

edilportale[®]

TOUR 2017

Ristrutturazione, riqualificazione
energetica, comfort abitativo,
adeguamento antisismico, BIM



Roofingreen

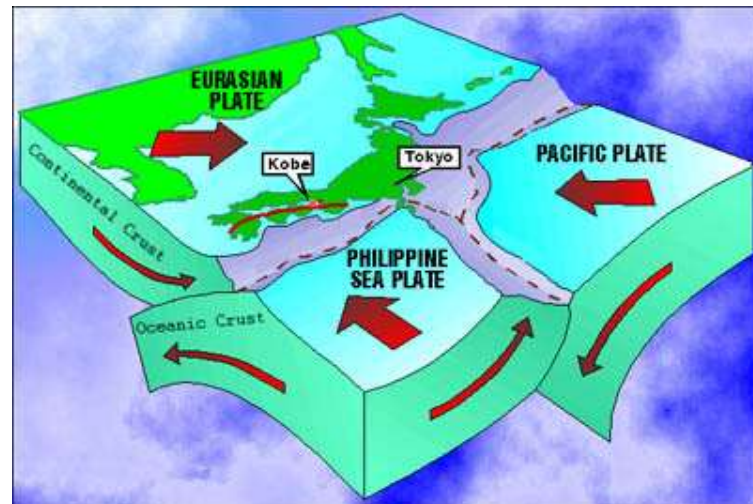


Brescia, 17 Maggio 2017

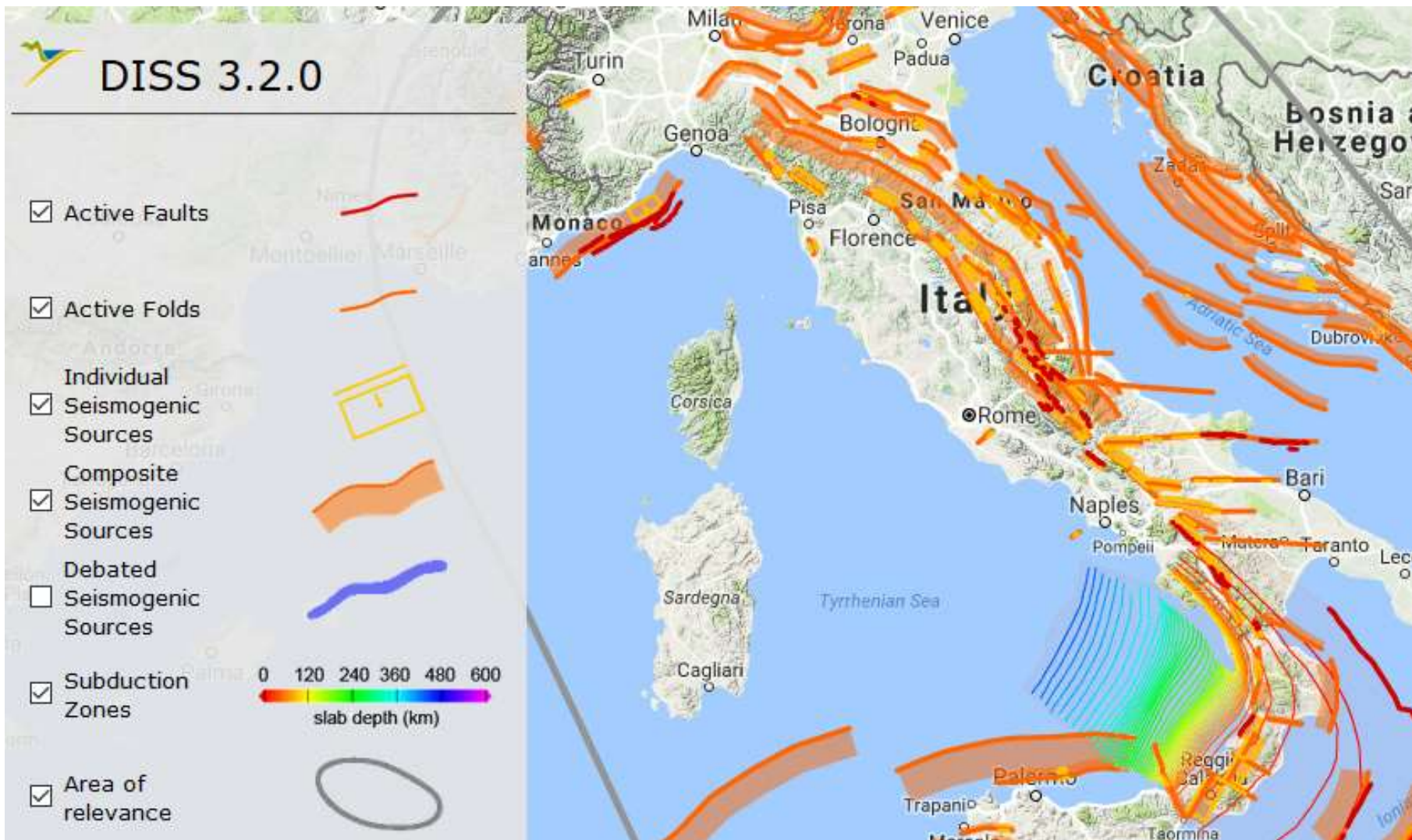
Riqualificazione del costruito

Giovanni Plizzari (giovanni.plizzari@unibs.it)

Mappa sismica

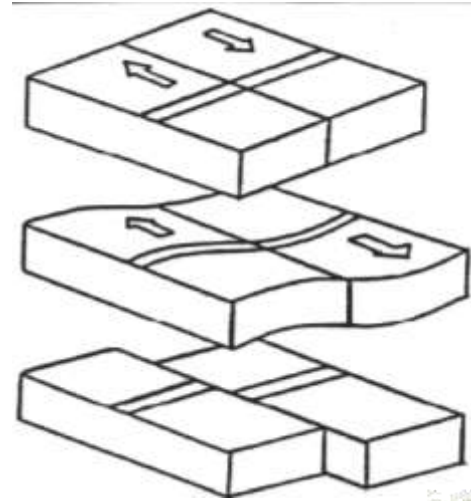


Mappa sismica

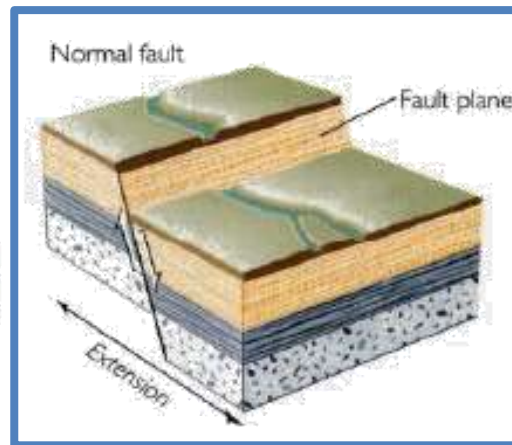


Natura del terremoto

I terremoti sono causati dal rilascio di energia elastica accumulata nel terreno a causa delle deformazioni della crosta terrestre.



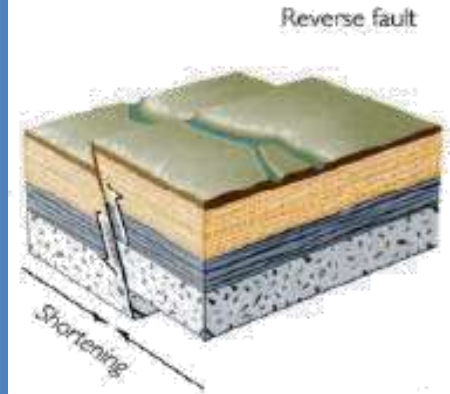
BEFORE FAULTING



Normal fault

Fault plane

Extension



Reverse fault

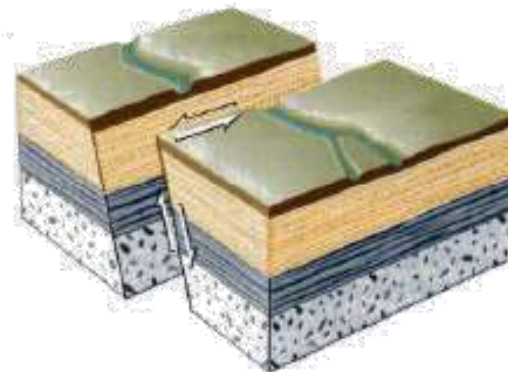
Shortening

DIP-SLIP FAULTS

Left-lateral fault



STRIKE-SLIP FAULT

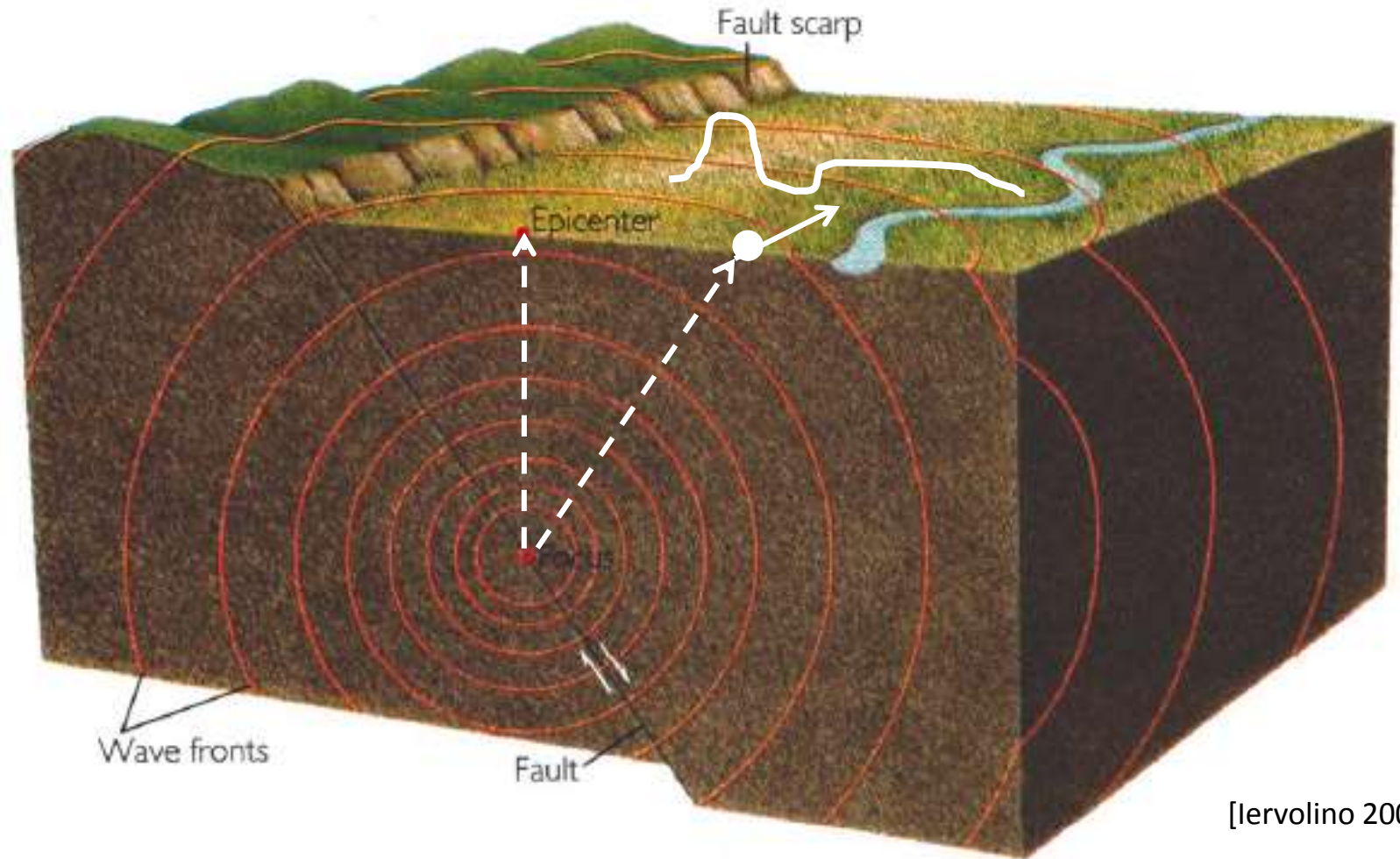


OBLIQUE-SLIP FAULT

[Iervolino 2009]

Types of faults.

Natura del terremoto



La natura degli strati profondi e superficiali del terreno filtra il terremoto → PGA nel punto del sismografo va trasferita al sito della costruzione PGA' → ... da qui si passa all'edificio

Terremoto nell'Italia Centrale



Terremoto nell'Italia Centrale



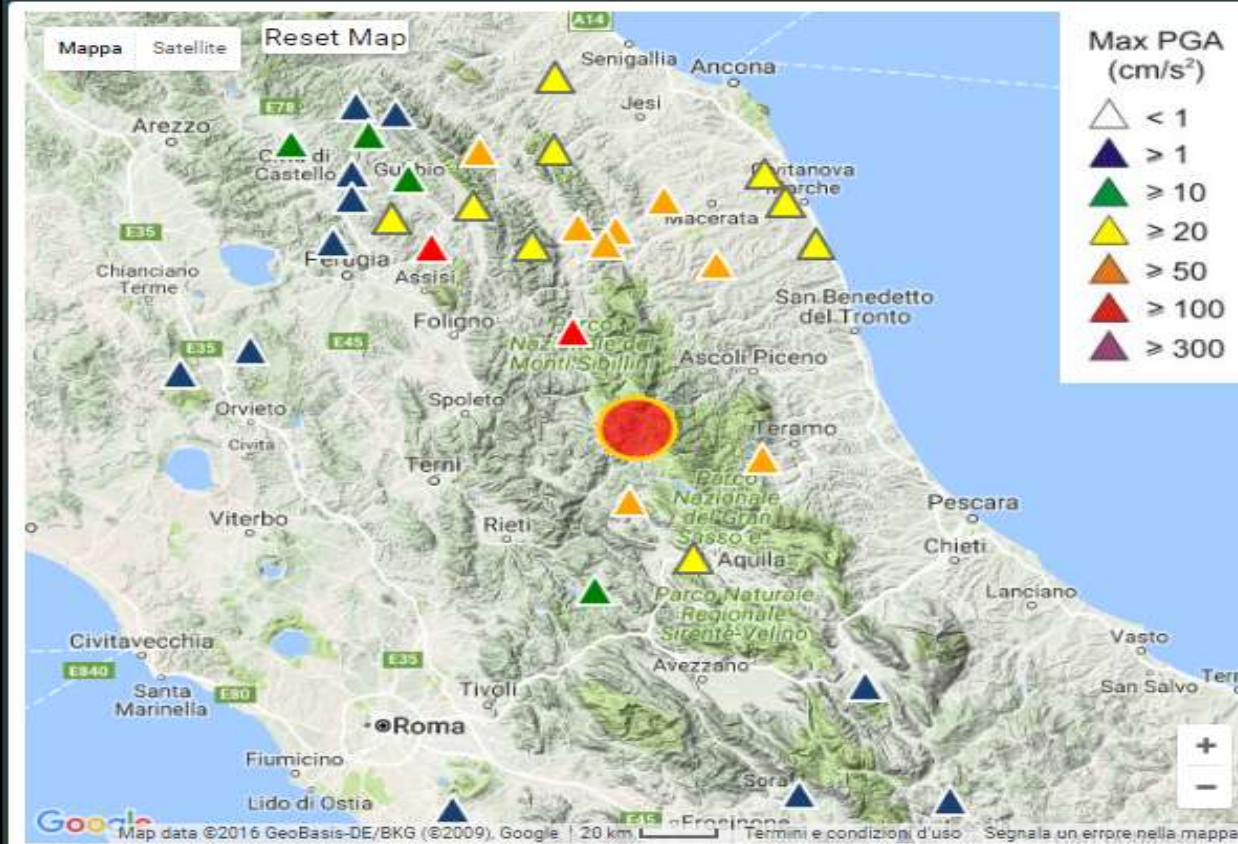
Terremoto nell'Italia Centrale



Terremoto del 24 Agosto 2016 - Mw6.0

Region: Rieti | Origin Time: 2016-08-24 01:36:32 (UTC)

