

NUOVI RISCHI EMERGENZIALI IN AMBITO INDUSTRIALE

IL RISCHIO SISMICO

***Ing. Giulia Bortot
Ing. Marcello Giovagnoni***



Ingegneria e Architettura Strutturale
Via Iacopo Barozzi 2 – BOLOGNA
www.architetturastrutturale.it
info@architetturastrutturale.it

IL RISCHIO SISMICO
Imola, 05 marzo 2015



INQUADRAMENTO NORMATIVO ATTIVITA' PRODUTTIVE

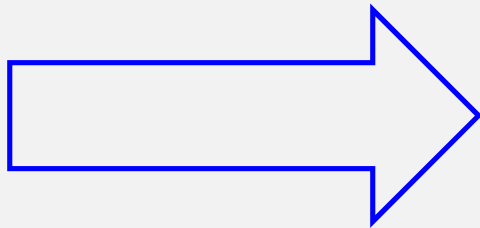
Decreto Legislativo 81/2008

Titolo I - CAPO III

Sezione I – Misure di tutela e obblighi

Articolo 17 – Obblighi del datore di lavoro non delegabili

*Comma 1a: “Il datore di lavoro non può delegare **l'attività di valutazione di tutti i rischi**”*



*IN “TUTTI I RISCHI” E' INCLUSO
ANCHE IL **RISCHIO SISMICO***

INQUADRAMENTO NORMATIVO ATTIVITA' PRODUTTIVE

Decreto Legislativo 81/2008

Titolo II - CAPO I

Articolo 63 – Requisiti di salute e di sicurezza

Comma 1: “I luoghi di lavoro devono essere conformi ai requisiti indicati nell’Allegato IV”

Allegato IV

Punto 1.1.1 “Gli edifici che ospitano *i luoghi di lavoro o qualunque altra opera e struttura presente nel luogo di lavoro* *devono essere stabili e possedere una solidità che corrisponda al tipo d’impiego e alle caratteristiche ambientali*”

Articolo 64 – Obblighi del datore di lavoro

Comma 1c: “Il datore di lavoro provvede affinché i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica e *vengano eliminati, quanto più rapidamente possibile, i difetti rilevati che possano pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori*”

COS'E' IL RISCHIO SISMICO?

Il **RISCHIO SISMICO** è la misura dei **danni attesi in un dato intervallo di tempo**, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione, natura, qualità e quantità dei beni esposti. E' funzione della **pericolosità**, della **vulnerabilità** e dell'**esposizione**.

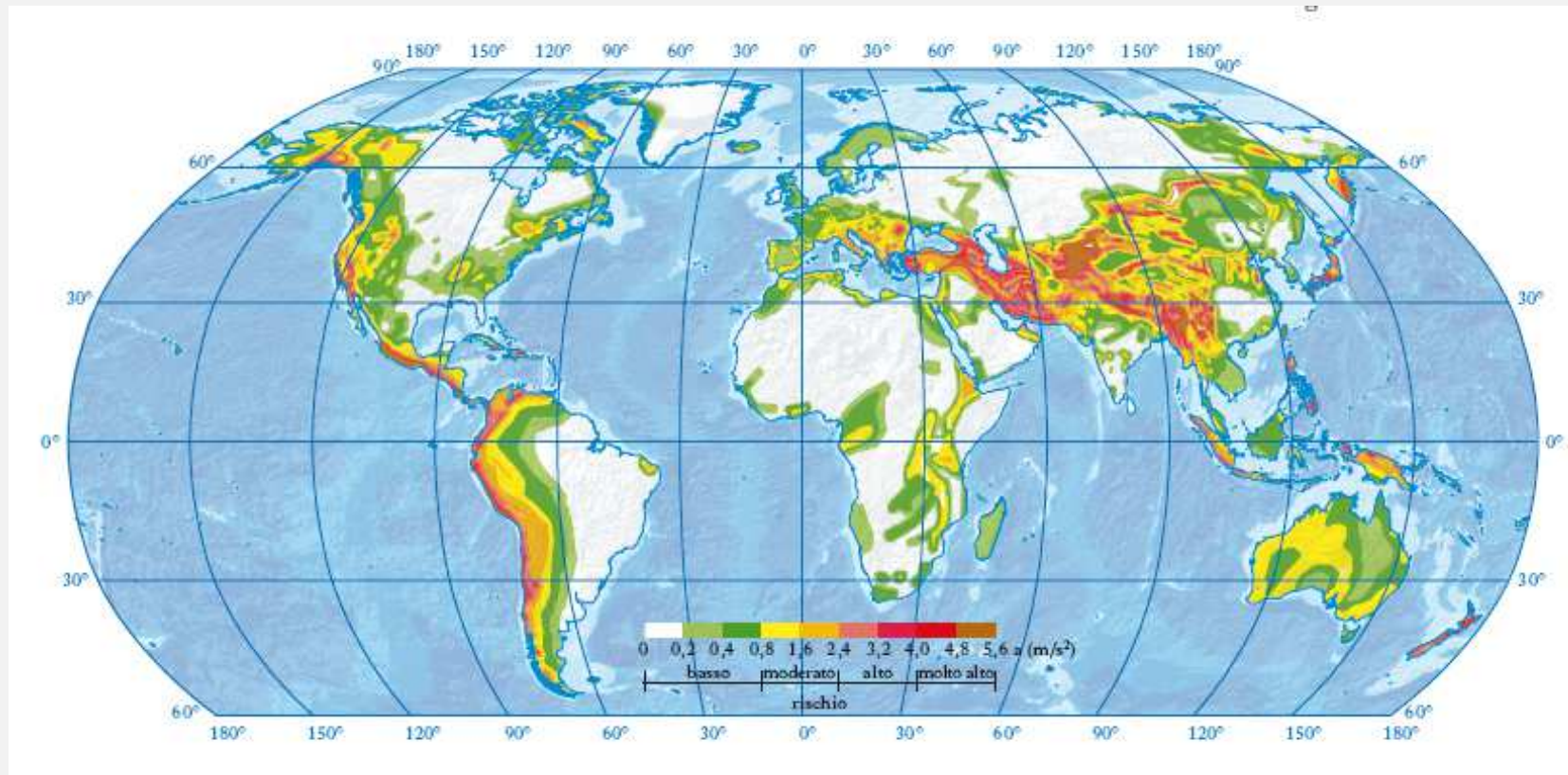
Pericolosità: probabilità che si verifichi un evento sismico di una certa entità, entro un dato periodo di tempo in una determinata area.

Vulnerabilità: capacità di un edificio di resistere agli eventi sismici.

Esposizione: presenza di persone, cose, attività e beni intesi anche come vite umane, beni economici, beni storici e beni strategici.



IL RISCHIO SISMICO NEL MONDO



IL RISCHIO SISMICO IN ITALIA – PERICOLOSITA'

Negli **ultimi 30 anni**:

- registrati circa **150.000** terremoti,
- di cui almeno **50 di forte intensità**.

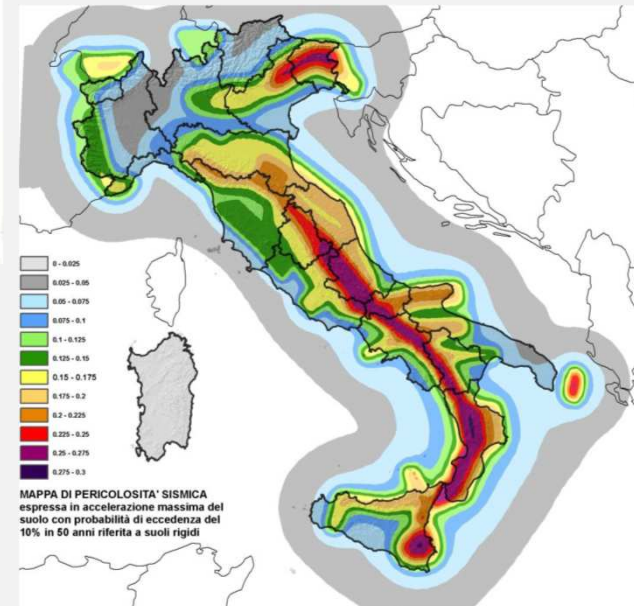
Recentemente:

Umbria e Marche 1997,

San Giuliano di Puglia 2002,

Abruzzo 2009

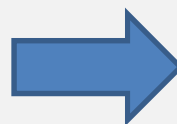
Emilia 2012



IL COSTRUITO IN ITALIA – VULNERABILITA'

