



SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

***Analisi e verifica sismica
di edifici in muratura:
punto della situazione
e recenti evoluzioni***

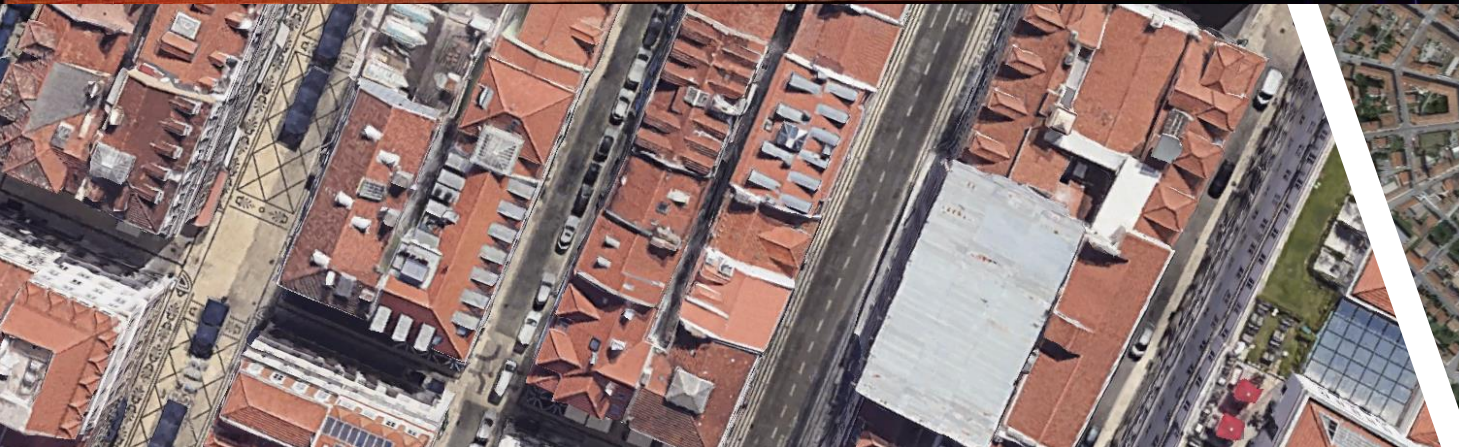
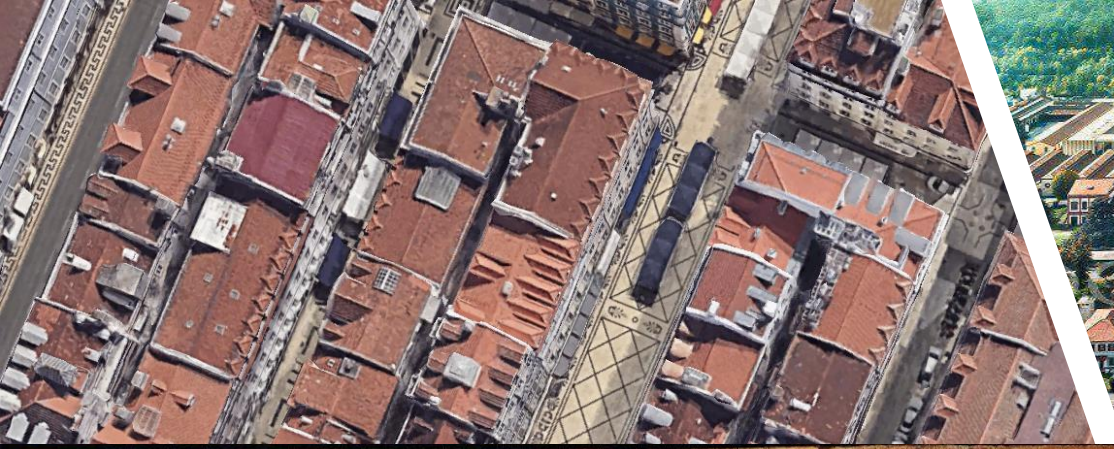
***STATI GENERALI
DELLA MURATURA***



**PROF. ING.
GIUSEPPINA UVA**

**Problematiche di modellazione
nelle analisi di vulnerabilità
degli edifici in aggregato:
dalla scala dell'edificio ai contesti urbani.**

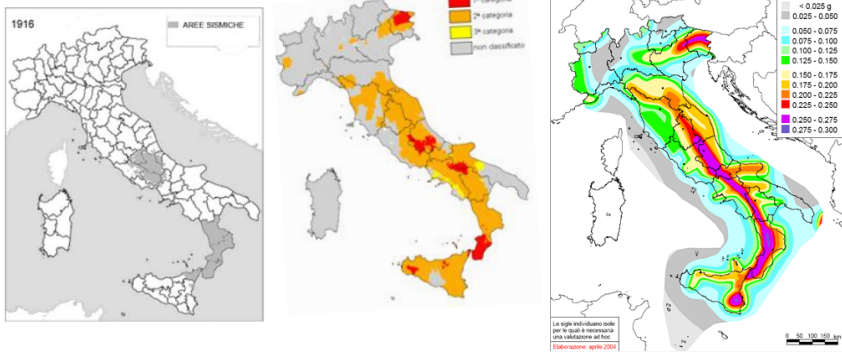




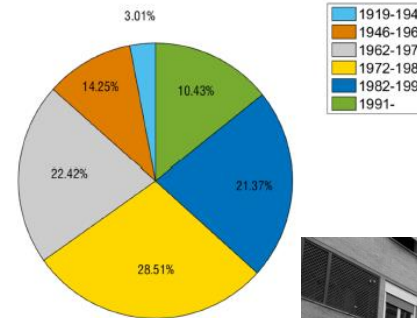


Sisma e patrimonio costruito in Italia

Evoluzione della domanda sismica



Patrimonio esistente vetusto



Elevato Rischio sismico

Elevata frequenza di terremoti negli ultimi 50 anni

Danni intangibili!



**RISCHIO =
HAZARD * VULNERABILITA' * ESPOSIZIONE**

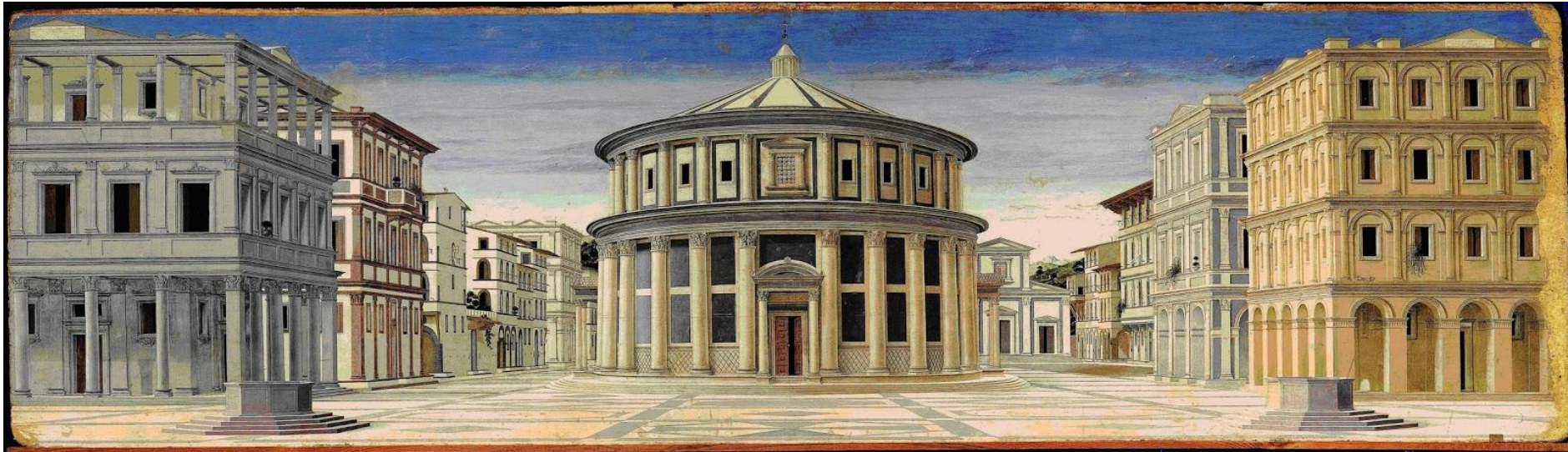


**Edifici strategici e sensibili
Infrastrutture
Centri storici**



**“PREVENZIONE E
MITIGAZIONE”**

Centri storici: *parte del territorio comunale di più antica formazione sottoposta a particolare tutela per assicurare la conservazione di testimonianze storiche, artistiche, ambientali*



Quando e come studiare la vulnerabilità dell'edificio in aggregato?

Quali sono le interazioni significative di cui occorre tenere conto?

Come modellare efficacemente l'effetto dell'aggregazione?



Centri storici: *parte del territorio comunale di più antica formazione sottoposta a particolare tutela per assicurare la conservazione di testimonianze storiche, artistiche, ambientali*



- 1 Quale Unità Strutturale?
- 2 Quali interazioni?
- 3 Quali semplificazioni?



1. Inquadramento normativo
2. Effetto «aggregato» alla scala dell'edificio
3. Strategie di modellazione di edifici in aggregato
4. Effetto «aggregato» alla scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni
5. Conclusioni e opportunità future

Inquadramento normativo

DM 17/01/2018 - NTC

1

Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla **contiguità strutturale** con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'**Unità Strutturale (US) oggetto di studio**.

Dovranno essere valutati gli effetti di: **spinte non contrastate** causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, **meccanismi locali** derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.

2

Con l'esclusione di **US d'angolo o di testata**, ..., l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli **effetti torsionali**, nell'ipotesi che i **solai** possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica. Nel caso invece di US d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purché si tenga conto di possibili **effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle US adiacenti** applicando **opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali**.

3

Inquadramento normativo

DM 17/01/2018 - NTC

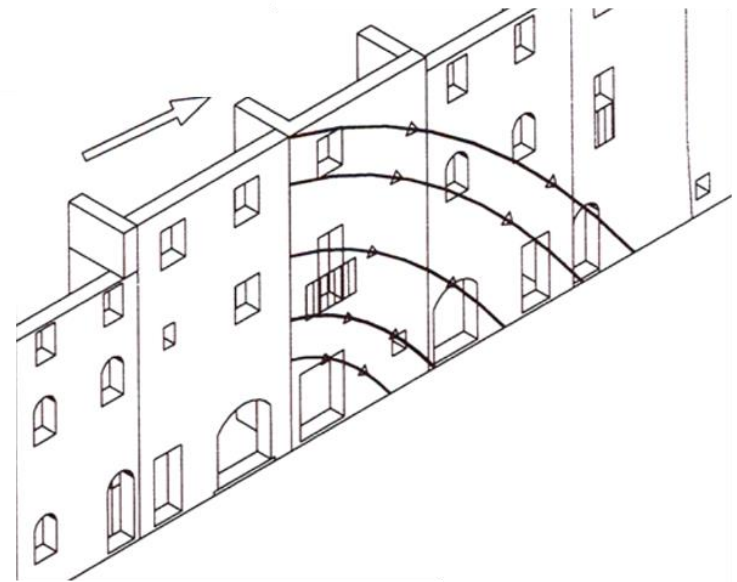
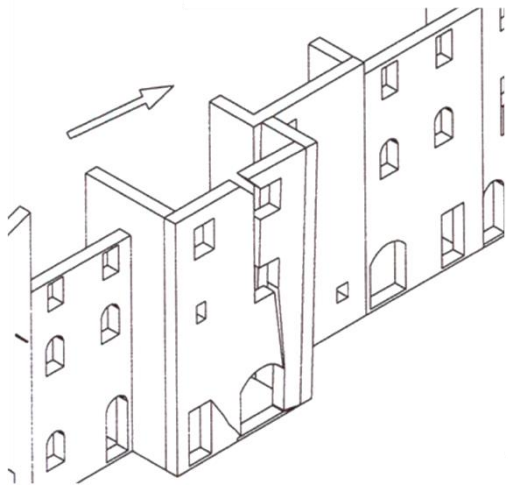
1 Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla **contiguità strutturale** con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'**Unità Strutturale (US) oggetto di studio**.

Dovranno essere valutati gli effetti di: **spinte non contrastate** causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, **meccanismi** locali derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.

3 Qualora **i solai dell'edificio siano flessibili**, si procederà all'**analisi delle singole pareti** o dei sistemi di pareti complanari che costituiscono l'edificio, ciascuna analizzata come **struttura indipendente**, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete (eventuale incremento delle masse...)

2

MESSINA dopo il terremoto del 28 dicembre 1908
Via Cardines e via Porta Imperiale distrutte



Le esperienze maturate nel corso di passati eventi sismici evidenziano che i meccanismi di dissesto sono favoriti da:

- assenza di connessioni, soprattutto in sommità, tra le diverse pareti di muratura;
- assenza di connessioni efficaci tra pareti ortogonali;
- assenza di connessioni trasversali tra i paramenti murari di una parete;
- muratura comunque poco coesa e facilmente disgregabile;
- presenza di elementi spingenti (archi, volte, cupole, puntoni di copertura) la spinta dei quali non sia efficacemente trasferita a elementi strutturali adeguatamente resistenti;
- presenza di orizzontamenti voltati di limitato spessore e soggetti a significativi spostamenti delle imposte (in particolare ai piani alti dell'edificio);
- coperture e/o solai male organizzati e/o mal collegati alle pareti;
- presenza di pareti eccessivamente snelle;
- presenza, ai piani alti, di masse di entità significativa (anche dovute a sopraelevazioni successive);
- presenza di fenomeni di degrado nei materiali.
- presenza di elementi non strutturali non adeguatamente ancorati o di per sé fragili e poco resistenti (cornicioni, timpani di facciata, camini, elementi di decoro, serbatoi, apparecchiature impiantistiche ecc.);
- presenza di corpi di fabbrica di differente altezza.

Inquadramento normativo

Circolare e appendice DM 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP (Appendice)

1 Non è generalmente possibile effettuare un'analisi globale estesa a tutti gli immobili contigui -
> porzione più o meno estesa dell'aggregato.

Il comportamento globale è spesso non definibile o non identificabile, al contrario del comportamento delle singole parti o unità strutturali

Si dovranno considerare: azioni (sia verticali che orizzontali) provenienti da solai o da pareti di US adiacenti; spinte di archi e volte appartenenti ad US contigue; spinte provenienti da archi di contrasto o da tiranti ancorati su altri edifici; martellamenti tra US adiacenti...spinte causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti; effetti locali causati da disallineamenti dei prospetti, differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti; azioni di ribaltamento e di traslazione nelle US di testata.

3 L'analisi di una US secondo i metodi utilizzati per edifici isolati, se effettuata modellando in maniera approssimata (o addirittura trascurando) l'interazione con i corpi di fabbrica adiacenti, assume un **significato largamente convenzionale**, per cui la determinazione della capacità sismica globale può essere eseguita attraverso **metodologie semplificate**.

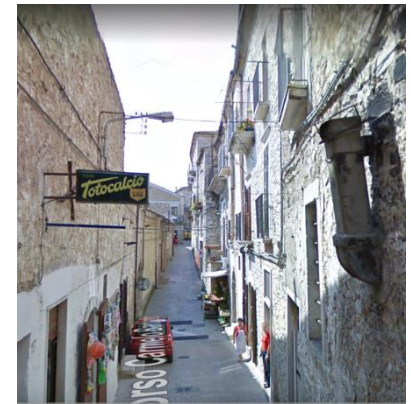
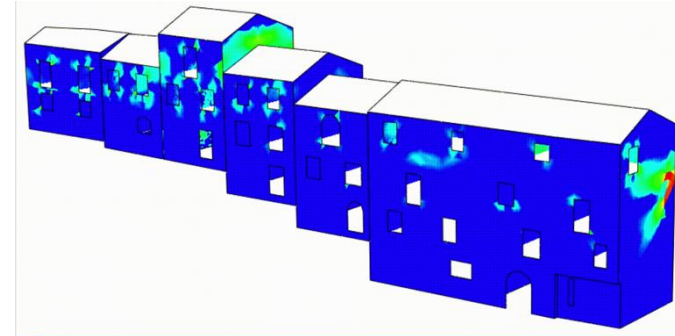
Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011

Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008. (pubblicata nella G.U. n. 47 del 26/02/2011 - suppl. ord. n. 54)

La **modellazione strutturale di una costruzione storica in muratura** richiede sempre un'approfondita conoscenza (indagine storica, rilievo strutturale e tecnologico, indagini diagnostiche), al fine di scegliere:

- la scala spaziale, ovvero quale parte della costruzione è opportuno modellare;
- lo schema strutturale, che se possibile deve essere riconosciuto o verificato dalle vicende passate;
- il tipo di analisi, condizionato dallo schema strutturale ma anche dalle finalità dell'analisi stessa.

La scelta della scala della modellazione è condizionata da diversi fattori. Nel caso di una costruzione inserita in un contesto di aggregato urbano, sarebbe necessario considerare questo integralmente, ma spesso ciò è improponibile, sia per la difficoltà di accedere e conoscere le parti adiacenti, sia per la complessità e gli oneri computazionali.



Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

1 Qual è l'Unità Strutturale da analizzare???



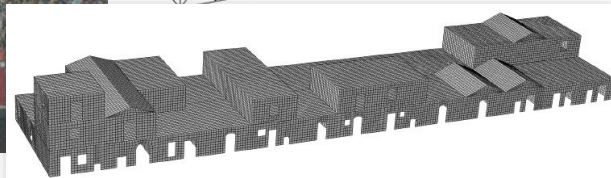
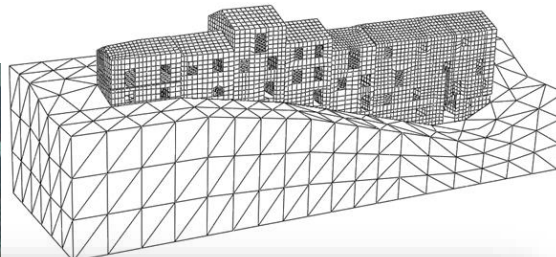
Edificio oggetto di intervento vs. **Intero aggregato**
Conoscenza approfondita vs. **Conoscenza sommaria**
Verifica da effettuare vs. **Verifica trascurabile**

**La definizione della US è funzione dell'effettiva
incidenza dell'aggregazione sull'edificio oggetto di studio**

US: edificio oggetto di studio + unità adiacenti...

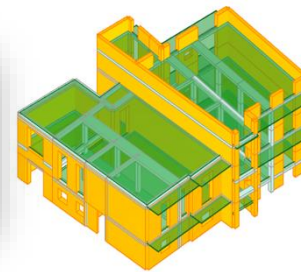
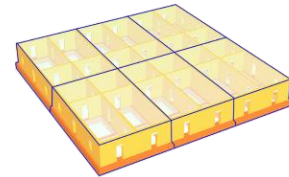
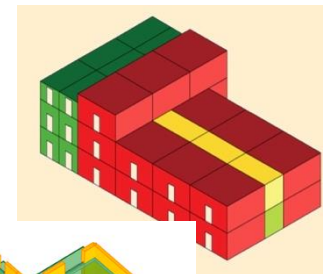
Effetto gruppo:

il contributo del singolo è trascurabile



Effetto gruppo:

La collaborazione può essere vantaggiosa



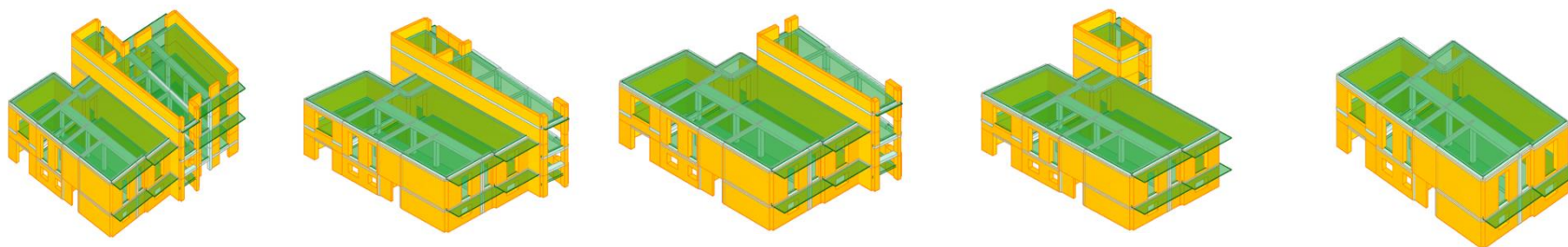


Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

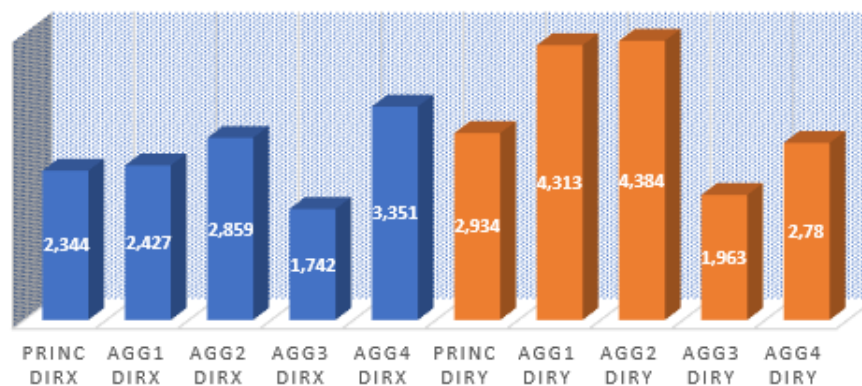
1 Qual è l'Unità Strutturale da analizzare???