ISMD Automatic Results (Publication: 2016-11-10 11:46:54)



LOCATION from INGV CNT	
Date and Time (UTC)	2016-08-24 01:36:32
Longitude[E]	13.238
Latitude[N]	42.704
Depth[km]	4.2
Mag	6.0
Region	Rieti

Ground Motion Evaluation

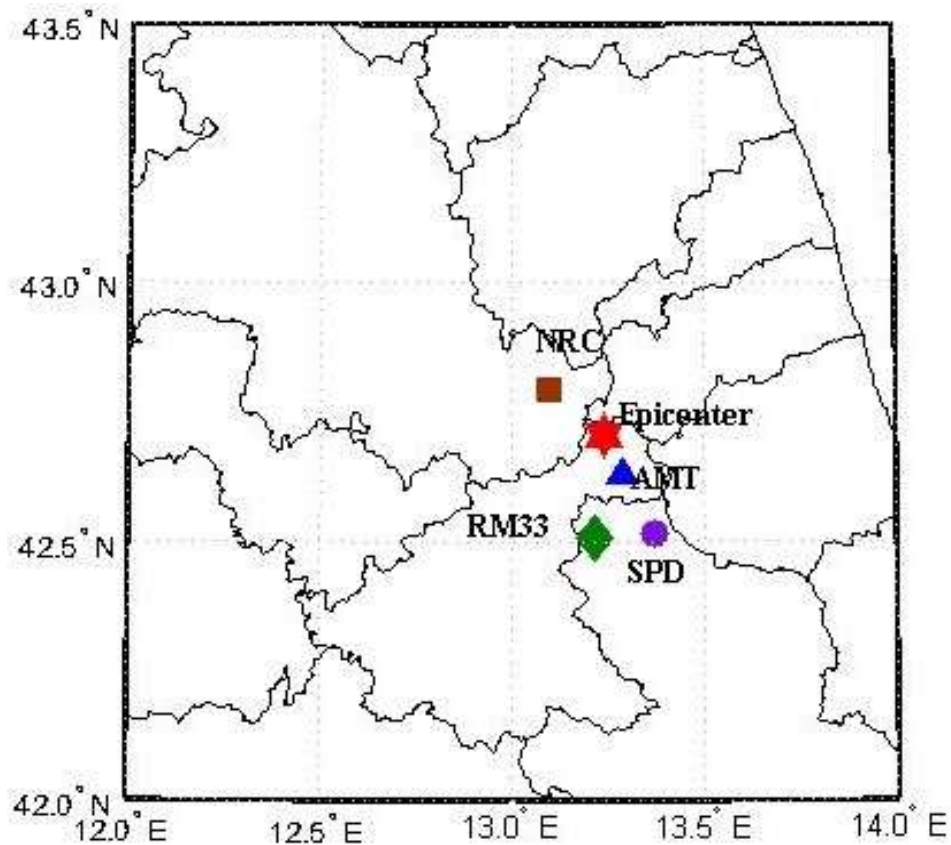
Single Station Analyses

Select the elaboration to visualize

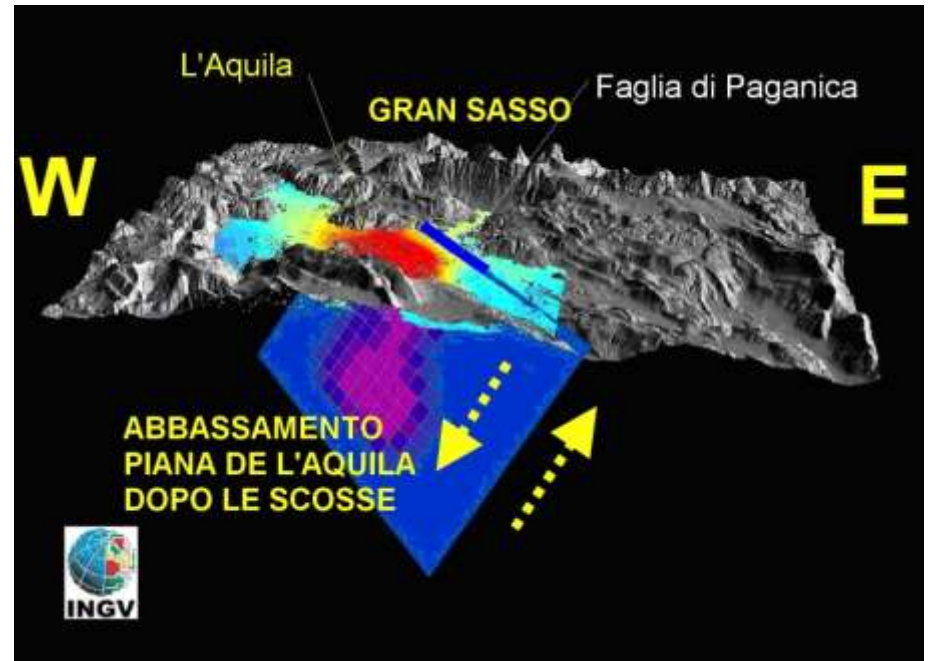
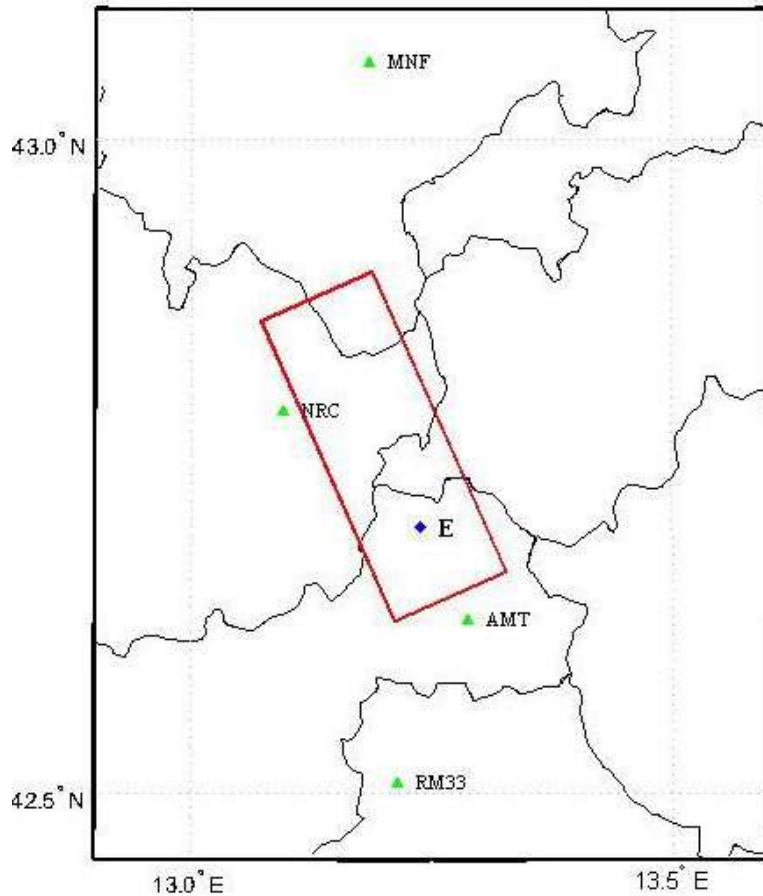
Select the Station

Other from National Earthquake Center

**TO DOWNLOAD SAC & ASCII DATA
REGISTER and/or LOGIN**

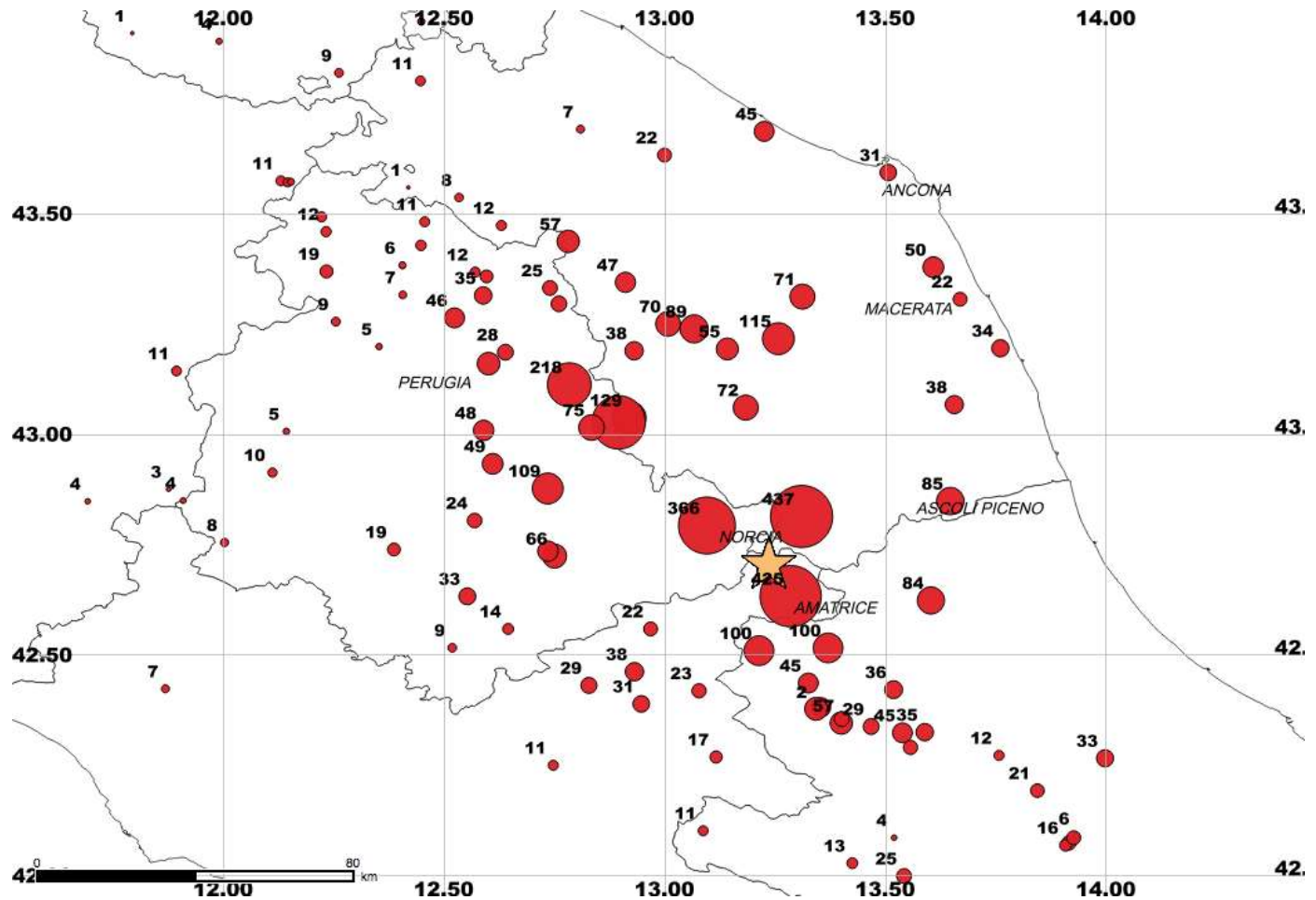


- 24 Agosto 2016: terremoto di Mw 6.0 - 6.2
- Classificazione sismica: “Il Categoria” Amatrice 1927; Norcia 1962



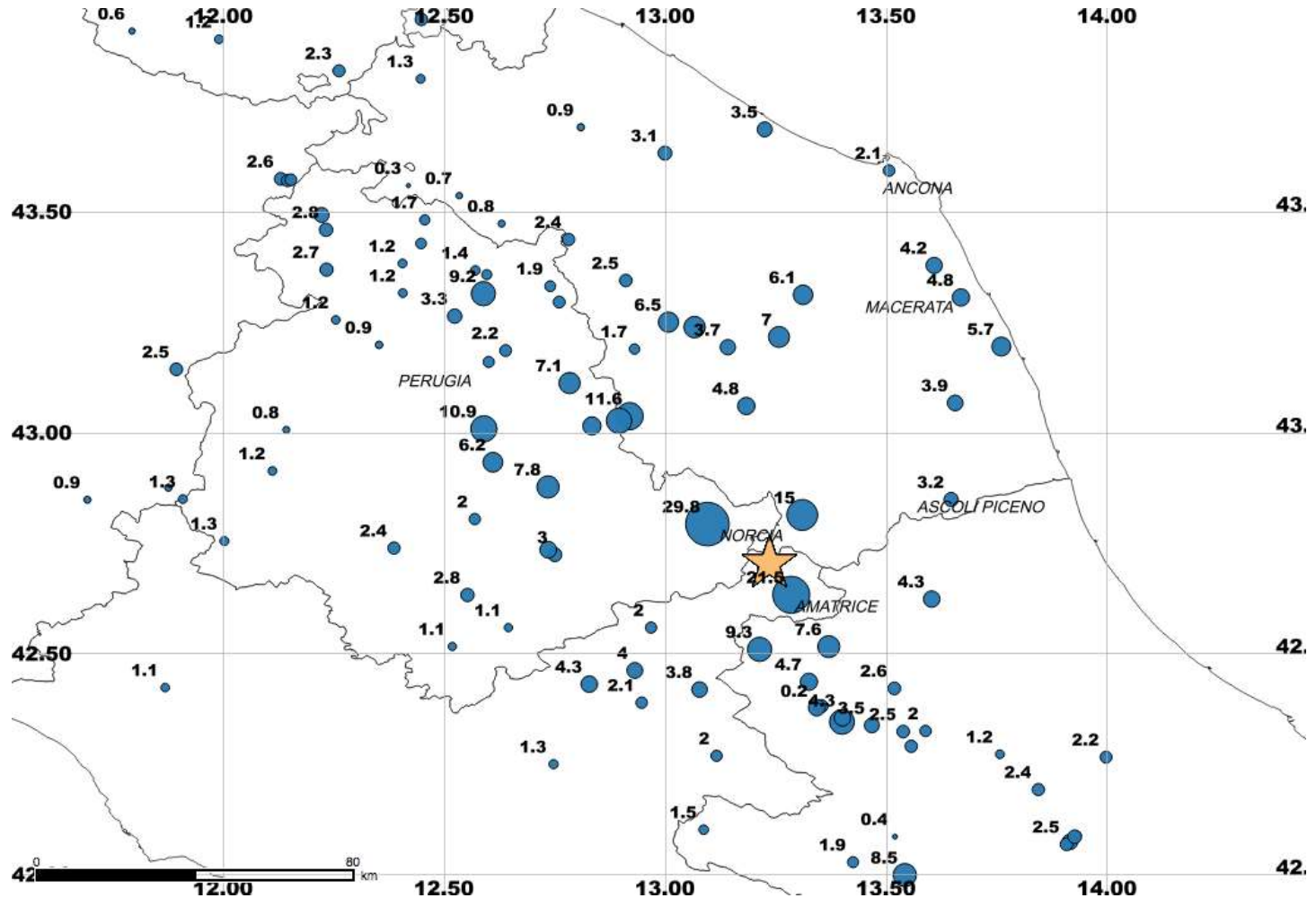
- **24 Agosto 2016: terremoto di Mw 6.0 - 6.2**
- **Classificazione sismica: “Il Categoria” Amatrice 1927; Norcia 1962**

- **PEAK GROUND ACCELERATION – PGA [cm/s²]**
(max componente orizzontale)



Source: Preliminary study of Rieti Earthquake ground data V5, DIST, INGV, CNR/ITC, Reluis

