



AEDES Software



**PC.M: PROGETTAZIONE DI COSTRUZIONI IN MMURATURA**



**PC.E: PROGRAMMA PER IL CALCOLO AGLI EELEMENTI FINITI**

## **Analisi di strutture in muratura**

secondo **nuova Normativa Tecnica** (D.M. 14.1.2008)  
e **precedenti Norme** (Metodo Por, D.M. 16.1.1996, D.M. 20.11.1987)

### **Manuale di PC.E**

## **Volume 7. Aggiornamenti**

Include un **Esame comparativo**  
a cura della AEDES, relativo al documento:  
**"Alcune considerazioni  
sull'utilizzo del software tecnico  
nella Ricostruzione dell'Abruzzo",**  
pubblicato dall'Università di Napoli Federico II  
e dal Consorzio ReLUIS (ottobre 2011)

---

## Manuale di PC.E

*Piano dell'opera:*

Volume 1. Teoria

Volume 2. Manuale d'uso

Volume 3. Tutorial

(Precedente edizione:

"Edifici in Muratura e nuova Normativa Sismica", ALINEA, 2006)

Volume 4. Esempi applicativi

Volume 5. Manuale di validazione

Volume 6. Edifici monumentali

Questo volume: ► **Volume 7. Aggiornamenti**

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale, a norma di legge e delle convenzioni internazionali. Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta in qualsiasi forma o mezzo elettronico o meccanico, per alcun uso, senza il permesso scritto della AEDES Software per Ingegneria Civile.

**Edizione 2012** (rev. 14.5.2012)



© 1997-2012 **AEDES** Software per Ingegneria Civile

Via F. Aporti 32 - 56028 SAN MINIATO (PI)

Tel.: **0571.401073** - Fax: **0571.401173**

E-mail: **info@aedes.it** - Internet: **www.aedes.it**

## AVVERTENZE E CONDIZIONI D'USO

La AEDES Software si riserva il diritto di apportare miglioramenti o modifiche al programma PC.E, descritto nella documentazione ad esso associata, in qualsiasi momento e senza preavviso.

Il software e la documentazione allegata, anche se curati con scrupolosa attenzione, non possono comportare specifiche responsabilità di AEDES per involontari errori o inesattezze: pertanto, l'utilizzatore è tenuto a controllare l'esattezza e la completezza del materiale utilizzato. Le correzioni relative ad eventuali errori tipografici saranno incluse nelle versioni di aggiornamento.

PC.E è di esclusiva proprietà della AEDES e viene concesso in uso non esclusivo secondo i termini e le condizioni riportati nel contratto di licenza d'uso. L'utente non avrà diritto ad utilizzare PC.E fino a quando non avrà sottoscritto la suddetta licenza d'uso.

L'utente è responsabile della scelta di PC.E al fine del raggiungimento dei risultati voluti, nonché dell'installazione, dell'uso dello stesso e dei relativi risultati.

Le sole garanzie fornite dalla AEDES in merito a PC.E sono quelle riportate nella licenza d'uso. La AEDES non garantisce che le funzioni contenute in PC.E soddisfino le esigenze dell'utente o funzionino in tutte le combinazioni che possono essere scelte per l'uso da parte dell'utente.

I nomi dei prodotti citati nella documentazione di PC.E possono essere marchi di fabbrica o marchi registrati dalle rispettive Società.

---

# INDICE

## 1. AGGIORNAMENTI 4

- 1.1. NUOVE FUNZIONALITA' 4
- 1.2. ERRATA CORRIGE per il MANUALE DI PC.E 2012 22

## 2. ESAME COMPARATIVO SULL'UTILIZZO DI SOFTWARE PER LA RICOSTRUZIONE IN ABRUZZO 25

- 2.1. COMPORTAMENTO LOCALE 26
- 2.2. COMPORTAMENTO GLOBALE 27
  - 2.2.1. MODELLAZIONE DELLA PARETE A TELAIO EQUIVALENTE 28
  - 2.2.2. MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI 31
  - 2.2.3. MODELLAZIONE DELLE FASCE DI PIANO 32
  - 2.2.4. MODELLAZIONE DELL'IMPALCATO 35
  - 2.2.5. ANALISI E CRITICITA' DEI RISULTATI 36
  - 2.2.6. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO PER IL COMPORTAMENTO SISMICO NEL PIANO 41
  - 2.2.7. CONCLUSIONI 42

## Vol. 7. AGGIORNAMENTI

### 1. AGGIORNAMENTI

#### 1.1. NUOVE FUNZIONALITA'

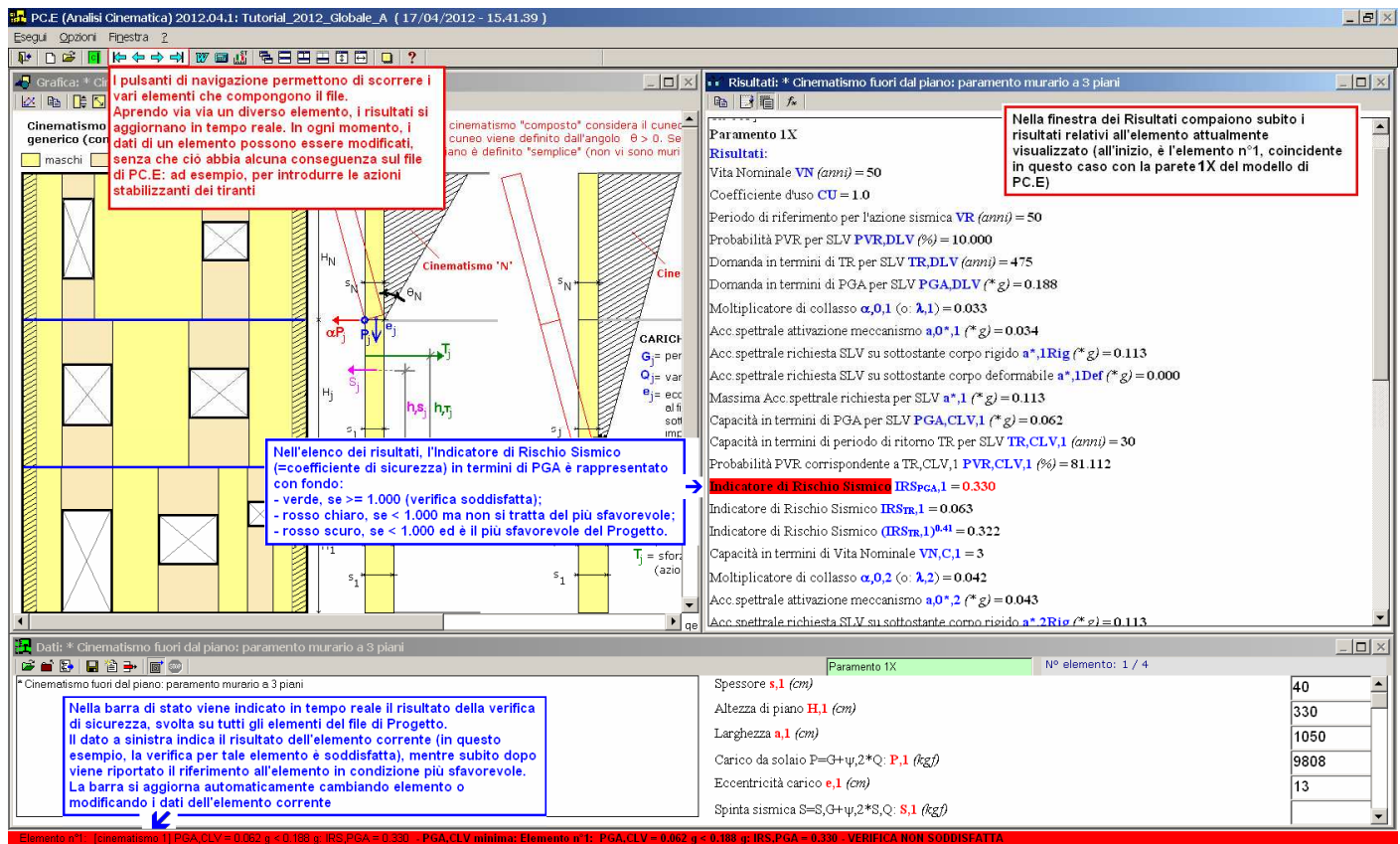
La versione 2012.04 di PC.E introduce varie innovazioni; le principali sono descritte ai punti seguenti. Per completezza, sono incluse anche le nuove funzionalità implementate in ESP, modulo di PC.E dedicato all'analisi dei meccanismi di collasso (analisi cinematica).

##### 1) Trasmissione da PC.E ad ESP del paramento murario (allineamento).

E' ora possibile generare automaticamente i meccanismi di ribaltamento di pareti multipiano, coincidenti con i paramenti murari del modello di PC.E. Alle pareti del cinematismo, gestito nell'apposito modulo ESP, vengono attribuiti i carichi verticali agenti in condizioni sismiche, già elaborati da PC.E. Pur essendo ancora disponibile in ESP il cinematismo di una parete multipiano con dati indipendenti dal modello di PC.E, la modalità di generazione automatica del ribaltamento multipiano costituisce un'importante agevolazione per la valutazione della sicurezza locale dell'edificio.

Quando si seleziona un maschio o una fascia, si esporta tutto il paramento (un check del menu della finestra Progetto consente comunque anche l'esportazione del ribaltamento semplice; per default il ribaltamento semplice non è attivo, mentre lo è il ribaltamento del prospetto completo). Per il paramento murario è disponibile la grafica vettoriale della parete e dei coefficienti di sicurezza corrispondenti ai cinematismi intorno ai vari livelli.

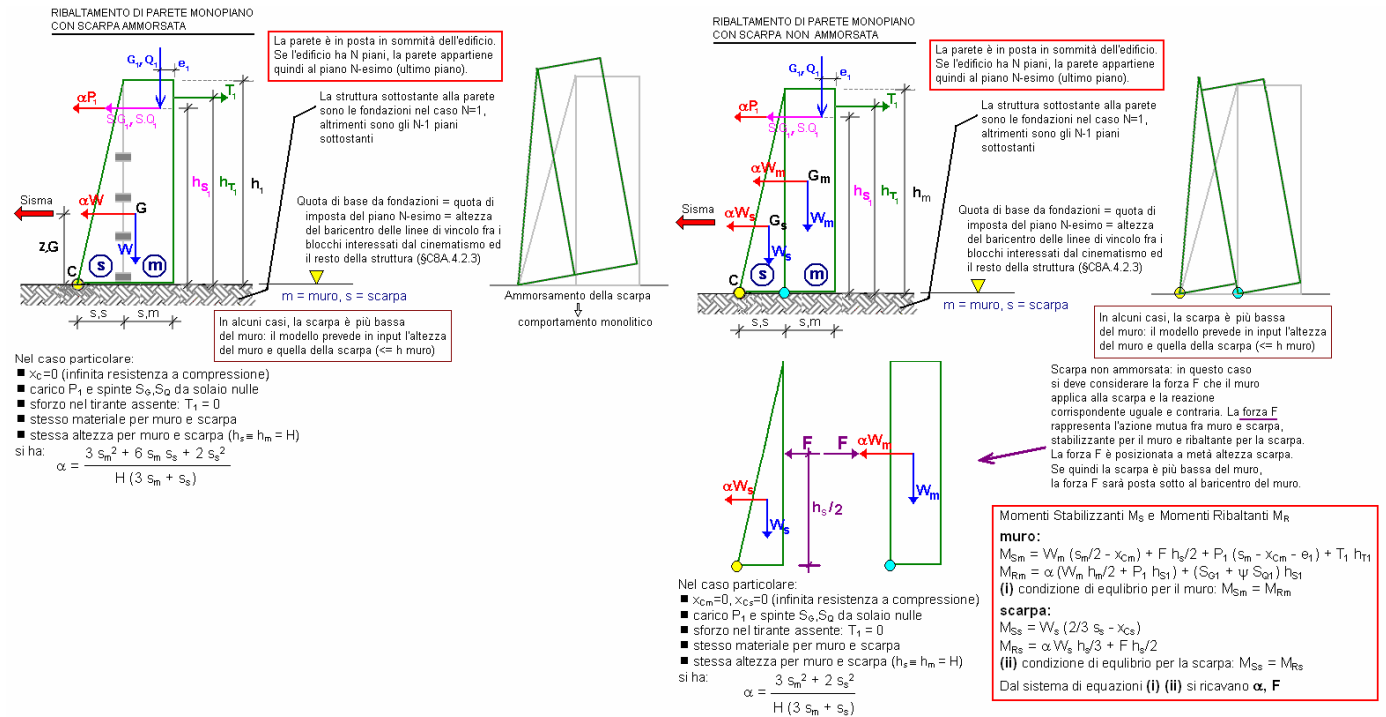
I dettagli e gli approfondimenti su questa nuova importante funzionalità sono contenuti nella **nuova edizione del Manuale di Analisi Cinematica** (Pce-Esp\_Manuale\_Completo.pdf), **completamente revisionato e aggiornato alla versione 2012.04**: si consulti in particolare il p. B.1.1.



**Fig. 1.1.** Meccanismi di Ribaltamento multipiano in ESP generati automaticamente da PC.E

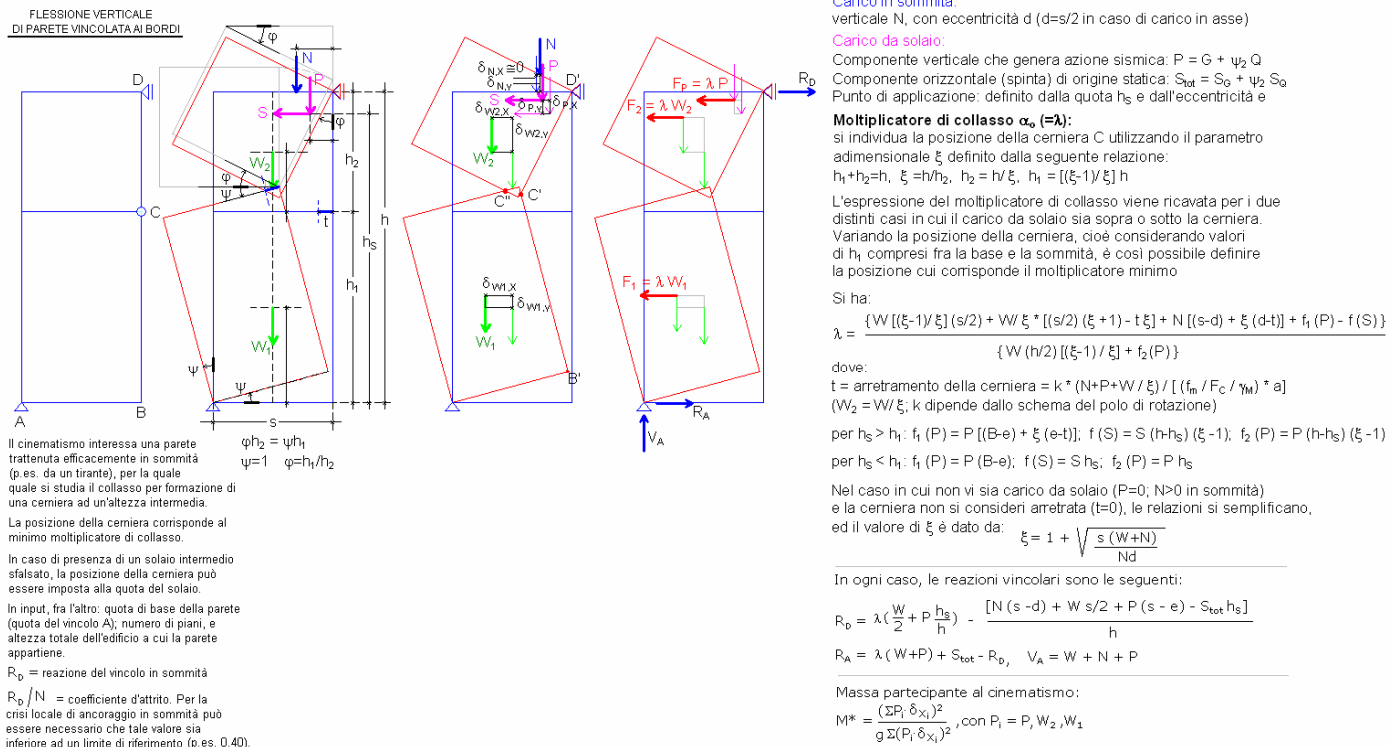
## 2) Altre nuove funzionalità disponibili in ESP (per dettagli e approfondimenti, consultare il Manuale di Analisi Cinematica):

- Inserito un nuovo elemento: **Contrafforti** (parete con scarpa ammorsata e non) (fig. 1.2).



**Fig. 1.2.** Ribaltamento di pareti multipiano in ESP generati automaticamente da PC.E

- Completamente rivista e riscritta la **Flessione verticale**, considerando anche l'arretramento della cerniera per effetto della resistenza finita a compressione.



**Fig. 1.3.** Flessione verticale; possibilità di arretramento della cerniera

■ Nuovo elemento: **cantonale**. Rispetto alla documentazione schede Molise e Marche, non si tiene conto della presenza di eventuali aperture, però si dà la possibilità di variare l'angolo del piano di ribaltamento e l'angolo fra le pareti può non essere di 90°.

I casi più frequenti considerano un angolo retto fra i due paramenti (90°) e il piano di ribaltamento è posto a 45° rispetto ai due paramenti murari, con uno schema di perfetta simmetria. Ma ESP fornisce un'interessante generalizzazione del problema: sono consentiti angoli fra pareti anche diversi da 90°, piani di ribaltamento generici definiti dall'angolo  $\beta$ , e diversa geometria dei due lati del cuneo, secondo lo schema di fig. 1.4.