Edificio oggetto di studio + unità adiacenti

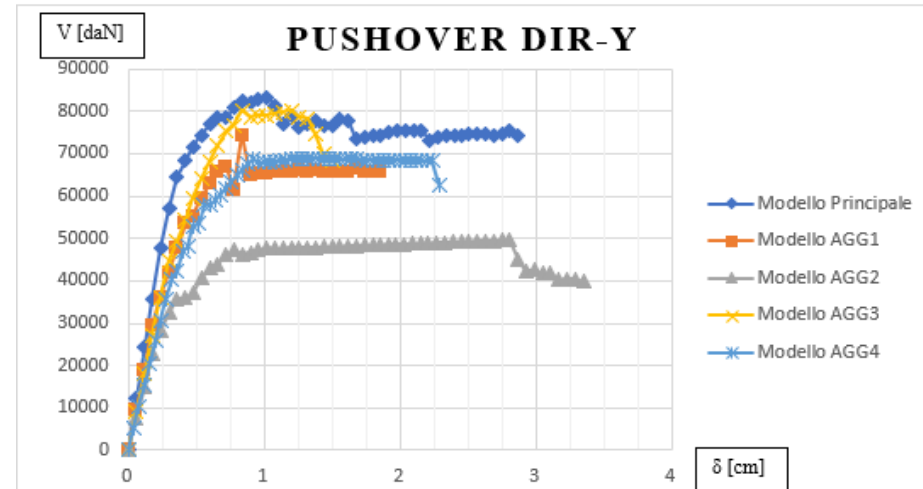
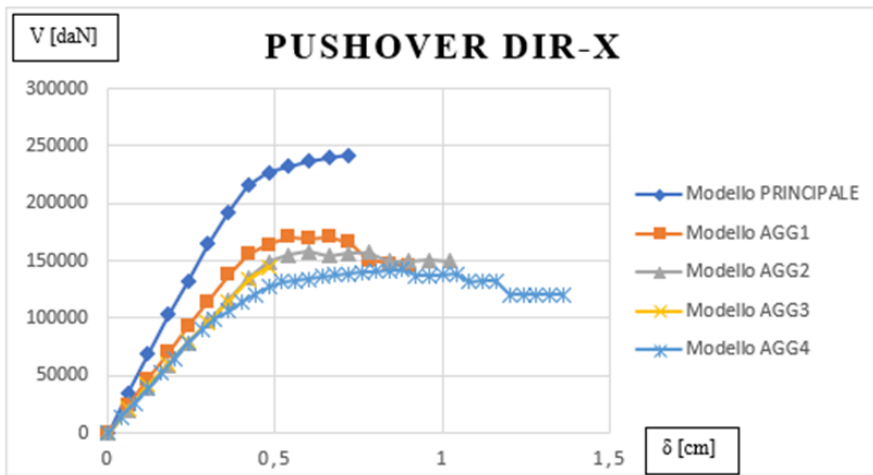
Modellazione «aggregato» con unità/porzioni di unità adiacenti



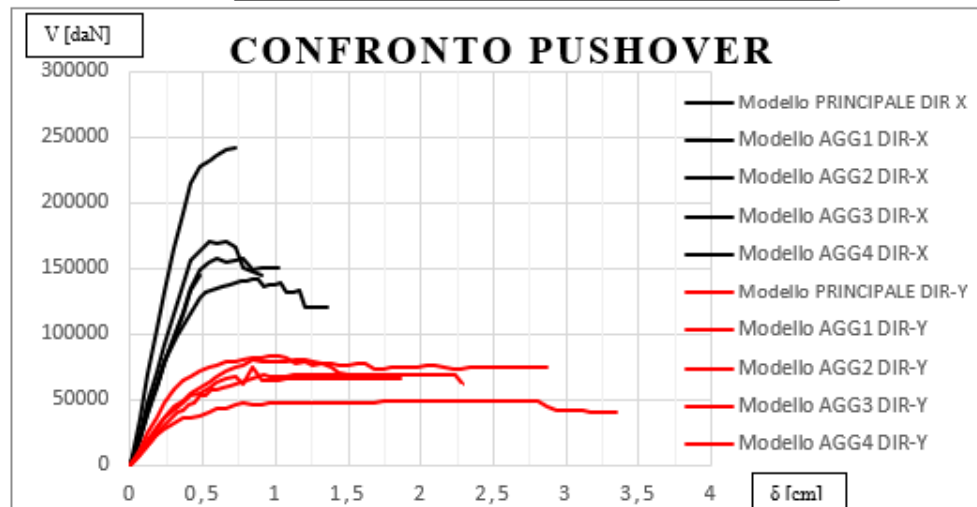
I.V._{SLV}



Diversi scenari dell'US



Maggior duttilità in DIR-Y
Maggior resistenza in DIR-X

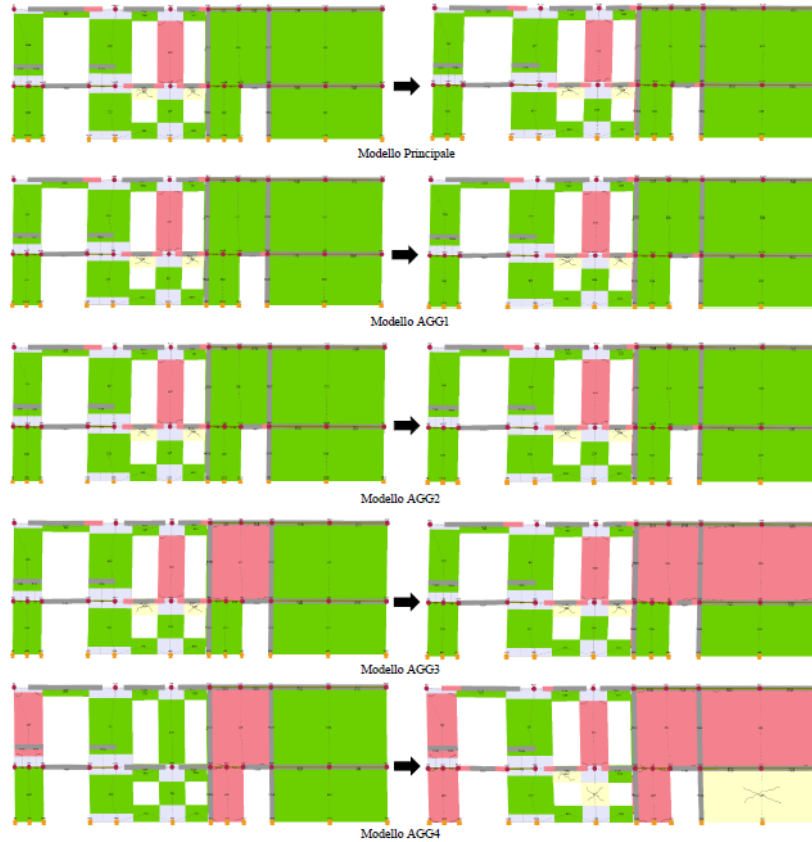
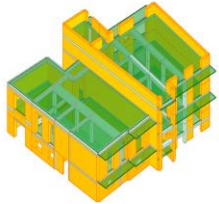


Il risultato della verifica fornita dal modello più esteso non fornisce il risultato più conservativo!

→ **Diversi scenari dell'US sono necessari**

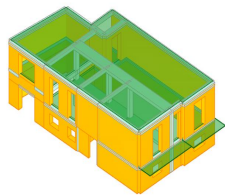
ANALISI PUSHOVER – CONFRONTI Comportamento locale

➤ Evoluzione del livello di danneggiamento DIR-X [Vista parete SUD]



Muratura	
<input checked="" type="checkbox"/>	Integro
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per compressione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per trazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura in fase elastica

C.A.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Integro
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per taglio
<input checked="" type="checkbox"/>	Plastico presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura presso flessione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per compressione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per trazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura per taglio (armatura diagonale ca...)

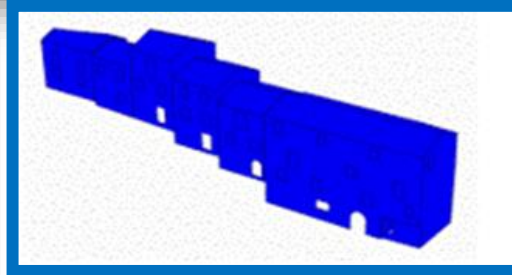
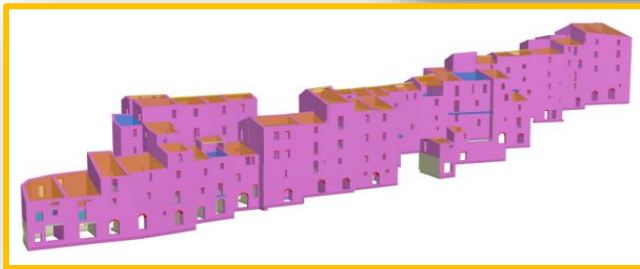
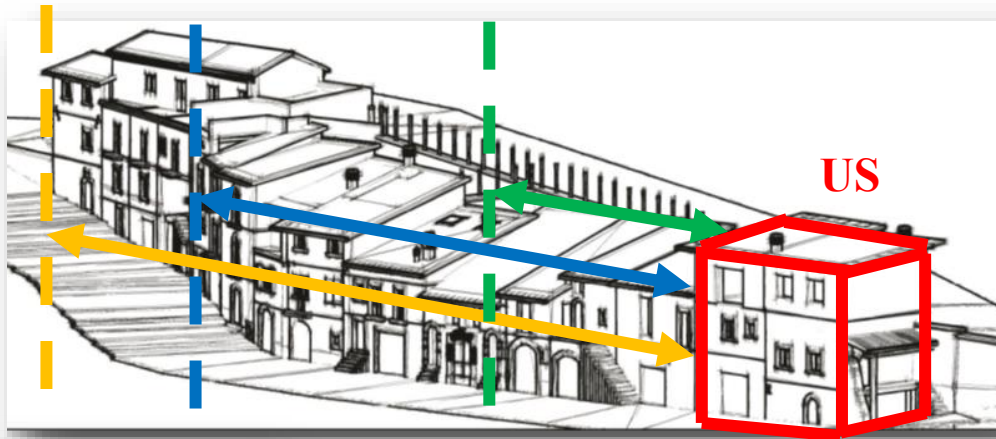


Il risultato della verifica fornita dal modello più esteso non fornisce il risultato più conservativo! → **Diversi scenari dell'US sono necessari**

Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

2 Definizione delle azioni gravanti sull'US e dei meccanismi locali

Le azioni gravanti sull'US devono essere valutate in funzione dello stato dei luoghi -> conoscenza...



Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

2 Definizione delle azioni gravanti sull'US e dei meccanismi locali

Solai sfalsati possono comportarsi come massa aggiuntiva gravante sull'US, specialmente se eccitata da azioni orizzontali



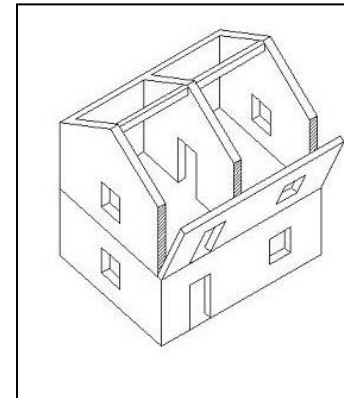
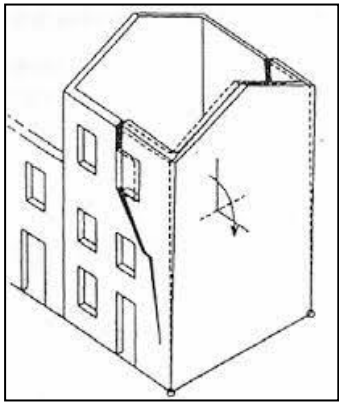
Nel modello è necessario simulare l'azione dei solai sfalsati

- 1) **Forze esterne applicate**
- 2) **Edifici adiacenti**
- 3) **Masses aggiuntive**

Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

2 Definizione delle azioni gravanti sull'US e dei meccanismi locali

L'analisi globale potrebbe essere non rappresentativa...

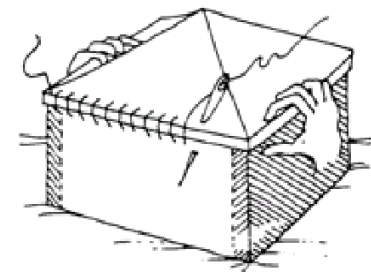


Presenza di quadri fessurativi



Qualità muraria (malta + blocchi)

Assenza di Scatolarità e ammortamento



Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

2 Definizione delle azioni gravanti sull'US e dei meccanismi locali

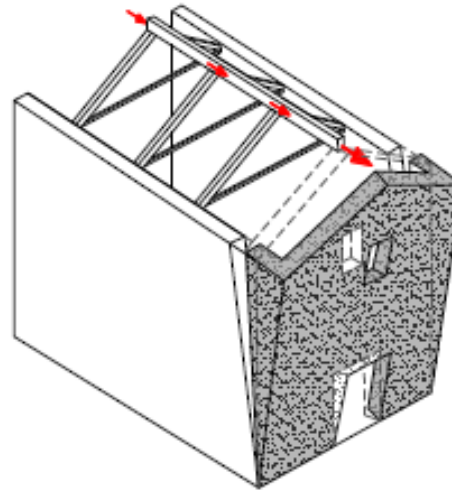
Azione degli edifici
contigui



TRA EDIFICI CONTIGUI

MARTELLAMENTO

DELLE COPERTURE



Azione spingente della copertura
con possibile formazione di
meccanismi locali

Azione orizzontale sul solaio
con possibile formazione di
meccanismi locali



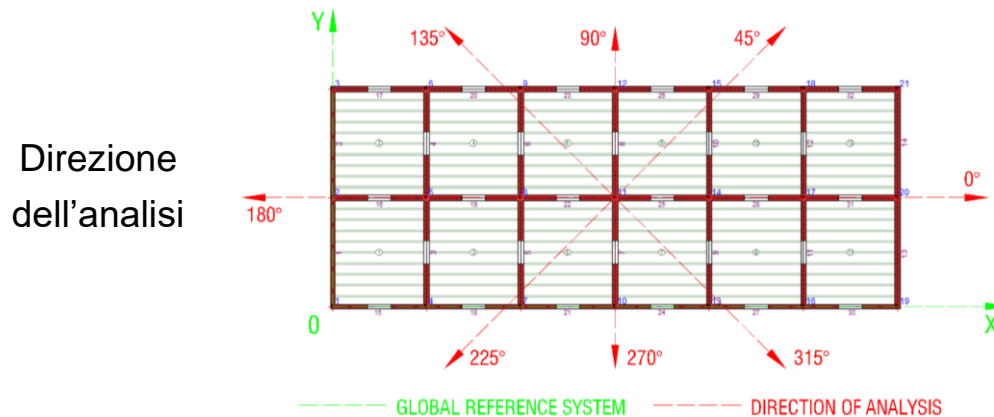
DEI SOLAI

NB Attenzione ai collegamenti!

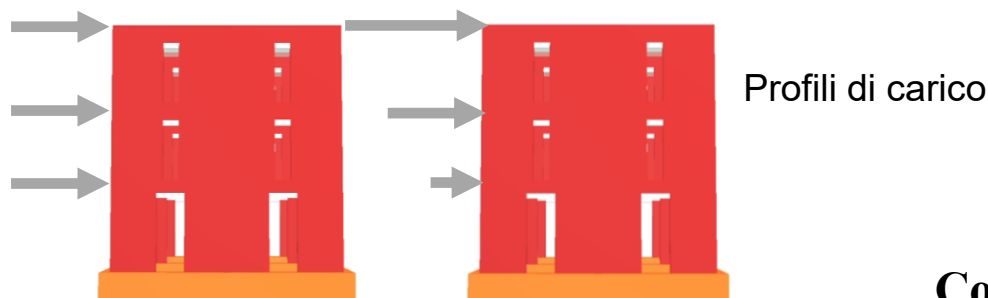
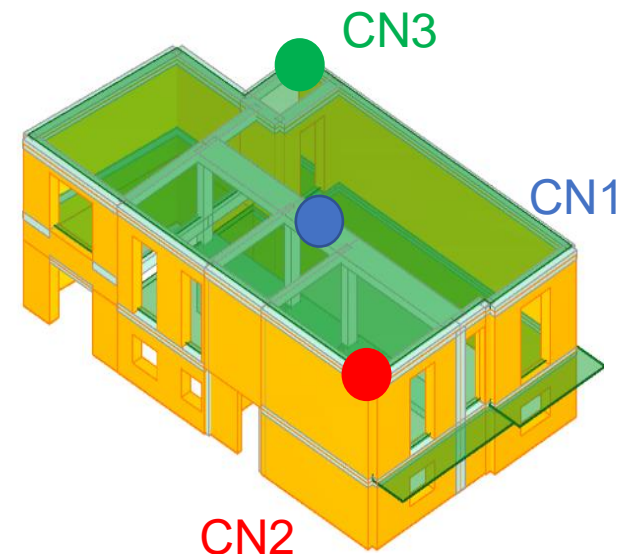
Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

3 Effetti dell'irregolarità: torsione

L'effetto della torsione legato all'aggregazione deve essere considerato quando l'edificio oggetto di analisi è l'**edificio di testata/angolo**



Nodi di controllo e eccentricità

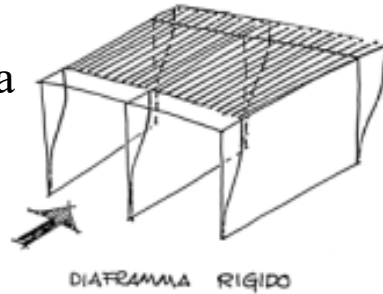


Comportamento globale dell'aggregato?

Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

3 Effetti dell'irregolarità: solai deformabili

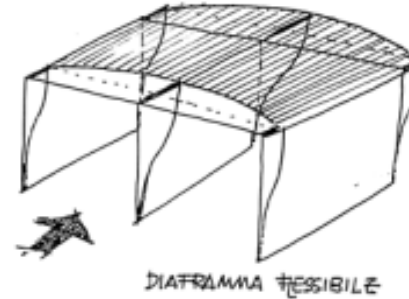
Redistribuzione tra pareti
proporzionale alla rigidezza
Diaframma Rigido



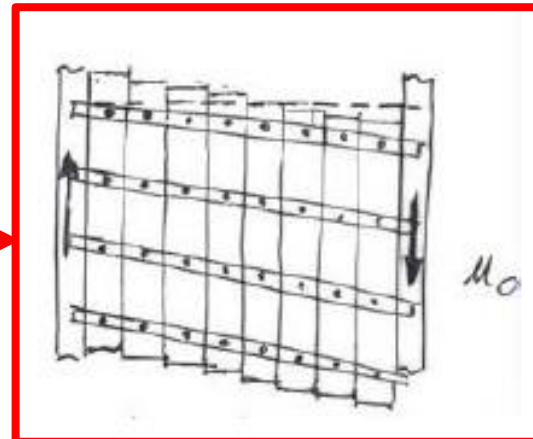
Solaio in legno



Redistribuzione differente
tra i maschi murari,
Diaframma Flessibile



**Comportamento
globale
dell'aggregato?**

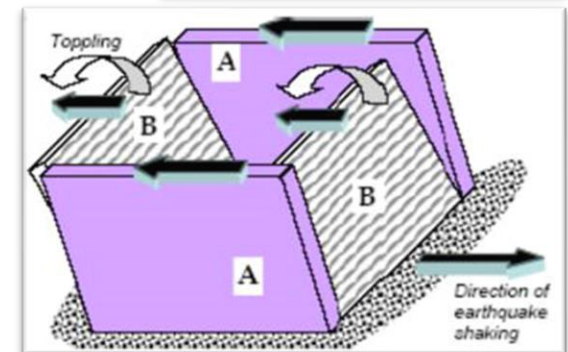
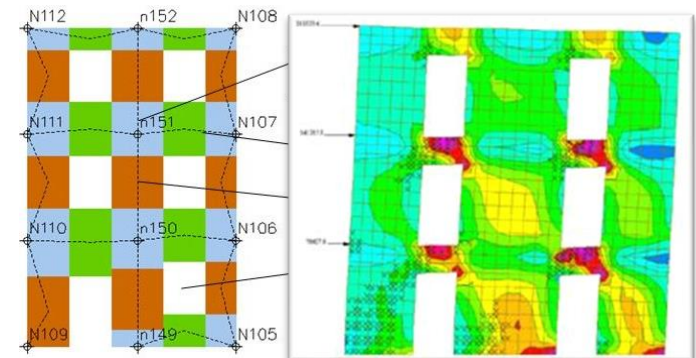
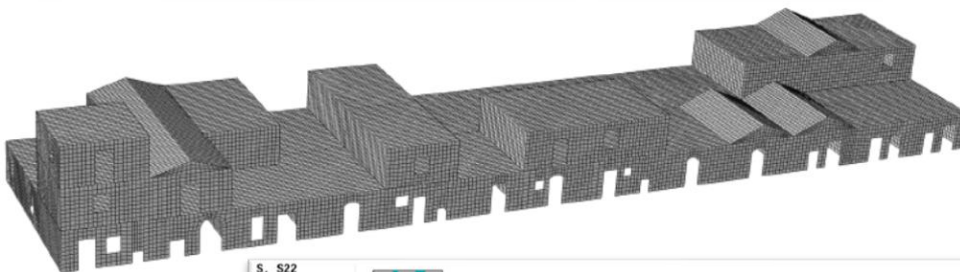


Come valutare l'effetto «aggregato» alla scala dell'edificio?