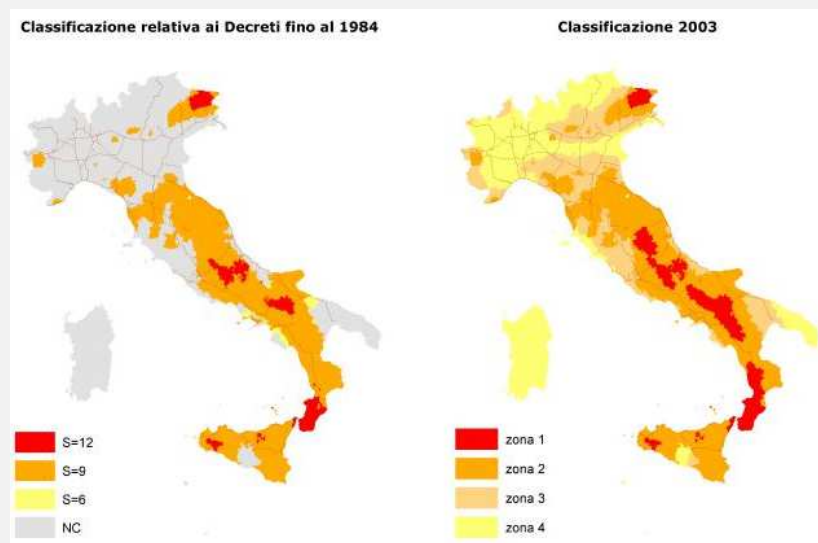
Molto variegato (edifici monumentali, edifici storici, edifici recenti in muratura e c.a., edifici per attività produttive).

Abitazioni per anno di costruzione
(elaborazione ISTAT 2001)



Più del 60% risulta costruito prima del 1971

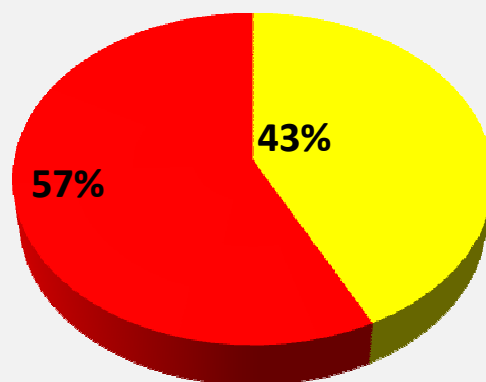
Variazione della zonizzazione sismica negli anni, per cui la maggior parte degli edifici non è stata progettata con criteri antisismici.



ATTIVITA' PRODUTTIVE - ESPOSIZIONE

Gli ultimi eventi sismici hanno portato ad una crescente sensibilità in materia di **prevenzione e mitigazione dei rischi legati agli eventi sismici per le attività produttive.**

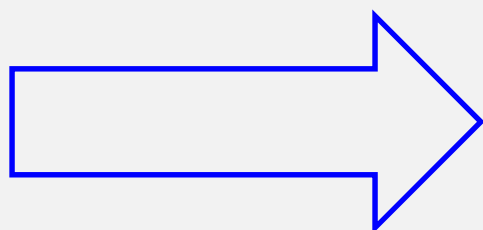
Danni alle attività produttive del terremoto dell'Emilia del maggio 2012:



Danni totali 5.2 mld€

■ Strutture e finiture 2.3 mld€

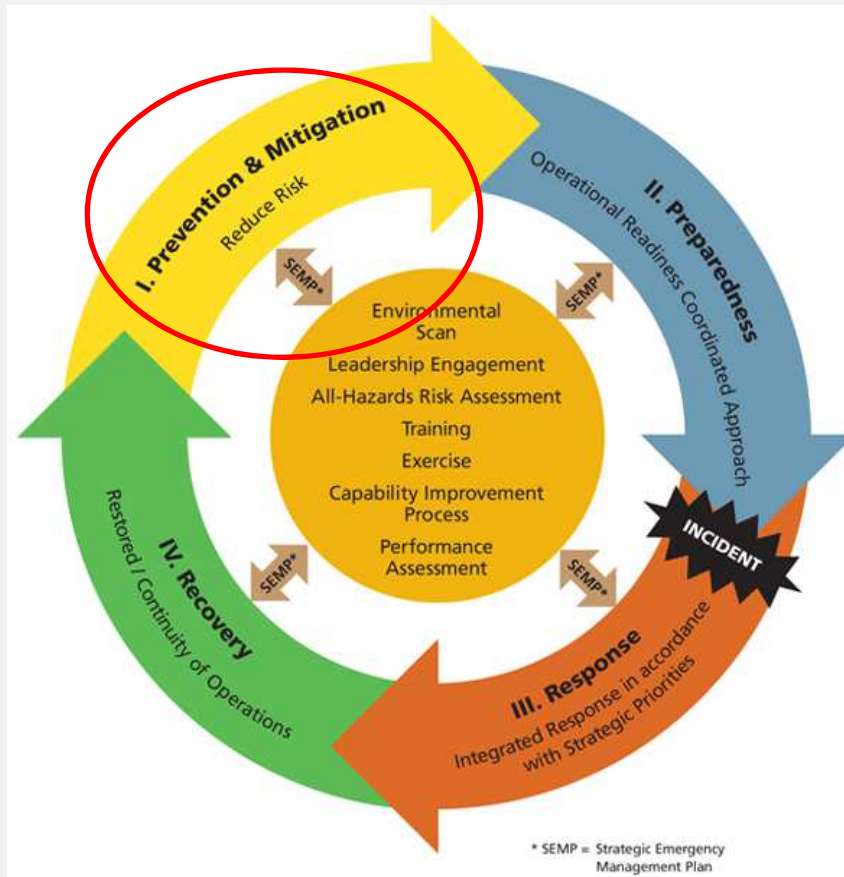
■ Interruzione attività 3.1 mld€



IMPORTANZA DELLO **SVILUPPO DELLA
GESTIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LE
ATTIVITA' PRODUTTIVE**

GESTIONE DEL RISCHIO

Emergency Management Continuum



*Emergency Management
Planning Guide 2010–2011
Public Safety Canada*

RIDUZIONE DEL RISCHIO

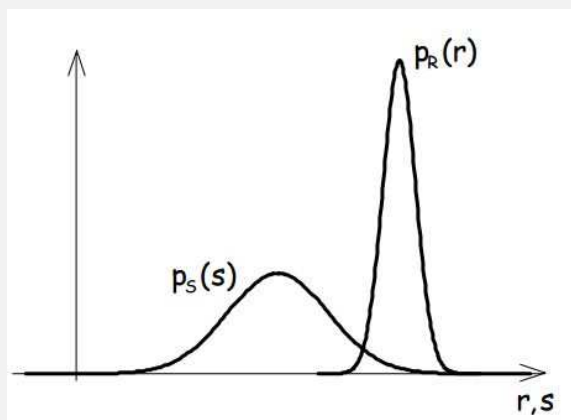
COSA SIGNIFICA
RIDURRE IL RISCHIO
NEL CAMPO DELLE
STRUTTURE?



SICUREZZA STRUTTURALE

*“Una struttura deve essere progettata e costruita in modo tale che: (a) con una **probabilità accettabile** essa rimarrà idonea all’uso al quale è destinata tenendo conto della sua durata prevista e del suo costo; inoltre: (b) essa sopporterà, con un adeguato grado di **affidabilità**, tutte le azioni e tutti gli effetti che hanno probabilità di intervenire durante l’esecuzione e l’esercizio ...”*

L'INGEGNERIA STRUTTURALE opera nel campo delle **PROBABILITÀ** e non nel campo delle **certezze matematiche**.



$$1 + 1 = 2$$

SICUREZZA STRUTTURALE

Quali criteri?

Confronto con i rischi associati
alle attività umane

Attività	Coefficiente *	Esposizione **	Rischio ***
Alpinismo	30000-40000	50	1500-2000
Navigazione	1500	80	120
Nuoto	3500	50	170
Fumo di sigaretta	2500	400	1000
Viaggi aerei	1200	20	24
Viaggi in auto	700	300	200
Viaggi in treno	80	200	15
Cantieri	70-200	2200	150-440
Industria	20	2000	40
Incendi	1-3	8000	8-24
Collasso strutturale	0.02	6000	0.1

Dati CIRIA (1977)

* 10^{-9} morti/ora esposizione

** ore/anno

*** 10^{-6} morti/anno

Criterio socio - economico

Max

$$B - (C_i + C_{qa} + C_c + C_{as} + C_m + P_f \cdot C_f)$$

B = benefici

C_{qa} = costo qualità

C_c = costo azioni correttive q_a

C_{as} = assicurazione

C_m = manutenzione

P_f = probabilità di collasso

C_f = costo associato al collasso

Quanto vale una vita
umana persa?

