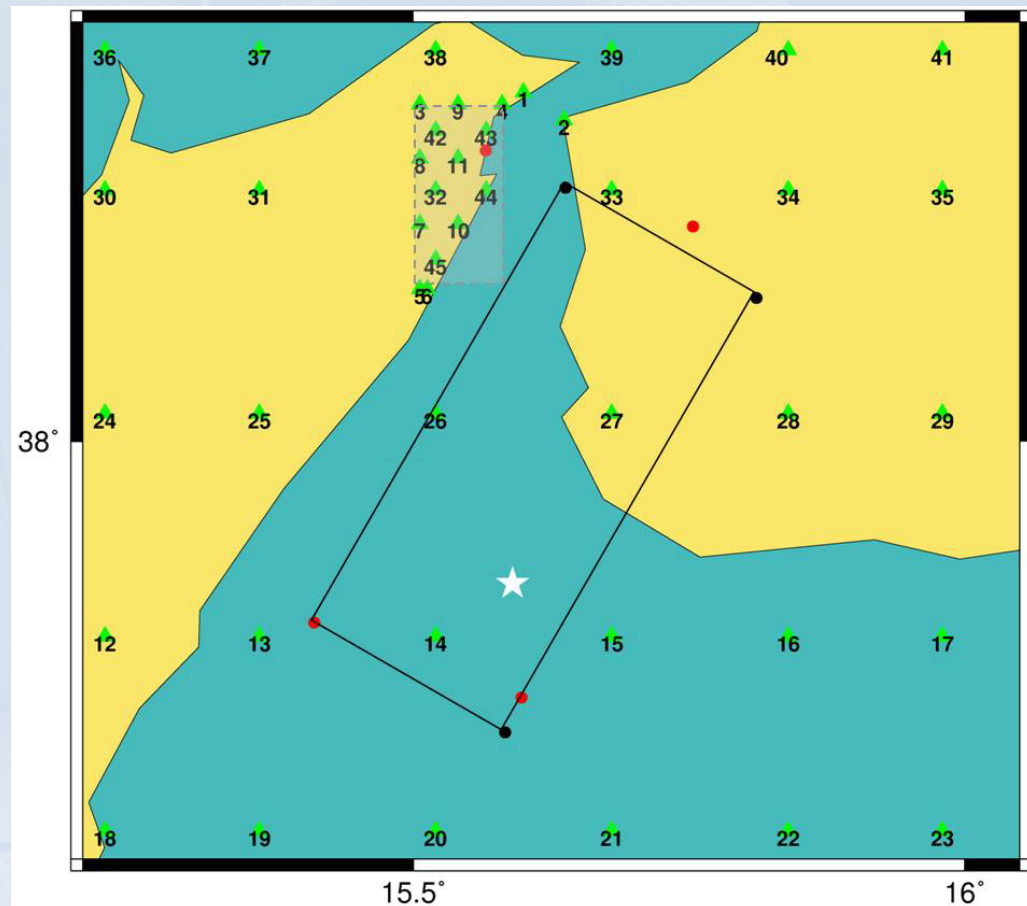


1. Simulazione di un possibile terremoto con caratteristiche simile al terremoto di Messina 1908
2. Identificazione delle caratteristiche degli edifici di Messina
3. Calcolo della “capacità” degli edifici e confronto con la “domanda”
4. Visualizzazione dei risultati attraverso GIS avanzato e metodologie di “rendering” 3D



Simulazione di un terremoto con caratteristiche simile al terremoto di Messina 1908

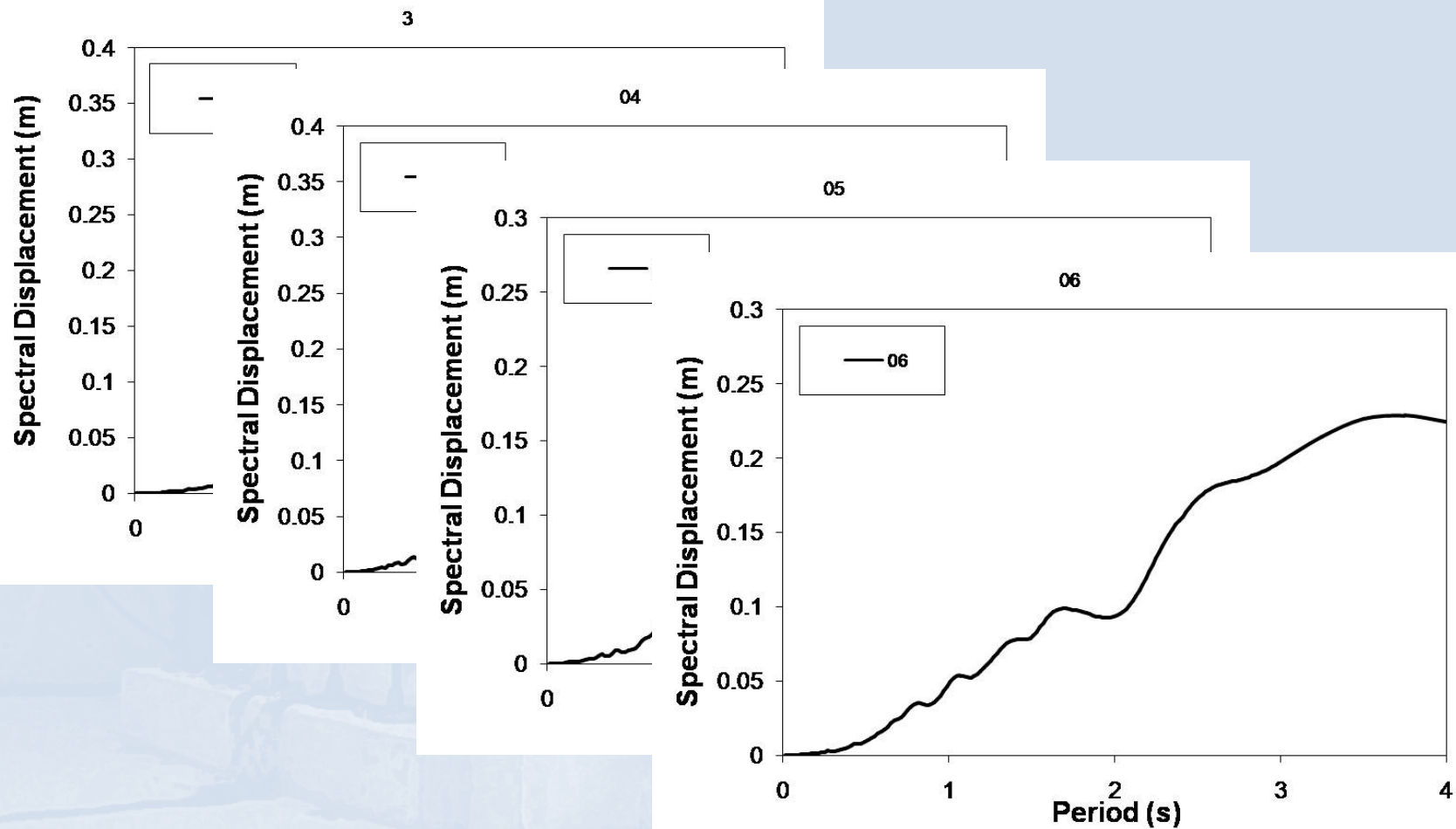
✓ Simulazione di sismogrammi (INGV, Rome; ETH, Zurich)



