

DAL TERREMOTO DEL 1980 A RELUIS: INGEGNERIA SISMICA E STRUTTURALE IN ITALIA, IERI, OGGI E DOMANI

Edoardo COSENZA



Ordine degli Ingegneri
della provincia di Napoli

reluis

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Equipe Interministeriale Protezione Civile

Fondazione INARCASSA

LA RICERCA ITALIANA IN INGEGNERIA SISMICA E LE ATTIVITÀ DI RELUIS A 40 ANNI DAL TERREMOTO CAMPANO-LUCANO

WEBINAR
LUNEDÌ 23 NOVEMBRE 2020 - ORE 14,30

14:30-15:00 Saluti istituzionali

Prof. Gaetano Manfredi - Ministro dell'Università e della ricerca
Dott. Angelo Borrelli - Capo Dipartimento Protezione Civile (da confermare)
Ing. Massimo Sessa - Presidente Consiglio Superiore dei LLPP
Ing. Franco Fietta - Presidente Fondazione Inarcassa

15:00-15:40 Sezione introduttiva

Prof. Mauro Dolce - Direttore Generale Dipartimento Protezione Civile
"Il sistema di protezione civile e il contributo della comunità scientifica"
Prof. Edoardo Cosenza - Presidente ReLUIS - Presidente Ordine Ingegneri Napoli
"Dal Terremoto del 1980 a ReLUIS: ingegneria sismica e strutturale in Italia, ieri oggi domani"

15:40-18:15 Interventi tematici

15:40-15:55 Prof. Giulio Zuccaro
"CARTIS: un modello di caratterizzazione tipologico strutturale per un inventario edilizio regionalizzato"

15:55-16:25 Proff. Sergio Lagomarsino - Angelo Masi
"Valutazioni e Mappe di Rischio"

16:25-16:40 Prof. Iunio Iervolino
"Sicurezza e Rischio Implicito"

16:40-17:15 Proff. Andrea Prota - Francesca da Porto
"Interventi integrati leggeri, rapidi e a basso impatto per costruzioni in cemento armato e in muratura"

17:15-17:30 Prof. Stefano Aversa
"La Geotecnica Sismica in Italia dal terremoto dell'Irpinia a oggi"

17:30-17:50 Prof. Guido Magenes
"Le ricerche ReLUIS per la normativa"

17:50-18:20 Proff. Felice Ponzo - Marco Savoia
"Monitoraggio e uso dei dati satellitari"

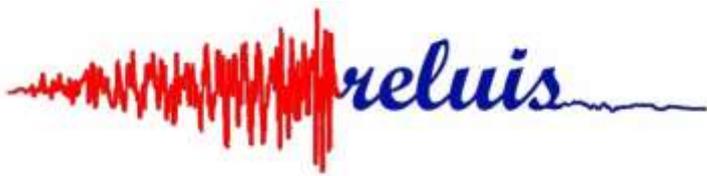
18:20 Conclusioni Proff. Edoardo Cosenza - Mauro Dolce

Agli Ingegneri e agli Architetti verranno rilasciati n. 3 CFP - iscrizioni sul sito www.fondazioneinarcassa.it



Dal 2003:

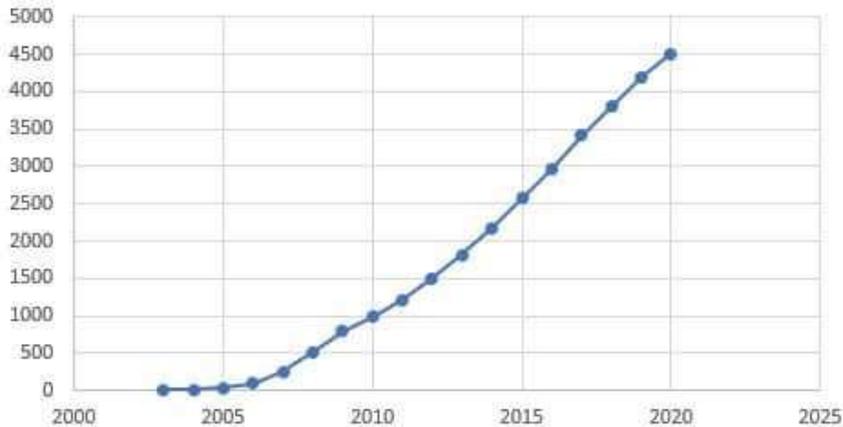
- Oltre **50 milioni** di fondi di ricerca universitaria applicata; principalmente dal **DPC**, ma anche da varie Strutture **Commissariali Governative** post terremoto, **MIBACT, MISE** Direzione Generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche (Risorse Minerarie ed Energetiche), **RFI** ...
- Nel progetto triennale DPC Reluis 2019-2021: **257** Unità di Ricerca.
- Dal 2020: Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e **Strutturale**



**RELUIS =
Rete dei Laboratori
Universitari di Ingegneria
Sismica e Strutturale**

**400-500 lavori scientifici
all'anno, totale al 2020 oltre
4.500 (fonte Google Scholar)**

Numero cumulado di lavori (Google Scholar)



WP 2 – Inventario delle tipologie strutturali ed edilizie esistenti (CARTIS)

WP 3 - RINTC

WP 4 - MAppe di Rischio e Scenari di danno sismico (MARS)

WP 5 - Interventi di rapida esecuzione a basso impatto ed integrati

WP 6 - Monitoraggio e dati satellitari

WP 7 – Analisi Dati Post Sisma

WP 8 - Divulgazione (DIV)

WP 9 – Archiviazione Armonizzata dei risultati delle ricerche ReLUI5

WP 10 – Contributi normativi relativi a Costruzioni Esistenti in Muratura

WP 11 – Contributi normativi relativi a Costruzioni Esistenti in Cemento Armato

WP 12 – Contributi normativi relativi a Costruzioni civili e industriali di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo

WP 13 – Contributi normativi relativi a Strutture in Legno

WP 14 – Contributi normativi relativi a Materiali Innovativi per Interventi su Costruzioni Esistenti

WP 15 – Contributi normativi relativi a Isolamento e Dissipazione

WP 16 – Contributi normativi - Geotecnica

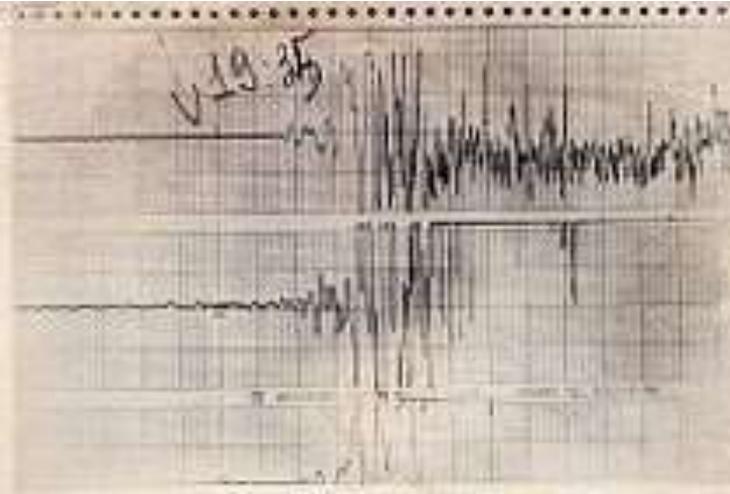
WP 17 – Contributi normativi relativi a Componenti non strutturali

WP 18 – Contributi normativi relativi ad Azione Sismica

Centro Vulnerabilità di Rischio

Collaborazione nell'attività di predisposizione della normativa tecnica di interesse (art.19 D.LGS 1/2018 lett. d)

- Da dove siamo partiti?



EARTHQUAKE	DATE	STATION	COMP.	MAX. ACC. [g]	DURATION [s.]
Ancona	14.06.72	Rocca	NS	0.603	18.98
Friuli	06.05.76	Tolmezzo	NS	0.356	36.40
Friuli	11.05.76	Forgaria	WS	0.303	17.96
Friuli	11.09.76	Buia	NS	0.229	20.23
Campano-Lucano	23.11.80	Bagnoli Irpino	WE	0.184	79.15
Campano-Lucano	23.11.80	Brienza	NS	0.220	78.72
Campano-Lucano	23.11.80	Calitri	WE	0.166	86.08
Campano-Lucano	23.11.80	Sturno	WE	0.327	70.76
Umbria	29.01.81	Nocera Umbra	NS	0.212	28.26
Lazio-Abruzzo	11.05.84	Villetta Barrea	WE	0.218	59.80
Ixtapa, Mexico	19.09.85	Mexico City	EW	0.171	180.0

Tab. 1. Recorded ground motions considered in the analysis.