SICUREZZA STRUTTURALE PER NUOVE COSTRUZIONI

Calibrazione dei codici finalizzata al raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza.

ISO 2394, CEB FIB MC2010 e altre norme di riferimento indicano che la probabilità accettabile di perdita di vita umana è:

$$10^{-6} / \text{anno}$$

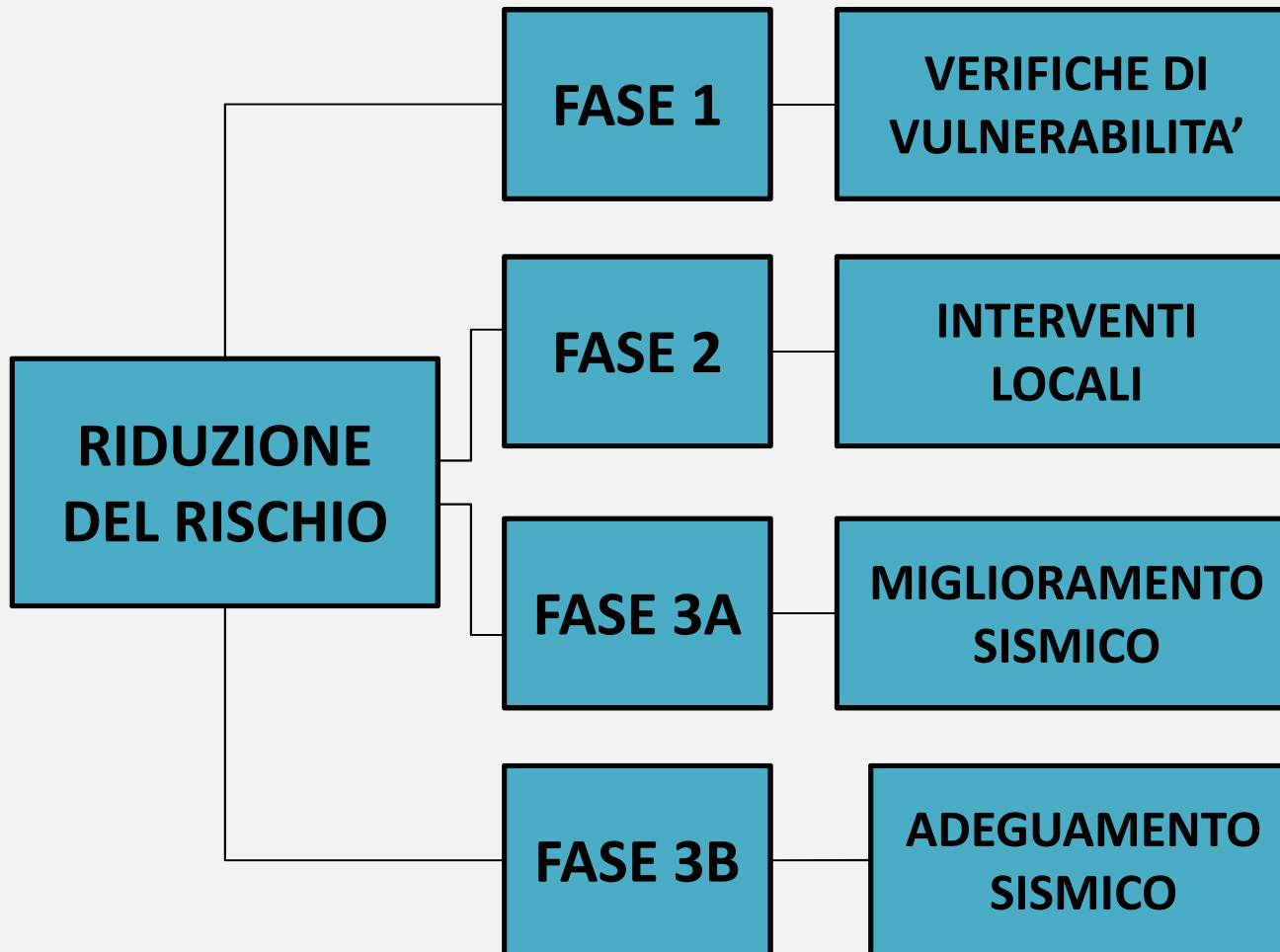
Pertanto deve risultare:

$$P_{ef} * P_{df} < 10^{-6} / \text{anno}$$

P_{ef} = probabilità di collasso dell'edificio

P_{df} = probabilità che una persona sia presente nell'edificio al momento del collasso

RIDUZIONE DEL RISCHIO

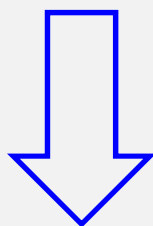


FASE 1 - VERIFICHE DI VULNERABILITÀ

La finalità delle **VERIFICHE DI VULNERABILITÀ** è la **valutazione della sicurezza** nei confronti delle **azioni sismiche** mediante un procedimento quantitativo volto a:

- stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, oppure
- a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