▲ Stazioni artificiali
dove sono stati
generati i
sismogrammi



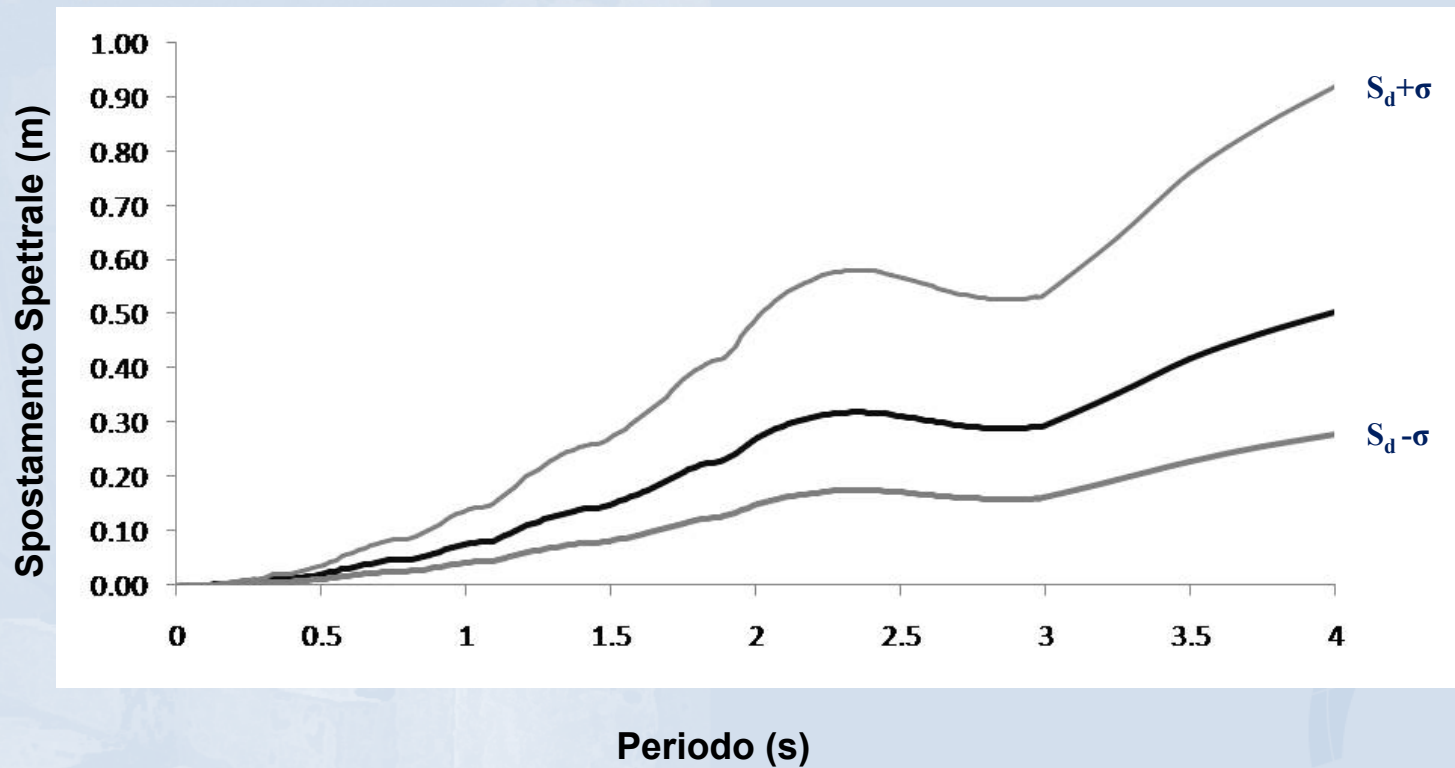
✓ **Calcolo degli spettri di risposta in spostamento (INGV, Rome; ETH, Zurich)**





Simulazione di un terremoto con caratteristiche simile al terremoto di Messina 1908

L'incertezza nella domanda è stata presa in considerazione aggiungendo una variabilità aleatoria allo spettro di risposta.