3 Effetti dell'irregolarità: singole pareti vs. intero edificio

Comportamento globale dell'aggregato?

Quando l'US non presenta un chiaro comportamento d'insieme, può essere schematizzato con una serie di **SUB-SISTEMI indipendenti**, che possono essere analizzati in maniera indipendente per mezzo di verifiche locali.



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

AGGREGATI IN MURATURA

**MATERIALE
COMPOSITO**
(blocco + malta)

**MATERIALE FRAGILE
(QUASI)**
Resistenza a compressione

**MATERIALE
ANISOTROPO**
Scorrimenti preferenziali

ELEMENTI FINITI / DISTINTI

MACROELEMENTI

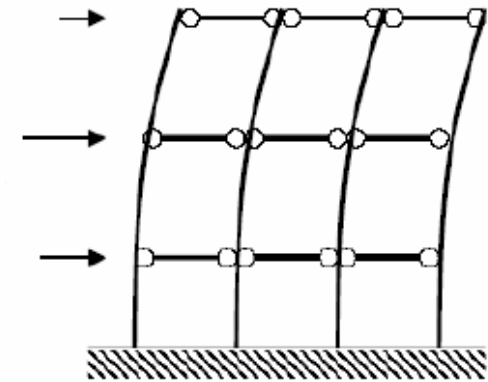
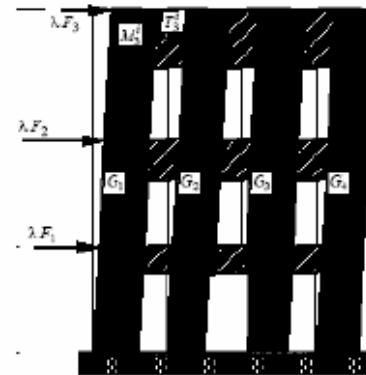
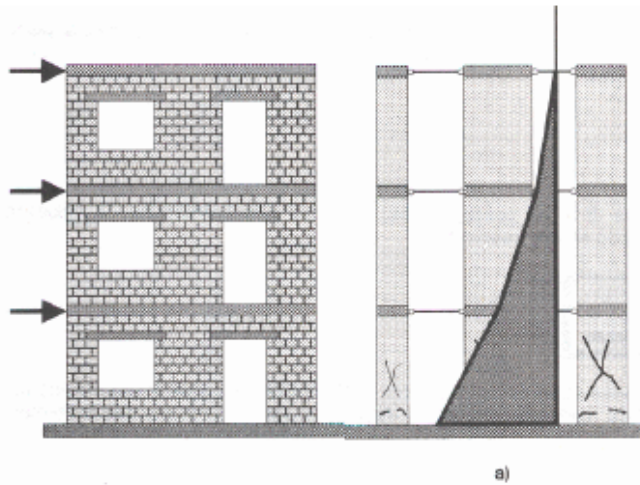
L'edificio in muratura è un **sistema complesso** in cui tutti gli elementi strutturali cooperano a sopportare i carichi applicati. Anche il **materiale muratura** è caratterizzato da una caratterizzazione costitutiva estremamente complessa, in cui entrano pesantemente in gioco effetti di **non linearità, plasticità, danneggiamento**, dissipazione isteretica.

Data la complessità del comportamento reale il progetto e l'analisi strutturale richiedono l'introduzione di **notevoli semplificazioni**.

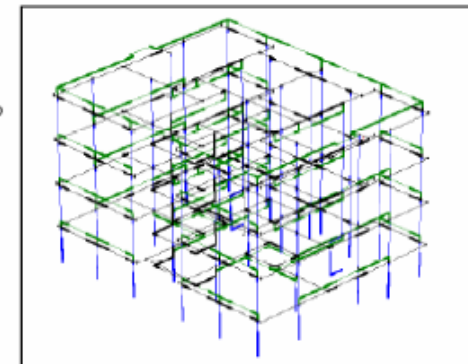
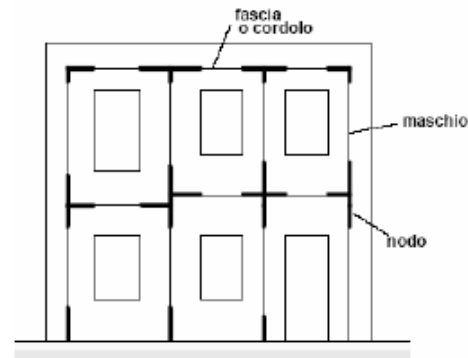
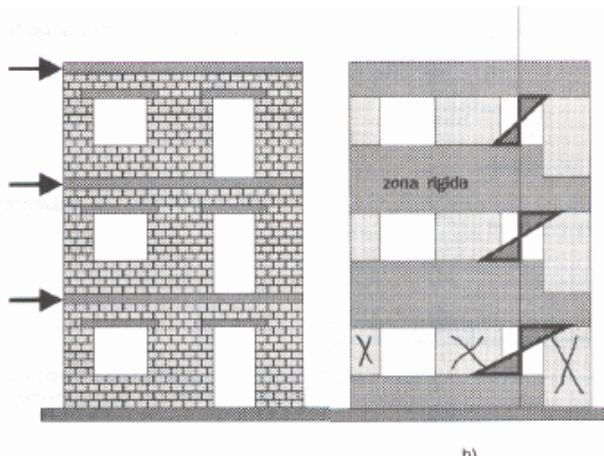
Si opera su sistemi strutturali semplificati scelti in relazione al **tipo di azione da considerare** (verticale ed orizzontale), al **metodo di analisi adottato** ed al **tipo di elementi strutturali** primari interessati da tali azioni.

Strategie di modellazione

→ MODELLI A MENSOLE

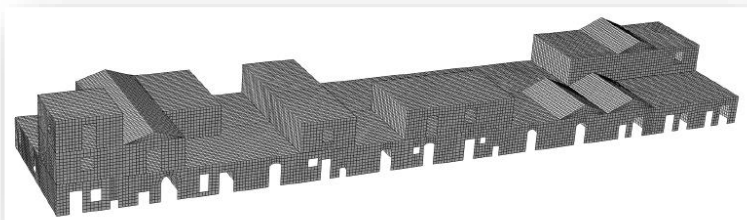
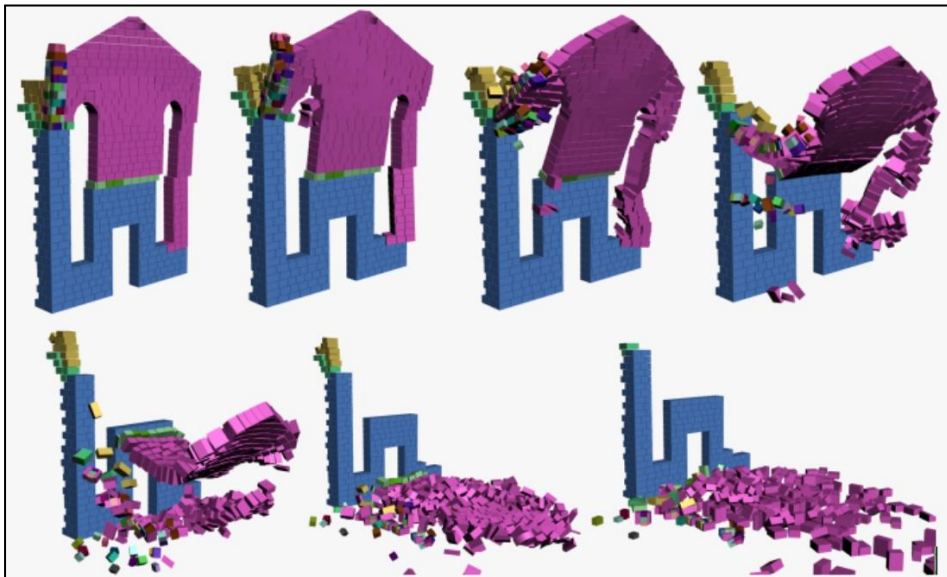
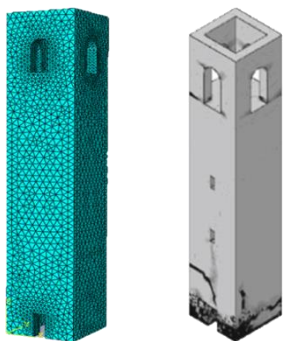
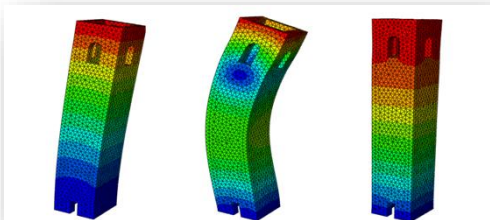


→ MODELLI A TELAIO EQUIVALENTE



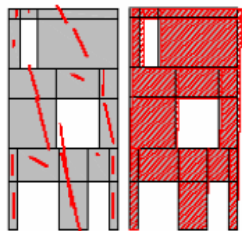
Strategie di modellazione

FEM - DEM



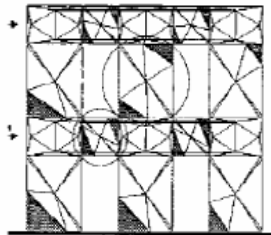
Strategie di modellazione

MACRO-ELEMENTI



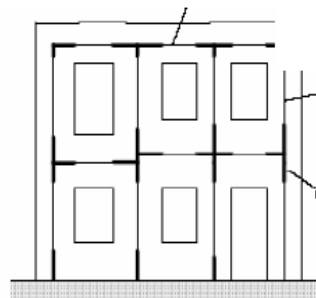
MAS3D

Braga, Liberatore,
Spera



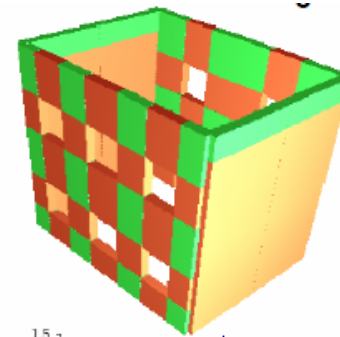
PEFV

D'Asdia e Viskovic



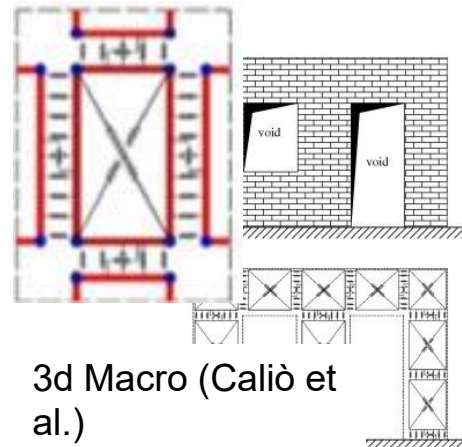
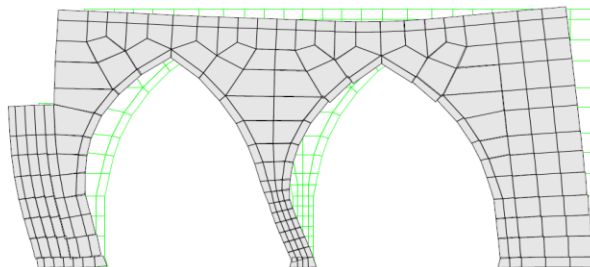
SAM

Magenes, Della Fontana,
Bolognini

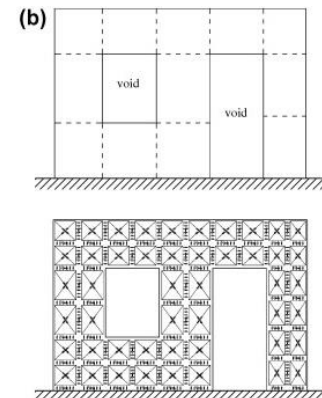


TREMURI (Lagomarsino e al.)

RBSM (Casolo)



3d Macro (Caliò et al.)



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

La strategia di modellazione di un aggregato edilizio dipende fortemente **dall'effettiva conoscenza del caso studio oggetto di analisi** e al contempo, dalle ipotesi che il tecnico incaricato deve effettuare in funzione di quanto investigato.

Scelta del metodo di analisi e del modello di calcolo

ANALISI SEMPLIFICATE

Schema
dell'articolazione
pareti singole, ...

ANALISI LINEARE

Rigidezze secanti
Modelli a mensola
Modelli a telaio
Elementi finiti

ANALISI NON LINEARE

Non linearità meccaniche
Non linearità geometriche

Modelli a mensola
Modelli a telaio
Elementi finiti
Elementi discreti
Macroelementi

MODELLO SPAZIALE

VERIFICHE ELEMENTI

FUORI PIANO
Pressoflessione

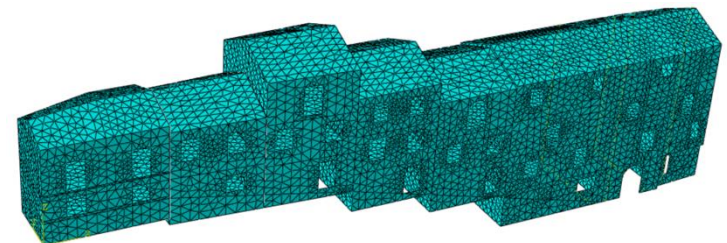
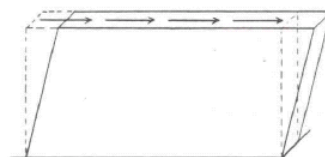
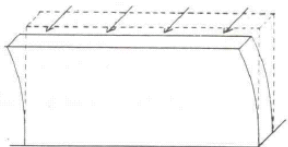
TRAVI
ACCOPIAMENTO

CARICHI
CONCENTRATI

PIANO
Pressoflessione
Taglio

VERIFICA GLOBALE

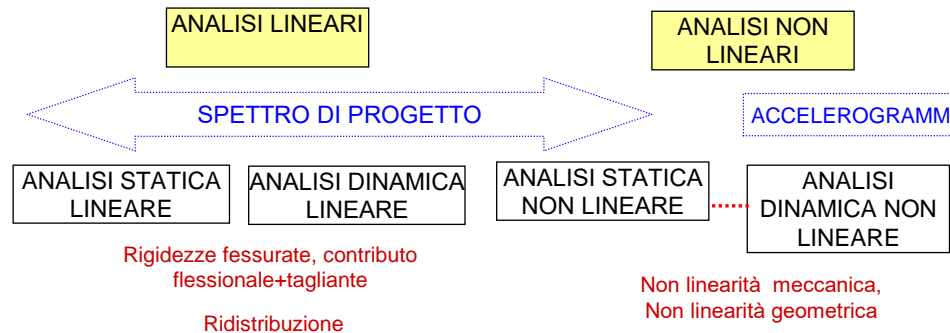
Confronto tra capacità di
spostamento e richiesta
di spostamento



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

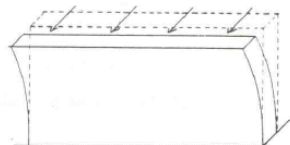
La strategia di modellazione di un aggregato edilizio dipende fortemente **dall'effettiva conoscenza del caso studio oggetto di analisi** e al contempo, dalle ipotesi che il tecnico incaricato deve effettuare in funzione di quanto investigato.

Scelta del metodo di analisi e del modello di calcolo



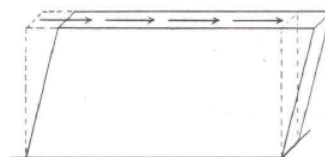
VERIFICHE ELEMENTI

FUORI PIANO
Pressoflessione



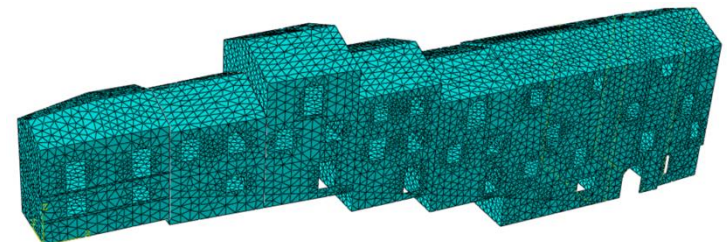
TRAVI ACCOPPIAMENTO
CARICHI CONCENTRATI

PIANO
Pressoflessione
Taglio



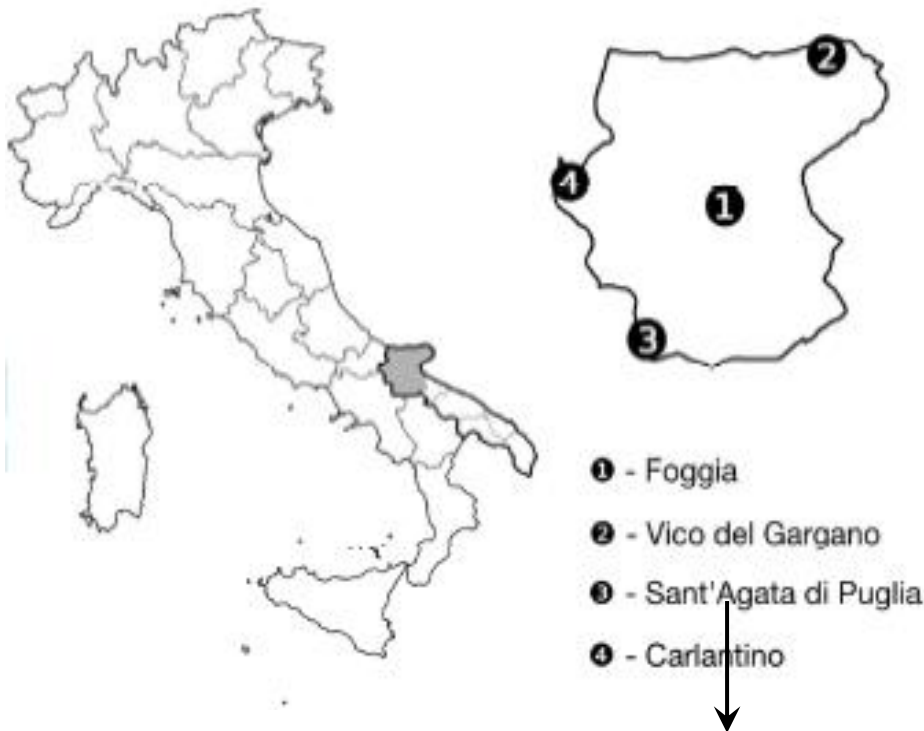
VERIFICA GLOBALE

Confronto tra capacità di spostamento e richiesta di spostamento

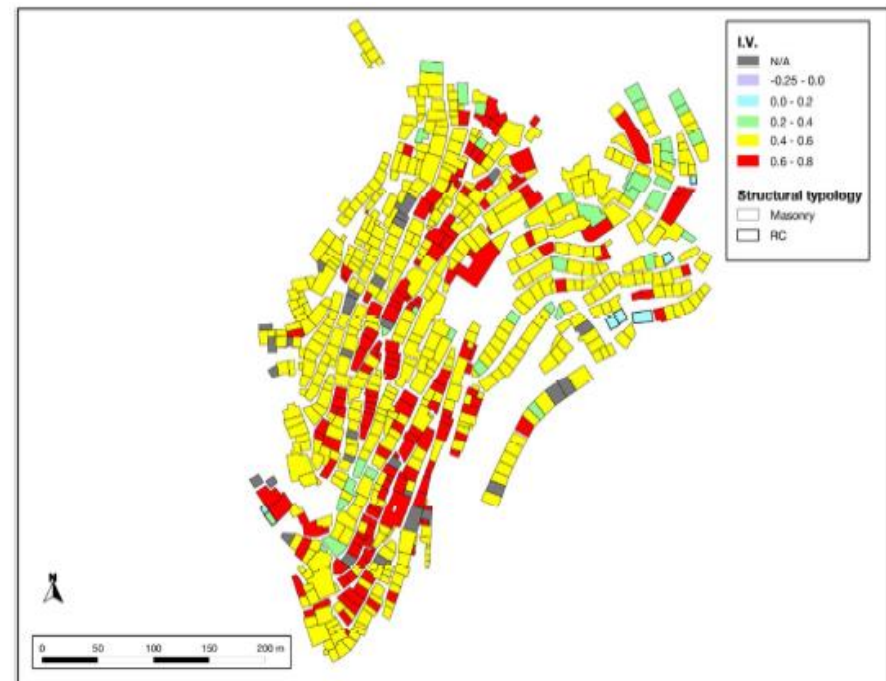


Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA



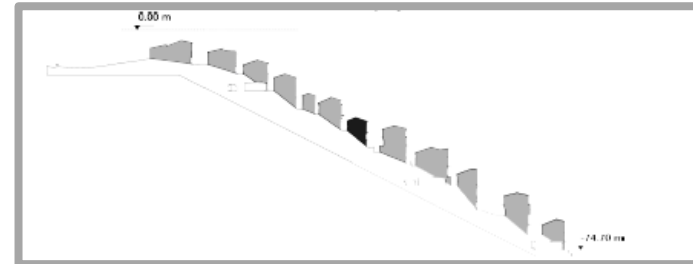
Mappatura edifici con scheda «Antaeus»