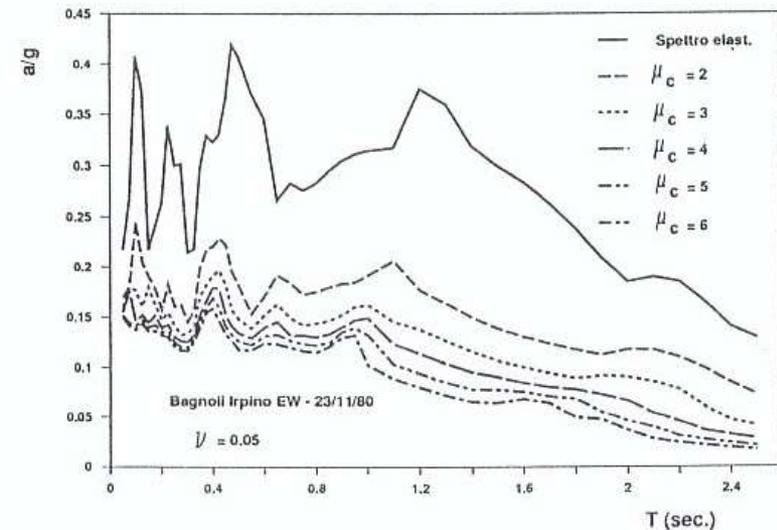
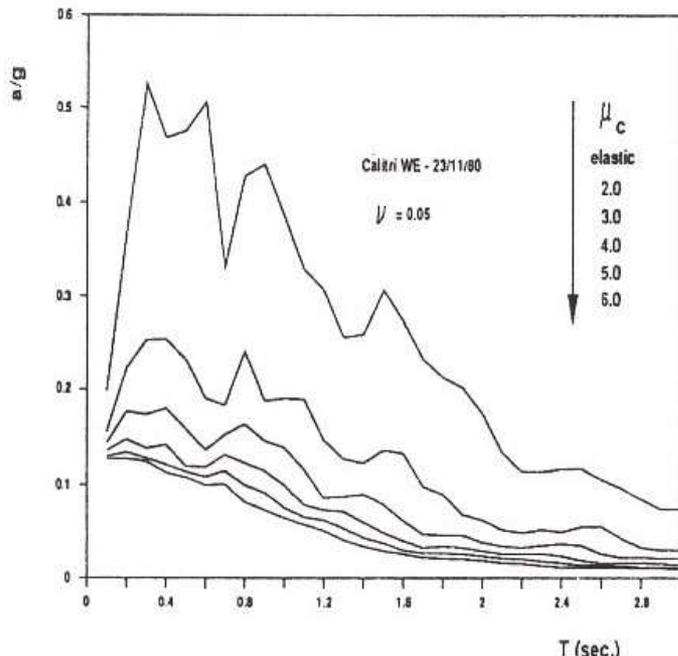


Fig. 4 - Spettro a duttilità imposta per il terremoto di Bagnoli Irpino.

NORMATIVA TECNICA ALLE TENSIONI AMMISSIBILI (COMPORTAMENTO ELASTICO LINEARE DELLE STRUTTURE)+ CLASSIFICAZIONE SISMICA DI VECCHIA GENERAZIONE

9 Mappe di pericolosità INGV _ DPC _ NTC
 Periodo ritorno: 30y, 50y, 72y, 101y, 140y, 201y, 475y, 975y, 2475y
 Probabilità superamento in 50y: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 10%, 5%, 2%

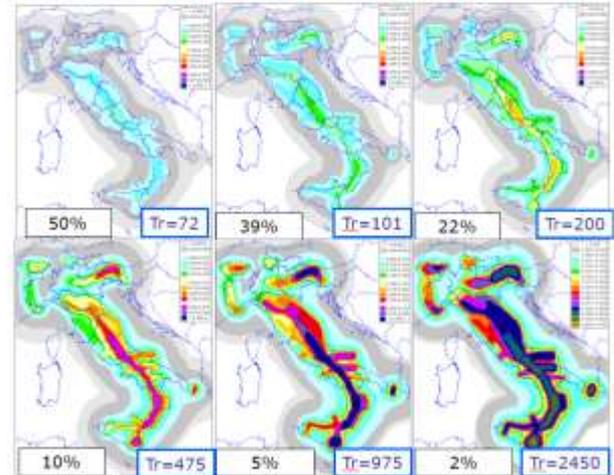
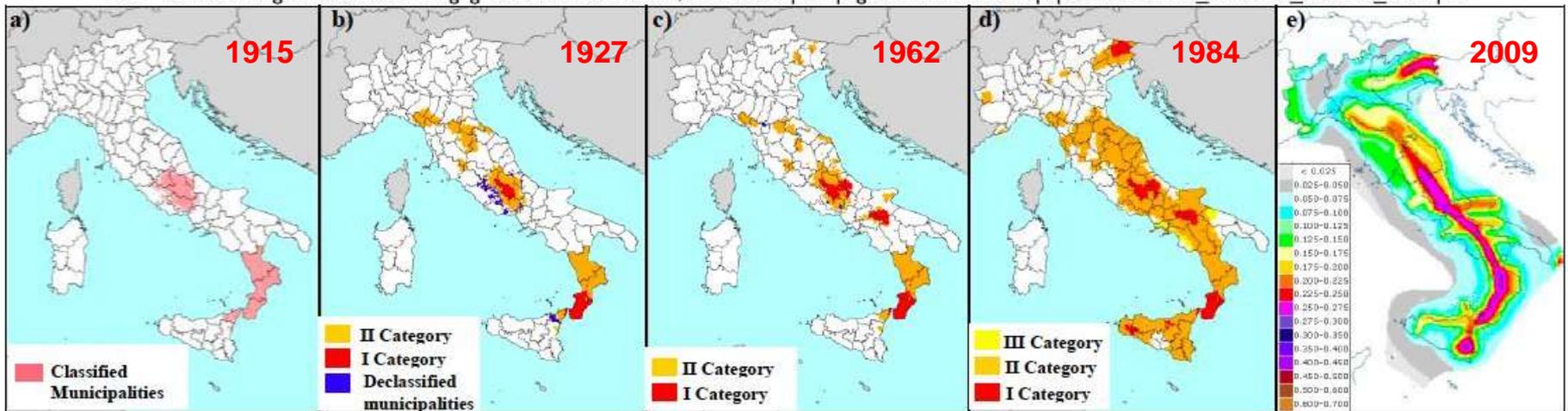


Figure from: Iervolino, I., Petruzzelli, F. (2011) NODE v.1.0 beta: attempting to prioritize large-scale seismic risk of engineering structures on the basis of nominal deficit, atti di XIV Convegno Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", ANIDIS. http://wpage.unina.it/iuniervo/papers/Petruzzelli_Iervolino_ANIDIS_2011.pdf