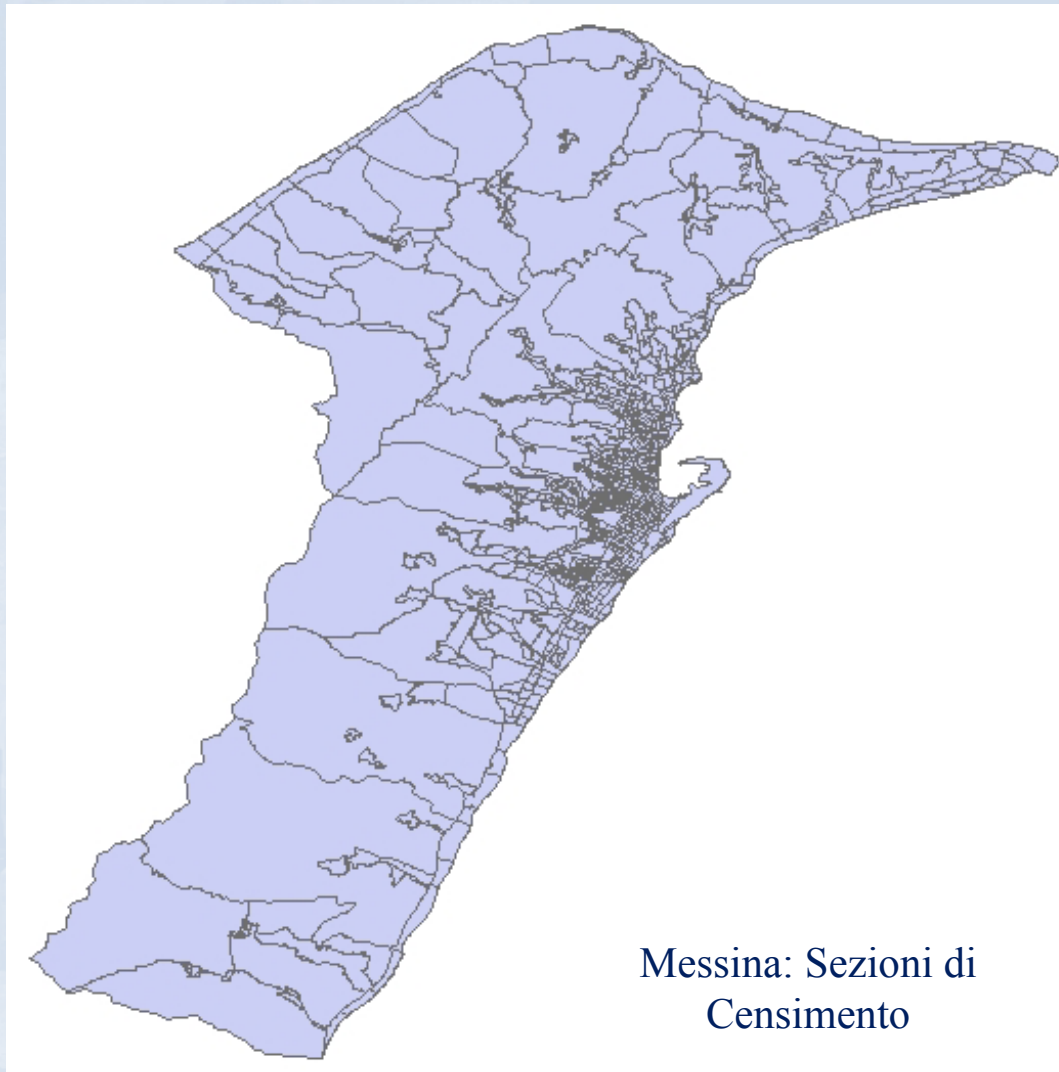


✓ **Classificazione sismica di Messina e proprietà dei materiali**

- Dopo il terremoto di Messina 1908, la prima mappa di classificazione sismica è stata introdotta (18-4-1909) insieme al concetto di progettare gli edifici per le forze laterali
- Messina è sempre stata classificata come zona sismica 1, con la pericolosità più alta, e con il requisito di progettare gli edifici con forze laterali uguali a 10% del peso proprio
- È quindi stata ipotizzata che la maggioranza degli edifici in **cemento armato** sono stati progettati per queste forze laterali
- Gli edifici in **muratura** sono caratterizzati da mattoni pieni o forati con caratteristiche tipiche della ricostruzione post-terremoto di Messina



- ✓ **Definizione dell'esposizione in termini di edifici tramite I dati del censimento ISTAT 1991**



Messina: Sezioni di
Censimento



✓ Schede ISTAT delle abitazioni

ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA
TRACCIATO RECORD
TIPO RK 1 - ABITAZIONE - MOD. CP.1

Quesito	Campo	Col.	Da col. a col.	Codice	Descrizione alfabetica	NOTE	
Struttura portante:					zione non occupata disponibile per:		
Cemento armato a piano terra aperto					vendita		
Cemento armato a piano terra chiuso					affitto		
Pietra e mattoni					ita ed affitto		
Altro tipo					vendita ne' affitto		
Non individuato					ristiche del fabbric. in cui e' situata l'abitazione d'uso:		
					lentamente ad uso abitativo		
					lentamente ad uso abitativo		
					lentamente ad uso non abitativo		
2.2	13	1	26-26	4	Edificio rurale		
					Separazione fabbricato		
					5	Si	
					6	No	
2.3	14	1	27-27		Struttura portante:		
					1	Cemento armato a piano terra aperto	
					2	Cemento armato a piano terra chiuso	
					3	Pietra e mattoni	
					4	Altro tipo	
					5	Non individuato	



Identificazione delle caratteristiche degli edifici di Messina

ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA

TRACCIATO RECORD

TIPO RK 1 = ABITAZIONE - MOD. CP.1

Quesito	Campo	Col.	Da col. a col.	Codice	Descrizione alfabetica	NOTE
2.4	15	1	28-28		Anno di costruzione del fabbricato	
				1	Prima del 1919	
				2	Tra il 1919 ed il 1945	
				3	Tra il 1946 ed il 1960	
				4	Tra il 1961 ed il 1971	
				5	Tra il 1972 ed il 1981	
				6	Dopo il 1981	
	16	2	29-30	82-91	Anno di costruzione dopo il 1981	
					N. abitazioni del fabbricato:	
					Una abitazione	
					Due abitazioni	
					Da 3 a 4 abitazioni	
					Da 5 a 8 abitazioni	
					Da 9 a 15 abitazioni	
					Da 16 a 30 abitazioni	
					31 abitazioni e piu'	
					Numero piani	
					1	
					2	
					da 3 a 5	
					da 6 a 10	
					oltre 10	

N. abit	Numero piani
Una a	
Due a	1
Da 3	2
Da 5	
Da 9	da 3 a 5
Da 16	da 6 a 10
31 ab	oltre 10

Numero piani
1
2
da 3 a 5
da 6 a 10
oltre 10



Dati ISTAT 1991



A Favore

- Gli edifici sono divisi per: tipo di costruzione, anno di costruzione e numero di piani
- Altre caratteristiche possono essere estratte dalle schede di abitazioni come: numero di edifici, volume, numero di abitanti, e livello di manutenzione.

Contro

- Questi dati non includono edifici costruiti dopo il '91
- Ci sono diversi errori di trascrizione e digitalizzazione dei dati
- Mancanza di “esperienza strutturale” nella compilazione delle schede



✓ Divisione degli edifici in gruppi e identificazione degli edifici per ciascun gruppo

**Muratura
(6 Gruppi)**

1. Edifici di 1 piano
2. Edifici di 2 piani
3. Edifici di 3 piani
4. Edifici di 4 piani
5. Edifici di 5 piani
6. Edifici con più di 5 piani

CENSUS TRACTS	GROUPS					
	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	2	1	1	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	4	2	1	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0

Numero di
edifici



Identificazione delle caratteristiche degli edifici di Messina

**Cemento Armato
(12 Gruppi)**

1. Progettati sismicamente con tamponature regolari 1 piano
2. “” 2 piani
3. “” 3 piani
4. “” 4 piani
5. “” 5 piani
6. “” 6 piani
7. Progettati sismicamente con tamponature regolari 1 piano
8. “” 2 piani
9. “” 3 piani
10. “” 4 piani
11. “” 5 piani
12. “” 6 piani