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

Identificazione di un «aggregato indice»



Tipologia
di isolato

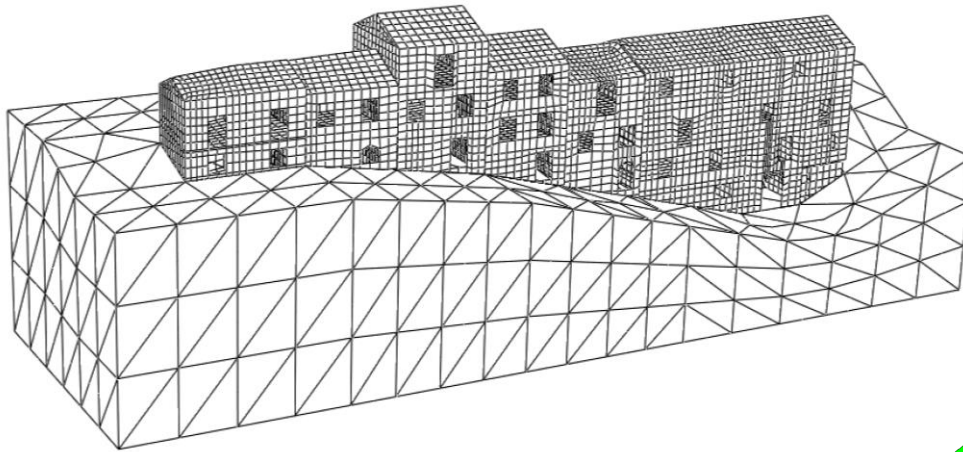
Prospetti dell'isolato campione, in cui si evidenzia il forte dislivello tra i fronti principali



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

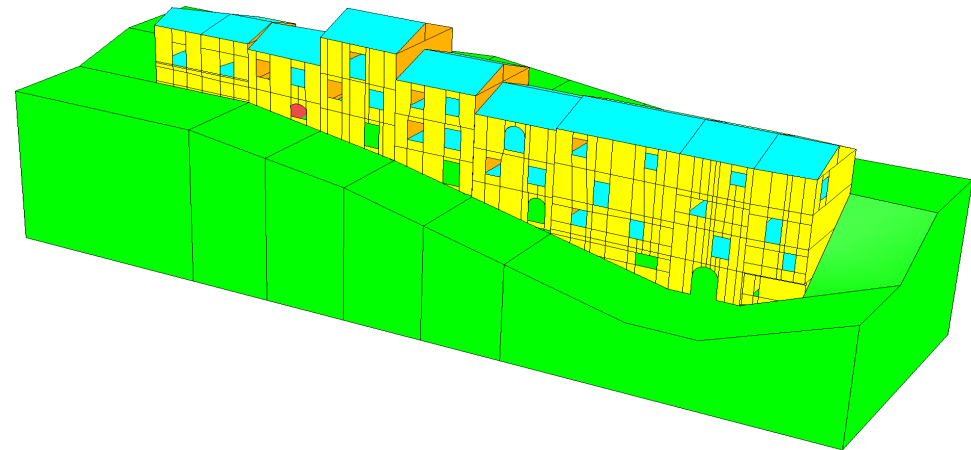
Modello tridimensionale ad elementi finiti



FEM (ABAQUS)

Modello con terreno

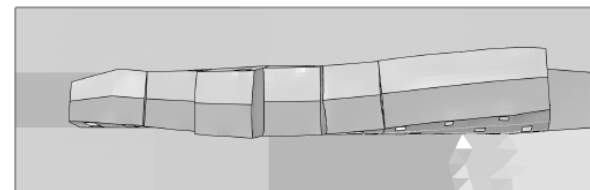
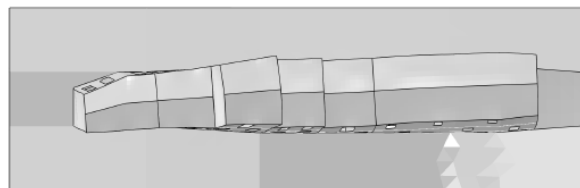
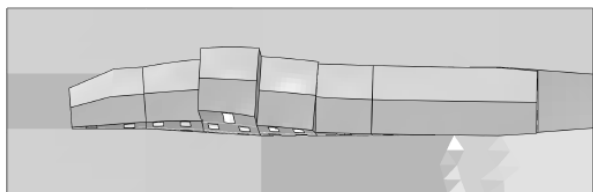
- Materiale pareti ortotropo
- Materiale orizzontamenti isotropo
- Materiale terreno isotropo



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

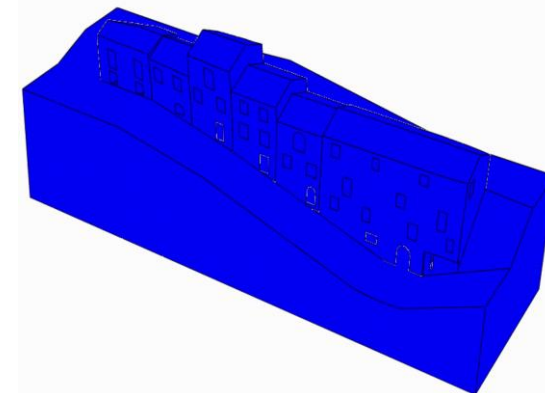
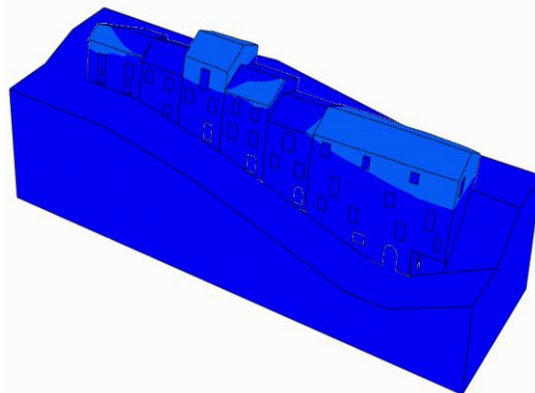
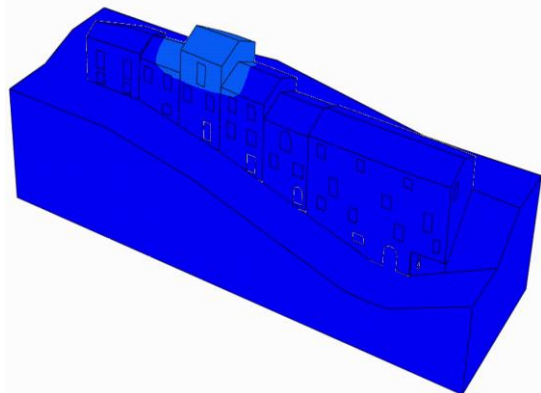
Analisi modale



primo modo: $T_1 = 0.104$ secondi

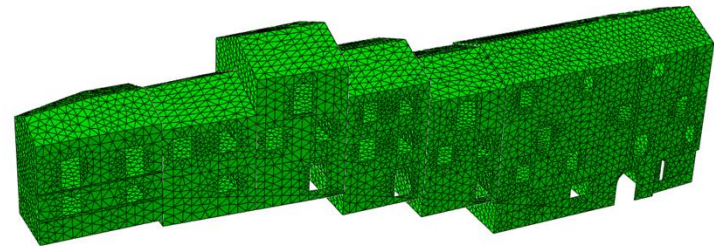
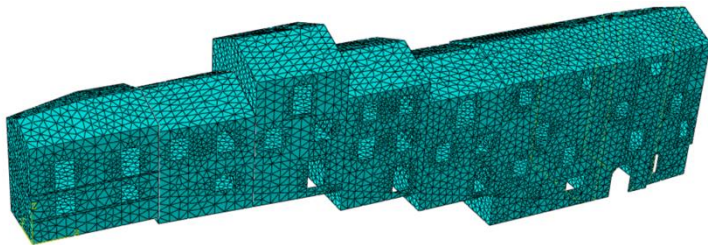
secondo modo: $T_2 = 0.095$ secondi

terzo modo: $T_3 = 0.090$ secondi



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA



Modello senza terreno 1

- Materiale pareti **ortotropo**
- Materiale orizzontamenti isotropo

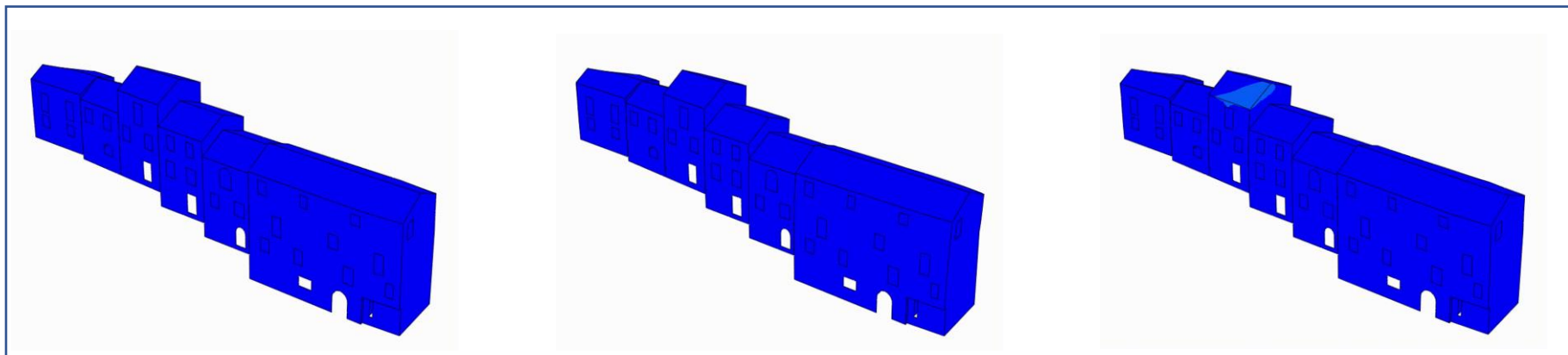
Modello senza terreno 2

- Materiale pareti **isotropo**
- Materiale orizzontamenti isotropo

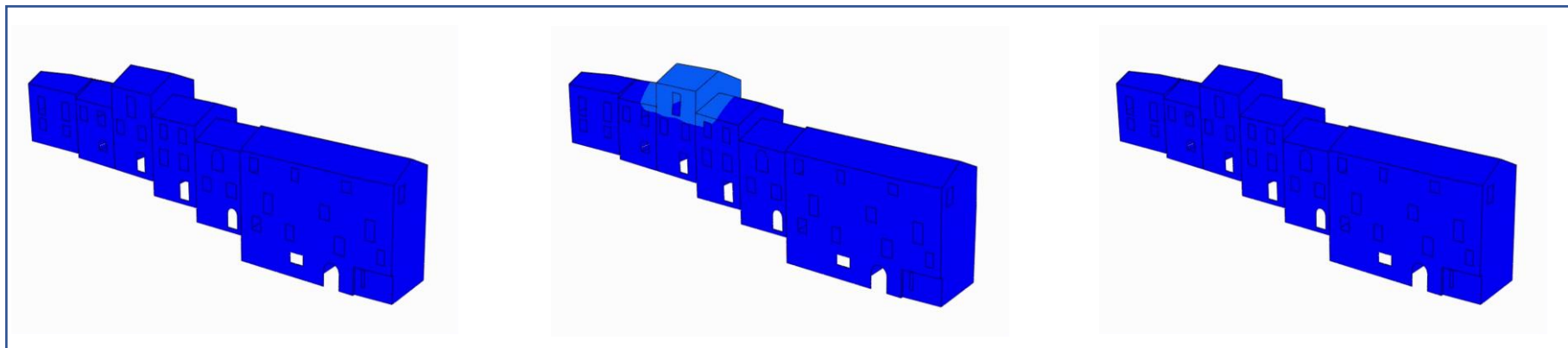
Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

Modello senza terreno 1



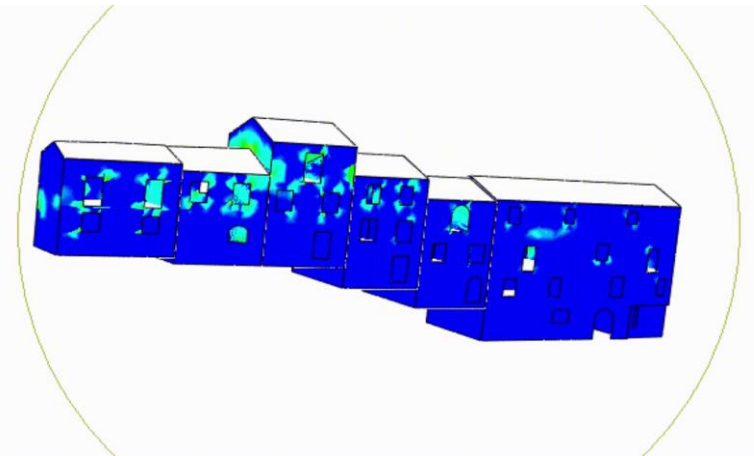
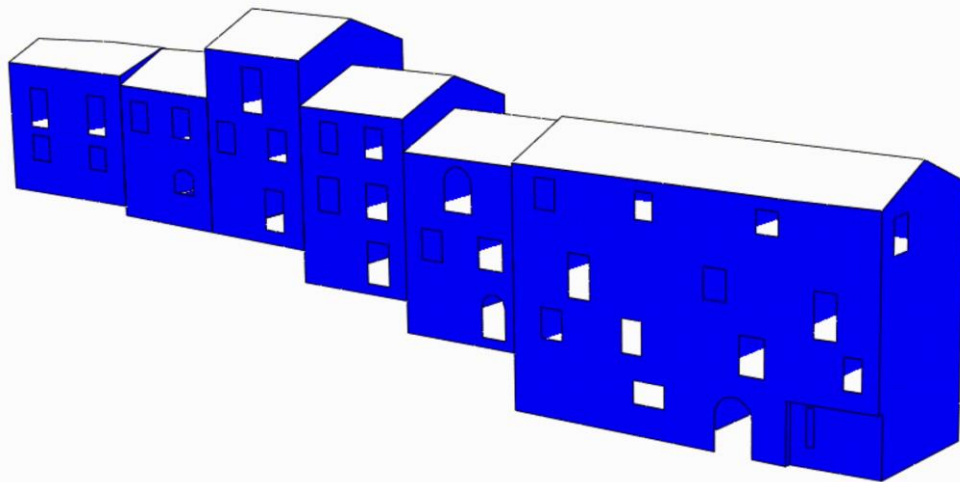
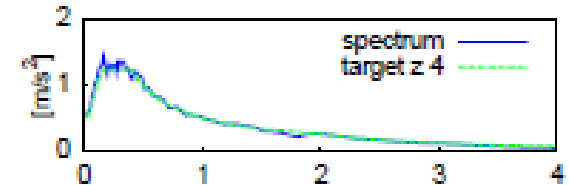
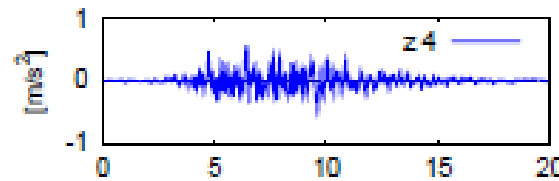
Modello senza terreno 2



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

Analisi dinamica non lineare

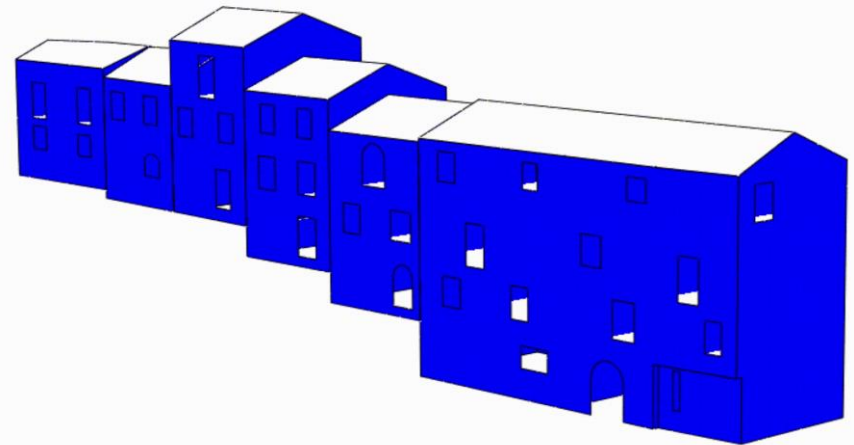
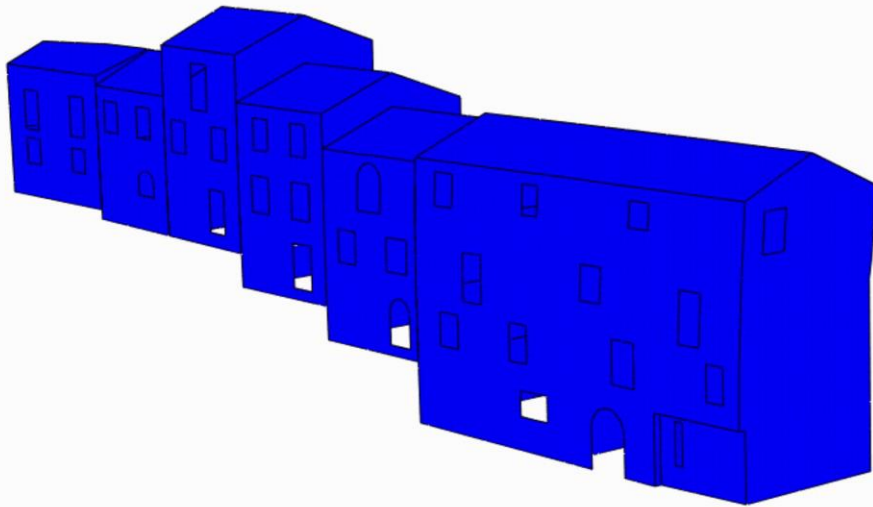


Danneggiamento d_t (DAMAGET), ovvero riduzione del modulo di Young in campo plastico per la risposta a trazione.

Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

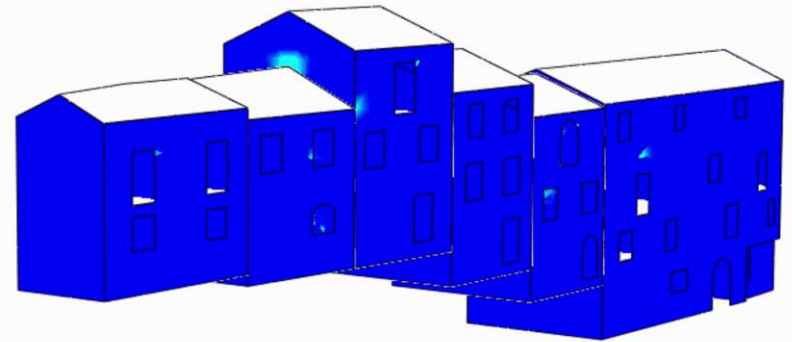
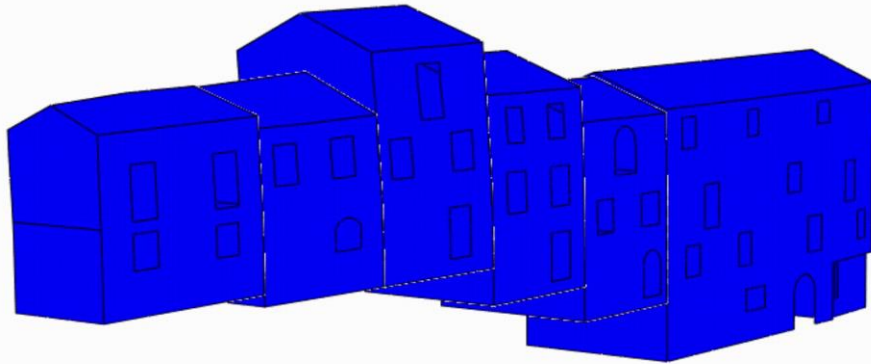
Danneggiamento edificio in testata



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

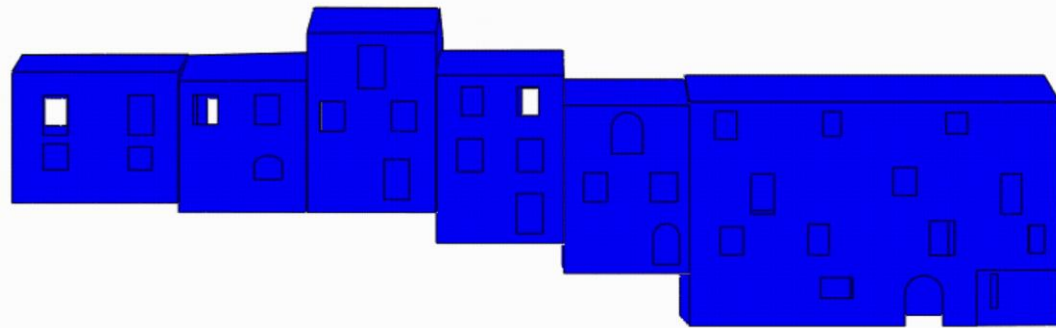
Danneggiamento edificio più svettante



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

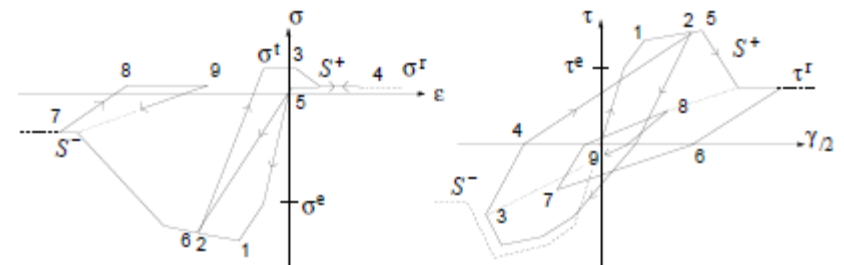
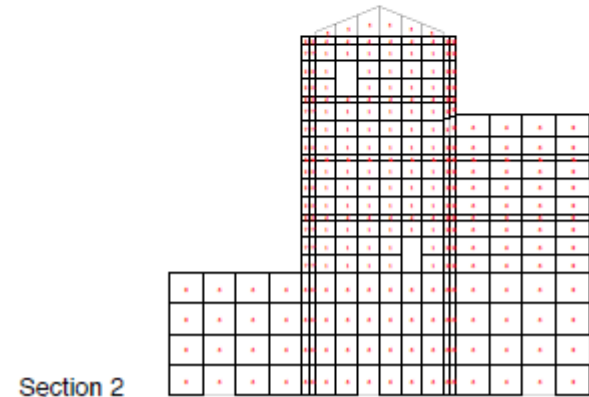
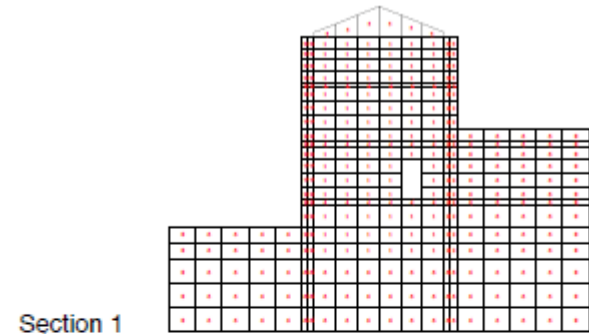
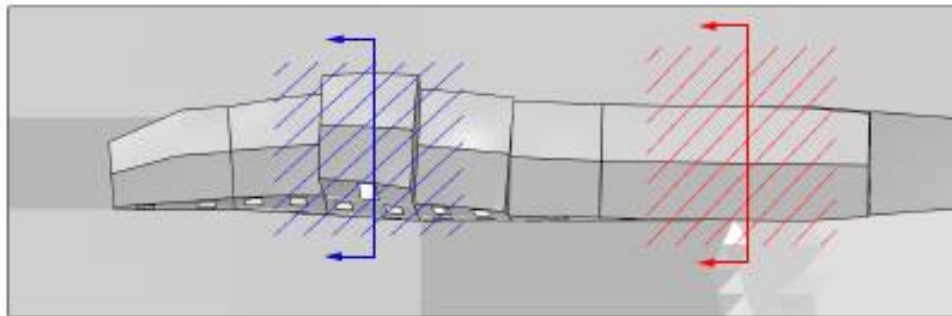
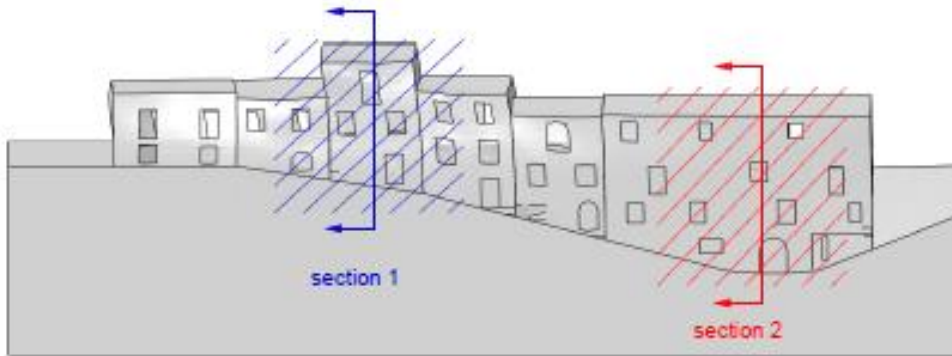
Danneggiamento in corrispondenza delle aperture



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

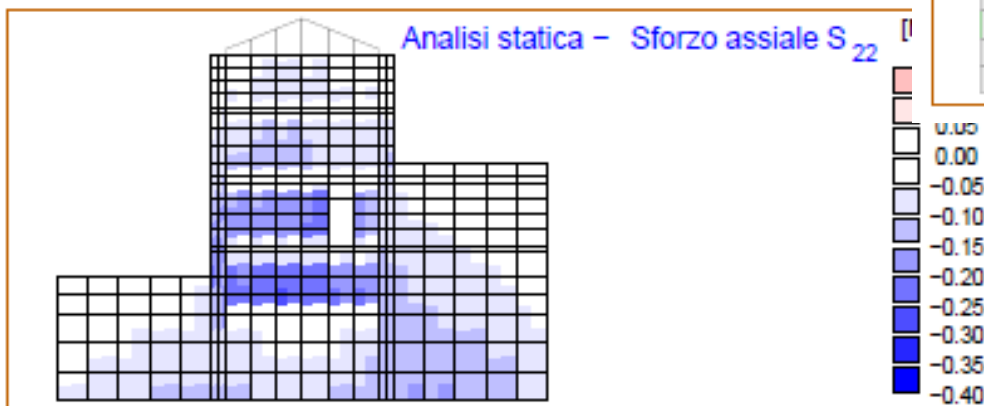
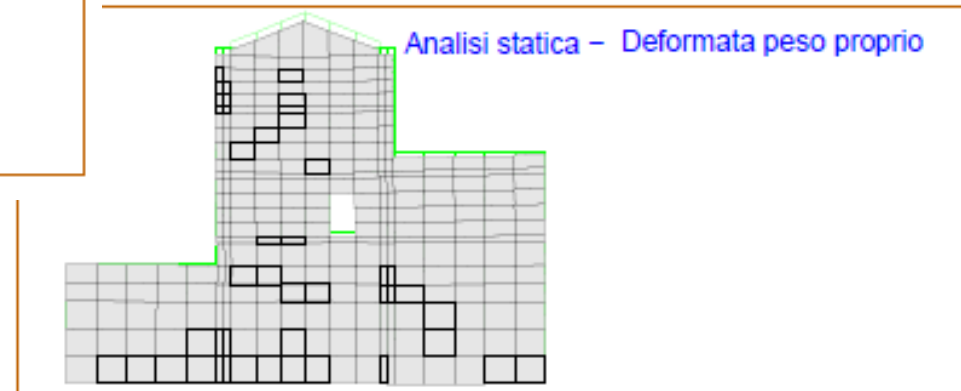
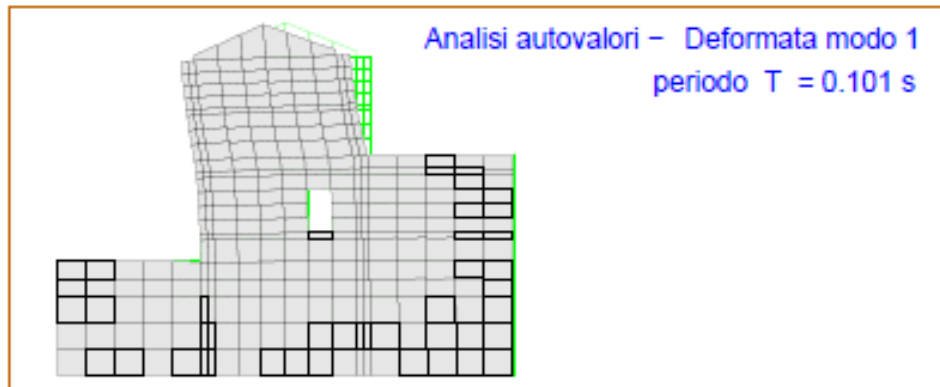
Modello RSBM (Casolo)



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

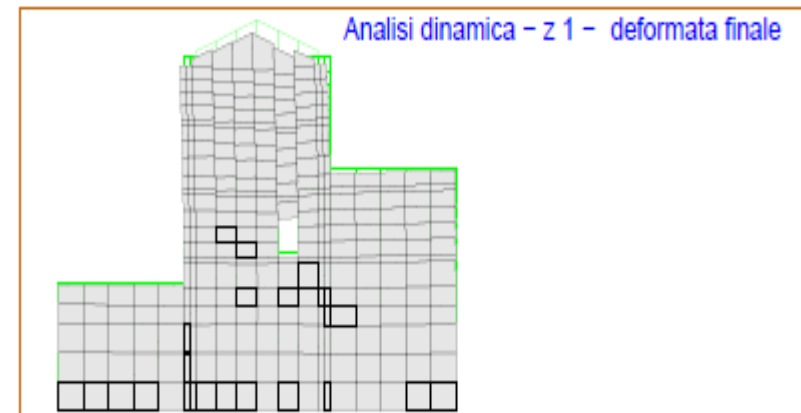
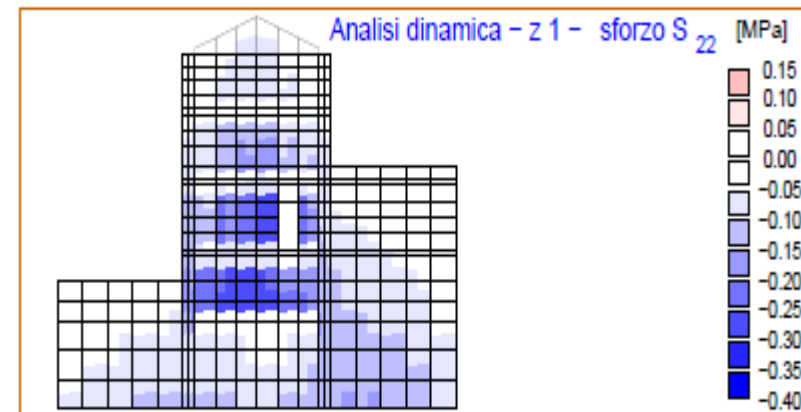
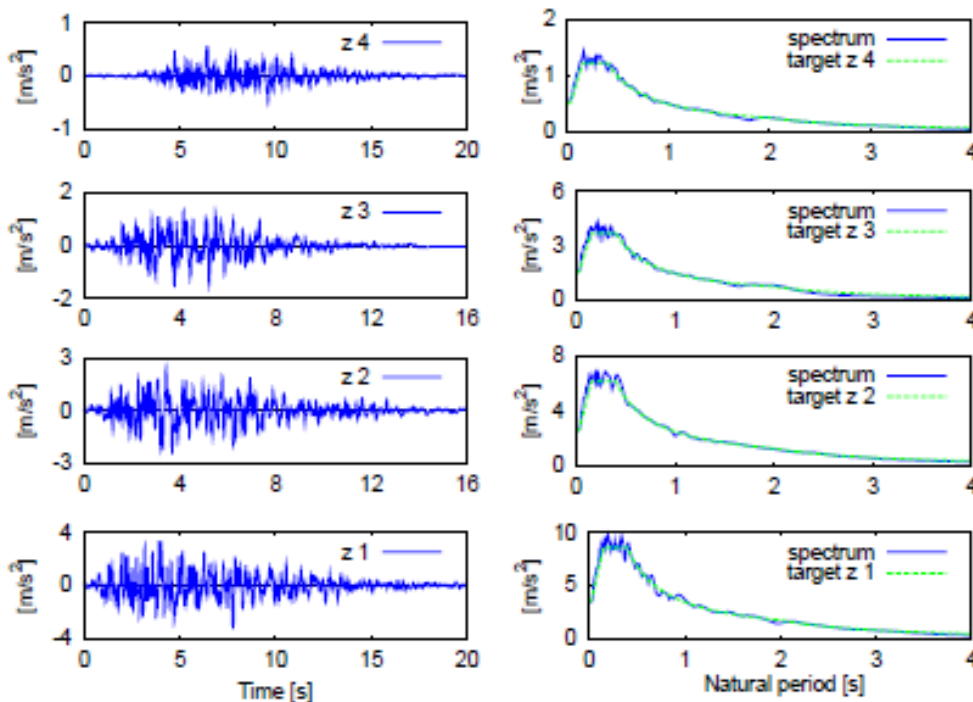
Analisi modale e statica lineare



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

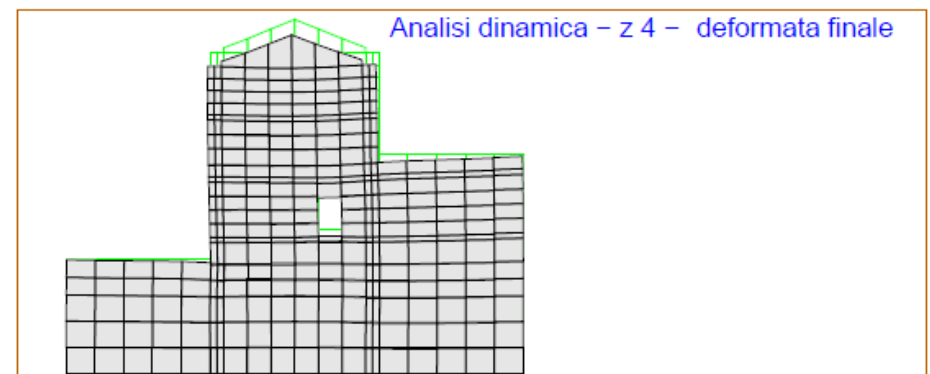
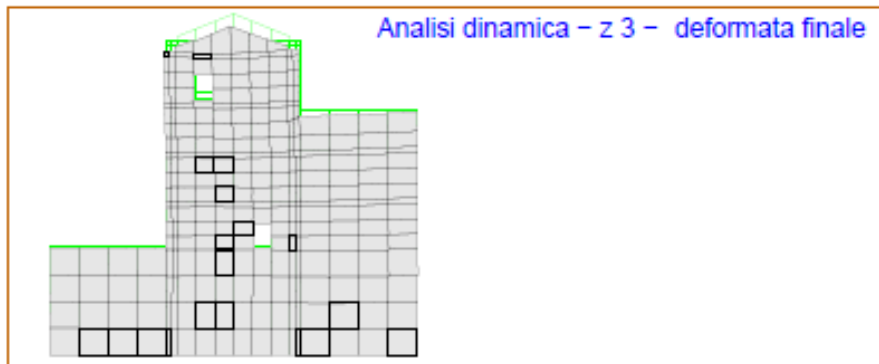
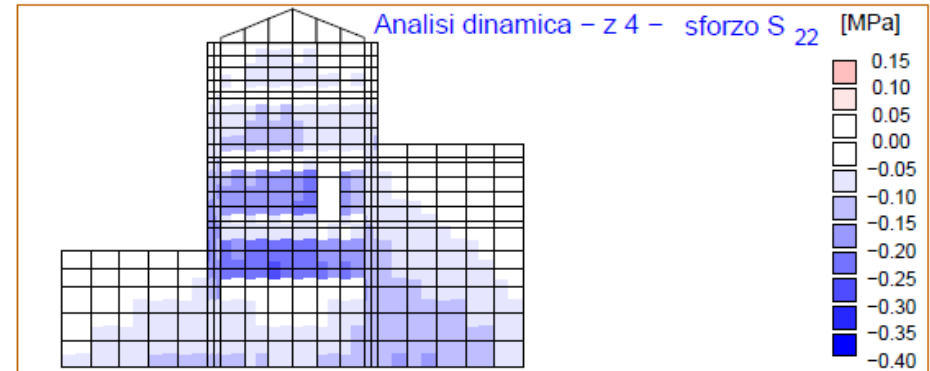
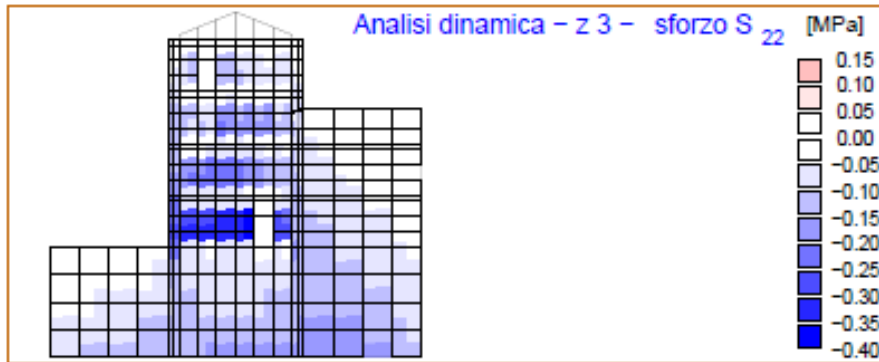
Analisi dinamica non lineare