• Duttività



In parti prefissate
Energia dissipata
plasticamente >
Energia cinetica



Olive View Hospital San Fernando 1971



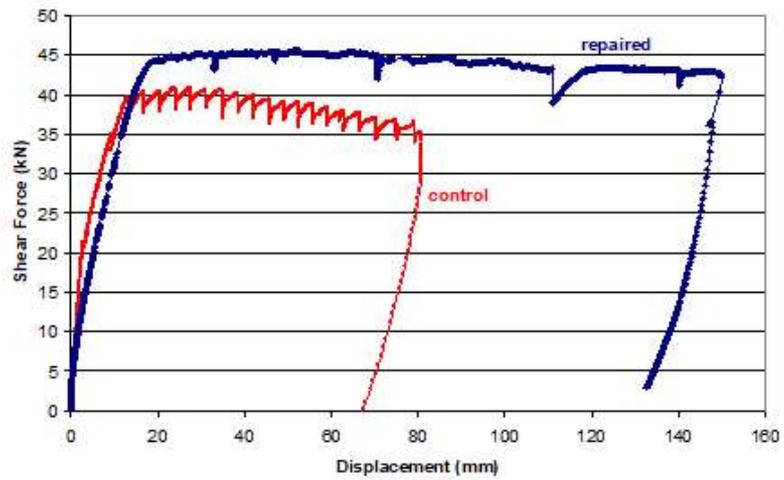
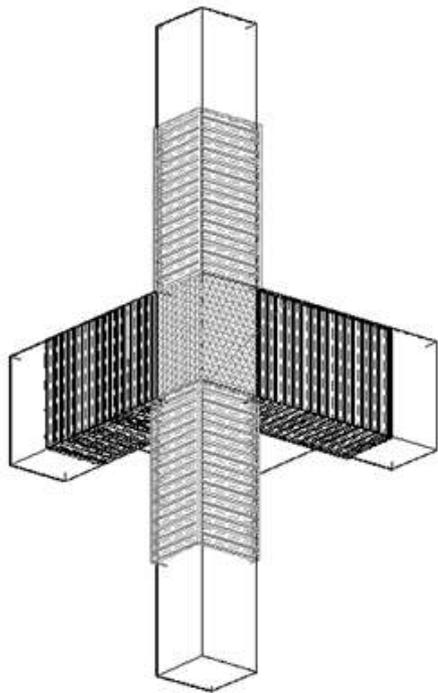
Kobe earthquake 1995



- Gerarchia delle resistenze
 - Capacity Design

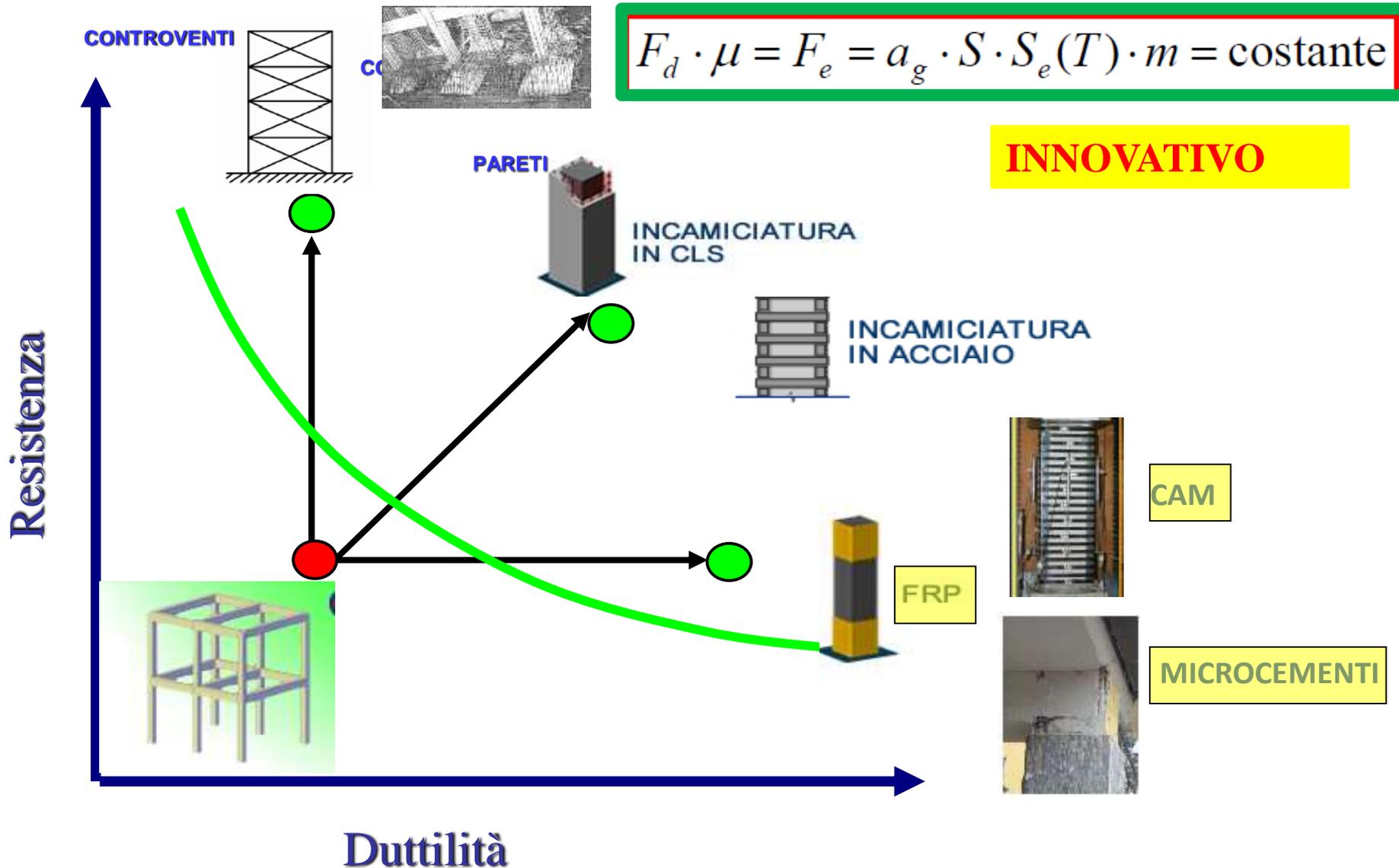
Amatrice 2016





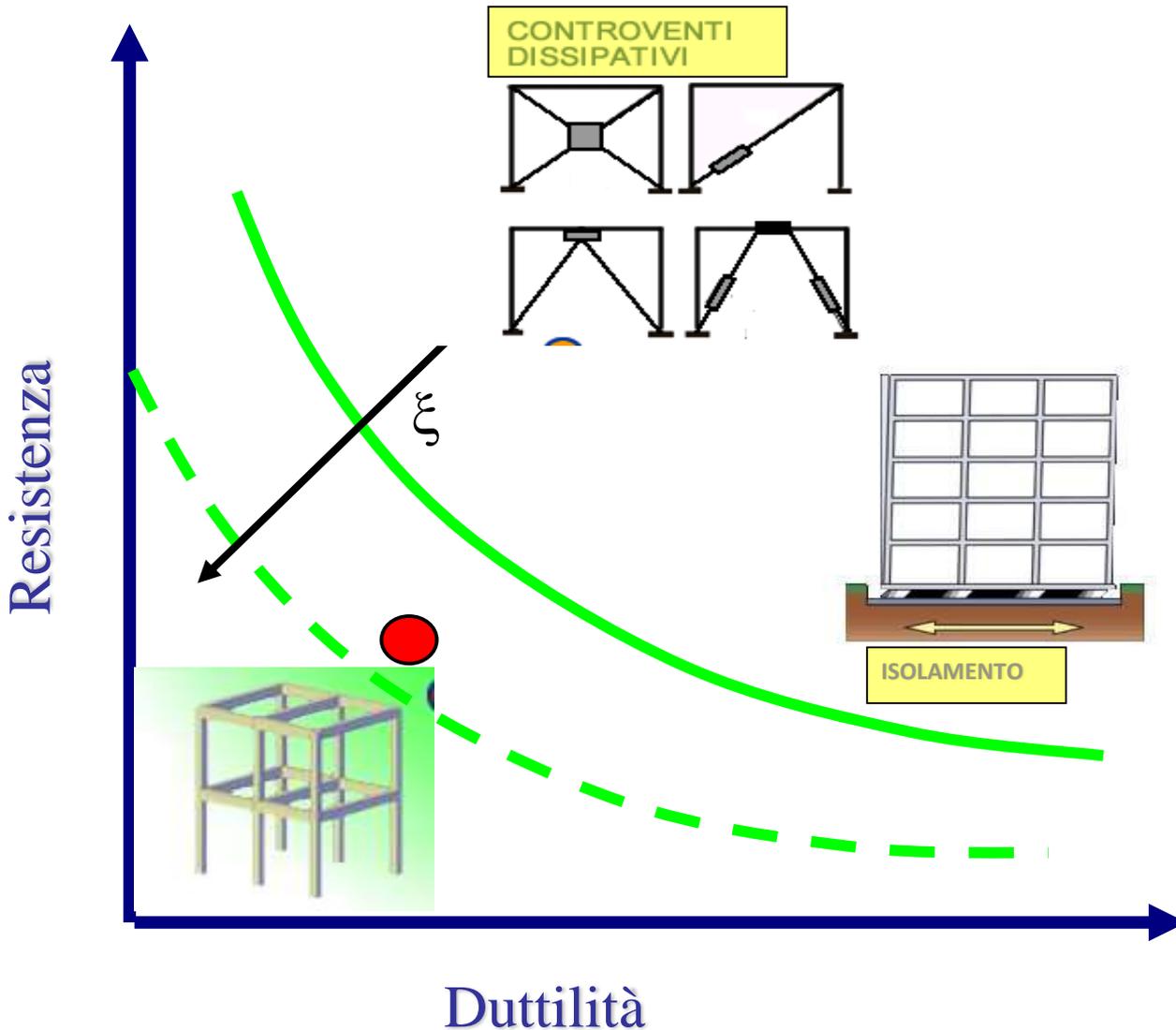
SLV- Edifici in c.a - Interventi

• Incremento di capacità



SLV -Edifici in c.a. - Interventi

- Riduzione della domanda



DISSIPAZIONE
e/o
ISOLAMENTO



L'Aquila: la ricostruzione pesante

➤ RICOSTRUZIONE PESANTE

(Danni severi alle part strutturali e non strutturali)