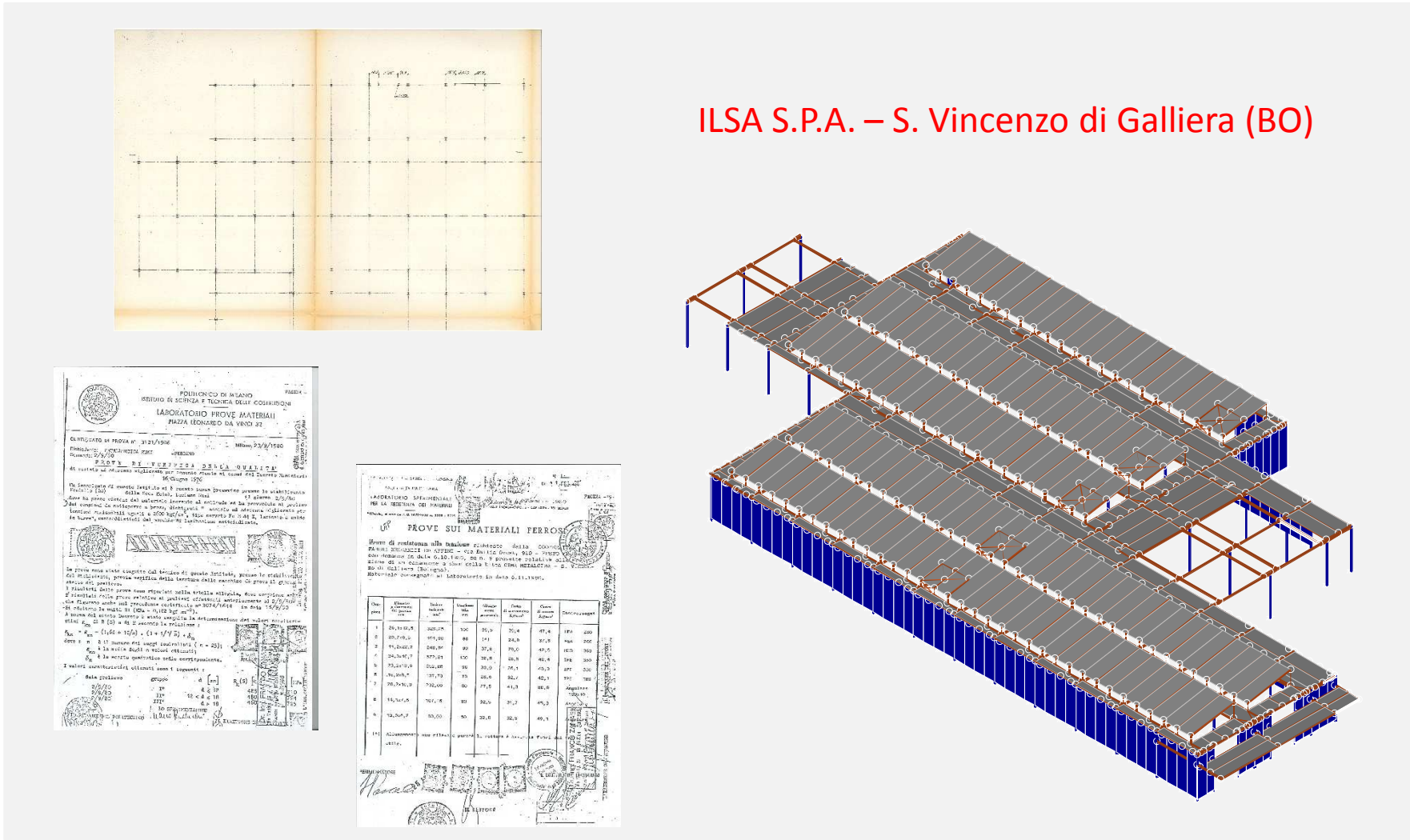
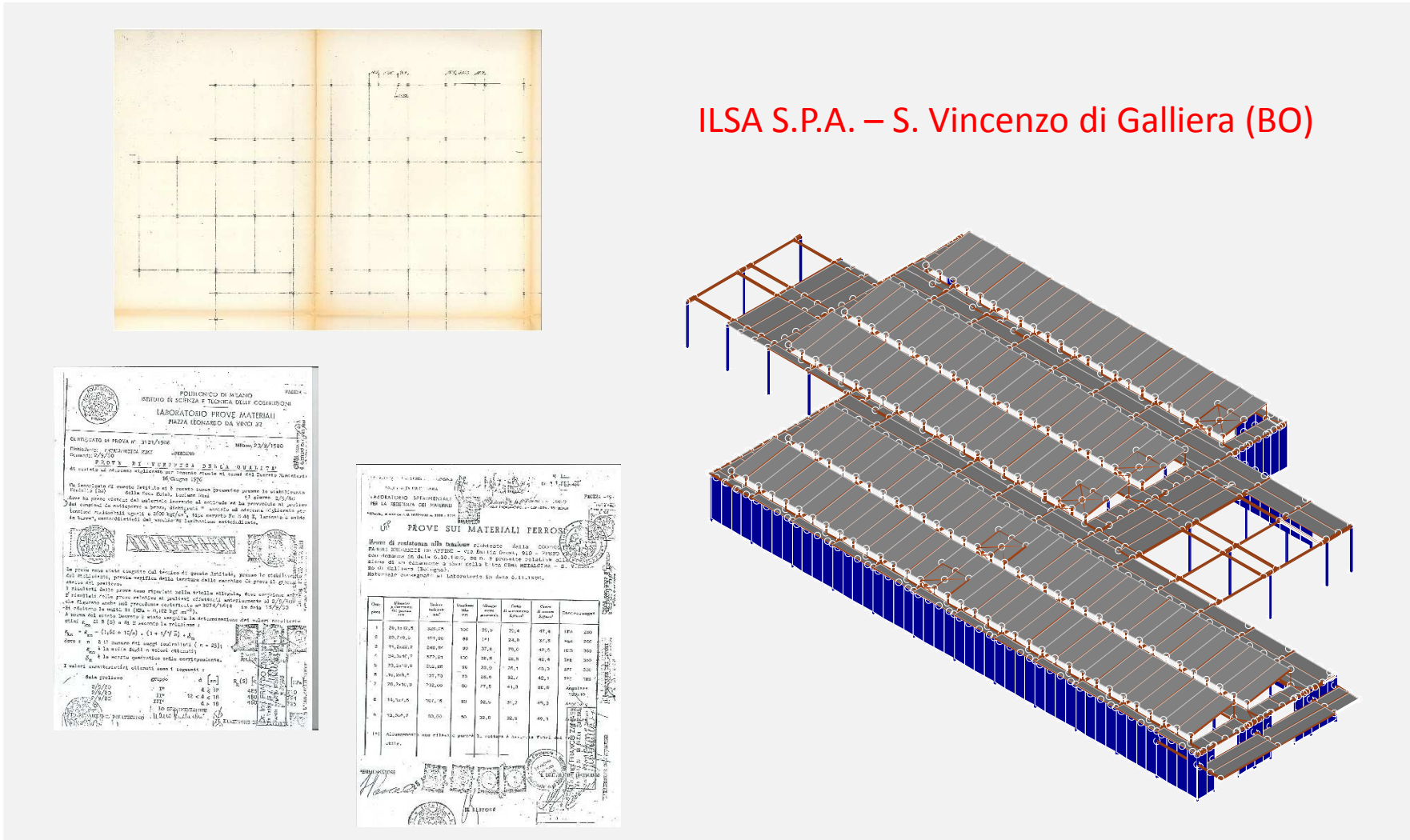
LIVELLO DI CONOSCENZA



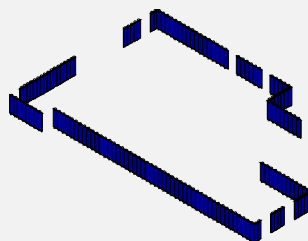
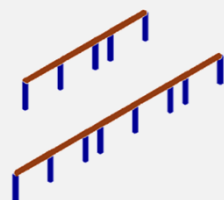
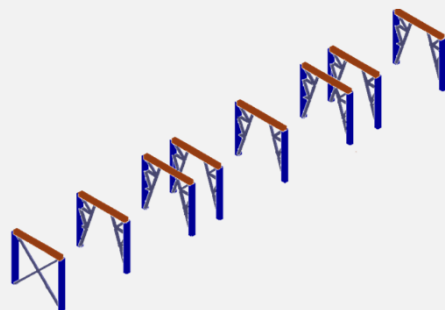
FATTORE DI CONFIDENZA

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00



FASE 1 - VERIFICHE DI VULNERABILITÀ - esempi



sistema	verifica	elemento verificato	percentuale azione sismica	schema grafico
controvento X	SLV sisma x	controventi a X	95%	
		colonne HEA240	100%	
		traverso	100%	
		collegamento ctv X-colonna	40%	
		collegamento colonna-plinto	100%	
controvento V	SLV sisma x	colonne HEA240	100%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna filo I	60%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna filo H	55%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna fili D e E	45%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna filo G	40%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna filo C	35%	
		ctv a V - traverso - collegamento ctv-colonna filo F	25%	
		bielle	100%	
		collegamento colonna-plinto	100%	

sistema	verifica	elemento verificato	percentuale azione sismica	schema grafico
telaio T1	SLV sisma y	colonne HEA240	100%	
		traverso	60%	
		collegamento trave-colonna	100%	
		collegamento colonna-plinto	100%	
telaio T2	SLV sisma y	colonne HEA240	100%	
		traverso	45%	
		collegamento trave-colonna	100%	
		collegamento colonna-plinto	100%	
telaio T3	SLV sisma y	colonne HEA240	100%	
		traverso	55%	
		collegamento trave-colonna	100%	
		collegamento colonna-plinto	100%	

sistema	verifica	elemento verificato	percentuale azione sismica
pannelli	SLD	pannelli di tamponamento	100%
pressioni contatto terreno	SLV	terreno	100%
plinti	SLV	plinti	100%
spostamenti relativi	SLV	assenza fenomeni di martellamento	60%

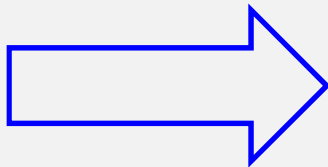
FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

Gli **INTERVENTI LOCALI** riguardano singole parti o elementi della struttura e interessano porzioni limitate della costruzione.

L'intervento **non deve cambiare** significativamente **il comportamento globale della struttura**, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidezza o di peso.

C8.4.3: Interventi di ripristino o rinforzo delle connessioni tra elementi strutturali ricadono negli **INTERVENTI LOCALI**.