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A SANT'AGATA DI PUGLIA

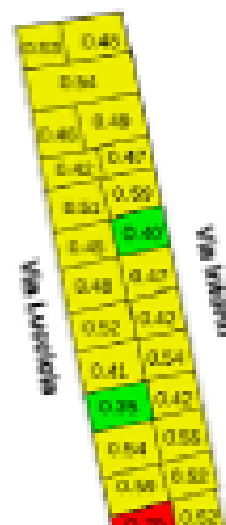
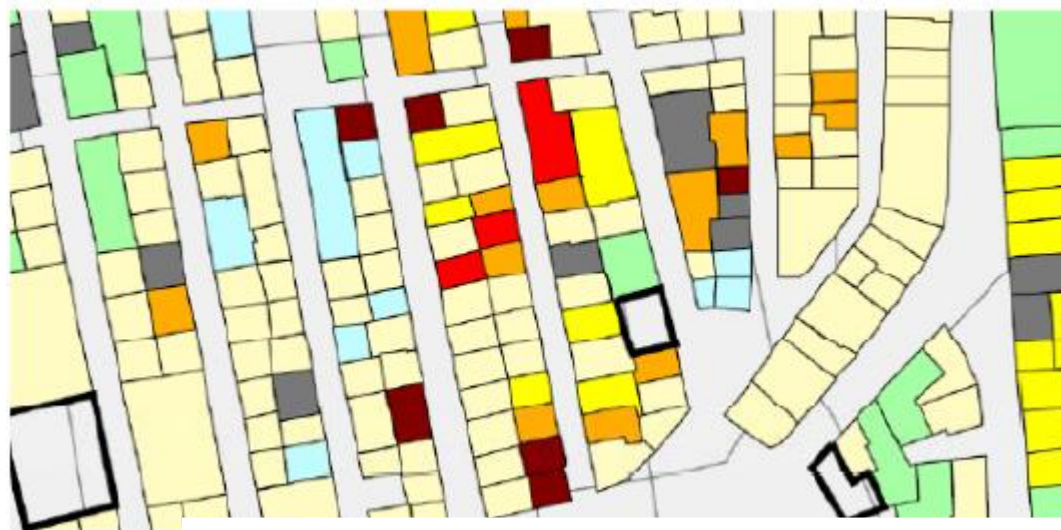
Analisi dinamica non lineare



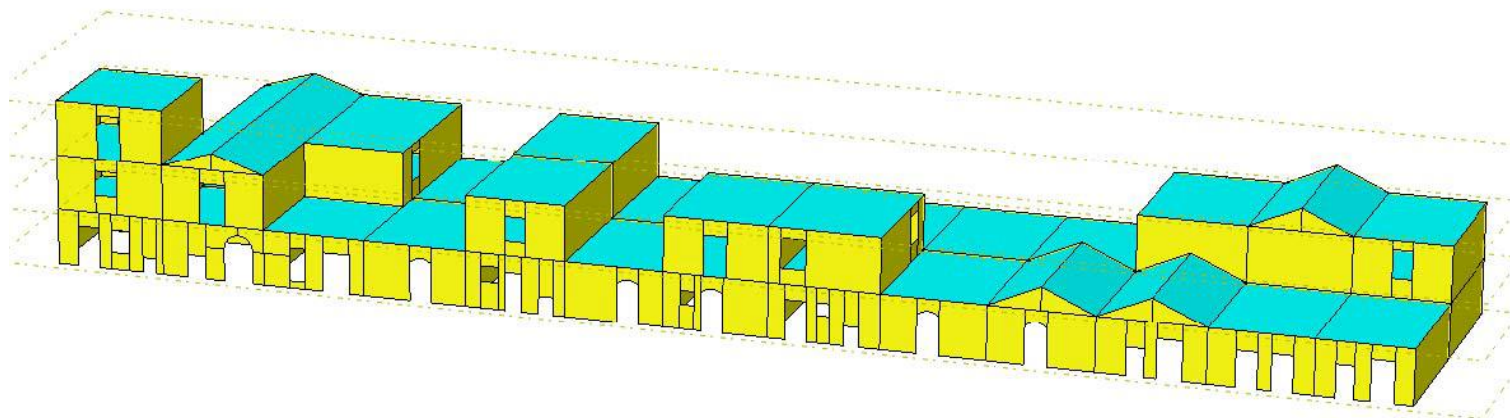
I risultati mostrano come per determinati accelerogrammi spettrocompatibili, alcuni collassi totali e parziali si manifestano, evidenziando così le maggiori criticità dell'intero aggregato

Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A FOGGIA

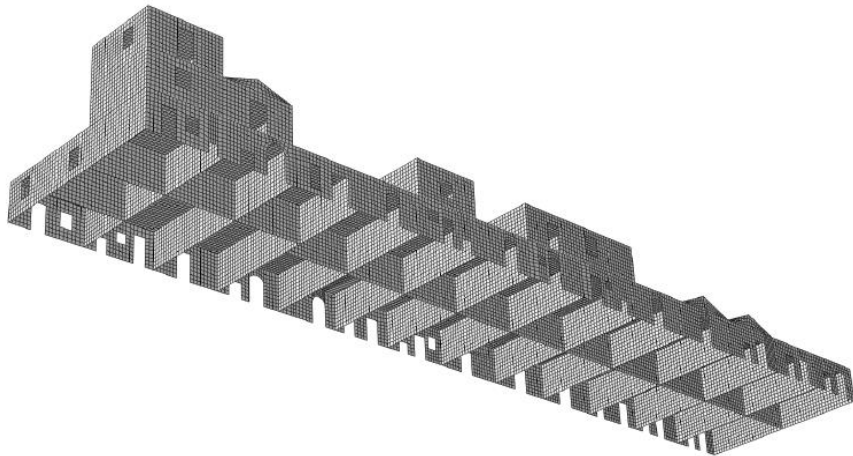
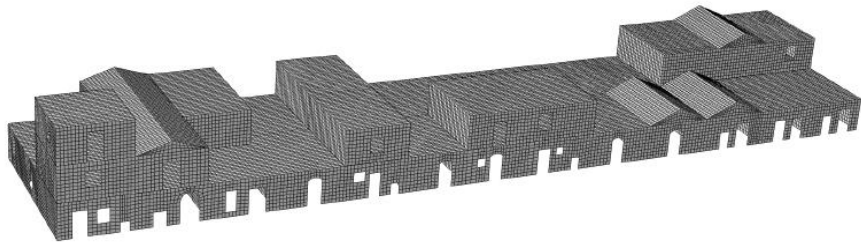


Aggregato Indice



Strategie di modellazione di edifici in aggregato

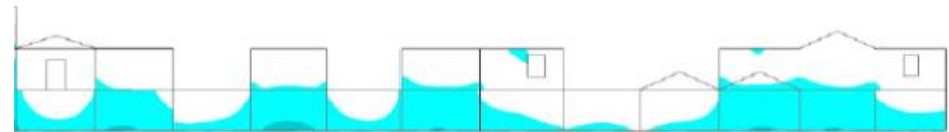
CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A FOGGIA



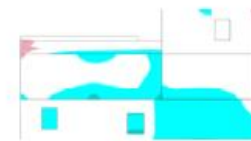
**Analisi a carichi
gravitazionali**



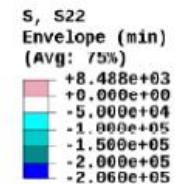
Prospect View - West side



Longitudinal Section



Prospect View - North side



**Modellazione agli
elementi finiti
ABAQUS**

Strategie di modellazione di edifici in aggregato

CASO STUDIO: AGGREGATO EDILIZIO A FOGGIA

Analisi RBSM

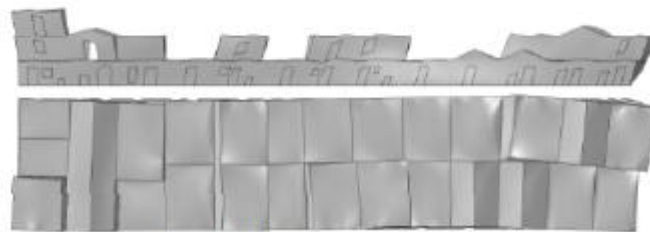
Analisi modale



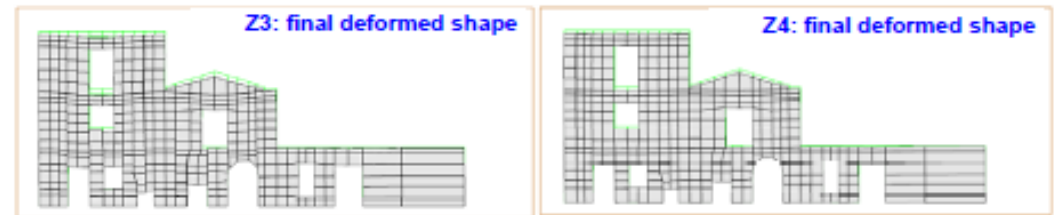
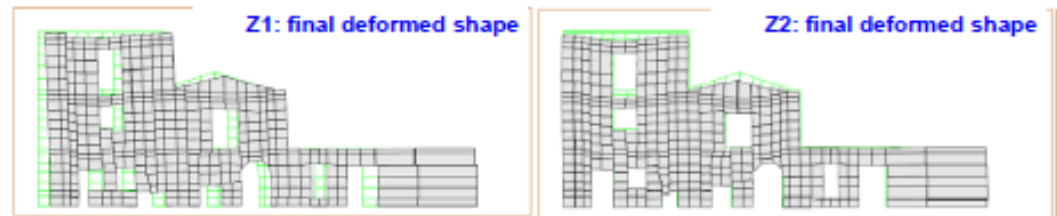
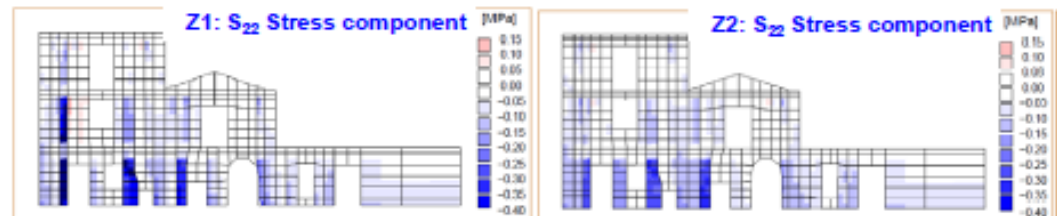
First Mode : $T_1 = 0.158$ s



Second Mode : $T_2 = 0.143$ s

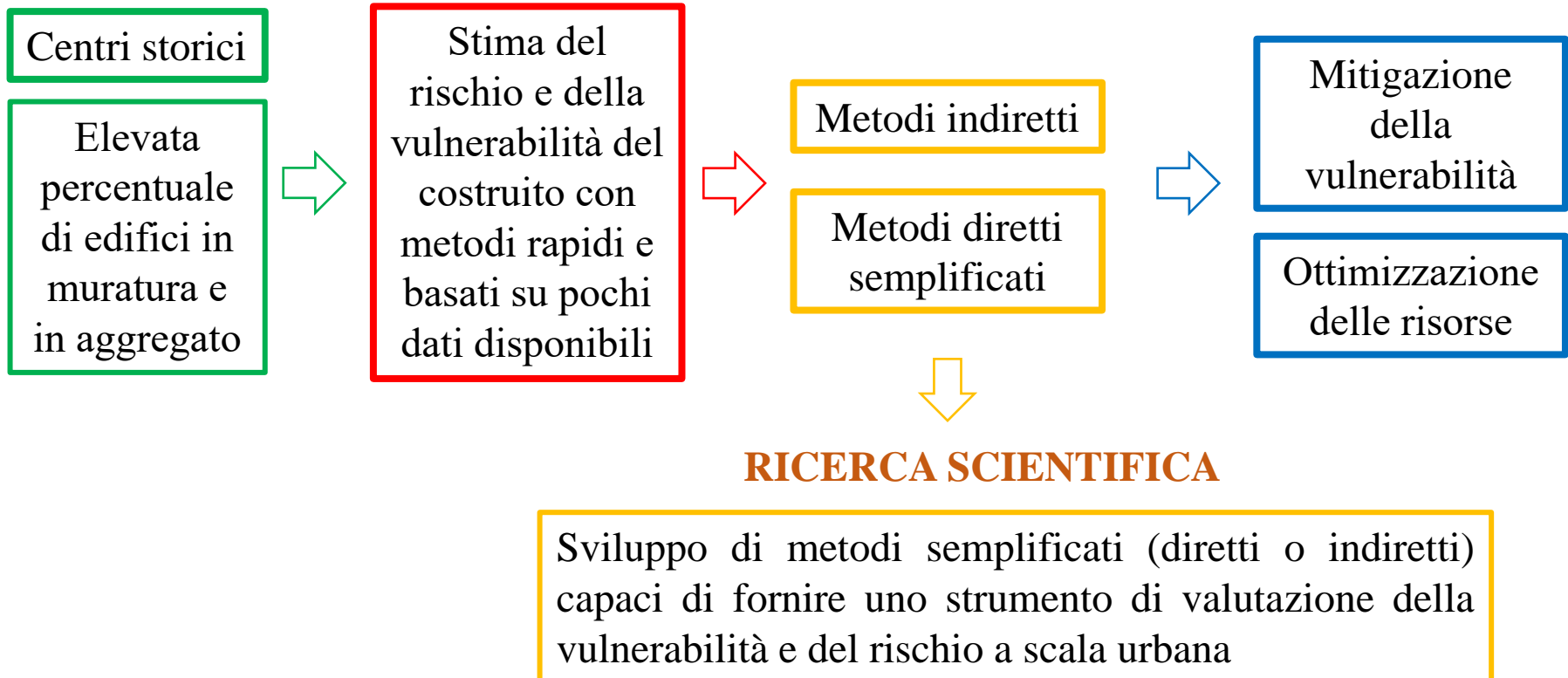


Second Mode : $T_3 = 0.116$ s



Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

i piani di **riqualificazione** e **rigenerazione** dei centri storici, richiedono alle amministrazioni la **programmazione delle risorse** economiche disponibili, al fine di ottimizzare le spese e **ridurre il rischio** del patrimonio costruito



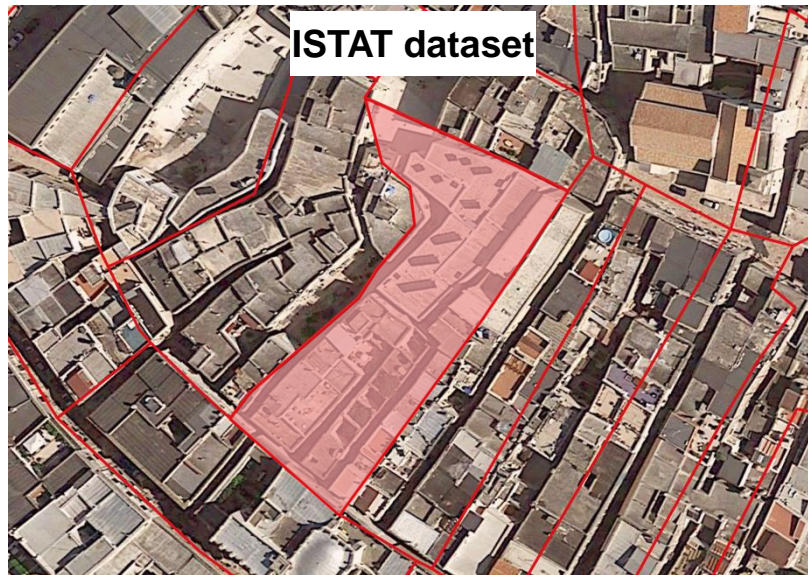
Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Diretti (semplificati)	Indiretti
<p>Modellazione numerica della struttura o metodo di calcolo che porta alla determinazione diretta del danno in funzione del sisma.</p>	<p>Determinazione di un indice di vulnerabilità (I.V.) e utilizzo di una correlazione intensità-danno che è funzione di questo indice.</p>
<ul style="list-style-type: none">▲ Forniscono in modo diretto l'indice di vulnerabilità in funzione della sollecitazione sismica.▼ Sono metodi laboriosi, quindi necessitano di semplificazioni.	<ul style="list-style-type: none">▼ Forniscono una stima della vulnerabilità meno accurata rispetto ai metodi analitici.▲ Permettono, con opportune metodologie, il censimento speditivo di una grande quantità di edifici.

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Fonti per la identificazione delle tipologie edilizi presenti

Sezioni di censimento (CS)



- **TIPOLOGIA STRUTTURALE**
Masonry, Reinforced Concrete, Other Material
- **PERIODO DI COSTRUZIONE**
(≤ 1919 , 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2005, ≥ 2005)
- **NUMERO DI PIANI**
(1, 2, 3, ≥ 4)
- **STATO DI MANUTENZIONE**
(Bad, Mediocre, Good, Excellent)

Blocchi urbani (UB)

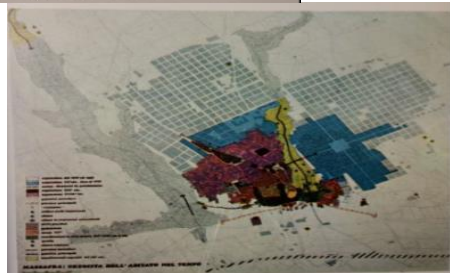


- **TIPOLOGIA EDILIZIA**
civil building, building under construction, underground building
- **AREA**
- **ALTEZZA**

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Fonti per la identificazione delle tipologie edilizi presenti

CARTOGRAFIE STORICHE urban area time development



SCHEDA CARTIS CARatterizzazione Tipologica Strutturale dei comparti urbani costituiti da edifici ordinari – Progetto ReLuis

CARTIS 2014

SEZIONE 0.0 | Contorno

A.1.1	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.2	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.3	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.4	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.5	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.6	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.7	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.8	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.9	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
A.1.10	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano

SEZIONE 1.0 | Contorno urbano

B.1.1	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.2	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.3	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.4	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.5	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.6	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.7	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.8	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.9	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
B.1.10	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano

SEZIONE 2.0 | Contorno urbano

C.1.1	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.2	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.3	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.4	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.5	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.6	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.7	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.8	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.9	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
C.1.10	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano

SEZIONE 3.0 | Contorno urbano

D.1.1	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.2	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.3	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.4	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.5	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.6	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.7	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.8	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.9	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano
D.1.10	Contorno urbano	Contorno urbano	Contorno urbano

- Section 0: delimitation of urban sector
- Section 1: identification of prevailing buildings typology classes
- Section 2: identification of general characteristics of the building classes
- Section 3: characterization of the structural elements of the building typology classes

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Metodi indiretti: indici di vulnerabilità

MASONRY

$$\bar{V}_I^M = V_{I_M}^* + \sum \Delta V_m^M$$

Frassine e Giovinazzi, 2004

$$I.V. = \frac{(p_1 w_1 + p_2 w_2 + \dots + p_{11} w_{11})}{292.5}$$

Uva et al., 2015

Table 3 - V_I^* by class of age of construction for the masonry buildings

Class	Age of construction	V_I^*
I	< 1919	0,704
II	dal 1919 al 1945	0,689
III	dal 1946 al 1970	0,669
IV	> il 1971	0,667

Table 4 - ΔV_m modifier coefficients for the masonry buildings

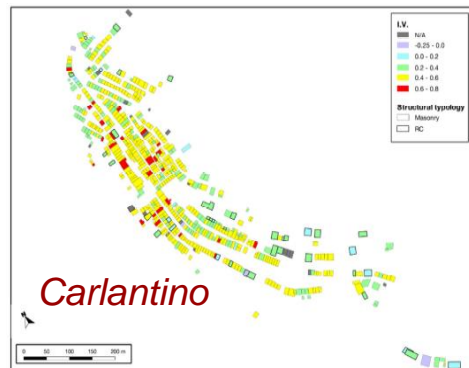
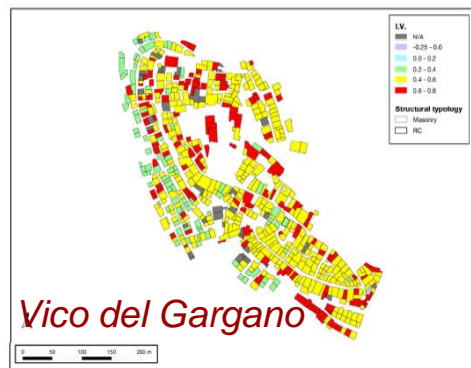
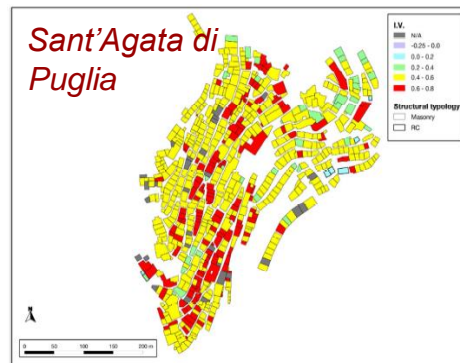
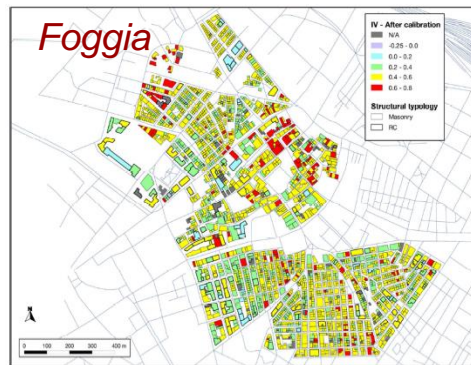
Vulnerability factor	Indicator	ΔV_m for class			
		I	II	III	IV
State of maintenance	good	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02
	bad	+0,04	+0,03	+0,02	+0,02
Number of floors (height)	Low (1-2)	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
	Medium (3-4)	0	0	0	0
Aggregate condition	High (>4)	+0,04	+0,04	+0,04	+0,04
	isolate	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
	In aggregate	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02

The screenshot shows the 'MASONRY' software interface with four main sections: 1. Vertical structures, 2. Floors, 3. Roof, and 4. Age of the building. Each section contains input fields and radio buttons for selecting specific indicators. To the right, there are 'Instructions' for each section, listing different types of masonry and their corresponding codes (e.g., M1.1, M1.2, M1.3, M3, Q1, Q2, Q3, C1, C2, C3, Age class 1-5).