447 Edifici in cemento armato

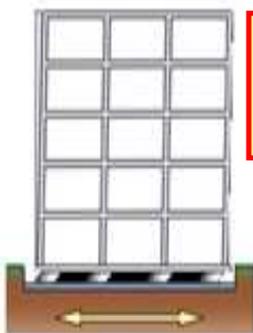
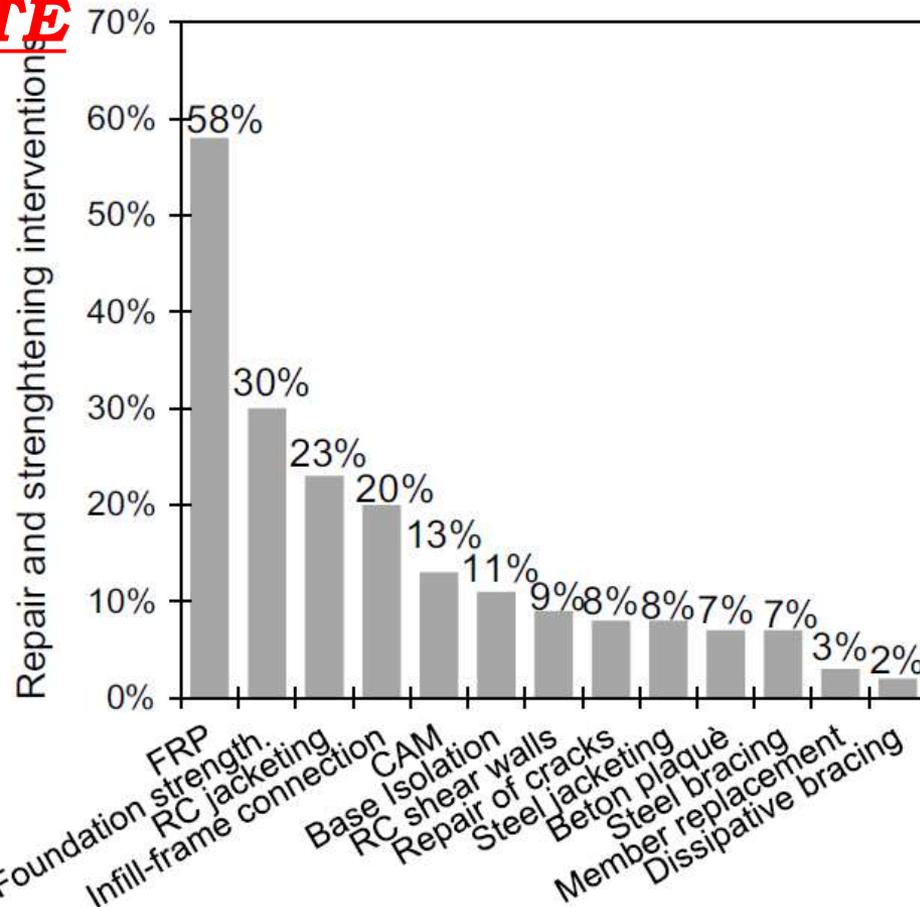
313 Edifici in muratura

✓ Forte impulso all'innovazione

In 59 edifici sono stati adottati gli isolatori

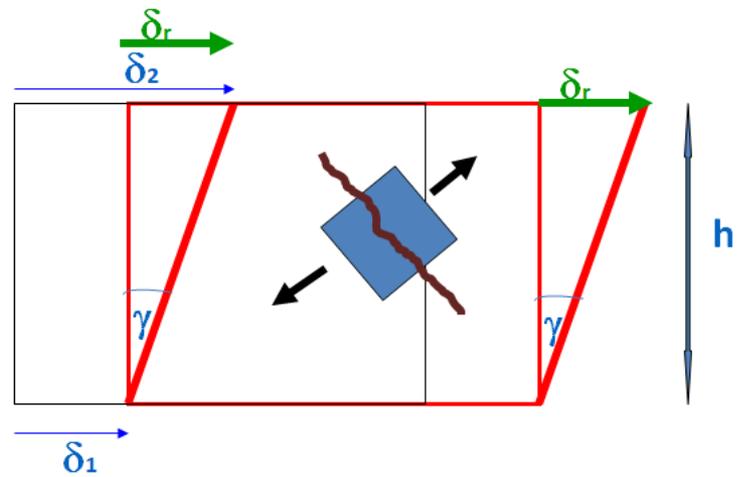
Controventi: 25 edifici
Controventi dissipativi: 7 edifici

✓ Quasi sempre 2 o più tecniche sono state adottate in maniera combinata



IMPORTANZA:

- Stato Limite di Danno
- Stato Limite di Operatività



**RIPARTENDO UNIFORMEMENTE
ONERI GENERALI:**

TAMPONATURE: 60%

STRUTTURE: 3%

IMPIANTI IDRAULICI/ELETTTRICI 15%

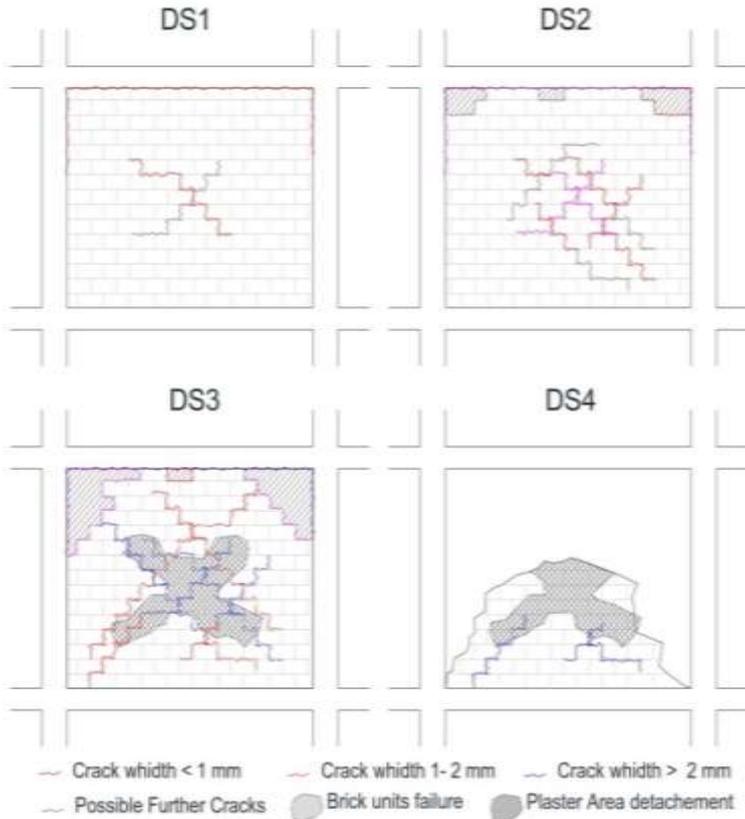
**Pavimenti, massetti, tegole, comignoli,
Canne fumarie, rivestimenti scale: 22%**

Danno Minimo

Danno MEDIO

Danno Minimo

Danno MEDIO



Danno ELEVATO

COLLASSO

Danno ELEVATO

COLLASSO

... openings (a); Damage states interpretation for test #49 (DIST Unina) (b)