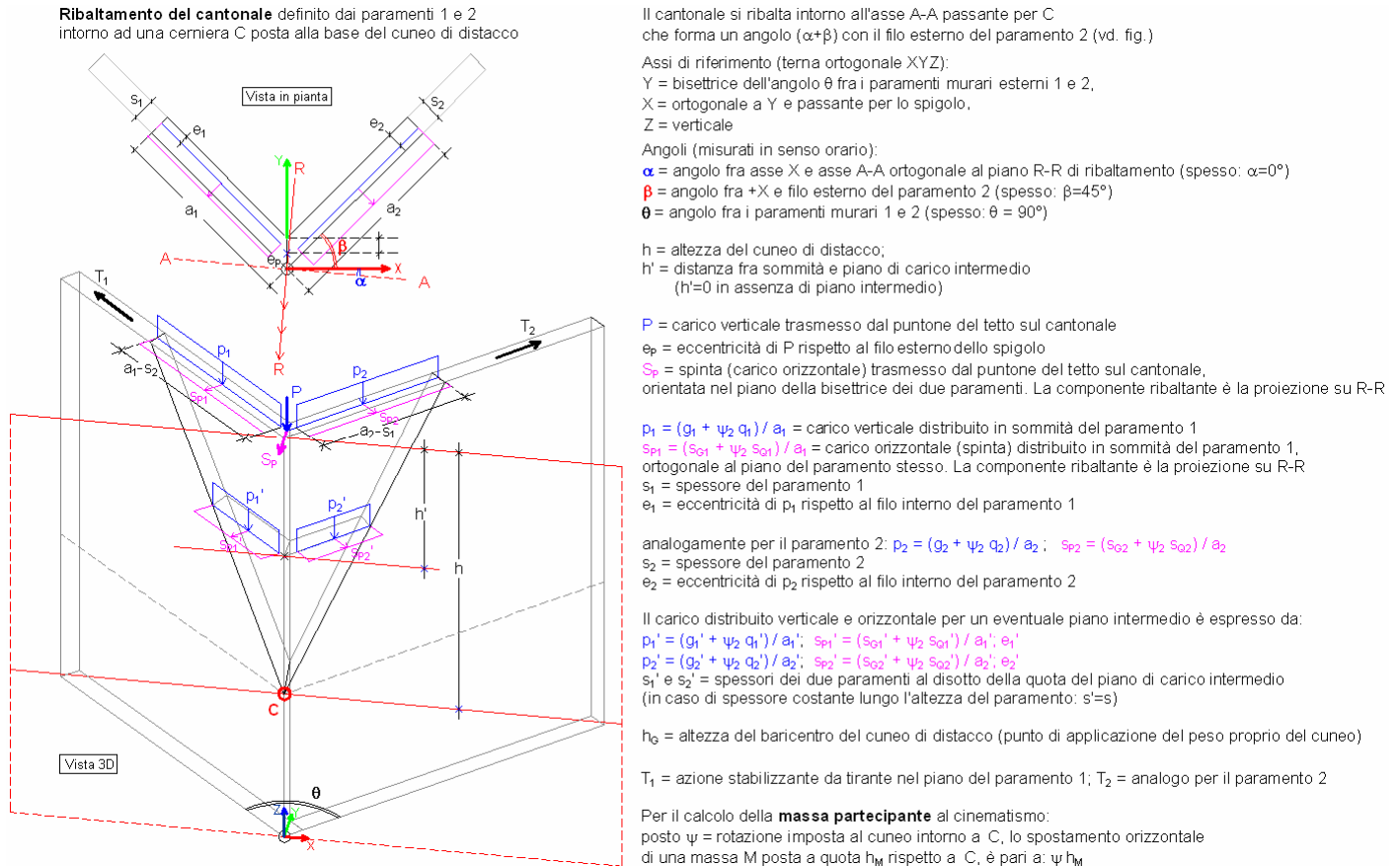


Fig. 1.4. Ribaltamento del cantonale

■ Inserita fra i risultati la **capacità in termini di Vita Nominale** ( $V_{NC}$ )

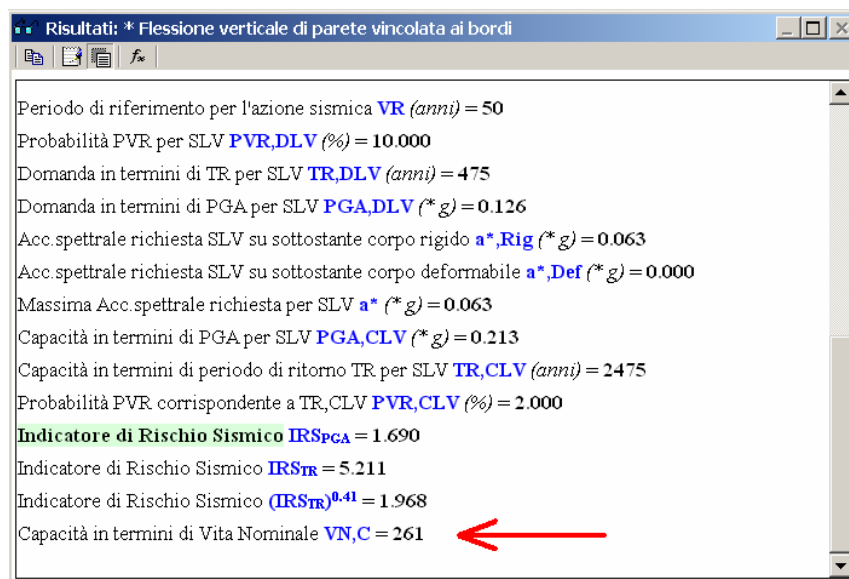
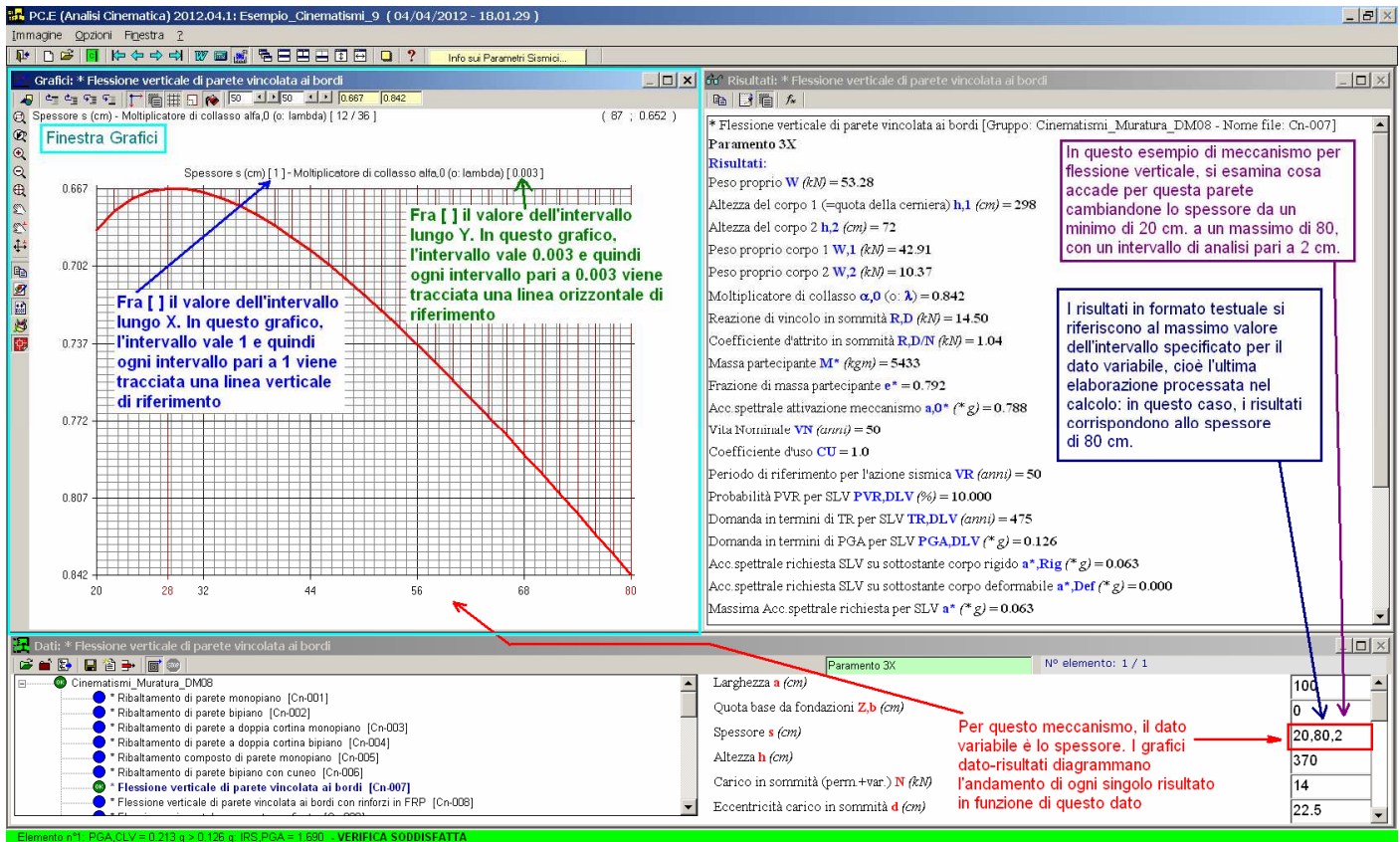


Fig. 1.5. Capacità in termini di Vita Nominale



■ Migliorata la **grafica dei diagrammi (dato variabile - risultati)**. Nella finestra dei diagrammi e nella grafica vettoriale della parete, attivate le funzioni di distanza, di trascinamento dell'immagine (drag mode) e di gestione della rotellina, similmente alla grafica di PC.E e degli altri moduli.



**Fig. 1.6.** Esempio di diagramma dati-risultati nella finestra Grafici

3) A partire dalla versione 2012.04, in PC.E è possibile selezionare il **check "Comportamento ad arco"**: in tal caso, la generazione automatica dei carichi dai solai sulle aste perimetrali delle maglie produce carichi concentrati per tutti gli elementi di tipo "S" (striscia muraria) e "K" (link rigidi) direttamente applicati nei nodi di sommità su cui le fasce si impostano.

Si osservi che vengono considerati anche gli elementi K in quanto i momenti e i tagli prodotti da carichi distribuiti su tali elementi indurrebbero momenti e tagli anche lungo la luce di una fascia adiacente. E' quindi preferibile adottare il medesimo accorgimento su tutti gli elementi orizzontali che definiscono la maglia di solaio, tranne il caso delle travi ("T") per le quali, ovviamente, il comportamento tagliante e flessionale a trave viene considerato applicando il carico distribuito lungo la luce della trave stessa.

Il check "Comportamento ad arco" ha quindi in PC.E il significato di: **modalità di applicazione dei carichi verticali sulle strisce** (e sui link orizzontali).

Grazie a questa opzione, è possibile ovviare al problema di fasce per le quali non si riesce a soddisfare la **verifica statica**, aderendo maggiormente alla realtà fisica dell'edificio.

Per approfondimenti, consultare il p. 3.2.3 del presente Manuale.

#### 4) Storia dettagliata delle verifiche in pushover.

Fra i risultati del rapporto di elaborazione dell'analisi pushover, sono ora riportate le verifiche di sicurezza di tutti gli elementi murari riferite al passo incrementale in cui si ha la plasticizzazione, ovvero il passaggio da un coefficiente di sicurezza  $\geq 1$  ad uno  $< 1$  (intendendo per coefficiente di sicurezza il rapporto fra resistenza e sollecitazione).

E' così possibile visualizzare per ogni elemento il passo a cui raggiunge il limite di resistenza; tali risultati sono proposti in due elenchi: uno organizzato secondo la sequenza di plasticizzazione, l'altro ordinato per numerazione (in modo da poter rintracciare agevolmente un elemento che interessa in particolare).

Nella storia delle verifiche dell'analisi vengono anche considerate, se selezionate fra i parametri di calcolo dell'analisi pushover, le verifiche nel piano ortogonale per pressoflessione e taglio; in particolare, le verifiche a taglio per scorrimento e per fessurazione diagonale nel piano ortogonale della parete non sono rappresentate nell'ambiente grafico di PC.E e quindi la consultazione dettagliata dalla storia dell'analisi pushover costituisce una

nuova funzionalità molto utile per la comprensione dell'evoluzione della struttura nel corso del processo incrementale. Si riporta qui di seguito un esempio di report con la storia dettagliata delle verifiche:

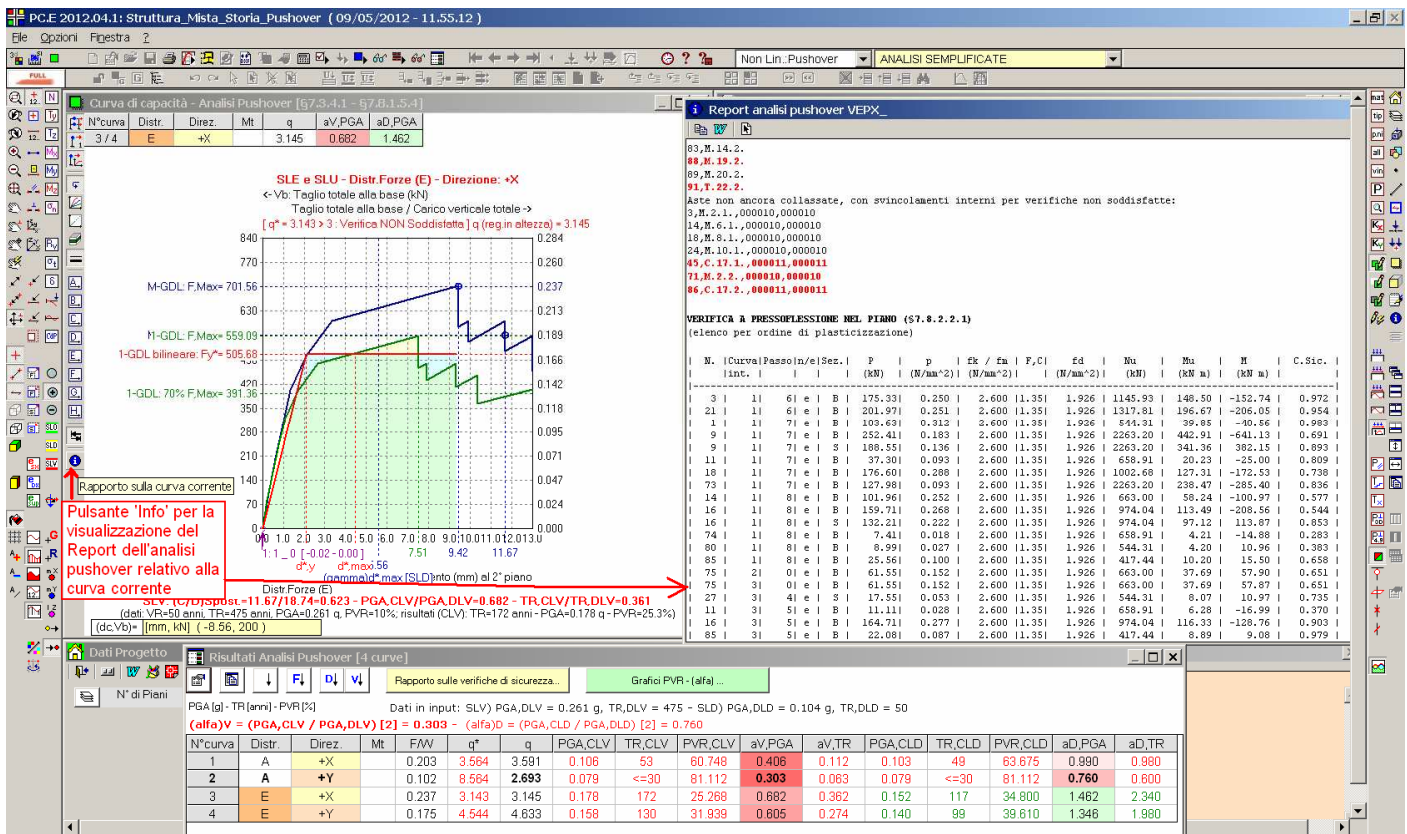


Fig. 1.7. Storia delle verifiche in pushover

#### Analisi Pushover VEPX\_ :

Stati limite SLV, SLO e SLD - Distr.Forze (E) - Direzione: +X  
percorso di archiviazione risultati:  
C:\Aedes2012\Pce\Progetti\Struttura\_Mista\_Storia\_Pushover\SNL\VEPX\_

Causa del termine di costruzione della curva di capacità:  
La struttura è diventata labile

#### Configurazione strutturale al termine di costruzione della curva di capacità:

(la costruzione della curva ha richiesto l'elaborazione di 6 curve intermedie)

Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):

- Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):

57, T.21.1.  
58, T.22.1.  
59, S.23.1.  
60, S.24.1.  
61, S.25.1.  
62, S.26.1.  
63, S.27.1.  
64, S.28.1.  
65, S.29.1.  
66, S.30.1.  
67, S.31.1.  
69, S.33.1.  
76, M.7.2.  
77, M.8.2.  
78, M.9.2.  
79, M.10.2.  
91, T.22.2.  
92, S.23.2.  
93, S.24.2.  
94, S.25.2.  
95, S.26.2.  
96, S.27.2.  
97, S.28.2.  
98, S.29.2.  
99, S.30.2.  
100, S.31.2.  
102, S.33.2.

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):

11, M.5.1.  
27, M.11.1.  
33, M.13.1.  
36, M.14.1.  
54, M.20.1.  
57, T.21.1.  
58, T.22.1.



70,M.1.2.  
74,M.5.2.  
80,M.11.2.  
81,M.12.2.  
83,M.14.2.  
88,M.19.2.  
89,M.20.2.  
91,T.22.2.  
**Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:**  
3,M.2.1.,000010,000010  
14,M.6.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
45,C.17.1.,000011,000011  
71,M.2.2.,000010,000010  
86,C.17.2.,000011,000011

**Configurazione strutturale progressiva,  
nel corso del processo incrementale di costruzione della curva di capacità:**

**- Al termine della curva intermedia n° 1**

Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):  
-

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):

59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.  
64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):

11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
74,M.5.2.

**Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:**

1,M.1.1.,000010,000010  
3,M.2.1.,000010,000010  
6,M.3.1.,000010,000010  
9,M.4.1.,000010,000010  
14,M.6.1.,000010,000010  
16,M.7.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
21,M.9.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
72,M.3.2.,000010,000010  
73,M.4.2.,000010,000010  
75,M.6.2.,000010,000010  
79,M.10.2.,000010,000010  
80,M.11.2.,000001,000011  
81,M.12.2.,000001,000001  
85,M.16.2.,000001,000001

**- Al termine della curva intermedia n° 2**

Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):  
-

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):

59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.  
64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):

11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
36,M.14.1.  
74,M.5.2.  
83,M.14.2.

**Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:**

72,M.3.2.,000010,000010  
75,M.6.2.,000010,000010  
81,M.12.2.,000001,000001

**- Al termine della curva intermedia n° 3**

Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):

-  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):  
59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.  
64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):  
11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
**33,M.13.1.**  
36,M.14.1.  
**54,M.20.1.**  
74,M.5.2.  
**80,M.11.2.**  
83,M.14.2.  
Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:  
1,M.1.1.,000010,000010  
3,M.2.1.,000010,000010  
6,M.3.1.,000010,000010  
14,M.6.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
21,M.9.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
72,M.3.2.,000010,000010  
75,M.6.2.,000010,000010  
81,M.12.2.,000001,000001  
**82,M.13.2.,000001,000001**  
  
- **Al termine della curva intermedia n° 4**  
Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):  
-  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):  
59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.  
64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):  
11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
33,M.13.1.  
36,M.14.1.  
54,M.20.1.  
**70,M.1.2.**  
74,M.5.2.  
80,M.11.2.  
83,M.14.2.  
**89,M.20.2.**  
Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:  
1,M.1.1.,000010,000010  
3,M.2.1.,000010,000010  
6,M.3.1.,000010,000010  
16,M.7.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
21,M.9.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
**30,M.12.1.,000011,000001**  
72,M.3.2.,000010,000010  
75,M.6.2.,000010,000010  
79,M.10.2.,000010,000010  
81,M.12.2.,000001,000001  
**82,M.13.2.,000001,000011**  
85,M.16.2.,000001,000001  
  
- **Al termine della curva intermedia n° 5**  
Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):  
-  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):  
59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
**79,M.10.2.**  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):  
11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
33,M.13.1.  
36,M.14.1.  
54,M.20.1.  
70,M.1.2.  
74,M.5.2.  
80,M.11.2.  
83,M.14.2.  
89,M.20.2.  
Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:  
1,M.1.1.,000010,000010  
3,M.2.1.,000010,000010  
14,M.6.1.,000010,000010  
16,M.7.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
21,M.9.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
**78,M.9.2.,000010,000010**  
85,M.16.2.,000001,000001

### - Al termine della curva intermedia n° 6

Aste che divengono (o sono già divenute) non reagenti per deformazione assiale (trazione per muratura, compressione per controventi):

-

Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (complanare):

**57,T.21.1.**  
**58,T.22.1.**  
59,S.23.1.  
60,S.24.1.  
61,S.25.1.  
62,S.26.1.  
63,S.27.1.  
64,S.28.1.  
65,S.29.1.  
66,S.30.1.  
67,S.31.1.  
69,S.33.1.  
**76,M.7.2.**  
**77,M.8.2.**  
**78,M.9.2.**  
79,M.10.2.  
**91,T.22.2.**  
92,S.23.2.  
93,S.24.2.  
94,S.25.2.  
95,S.26.2.  
96,S.27.2.  
97,S.28.2.  
98,S.29.2.  
99,S.30.2.  
100,S.31.2.  
102,S.33.2.  
Aste che raggiungono (o hanno già raggiunto) lo spostamento ultimo (ortogonale):  
11,M.5.1.  
27,M.11.1.  
33,M.13.1.  
36,M.14.1.  
54,M.20.1.  
**57,T.21.1.**  
**58,T.22.1.**  
70,M.1.2.  
74,M.5.2.  
80,M.11.2.  
**81,M.12.2.**  
83,M.14.2.  
**88,M.19.2.**  
89,M.20.2.  
**91,T.22.2.**  
Aste non ancora collassate, con svincolamenti interni per verifiche non soddisfatte:  
3,M.2.1.,000010,000010  
14,M.6.1.,000010,000010  
18,M.8.1.,000010,000010  
24,M.10.1.,000010,000010  
**45,C.17.1.,000011,000011**  
**71,M.2.2.,000010,000010**  
**86,C.17.2.,000011,000011**

### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§7.8.2.2.1) (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>k</sub> / f <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	F,C	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.
3	1	6	e	B	175.33	0.250	2.600	1.35	1.926	1145.93	148.50	-152.74	0.972
21	1	6	e	B	201.97	0.251	2.600	1.35	1.926	1317.81	196.67	-206.05	0.954
1	1	7	e	B	103.63	0.312	2.600	1.35	1.926	544.31	39.85	-40.56	0.983