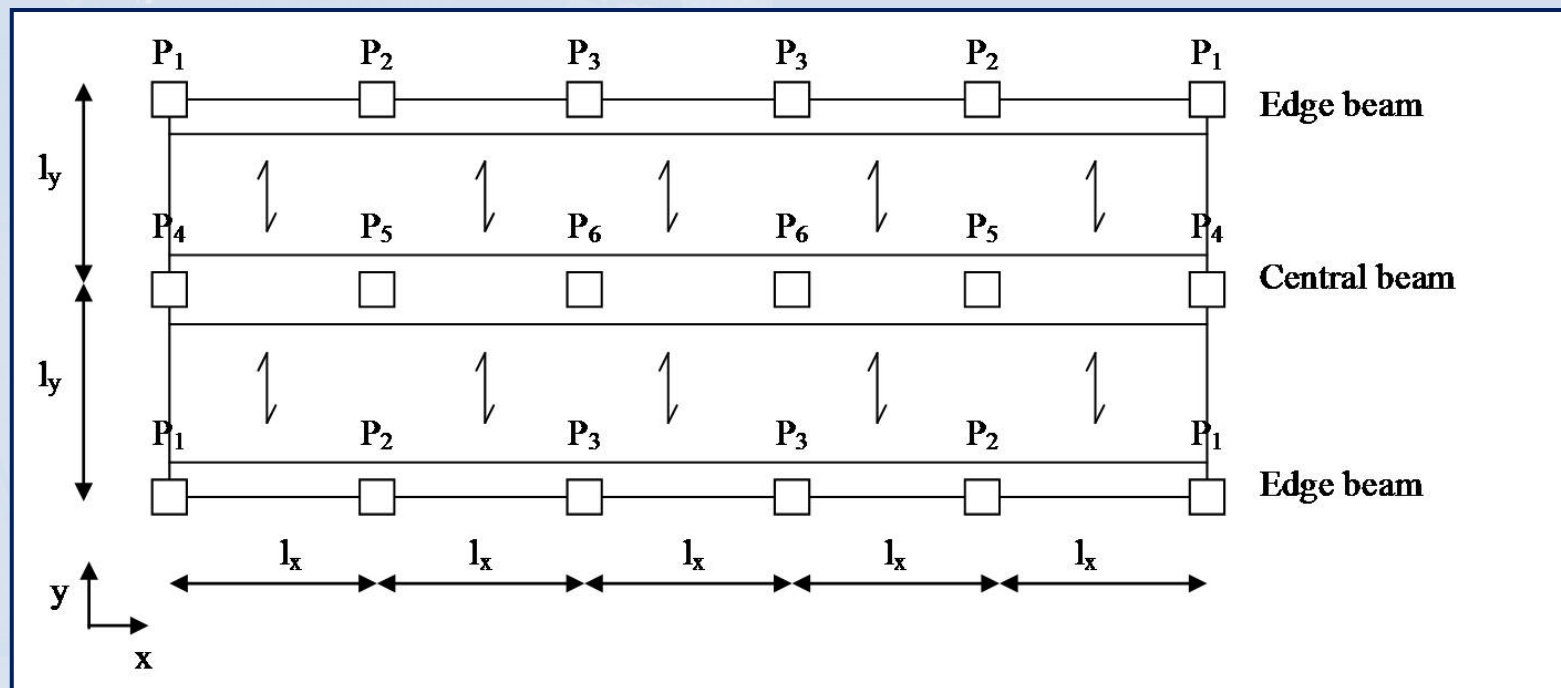
CENSUS TRACTS	GROUPS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	5	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
4	1	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
7	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Numero di
edifici



- ✓ **Calcolo della capacità degli edifici tramite il metodo *Simplified Pushover-Based Earthquake Loss Assessment (SPBELA)* (Borzi et al., 2008)**

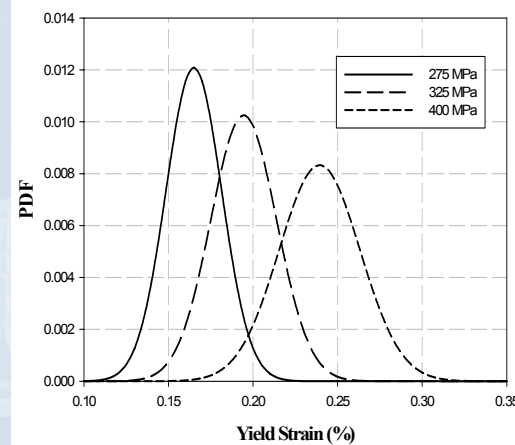
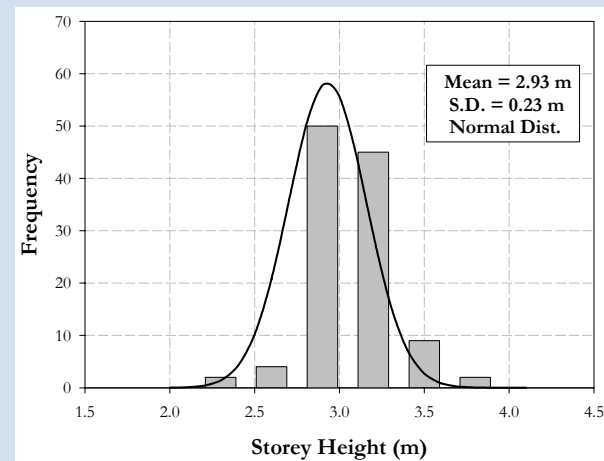
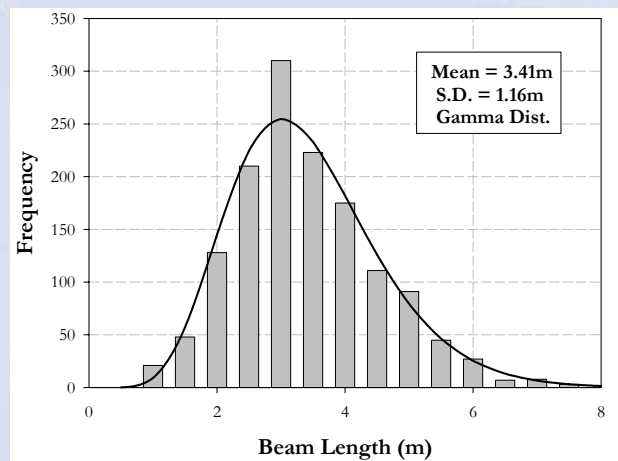
Definizione di un edificio in cemento armato “prototipo”





Calcolo della “capacità” degli edifici e confronto con la “domanda”

- Generazione di campioni aleatori di edifici in cemento armato e muratura con simulazioni Monte Carlo
- Ciascun edificio è progettato e la resistenza laterale è calcolata tramite un’analisi di pushover semplificata