Coordinatori: E. Cosenza – A. Occhiuzzi

GdL Sicurezza dei componenti non strutturali

- 1. Filosofia della sicurezza ed azioni di calcolo**
Coordinatori: G. Monti, S. Lagomarsino
Segretario: E. Chioccarelli
- 2. Edilizia generale (Tramezzature, tamponature, Controsoffitti, ...)**
Coordinatori: R. Landolfo, G. Verderame
Segretario: M. Polese, N. Caterino
- 3. Edilizia special (Fregi, Facciate, ...)**
Coordinatori: A. Occhiuzzi, G. Royer Carfagni, N. Caterino
Segretario: C. Moroni
- 4. Capannoni, Musei, Ospedali**
Coordinatori: M. Savoia, A. Prota, A. Masi
Segretario: L. Di Sarno
- 5. Collegamenti strutturali della componentistica edilizia e industriale**
Coordinatori: M. Pecce
Segretario: G. Maddaloni
- 6. Certificazione**
Coordinatori: A. Bonati, G. Magliulo, A. Occhiuzzi
Segretario: G. Baltzopoulos

Appendice: Integrazione delle informazioni relative alla sicurezza dei dataset BIM (Asprone)

Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA), come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM ^(*)	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO							
	SLD	RIG	RIG			RIG		FUN
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche allo stato limite di prevenzione del collasso (SLC), a meno di specifiche indicazioni, si svolgono soltanto in termini di duttilità e solo qualora le verifiche in duttilità siano espressamente richieste (v. §7.3.6.1)

7.3.6.2. ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)

VERIFICHE DI STABILITA'

Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della F_a corrispondente allo SL e alla CU considerati

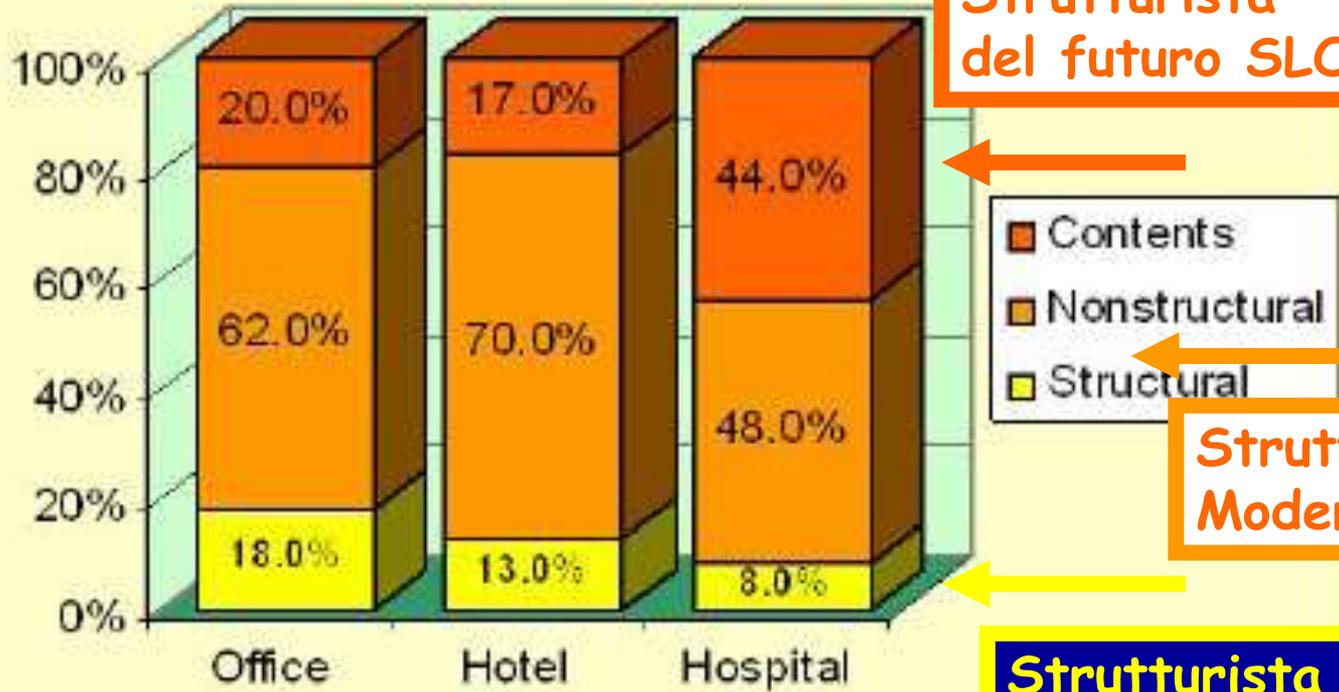
7.3.6.3 IMPIANTI

VERIFICHE DI FUNZIONAMENTO (FUN)

Per gli impianti, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che Gli impianti siano più sensibili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU Considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi

VERIFICHE DI STABILITA' (STA)

Per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL ed alla CU considerati.



Strutturista del futuro SLO

Strutturista Moderno SLD

Strutturista Classico oggi SLV, purtroppo prima del 2003 TA

Edifici per abitazioni: stima 40% + 40% + 20%

CURVA DI RIFERIMENTO, EDIFICIO ESATTAMENTE A NORMA



SLID

Tr=10y ; Freq. annuale $\lambda=10\%$ CR=0%



1999 Izmit, Turkey, earthquake

(Photo by Google/PEEP)

SLO

Tr=30y; Freq. annua $\lambda=3,33\%$

CR=7%



SLD

Tr=50y; Freq. annua $\lambda=2\%$

CR=15%



SLV

Tr=475y; Freq. Annua $\lambda=0,21\%$

CR=50%



SLC

Tr=975y; Freq. annuale $\lambda=0,1\%$

CR=80%

SLR

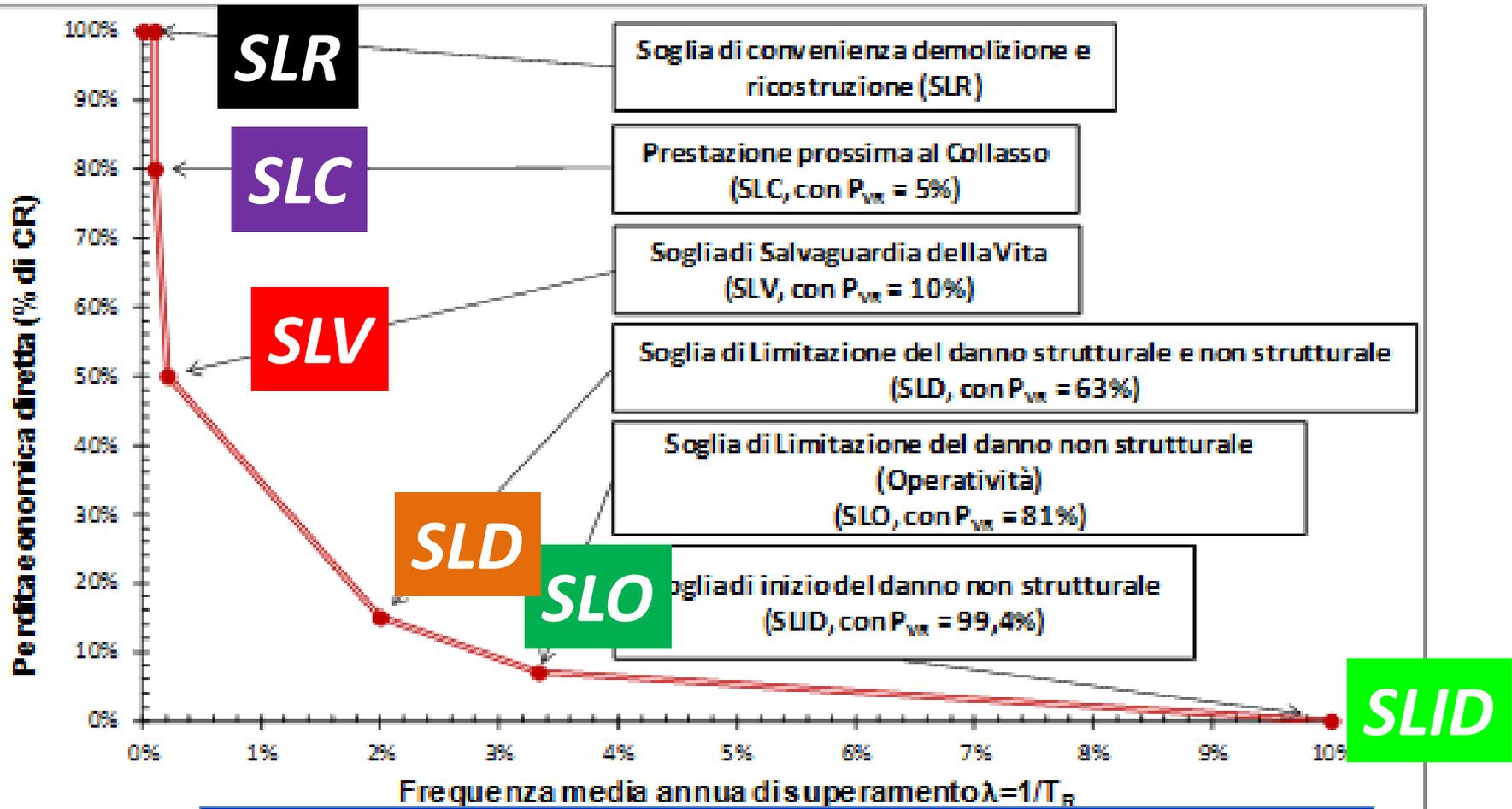
Tr= infinito; Freq. annuale $\lambda=0\%$