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

9	1	7	e	B	252.41	0.183	2.600	1.35	1.926	2263.20	442.91	-641.13	0.691
9	1	7	e	S	188.55	0.136	2.600	1.35	1.926	2263.20	341.36	382.15	0.893
11	1	7	e	B	37.30	0.093	2.600	1.35	1.926	658.91	20.23	-25.00	0.809
18	1	7	e	B	176.60	0.288	2.600	1.35	1.926	1002.68	127.31	-172.53	0.738
73	1	7	e	B	127.98	0.093	2.600	1.35	1.926	2263.20	238.47	-285.40	0.836
14	1	8	e	B	101.96	0.252	2.600	1.35	1.926	663.00	58.24	-100.97	0.577
16	1	8	e	B	159.71	0.268	2.600	1.35	1.926	974.04	113.49	-208.56	0.544
16	1	8	e	S	132.21	0.222	2.600	1.35	1.926	974.04	97.12	113.87	0.853
74	1	8	e	B	7.41	0.018	2.600	1.35	1.926	658.91	4.21	-14.88	0.283
80	1	8	e	B	8.99	0.027	2.600	1.35	1.926	544.31	4.20	10.96	0.383
85	1	8	e	B	25.56	0.100	2.600	1.35	1.926	417.44	10.20	15.50	0.658
75	2	0	e	B	61.55	0.152	2.600	1.35	1.926	663.00	37.69	57.90	0.651
75	3	0	e	B	61.55	0.152	2.600	1.35	1.926	663.00	37.69	57.87	0.651
27	3	4	e	S	17.55	0.053	2.600	1.35	1.926	544.31	8.07	10.97	0.735
11	3	5	e	B	11.11	0.028	2.600	1.35	1.926	658.91	6.28	-16.99	0.370
16	3	5	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-128.76	0.903
85	3	5	e	B	22.08	0.087	2.600	1.35	1.926	417.44	8.89	9.08	0.979
3	3	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-132.78	0.998
14	3	6	e	B	105.95	0.262	2.600	1.35	1.926	663.00	60.09	-75.75	0.793
18	3	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-137.45	0.941
42	3	6	e	S	32.03	0.126	2.600	1.35	1.926	417.44	12.57	13.17	0.954
80	3	6	e	B	8.67	0.026	2.600	1.35	1.926	544.31	4.05	4.66	0.870
6	3	7	e	B	102.55	0.202	2.600	1.35	1.926	830.80	65.17	-66.13	0.986
21	3	7	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-260.89	0.751
81	3	7	e	B	38.67	0.053	2.600	1.35	1.926	1203.22	39.30	-44.94	0.874
82	3	7	e	B	23.74	0.050	2.600	1.35	1.926	773.50	15.53	-15.84	0.981
81	4	0	e	B	38.67	0.053	2.600	1.35	1.926	1203.22	39.30	-41.89	0.938
82	4	3	e	B	23.74	0.050	2.600	1.35	1.926	773.50	15.53	-15.89	0.978
85	4	4	e	B	21.76	0.085	2.600	1.35	1.926	417.44	8.77	10.53	0.832
11	4	5	e	B	7.79	0.019	2.600	1.35	1.926	658.91	4.43	-11.77	0.376
16	4	5	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-129.68	0.897
14	4	6	e	B	109.77	0.271	2.600	1.35	1.926	663.00	61.83	-65.30	0.947
21	4	6	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-227.68	0.861
80	4	6	e	B	9.97	0.030	2.600	1.35	1.926	544.31	4.65	6.90	0.674
3	4	7	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-148.44	0.893
18	4	7	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-151.94	0.852
30	4	7	e	S	74.25	0.101	2.600	1.35	1.926	1203.22	73.15	87.43	0.837
72	4	7	e	B	46.64	0.092	2.600	1.35	1.926	830.80	31.92	-34.69	0.920
85	5	3	e	B	21.82	0.086	2.600	1.35	1.926	417.44	8.79	11.22	0.783
11	5	4	e	B	8.89	0.022	2.600	1.35	1.926	658.91	5.04	-7.49	0.673
14	5	5	e	B	105.21	0.260	2.600	1.35	1.926	663.00	59.75	-74.89	0.798
1	5	6	e	B	155.61	0.468	2.600	1.35	1.926	544.31	52.78	-55.38	0.953
3	5	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-163.38	0.811
16	5	6	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-120.76	0.963
18	5	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-156.54	0.827
21	5	6	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-253.21	0.774
21	5	6	e	S	180.75	0.225	2.600	1.35	1.926	1317.81	179.35	184.27	0.973
70	6	0	e	B	13.38	0.040	2.600	1.35	1.926	544.31	6.20	8.17	0.759
83	6	4	e	B	26.61	0.076	2.600	1.35	1.926	572.96	12.69	-14.77	0.859
21	6	5	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-204.32	0.959
77	6	5	e	B	85.76	0.140	2.600	1.35	1.926	1002.68	68.62	-79.38	0.864
1	6	6	e	B	172.50	0.519	2.600	1.35	1.926	544.31	55.97	-58.12	0.963
3	6	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-193.24	0.686
3	6	6	e	S	135.29	0.193	2.600	1.35	1.926	1145.93	119.32	137.63	0.867
6	6	6	e	B	102.55	0.202	2.600	1.35	1.926	830.80	65.17	-69.35	0.940
14	6	6	e	B	106.77	0.264	2.600	1.35	1.926	663.00	60.46	-87.31	0.693
18	6	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-193.96	0.667
18	6	6	e	S	164.87	0.269	2.600	1.35	1.926	1002.68	120.54	146.82	0.821
36	6	6	e	S	37.04	0.106	2.600	1.35	1.926	572.96	17.32	22.08	0.785

### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - STRUTTURE IN C.A. (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	Tip.	fcd (N/mm <sup>2</sup> )	P	Nu (kN)	Nlim,pfl	My	Mu,y (kN m)	Mz	Mu,z	C.Sic.
57	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-63.03	-42.55			0.675
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.54	-42.55			0.399
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.06	67.79			0.645
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.54	-42.55			0.399
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.06	67.79			0.645
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.73	-42.55			0.724
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.60	67.79			0.681
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.73	-42.55			0.724
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.60	67.79			0.681
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.84	-42.55			0.374
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.63	67.79			0.618
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.84	-42.55			0.374
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.63	67.79			0.618
156	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.20	67.79			0.769
57	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-62.96	-42.55			0.676
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.47	-42.55			0.400
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.13	67.79			0.645
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.47	-42.55			0.400
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.13	67.79			0.645
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.68	-42.55			0.725
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.64	67.79			0.680
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.68	-42.55			0.725
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.64	67.79			0.680
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.81	-42.55			0.374
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.67	67.79			0.618
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.81	-42.55			0.374
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.67	67.79			0.618
156	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.28	67.79			0.768
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-49.95	-42.55			0.852
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-57.67	-42.55			0.738
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-49.95	-42.55			0.852
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-57.67	-42.55			0.738
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-79.74	-42.55			0.534
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	116.55	67.79			0.582
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-79.74	-42.55			0.534
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	116.55	67.79			0.582

2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

90	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	98.32	67.79			0.690
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-110.11	-42.55			0.386
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.80	67.79			0.617
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-110.11	-42.55			0.386
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.80	67.79			0.617
156	4	1	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	71.39	67.79			0.950
156	4	2	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	71.46	67.79			0.949
57	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-78.67	-42.55			0.541
90	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.23	67.79			0.768
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	78.69	67.79			0.862
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	75.57	67.79			0.897
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	78.69	67.79			0.862
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	75.57	67.79			0.897
86	5	2	C	11.810	219.40	2242.74	1457.78	88.27	92.89	28.83	136.53	0.960
45	6	0	C	11.810	459.00	2242.74	1457.78	108.04	113.95	20.33	173.37	0.984
86	6	0	C	11.810	228.54	2242.74	1457.78	118.01	93.75	6.55	138.03	0.717
90	6	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	90.89	67.79			0.746
156	6	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	226.19	67.79			0.300
86	6	1	C	11.810	218.88	2242.74	1457.78	98.49	92.84	1.71	136.44	0.918
45	6	6	C	11.810	471.25	2242.74	1457.78	121.09	114.95	5.49	175.10	0.926

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§7.8.2.2.1)  
(elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/mm^2)	f <sub>k</sub> / f <sub>m</sub> (N/mm^2)	F,C	f <sub>d</sub> (N/mm^2)	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.
1	1	7	e	B	103.63	0.312	2.600	1.35	1.926	544.31	39.85	-40.56	0.983
1	5	6	e	B	155.61	0.468	2.600	1.35	1.926	544.31	52.78	-55.38	0.953
1	6	6	e	B	172.50	0.519	2.600	1.35	1.926	544.31	55.97	-58.12	0.963
3	1	6	e	B	175.33	0.250	2.600	1.35	1.926	1145.93	148.50	-152.74	0.972
3	3	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-132.78	0.998
3	4	7	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-148.44	0.893
3	5	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-163.38	0.811
3	6	6	e	S	135.29	0.193	2.600	1.35	1.926	1145.93	119.32	137.63	0.867
3	6	6	e	B	152.93	0.218	2.600	1.35	1.926	1145.93	132.52	-193.24	0.686
6	3	7	e	B	102.55	0.202	2.600	1.35	1.926	830.80	65.17	-66.13	0.986
6	6	6	e	B	102.55	0.202	2.600	1.35	1.926	830.80	65.17	-69.35	0.940
9	1	7	e	B	252.41	0.183	2.600	1.35	1.926	2263.20	442.91	-641.13	0.691
9	1	7	e	S	188.55	0.136	2.600	1.35	1.926	2263.20	341.36	382.15	0.893
11	1	7	e	B	37.30	0.093	2.600	1.35	1.926	658.91	20.23	-25.00	0.809
11	3	5	e	B	11.11	0.028	2.600	1.35	1.926	658.91	6.28	-16.99	0.370
11	4	5	e	B	7.79	0.019	2.600	1.35	1.926	658.91	4.43	-11.77	0.376
11	5	4	e	B	8.89	0.022	2.600	1.35	1.926	658.91	5.04	-7.49	0.673
14	1	8	e	B	101.96	0.252	2.600	1.35	1.926	663.00	58.24	-100.97	0.577
14	3	6	e	B	105.95	0.262	2.600	1.35	1.926	663.00	60.09	-75.75	0.793
14	4	6	e	B	109.77	0.271	2.600	1.35	1.926	663.00	61.83	-65.30	0.947
14	5	5	e	B	105.21	0.260	2.600	1.35	1.926	663.00	59.75	-74.89	0.798
14	6	6	e	B	106.77	0.264	2.600	1.35	1.926	663.00	60.46	-87.31	0.693
16	1	8	e	B	159.71	0.268	2.600	1.35	1.926	974.04	113.49	-208.56	0.544
16	1	8	e	S	132.21	0.222	2.600	1.35	1.926	974.04	97.12	113.87	0.853
16	3	5	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-128.76	0.903
16	4	5	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-129.68	0.897
16	5	6	e	B	164.71	0.277	2.600	1.35	1.926	974.04	116.33	-120.76	0.963
18	1	7	e	B	176.60	0.288	2.600	1.35	1.926	1002.68	127.31	-172.53	0.738
18	3	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-137.45	0.941
18	4	7	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-151.94	0.852
18	5	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-156.54	0.827
18	6	6	e	S	164.87	0.269	2.600	1.35	1.926	1002.68	120.54	146.82	0.821
18	6	6	e	B	180.30	0.294	2.600	1.35	1.926	1002.68	129.39	-193.96	0.667
21	1	6	e	B	201.97	0.251	2.600	1.35	1.926	1317.81	196.67	-206.05	0.954
21	3	7	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-260.89	0.751
21	4	6	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-227.68	0.861
21	5	6	e	S	180.75	0.225	2.600	1.35	1.926	1317.81	179.35	184.27	0.973
21	5	6	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-253.21	0.774
21	6	5	e	B	201.04	0.250	2.600	1.35	1.926	1317.81	195.93	-204.32	0.959
27	3	4	e	S	17.55	0.053	2.600	1.35	1.926	544.31	8.07	10.97	0.735
30	4	7	e	S	74.25	0.101	2.600	1.35	1.926	1203.22	73.15	87.43	0.837
36	6	6	e	S	37.04	0.106	2.600	1.35	1.926	572.96	17.32	22.08	0.785
42	3	6	e	S	32.03	0.126	2.600	1.35	1.926	417.44	12.57	13.17	0.954
70	6	0	e	B	13.38	0.040	2.600	1.35	1.926	544.31	6.20	8.17	0.759
72	4	7	e	B	46.64	0.092	2.600	1.35	1.926	830.80	31.92	-34.69	0.920
73	1	7	e	B	127.98	0.093	2.600	1.35	1.926	2263.20	238.47	-285.40	0.836
74	1	8	e	B	7.41	0.018	2.600	1.35	1.926	658.91	4.21	-14.88	0.283
75	2	0	e	B	61.55	0.152	2.600	1.35	1.926	663.00	37.69	57.90	0.651
75	3	0	e	B	61.55	0.152	2.600	1.35	1.926	663.00	37.69	57.87	0.651
77	6	5	e	B	85.76	0.140	2.600	1.35	1.926	1002.68	68.62	-79.38	0.864
80	1	8	e	B	8.99	0.027	2.600	1.35	1.926	544.31	4.20	10.96	0.383
80	3	6	e	B	8.67	0.026	2.600	1.35	1.926	544.31	4.05	4.66	0.870
80	4	6	e	B	9.97	0.030	2.600	1.35	1.926	544.31	4.65	6.90	0.674
81	3	7	e	B	38.67	0.053	2.600	1.35	1.926	1203.22	39.30	-44.94	0.874
81	4	0	e	B	38.67	0.053	2.600	1.35	1.926	1203.22	39.30	-41.89	0.938
82	3	7	e	B	23.74	0.050	2.600	1.35	1.926	773.50	15.53	-15.84	0.981
82	4	3	e	B	23.74	0.050	2.600	1.35	1.926	773.50	15.53	-15.89	0.978
83	6	4	e	B	26.61	0.076	2.600	1.35	1.926	572.96	12.69	-14.77	0.859
85	1	8	e	B	25.56	0.100	2.600	1.35	1.926	417.44	10.20	15.50	0.658
85	3	5	e	B	22.08	0.087	2.600	1.35	1.926	417.44	8.89	9.08	0.979
85	4	4	e	B	21.76	0.085	2.600	1.35	1.926	417.44	8.77	10.53	0.832
85	5	3	e	B	21.82	0.086	2.600	1.35	1.926	417.44	8.79	11.22	0.783

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - STRUTTURE IN C.A.  
(elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	Tip.	f <sub>cd</sub> (N/mm^2)	P	Nu (kN)	N <sub>lim,pfl</sub>	My	Mu,y (kN m)	Mz	Mu,z (kN m)	C.Sic.
45	6	6	C	11.810	471.25	2242.74	1457.78	121.09	114.95	5.49	175.10	0.926
45	6	0	C	11.810	459.00	2242.74	1457.78	108.04	113.95	20.33	173.37	0.984
57	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-63.03	-42.55			0.675

2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

57	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-62.96	-42.55				0.676
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-49.95	-42.55				0.852
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-57.67	-42.55				0.738
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-49.95	-42.55				0.852
57	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-57.67	-42.55				0.738
57	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-78.67	-42.55				0.541
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.54	-42.55				0.399
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.06	67.79				0.645
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.54	-42.55				0.399
58	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.06	67.79				0.645
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.47	-42.55				0.400
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.13	67.79				0.645
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-106.47	-42.55				0.400
58	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	105.13	67.79				0.645
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-79.74	-42.55				0.534
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	116.55	67.79				0.582
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-79.74	-42.55				0.534
58	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	116.55	67.79				0.582
86	5	2	C	11.810	219.40	2242.74	1457.78	88.27	92.89	28.83	136.53		0.960
86	6	1	C	11.810	218.88	2242.74	1457.78	98.49	92.84	1.71	136.44		0.918
86	6	0	C	11.810	228.54	2242.74	1457.78	118.01	93.75	6.55	138.03		0.717
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.73	-42.55				0.724
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.60	67.79				0.681
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.73	-42.55				0.724
90	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.60	67.79				0.681
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.68	-42.55				0.725
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.64	67.79				0.680
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-58.68	-42.55				0.725
90	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	99.64	67.79				0.680
90	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	98.32	67.79				0.690
90	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.23	67.79				0.768
90	6	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	90.89	67.79				0.746
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.84	-42.55				0.374
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.63	67.79				0.618
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.84	-42.55				0.374
91	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.63	67.79				0.618
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.81	-42.55				0.374
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.67	67.79				0.618
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-113.81	-42.55				0.374
91	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.67	67.79				0.618
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-110.11	-42.55				0.386
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.80	67.79				0.617
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	-110.11	-42.55				0.386
91	4	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	109.80	67.79				0.617
156	2	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.20	67.79				0.769
156	3	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	88.28	67.79				0.768
156	4	1	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	71.39	67.79				0.950
156	4	2	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	71.46	67.79				0.949
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	78.69	67.79				0.862
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	75.57	67.79				0.897
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	78.69	67.79				0.862
156	5	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	75.57	67.79				0.897
156	6	0	T	11.810	0.00	3184.30	3184.30	226.19	67.79				0.300

VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§7.8.2.2.2)  
[TAGLIO COMPLANARE] (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/ mm <sup>2</sup> )	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	s,n (N/mm <sup>2</sup> )	fvko/tauo (N/mm <sup>2</sup> )	g,m	fvd (N/mm <sup>2</sup> )	Vt (kN)	V (kN)	C.Sic.
6	1	5	e	B	90.61	0.179	49.00	0.54	0.381	0.468	0.056	1.35	0.180	34.87	39.61	0.880
24	1	5	e	B	323.23	0.217	531.34	1.64	0.340	0.640	0.056	1.35	0.231	116.73	141.34	0.826
24	1	5	e	S	285.74	0.192	361.75	1.27	0.606	0.317	0.056	1.35	0.135	122.08	141.34	0.864
79	1	5	e	B	149.10	0.100	175.30	1.18	0.670	0.150	0.056	1.35	0.086	85.52	105.95	0.807
3	1	6	e	B	175.33	0.250	152.74	0.87	0.193	1.296	0.056	1.35	0.425	57.56	70.21	0.820
21	1	6	e	B	201.97	0.251	206.05	1.02	0.169	1.482	0.056	1.35	0.481	65.50	77.45	0.846
21	1	6	e	S	181.68	0.226	113.11	0.62	0.688	0.328	0.056	1.35	0.139	76.80	77.45	0.992
1	1	7	e	B	103.63	0.312	40.56	0.39	0.264	1.180	0.056	1.35	0.391	34.35	37.41	0.918
9	1	7	e	B	252.41	0.000	641.13	2.54	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	117.71	0.000
9	1	7	e	S	188.55	0.000	382.15	2.03	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	117.71	0.000
11	1	7	e	B	37.30	0.000	25.00	0.67	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.78	0.000
11	1	7	e	S	18.70	0.046	10.10	0.54	0.091	0.510	0.056	1.35	0.151	5.54	6.78	0.817
18	1	7	e	B	176.60	0.000	172.53	0.98	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	77.86	0.000
18	1	7	e	S	161.17	0.263	79.11	0.49	0.659	0.400	0.056	1.35	0.118	47.75	77.86	0.613
73	1	7	e	B	127.98	0.000	285.40	2.23	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	94.16	0.000
14	1	8	e	B	101.96	0.000	100.97	0.99	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	40.16	0.000
14	1	8	e	S	78.47	0.194	9.86	0.13	1.000	0.194	0.056	1.35	0.057	23.25	40.16	0.579
16	1	8	e	B	159.71	0.000	208.56	1.31	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.05	0.000
16	1	8	e	S	132.21	0.000	113.87	0.86	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.05	0.000
27	1	8	e	B	-38.16	0.000	0.35	-0.01	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	12.12	0.000
27	1	8	e	S	-46.54	0.000	14.90	-0.32	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	12.12	0.000
74	1	8	e	B	7.41	0.000	14.88	2.01	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.78	0.000
80	1	8	e	B	8.99	0.000	10.96	1.22	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	17.05	0.000
81	1	8	e	B	38.40	0.052	25.86	0.67	0.538	0.097	0.056	1.35	0.070	27.78	34.59	0.803
85	1	8	e	B	25.56	0.000	15.50	0.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.34	0.000
72	2	0	e	B	46.64	0.092	19.69	0.42	0.627	0.147	0.056	1.35	0.085	27.01	61.29	0.441
75	2	0	e	B	61.55	0.000	57.90	0.94	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	48.62	0.000
81	2	0	e	B	38.67	0.053	36.85	0.95	0.139	0.379	0.056	1.35	0.154	15.69	18.43	0.851
72	3	0	e	B	46.64	0.092	19.56	0.42	0.632	0.145	0.056	1.35	0.085	27.13	61.25	0.443
75	3	0	e	B	61.55	0.000	57.87	0.94	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	48.60	0.000
81	3	0	e	B	38.67	0.053	36.99	0.96	0.133	0.394	0.056	1.35	0.158	15.53	18.50	0.839
27	3	4	e	S	17.55	0.000	10.97	0.63	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.06	0.000
11	3	5	e	B	11.11	0.000	16.99	1.53	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.88	0.000
11	3	5	e	S	-7.48	0.000	4.08	-0.55	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.88	0.000
80	3	5	e	B	14.62	0.044	4.66	0.32	0.493	0.089	0.056	1.35	0.068	11.14	12.32	0.904
3	3	6	e	B	152.93	0.218	132.78	0.87	0.198	1.105	0.056	1.35	0.369	51.05	62.76	0.813
14	3	6	e	B	105.95	0.000	75.75	0.71	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	25.74	0.000
14	3	6	e	S	82.46	0.204	4.66	0.06	1.000	0.204	0.056	1.35	0.060	24.43	25.74	0.949
18	3	6	e	B	180.30	0.294	137.45	0.76	0.193	1.524	0.056	1.35	0.493	58.33	66.50	0.877
24	3	6	e	B	315.47	0.212	495.33	1.57	0.392	0.541	0.056	1.35	0.202	117.64	132.00	0.891
24	3	6	e	S	277.99	0.187	336.96	1.21	0.644	0.290	0.056	1.35	0.127	122.13	132.00	0.925
6	3	7	e	B	102.55	0.202	66.13	0.64	0.166	1.219	0.056	1.35	0.403	33.88	49.39	0.686



## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

6	3	7	e	S	89.76	0.177	6.83	0.08	1.000	0.177	0.056	1.35	0.094	47.65	49.39	0.965
21	3	7	e	B	201.04	0.000	260.89	1.30	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	99.00	0.000
21	3	7	e	S	180.75	0.225	142.09	0.79	0.475	0.473	0.056	1.35	0.140	53.56	99.00	0.541
82	3	7	e	B	23.74	0.050	15.84	0.67	0.017	2.909	0.056	1.35	0.903	7.37	9.37	0.787
72	4	0	e	B	46.64	0.092	21.17	0.45	0.561	0.164	0.056	1.35	0.090	25.63	61.70	0.415
75	4	0	e	B	59.83	0.148	23.28	0.39	0.635	0.233	0.056	1.35	0.110	28.40	34.63	0.820
81	4	0	e	B	38.67	0.000	41.89	1.08	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	20.94	0.000
82	4	3	e	B	23.74	0.050	15.89	0.67	0.013	3.991	0.056	1.35	1.224	7.28	9.43	0.772
85	4	4	e	B	21.76	0.000	10.53	0.48	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.42	0.000
11	4	5	e	B	7.79	0.000	11.77	1.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.33	0.000
11	4	5	e	S	-10.80	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.33	0.000
16	4	5	e	B	164.71	0.277	129.68	0.79	0.111	2.503	0.056	1.35	0.783	51.53	58.19	0.886
27	4	5	e	B	-9.95	0.000	0.30	-0.03	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.38	0.000
27	4	5	e	S	-18.32	0.000	2.55	-0.14	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.38	0.000
80	4	5	e	B	18.11	0.054	6.90	0.38	0.297	0.183	0.056	1.35	0.096	9.46	12.96	0.730
6	4	6	e	B	102.55	0.202	56.81	0.55	0.354	0.571	0.056	1.35	0.211	37.83	42.27	0.895
21	4	6	e	B	201.04	0.250	227.68	1.13	0.023	10.948	0.056	1.35	2.200	40.40	77.79	0.519
21	4	6	e	S	180.75	0.225	134.33	0.74	0.531	0.423	0.056	1.35	0.167	71.27	77.79	0.916
79	4	6	e	B	145.20	0.098	172.22	1.19	0.663	0.147	0.056	1.35	0.085	83.92	98.65	0.851
3	4	7	e	B	152.93	0.218	148.44	0.97	0.044	4.961	0.056	1.35	1.511	46.59	65.50	0.711
3	4	7	e	S	135.29	0.193	69.84	0.52	0.726	0.266	0.056	1.35	0.120	61.16	65.50	0.934
18	4	7	e	B	180.30	0.294	151.94	0.84	0.055	5.317	0.056	1.35	1.617	54.83	66.12	0.829
24	4	7	e	B	315.47	0.212	571.41	1.81	0.221	0.958	0.056	1.35	0.325	107.14	156.40	0.685
24	4	7	e	S	277.99	0.187	383.73	1.38	0.526	0.356	0.056	1.35	0.147	114.80	156.40	0.734
30	4	7	e	S	74.25	0.000	87.43	1.18	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	25.03	0.000
85	5	3	e	B	21.82	0.000	11.22	0.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.23	0.000
11	5	4	e	B	8.89	0.000	7.49	0.84	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.41	0.000
11	5	4	e	S	-9.69	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.41	0.000
27	5	4	e	B	-4.60	0.000	0.65	-0.14	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.57	0.000
27	5	4	e	S	-12.98	0.000	0.01	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.57	0.000
14	5	5	e	B	105.21	0.000	74.89	0.71	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	32.39	0.000
14	5	5	e	S	81.73	0.202	14.52	0.18	1.000	0.202	0.056	1.35	0.060	24.22	32.39	0.748
79	5	5	e	B	145.20	0.098	176.21	1.21	0.643	0.152	0.056	1.35	0.086	82.72	101.23	0.817
80	5	5	e	B	-5.59	0.000	0.01	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	11.31	0.000
3	5	6	e	B	152.93	0.000	163.38	1.07	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	58.92	0.000
3	5	6	e	S	135.29	0.193	92.67	0.68	0.473	0.409	0.056	1.35	0.121	40.09	58.92	0.680
16	5	6	e	B	164.71	0.277	120.76	0.73	0.206	1.343	0.056	1.35	0.439	53.89	54.05	0.997
18	5	6	e	B	180.30	0.294	156.54	0.87	0.012	25.325	0.056	1.35	2.200	15.66	51.75	0.303
21	5	6	e	B	201.04	0.000	253.21	1.26	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	57.46	0.000
21	5	6	e	S	180.75	0.225	184.27	1.02	0.170	1.319	0.056	1.35	0.391	53.56	57.46	0.932
24	5	6	e	B	315.47	0.212	575.21	1.82	0.213	0.996	0.056	1.35	0.337	106.61	160.44	0.664
24	5	6	e	S	277.99	0.187	382.68	1.38	0.528	0.354	0.056	1.35	0.146	114.96	160.44	0.717
78	5	6	e	B	94.19	0.117	92.20	0.98	0.223	0.524	0.056	1.35	0.197	35.36	46.09	0.767
70	6	0	e	B	13.38	0.000	8.17	0.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.72	0.000
78	6	4	e	B	94.19	0.117	86.05	0.91	0.308	0.379	0.056	1.35	0.154	38.21	43.04	0.888
83	6	4	e	B	26.61	0.000	14.77	0.56	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.60	0.000
11	6	5	e	B	-3.35	0.000	5.38	-1.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.44	0.000
11	6	5	e	S	-21.94	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.44	0.000
24	6	5	e	B	315.47	0.212	313.71	0.99	0.798	0.266	0.056	1.35	0.120	142.72	168.08	0.849
24	6	5	e	S	277.99	0.187	112.05	0.40	1.000	0.187	0.056	1.35	0.097	144.07	168.08	0.857
27	6	5	e	B	-20.39	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.02	0.000
27	6	5	e	S	-28.76	0.000	0.02	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.02	0.000
77	6	5	e	B	85.76	0.000	79.38	0.93	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.86	0.000
80	6	5	e	B	-4.80	0.000	0.02	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.80	0.000
3	6	6	e	B	152.93	0.000	193.24	1.26	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	46.36	0.000
3	6	6	e	S	135.29	0.000	137.63	1.02	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	46.36	0.000
14	6	6	e	B	106.77	0.000	87.31	0.82	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	38.31	0.000
14	6	6	e	S	83.28	0.206	18.39	0.22	1.000	0.206	0.056	1.35	0.061	24.68	38.31	0.644
18	6	6	e	B	180.30	0.000	193.96	1.08	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	39.27	0.000
18	6	6	e	S	164.87	0.000	146.82	0.89	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	39.27	0.000
36	6	6	e	S	37.04	0.000	22.08	0.60	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	13.17	0.000
71	6	6	e	B	70.24	0.100	65.86	0.94	0.094	1.073	0.056	1.35	0.359	23.53	31.05	0.758
74	6	6	e	B	-14.38	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.60	0.000

### VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§7.8.2.2.2)

[TAGLIO COMPLANARE] (elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/ mm^2)	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	s,n	f <sub>vko</sub> /tauo (N/mm^2)	g,m	f <sub>vd</sub> (N/mm^2)	V <sub>t</sub> (kN)	V (kN)	C.Sic.
1	1	7	e	B	103.63	0.312	40.56	0.39	0.264	1.180	0.056	1.35	0.391	34.35	37.41	0.918
3	1	6	e	B	175.33	0.250	152.74	0.87	0.193	1.296	0.056	1.35	0.425	57.56	70.21	0.820
3	3	6	e	B	152.93	0.218	132.78	0.87	0.198	1.105	0.056	1.35	0.369	51.05	62.76	0.813
3	4	7	e	S	135.29	0.193	69.84	0.52	0.726	0.266	0.056	1.35	0.120	61.16	65.50	0.934
3	4	7	e	B	152.93	0.218	148.44	0.97	0.044	4.961	0.056	1.35	1.511	46.59	65.50	0.711
3	5	6	e	B	152.93	0.000	163.38	1.07	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	58.92	0.000
3	5	6	e	S	135.29	0.193	92.67	0.68	0.473	0.409	0.056	1.35	0.121	40.09	58.92	0.680
3	6	6	e	S	135.29	0.000	137.63	1.02	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	46.36	0.000
3	6	6	e	B	152.93	0.000	193.24	1.26	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	46.36	0.000
6	1	5	e	B	90.61	0.179	49.00	0.54	0.381	0.468	0.056	1.35	0.180	34.87	39.61	0.880
6	3	7	e	B	102.55	0.202	66.13	0.64	0.166	1.219	0.056	1.35	0.403	33.88	49.39	0.686
6	3	7	e	S	89.76	0.177	6.83	0.08	1.000	0.177	0.056	1.35	0.094	47.65	49.39	0.965
6	4	6	e	B	102.55	0.202	56.81	0.55	0.354	0.571	0.056	1.35	0.211	37.83	42.27	0.895
9	1	7	e	B	252.41	0.000	641.13	2.54	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	117.71	0.000
9	1	7	e	S	188.55	0.000	382.15	2.03	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	117.71	0.000
11	1	7	e	S	18.70	0.046	10.10	0.54	0.091	0.510	0.056	1.35	0.151	5.54	6.78	0.817
11	1	7	e	B	37.30	0.000	25.00	0.67	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.78	0.000
11	3	5	e	B	11.11	0.000	16.99	1.53	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.88	0.000
11	3	5	e	S	-7.48	0.000	4.08	-0.55	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.88	0.000
11	4	5	e	B	7.79	0.000	11.77	1.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.33	0.000
11	4	5	e	S	-10.80	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.33	0.000
11	5	4	e	B	8.89	0.000	7.49	0.84	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.41	0.000
11	5	4	e	S	-9.69	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.41	0.000
11	6	5	e	B	-3.35	0.000	5.38	-1.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.44	0.000
11	6	5	e	S	-21.94	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.44	0.000
14	1	8	e	B	101.96	0.000	100.97	0.99	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	40.16	0.000
14	1	8	e	S	78.47	0.194	9.86	0.13	1.000	0.194	0.056	1.35	0.057	23.25	40.16	0.579
14	3	6	e	B	105.95	0.000	75.75	0.71	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	25.74	0.000
14	3	6	e	S	82.46	0.204	4.66	0.06	1.000	0.204	0.056	1.35	0.060	24.43	25.74	0.949
14	5	5	e	S	81.73	0.202	14.52	0.18	1.000	0.202	0.056	1.35	0.060	24.22	32.39	0.748
14	5	5	e	B	105.21	0.000	74.89	0.71	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	32.39	0.000
14	6	6	e	B	106.77	0.000	87.31	0.82	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	38.31	0.000

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

14	6	6	e	S	83.28	0.206	18.39	0.22	1.000	0.206	0.056	1.35	0.061	24.68	38.31	0.644
16	1	8	e	B	159.71	0.000	208.56	1.31	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.05	0.000
16	1	8	e	S	132.21	0.000	113.87	0.86	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.05	0.000
16	4	5	e	B	164.71	0.277	129.68	0.79	0.111	2.503	0.056	1.35	0.783	51.53	58.19	0.886
16	5	6	e	B	164.71	0.277	120.76	0.73	0.206	1.343	0.056	1.35	0.439	53.89	54.05	0.997
18	1	7	e	B	176.60	0.000	172.53	0.98	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	77.86	0.000
18	1	7	e	S	161.17	0.263	79.11	0.49	0.659	0.400	0.056	1.35	0.118	47.75	77.86	0.613
18	3	6	e	B	180.30	0.294	137.45	0.76	0.193	1.524	0.056	1.35	0.493	58.33	66.50	0.877
18	4	7	e	B	180.30	0.294	151.94	0.84	0.055	5.317	0.056	1.35	1.617	54.83	66.12	0.829
18	5	6	e	B	180.30	0.294	156.54	0.87	0.012	25.325	0.056	1.35	2.200	15.66	51.75	0.303
18	6	6	e	B	180.30	0.000	193.96	1.08	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	39.27	0.000
18	6	6	e	S	164.87	0.000	146.82	0.89	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	39.27	0.000
21	1	6	e	B	201.97	0.251	206.05	1.02	0.169	1.482	0.056	1.35	0.481	65.50	77.45	0.846
21	1	6	e	S	181.68	0.226	113.11	0.62	0.688	0.328	0.056	1.35	0.139	76.80	77.45	0.992
21	3	7	e	B	201.04	0.000	260.89	1.30	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	99.00	0.000
21	3	7	e	S	180.75	0.225	142.09	0.79	0.475	0.473	0.056	1.35	0.140	53.56	99.00	0.541
21	4	6	e	B	201.04	0.250	227.68	1.13	0.023	10.948	0.056	1.35	2.200	40.40	77.79	0.519
21	4	6	e	S	180.75	0.225	134.33	0.74	0.531	0.423	0.056	1.35	0.167	71.27	77.79	0.916
21	5	6	e	S	180.75	0.225	184.27	1.02	0.170	1.319	0.056	1.35	0.391	53.56	57.46	0.932
21	5	6	e	B	201.04	0.000	253.21	1.26	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	57.46	0.000
24	1	5	e	B	323.23	0.217	531.34	1.64	0.340	0.640	0.056	1.35	0.231	116.73	141.34	0.826
24	1	5	e	S	285.74	0.192	361.75	1.27	0.606	0.317	0.056	1.35	0.135	122.08	141.34	0.864
24	3	6	e	S	277.99	0.187	336.96	1.21	0.644	0.290	0.056	1.35	0.127	122.13	132.00	0.925
24	3	6	e	B	315.47	0.212	495.33	1.57	0.392	0.541	0.056	1.35	0.202	117.64	132.00	0.891
24	4	7	e	S	277.99	0.187	383.73	1.38	0.526	0.356	0.056	1.35	0.147	114.80	156.40	0.734
24	4	7	e	B	315.47	0.212	571.41	1.81	0.221	0.958	0.056	1.35	0.325	107.14	156.40	0.685
24	5	6	e	B	315.47	0.212	575.21	1.82	0.213	0.996	0.056	1.35	0.337	106.61	160.44	0.664
24	5	6	e	S	277.99	0.187	382.68	1.38	0.528	0.354	0.056	1.35	0.146	114.96	160.44	0.717
24	6	5	e	S	277.99	0.187	112.05	0.40	1.000	0.187	0.056	1.35	0.097	144.07	168.08	0.857
24	6	5	e	B	315.47	0.212	313.71	0.99	0.798	0.266	0.056	1.35	0.120	142.72	168.08	0.849
27	1	8	e	B	-38.16	0.000	0.35	-0.01	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	12.12	0.000
27	1	8	e	S	-46.54	0.000	14.90	-0.32	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	12.12	0.000
27	3	4	e	S	17.55	0.000	10.97	0.63	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.06	0.000
27	4	5	e	B	-9.95	0.000	0.30	-0.03	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.38	0.000
27	4	5	e	S	-18.32	0.000	2.55	-0.14	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.38	0.000
27	5	4	e	S	-12.98	0.000	0.01	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.57	0.000
27	5	4	e	B	-4.60	0.000	0.65	-0.14	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.57	0.000
27	6	5	e	S	-28.76	0.000	0.02	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.02	0.000
27	6	5	e	B	-20.39	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.02	0.000
30	4	7	e	S	74.25	0.000	87.43	1.18	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	25.03	0.000
36	6	6	e	S	37.04	0.000	22.08	0.60	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	13.17	0.000
70	6	0	e	B	13.38	0.000	8.17	0.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.72	0.000
71	6	6	e	B	70.24	0.100	65.86	0.94	0.094	1.073	0.056	1.35	0.359	23.53	31.05	0.758
72	2	0	e	B	46.64	0.092	19.69	0.42	0.627	0.147	0.056	1.35	0.085	27.01	61.29	0.441
72	3	0	e	B	46.64	0.092	19.56	0.42	0.632	0.145	0.056	1.35	0.085	27.13	61.25	0.443
72	4	0	e	B	46.64	0.092	21.17	0.45	0.561	0.164	0.056	1.35	0.090	25.63	61.70	0.415
73	1	7	e	B	127.98	0.000	285.40	2.23	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	94.16	0.000
74	1	8	e	B	7.41	0.000	14.88	2.01	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.78	0.000
74	6	6	e	B	-14.38	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.60	0.000
75	2	0	e	B	61.55	0.000	57.90	0.94	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	48.62	0.000
75	3	0	e	B	61.55	0.000	57.87	0.94	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	48.60	0.000
75	4	0	e	B	59.83	0.148	23.28	0.39	0.635	0.233	0.056	1.35	0.110	28.40	34.63	0.820
77	6	5	e	B	85.76	0.000	79.38	0.93	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	43.86	0.000
78	5	6	e	B	94.19	0.117	92.20	0.98	0.223	0.524	0.056	1.35	0.197	35.36	46.09	0.767
78	6	4	e	B	94.19	0.117	86.05	0.91	0.308	0.379	0.056	1.35	0.154	38.21	43.04	0.888
79	1	5	e	B	149.10	0.100	175.30	1.18	0.670	0.150	0.056	1.35	0.086	85.52	105.95	0.807
79	4	6	e	B	145.20	0.098	172.22	1.19	0.663	0.147	0.056	1.35	0.085	83.92	98.65	0.851
79	5	5	e	B	145.20	0.098	176.21	1.21	0.643	0.152	0.056	1.35	0.086	82.72	101.23	0.817
80	1	8	e	B	8.99	0.000	10.96	1.22	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	17.05	0.000
80	3	5	e	B	14.62	0.044	4.66	0.32	0.493	0.089	0.056	1.35	0.068	11.14	12.32	0.904
80	4	5	e	B	18.11	0.054	6.90	0.38	0.297	0.183	0.056	1.35	0.096	9.46	12.96	0.730
80	5	5	e	B	-5.59	0.000	0.01	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	11.31	0.000
80	6	5	e	B	-4.80	0.000	0.02	-0.00	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.80	0.000
81	1	8	e	B	38.40	0.052	25.86	0.67	0.538	0.097	0.056	1.35	0.070	27.78	34.59	0.803
81	2	0	e	B	38.67	0.053	36.85	0.95	0.139	0.379	0.056	1.35	0.154	15.69	18.43	0.851
81	3	0	e	B	38.67	0.053	36.99	0.96	0.133	0.394	0.056	1.35	0.158	15.53	18.50	0.839
81	4	0	e	B	38.67	0.000	41.89	1.08	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	20.94	0.000
82	3	7	e	B	23.74	0.050	15.84	0.67	0.017	2.909	0.056	1.35	0.903	7.37	9.37	0.787
82	4	3	e	B	23.74	0.050	15.89	0.67	0.013	3.991	0.056	1.35	1.224	7.28	9.43	0.772
83	6	4	e	B	26.61	0.000	14.77	0.56	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.60	0.000
85	1	8	e	B	25.56	0.000	15.50	0.61	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	9.34	0.000
85	4	4	e	B	21.76	0.000	10.53	0.48	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.42	0.000
85	5	3	e	B	21.82	0.000	11.22	0.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	6.23	0.000

### VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§8.7.1.5) [TAGLIO COMPLANARE] (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	Coeff. b	P (kN)	p (N/mm^2)	f <sub>vko</sub> /tauo	F,C	f <sub>vd</sub> (N/mm^2)	V <sub>t</sub> (kN)	V (kN)	C.Sic.
61	1	1	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.25	0.877
94	1	1	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	12.95	0.897
61	1	2	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.38	0.868
94	1	2	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.07	0.889
59	1	3	e	J	1.125	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	21.88	0.531
98	1	3	e	I	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	11.90	0.976
65	1	4	e	I	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	12.32	0.943
1	1	7	e	B	1.263	103.63	0.312	0.056	1.35	0.109	36.36	37.41	0.972
1	1	7	e	S	1.263	95.25	0.286	0.056	1.35	0.105	35.08	37.41	0.938
18	1	7	e	B	1.000	176.60	0.288	0.056	1.35	0.117	71.64	77.86	0.920
18	1	7	e	S	1.000	161.17	0.263	0.056	1.35	0.112	68.85	77.86	0.884
14	1	8	e	B	1.500	101.96	0.252	0.056	1.35	0.093	37.74	40.16	0.940
14	1	8	e	S	1.500	78.47	0.194	0.056	1.35	0.084	34.07	40.16	0.848
67	1	8	e	J	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	16.89	0.688
80	1	8	e	B	1.263	8.99	0.027	0.056	1.35	0.051	16.98	17.05	0.996
100	1	8	e	J	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	17.20	0.675
72	2	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.29	0.616
75	2	0	e	B	1.500	61.55	0.152	0.056	1.35	0.077	31.17	48.62	0.641
72	3	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.25	0.616
75	3	0	e	B	1.500	61.55	0.152	0.056	1.35	0.077	31.17	48.60	0.641
1	3	7	e	B	1.263	165.13	0.497	0.056	1.35	0.134	44.65	48.08	0.929
1	3	7	e	S	1.263	156.76	0.471	0.056	1.35	0.131	43.61	48.08	0.907

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

6	3	7	e	S	1.000	89.76	0.177	0.056	1.35	0.095	48.30	49.39	0.978
21	3	7	e	B	1.000	201.04	0.250	0.056	1.35	0.110	88.48	99.00	0.894
21	3	7	e	S	1.000	180.75	0.225	0.056	1.35	0.105	84.56	99.00	0.854
72	4	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.70	0.612
75	4	0	e	B	1.500	59.83	0.148	0.056	1.35	0.076	30.86	34.63	0.891
16	4	5	e	S	1.294	137.21	0.231	0.056	1.35	0.095	56.80	58.19	0.976
1	4	7	e	B	1.263	165.76	0.499	0.056	1.35	0.135	44.72	48.38	0.924
1	4	7	e	S	1.263	157.38	0.473	0.056	1.35	0.131	43.69	48.38	0.903
24	4	7	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	156.40	0.975
24	4	7	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	156.40	0.926
1	5	6	e	B	1.263	155.61	0.468	0.056	1.35	0.131	43.47	44.56	0.975
1	5	6	e	S	1.263	147.24	0.443	0.056	1.35	0.128	42.40	44.56	0.952
24	5	6	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	160.44	0.951
24	5	6	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	160.44	0.902
24	6	5	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	168.08	0.908
24	6	5	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	168.08	0.861
14	6	6	e	S	1.500	83.28	0.206	0.056	1.35	0.086	34.86	38.31	0.910

### VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§8.7.1.5) [TAGLIO COMPLANARE] (elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	Coeff. b	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>vko</sub> /tauo	F,C	f <sub>vd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	V <sub>t</sub> (kN)	V (kN)	C.Sic.
1	1	7	e	S	1.263	95.25	0.286	0.056	1.35	0.105	35.08	37.41	0.938
1	1	7	e	B	1.263	103.63	0.312	0.056	1.35	0.109	36.36	37.41	0.972
1	3	7	e	B	1.263	165.13	0.497	0.056	1.35	0.134	44.65	48.08	0.929
1	3	7	e	S	1.263	156.76	0.471	0.056	1.35	0.131	43.61	48.08	0.907
1	4	7	e	S	1.263	157.38	0.473	0.056	1.35	0.131	43.69	48.38	0.903
1	4	7	e	B	1.263	165.76	0.499	0.056	1.35	0.135	44.72	48.38	0.924
1	5	6	e	B	1.263	155.61	0.468	0.056	1.35	0.131	43.47	44.56	0.975
1	5	6	e	S	1.263	147.24	0.443	0.056	1.35	0.128	42.40	44.56	0.952
6	3	7	e	S	1.000	89.76	0.177	0.056	1.35	0.095	48.30	49.39	0.978
14	1	8	e	S	1.500	78.47	0.194	0.056	1.35	0.084	34.07	40.16	0.848
14	1	8	e	B	1.500	101.96	0.252	0.056	1.35	0.093	37.74	40.16	0.940
14	6	6	e	S	1.500	83.28	0.206	0.056	1.35	0.086	34.86	38.31	0.910
16	4	5	e	S	1.294	137.21	0.231	0.056	1.35	0.095	56.80	58.19	0.976
18	1	7	e	S	1.000	161.17	0.263	0.056	1.35	0.112	68.85	77.86	0.884
18	1	7	e	B	1.000	176.60	0.288	0.056	1.35	0.117	71.64	77.86	0.920
21	3	7	e	B	1.000	201.04	0.250	0.056	1.35	0.110	88.48	99.00	0.894
21	3	7	e	S	1.000	180.75	0.225	0.056	1.35	0.105	84.56	99.00	0.854
24	4	7	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	156.40	0.926
24	4	7	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	156.40	0.975
24	5	6	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	160.44	0.951
24	5	6	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	160.44	0.902
24	6	5	e	B	1.000	315.47	0.212	0.056	1.35	0.103	152.55	168.08	0.908
24	6	5	e	S	1.000	277.99	0.187	0.056	1.35	0.097	144.78	168.08	0.861
59	1	3	e	J	1.125	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	21.88	0.531
61	1	1	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.25	0.877
61	1	2	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.38	0.868
65	1	4	e	I	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	12.32	0.943
67	1	8	e	J	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	16.89	0.688
72	2	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.29	0.616
72	3	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.25	0.616
72	4	0	e	B	1.000	46.64	0.092	0.056	1.35	0.074	37.75	61.70	0.612
75	2	0	e	B	1.500	61.55	0.152	0.056	1.35	0.077	31.17	48.62	0.641
75	3	0	e	B	1.500	61.55	0.152	0.056	1.35	0.077	31.17	48.60	0.641
75	4	0	e	B	1.500	59.83	0.148	0.056	1.35	0.076	30.86	34.63	0.891
80	1	8	e	B	1.263	8.99	0.027	0.056	1.35	0.051	16.98	17.05	0.996
94	1	2	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	13.07	0.889
94	1	1	e	J	1.000	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	12.95	0.897
98	1	3	e	I	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	11.90	0.976
100	1	8	e	J	1.500	0.00	0.000	0.056	1.35	0.041	11.61	17.20	0.675

### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (§7.8.2.2.3) (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	n/e	x Sez. (m)	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>k</sub> / f <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	F,C	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.
80	1	1	e	3.000	9.90	0.030	2.600	1.35	1.926	544.31	1.70	5.40	0.315
80	1	2	e	3.000	9.57	0.029	2.600	1.35	1.926	544.31	1.65	5.40	0.305
80	1	3	e	3.000	9.02	0.027	2.600	1.35	1.926	544.31	1.55	5.40	0.287
80	1	4	e	3.000	8.30	0.025	2.600	1.35	1.926	544.31	1.43	5.40	0.265
80	1	5	e	3.000	7.58	0.023	2.600	1.35	1.926	544.31	1.31	5.40	0.242
80	1	6	e	3.000	6.46	0.019	2.600	1.35	1.926	544.31	1.12	5.40	0.207
74	1	7	e	3.000	4.54	0.011	2.600	1.35	1.926	658.91	0.79	1.52	0.519
80	1	7	e	3.000	4.86	0.015	2.600	1.35	1.926	544.31	0.84	5.40	0.156
74	1	8	e	0.000	7.41	0.018	2.600	1.35	1.926	658.91	1.28	3.69	0.347
83	1	8	e	3.000	11.91	0.034	2.600	1.35	1.926	572.96	2.04	2.18	0.936
83	2	0	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.16	0.682
89	2	0	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.02	0.705
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	2.20	0.360
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	2.17	0.331
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.68	0.471
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.59	0.452
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.42	0.557
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.31	0.549
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.29	0.614
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.16	0.620
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.23	0.644
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.09	0.659
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.19	0.665
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.06	0.678
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.17	0.677
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.03	0.698
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
83	2	2	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
89	2	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
36	2	3	e	3.000	31.16	0.089	2.600	1.35	1.926	572.96	5.16	5.94	0.868
83	2	3	e	0.000	26.61	0.076	2.600	1.35	1.926	572.96	4.44	5.64	0.787
83	2	3	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
89	2	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	0	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.02	0.705
89	3	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	4	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	5	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	6	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
33	3	7	e	0.000	67.31	0.142	2.600	1.35	1.926	773.50	10.75	11.86	0.907
54	3	7	e	0.000	107.47	0.136	2.600	1.35	1.926	1289.17	17.24	21.39	0.806
80	3	7	e	0.000	3.53	0.011	2.600	1.35	1.926	544.31	0.61	1.79	0.343
89	3	7	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
82	4	0	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	0	e	3.000	52.72	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.64	10.77	0.802
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.96	0.707
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.92	0.374
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.88	0.772
84	4	1	e	3.000	56.61	0.112	2.600	1.35	1.926	830.80	9.23	9.82	0.940
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.26	0.570
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.84	0.808
84	4	1	e	3.000	54.66	0.108	2.600	1.35	1.926	830.80	8.94	10.29	0.868
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	0.93	0.773
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.82	0.828
84	4	1	e	3.000	53.69	0.106	2.600	1.35	1.926	830.80	8.79	10.53	0.835
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	0.76	0.946
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.81	0.838
84	4	1	e	3.000	53.21	0.105	2.600	1.35	1.926	830.80	8.72	10.65	0.818
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	1	e	3.000	52.96	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.68	10.71	0.810
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	1	e	3.000	52.84	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.66	10.74	0.806
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	1	e	3.000	52.78	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.65	10.76	0.804
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	1	e	3.000	52.84	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.66	10.74	0.806
82	4	2	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
84	4	2	e	3.000	60.17	0.119	2.600	1.35	1.926	830.80	9.77	10.74	0.909
89	4	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
82	4	3	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
89	4	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
82	4	4	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
89	4	4	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
82	4	5	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
89	4	5	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
82	4	6	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
89	4	6	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
30	4	7	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.82	0.967
70	4	7	e	0.000	68.57	0.206	2.600	1.35	1.926	544.31	10.49	10.91	0.961
70	4	7	e	3.000	47.63	0.143	2.600	1.35	1.926	544.31	7.61	8.65	0.879
82	4	7	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
87	4	7	e	3.000	91.96	0.050	2.600	1.35	1.926	3036.70	15.61	16.37	0.953
89	4	7	e	0.000	53.74	0.068	2.600	1.35	1.926	1289.17	9.01	11.78	0.765
89	4	7	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
30	5	6	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.65	0.976
30	6	6	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.48	0.986
81	6	6	e	0.000	54.11	0.074	2.600	1.35	1.926	1203.22	9.04	9.30	0.972
81	6	6	e	3.000	7.79	0.011	2.600	1.35	1.926	1203.22	1.35	1.41	0.961
88	6	6	e	0.000	79.59	0.152	2.600	1.35	1.926	859.44	12.64	13.22	0.956
88	6	6	e	3.000	46.50	0.089	2.600	1.35	1.926	859.44	7.70	13.08	0.588

**VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (\$7.8.2.2.3)**  
(elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	n/e	x Sez. (m)	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	fk / fm (N/mm <sup>2</sup> )	F,C	fd (N/mm <sup>2</sup> )	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.
30	4	7	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.82	0.967
30	5	6	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.65	0.976
30	6	6	e	0.000	108.22	0.147	2.600	1.35	1.926	1203.22	17.24	17.48	0.986
33	3	7	e	0.000	67.31	0.142	2.600	1.35	1.926	773.50	10.75	11.86	0.907
36	2	3	e	3.000	31.16	0.089	2.600	1.35	1.926	572.96	5.16	5.94	0.868
54	3	7	e	0.000	107.47	0.136	2.600	1.35	1.926	1289.17	17.24	21.39	0.806
70	4	7	e	3.000	47.63	0.143	2.600	1.35	1.926	544.31	7.61	8.65	0.879
70	4	7	e	0.000	68.57	0.206	2.600	1.35	1.926	544.31	10.49	10.91	0.961
74	1	8	e	0.000	7.41	0.018	2.600	1.35	1.926	658.91	1.28	3.69	0.347
74	1	7	e	3.000	4.54	0.011	2.600	1.35	1.926	658.91	0.79	1.52	0.519
80	1	7	e	3.000	4.86	0.015	2.600	1.35	1.926	544.31	0.84	5.40	0.156
80	1	1	e	3.000	9.90	0.030	2.600	1.35	1.926	544.31	1.70	5.40	0.315
80	1	6	e	3.000	6.46	0.019	2.600	1.35	1.926	544.31	1.12	5.40	0.207
80	1	2	e	3.000	9.57	0.029	2.600	1.35	1.926	544.31	1.65	5.40	0.305
80	1	5	e	3.000	7.58	0.023	2.600	1.35	1.926	544.31	1.31	5.40	0.242
80	1	4	e	3.000	8.30	0.025	2.600	1.35	1.926	544.31	1.43	5.40	0.265
80	1	3	e	3.000	9.02	0.027	2.600	1.35	1.926	544.31	1.55	5.40	0.287
80	3	7	e	0.000	3.53	0.011	2.600	1.35	1.926	544.31	0.61	1.79	0.343
81	6	6	e	3.000	7.79	0.011	2.600	1.35	1.926	1203.22	1.35	1.41	0.961
81	6	6	e	0.000	54.11	0.074	2.600	1.35	1.926	1203.22	9.04	9.30	0.972
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.81	0.838
82	4	7	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.82	0.828
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.84	0.808
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.88	0.772
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.96	0.707
82	4	0	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	6	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849

## 2. Esame comparativo sull'utilizzo di software per la Ricostruzione in Abruzzo

82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	5	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	1	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	2	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	3	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
82	4	4	e	3.000	3.90	0.008	2.600	1.35	1.926	773.50	0.68	0.80	0.849
83	1	8	e	3.000	11.91	0.034	2.600	1.35	1.926	572.96	2.04	2.18	0.936
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.19	0.665
83	2	3	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
83	2	3	e	0.000	26.61	0.076	2.600	1.35	1.926	572.96	4.44	5.64	0.787
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.23	0.644
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.42	0.557
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.68	0.471
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	2.20	0.360
83	2	0	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.16	0.682
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.17	0.677
83	2	2	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.29	0.614
83	2	1	e	3.000	4.56	0.013	2.600	1.35	1.926	572.96	0.79	1.18	0.671
84	4	0	e	3.000	52.72	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.64	10.77	0.802
84	4	1	e	3.000	52.84	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.66	10.74	0.806
84	4	1	e	3.000	56.61	0.112	2.600	1.35	1.926	830.80	9.23	9.82	0.940
84	4	1	e	3.000	52.96	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.68	10.71	0.810
84	4	1	e	3.000	52.78	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.65	10.76	0.804
84	4	1	e	3.000	54.66	0.108	2.600	1.35	1.926	830.80	8.94	10.29	0.868
84	4	1	e	3.000	52.84	0.104	2.600	1.35	1.926	830.80	8.66	10.74	0.806
84	4	2	e	3.000	60.17	0.119	2.600	1.35	1.926	830.80	9.77	10.74	0.909
84	4	1	e	3.000	53.69	0.106	2.600	1.35	1.926	830.80	8.79	10.53	0.835
84	4	1	e	3.000	53.21	0.105	2.600	1.35	1.926	830.80	8.72	10.65	0.818
87	4	7	e	3.000	91.96	0.050	2.600	1.35	1.926	3036.70	15.61	16.37	0.953
88	6	6	e	3.000	46.50	0.089	2.600	1.35	1.926	859.44	7.70	13.08	0.588
88	6	6	e	0.000	79.59	0.152	2.600	1.35	1.926	859.44	12.64	13.22	0.956
89	2	0	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.02	0.705
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	2.17	0.331
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.59	0.452
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.31	0.549
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.03	0.698
89	2	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	2	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.16	0.620
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.06	0.678
89	2	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.09	0.659
89	3	0	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.02	0.705
89	3	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	4	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	5	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	6	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	3	7	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.04	0.691
89	4	6	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	5	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	4	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	7	e	0.000	53.74	0.068	2.600	1.35	1.926	1289.17	9.01	11.78	0.765
89	4	7	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	3	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	2	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.94	0.370
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.92	0.374
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	1.26	0.570
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	0.93	0.773
89	4	1	e	3.000	4.12	0.005	2.600	1.35	1.926	1289.17	0.72	0.76	0.946

### VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§7.8.2.2.2) [TAGLIO ORTOGONALE] (elenco per ordine di plasticizzazione)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/ mm <sup>2</sup> )	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	s,n (N/mm <sup>2</sup> )	fvko/tauo (N/mm <sup>2</sup> )	g,m	fvd (N/mm <sup>2</sup> )	Vt (kN)	V (kN)	C.Sic.
11	1	8	e	B	-41.07	0.000	1.71	-0.04	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.94	0.000
11	1	8	e	S	-66.43	0.000	4.13	-0.06	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.94	0.000
27	1	8	e	B	-31.18	0.000	7.45	-0.24	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.42	0.000
27	1	8	e	S	-52.12	0.000	2.83	-0.05	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.42	0.000
74	1	8	e	B	7.41	0.000	3.69	0.50	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.72	0.000
36	2	3	e	S	31.16	0.000	5.94	0.19	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.30	0.000
83	2	3	e	B	26.61	0.000	5.64	0.21	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.27	0.000
33	3	7	e	B	67.31	0.000	11.86	0.18	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.14	0.000
54	3	7	e	B	107.47	0.000	21.39	0.20	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	10.24	0.000
80	3	7	e	B	3.53	0.000	1.79	0.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.60	0.000
89	4	7	e	B	53.74	0.000	11.78	0.22	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.58	0.000

### VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§7.8.2.2.2) [TAGLIO ORTOGONALE] (elenco per ordine degli elementi)

N.	Curva int.	Passo	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/ mm <sup>2</sup> )	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	s,n (N/mm <sup>2</sup> )	fvko/tauo (N/mm <sup>2</sup> )	g,m	fvd (N/mm <sup>2</sup> )	Vt (kN)	V (kN)	C.Sic.
11	1	8	e	B	-41.07	0.000	1.71	-0.04	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.94	0.000
11	1	8	e	S	-66.43	0.000	4.13	-0.06	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.94	0.000
27	1	8	e	B	-31.18	0.000	7.45	-0.24	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.42	0.000
27	1	8	e	S	-52.12	0.000	2.83	-0.05	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	3.42	0.000
33	3	7	e	B	67.31	0.000	11.86	0.18	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	5.14	0.000
36	2	3	e	S	31.16	0.000	5.94	0.19	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.30	0.000
54	3	7	e	B	107.47	0.000	21.39	0.20	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	10.24	0.000
74	1	8	e	B	7.41	0.000	3.69	0.50	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	1.72	0.000
80	3	7	e	B	3.53	0.000	1.79	0.51	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	0.60	0.000

83	2	3	e	B	26.61	0.000	5.64	0.21	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	2.27	0.000
89	4	7	e	B	53.74	0.000	11.78	0.22	0.000	0.000	0.056	1.35	0.000	0.00	4.58	0.000

★ **Importante!** Sulle **verifiche nel piano ortogonale** eseguite in analisi pushover (pressoflessione ortogonale, taglio per scorrimento, taglio per fessurazione diagonale) è opportuno tenere presenti le seguenti considerazioni.

➔ **1.** Direttamente dal Manuale d'uso di PC.E (p. 3.4.4.5, pag. 95) si riporta un estratto riguardante il check che consente o meno l'**esecuzione delle verifiche ortogonali in analisi pushover**.

La scelta sull'esecuzione o meno delle verifiche in direzione ortogonale condiziona i risultati dell'Analisi Pushover. Nei modelli globali 3D, PC.E esegue una vera e propria analisi spaziale, e non un semplice assemblaggio di pareti 2D: pertanto, il comportamento ortogonale può assumere valore significativo.