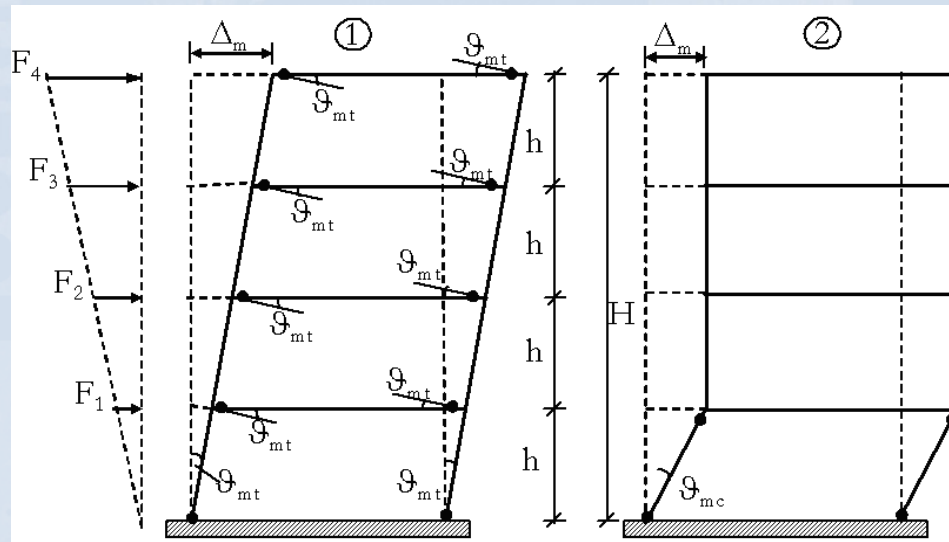


Calcolo della “capacità” degli edifici e confronto con la “domanda”

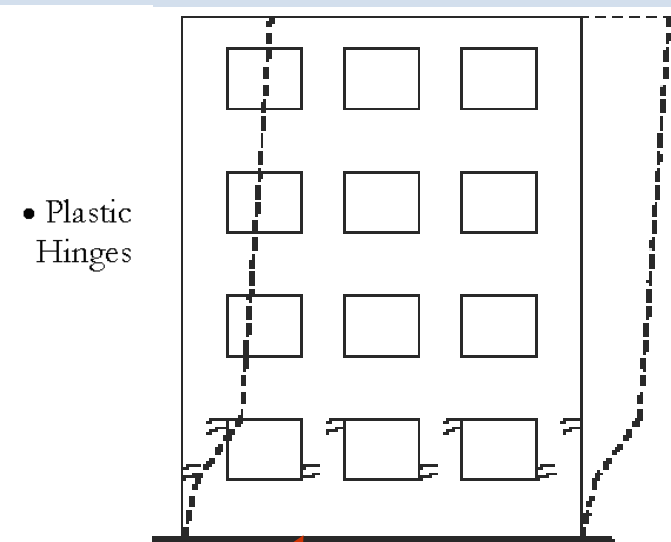
Capacità di spostamento e periodo di vibrazione degli edifici è calcolata per 3 stati limite diversi:

LS1: danno lieve; **LS2:** danno severo; **LS3:** collasso.

Edifici in CA



Edifici in muratura

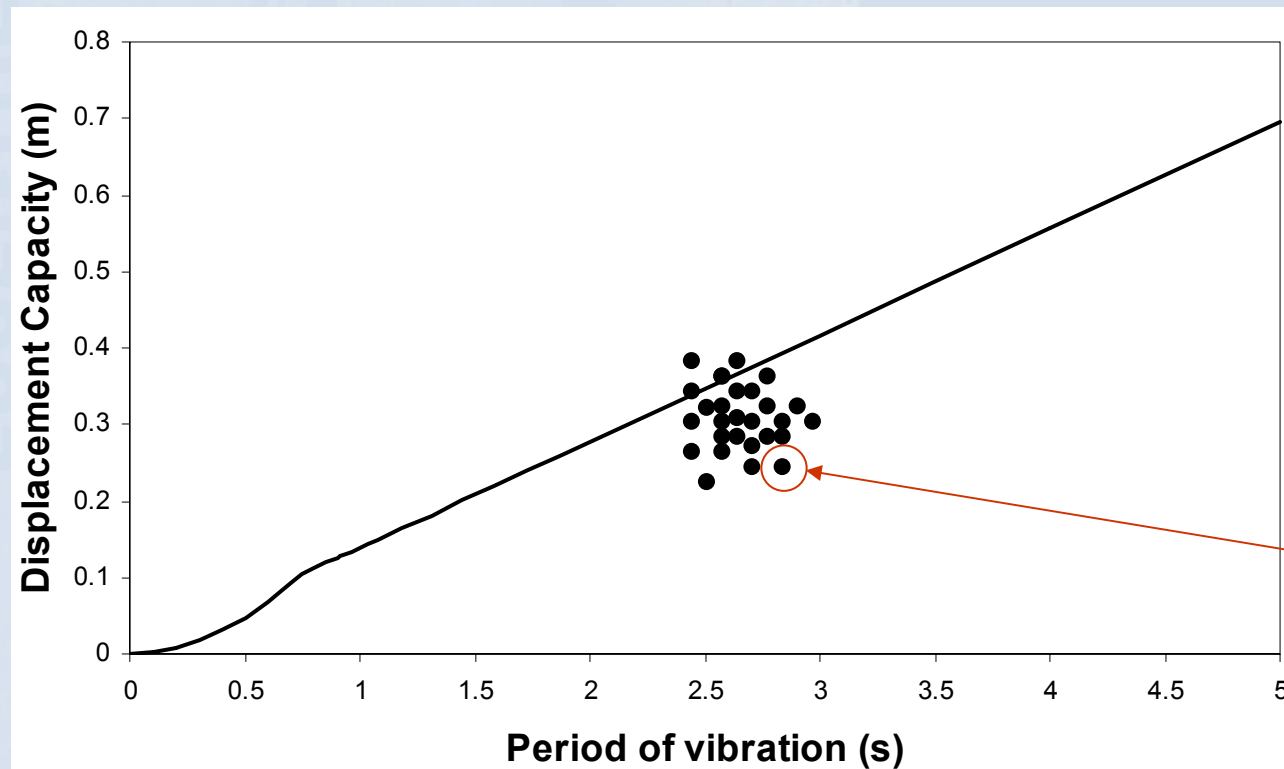


$$\Delta_{LS} = \theta_{by} \kappa_1 H + (\theta_{bLS} - \theta_{by}) \kappa_1 H$$

$$\Delta_{LS} = \theta_{cy} \kappa_1 H + \kappa_2 (\theta_{cLS} - \theta_{cy}) h_s$$