CR=100%



NOVITA' ASSOLUTA NEL PANORAMA TECNICO MONDIALE: LA NORMA ASSOCIA I DANNI AI COSTI E QUINDI AI POTENZIALI RISPARMI DELLO STATO IN CASO DI INTERVENTO STRUTTURALE

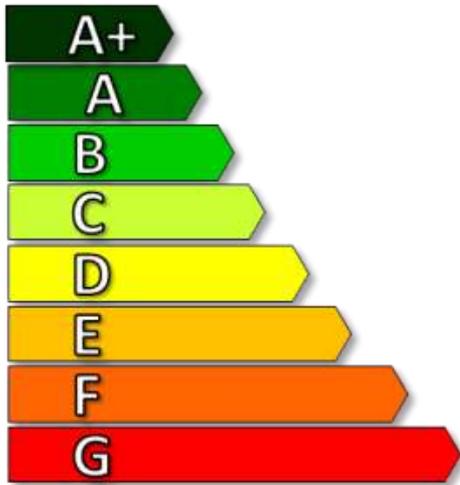
% Costo di Ricostruzione (Perdita economica diretta)



ASCISSA: Frequenza media annua di superamento



SISMABONUS (Classificazione rischio sismico)



**CLASSE SISMICA:
MINIMO FRA LE DUE
CLASSI PAM (COSTI DI
RIPARAZIONE) e IS-V
(SICUREZZA RISPETTO
A POSSIBILI VITTIME E
FERITI)**

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A+
$0,5\% < PAM \leq 1,0\%$	A
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F
$7,5\% < PAM$	G

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A+
$80\% < IS-V \leq 100\%$	A
$60\% < IS-V \leq 80\%$	B
$45\% < IS-V \leq 60\%$	C
$30\% < IS-V \leq 45\%$	D
$15\% < IS-V \leq 30\%$	E
$IS-V \leq 15\%$	F

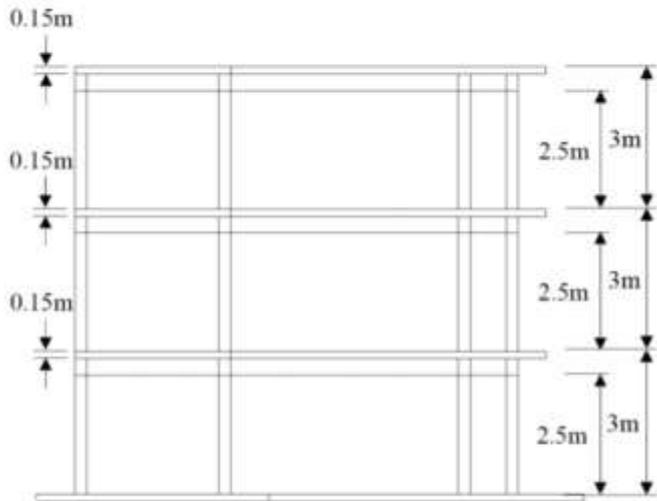


Figure 3. Front view of the case-study structure

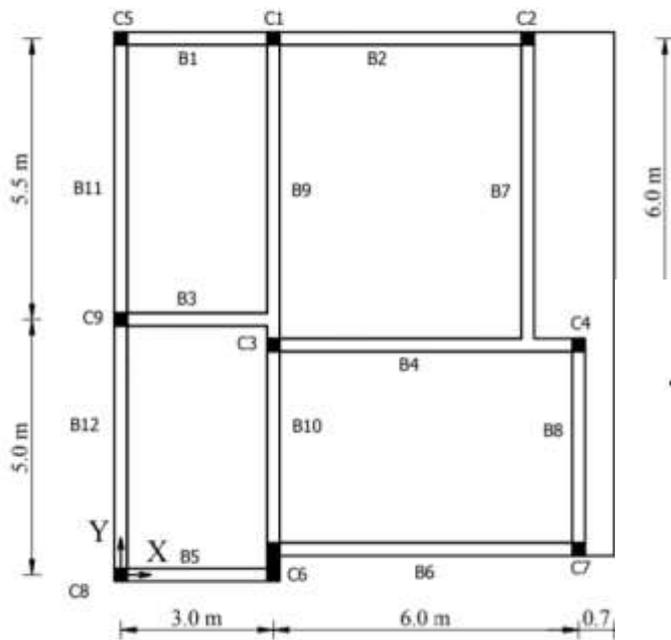


Figure 4. Plan of the case-study structure

A0. Soluzione originaria $T = 0,52$ s

Table 3. Evaluation criteria

C_1	Installation cost
C_2	Installation cost NET of taxes reimbursement GROSS of expected losses
C_3	Number of risk classes of improvement
C_4	Cost for maintenance
C_5	Duration of works
C_6	Architectural impact/functional compatibility
C_7	Increase of force demand at foundation

A1. FRP Stesso T

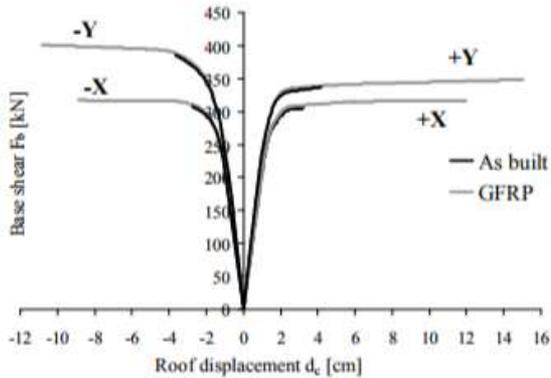


Figure 5. Pushover curves at LS limit state for the as-built structure and that retrofitted with GFRP (alternative A₁).

A3. Incamiciatura in c.a., T=0,42 s

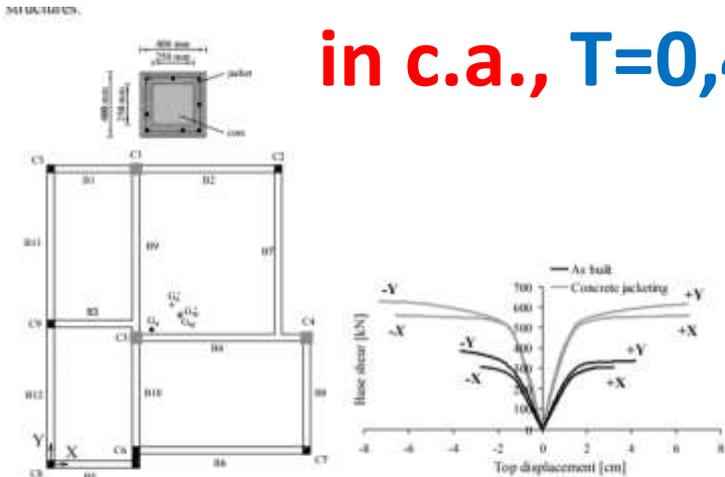


Figure 7. Alternative A₃: RC jacket for three columns (left), pushover curves at LS limit state for the as-built and the retrofitted structure.