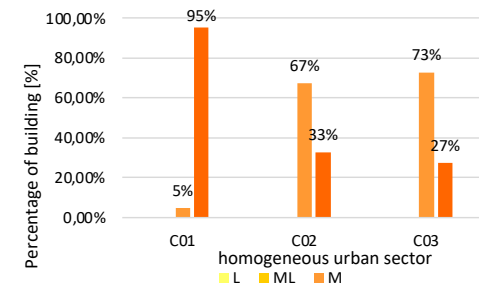
Nei metodi diretti proposti in letteratura l'effetto aggregato è considerato con un **effetto peggiorativo** dell'indice di vulnerabilità

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Metodi indiretti: indici di vulnerabilità – alcune applicazioni



Taranto



Raccolta dati e indice Antaeus

Piattaforma GIS che integra dati multisorgente e applicazione dell'indice Frassine e Giovinazzi, 2004

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Valutazione della **vulnerabilità sismica** degli aggregati in muratura mediante **approccio tipologico-meccanico automatizzato**

1. Integrazione e sistemizzazione di dati multi-sorgente in ambiente GIS

2. Analisi delle caratteristiche ricorrenti del tessuto urbano in comparti omogenei urbani

3. Generazione automatica modelli numerici e implementazione analisi

$f_c = 2.04 \text{ N/mm}^2$ — $f_t = 2.86 \text{ N/mm}^2$
 $f_c = 2.45 \text{ N/mm}^2$ — $f_t = 3.27 \text{ N/mm}^2$

$f_c = 2.04 \text{ N/mm}^2$ — $f_t = 2.86 \text{ N/mm}^2$
 $f_c = 2.45 \text{ N/mm}^2$ — $f_t = 3.27 \text{ N/mm}^2$

displacement [cm]

number of SUs in AC

Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

STEP 1. Integrazione e sistematizzazione di dati multi-sorgente in ambiente GIS



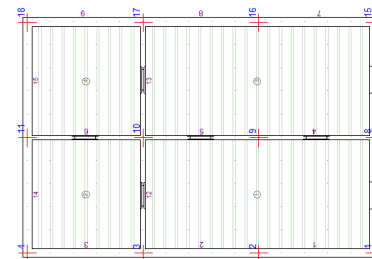
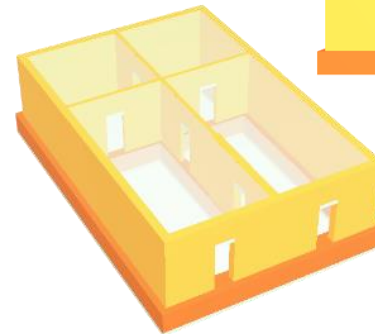
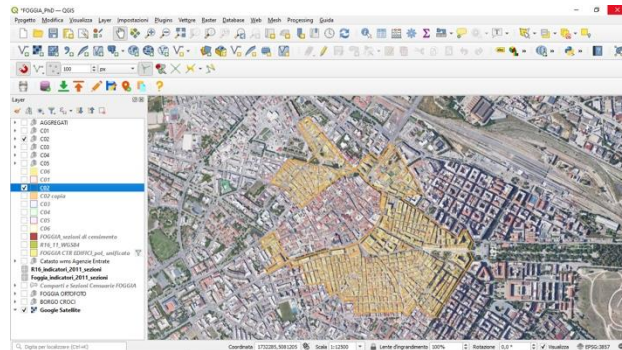
Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

STEP 2. Analisi delle caratteristiche ricorrenti dei comparti omogenei urbani

UNITÀ STRUTTURALE



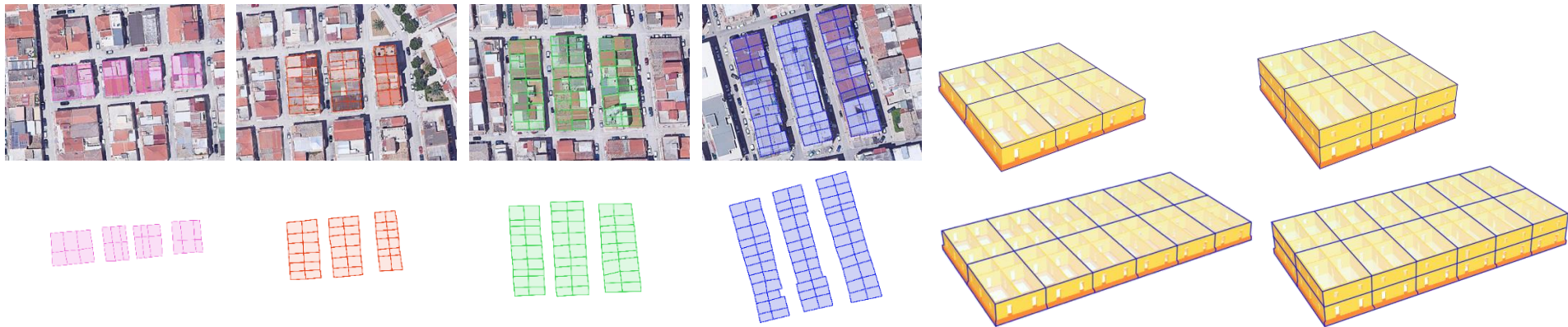
Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

STEP 2. Analisi delle **caratteristiche ricorrenti** dei **comparti omogenei urbani**

TIPOLOGIA E CONFIGURAZIONE AGGREGATO



Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

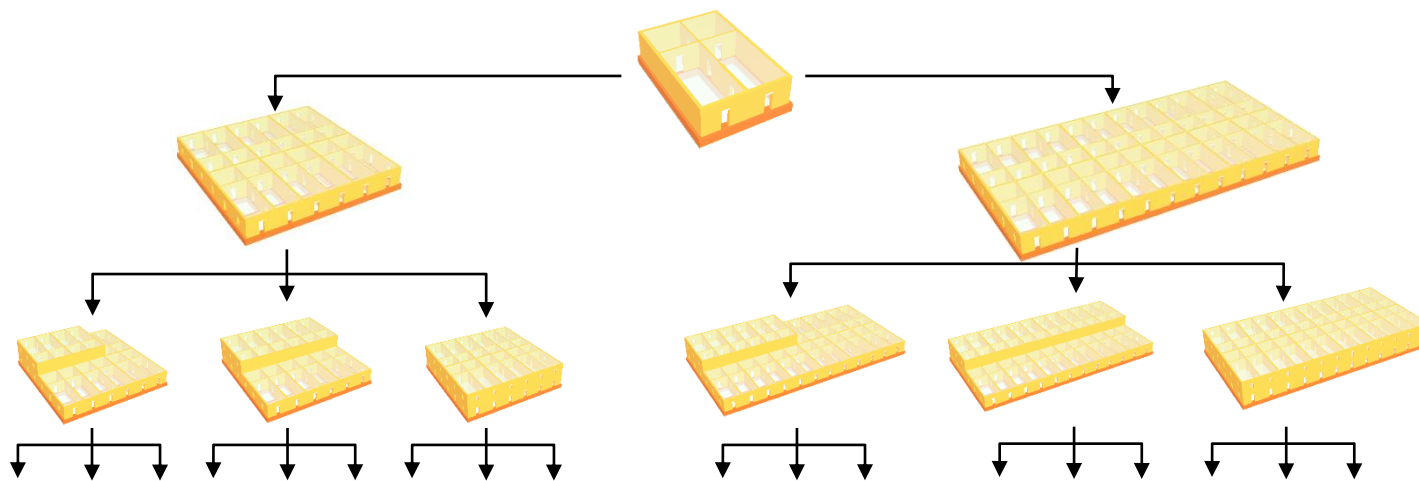
Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Step 3. Generazione automatica modelli numerici e analisi statica non lineare

m PARAMETRI DI INPUT (P_i)	n VALORI NEL RANGE DI VARIAZIONE
P_1	(v_1, \dots, v_m)
P_2	(v_1, \dots, v_n)
P_m	(v_1, \dots, v_n)

$$N_{model} = \prod_{j=1}^n \prod_{i=1}^7 v_j(P_i) P_i$$



Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Step 3. Generazione automatica modelli numerici e analisi statica non lineare

m PARAMETRI DI INPUT (P_i)

P_1
 P_2
 P_m

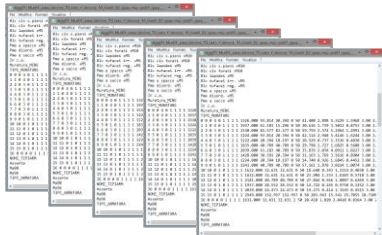
n VALORI NEL RANGE DI VARIAZIONE

(v_1, \dots, v_n)
 (v_1, \dots, v_n)
 (v_1, \dots, v_n)

$$N_{model} = \prod_{j=1}^n \prod_{i=1}^7 v_j(P_i) P_i$$

INPUT

compilazione di N_{model} .TXT files
MODELLI NUMERICI



ANALYSIS

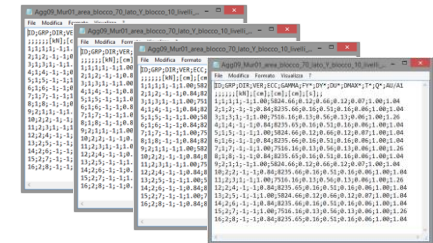
importazione in POR2000
esecuzione analisi pushover



**Interoperabilità
POR2000 + MATLAB**

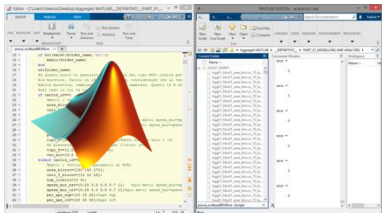
OUTPUT

N_{model} .OUT files
Curve bilineari e rapporti C/D



Routine MATLAB

Generazione automatica modelli numerici
e implementazione in serie delle analisi



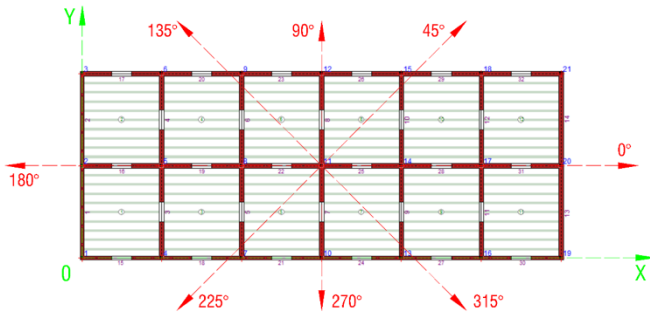
Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Step 4. Raccolta e analisi degli output

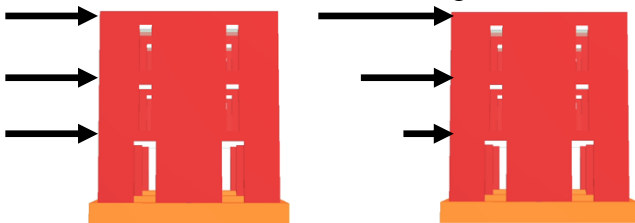
16 ANALISI PER MODELLO
8 direzioni



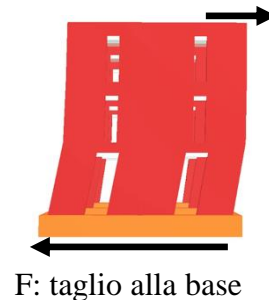
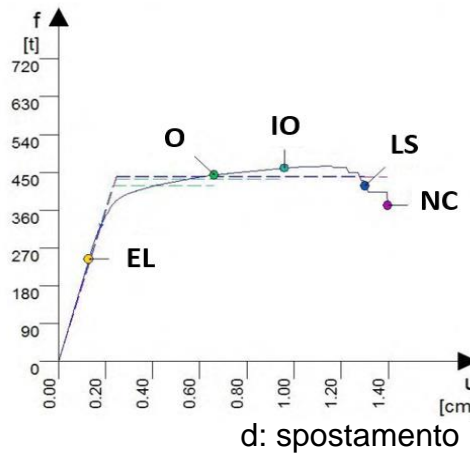
2 profili di carico

uniforme

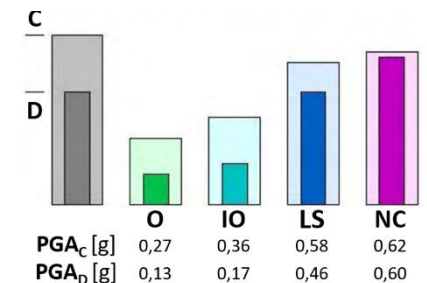
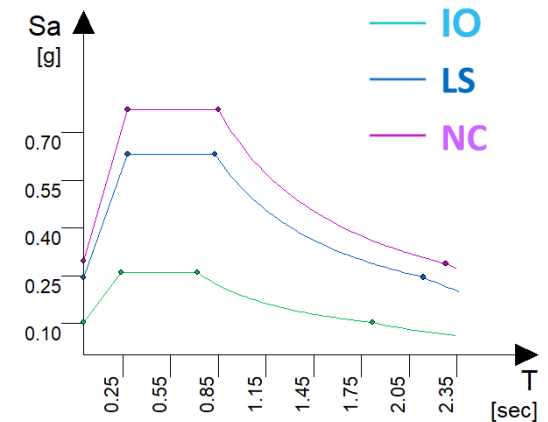
Triangolare inversa



CURVA DI CAPACITÀ MD_oF
BILINEARE SD_oF EQUIVALENTE



RAPPORTO
CAPACITÀ/DOMANDA

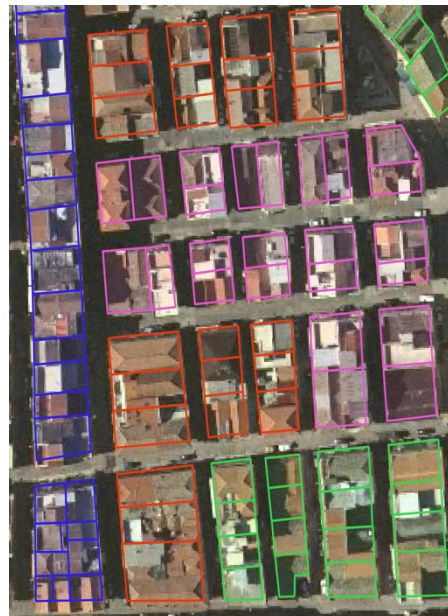
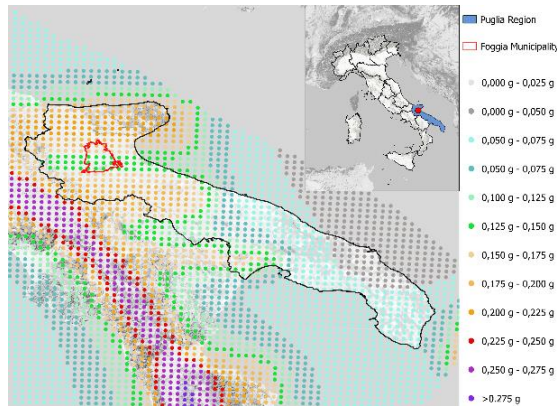


Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Caso studio: Foggia

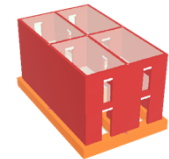


DEFINIZIONE CELLA ELEMENTARE

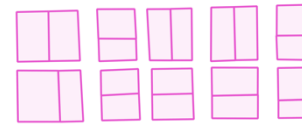
Classi tipologico-strutturali CARTIS

CONFIGURAZIONE IN AGGREGATO

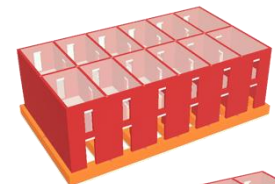
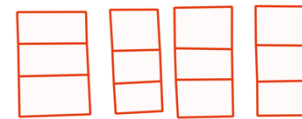
MODELLI NUMERICI



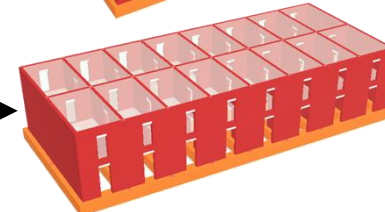
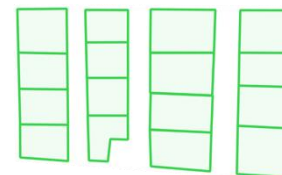
2 UNITÀ STRUTTURALI



3 UNITÀ STRUTTURALI



4 UNITÀ STRUTTURALI



Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

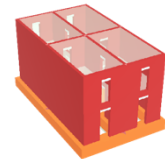
META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Caso studio: Foggia

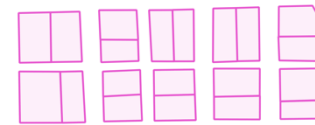
P _i	PARAMETRO	VALORI	
		MUR01	MUR02
P ₁	larghezza	[10 12 15]	
P ₂	area	[70 85 100]	[130 150 170]
P ₃	Numero di piani	[2 3]	[3 4]
P ₄	Spessore muratura	[0.25 0.30 0.50 0.70 1]	
P ₅	Percentuale apertura piani superiori	[10 15 20]	
P ₆	Percentuale apertura piano terra	[20 25 30]	
P ₇	Resistenza media a compressione	[20.41 24.49 28.57 32.65]	
	Resistenza media a trazione	[1.02 1.33 1.63 1.94]	

CARTI	NUMERO UNITÀ STRUTTURALI				
	1	2	3	4	
S					
MUR1	3240	3240	3240	3240	12960
MUR2	3240	3240	3240	3240	12960
NUMERO TOTALE DI MODELLI					25920

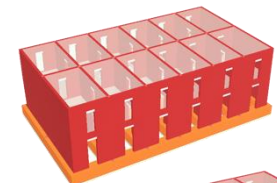
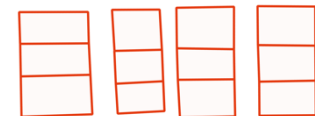
MODELLI NUMERICI



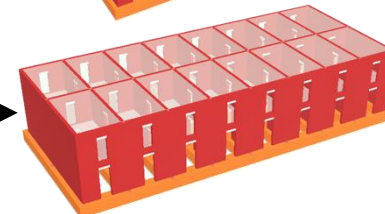
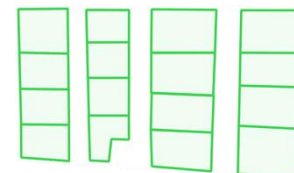
2 UNITÀ STRUTTURALI