✓ Confronto tra la capacità strutturale degli edifici e la domanda in spostamento



Periodo di vibrazione e la capacità in spostamento, per un certo stato limite, di un singolo edificio del campione

Probabilità di superare uno stato limite specifico = numero di edifici con una capacità minore alla domanda divisa il numero totale di edifici nel campione



✓ Mappe di danno per Messina

CENSUS TRACTS	MASONRY GROUPS						REINFORCED CONCRETE GROUPS												TOTAL
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0	0	2	0	0	0	0	10	3	3	3	0	0	0	1	1	1	0	23
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7
3	0	1	1	0	0	0	0	1	8	8	7	0	0	0	1	1	1	0	29
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	0	0	0	0	0	0	11
5	4	8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	16
6	7	17	1	0	0	0	0	5	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	35
7	2	4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	13
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Numero di edifici che superano lo stato limite per ciascuna sezione di censimento

CENSUS TRACTS	BUILDING PERCENTAGE
1	12
2	2
3	0.5
4	60
5	37
6	89
7	54
8	72

Per un terremoto con caratteristiche simile al terremoto di 1908



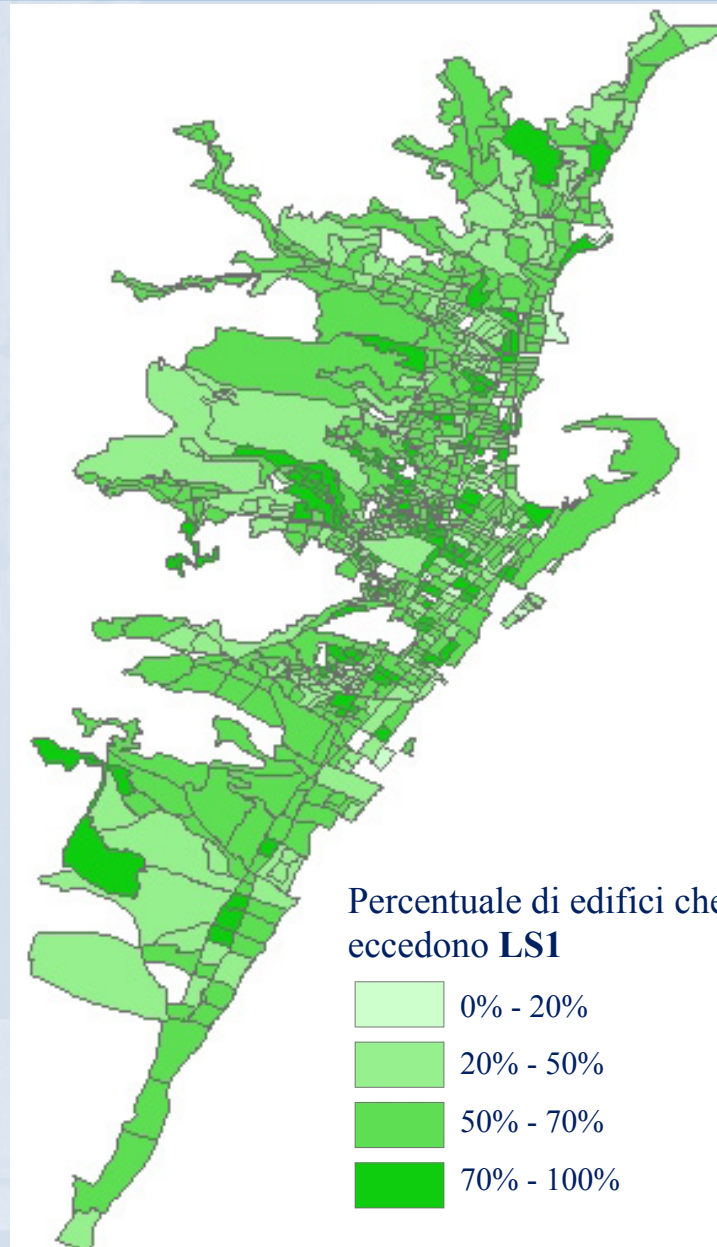
52% degli edifici nella città eccedono **LS1**