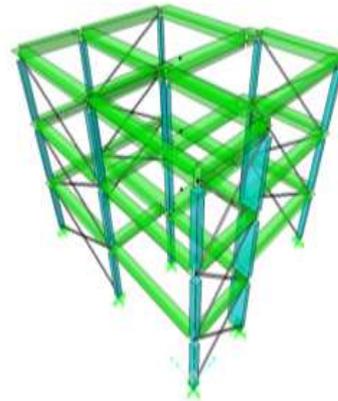
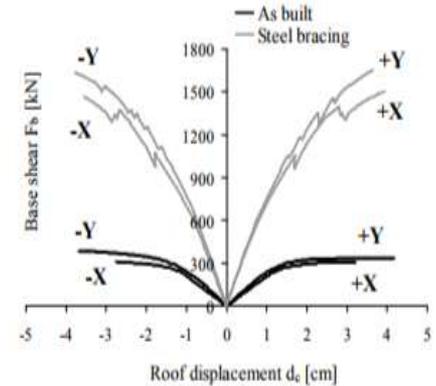


Figure 6. Alternative A₂: bracing configuration (left) and pushover curves at LS limit state for the as-built and the retrofitted structure.



A2. Controventi acciaio T=0,27 s

A4. Isolamento sismico alla base T=1,39 s

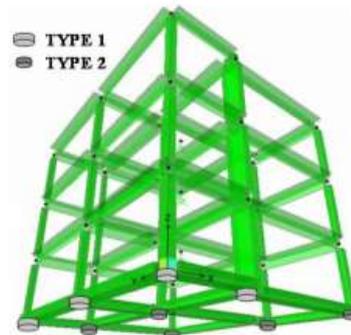
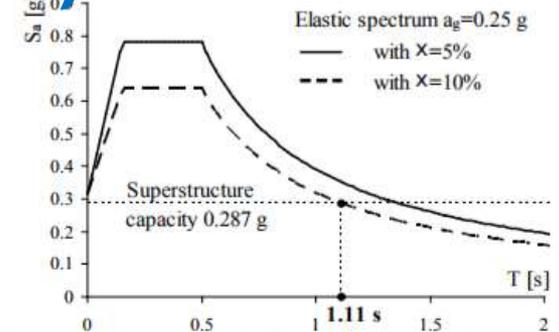


Figure 8. Alternative A₄, base isolation: placement of the two types of device (left), evaluation of the minimum period for isolation (right).



As Built
PAM=1,85%

C

**Diverso il decisore,
Diverse le priorità,
Diversa la scelta
ottimale**

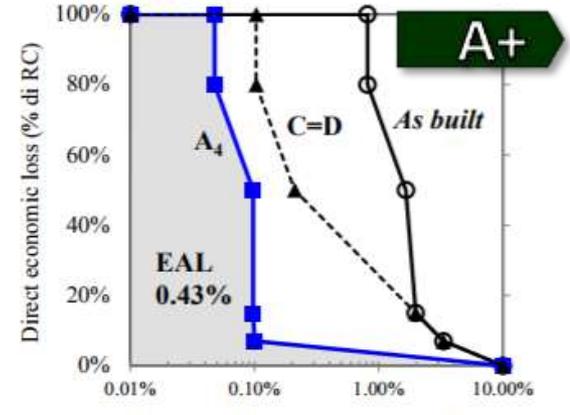
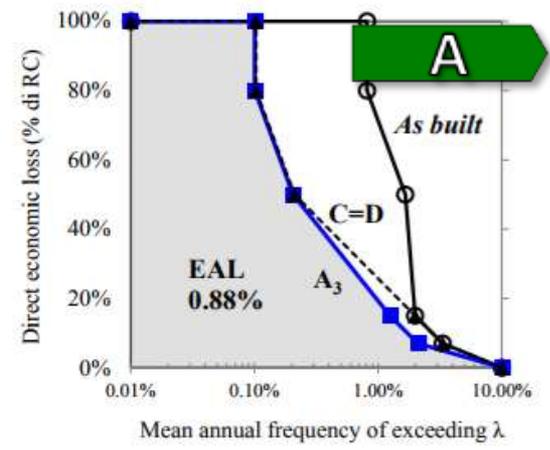
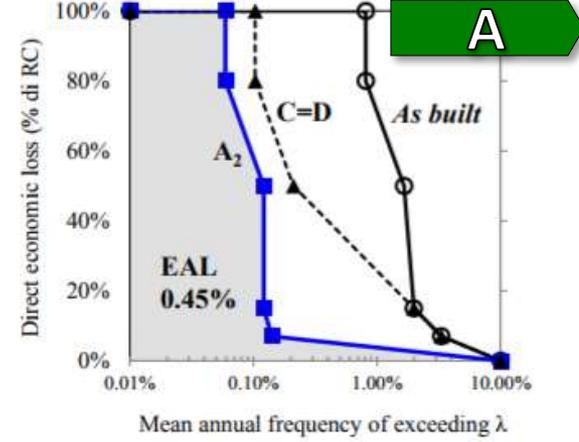
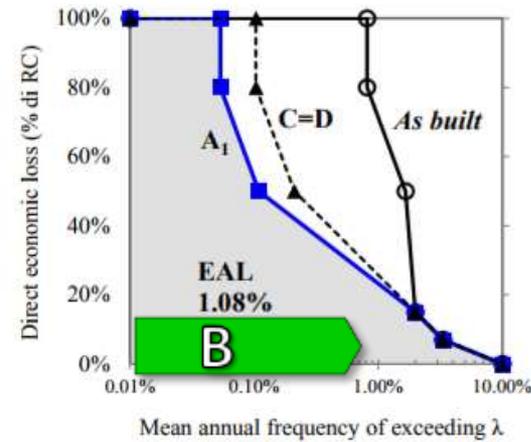
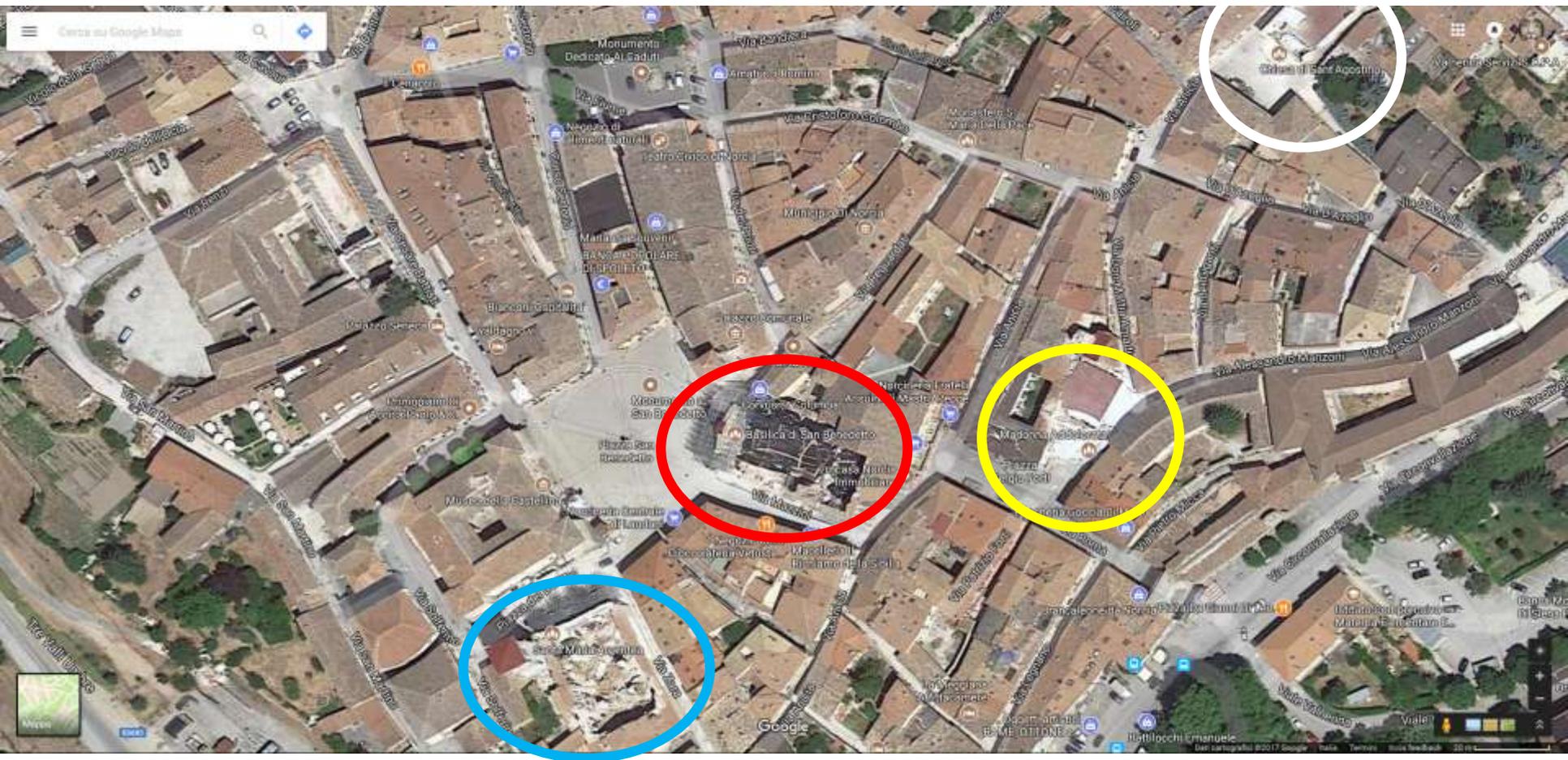