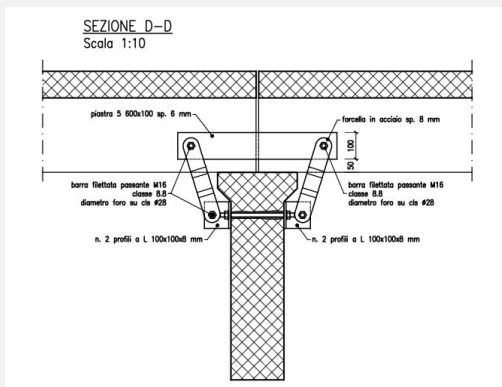
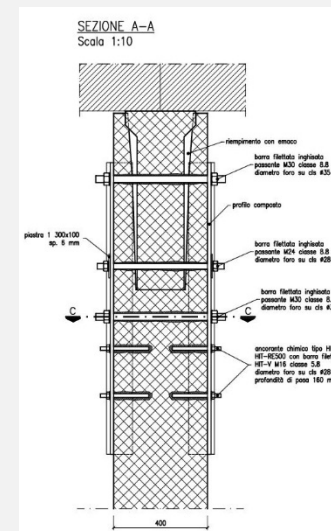
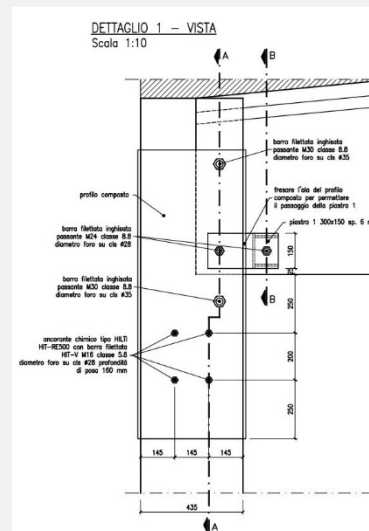
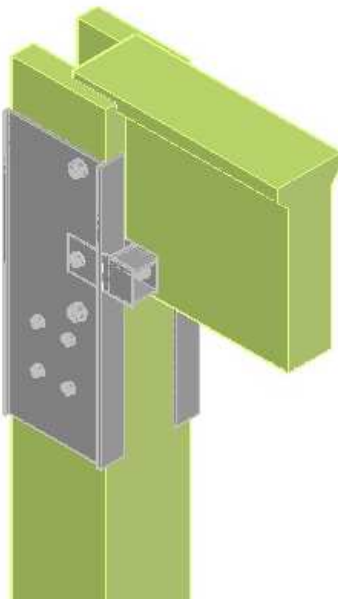
NON si migliora la capacità di resistenza dell'edificio alle azioni sismiche; si prevengono i **MECCANISMI DI COLLASSO CINEMATICO**



NON E' RICHIESTA LA MODELLAZIONE DELL'INTERO EDIFICIO

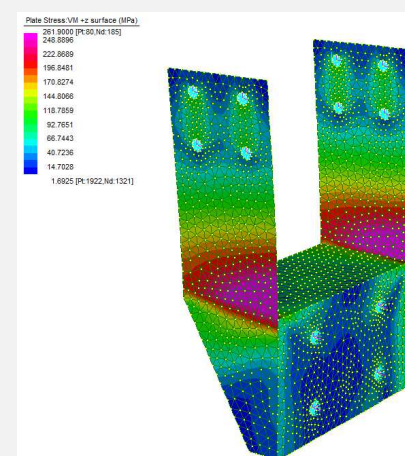
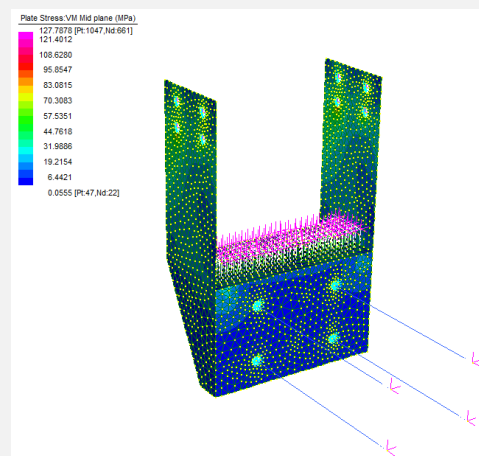
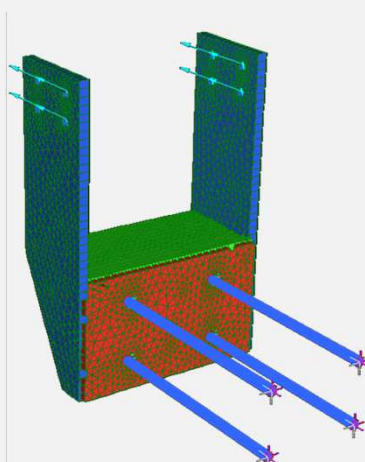
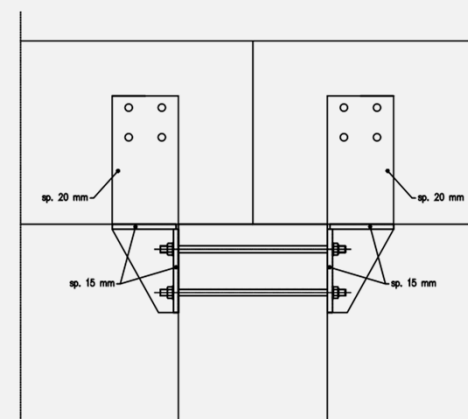
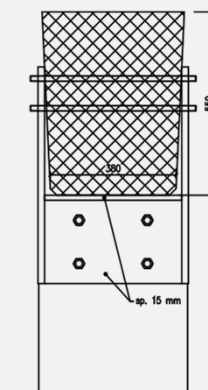
FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

ME.CA.GI – Osteria Grande (BO)



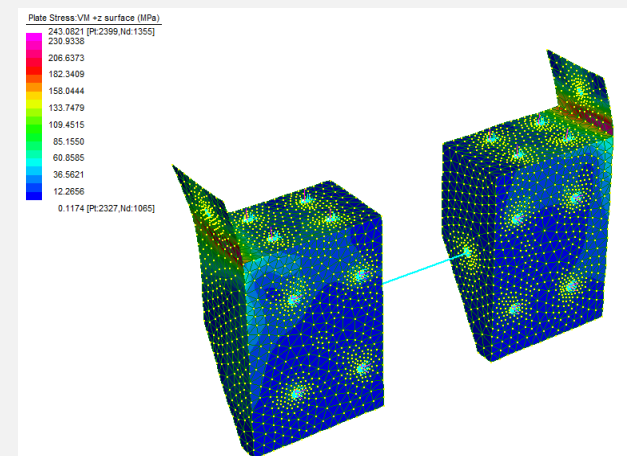
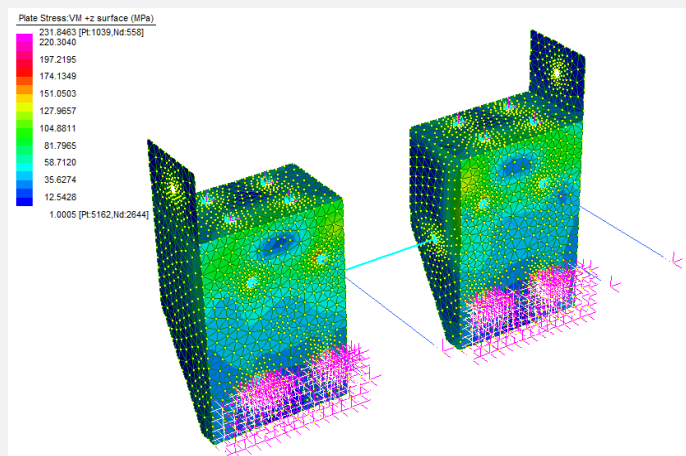
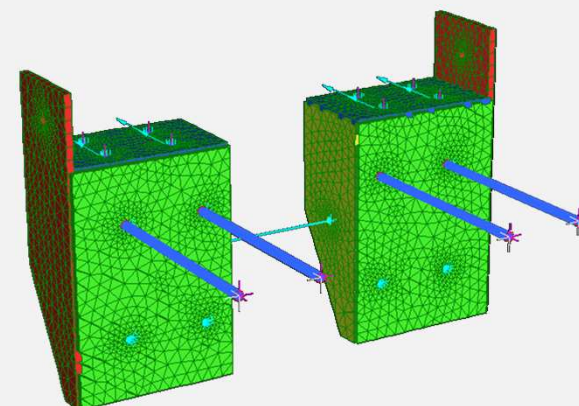
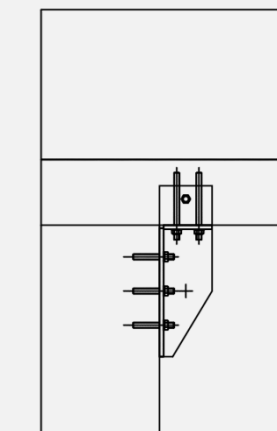
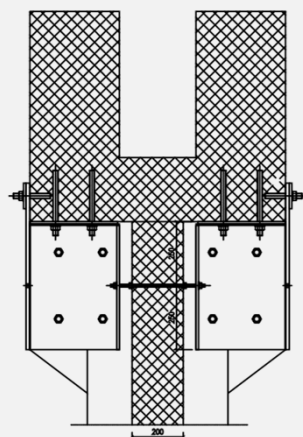
FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