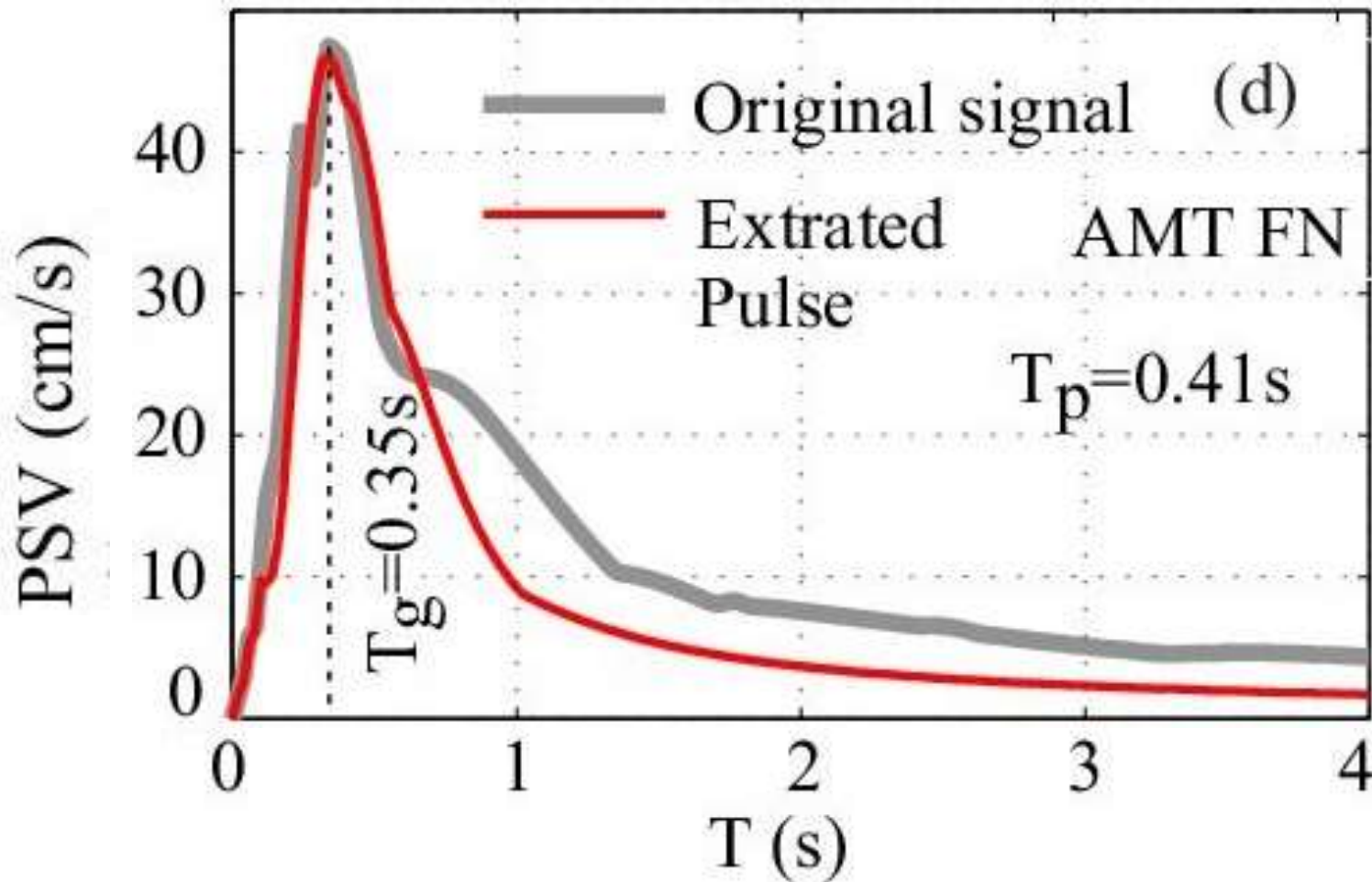
- PEAK GROUND VELOCITY – PGV [cm/s]
(max componente orizzontale)



Source: Preliminary study of Rieti Earthquake ground data V5, DIST, INGV, CNR/ITC, Reluis

- **GROUND MOTION DATA/ PULSE-LIKE**

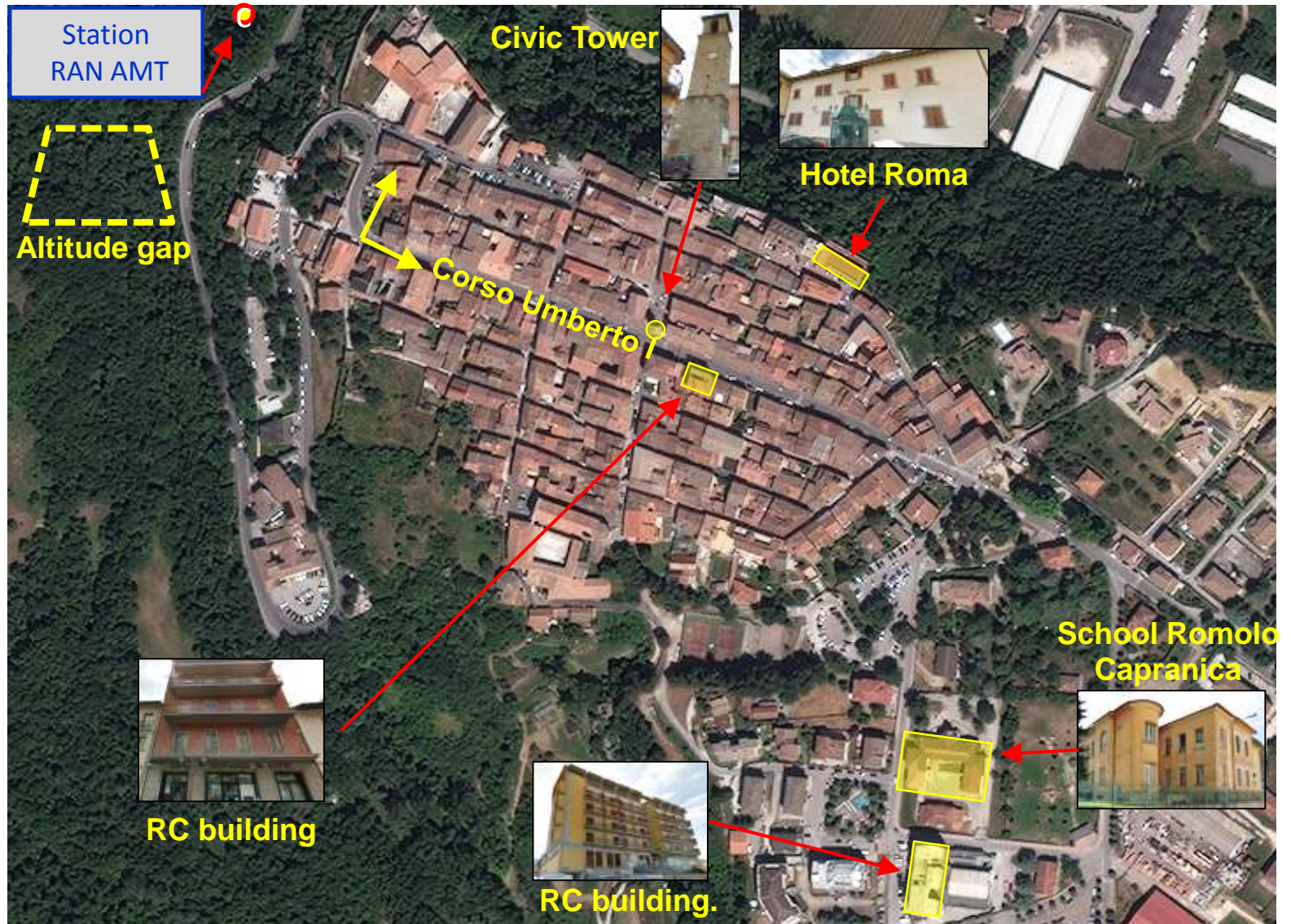
AMATRICE (distance: 8,9 km)



Source: Courtesy of Iunio Iervolino, Dist

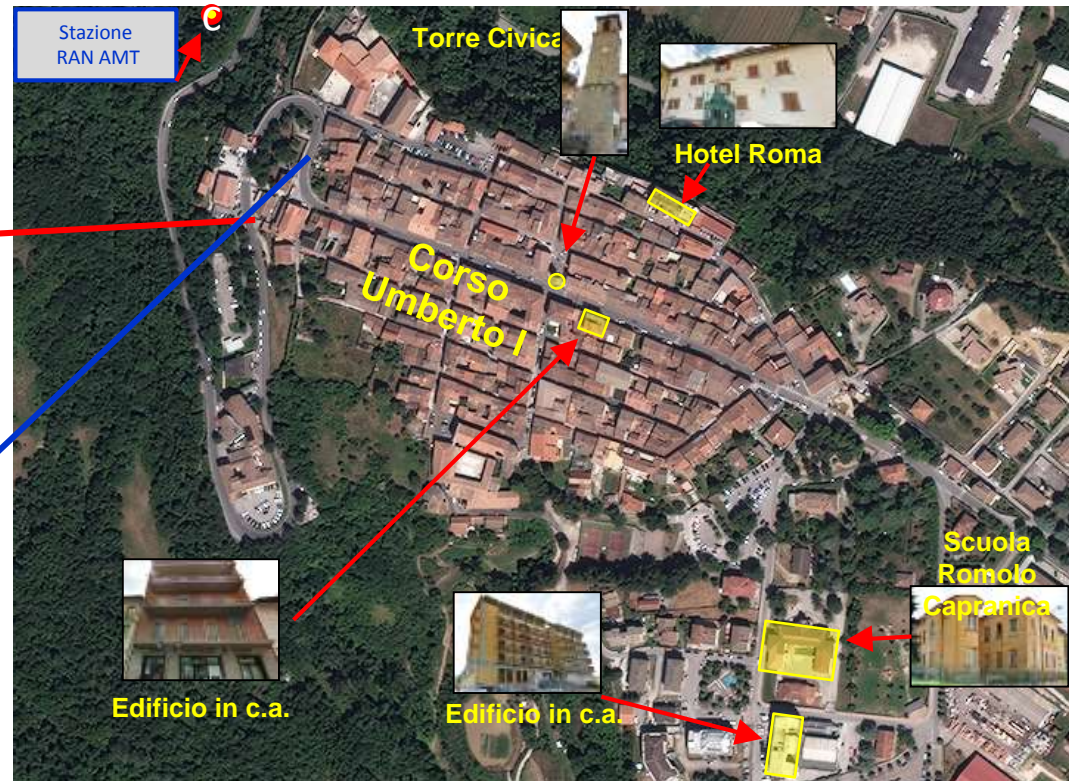
Main features of Amatrice municipality

Parallel and normal direction with reference to Corso Umberto I



Danni osservati nel Comune di Amatrice

Danni alla cinta muraria Danni alla strada



Danni osservati nel Comune di Amatrice

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



• PRIMA

Amatrice (2016)

Danni osservati nel Comune di Amatrice

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA

- PRIMA DI *Amatrice (2016)*



PORZIONE EDIFICIO
IN MURATURA

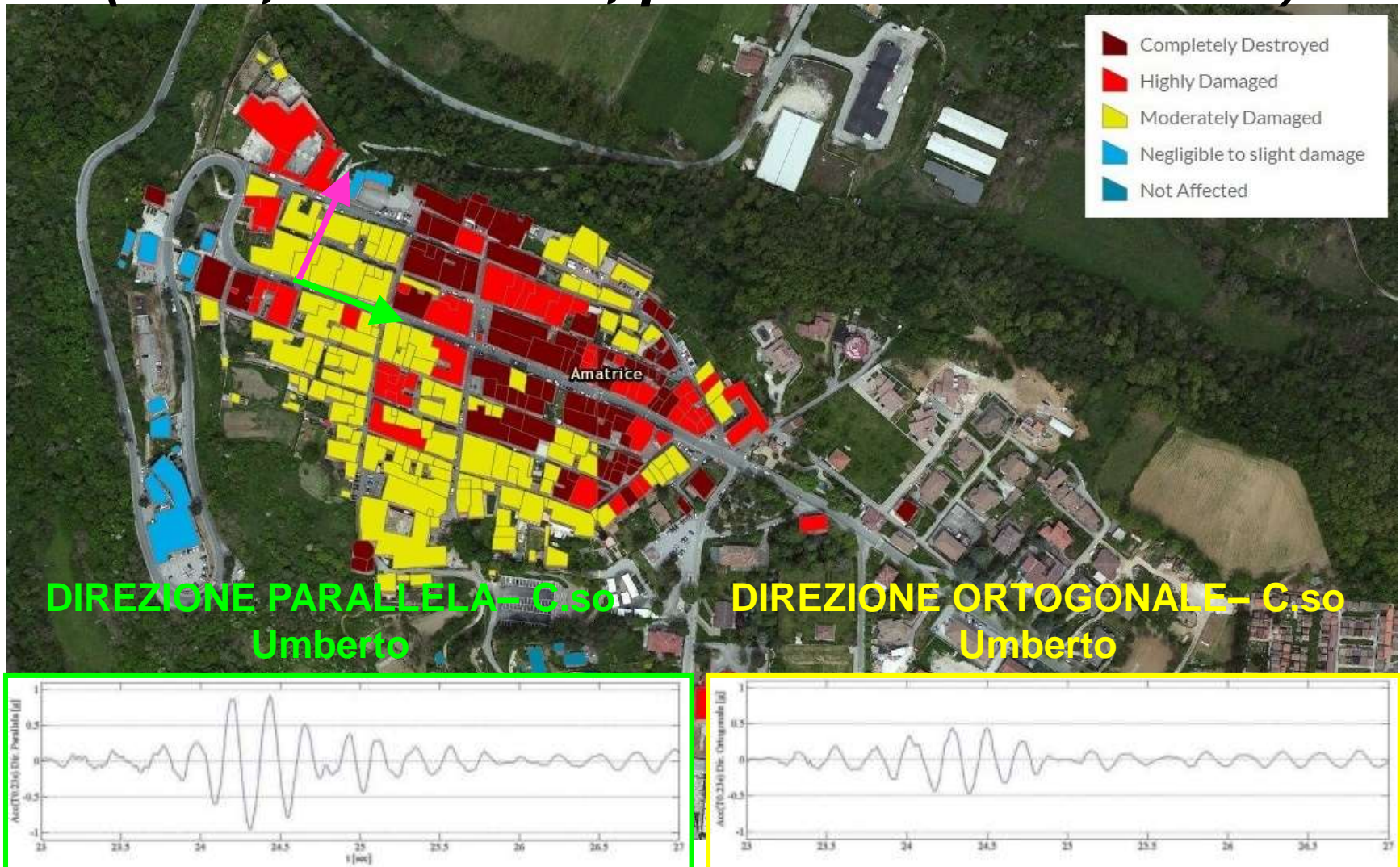
PORZIONE EDIFICIO IN C.A.