Figure 10. Loss curves for the as-built and retrofitted :
Dashed line refers to the ideal condition $C=D$

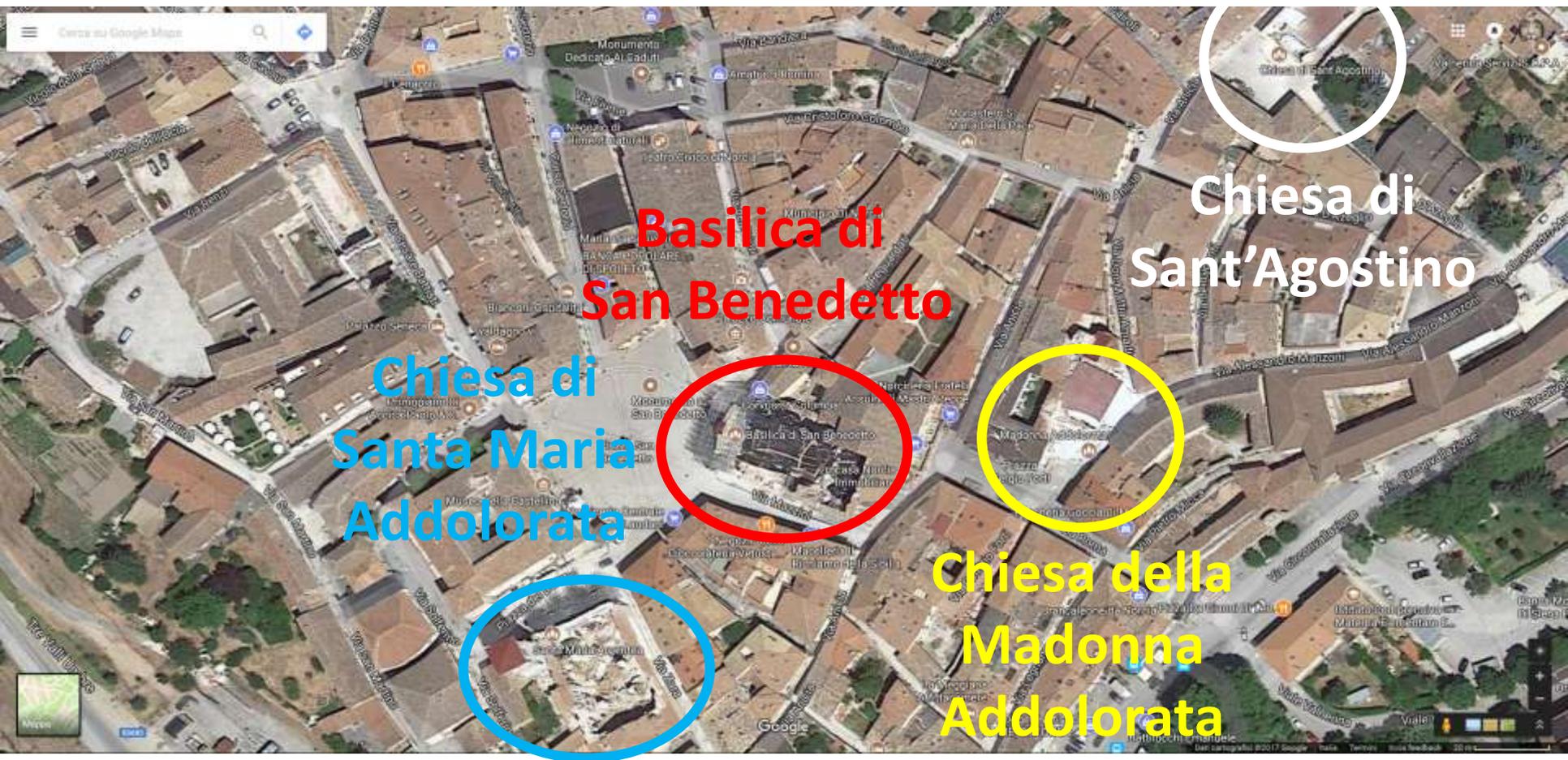
Table 13. Ranking of alternatives for DM_1 and DM_2 .

	Decision maker 1				Decision maker 2			
	S_{i^*}	S_{i^-}	C_{i^*}	Rank	S_{i^-}	C_{i^*}	C_{i^*}	Rank
A₁	0.03	0.29	0.90	I	0.11	0.21	0.65	I
A₂	0.29	0.05	0.16	IV	0.21	0.11	0.35	IV
A₃	0.14	0.21	0.60	II	0.13	0.13	0.49	III
A₄	0.23	0.13	0.35	III	0.13	0.15	0.54	II

BENI CULTURALI, quale protezione ?



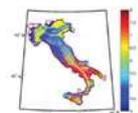
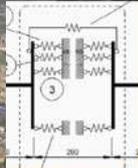
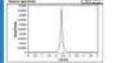
BENI CULTURALI, quale protezione ?





The state of
Earthquake
Engineering
Research
in Italy:
the ReLUIIS-DPC
2005-2008 Project

Gaetano Manfredi, Mauro Dolce
editors



www.reluis.it



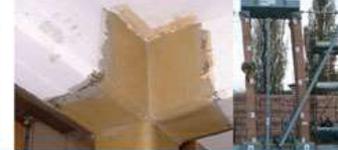
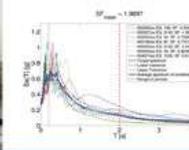
The state of
Earthquake
Engineering
Research
in Italy:
the ReLUIIS-DPC
2010-2013 Project

Gaetano Manfredi, Mauro Dolce
editors



Eurocode 8 Perspectives
from the Italian
Standpoint Workshop

Edoardo Cosenza
editor





Steel and steel-concrete composite structures in seismic area: advances in research and design

The Research Project RP3 of the ReLUIs-DPC 2014-2018
Activity carried out during years 2014-2016

Raffaele Landolfo
Riccardo Zandonini
editors



www.reluis.it



The implicit risk of code-conforming structures in Italy

A joint ReLUIs-EUCENTRE project

Luca Tavolani
editor



The development of innovative approaches for the design of steel and composite steel-concrete structural systems

The Line 5 of the ReLUIs-DPC 2005-2008 Project

Federico M. Mazzolani
Riccardo Zandonini
editors





Linee guida per

Modalità di indagine
sulle strutture e sui terreni
per i progetti di riparazione,
miglioramento e ricostruzione
di edifici inagibili



d/

www.reluis.it



Linee guida per

Riparazione e rafforzamento
di elementi strutturali,
tamponature e partizioni

a cura di
Mauro Dolce
Gaetano Manfredi



Libro bianco
sulla ricostruzione privata
fuori dai centri storici
nei comuni colpiti dal sisma
dell'Abruzzo del 6 aprile 2009



d/

a cura di
Mauro Dolce
Gaetano Manfredi

d/