44% degli edifici nella città eccedono **LS2**

38% degli edifici nella città eccedono **LS3**

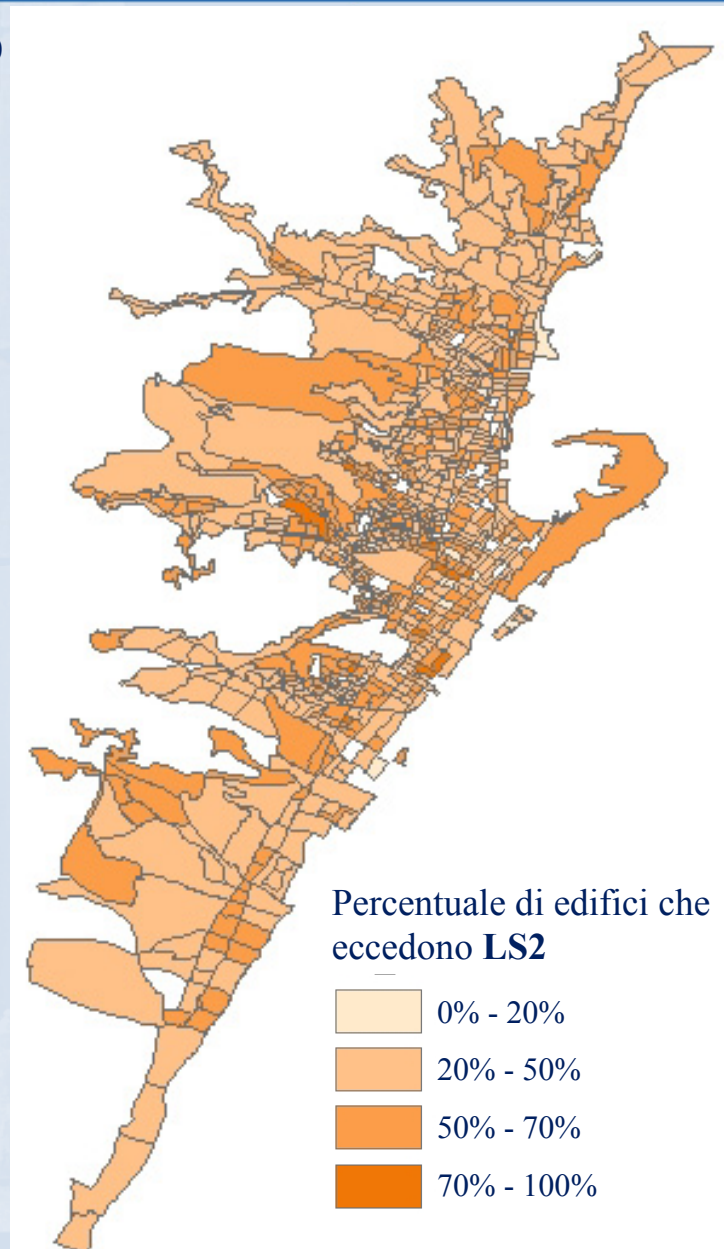


✓ Stato Limite **LS1**, danno lieve



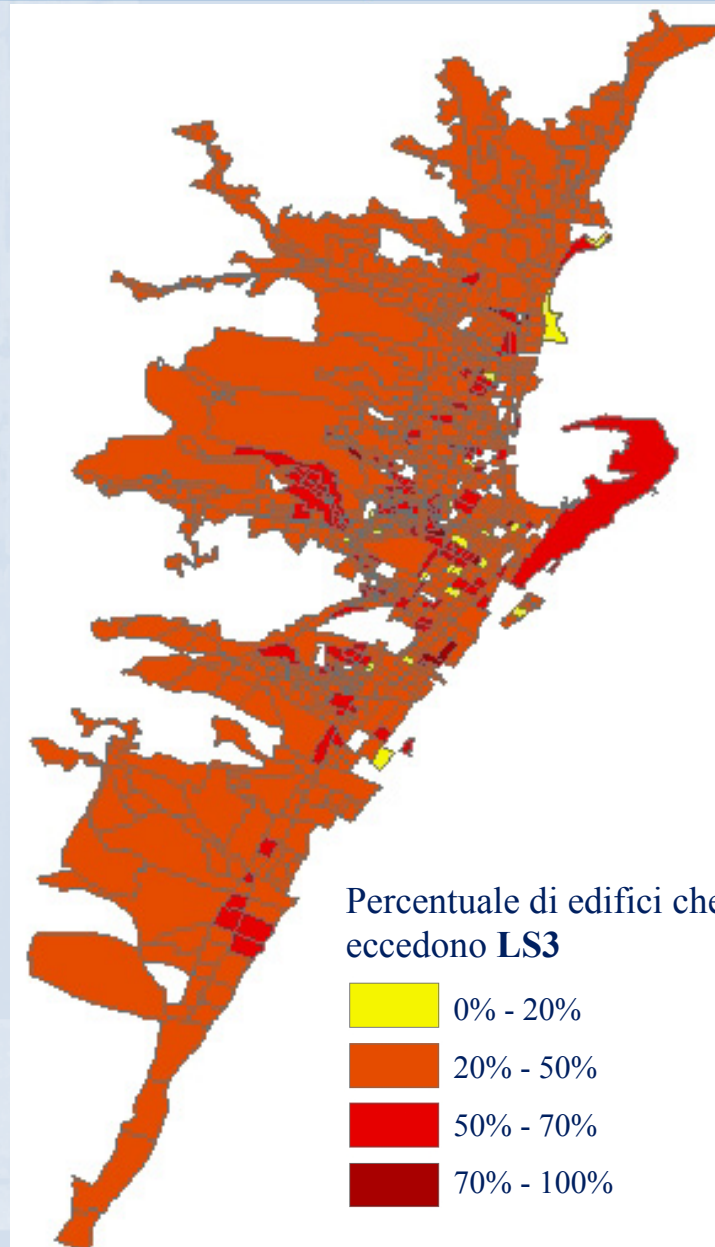


✓ Stato Limite **LS2**, danno severo






✓ Stato Limite **LS3**, collasso





✓ Perdite Economiche

Le perdite economiche sono state valutate per ciascuna sezione di censimento:

- Volume degli edifici (Dati di censimento, 1991)  Area superficiale
- Mean Damage Ratio, MDR, (Di Pasquale *et al*, 2001)
- Costo di ricostruzione = 820 €/mq (Dolce, 2008)

DAMAGE BAND	1	2	3	4	5
MDR	0.035	0.145	0.305	0.799	0.806

Perdite economiche = MDR x Costo di ricostruzione x Area superficiale



≅ € **X,XXX,XXX,XXX**

(costo della riparazione del danno)



✓ **Vittime**

Il calcolo delle vittime per ciascuna sezione di censimento:

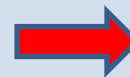
Injury distributions (Complete damage state)						
	UI	I1	I2	I3	I4	I5
Masonry 1F	0.236	0.5	0.12	0.08	0.04	0.06
Masonry 2-3 F	0.165	0.5	0.15	0.1	0.05	0.08
Masonry >4F	0.094	0.5	0.18	0.12	0.06	0.1
RC 1F	0.329	0.3	0.19	0.03	0.02	0.15
RC 2-3 F	0.208	0.3	0.23	0.04	0.02	0.22
RC >4F	0.097	0.3	0.27	0.05	0.03	0.28

(Spence, 2007)

Percentuale di edifici che eccedono LS3

Numero di abitanti al interno di ogni sezione di censimento

Per un terremoto con caratteristiche simili al terremoto 1908



xx,xxx Vittime

(a causa di collasso strutturale)



✓ Modellazione di una città virtuale

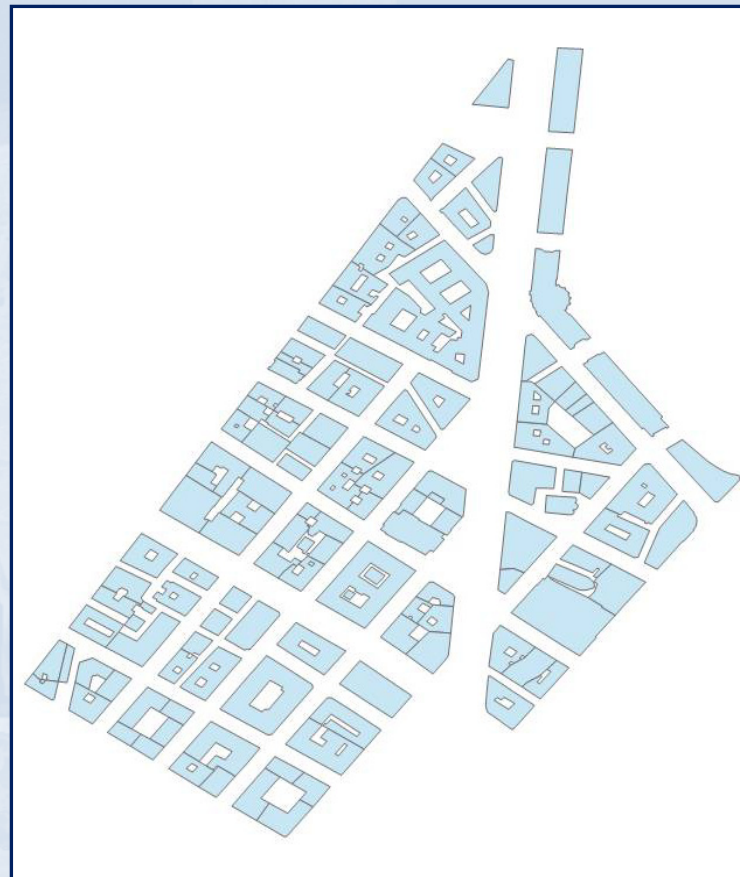
Utilizzando la “carta catastale”, si possono identificare gli impronti di tutti gli edifici