- AFTER *Amatrice (2016)*



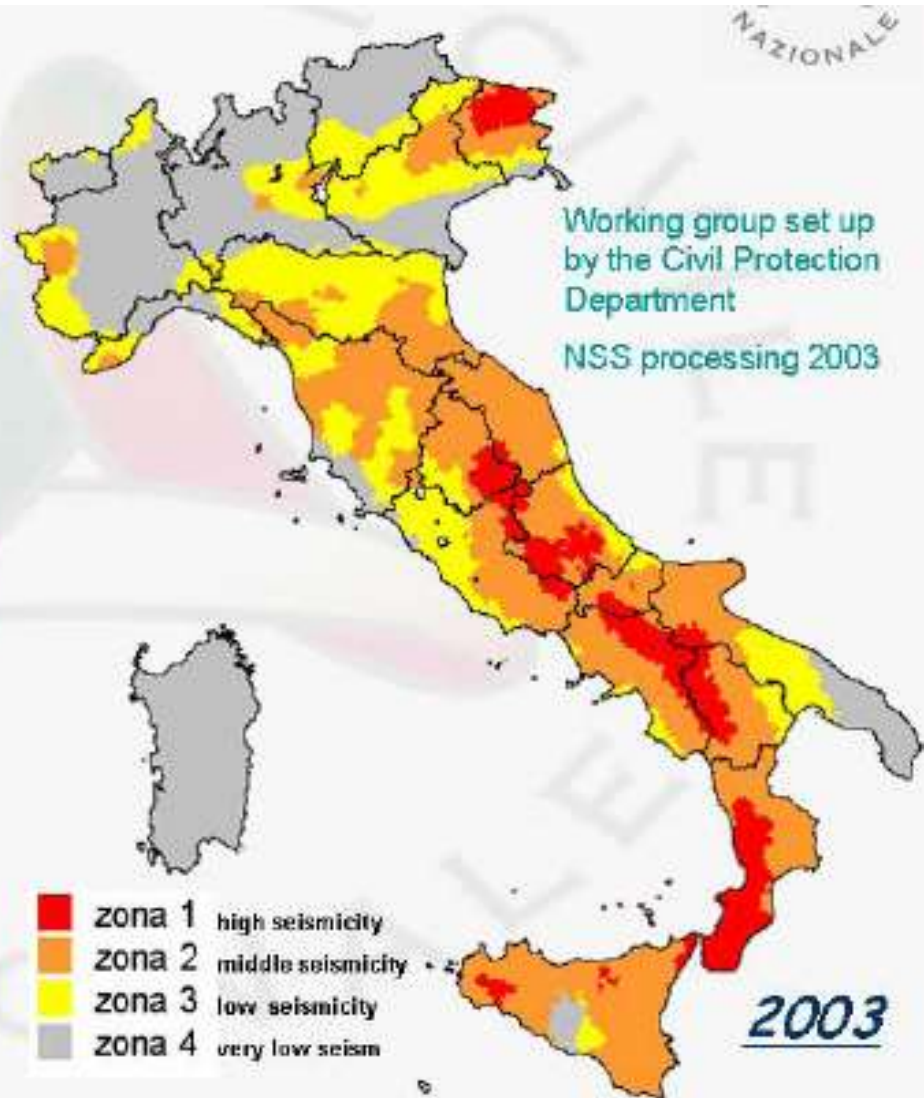
Danni osservati nel Comune di Amatrice

**Accelerogramma per direzioni parallela e ortogonale al Corso Umberto I
($T = 0,23$ seconds, picco di accelerazione)**

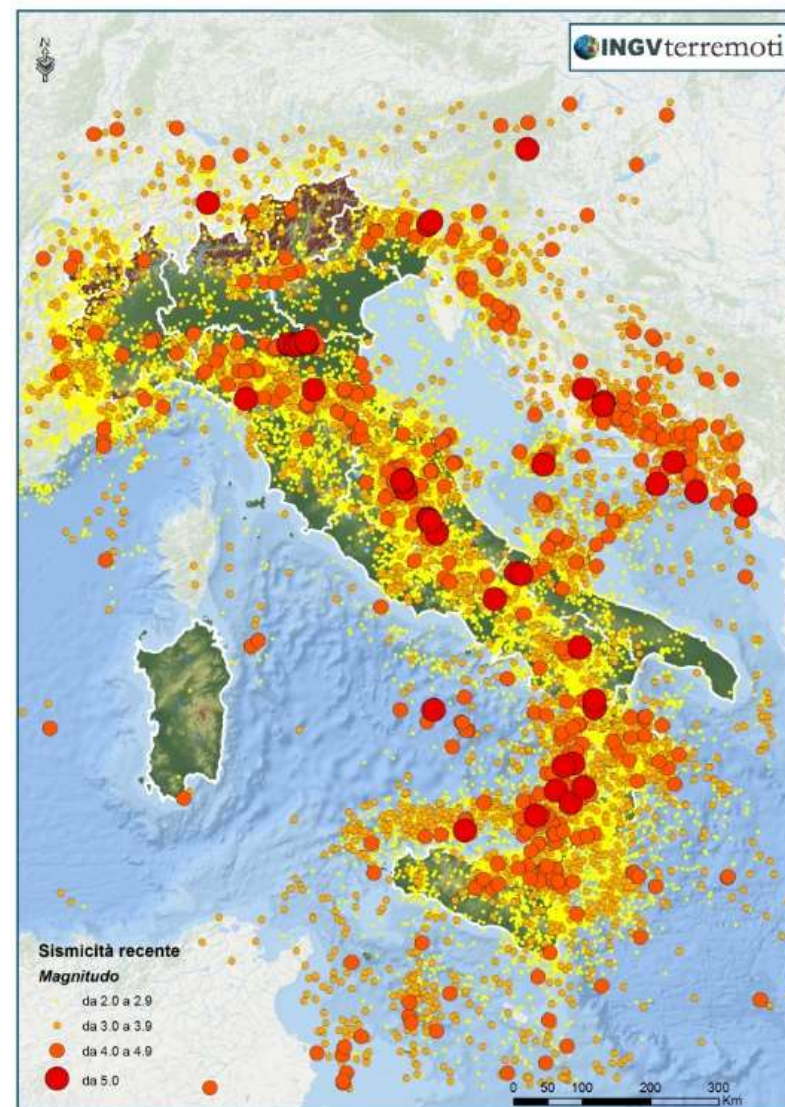
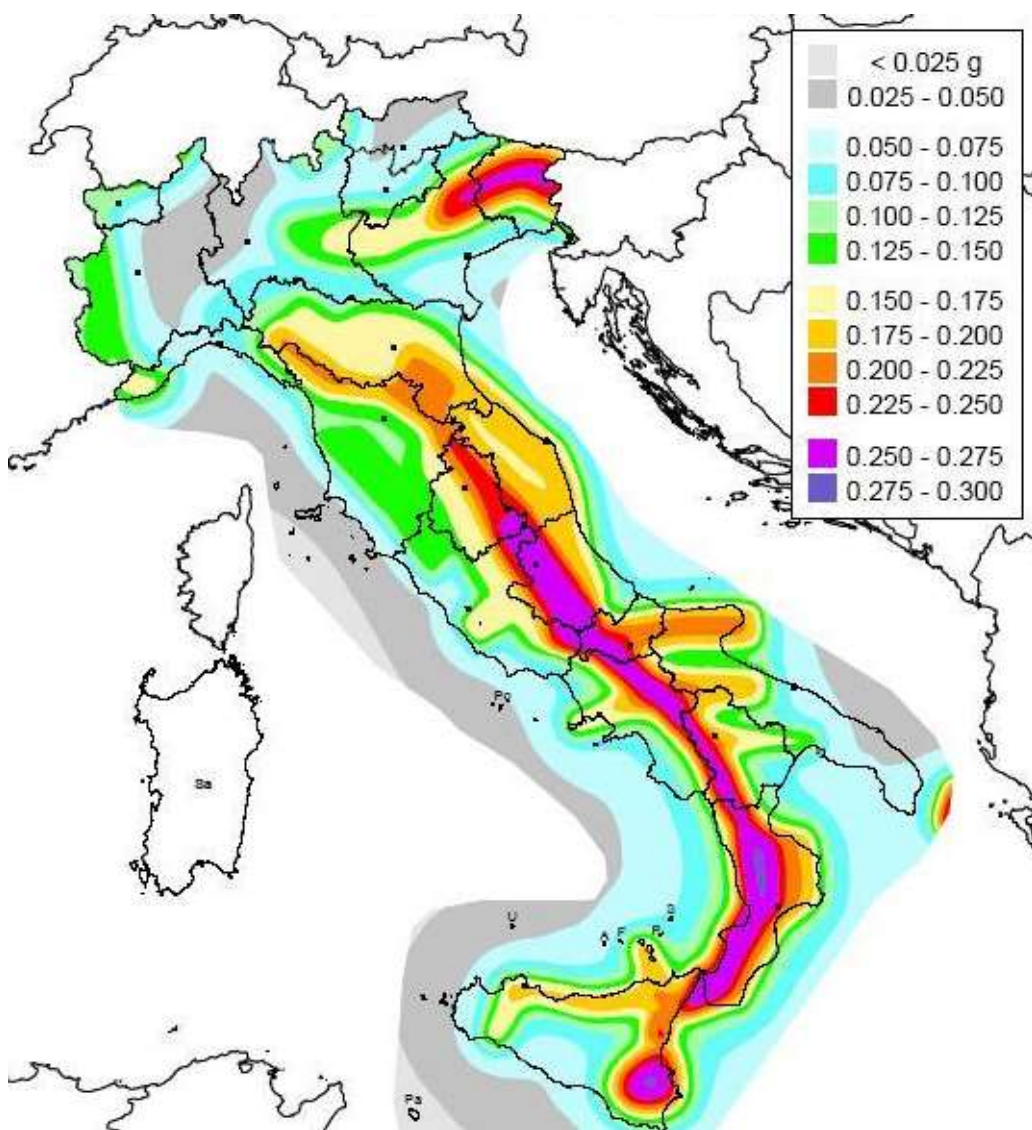


Sismicità storica

New seismic zoning and building code



Sismicità recente



Sismicità in Lombardia



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

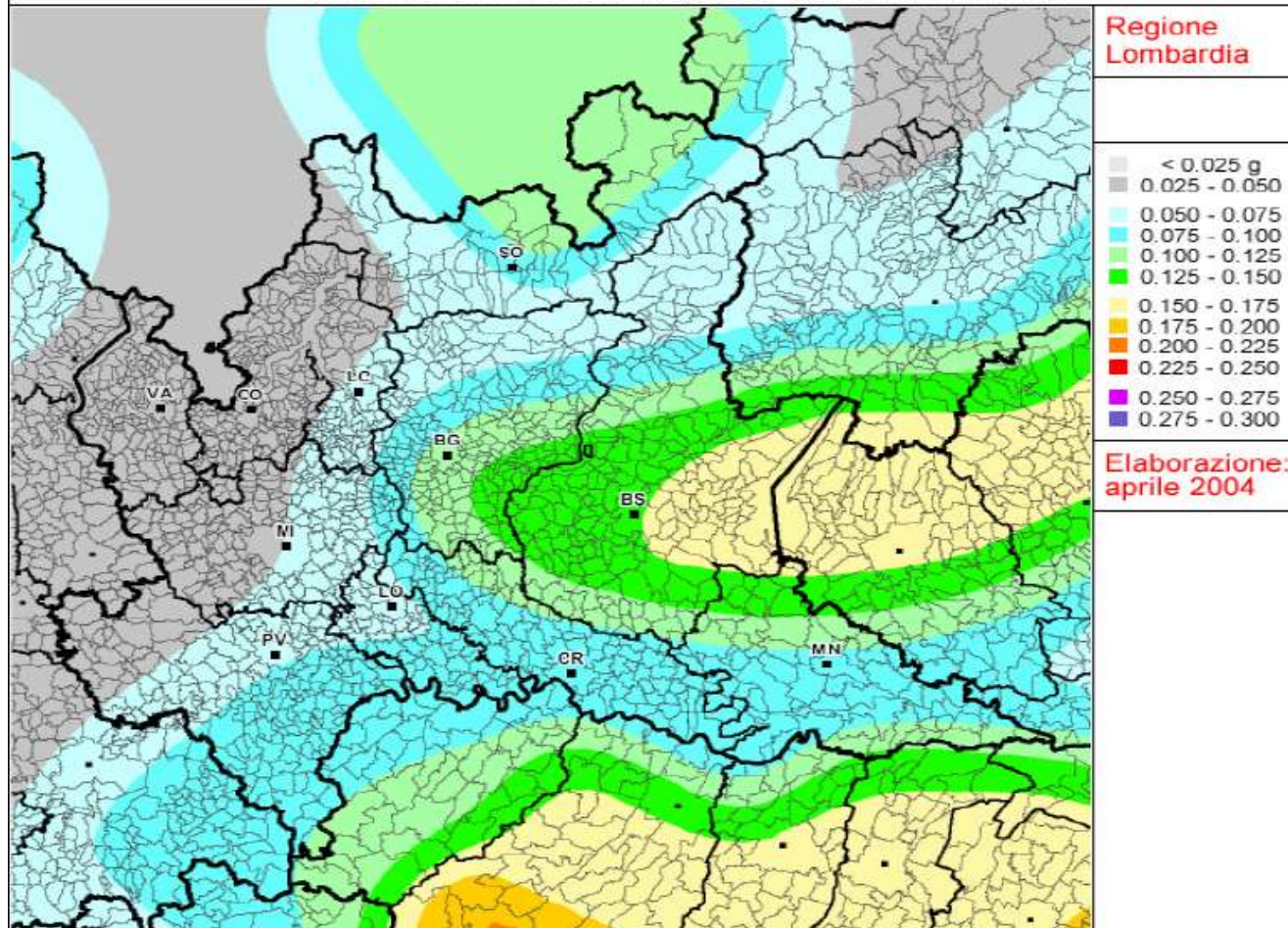
Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274, All.1)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max})

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, All.2, 3.1)



Classificazione sismica dei capoluoghi di provincia in Lombardia

Comune Capoluogo	Classificazione sismica 2003	Classificazione sismica 2014
Bergamo	3	3
Brescia	3	2
Como	4	4
Cremona	4	3
Lecco	4	3
Lodi	4	3
Monza	4	3
Mantova	4	3
Milano	4	3
Pavia	4	3
Sondrio	4	3
Varese	4	4

Evoluzione del quadro normativo

Fino al 2003:

Normative italiane erano rinnovate ogni 15-20 anni circa

Esempio:

Strutture in c.a., c.a.p. e acciaio (1971 - > 1996)

Normative sismiche (1974 - 1996)

Normative sulle costruzioni in muratura (1987 -> 2003)

Dal 2003 al 2008:

Marzo 2003: Ordinanza 3274 Prot Civile (Costruzioni in zona sismica)

Marzo 2005: Ordinanza 3431 Prot Civile (Costruzioni in zona sismica)

Sett. 2005: Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni

NORMATIVE EUROPEE

Eurocodici

EC1 – Basi del metodo

EC8 – Verifiche strutture in zona sismica

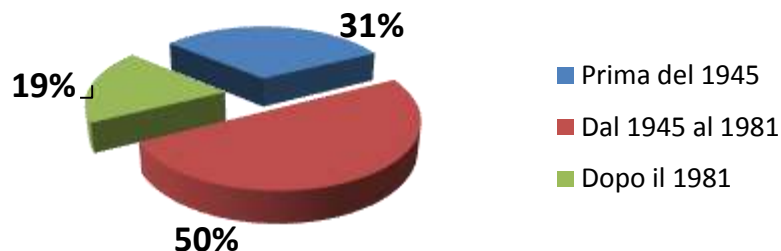
Materiali - Certificazione CE

Oggi:

D.M. 14-1-2008 (Normativa attualmente vigente)

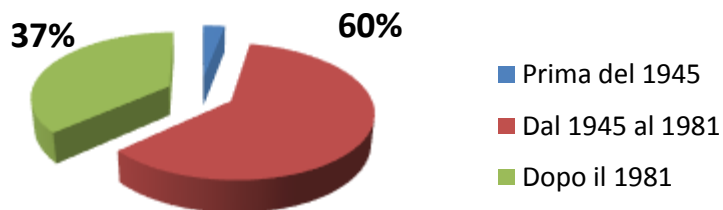
Vulnerabilità sismica e consistenza del patrimonio edilizio

Totale edifici per data di costruzione - Italia

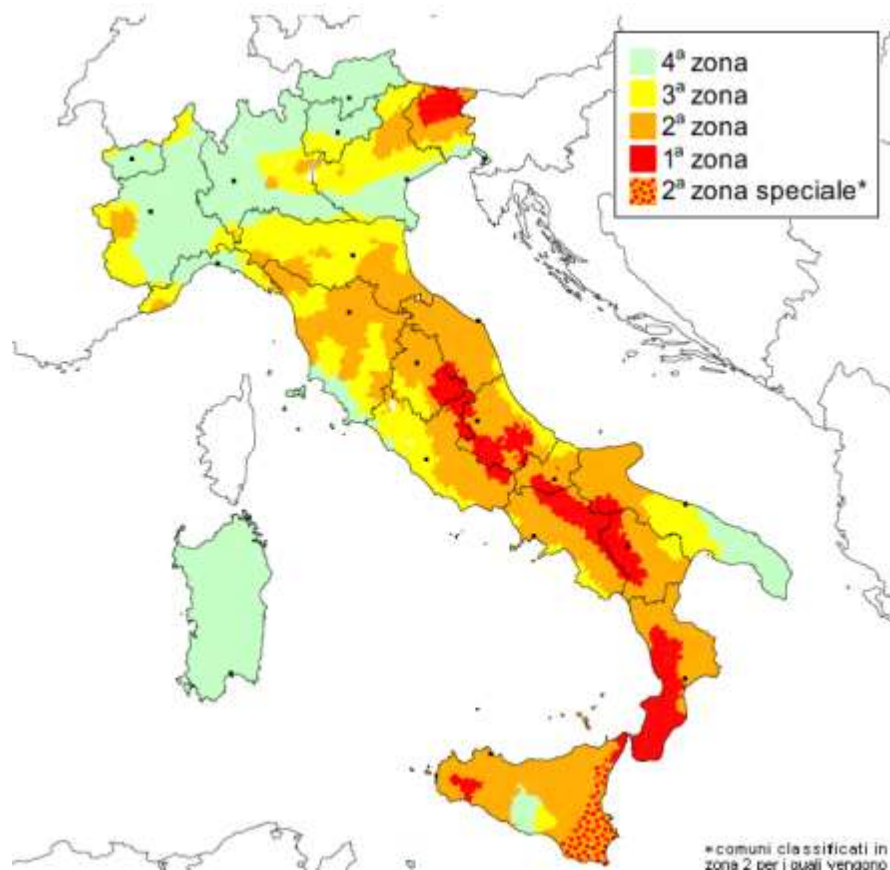


La maggior parte degli edifici ad uso abitativo è stata costruita tra gli anni '50 e '80.