Pertanto, **nelle opere bibliografiche di riferimento, si accenna alla necessità di prendere in considerazione verifiche ortogonali condotte in modo simile alle complanari**. Per convalidare quest'affermazione, si riporta un estratto da:

G. Magenes, D. Bolognini, C. Braggio (A cura di): **Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura**, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000 (volume è reperibile on line all'indirizzo: [gndt.ingv.it/Pubblicazioni/Monografie\\_disponibili\\_con\\_intestazione.htm](http://gndt.ingv.it/Pubblicazioni/Monografie_disponibili_con_intestazione.htm)) (in evidenza, alcuni aspetti significativi implementati in PC.E).

SAM prevede la possibilità di utilizzo di elementi beam-column elastoplastici, in cui è prevista la possibilità di rottura per flessione con formazione di cerniere plastiche.

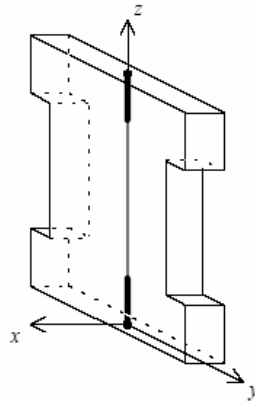


Fig. 23 - Elemento maschio tridimensionale.

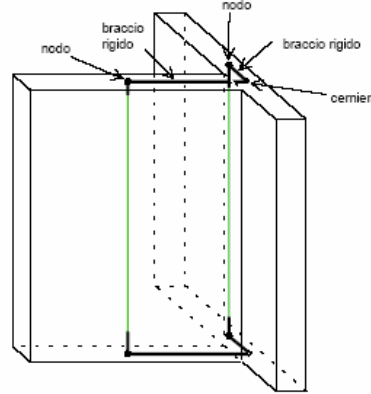


Fig. 24 - Scomposizione di un muro composto in maschi elementari.

L'estensione del modello a strutture tridimensionali ha richiesto innanzitutto una formulazione tridimensionale dei legami costitutivi degli elementi maschio e fascia. Considerando un sistema di riferimento  $x-y-z$  come indicato in Fig. 23, orientato secondo gli assi principali di un elemento maschio, si è assunto che il comportamento deformativo relativo alla deformazione nel piano  $z-y$  sia indipendente da quello nel piano  $z-x$ , (e viceversa). Per ciascun piano di inflessione si è utilizzato lo stesso tipo di equazioni costitutive. Il comportamento statico fuori dal piano di un muro viene quindi modellato in analogia con il comportamento nel piano. Si prevede inoltre che possano essere definite due diverse altezze efficaci relativamente alle deformazioni nel piano  $z-x$  e  $z-y$ , in quanto per la risposta fuori dal piano si ritiene opportuno adottare in ogni caso un'altezza efficace pari all'altezza libera interpiano.

Pareti composte da muri intersecanti vengono scomposte in maschi semplici a sezione rettangolare (in analogia alle analisi con metodi di tipo POR). La continuità fra gli spostamenti verticali di due muri ortogonali può essere eventualmente imposta al livello dei solai mediante gli offset rigidi (Fig. 24 e Fig. 25). Tale opzione consente di simulare in modo approssimato un eventuale "buon ammortamento" fra i muri.

Inoltre si è introdotta la possibilità di imporre l'ipotesi di solai infinitamente rigidi nel piano riducendo di conseguenza così i gradi di libertà cinematici, qualora lo si ritenga opportuno.



Per fissare le idee, consideriamo tre seguenti possibilità offerte da PC.E.

**Ipotesi a).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è normalmente considerata.

**Conseguenze:** è possibile che il risultato mostri capacità elevate della struttura, in quanto la pushover chiama in causa il solo comportamento complanare delle pareti, supponendo che ogni presidio sia stato già messo in atto nei confronti dei collassi ortogonali.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, a patto che siano state eseguite verifiche in direzione ortogonale condotte con:

- i) analisi cinematica (meccanismi di collasso) (fondamentale, per edifici esistenti);
- ii) analisi lineari (per azioni da modello di calcolo 3D o convenzionali secondo §7.2.3).

Se la capacità da pushover era troppo elevata, sarà l'analisi ortogonale che ridimensiona la PGA sostenibile.

In pratica, il problema complanare - ortogonale è stato disaccoppiato.

**Ipotesi b).** Non si eseguono verifiche in direzione ortogonale. La rigidità trasversale delle pareti è considerata trascurabile, e quindi le pareti sono non reagenti a sollecitazioni flessionali e taglianti in direzione ortogonale.

**Conseguenze:** il risultato agisce a favore di sicurezza, ma potrebbe sottostimare troppo le capacità della struttura, in quanto gli svincolamenti interni automaticamente considerati in direzione ortogonale possono influire su una labilità complessiva prematura.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata valida, tranne i casi dove la stima più precisa della capacità suggerisca l'adozione di un modello resistente anche in direzione ortogonale.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

**Ipotesi c).** Si eseguono verifiche in direzione ortogonale, in modo simile alle complanari (generalmente prescindendo dai rami duttili, in quanto la direzione ortogonale corrisponde a comportamenti fragili). Ovviamente in tal caso la rigidità trasversale delle pareti viene normalmente considerata.

**Conseguenze:** il risultato è corretto. L'analisi, tuttavia, si può complicare notevolmente a causa dei collassi ortogonali che durante la procedura incrementale possono generare molte sottocurve (curve intermedie) successive, con un allungamento significativo dei tempi di calcolo.

**Giudizio operativo:** questa procedura può essere considerata sempre valida.

In ogni caso, vanno comunque svolte le verifiche cinematiche e/o lineari in direzione ortogonale.

→ **2.** Il check disponibile nella scheda Pushover (2) dei Parametri di Calcolo:

☒ **Non eseguire verifiche a pressoflessione e a taglio anche in direzione ortogonale**

si riferisce contemporaneamente alla pressoflessione ortogonale, al taglio per scorrimento e al taglio per fessurazione diagonale (o solo alle verifiche attive fra queste tre). La pressoflessione ortogonale è sottoposta a verifica secondo le azioni del modello 3D; questa verifica NON è quindi la verifica secondo le azioni convenzionali del punto §7.2.3 del D.M.14.1.2008: se si vuole eseguire anche questa verifica, occorrerà dopo la pushover necessariamente svolgere l'analisi sismica lineare (statica o dinamica modale). Sia la pressoflessione ortogonale da azioni 3D, sia da azioni convenzionali secondo §7.2.3, sono svolte nel rispetto del paragrafo che descrive la modalità di svolgimento della verifica sismica a pressoflessione ortogonale: §7.8.2.2.3 (per la muratura ordinaria; per la muratura armata: §7.8.3.2.3).

→ **3.** Come affermato nel testo citato, nel solutore il comportamento fuori piano è modellato in analogia col comportamento nel piano. Questo riguarda necessariamente sia la pressoflessione, sia il taglio. Per quanto riguarda le sollecitazioni ortogonali al piano della parete, la Normativa vigente tratta tuttavia soltanto la pressoflessione: sono assenti indicazioni riguardanti il taglio ortogonale, per scorrimento o per fessurazione diagonale. **PC.E segue l'impostazione del metodo SAM a telaio equivalente**, e quindi la verifica a taglio in direzione ortogonale è eseguita in modo del tutto analogo al piano complanare (tranne il tratto plastico, che ragionevolmente viene considerato assente nel comportamento fuori piano).

La storia delle verifiche dell'analisi pushover, come già osservato, riporta anche le verifiche ortogonali (se richieste). Consultando nel report ad esempio il Taglio per Scorrimento (evidenziato in grassetto blu a pag. 19), si nota che tutti i coefficienti di sicurezza sono nulli (valore: 0.000). Come mai? In corrispondenza del passo incrementale a cui la parete passa dallo stato di verifica soddisfatta a non più soddisfatta, si ha una caduta della resistenza: questa avviene per eccentricità eccessiva dello sforzo normale, dovuta ad un momento ortogonale che è cresciuto (nel corso del processo incrementale) fino a diventare abbastanza elevato da rendere la sezione non verificabile in quanto non esiste una zona reagente a compressione (questo avviene nel caso in cui non si prescinda dalla parzializzazione). ■

## 1.2. ERRATA CORRIGE per il MANUALE DI PC.E 2012

Si riportano alcune precisazioni relative alla documentazione 2012 del software PC.M-PC.E.

### Vol. 2: Manuale d'uso

#### Pag. 153:

##### Errata:

Malta buona: 1.5 indica +50% rispetto al valore base

Ricorsi: 1.3 -> +30%

Nucleo scadente: 0.9 -> -10%

Complessivamente: +70%, e quindi:  $1.5 \cdot 1.7 = 2.55 \text{ kg/cm}^2$

Se invece si operasse una correzione progressiva, si otterrebbe:

$1.5 \cdot 1.5 = 2.25$ ,  $\cdot 1.3 = 2.925$ ,  $\cdot 0.9 = 2.6325$ . ■

##### Corrige:

Malta buona: 1.5 indica +50% rispetto al valore base

Ricorsi: 1.3 -> +30%

Nucleo scadente: 0.9 -> -10%

Complessivamente: +70%, e quindi:  $1.5 \cdot 1.7 = 2.55$ , valore del coefficiente correttivo complessivo.

Se invece si operasse una correzione progressiva, si otterrebbe:

$1.5 \cdot 1.5 = 2.25 \Rightarrow 2.25 \cdot 1.3 = 2.925 \Rightarrow 2.925 \cdot 0.9 = 2.6325$ . ■

#### Pag. 304:

##### Errata:

"I risultati di PC.E riportano inoltre la **PGADS** e la **PGADL**, massima accelerazione a,g consentita dall'edificio, definita dal valore in corrispondenza del quale vengono raggiunti, rispettivamente, lo stato limite ultimo SLV (Danno Severo) e lo stato limite di danno SLD (Danno Limitato) (rif.: D.P.C.M. 21.10.2003, attuazione OPCM 3274/2003 per la verifica degli edifici strategici. Le indicazioni normative ivi riportate vengono per analogia estese a NTC08). Unitamente al valore PGA, sono forniti il corrispondente periodo di ritorno TR e la probabilità di superamento P,VR relativa al periodo di riferimento VR."

##### Corrige:

"I risultati di PC.E riportano inoltre **PGA,CLV** e **PGA,CLD**, massima accelerazione consentita dall'edificio, definita dal valore in corrispondenza del quale vengono raggiunti, rispettivamente, lo stato limite ultimo SLV e lo stato limite di danno SLD. Unitamente al valore PGA, sono forniti il corrispondente periodo di ritorno TR e la probabilità di superamento P,VR relativa al periodo di riferimento VR.

Si osservi che le Norme relative alla Ricostruzione in Abruzzo sono coerenti con il D.M.14.1.2008 e con tali definizioni di PGA,CLV e PGA,CLD; nel corso degli ultimi anni si sono tuttavia succeduti vari testi normativi, a partire dal D.P.C.M. 21.10.2003 (attuazione OPCM 3274/2003 per la verifica degli edifici strategici), fino alle Schede di Sintesi per le verifiche sismiche emanate dalle Regioni, dove la simbologia utilizzata per le stesse grandezze era diversa. Ad esempio, per lo stato limite ultimo: PGA,DS (DS = Danno Severo), e per lo stato limite di danno: PGA,DL (DL = Danno Limitato), coincidenti, rispettivamente, con PGA,CLV e PGA,DLV."

### Vol. 3: Tutorial

#### Pag. 59:

##### Errata:

Accenniamo anche ad un'altra procedura applicabile nel caso di impalcati parzialmente rigidi: è possibile fare riferimento comunque alla relazione master-slave, ma contemporaneamente avere al piano nodi con masse indipendenti. E' sufficiente che tali nodi appartengano al piano 0 e i loro spostamenti traslazionali siano considerati liberi. Tali nodi non avranno alcun riferimento al nodo Master. Evidentemente l'analisi modale risulta la migliore elaborazione per verificare la bontà del modello. ■

##### Corrige:

Accenniamo anche ad un'altra procedura applicabile nel caso di un piano parzialmente rigido (per fissare le idee, il piano i-esimo): è possibile fare riferimento comunque alla relazione master-slave, ma contemporaneamente avere al piano nodi con masse indipendenti. Tali nodi, appartenenti al piano i-esimo, saranno caratterizzati da 'Nodo master=0' e spostamenti traslazionali liberi. Evidentemente l'analisi modale risulta la migliore elaborazione per verificare la bontà del modello. ■

#### Pag. 80/81:


##### Errata:

Questo Tutorial si riferisce all'analisi globale degli edifici in muratura, ma come sottolineato sia dal D.M.14.1.2008 e relativa Circolare attuativa sia dalla Circolare 26 del 2.12.2010 sugli edifici tutelati, e come di fatto si è potuto notare in tutti gli eventi sismici recenti, per la muratura sono di fondamentale importanza i cinatismi locali, in particolare i ribaltamenti fuori piano. Pertanto sarebbe buona norma iniziare l'analisi proprio dallo studio dei

macroelementi e dei cinematismi locali, a cui è dedicato il modulo ESP di PC.E, accessibile tramite il comando apposito posto nella barra orizzontale (cfr. figura seguente).


Si apre un nuovo ambiente (descritto ampiamente in un manuale apposito, cui si rimanda per ogni approfondimento); in questa sede, ci limitiamo a fornire le informazioni necessarie a collegati i due ambienti. Inoltre, per semplicità, studiamo solo il ribaltamento di un prospetto; in generale, sarà buona norma studiare almeno il ribaltamento fuori piano di tutti i prospetti dell'edificio.

Nel nostro caso scegliamo di studiare il ribaltamento del prospetto longitudinale posto alla coordinata  $Y=0.10$  m. Pertanto eseguiamo una sezione verticale. Selezioniamo l'analisi statica non sismica e la visualizzazione dei carichi: scorrendo le combinazioni permanenti G1, G2 e le accidentali possiamo ricavare i carichi da inserire successivamente in ESP ai vari piani. I carichi che vediamo sono distribuiti (a metro lineare), mentre in ESP dovremo introdurre il carico totale.


Dai Dati Aste possiamo ricavare i vari spessori e i dati materiali da inserire in ESP. Nella tabella CCE possiamo leggere i vari coefficienti Psi. Con il comando "distanza tra nodi"  rileviamo che il prospetto misura 14.30 m. Sempre dalla tabella dei dati aste è immediato ricavare i vari dati geometrici per l'introduzione dei dati in ESP.


Ricordiamo che lanciando ESP con alcune pareti selezionate il programma propone l'impostazione automatica dei corrispondenti ribaltamenti cinematici monopiano, uno per ogni parete. Nel nostro caso, vogliamo studiare i prospetti e quindi accediamo ad ESP direttamente. Si aprirà un file con lo stesso nome del file *pce* e gli stessi dati sismici. Scegliremo un cinematismo di ribaltamento per un prospetto con due piani. ESP eseguirà il calcolo del ribaltamento di tutto il prospetto e del solo piano superiore.

### **Corrige:**

Questo Tutorial si riferisce all'analisi globale degli edifici in muratura, ma come sottolineato dal D.M.14.1.2008 e relativa Circolare attuativa, e dalla Direttiva P.C.M. 9.2.2011 sugli edifici tutelati, devono essere analizzati anche i meccanismi locali (cinematismi), fra cui in particolare i ribaltamenti fuori piano. All'analisi dei cinematismi è dedicato il modulo ESP di PC.E, accessibile tramite il comando  della barra strumenti superiore (fig. 2.8.1); il modulo ESP è ampiamente descritto nel Manuale dedicato all'Analisi Cinematica, a cui si rimanda per ogni approfondimento.

I ribaltamenti fuori piano possono essere generati automaticamente dal modello di PC.E sia per il caso monopiano (singoli maschi in sommità), sia per il pluripiano (paramenti murari completi, in genere: i prospetti). ESP offre in alternativa la possibilità di schematizzare direttamente al suo interno un paramento murario. Questo permette lo studio di pareti pluripiano indipendentemente dall'eventuale modello di PC.E. Si tratta di una procedura più articolata rispetto alla generazione automatica del meccanismo di ribaltamento del paramento da PC.E, e quindi porremo l'attenzione su di essa.

Tornando quindi al comando  che da PC.E lancia il modulo ESP, per fissare le idee studiamo il ribaltamento di un particolare prospetto, e più esattamente del prospetto longitudinale posto alla coordinata  $Y=0.10$  m. Pertanto eseguiamo una sezione verticale. Selezioniamo l'analisi statica non sismica e la visualizzazione dei carichi: scorrendo le combinazioni permanenti G1, G2 e le accidentali possiamo ricavare i carichi da inserire successivamente in ESP ai vari piani. I carichi che vediamo sono distribuiti (a metro lineare), mentre in ESP dovremo introdurre il carico totale.

Dai Dati Aste possiamo ricavare i vari spessori e i dati materiali da inserire in ESP. Nella tabella CCE possiamo leggere i vari coefficienti Psi. Con il comando "distanza tra nodi"  rileviamo che il prospetto misura 14.30 m. Sempre dalla tabella dei dati aste è immediato ricavare i vari dati geometrici per l'introduzione dei dati in ESP.

Accedendo ad ESP da PC.E, si apre un file con lo stesso nome del file *pce* e gli stessi dati sismici. Scegliamo un cinematismo di ribaltamento per un prospetto con due piani. ESP eseguirà il calcolo del ribaltamento di tutto il prospetto e del solo piano superiore.

### **Pag. 90:**

#### **Errata:**

#### **Prima dell'intervento:**

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Dati in input (domanda): Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni - Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_R * C_U$ : 50 anni  
 $PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Dai risultati dell'analisi: capacità in termini di periodo di ritorno  $TR_{CLV} = 475$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR=TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, seguono la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale ( $V_{NC}$ ):

$V_{RC} = 50$  anni,  $V_{NC} = 50$  anni

#### **Dopo l'intervento:**

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Dati in input (domanda): Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni - Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_R * C_U$ : 50 anni  
 $PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Dai risultati dell'analisi: capacità in termini di periodo di ritorno  $TR_{CLV} = 44$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR=TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, seguono la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale ( $V_{NC}$ ):

$V_{RC} = 35$  anni,  $V_{NC} = 35$  anni

**Corrige:**

**Prima dell'intervento:**

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Dati in input (domanda): Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni - Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_R * C_U$ : 50 anni

$PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Dai risultati dell'analisi: capacità in termini di periodo di ritorno  $TR_{CLV} = 44$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR=TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, seguono la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale ( $V_{NC}$ ):

$V_{RC} = 35$  anni,  $V_{NC} = 35$  anni

**Dopo l'intervento:**

Coefficiente d'uso della costruzione (§2.4.2, 2.4.3)  $C_U$ : 1

Dati in input (domanda): Vita Nominale  $V_N$  (§2.4.1): 50 anni - Vita di Riferimento (§2.4.3)  $V_R = V_R * C_U$ : 50 anni

$PV_R$  per SLV (definita in input): 10 %

Dai risultati dell'analisi: capacità in termini di periodo di ritorno  $TR_{CLV} = 475$  anni

Dalla relazione:  $TR = -V_R / \ln(1-PV_R)$ , ponendo  $TR=TR_{CLV}$  e assumendo  $PV_R$  per SLV definita in input, seguono la capacità della struttura in termini di Vita di Riferimento ( $V_{RC}$ ) e quindi di Vita Nominale ( $V_{NC}$ ):

$V_{RC} = 50$  anni,  $V_{NC} = 50$  anni

## 2. ESAME COMPARATIVO SULL'UTILIZZO DI SOFTWARE PER LA RICOSTRUZIONE IN ABRUZZO

L'esame comparativo consiste nel confronto tra il software PC.E © AEDES e i contenuti del documento *"Alcune considerazioni sull'utilizzo del software tecnico nella Ricostruzione dell'Abruzzo"*, di: Di Ludovico M., Fico R., Cordasco E.A., Prota A., Verderame G.M., Manfredi G., a cura dell'Università di Napoli Federico II e del Consorzio ReLUIS, presentato ufficialmente al SAIE 2011 di Bologna.

Tale documento presenta particolare interesse in quanto fornisce una serie di indicazioni importanti per la valutazione delle funzionalità del software utilizzato nel calcolo degli edifici per la ricostruzione nelle zone dell'Abruzzo danneggiate dai recenti eventi sismici.

Le osservazioni del documento focalizzano in modo chiaro ed esplicito alcune delle questioni fondamentali relative ai programmi di calcolo e all'implementazione algoritmica delle nuove Normative (D.M. 14.1.2008 e documenti correlati), e sono particolarmente significative perché provengono dalla realtà applicativa, ossia dall'esame di moltissimi elaborati progettuali. Il confronto del software con tali contenuti costituisce quindi un indicatore significativo per una corretta valutazione delle caratteristiche operative del software stesso.