Visualizzazione dei risultati attraverso GIS avanzato e metodologie di “rendering” 3D

- Per verificare la presenza attuale di un edificio, si possono utilizzare altri strumenti come immagini satellitari, foto, Google Earth®, e rilievi in-situ.
- Le impronte catastali sono importati in ArcGis®, dove l’altezza è assegnata ad ogni edifici e questi vengono georeferenziati





Visualizzazione dei risultati attraverso GIS avanzato e metodologie di “rendering” 3D

Una volta modificato e georeferenziato, il file ArcGis viene esportato in Google Earth®.



F 225 Google Earth Modello, Messina

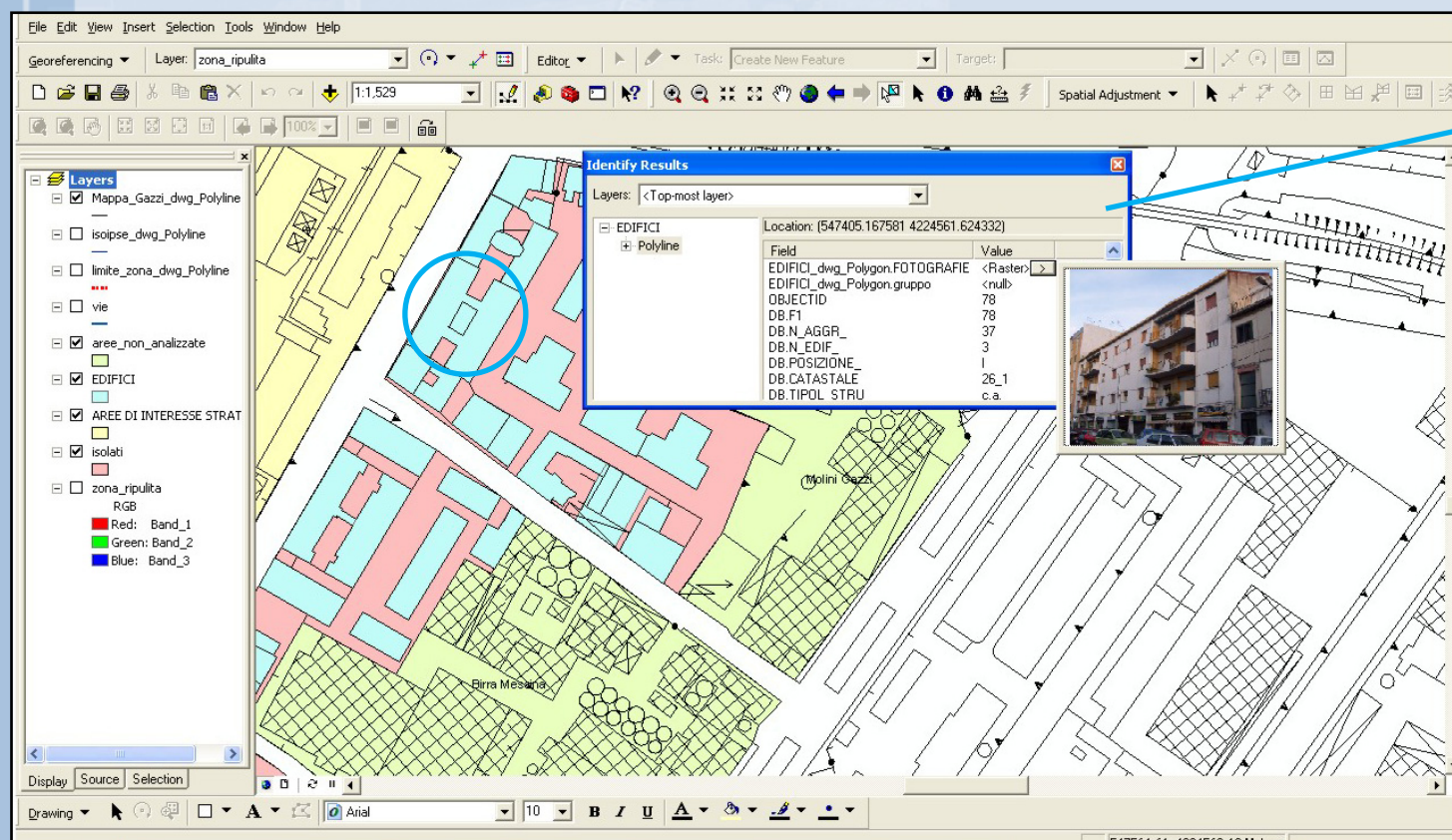




✓ Caratteristiche degli edifici in Messina

L'Osservatorio Sismologico dell'Università di Messina sta eseguendo rilievi in-situ

- Informazione puntuale e individuale sugli edifici
- Inclusione degli edifici post-1991
- Definizione di un database affidabile e dettagliato per gli edifici di Messina



Tipologia strutturale
Materiale
Numero di Piani
Altezza interpiano
Tipologia di tamponature
Anno di costruzione
Livello di manutenzione
Proprietà geometriche
(...)



✓ Pericolosità sismica

- Inclusione degli effetti di sito
- Perfezionamento degli accelerogrammi generati

✓ Messina Booklet

- Una pubblicazione, a carattere divulgativo, è già stata prodotta.
- Le medesime analisi avrebbero potuto essere riproposte sulla base di una diversa ipotesi sulla posizione dell'epicentro e sulla dimensione della rottura di faglia, o con una diversa metodologia per la stima del danno e delle perdite riguardanti il patrimonio edilizio. Per questo motivo, i risultati presentati nel booklet non sono definiti in termini di valori assoluti delle perdite attese nell'eventualità di un terremoto simile a quello del 1908.
- Questo booklet mira invece ad accrescere la consapevolezza, della popolazione in generale, riguardo il rischio sismico a Messina, e anche del contributo che la scienza è oggi in grado di fornire per la riduzione di tale rischio.