Edifici in c.a. per data di costruzione - Italia



Considerando soltanto gli edifici in c.a., il **61%** (pari a circa **1.670.000** unità) risale al periodo 1950-1980.

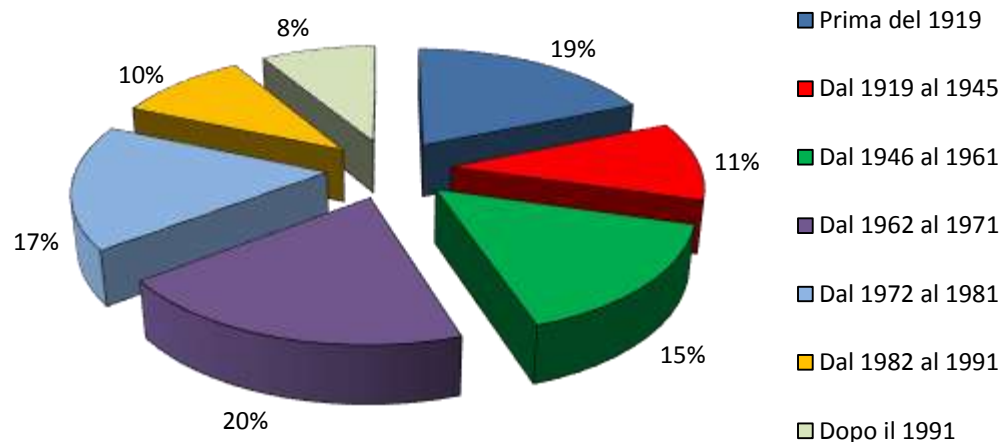


Classificazione sismica del territorio italiano da NTC 2008

Circa **9 milioni** di edifici non sono progettati per resistere ai carichi orizzontali e di questi, circa **1,8 milioni** sono in c.a.

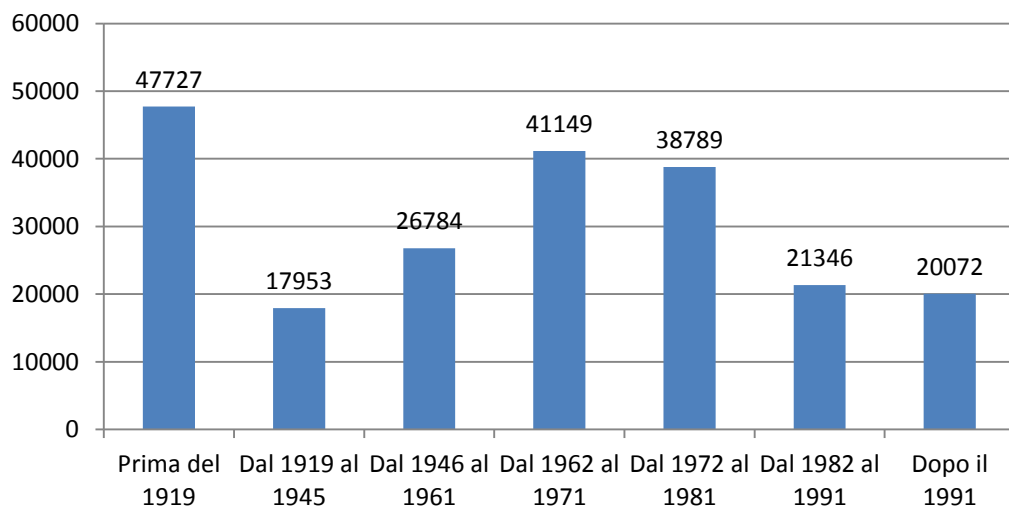
Vulnerabilità sismica e consistenza del patrimonio edilizio

Edifici per epoca di costruzione - Lombardia



Il **36%** degli edifici ad uso abitativo in Lombardia risale agli anni del II dopoguerra.

Edifici per epoca di costruzione - BRESCIA



Il **37%** degli edifici ad uso abitativo (pari a **79.938 unità**) risale agli anni '60 e '70.

In tali abitazioni vivono circa 180.000 famiglie.

Effetti del sisma sugli edifici industriali in Emilia

PERDITA DI APPOGGIO



Effetti del sisma sugli edifici industriali in Emilia

PERDITA DI APPOGGIO



Vulnerabilità sismica e consistenza del patrimonio edilizio



A - Single Story Mechanism

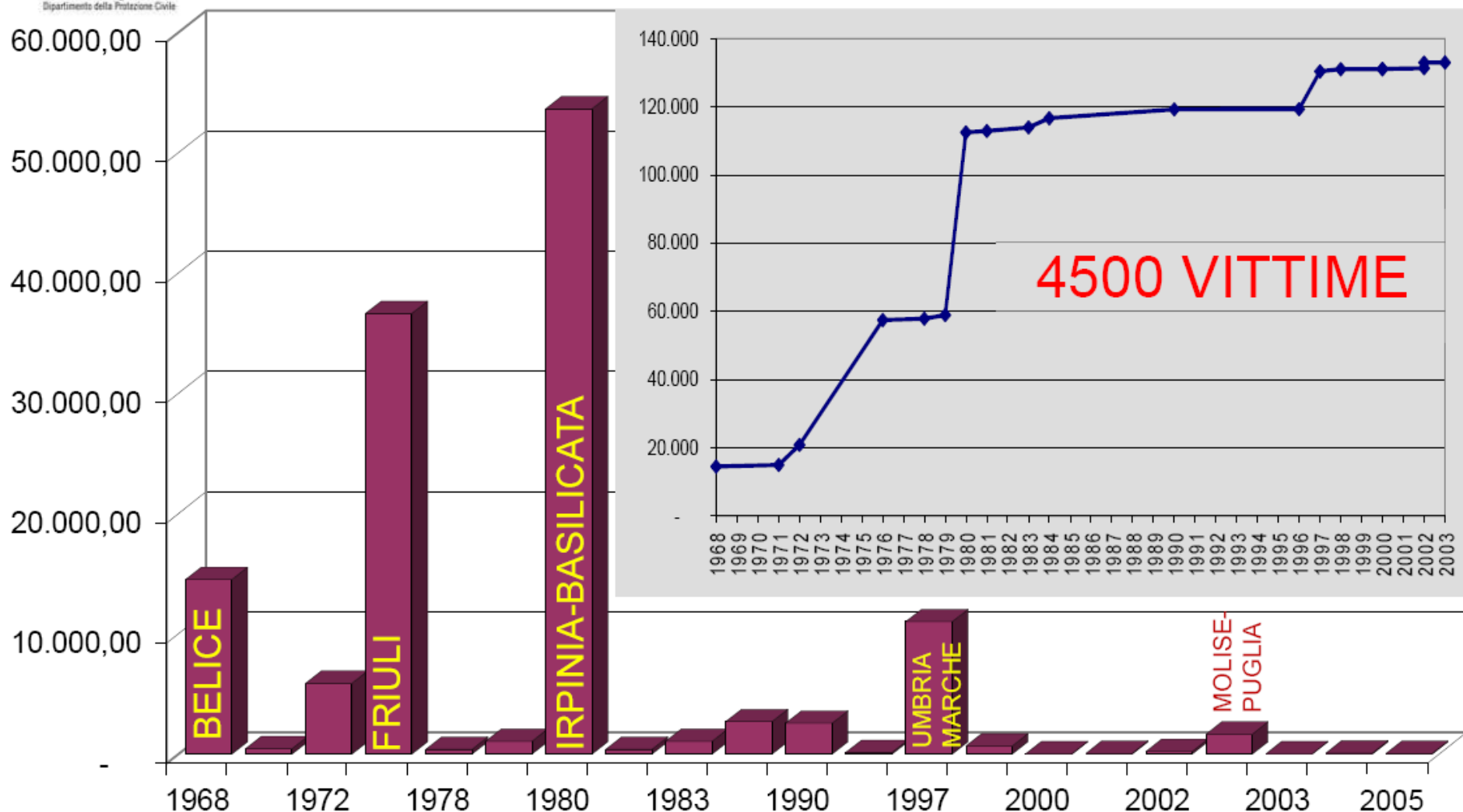
Vulnerabilità sismica e consistenza del patrimonio edilizio



Vulnerabilità sismica e consistenza del patrimonio edilizio



COSTO TERREMOTI ITALIANI - ULTIMI 45 ANNI (M€-2005)



+ ABRUZZO'09 + EMILIA'12 ~ € 160 Mld → 3-3,5 Mld €/an.

Effetti del collasso



Le scalere, scaffali per la stagionatura delle forme di parmigiano, crollate nel terremoto del maggio 2012

Quale è lo stato di salute dei nostri edifici?

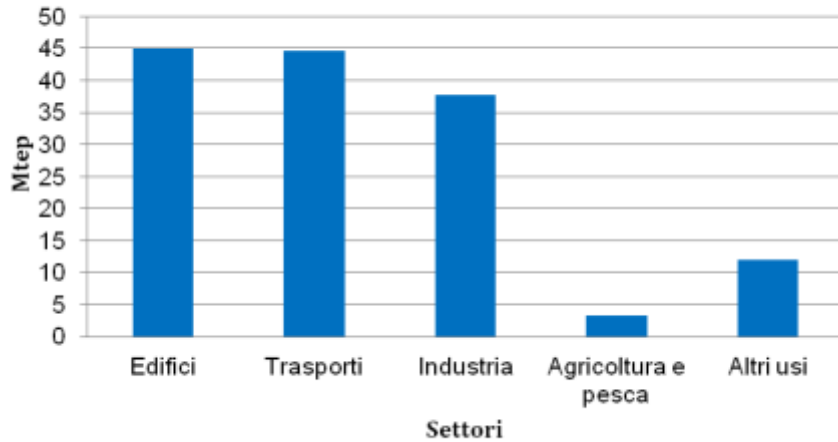


Edifici in c.a. - Il patrimonio edilizio post - bellico

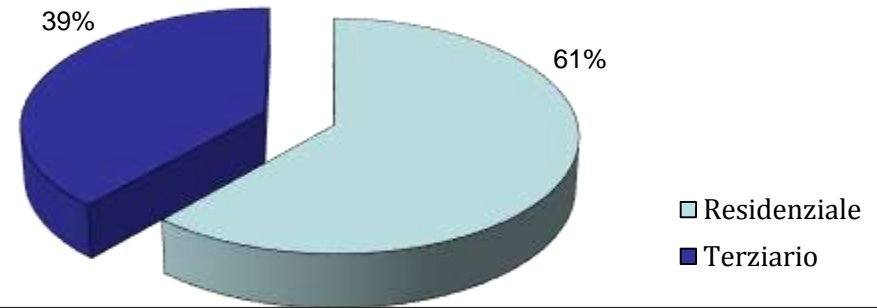


Efficienza energetica

Bilancio energetico in Italia



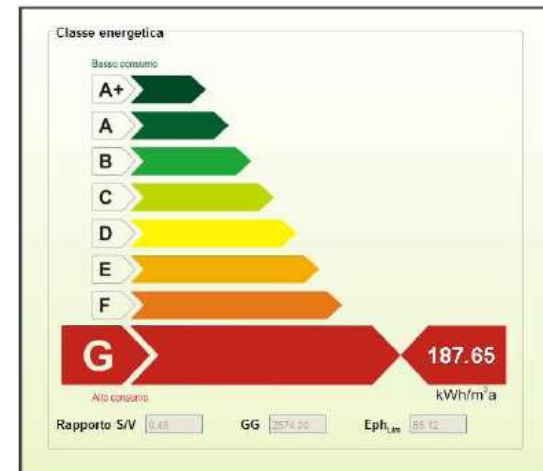
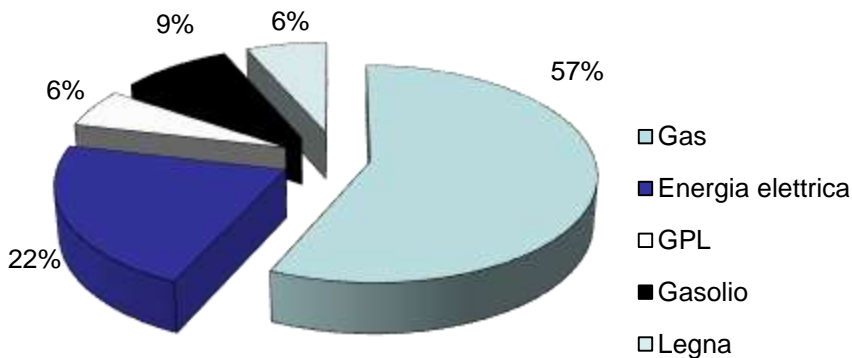
Energia impiegata per usi civili



Costruzione e ristrutturazione degli edifici	11,1 Mtep
Gestione degli edifici	70,1 Mtep
Consumo totale energia primaria	81,2 Mtep

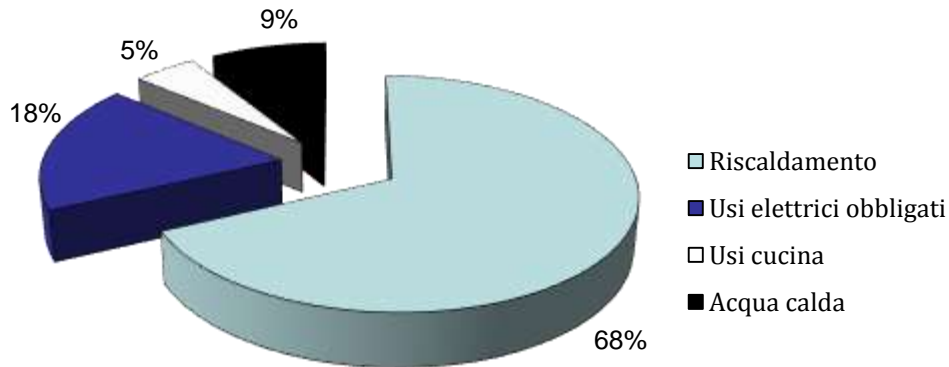
La sola gestione corrisponde al **38%** del consumo totale annuo di energia.