LEDATEx S.r.l. – Rio Saliceto (RE)



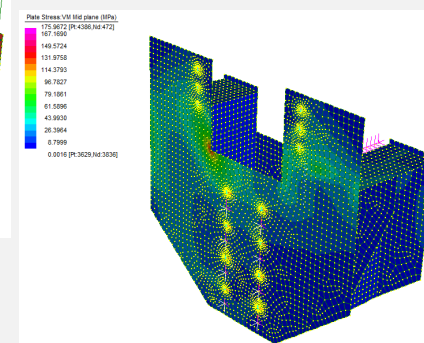
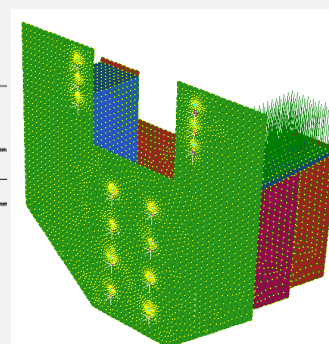
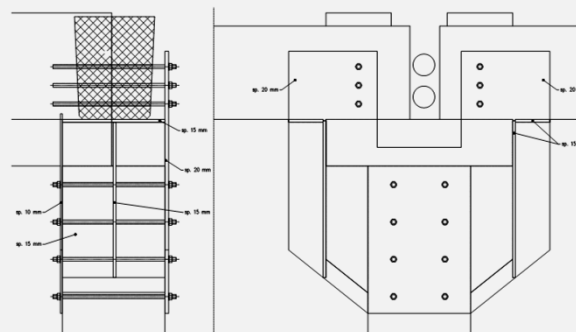
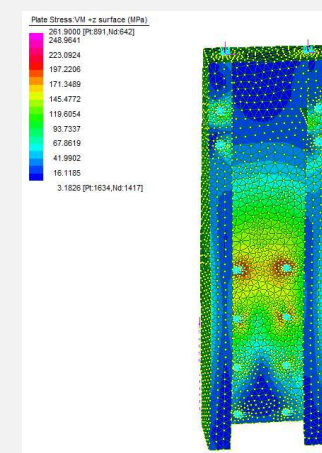
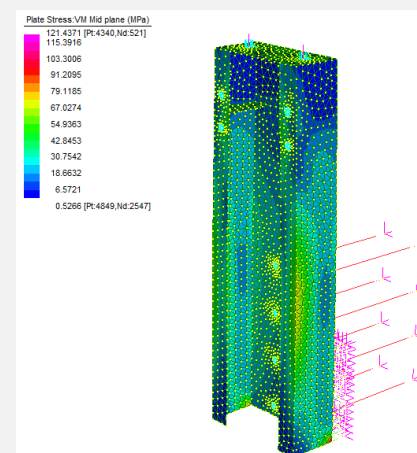
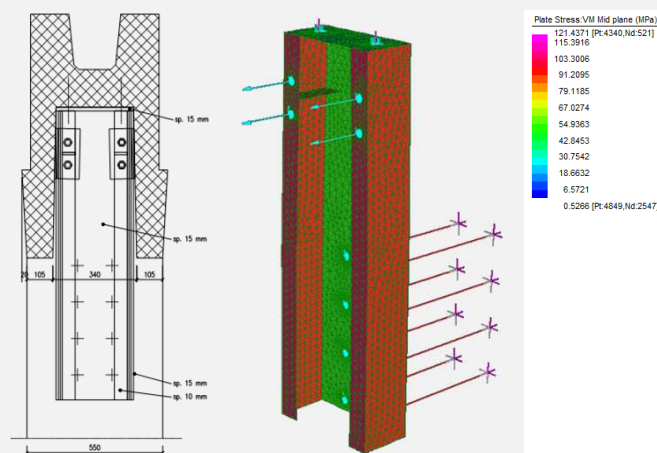
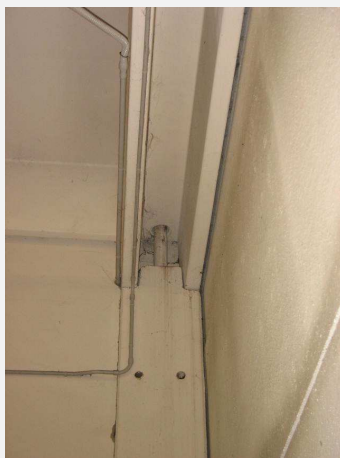
FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

LEDATEx S.r.l. – Rio Saliceto (RE)



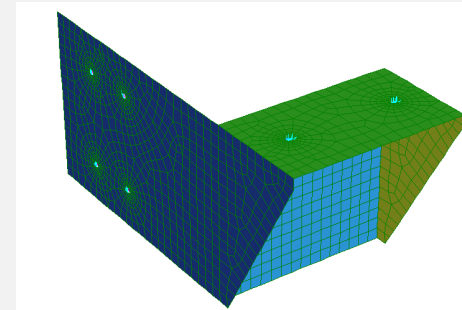
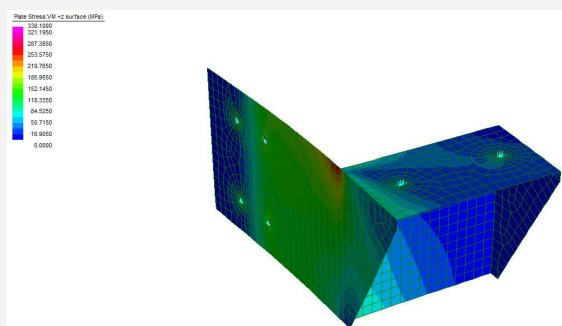
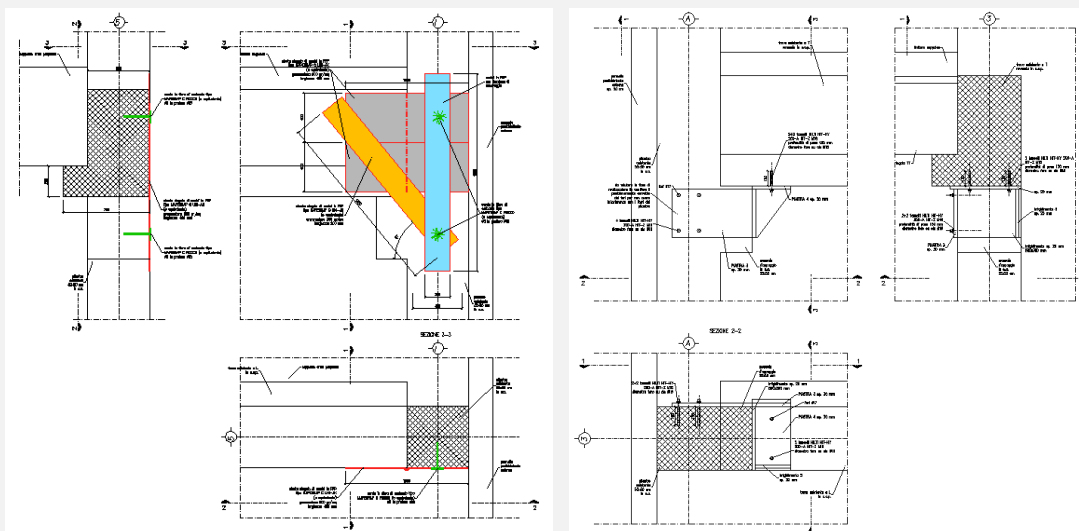
FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

LEDATEx S.r.l. – Rio Saliceto (RE)



FASE 2 – INTERVENTI LOCALI

Protezione Civile – Sala Bolognese (BO)



FASE 3 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO SISMICO

Gli **INTERVENTI di MIGLIORAMENTO SISMICO** sono finalizzati ad accrescere le capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate; la valutazione della sicurezza riguarda la struttura nel suo insieme oltre che i possibili meccanismi locali.