In questo capitolo si riportano alcuni estratti del documento citato, relativi alla parte riguardante gli edifici in muratura, corredati delle osservazioni comparative; il testo degli estratti è posto su sfondo grigio, con evidenziate in grassetto alcune parti rilevanti, mentre i commenti comparativi sono evidenziati da una freccia rossa.

Il testo integrale del documento è disponibile su Internet ed è anche accessibile da PC.E (finestra Progetto, menu Normativa; Software tecnico e Ricostruzione, suddiviso nei due documenti originali pubblicati su Internet: testo e slide. Nel documento di testo, il capitolo 3. è dedicato agli edifici in muratura).



**Fig. 2.1.** Documento di riferimento per l'esame comparativo



## 2.1. COMPORTAMENTO LOCALE

Nel caso di edifici esistenti, caratterizzati dalla mancanza o da una scarsa connessione delle pareti murarie con gli impalcati viene richiesto di effettuare l'analisi dei meccanismi locali che avvengono prevalentemente per azioni fuori dal loro piano. Per tali valutazioni è possibile far ricorso all'analisi limite dell'equilibrio dei corpi rigidi, così come consigliato dalla Circolare 617. Nel caso in cui l'edificio sia dotato di efficaci connessioni tra gli impalcati e le pareti murarie è possibile valutare la vulnerabilità sismica della struttura fuori dal piano effettuando solo le verifiche di resistenza a pressoflessione applicando un sistema di forze ortogonali al piano della parete (indicato al par. 7.8.1.5.2 delle NTC08) diverso da quello adottato per valutare il comportamento globale della struttura. Nel caso in cui si debba valutare la capacità sismica della struttura connessa all'instaurarsi dei meccanismi locali è necessario considerare tutti i cinematismi che si possono attivare ipotizzando la formazione di cerniere in diversi punti della parete muraria e considerando i vincoli esistenti, dati dalla presenza di catene, cordoli, grado di ammassamento con le pareti murarie ortogonali. È quindi indispensabile che il progettista effettui tali valutazioni scegliendo in modo consapevole i cinematismi da considerare, attivabili con maggiore probabilità. Esistono attualmente diversi programmi che valutano la capacità sismica della struttura in relazione ai meccanismi di piano; ma non tutti quelli che analizzano il comportamento globale della struttura effettuano anche l'analisi dei meccanismi fuori piano, corrispondendo il comportamento globale e quello dei meccanismi a due modelli completamente diversi.

➔ PC.E analizza sia il comportamento globale che quello locale, in due ambiti distinti che rispettano la diversità di approccio teorico.

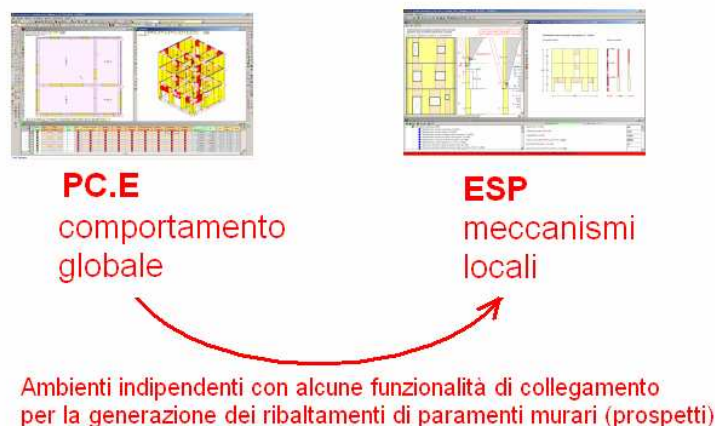
### Comportamento fuori piano:

meccanismi locali, analisi cinematica:

Modulo ESP, con schede dedicate ai singoli cinematismi  
(foglio elettronico evoluto, con elaborazione di diagrammi  
per la valutazione della dipendenza dei dati dai risultati)

### Comportamento globale:

modellazione a telaio equivalente (PC.E)  
con tutti i tipi di analisi previsti dalla Normativa  
(modale, statica lineare, dinamica, non lineare-pushover)



**Fig. 2.2.** Comportamento globale e Meccanismi locali in PC.E

Spesso, accade che i programmi che valutano entrambi i comportamenti forniscono solo i risultati in termini di PGA ma nessuna informazione su quali siano i meccanismi adottati per valutare tale PGA, quale sia tra di essi quello più vulnerabile e in che modo venga considerata l'azione del tirante o come venga dimensionato il sistema tirante capo-chiave. Inoltre in relazione alla progettazione dell'intervento di miglioramento spesso è possibile inserire come sistemi di rinforzo solo l'inserimento di catene metalliche o di cordoli in c.a.; pertanto nel caso in cui si prevedano interventi diversi dai suddetti (cerchiature metalliche o con nastri in FRP oppure incatenamenti diffusi in corrispondenza degli impalcati ai vari piani) non sempre se ne riesce a tenere conto in maniera efficace. L'unica possibilità è considerare catene di dimensioni tali da restituire un "tiro" equivalente. Sarebbe più opportuno invece poter inserire direttamente nei programmi le forze che si oppongono ai meccanismi ("tiri") o i vincoli stessi.

**Esistono però anche altri tipi di programmi, generalmente costituiti da tante schede, ognuna**



corrispondente all'attivazione di un possibile meccanismo. In questo caso il progettista riesce a gestire più facilmente il processo di valutazione della capacità sismica associata ai meccanismi fuori piano, considerando gli effettivi meccanismi che si possono attivare sia nella configurazione ante operam che post operam.

➔ **Il modulo ESP di PC.E è appunto formato da schede indipendenti**, ognuna descrittiva di un particolare meccanismo, dove si gestiscono tutti i parametri in input, compresi i "tiri" e il vincolamento (tiranti, cerniera di ribaltamento eventualmente arretrata, cunei retrostanti per ribaltamenti composti, ecc.).

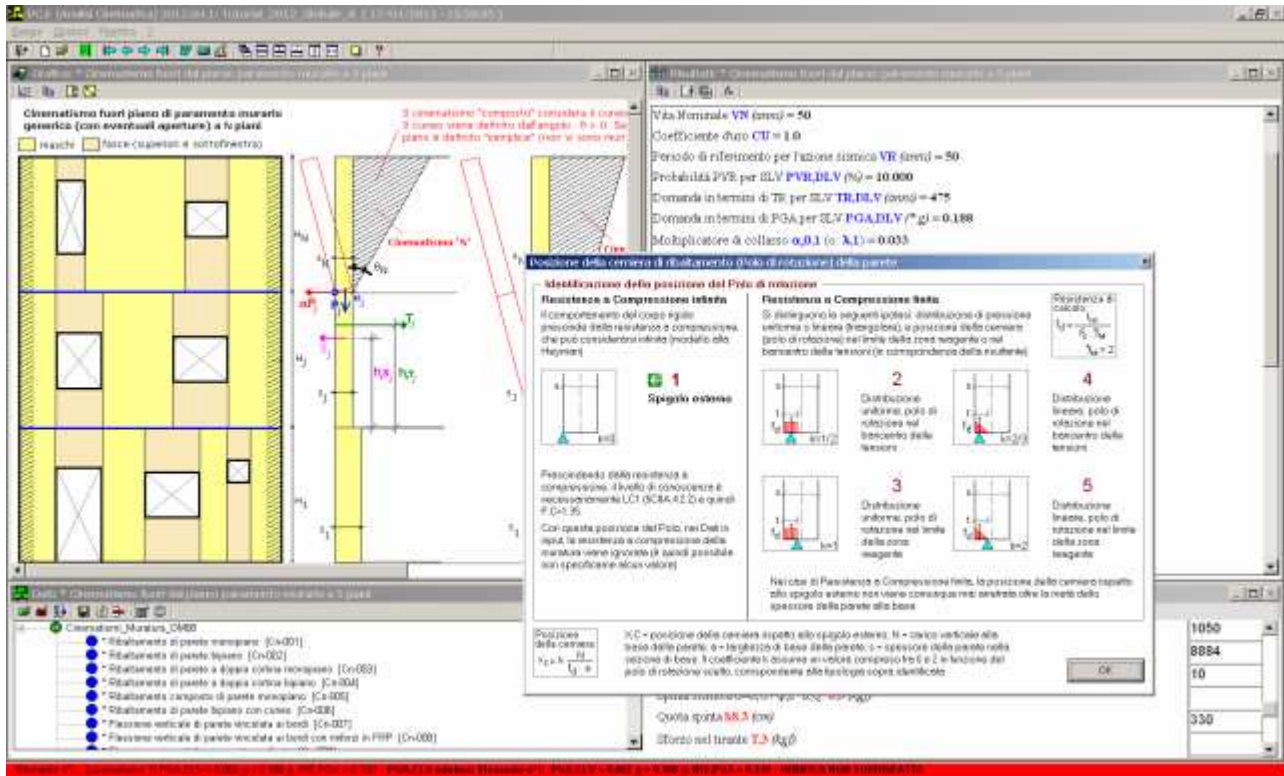


Fig. 2.3. Fogli elettronici evoluti per lo studio dei meccanismi locali

## 2.2. COMPORTAMENTO GLOBALE

Mentre le procedure di calcolo relative alla valutazione del comportamento fuori piano degli edifici in muratura sono piuttosto semplici quelle relative alla valutazione del comportamento sismico globale sono complesse e richiedono necessariamente l'utilizzo di specifici software.

Allo stato attuale i programmi di calcolo analizzano il comportamento globale dell'edificio adottando solo raramente una modellazione molto discretizzata con elementi finiti bidimensionali e molto più spesso una **modellazione "semplificata" a macroelementi**. In quest'ultimo caso la maggior parte dei software considera macroelementi costituiti da **elementi asta** schematizzando le pareti murarie a **telaio equivalente, così come consigliato dalle NTC08**. I programmi più diffusi permettono di condurre analisi statiche non lineari, mentre **solo alcuni consentono di svolgere analisi lineari (statiche o dinamiche)**. La predilezione dell'analisi non lineare è data sia dal fatto che con le analisi lineari si ottengono generalmente valori piuttosto bassi della capacità sismica dell'edificio, sia dal fatto che la stessa norma (al C7.8.1.5.1) individua nell'analisi non lineare la più rappresentativa del comportamento degli edifici in muratura, consentendo di svolgerla, a differenza delle altre tipologie strutturali, anche quando si ha una massa partecipante del primo modo inferiore al 75% ed un livello di conoscenza limitato (LC1).

Di seguito si presenta una disamina di alcune tra le principali problematiche riscontrate in relazione alla modellazione, ai risultati forniti e ai sistemi di rinforzo generalmente adottati per gli edifici in muratura.

➔ **PC.E applica il telaio equivalente 'puro'**, formato cioè da aste coincidenti con elementi 'beam', con completo controllo del vincolamento interno di ogni asta ed esterno di ogni nodo. Invece di introdurre macroelementi particolari sui quali il Progettista può non possedere sufficiente sensibilità di interpretazione, PC.E nasce con lo scopo di modellare il comportamento dell'edificio in muratura utilizzando il normale bagaglio di nozioni ingegneristiche (comportamento statico di elementi monodimensionali) e valorizzando la base di conoscenza proveniente dal diffuso utilizzo dei metodi tipo Por con cui sono state affrontate le Ricostruzioni post-sismiche a

partire dalla fine degli anni '70 (Friuli, Irpinia, Umbria e Marche sono state le principali Regioni interessate), culminate con una importante e valida esperienza relativa al sisma Umbria-Marche del 1997.

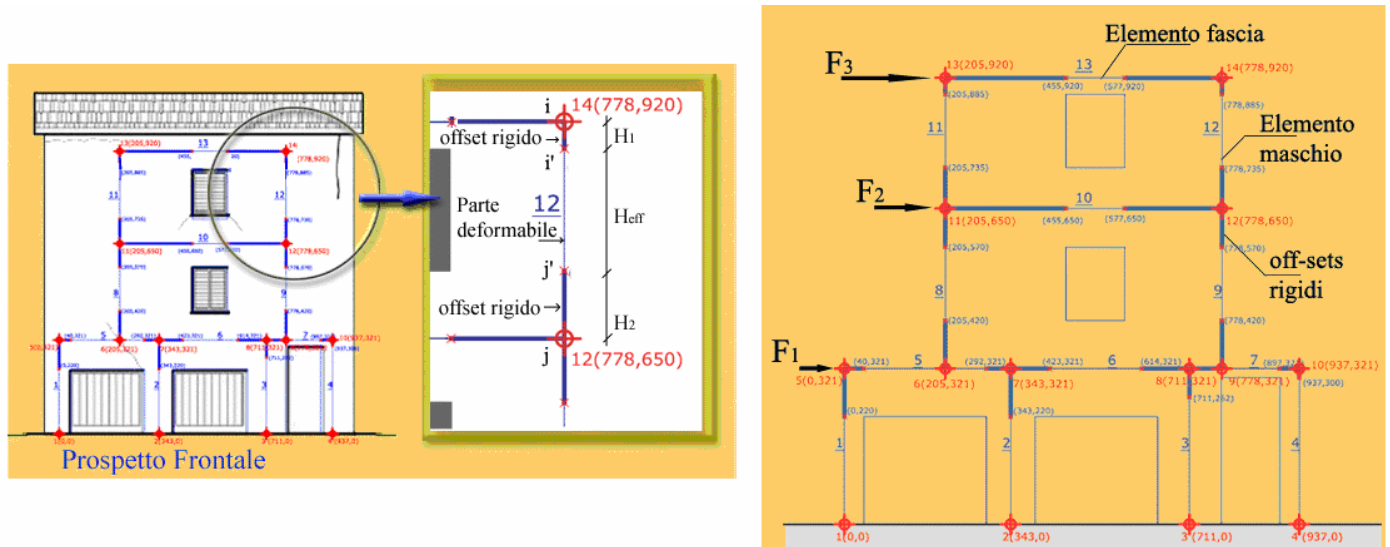


Fig. 2.4. Schematizzazione a telaio equivalente

Inoltre, **PC.E rende disponibili anche le analisi lineari (statica e dinamica), oltre all'importantissima analisi modale**, per mettere il Progettista in condizioni di comprendere il funzionamento del modello strutturale e quindi convalidarne i dati e l'attendibilità dei risultati. Infatti, l'analisi non lineare, o pushover, introduce complessità di vario tipo (ad esempio, possibili errori di ordine superiore a quello delle incertezze sui dati) e da sola può rendere difficile la validazione di un modello. In generale, i risultati di un'analisi non lineare sono ripercorribili solo con un certo grado di difficoltà, anche se si è utilizzata una modellazione semplice quale quella del telaio equivalente puro. AEDES consiglia sempre l'esecuzione delle analisi lineari, prima della pushover. In analisi lineare, la buona comprensibilità dell'analisi stessa, unita all'ottima leggibilità dello schema a telaio equivalente puro utilizzato da PC.E, evidenzia efficacemente la bontà della schematizzazione.

### 2.2.1. MODELLAZIONE DELLA PARETE A TELAIO EQUIVALENTE

Analizzando le problematiche connesse alla modellazione a telaio equivalente si osserva che un problema rilevante è l'**individuazione dello schema di telaio adeguato a ciascuna parete**, in grado cioè di fornire una risposta abbastanza corrispondente a quella reale. Nella maggior parte dei casi, infatti gli edifici in muratura esistenti sono costituiti da pareti murarie caratterizzate da configurazioni geometriche piuttosto complesse connesse alla disposizione non regolare delle aperture.

Può accadere ad esempio che alcuni maschi murari si suddividono in più maschi o si riuniscono in un solo maschio murario ai piani superiori (Fig.1).

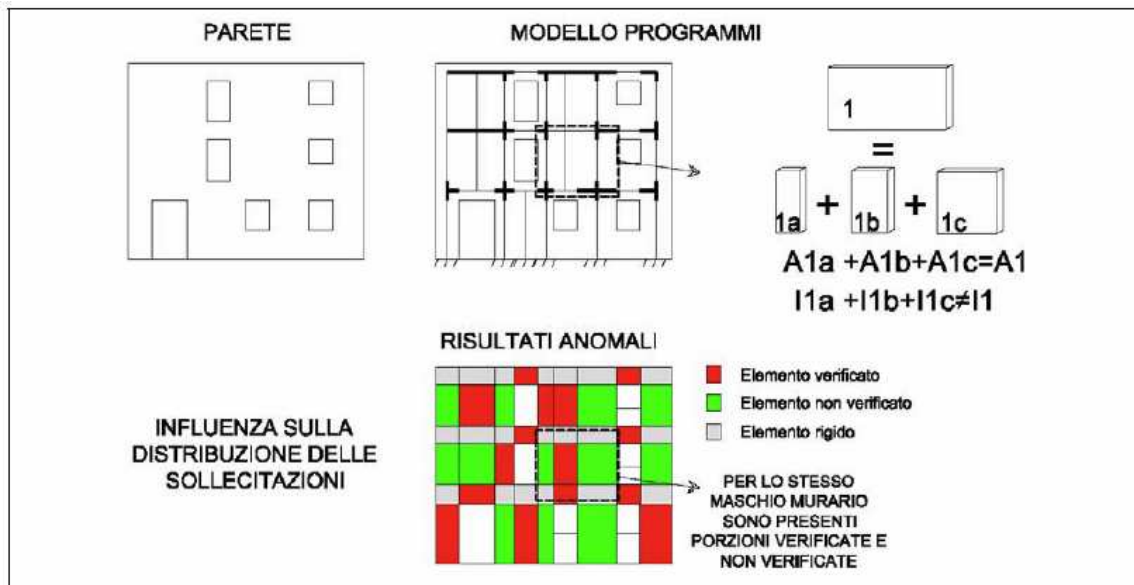


Fig.1 Problemi della modellazione a telaio di un parete

Fig. 2.5. Fig. 1 del documento di riferimento

In tali casi, le schematizzazioni delle pareti sono spesso effettuate con modelli nei quali un singolo maschio murario viene suddiviso in due o più ritti connessi da un traverso rigido. Tale modellazione **restituisce l'effettiva rigidità tagliente del maschio, ma non quella flessionale**, influenzando così sia la distribuzione delle sollecitazioni che il periodo di vibrazione della struttura. Inoltre la divisione di un maschio in più ritti può portare in fase di verifica alla condizione anomala per cui **per lo stesso maschio murario possono essere presenti porzioni di maschio verificate ed altre non verificate** (Fig.1).

Per ovviare a tale problema è necessario o modellare ogni singolo maschio murario con un sola asta oppure **dividere il maschio murario in più ritti che siano globalmente equivalenti ad esso (in termini di deformazione tagliente e rigidità flessionale)**, considerando poi in fase di verifica la somma delle sollecitazioni agenti sui singoli elementi.

➔ **PC.E consente la massima libertà di modellazione.** E' possibile suddividere i maschi in porzioni a scelta, determinate ovviamente dalla disposizione delle aperture. Questo, fra l'altro, consente di considerare, accanto ad una porzione di maschio reagente, una porzione di maschio da considerarsi a biella, cioè non contributivo alla resistenza sismica, qualora si imposti su un'apertura sottostante. E' inoltre possibile **assemblare le rigidità alla traslazione di maschi adiacenti per considerare appunto l'effetto flessionale** corrispondente alla parete piena complessiva (in pratica, questo comporta un'amplificazione della rigidità delle singole porzioni, in modo che la somma delle rigidità equivalga alla rigidità della parete piena composta dalle sottoporzioni di maschi; si rimanda al Manuale d'uso di PC.E per approfondimenti: p.3.4.4.1, pagg.66-67).