I consumi per fonte nel RESIDENZIALE



Efficienza energetica

L'uso dell'energia nel settore RESIDENZIALE



Costo complessivo fornitura energetica per riscaldamento ed elettricità

31,1 ml di euro

=

1.060 euro /abitazione

=

11,3 euro/mq

Consumo medio delle abitazioni occupate

155 kWh/m²a



emissione nell'atmosfera di **81 milioni di tonnellate di CO₂** dovute al solo settore residenziale e terziario

Interventi sul costruito

Modalità di intervento tradizionali:

- risoluzione di problemi contingenti e isolati (spesso in situazioni di emergenza o di assoluta necessità)



a)



b)



Principali problematiche legate al patrimonio edilizio esistente

STRUTTURA

- Edifici spesso non verificati ai carichi VERTICALI
- Struttura non organizzata per resistere ai carichi ORIZZONTALI
- Vita Utile (50 anni): esaurita

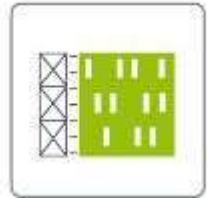
ASPETTI FORMALI

- Edifici privi di pregio architettonico
- Distribuzione interna alloggi non più rispondente agli attuali standard abitativi
- Degrado urbano

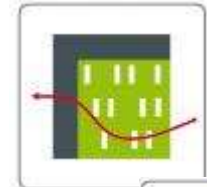
ASPETTI ENERGETICI

- Involucro tipicamente non coibentato
- Presenza di ponti termici significativi
- Impianti tecnologici vetusti

**MIGLIORAMENTO
SISMICO
+
STATICO**



**RIQUALIFICAZIONE
ARCHITETTONICA
+
QUALITA' CONTESTO
URBANO**



**SOSTENIBILITA'
+
FATTIBILITA'
+
QUALITA'**



Doppia pelle solo energetica ed architettonica

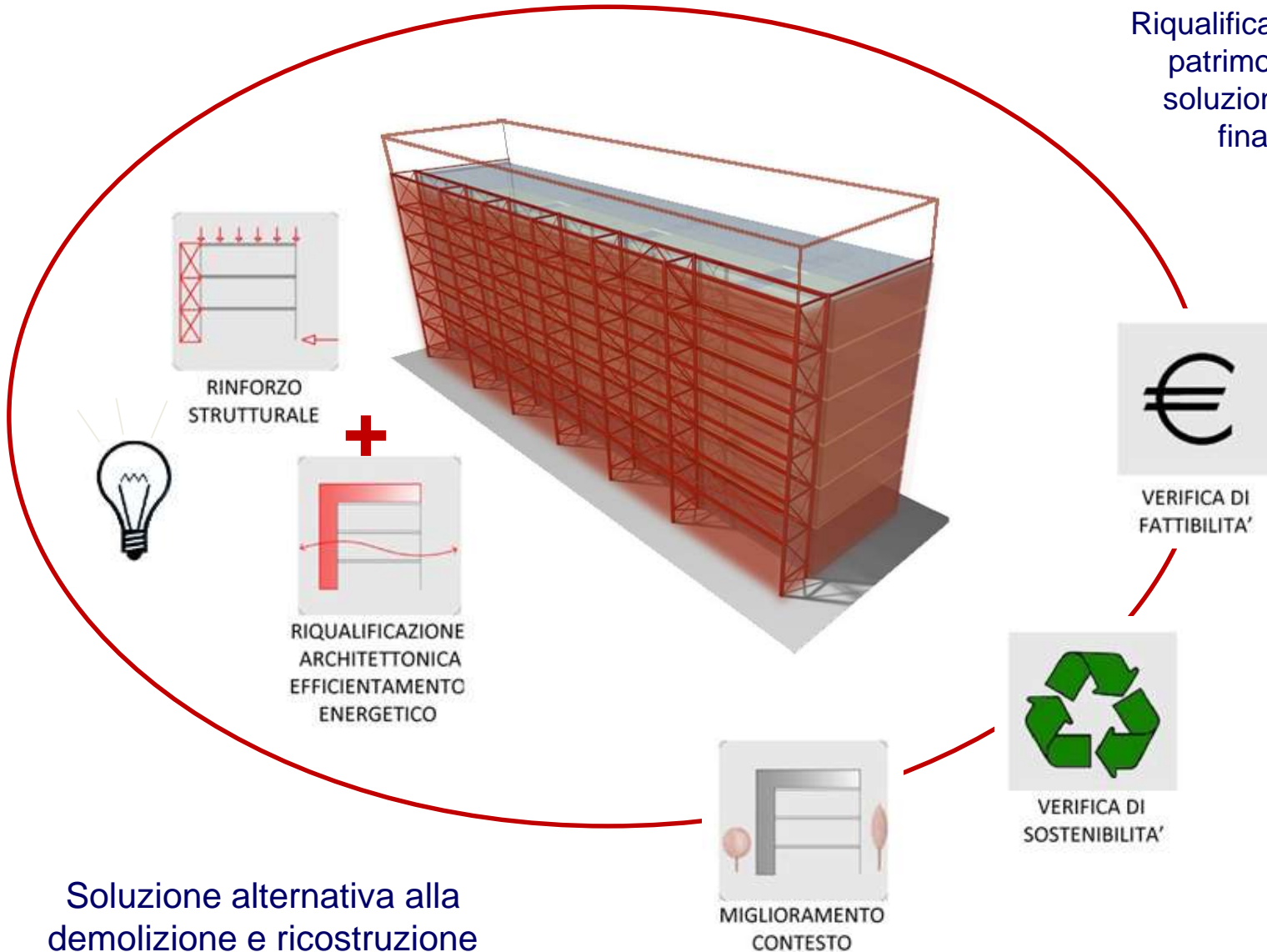


Riqualificazione del patrimonio edilizio post-bellico

- Doppia pelle «ingegnerizzata»
- Miglioramento (o adeguamento) sismico
- Miglioramento tecnologico
- Miglioramento architettonico
- Riduzione dei costi di intervento

Proposta di una soluzione integrata: IL DOPPIO INVOLUCRO STRUTTURALE

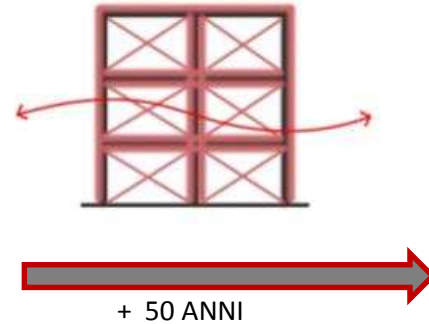
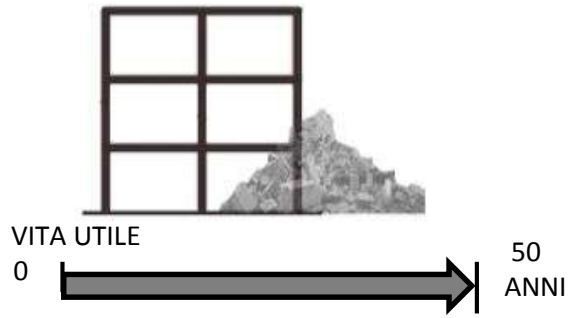
Riqualficazione sostenibile del patrimonio edilizio mediante soluzioni a doppio involucro, finalizzate alla soluzione integrata di tutte le problematiche



Soluzione alternativa alla demolizione e ricostruzione

Demolizione e ricostruzione VS Riqualficazione

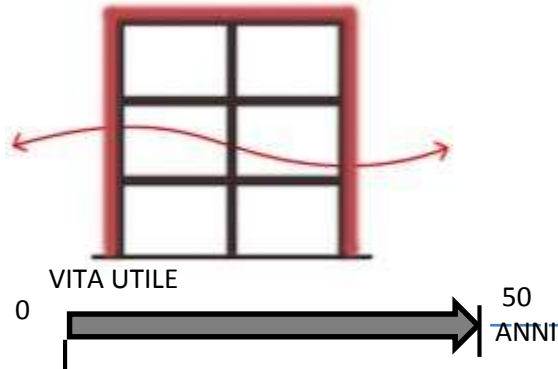
DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE



- SMALTIMENTO RIFIUTI E IMPIEGO MATERIALI

- NECESSITA' DI TRASFERIRE GLI ABITANTI

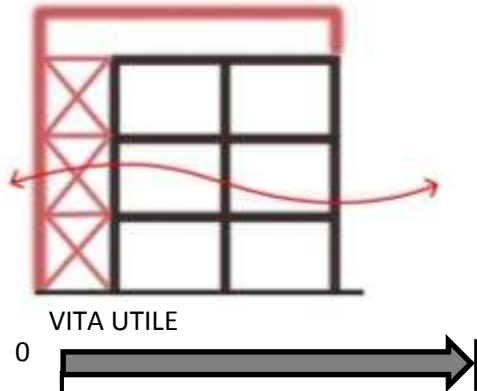
INTERVENTI DI SOLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA



NON GARANTITA LA SICUREZZA STRUTTURALE



DOPPIA PELLE INGEGNERIZZATA – STRUTTURALE ED ENERGETICA

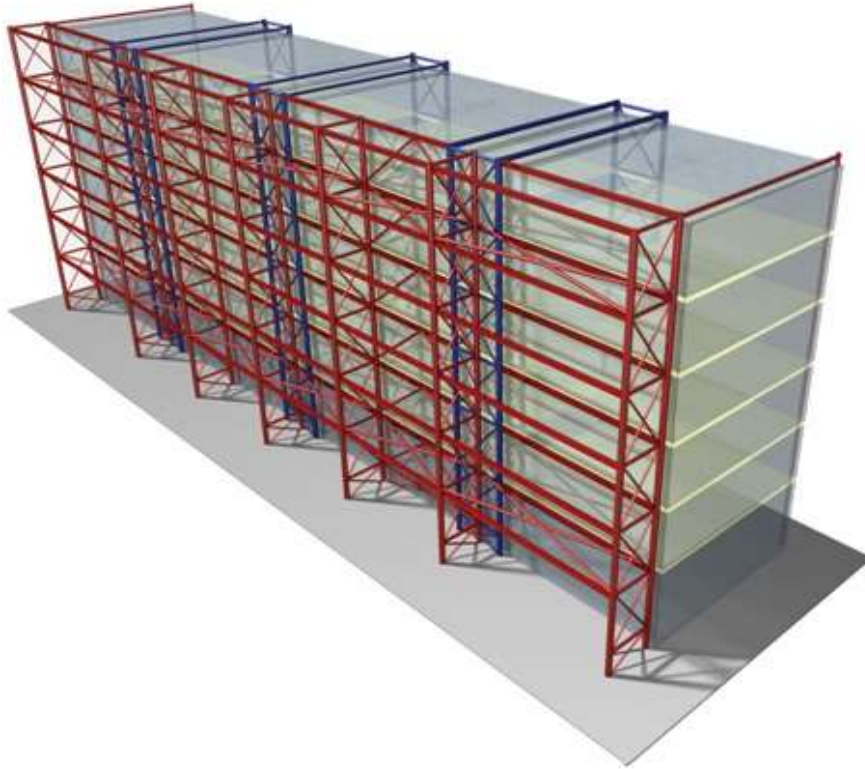


- RIDOTTO VOLUME DI RIFIUTI DA SMALTIRE

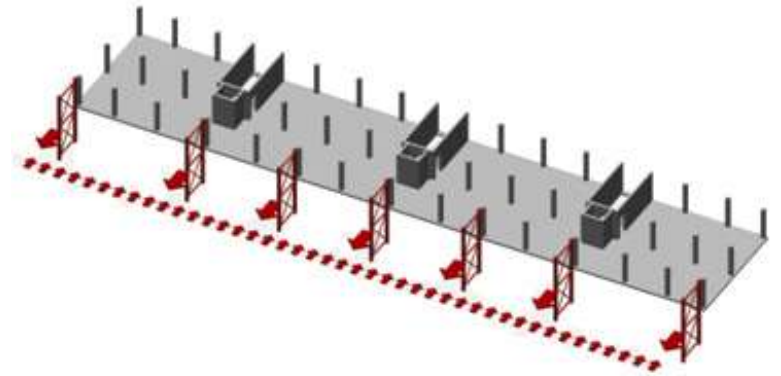
-RIDOTTO CONSUMO MATERIALI
- NON NECESSARIO TRASFERIRE GLI ABITANTI



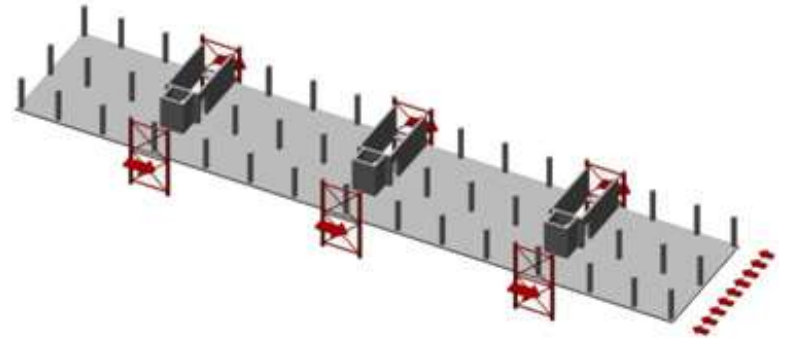
Miglioramento sismico



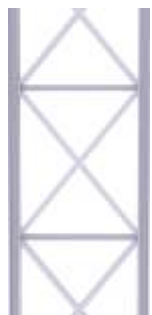
Sisma in direzione Y



Sisma in direzione X



TREFOLI



PROFILI



PANNELLO



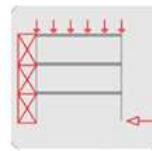
CALASTRELLI



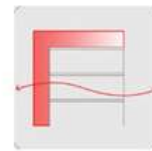
C.A.

Caso di studio

- Nuovo involucro strutturale con controventi esterni
- Restyling architettonico
- Risoluzione problematiche energetiche – comfort per gli abitanti
- Intervento dall'esterno: in aderenza o come esoscheletro con incremento volumetrico in relazione ai vincoli urbanistici
- Soluzioni tecnologiche sostenibili
- Minimo disturbo per gli abitanti
- NO smaltimento rifiuti di demolizione



RINFORZO
STRUTTURALE



RIQUALIFICAZIONE
ARCHITETTONICA
EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO



MIGLIORAMENTO
CONTESTO



VERIFICA DI
SOSTENIBILITA'



VERIFICA DI
FATTIBILITA'