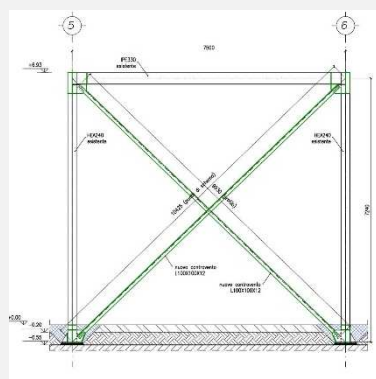
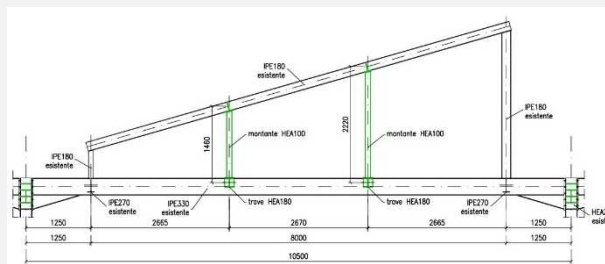
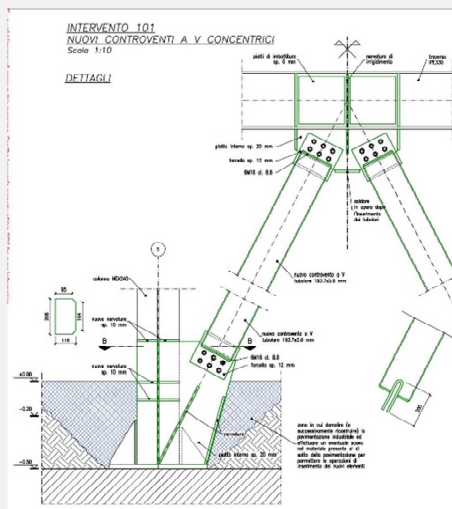
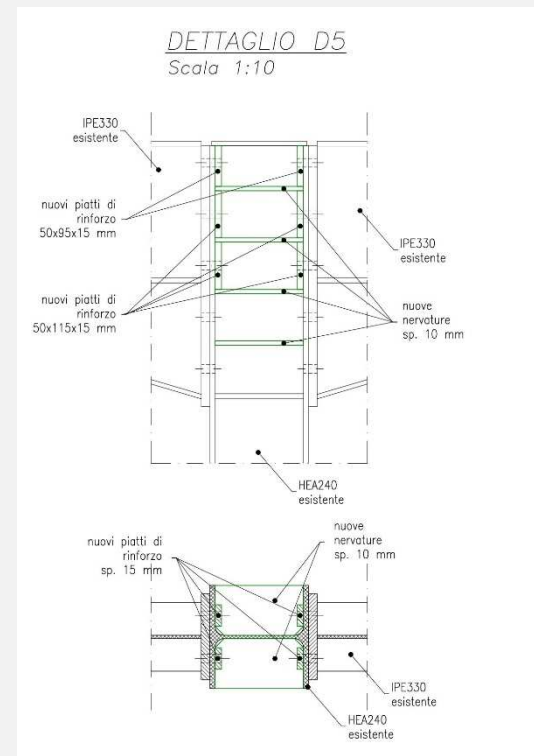
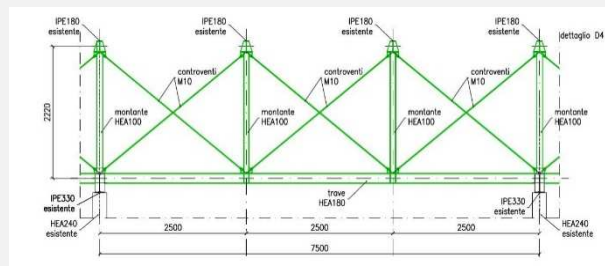
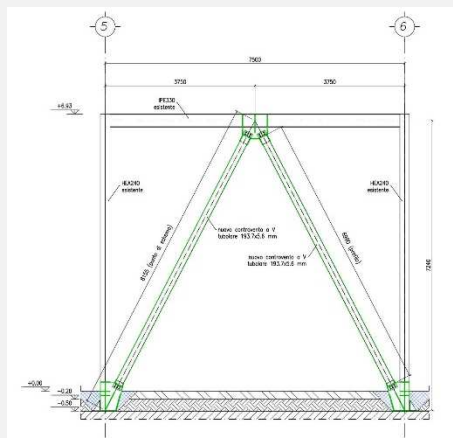
La *Legge 122/2008 «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del maggio 2012»* impone il raggiungimento del 60% della capacità di una nuova costruzione nella stessa zona nei confronti delle azioni sismiche.

Gli **INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO** sono finalizzati al raggiungimento del livello di sicurezza prevista per una nuova costruzione; la valutazione della sicurezza riguarda la struttura nel suo insieme oltre che i possibili meccanismi locali.

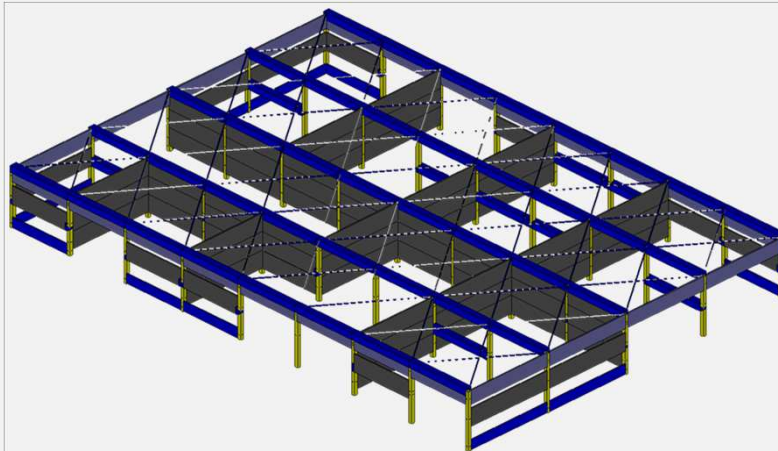
Non è necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi purché il progettista dimostri che sono garantite le prestazioni in termini di resistenza, duttilità e deformabilità previste per i vari stati limite.

FASE 3 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

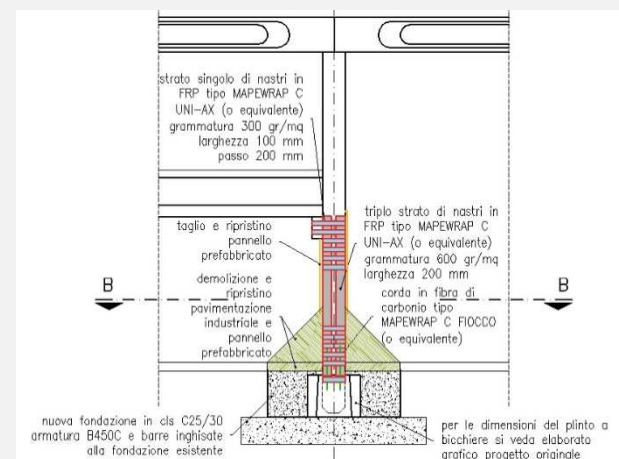
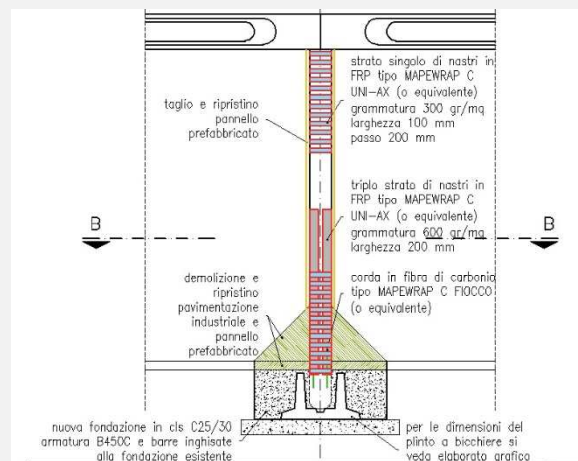
ILSA S.P.A. – S. Vincenzo di Galliera (BO)



FASE 3 – INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

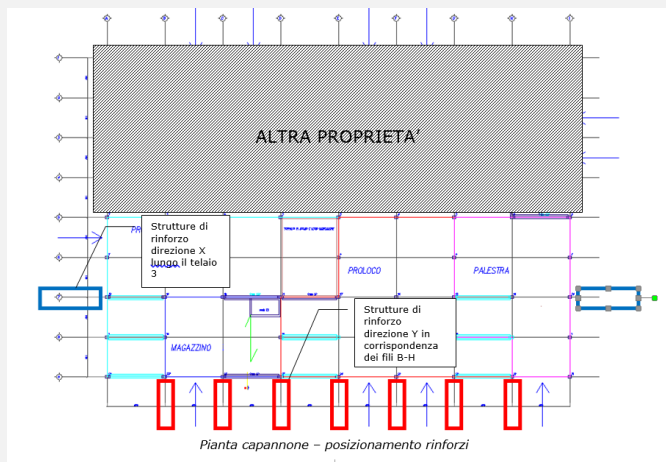


Protezione Civile – Sala Bolognese (BO)