3 UNITÀ STRUTTURALI



4 UNITÀ STRUTTURALI

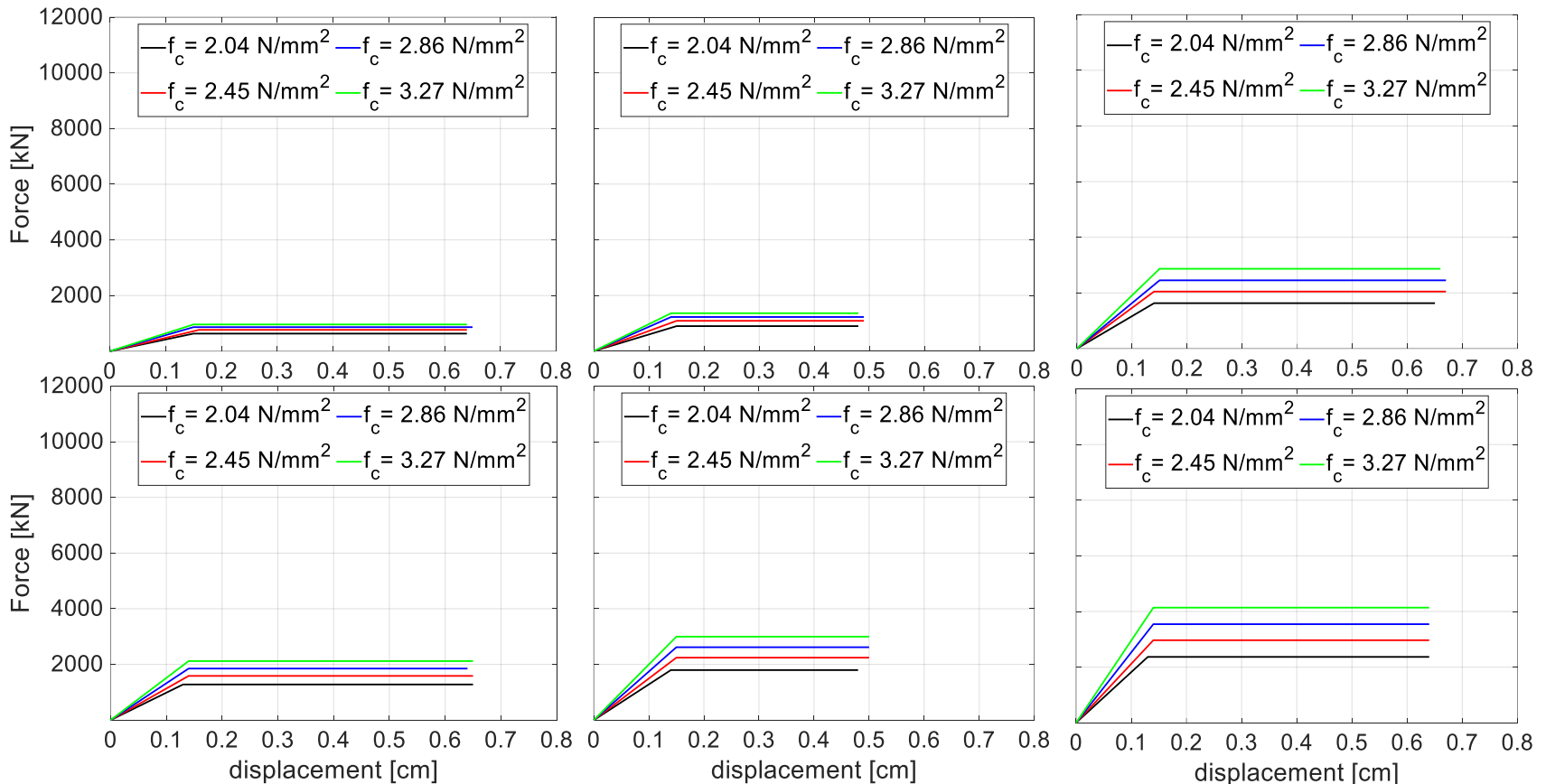


Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Output - Bilineari



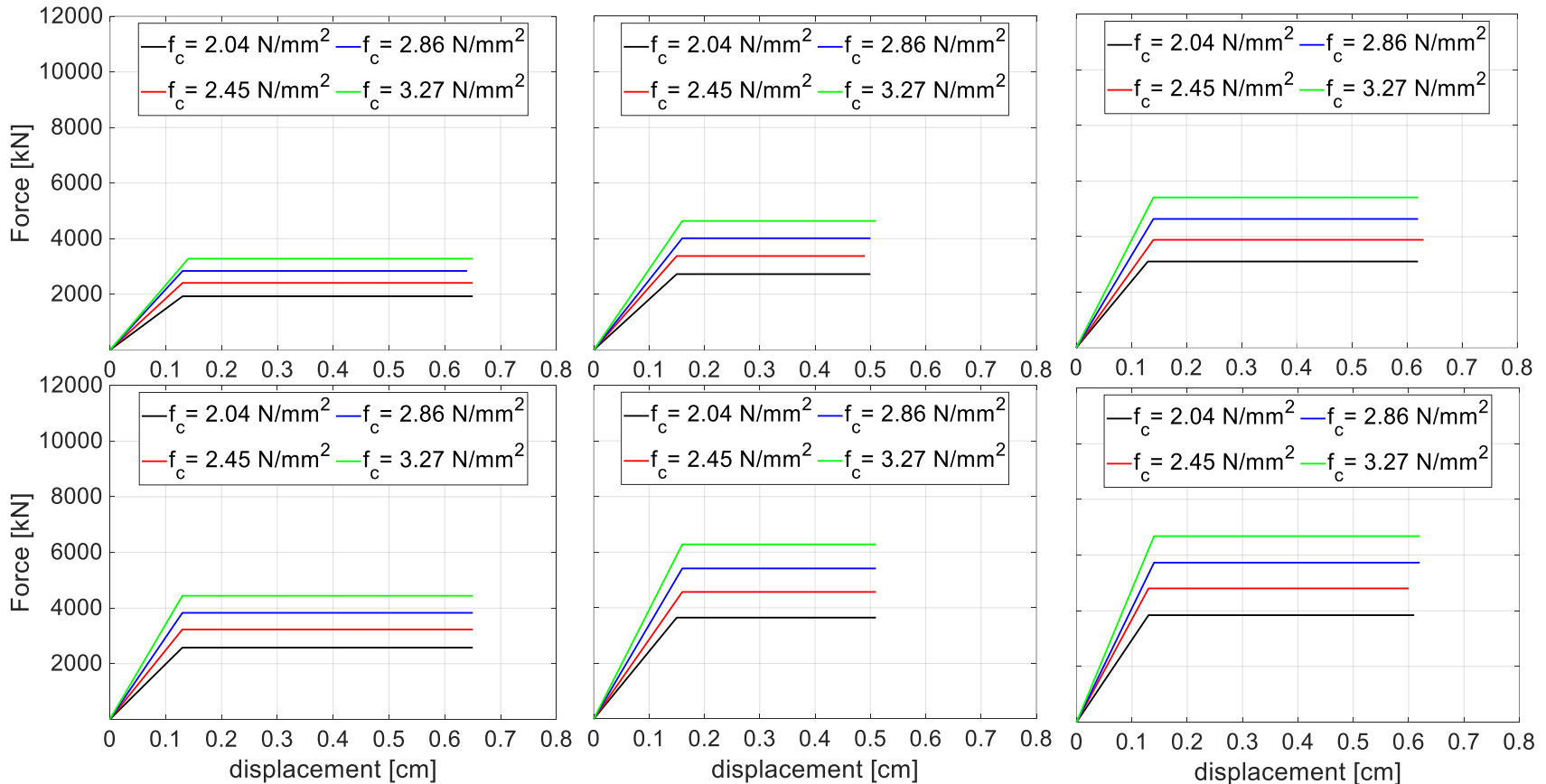
Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Caso studio: Foggia

Output - Bilineari

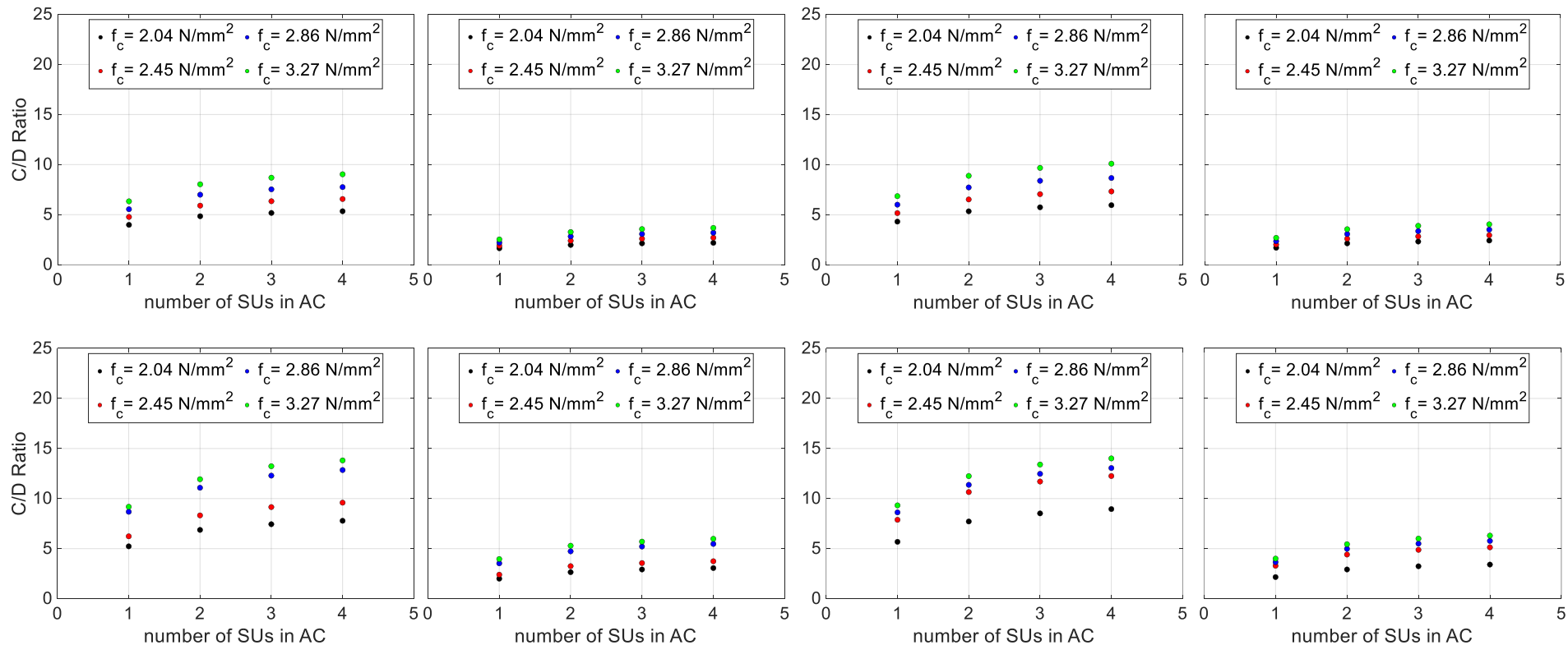


Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Output - rapporti C/D

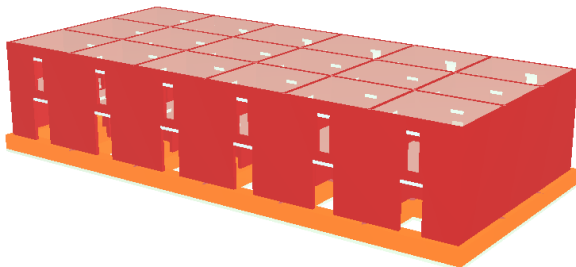


Scala urbana: obiettivi pratici e applicazioni

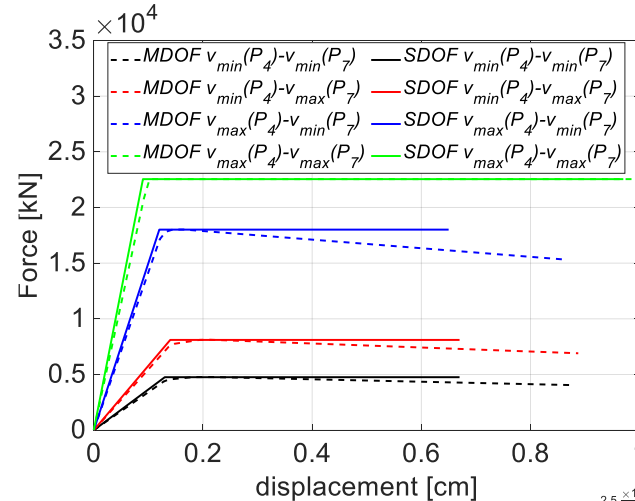
Un metodo diretto semplificato:

META-FORMA: MEchanical-Typological Approach FOR Masonry Aggregates

Applicazione di META-FORMA ad un aggregato reale

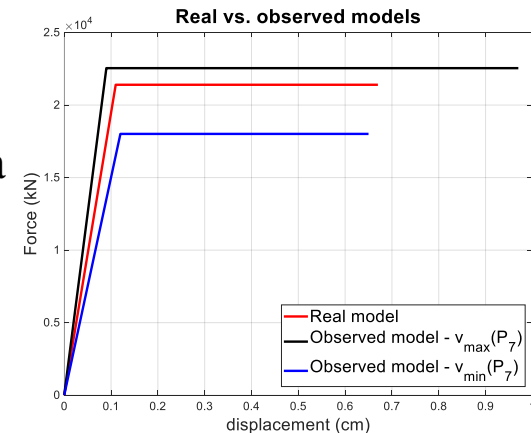


Modello numerico



Analisi Pushover
automatizzata
variando 2 parametri:
1. Resistenza
2. Spessore muri

Conoscendo lo spessore della muratura e la resistenza, si valuta la variabilità del risultato ottenuto:
Accuracy 20%



Riferimenti bibliografici

G. Brando, G. De Matteis, E. Spacone, Predictive model for the seismic vulnerability assessment of small historic centres: Application to the inner Abruzzi Region in Italy, *Engineering Structures* 153 (2017), pp. 81–96, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.013>.

F. Cacace, G. Zuccaro, D. De Gregorio, F.L. Perelli, Building Inventory at National scale by evaluation of seismic vulnerability classes distribution based on Census data analysis: BINC procedure, *International Journal of Disaster Risk Reduction* 28 (2018), pp. 384–393, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.03.016>.

G. Uva, C.A. Sanjust, S. Casolo, M. Mezzina, ANTAEUS Project for the Regional Vulnerability Assessment of the Current Building Stock in Historical Centers, *International Journal of Architectural Heritage* 10(1) (2016), pp. 20–43, <https://doi.org/10.1080/15583058.2014.935983>.

G. Zuccaro, M. Dolce, D. De Gregorio, E. Speranza, C. Moroni, La Scheda Cartis Per La Caratterizzazione Tipologico - Strutturale Dei Comparti Urbani Costituiti Da Edifici Ordinari (The Cartis form for the structural-typological characterization of urban compound constituted by ordinary buildings). *Valutazione dell'esposizione in analisi di rischio sismico*, 34 Convegno Nazionale GNGTS, Trieste, (2015), pp. 281–287, <https://scholar.google.com/> (accessed June 15, 2021, in Italian).

M. Indirli, Organization of a geographic information system (GIS) database on natural hazards and structural vulnerability for the historic center of San Giuliano di Puglia (Italy) and the city of Valparaiso (Chile), *International Journal of Architectural Heritage* 3(4) (2009), pp. 276–315. <https://doi.org/10.1080/15583050902803780>.

L. Pelà, New Trends and Challenges in Large-Scale and Urban Assessment of Seismic Risk in Historical Centres, *International Journal of Architectural Heritage* 12(7–8) (2018), pp. 1051–1054, <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1520858>.

I. Senaldi, G. Magenes, A. Penna, Numerical investigations on the seismic response of masonry building aggregates, *Advanced Materials Research* 133–134 (2010), pp. 715–720. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.133-134.715>.

Riferimenti bibliografici

A. Shabani, M. Kioumarsi, M. Zucconi, State of the art of simplified analytical methods for seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings, *Engineering Structures* 239 (2021), pp. 112280, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112280>.

L.F. Ramos, P.B. Lourenço, Modeling and vulnerability of historical city centers in seismic areas: A case study in Lisbon, *Engineering Structures* 26(9) (2004), pp. 1295–1310, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.04.008>.

C. Fagundes, R. Bento, S. Cattari, On the seismic response of buildings in aggregate: Analysis of a typical masonry building from Azores, *Structures* 10 (2017), pp. 184–196, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2016.09.010>.

S. Casolo, C.A. Sanjust, V. Diana, (2017) Seismic modelling and analysis of masonry building in aggregate: A case study, *COMPDYN 2017 - Proceedings of the 6th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 1, (2017), pp. 2619–2638, <https://doi.org/10.7712/120117.5593.18376>.

M. Valente, G. Milani, E. Grande, A. Formisano, Historical masonry building aggregates: advanced numerical insight for an effective seismic assessment on two row housing compounds, *Engineering Structures* 190 (2019), pp. 360–379, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.04.025>.

N. Grillanda, M. Valente, G. Milani, A. Chiozzi, A. Tralli, Advanced numerical strategies for seismic assessment of historical masonry aggregates, *Engineering Structures* 212 (2020), pp. 110441, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110441>.

N. Grillanda, M. Valente, G. Milani, ANUB-Aggregates: a fully automatic NURBS-based software for advanced local failure analyses of historical masonry aggregates, *Bulletin of Earthquake Engineering* 18(8) (2020), pp. 3935–3961, <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00848-6>.

L. Gambarotta, S. Lagomarsino, Damage models for the seismic response of brick masonry shear walls. Part I: The mortar joint model and its applications, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 26(4) (1997), pp. 423–439, [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9845\(199704\)26:4<423::aid-eqe650>3.0.co;2-%23](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9845(199704)26:4<423::aid-eqe650>3.0.co;2-%23).

Riferimenti bibliografici

L.C. Pagnini, R. Vicente, S. Lagomarsino, H. Varum, A mechanical model for the seismic vulnerability assessment of old masonry buildings, *Earthquake and Structures* 2(1) (2011), pp. 25–42, <https://doi.org/10.12989/eas.2011.2.1.025>.

A. Formisano, Theoretical and Numerical Seismic Analysis of Masonry Building Aggregates: Case Studies in San Pio Delle Camere (L'Aquila, Italy), *Journal of Earthquake Engineering* 21(2) (2017), pp.227–245, <https://doi.org/10.1080/13632469.2016.1172376>.

Ministero dei Beni e delle Attività Culturali, Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, (2010), <https://soprintendenzapisalivorno.beniculturali.it/wp-content/uploads/2019/08/Linee-guida-rischio-sismico.pdf> (in Italian).

Formisano A., Florio G., Landolfo R., Mazzolani F.M., Numerical calibration of an easy method for seismic behaviour assessment on large scale of masonry building aggregates, *Advances in Engineering Software* 80(C) (2015), pp. 116–138, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2014.09.013>.

G. Chiumiento, A. Formisano, Simplified and refined analyses for seismic investigation of historical masonry clusters: Comparison of results and influence of the structural units position, *Frontiers in Built Environment* 5 (2019), pp. 84, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00084>.

N. Chieffo, A. Formisano, Comparative Seismic Assessment Methods for Masonry Building Aggregates: A Case Study, *Frontiers in Built Environment* 5 (2019), pp. 123, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00123>.

R. Maio, R. Vicente, A. Formisano, H. Varum, R. Maio, Seismic vulnerability of building aggregates through hybrid and indirect assessment techniques, *Bulletin of Earthquake Engineering* 13(10) (2015), pp. 2995–3014, <https://doi.org/10.1007/s10518-015-9747-9>.

L. Battaglia, N. Buratti, M. Savoia, Seismic fragility assessment of masonry structural units and masonry aggregates, 13th North American Masonry Conference, (2018), pp. 1873–1887, <http://dx.doi.org/10.1201/9781003098508-129>.

Riferimenti bibliografici

L. Battaglia, T.M. Ferreira, P.B. Lourenço, Seismic fragility assessment of masonry building aggregates: A case study in the old city Centre of Seixal, Portugal, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 50(5) (2021), pp. 1358–1377, <https://doi.org/10.1002/eqe.3405>.

A. Greco, G. Lombardo, B. Panto, A. Fama, Seismic Vulnerability of Historical Masonry Aggregate Buildings in Oriental Sicily, *International Journal of Architectural Heritage* 14(4) (2020), pp. 517–540, <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1553075>.

G. Cocco G., A. D'Aloisio, E. Spacone, G. Brando, Seismic vulnerability of buildings in historic centers: From the “urban” to the “aggregate” scale, *Frontiers in Built Environment* 5 (2019), pp. 78, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00078>.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”, 2018, (in Italian), <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2018/02/20/42/so/8/sg/pdf>.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”, (2019), (in Italian), <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/02/11/19A00855/sg>.

ReLUIS, Linee guida per il rilievo, l’analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato, 3, (2010), pp. 105, (in Italian), http://www.reluis.it/images/stories/LG_aggregati_ver1.pdf.

A. Bilotta, R. Casciaro, Assumed stress formulation of high order quadrilateral elements with an improved in-plane bending behaviour, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 191(15–16) (2002) 1523-1540, [https://doi.org/10.1016/S0045-7825\(01\)00334-6](https://doi.org/10.1016/S0045-7825(01)00334-6).

Riferimenti bibliografici

- S. Brasile, R. Casciaro, G. Formica, Finite Element formulation for nonlinear analysis of masonry walls, *Computers & Structures* 88(3–4) (2010), pp. 135–143, <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2009.08.006>.
- M. Tomazevic, The computer program POR, Report ZRMK, Ljubljana, (1978), <https://scholar.google.com/> (accessed June 15, 2021, in Slovenian).
- E. Riks, An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems, *International Journal of Solids and Structures* 15(7) (1979), pp. 529–551, [https://doi.org/10.1016/0020-7683\(79\)90081-7](https://doi.org/10.1016/0020-7683(79)90081-7).
- V. Leggieri, S. Ruggieri, G. Zagari, G. Uva, Appraising seismic vulnerability of masonry aggregates through an automated mechanical-typological approach. *Automation in Construction* (2021) <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103972>



SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE.

***STATI GENERALI
DELLA MURATURA***