Caso di studio



PRIMA



DOPO INTERVENTO



Caso di studio

PRIMA

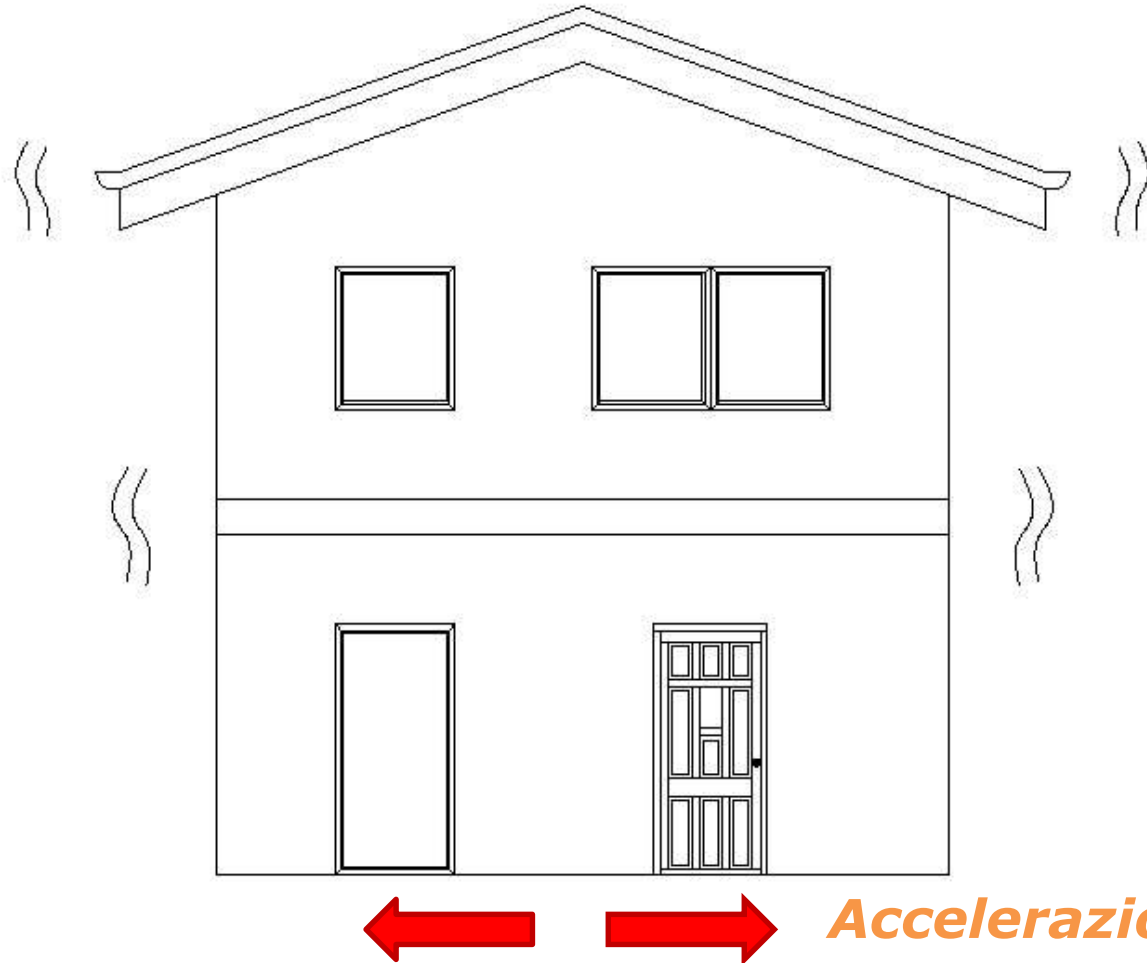


DOPO INTERVENTO



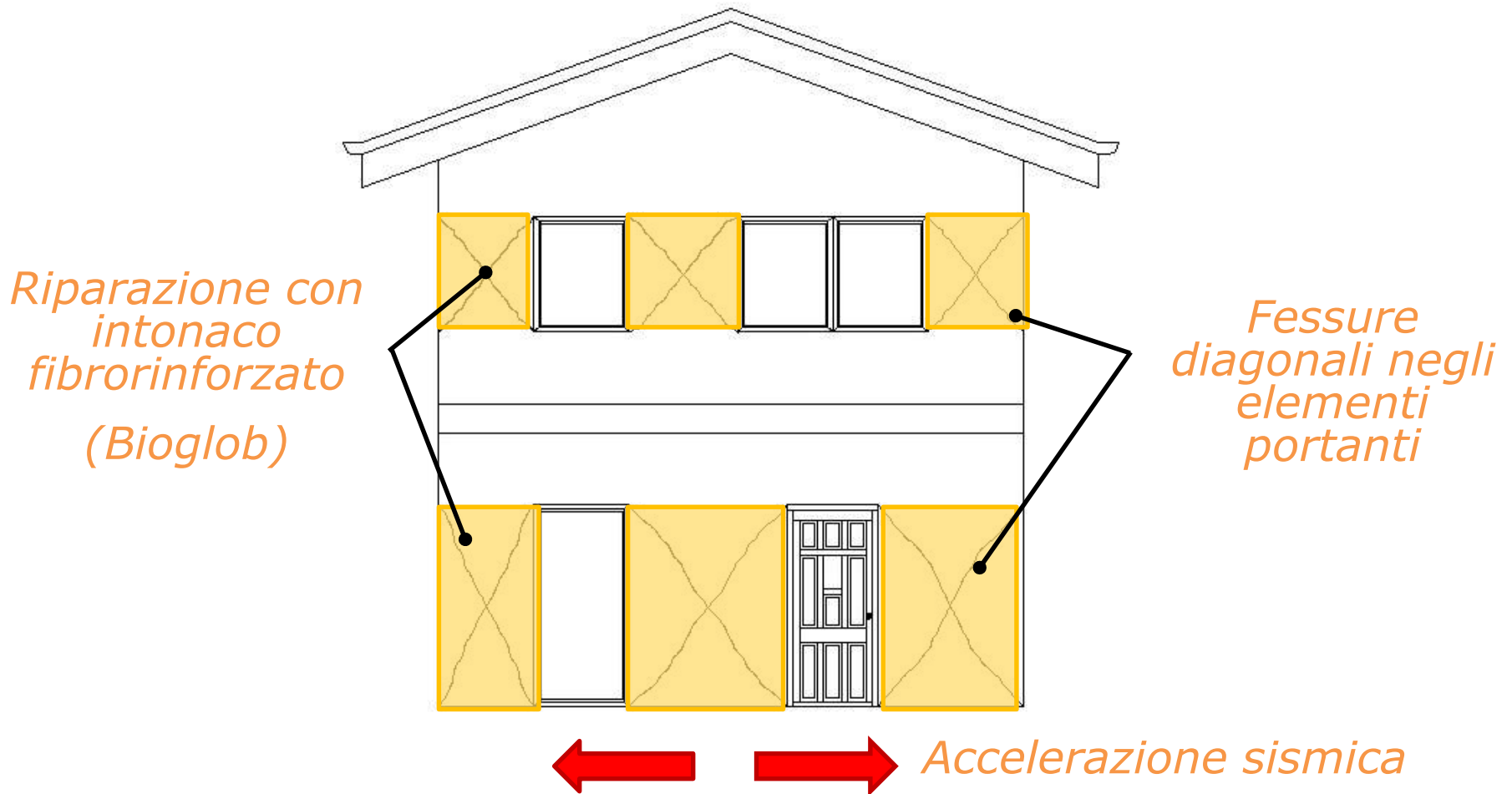
Edifici in muratura: rinforzo delle pareti portanti mediante intonaci fibrorinforzati

Edificio in muratura soggetto ad azione sismica

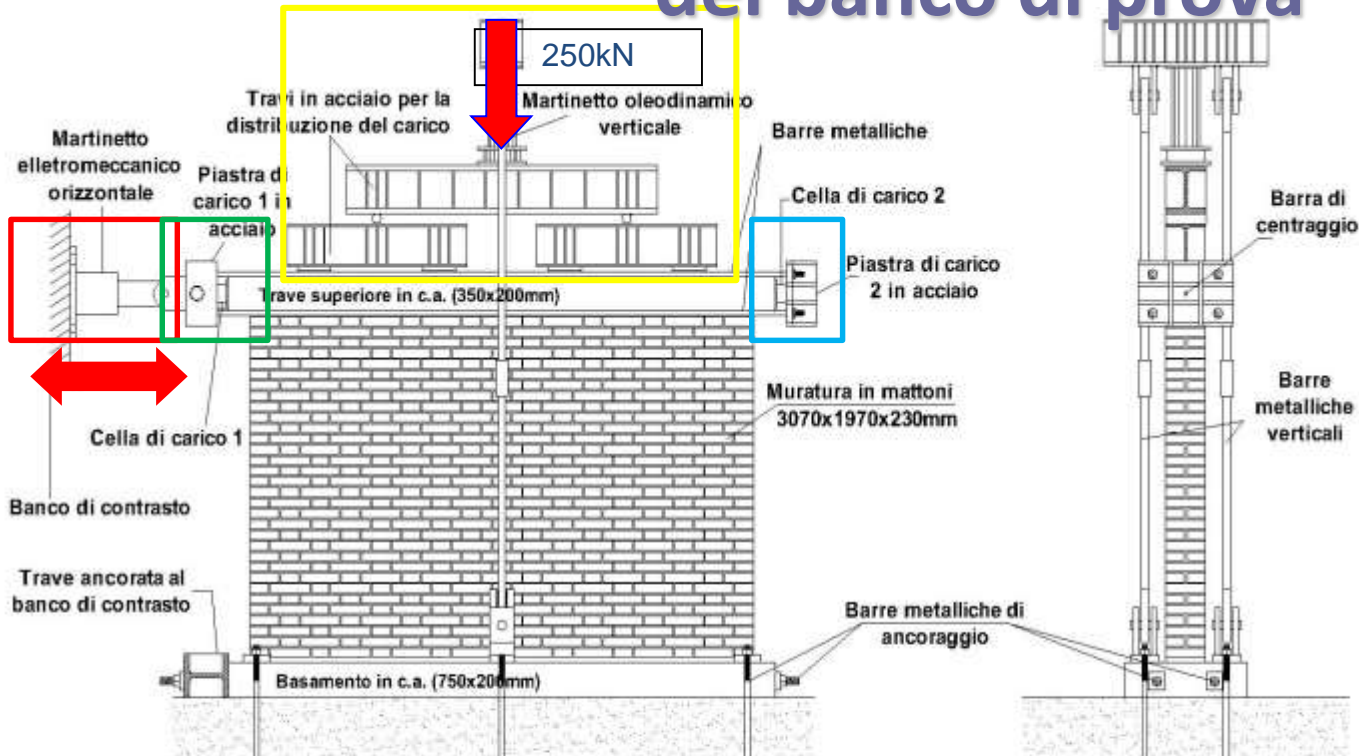


Edifici in muratura: rinforzo delle pareti portanti mediante intonaci fibrorinforzati

Edificio in muratura soggetto ad azione sismica



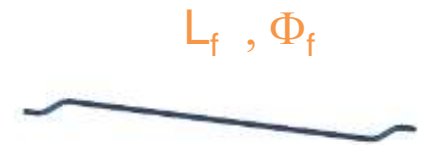
Prove cicliche su pareti in scala reale: descrizione del banco di prova



MALTA AD ALTE PRESTAZIONI
FIBRORINFORZATA A BASE DI ALLUMINA
+
FIBRE METALLICHE ($V_f = 0,82\%$)

BASSISSIMO VALORE DI ASSORBIMENTO
D'ACQUA A PRESSIONE ATMOSFERICA
ELEVATO VALORE DI PERMEABILITÀ AL VAPOR
D'ACQUA

LUNGHEZZA L_f [mm]	DIAMETRO Φ_f [mm]	RAPPORTO D'ASPETTO L_f / Φ_f [-]	RESISTENZA A TRAZIONE [MPa]	FORMA
15	0,40	38	> 2400	Uncinate

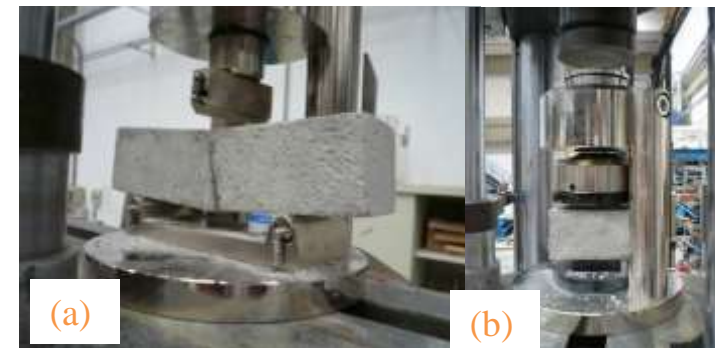


Resistenza a trazione per flessione media
(a) (EN 1015-11,2007) → **6MPa**

Resistenza a compressione media → **48,3MPa**
(b) (EN 1015-11,2007)

Valore medio modulo elastico → **33600MPa**
(EN 12390-1)

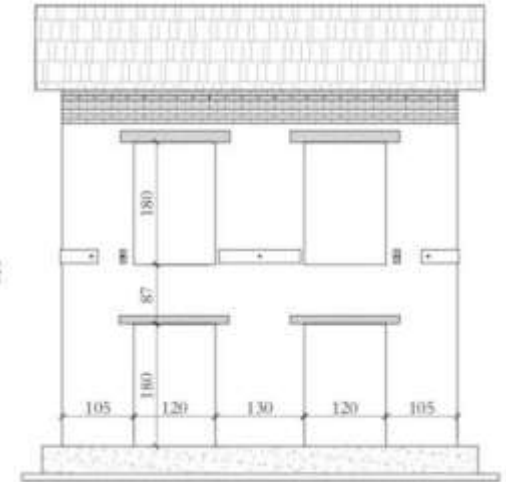
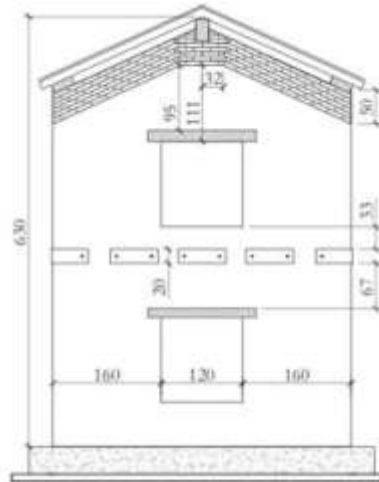
Resistenza a trazione (EC2) → **3,85MPa**



$$f_{ctm,fl} = \max \left\{ \left(1,6 - \frac{h[mm]}{1000} \right) f_{ctm}; f_{ctm} \right\}$$

Rinforzo di edifici in muratura mediante intonaci fibrorinforzati

Caso oggetto di studio: prova sperimentale su un edificio in scala reale, realizzato in muratura di pietra doppio paramento e testato su tavola vibrante presso l'EUCENTRE (G. Magenes et al.)



Interventi preliminari di rinforzo: incatenamento e irrigidimento impalcato con doppio assito

Connessione assito alla muratura



Copertura

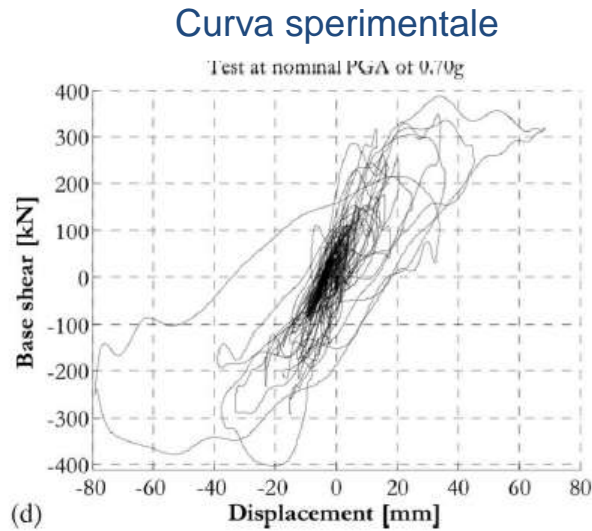


Primo solaio

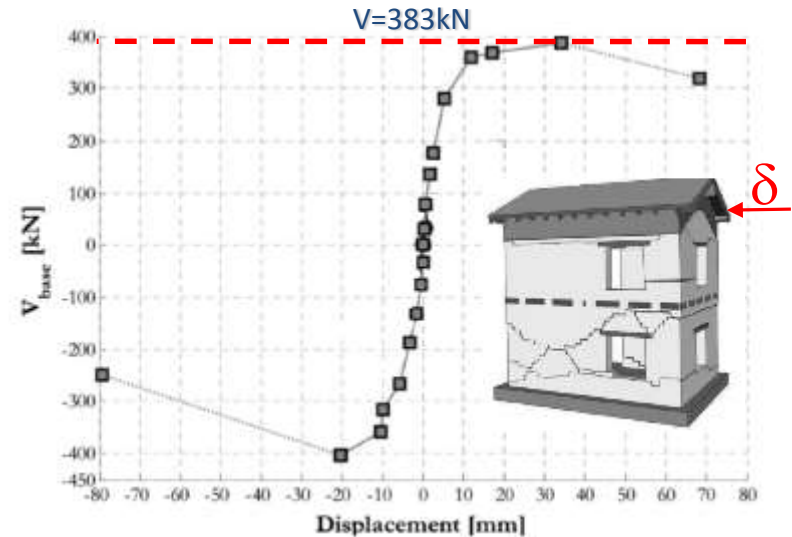


Risultati del test sperimentale condotto sull'edificio senza intonaco

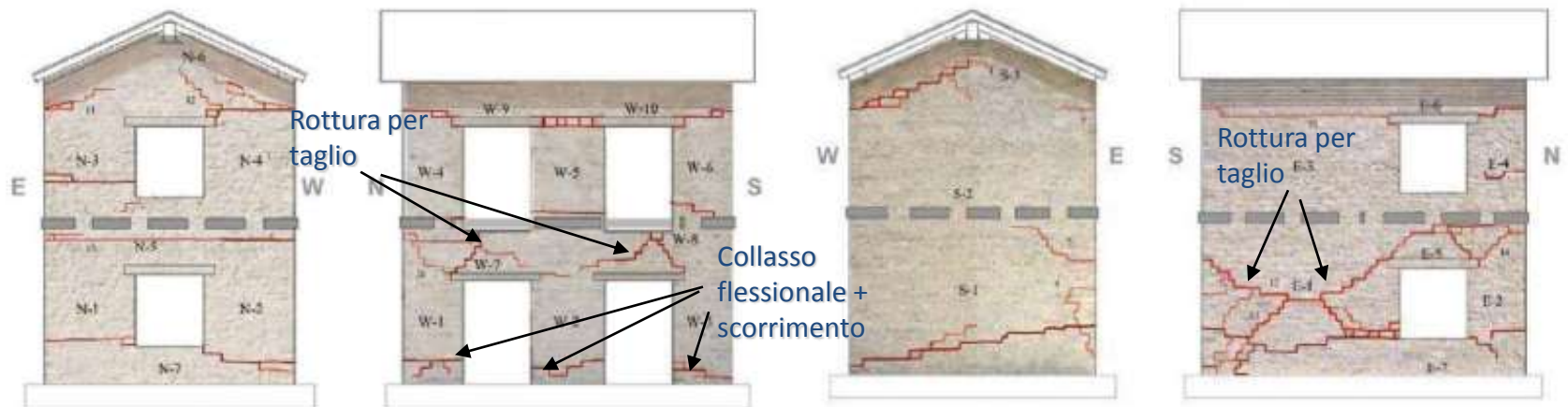
Taglio alla base vs. spostamento in sommità