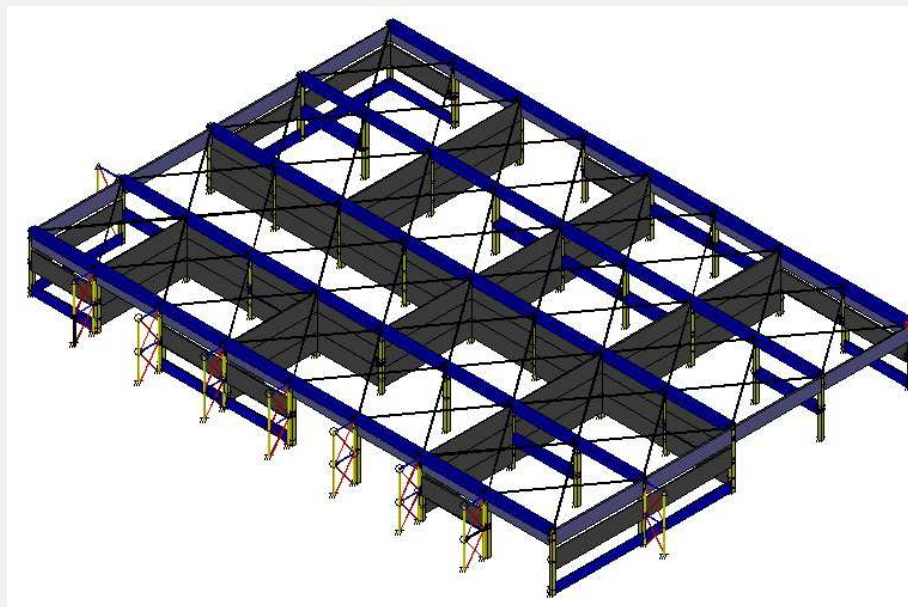
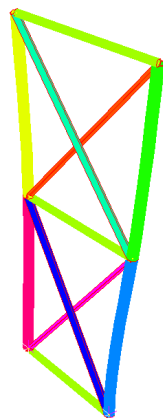


FASE 3 – INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO

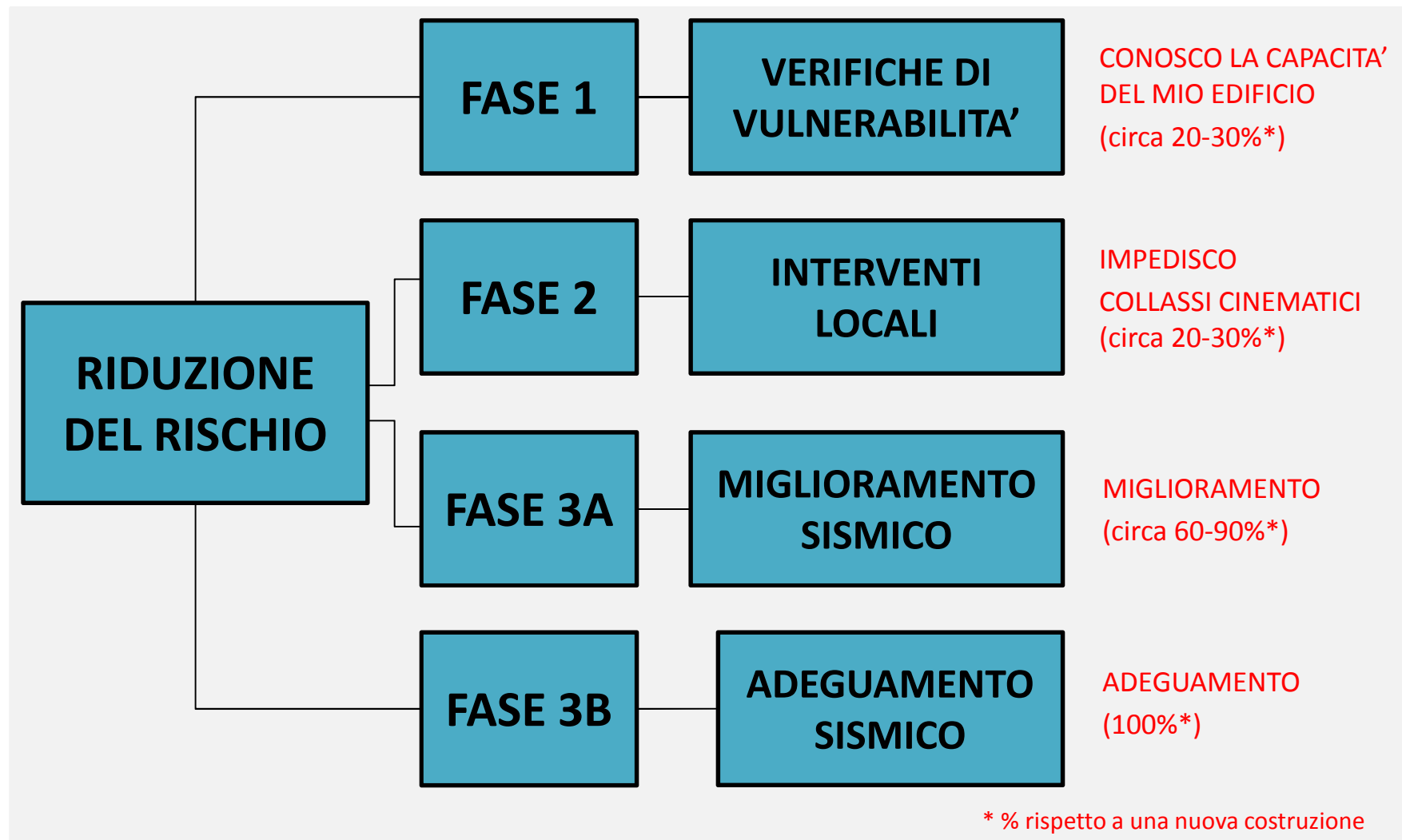
Protezione Civile – Sala Bolognese (BO)



Axial Stress (MPa)
251.7124 [Bm.9]
150.5495
74.6773
-1.1948
-77.0670
-152.9392
-228.8113
-254.1021 [Bm.11]

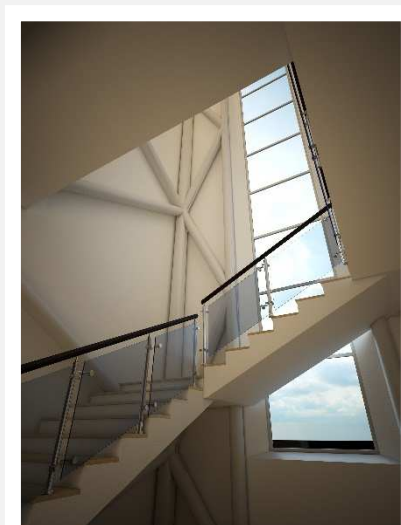


RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO



CONCLUSIONI

- IL DLGS 81/2008 STABILISCE CHE E' **OBBLIGO DEL DATORE DI LAVORO** LA **VALUTAZIONE** DI TUTTI I **RISCHI**.
- IL **RISCHIO SISMICO** FA PARTE DI TALI RISCHI.
- E' POSSIBILE ATTUARE INTERVENTI A DIVERSI LIVELLI PER TUTELARE IN PRIMO LUOGO LA **SALVAGUARDIA DELLA VITA UMANA**.
- OLTRE ALLA SALVAGUARDIA DELLA VITA UMANA LA CONOSCENZA DELLE CONSEGUENZA DI UN EVENTO SISMICO SUGLI EDIFICI (**VERIFICHE DI VULNERABILITA'**) PERMETTONO DI ATTUARE DIVERSE **STRATEGIE PREVENTIVE** (AD ESEMPIO LA LOCALIZZAZIONE DELLE ATTIVITA' STRATEGICHE NEI LUOGHI PIU' SICURI).
- **INTERVENTI LOCALI O DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO SISMICO** PERMETTONO DI EVITARE I **DANNI DOVUTI AL'INTERRUZIONE DELL'ATTIVITA'** CHE SPESSO SONO MAGGIORI DEI DANNI A BENI E STRUTTURE.



Grazie per l'attenzione