Inviluppo della curva sperimentale

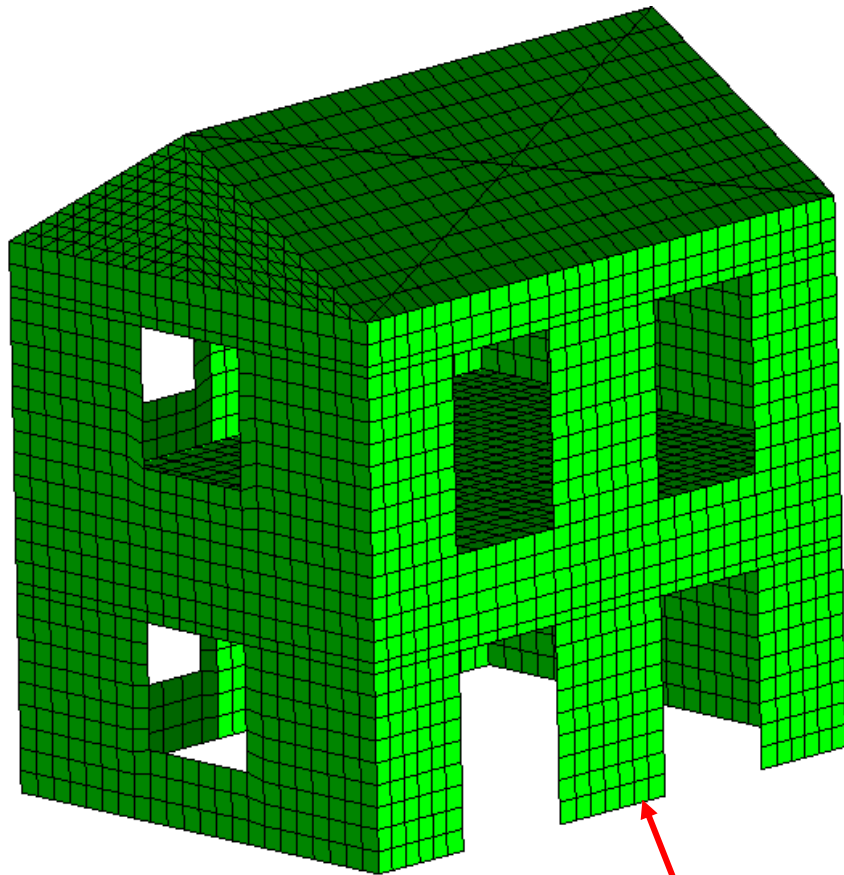


Quadro fessurativo sperimentale rilevato al termine della prova

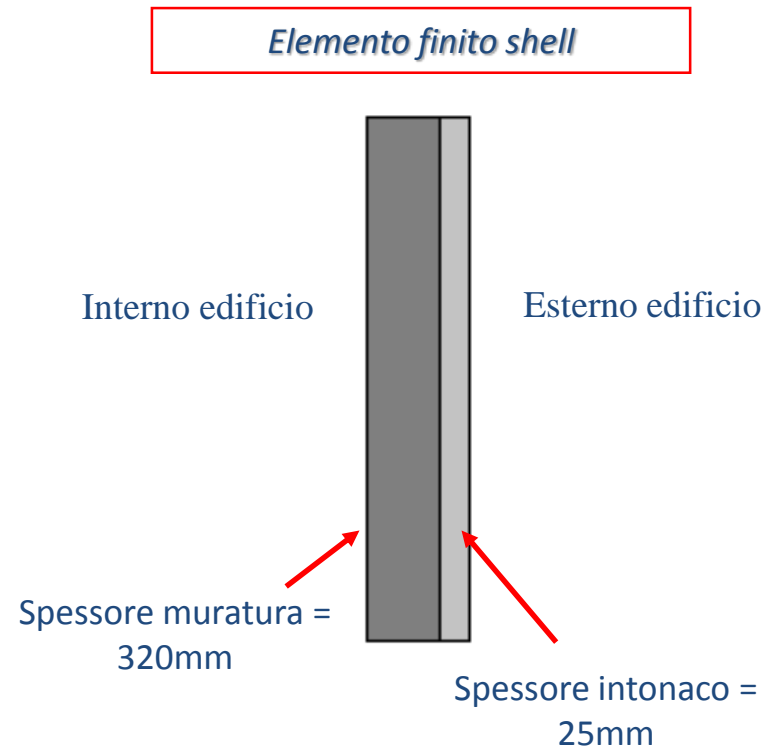


Simulazione numerica non lineare dell'edificio in muratura rinforzato con intonaco fibrorinforzato

Analisi "pushover" con programma ad elementi finite Diana 9.4



Elementi finiti tipo shell 'layered'



Elemento finito shell

Interno edificio

Esterno edificio

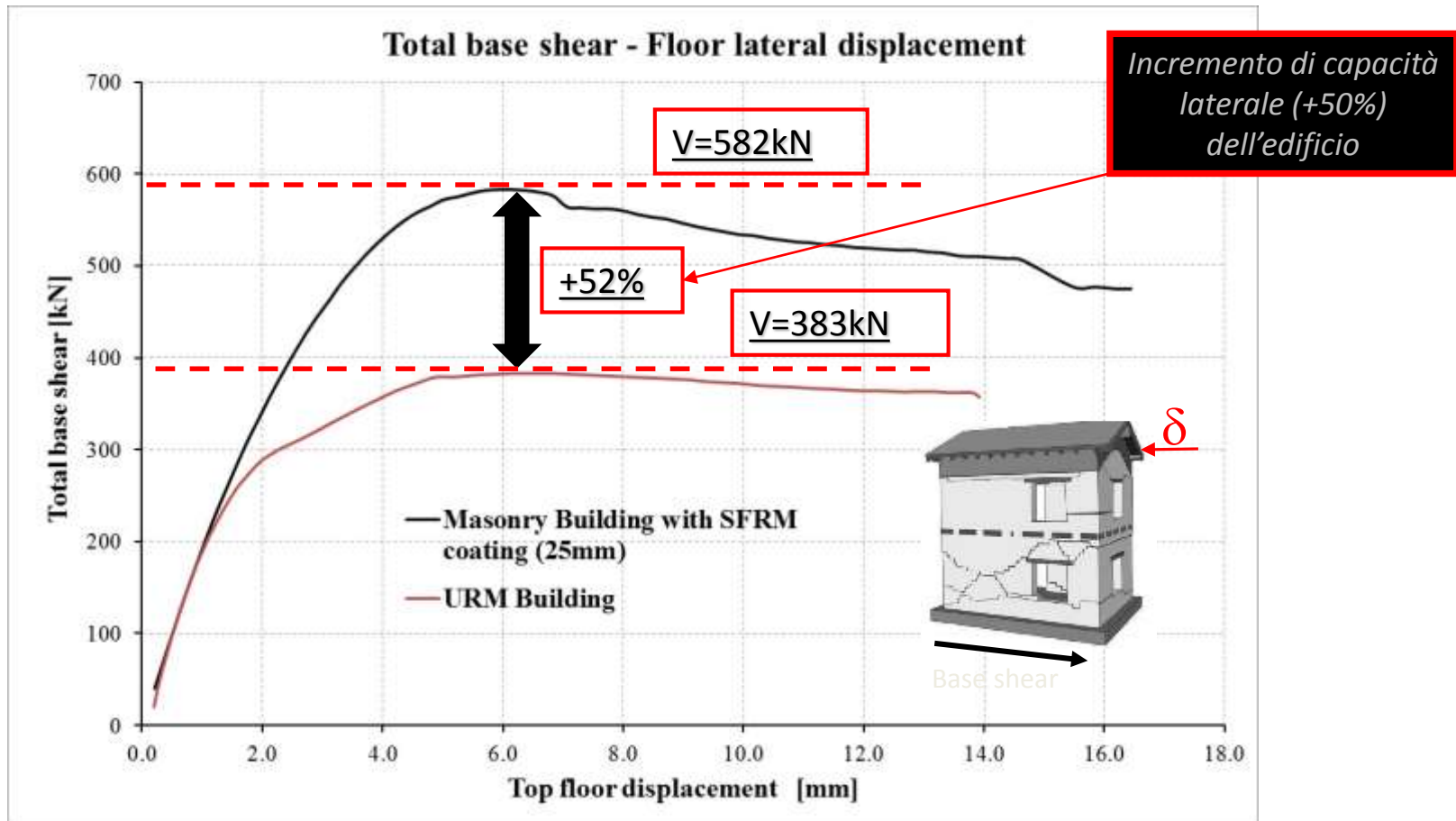
Spessore muratura =
320mm

Spessore intonaco =
25mm

Intonaco: malta nanocomposita rinforzata con fibre d'acciaio ad elevata resistenza

Risultati della simulazione numerica

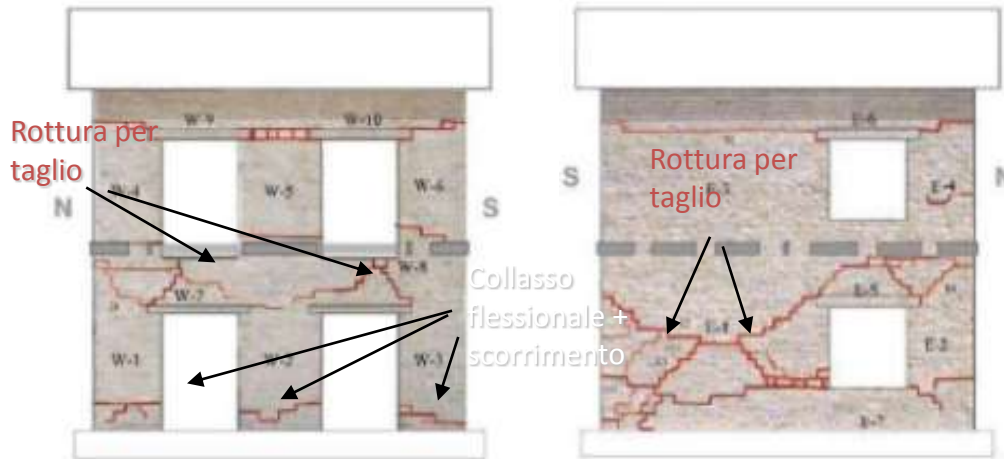
Confronto tra la curva di capacità sperimentale dell'edificio senza intonaco e quella numerica relativa all'edificio rinforzato con intonaco fibrorinforzato



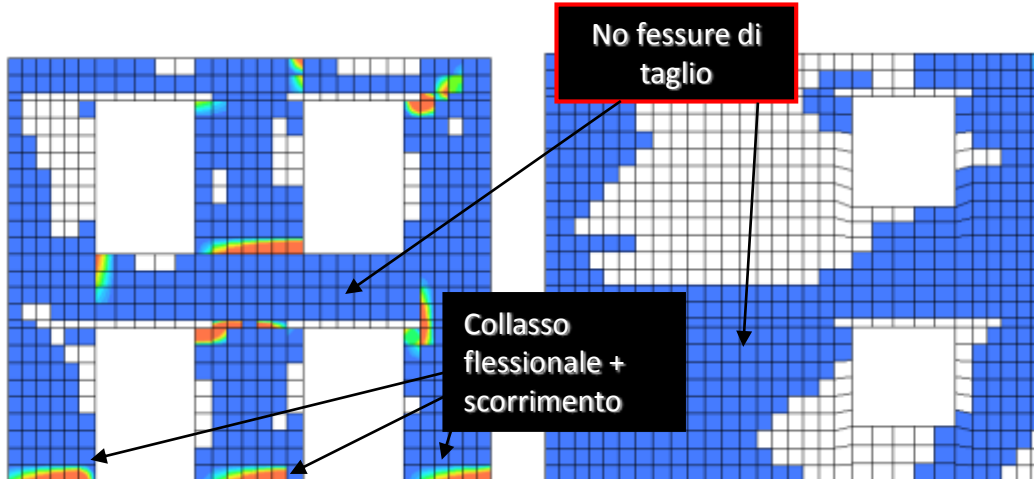
Risultati della simulazione numerica

Confronto del quadro fessurativo sperimentale e numerico

Quadro fessurativo sperimentale

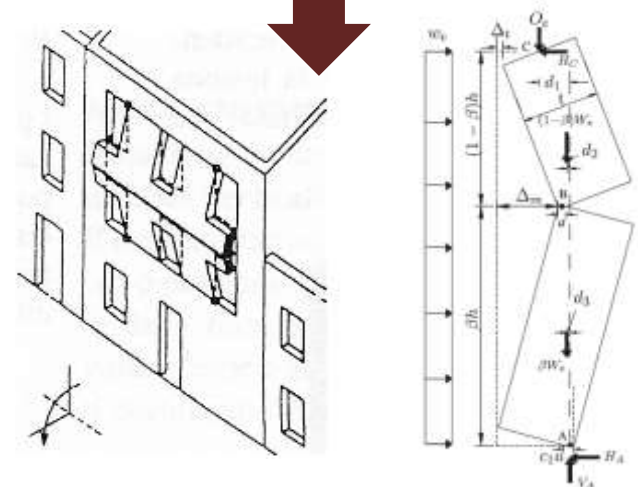


Quadro fessurativo numerico



Il confronto mette in evidenza come l'impiego dell'intonaco abbia consentito di minimizzare i danneggiamenti per taglio originariamente osservati nei sopraporta e nei maschi murari 'tozzi' dell'edificio;

oltre ai benefici legati al miglioramento della resistenza nel piano della muratura, è importante ricordare come l'intonaco consenta di migliorare sensibilmente il comportamento fuori piano dei maschi murari



“Strategie di prevenzione più efficaci farebbero non solo risparmiare decine di miliardi di dollari ma salverebbero decine dimigliaia di vite.

Costruire una cultura di prevenzione non è facile.

Mentre i costi della prevenzione debbono essere pagati nel presente, i suoi benefici si avvertono in un futuro distante.

Per di più, i benefici non sono tangibili:

SONO I DISASTRI NON AVVENUTI”

Kofi Annan, WSSD 2002





Thank you for your kind attention!