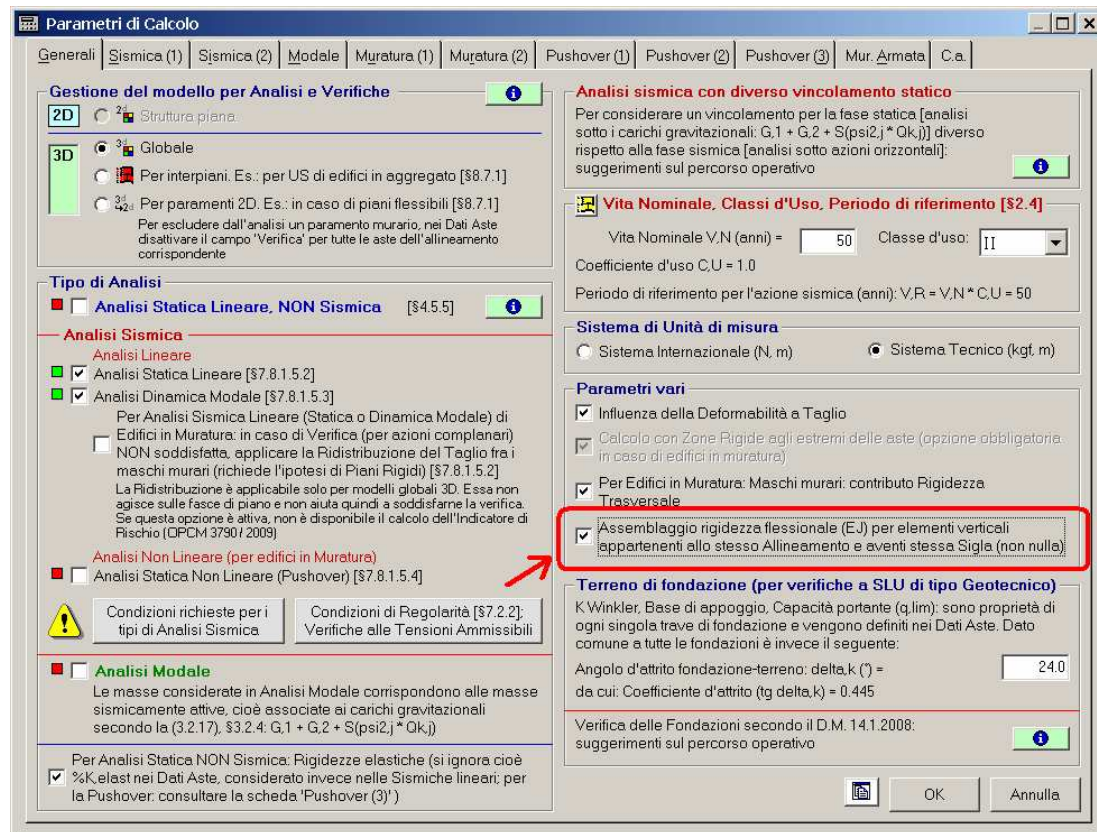


Fig. 2.6. Assemblaggio delle rigidezze

Sul fatto di considerare in verifica un'unica parete, dopo il calcolo delle sollecitazioni pertinenti alle varie porzioni di maschio adiacente (pur avendo 'corretto' come detto la rigidezza alla traslazione), PC.E opera sottoponendo a verifica ogni singola porzione: si è scelta questa metodologia in quanto un'omogeneizzazione delle sollecitazioni equivale a valori 'medi' che potrebbero non tenere adeguatamente conto delle 'debolezze' strutturali locali. Esiste sempre, infatti, la possibilità reale che una lesione si inneschi in una zona di 'discontinuità' strutturale, intendendo come tale una variazione di geometria, di vincolo, di materiale, di carico: la motivazione, che, appunto, ha condotto alla suddivisione della parete piena.

Un'altra criticità connessa alla modellazione a telaio è l'**estensione del tratto rigido** da assegnare al pannello di nodo (dato dall'intersezione tra i maschi e le fasce di piano), dalla quale dipende ovviamente l'altezza efficace dei maschi murari e delle fasce, che influenza sia la distribuzione delle sollecitazioni che la deformabilità della struttura. Anche tale operazione è piuttosto complessa nel caso di edifici esistenti, dove le aperture sono disallineate tra loro sia in orizzontale che in verticale. Alcuni programmi per determinare l'altezza efficace dei maschi si riferiscono al criterio riportato in Dolce, 1989 [2], (Fig.2); altri adottano criteri differenti non supportati da studi teorici; altri ancora non ne fanno alcun cenno né nei manuali né nella relazione di sintesi fornita in automatico dai programmi.

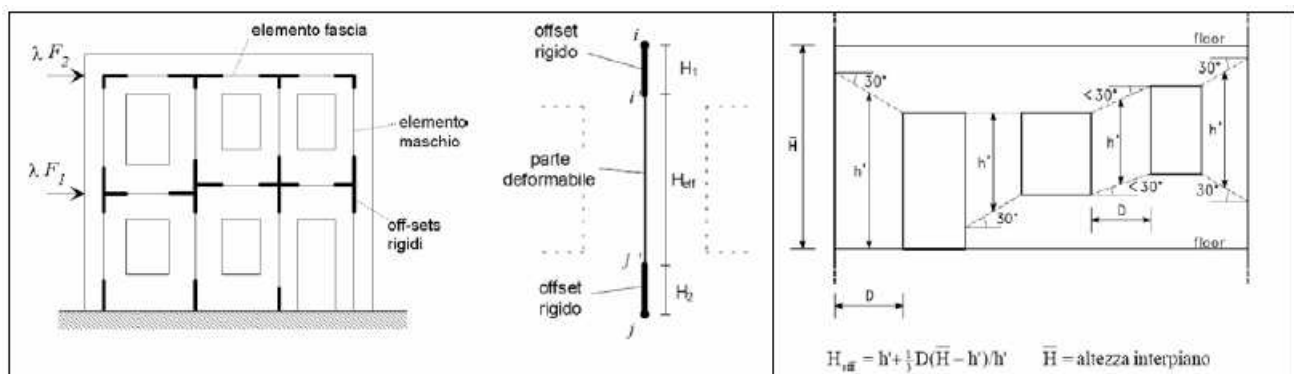


Fig.2 Definizione dell'altezza efficace dei maschi murari [2, 3]

Fig. 2.7. Fig. 2 del documento di riferimento



Inoltre, **quasi nessun programma indica in che modo viene valutata la lunghezza efficace delle fasce di piano**, molto probabilmente anche perché non esistono studi teorici condotti in tal senso. In realtà, pur essendo la scelta del telaio equivalente molto importante per ottenere un comportamento verosimile dell'edificio in condizioni sismiche spesso accade che il **progettista non è né reso pienamente consapevole delle scelte adottate né libero di modificare tale schematizzazione** (generata automaticamente dal programma), che invece generalmente richiede la necessità di scelte ed accorgimenti non codificabili, da definire caso per caso.

➔ **Sia per il tratto rigido del nodo, sia per la lunghezza efficace delle fasce (cioè la luce deformabile), PC.E consente la massima libertà di modellazione.** E' possibile definire numericamente ogni zona rigida, iniziale e finale, di ogni elemento verticale (maschio) e orizzontale (fascia), operando inoltre distintamente non solo sul piano complanare della parete muraria ma anche sul **piano ortogonale**, per tener conto del corretto reale irrigidimento. Nello schema a telaio equivalente spaziale, infatti, l'irrigidimento dovuto all'intersezione maschio-fascia riguarda solo il piano complanare, non quello ortogonale: di ciò PC.E tiene perfettamente conto nella definizione della matrice di rigidezza dell'elemento.

Normalmente, in PC.E la zona rigida corrisponde all'intersezione geometrica di maschio e fascia, ma può appunto essere modificata a piacere. La fascia ha luce deformabile normalmente pari all'apertura ad essa sottostante, ma in ogni caso attraverso la definizione delle zone rigide iniziale e finale è possibile modificare la luce deformabile.

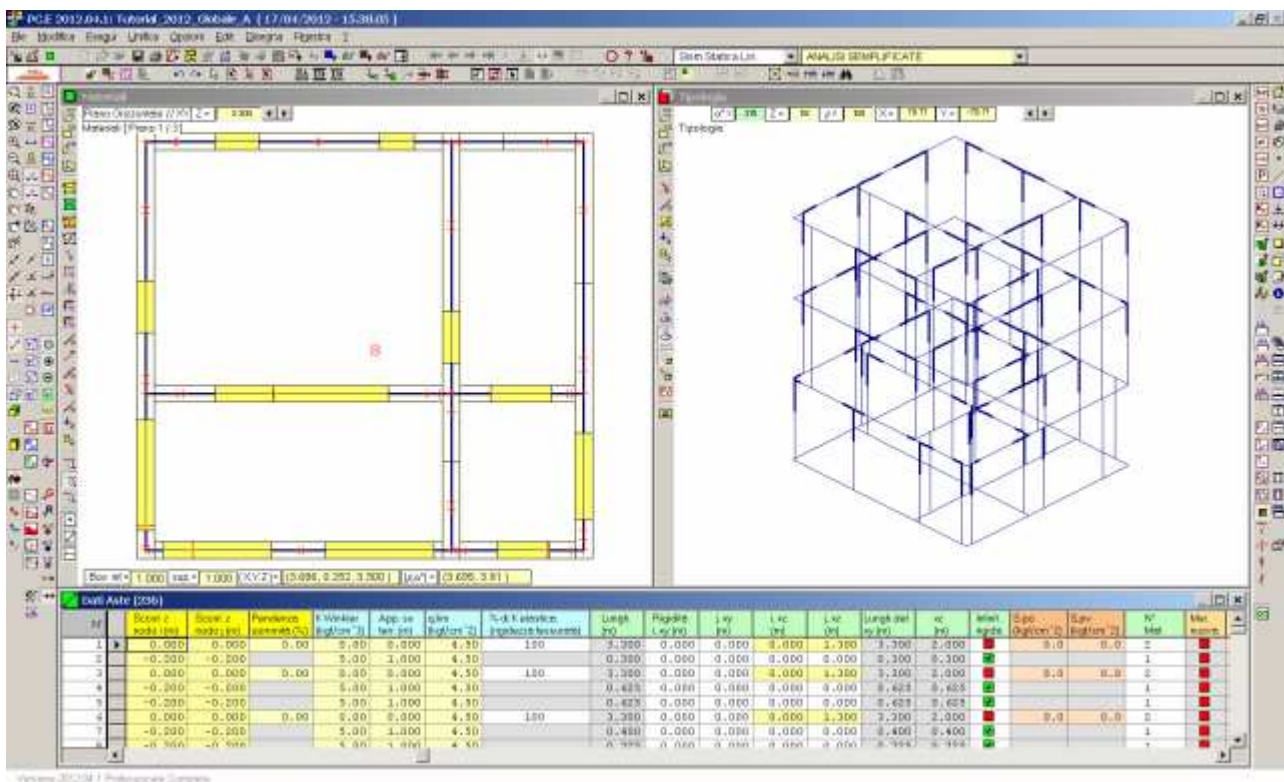


Fig. 2.6. Gestione zone rigide

**Con PC.E il Progettista è quindi pienamente consapevole delle scelte adottate:** sulla base della schematizzazione degli irrigidimenti proposta dal programma può in ogni momento modificare le zone rigide e le luci deformabili. In sintesi:

- ogni elemento (maschio o fascia) è singolarmente modificabile;
- per ogni elemento sono modificabili indipendentemente le zone rigide iniziale e finale;
- per ogni elemento sono modificabili indipendentemente i dati del piano complanare e quelli del piano ortogonale.

## 2.2.2. MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI

La **modellazione ad elementi finiti bidimensionali** permette almeno apparentemente una migliore schematizzazione della parete muraria, ma anche essa può restituire un comportamento molto diverso da quello effettivo. Infatti da tale modellazione si ottengono valori puntuali dello stato tensionale, molto influenzati dalla discretizzazione ad elementi finiti.

Nel caso di analisi lineari i programmi non tengono conto della non resistenza a trazione della muratura, considerandola come un materiale isoresistente, e quindi non sono in grado di restituire l'effettiva distribuzione

delle tensioni all'interno della muratura. Tali programmi effettuano le verifiche sui singoli maschi murari integrando gli stati tensionali su di essi agenti ed effettuando così le verifiche in termini di sollecitazioni.

Nel caso di analisi non lineari su modelli ad elementi finiti bidimensionali viene assegnato al materiale muratura un **legame costitutivo non lineare**. Tale tipo di modellazione è piuttosto complessa, richiede un gravoso onere computazionale ed è fortemente condizionata da problemi numerici conducendo spesso alla sottostima della capacità sismica della struttura. In particolare, le stesse software-house nei manuali avvertono che i tempi di calcolo per tale tipo di analisi sono rilevanti e che risultati prossimi (per difetto) alla effettiva resistenza della struttura si raggiungono con maggiore probabilità quanto più è lento il calcolo. Inoltre le software-house, consapevoli dei limiti del modello non lineare, consigliano di effettuare preliminarmente analisi lineari e solo dopo essersi convinti della "bontà" del modello di procedere con analisi non lineari. Spesso le curve push-over ottenute sono in realtà delle rette, indicando che l'analisi non è riuscita a cogliere né il comportamento non lineare della struttura né molto probabilmente la resistenza massima della stessa. Inoltre in molti casi a tali curve corrispondono valori di PGA prossimi allo zero ( $0.005g \pm 0.011g$ ) e quindi poco verosimili.

È necessario evidenziare ancora che **le NTC08 non forniscono indicazioni sul legame costitutivo non lineare da adottare per il materiale muratura e per di più richiedono verifiche sugli elementi strutturali svolte in termini di caratteristiche della sollecitazione e non di tensioni puntuali**. Pertanto **l'analisi statica non lineare su un modello ad elementi finiti bidimensionali di materiale non resistente a trazione, almeno allo stato attuale, non sembra ancora uno strumento sufficientemente affidabile da poter essere utilizzato come routine in ambito professionale**. Diverso è il caso di strutture di tipo speciale di notevole pregio architettonico, per le quali è opportuno, da parte di esperti, approfondire le analisi con strumenti sofisticati che affianchino quelli ordinari, superando anche le prescrizioni normative.

➔ **Queste motivazioni sono all'origine dell'adozione in PC.E del modello a telaio equivalente.** Il comportamento non lineare è definito, seguendo le indicazioni Normative, come diagramma elasto-plastico del pannello murario, e non come legame costitutivo del materiale murario.

Sull'opportunità delle analisi lineari preventive alla pushover si è già detto: tale opportunità è comunque valida nel caso del modello a telaio equivalente, in quanto è innegabile che la validazione di un modello debba essere effettuata seguendo la scala di complessità delle analisi disponibili. La validazione è in tal caso da intendersi prevalentemente sulla corretta definizione di geometria, vincoli e carichi. Il commento del documento di riferimento si riferisce invece in modo esplicito alle analisi ad elementi finiti bidimensionali, e in effetti per tali modelli la preventiva esecuzione delle analisi lineari non assume particolare rilevanza nei confronti del modello non lineare definito attraverso la legge costitutiva della muratura e che condiziona il risultato della pushover.

### 2.2.3. MODELLAZIONE DELLE FASCE DI PIANO

Un'altra questione è quella della modellazione delle fasce (in particolare nell'ambito di una schematizzazione a telaio equivalente) e della loro verifica. A tal riguardo le NTC08 (al par. 7.8.1.5.2) prescrivono che è possibile considerare le fasce come travi di accoppiamento solo se esse siano sorrette da un cordolo di piano o da un architrave resistente a flessione efficacemente ammortato all'estremità, e che comunque in tal caso è sempre necessario effettuare le verifiche di resistenza di tali elementi.

**Nella maggior parte dei casi, invece, pur considerando le fasce efficaci nel modello, non vengono effettuate le verifiche di tali elementi considerandole, quindi, infinitamente resistenti.**

Inoltre alcuni programmi di calcolo modellano le fasce non solo come elementi infinitamente resistenti ma **anche come infinitamente rigidi**, effettuando un'analisi per piano.

➔ **In PC.E le fasce non sono considerate né infinitamente rigide né infinitamente resistenti:**

l'irrigidimento viene completamente controllato sia all'inizio che alla fine della fascia, dove si hanno le zone di intersezione con i maschi, e così resta correttamente definita anche la luce deformabile; la resistenza non è infinita, in quanto la fascia viene normalmente sottoposta alle verifiche di sicurezza determinate dalle sollecitazioni di calcolo.

Comunque, la versatilità dell'input in PC.E permette di considerare, laddove il Progettista lo ritenga necessario, fasce infinitamente rigide e/o resistenti (non sottoponendole a verifica); in ogni caso, tali modifiche possono essere apportate per singoli elementi, indipendentemente l'uno dall'altro.

Nei modelli in cui non si tiene conto dell'effettiva resistenza e rigidità delle fasce di piano si determina per effetto delle forze sismiche una diversa distribuzione dei momenti flettenti e dello sforzo normale rispetto all'effettivo schema.

Tale variazione di sforzo normale incide notevolmente sulla capacità resistente dei maschi murari (in particolare nel caso di pareti snelle), dato che sia nel caso di rottura per scorrimento orizzontale che per trazione diagonale lo sforzo normale agente sul maschio murario fornisce un contributo determinante per la sua resistenza a taglio.

**Tale aspetto è ancora più evidente in un'analisi per piano (tipo POR)**, dove difficilmente si tiene conto delle variazioni di azioni assiali nei maschi determinando così in alcuni casi anche una sovrastima della capacità sismica della struttura. Infatti non considerare la decompressione generata sui ritti estremi del telaio per effetto delle forze sismiche può portare ad una sottostima della resistenza a taglio dei maschi murari.



Inoltre, numerosi studi condotti negli ultimi anni hanno evidenziato che la capacità sismica della parete muraria varia notevolmente in relazione alla resistenza e alla deformabilità della fascia di piano [3,4,5].

➔ **In PC.E l'analisi pushover viene svolta nella completa libertà di vincoli e considerando l'edificio nel suo insieme.** Qualora si desideri rappresentare la modellazione tipo POR, è possibile definire un comportamento shear-type e, opzionalmente, eseguire analisi per interpiani (cioè per piani separati), ma il principale ambito operativo di PC.E segue le indicazioni di NTC08 e prevede la gestione del modello completo dell'edificio con nodi liberi di traslare e ruotare (non shear-type). Come per tutti gli altri parametri, anche i vincoli esterni dei nodi sono modificabili a piacere e per ogni singolo nodo indipendentemente l'uno dall'altro.

A tal proposito si osservi comunque che la stessa normativa non dà indicazioni complete sulla modellazione delle fasce di piano, fornendo per la resistenza solo formulazioni relative ad una delle configurazioni che può assumere la fascia all'interno di una parete muraria e non dando nessuna indicazione sulla loro capacità deformativa.

**In alcuni dei programmi presi in esame accade che le verifiche di resistenza sulle fasce di piano non vengano effettuate perché esse risultano già non soddisfatte per carichi verticali e quindi non si riesce ad eseguire la successiva analisi push-over.** Ciò è dovuto al fatto che le verifiche sulle fasce sono condotte adottando le formulazioni riportate dalla norma che si riferiscono ai meccanismi che si generano all'interno della fascia di piano per effetto delle forze sismiche; tali formulazioni, invece, non sono adatte a descrivere il comportamento delle fasce per effetto dei soli carichi verticali. In questo caso le forze sono riportate ai maschi murari o attraverso un comportamento ad arco se prive di piattabande o attraverso l'azione della piattabanda in acciaio o in c.a. se essa è presente. **Un espediente per ovviare a tale problema potrebbe essere quello di considerare i carichi verticali agenti sulla fascia con due forze concentrate applicate all'estremità della stessa.**

➔ Si tratta di un problema che in passato AEDES ha più volte evidenziato, ed è molto importante che un documento ufficiale se ne sia occupato in modo esplicito. E' vero: anche in PC.E è possibile che per la **verifica di sicurezza delle fasce svolta in Analisi Statica NON Sismica vi sia un esito negativo.** Questo deriva dal considerare per la fascia un **comportamento a 'trave'**, svolgendo staticamente verifiche analoghe alle sismiche definite in §7.8.2.2.4.

Sotto l'azione del carico distribuito dovuto al solaio e al peso proprio, la fascia è soggetta a Taglio e a Momento, generalmente in assenza di sforzo normale, ed è possibile che le verifiche a PressoFlessione e a Taglio non siano soddisfatte.

**Dal punto di vista sismico, la conseguenza è notevole:** in analisi lineare, si ottengono coefficienti di sicurezza praticamente nulli (già solo sotto carichi verticali la verifica della striscia risulta non soddisfatta, e quindi essa non è in grado di sostenere ulteriori sollecitazioni prodotte dalle azioni sismiche); in analisi pushover, le fasce vengono 'degradate' fin dal passo iniziale e l'accoppiamento fra i maschi si indebolisce, con successive possibili premature labilità.

Il documento di riferimento evidenzia il fatto che le **formulazioni della Normativa (§7.8.2.2.4)** si riferiscano propriamente ai meccanismi che si generano all'interno della fascia per effetto delle forze sismiche, e che **non sembrino adatte a descrivere il comportamento delle fasce per effetto dei soli carichi verticali** (fig. 2.3). Come affermato nel documento citato, **una possibile soluzione** a questo problema di modellazione consiste nel **considerare i carichi verticali agenti sulla fascia come due forze concentrate applicate all'estremità della stessa.**

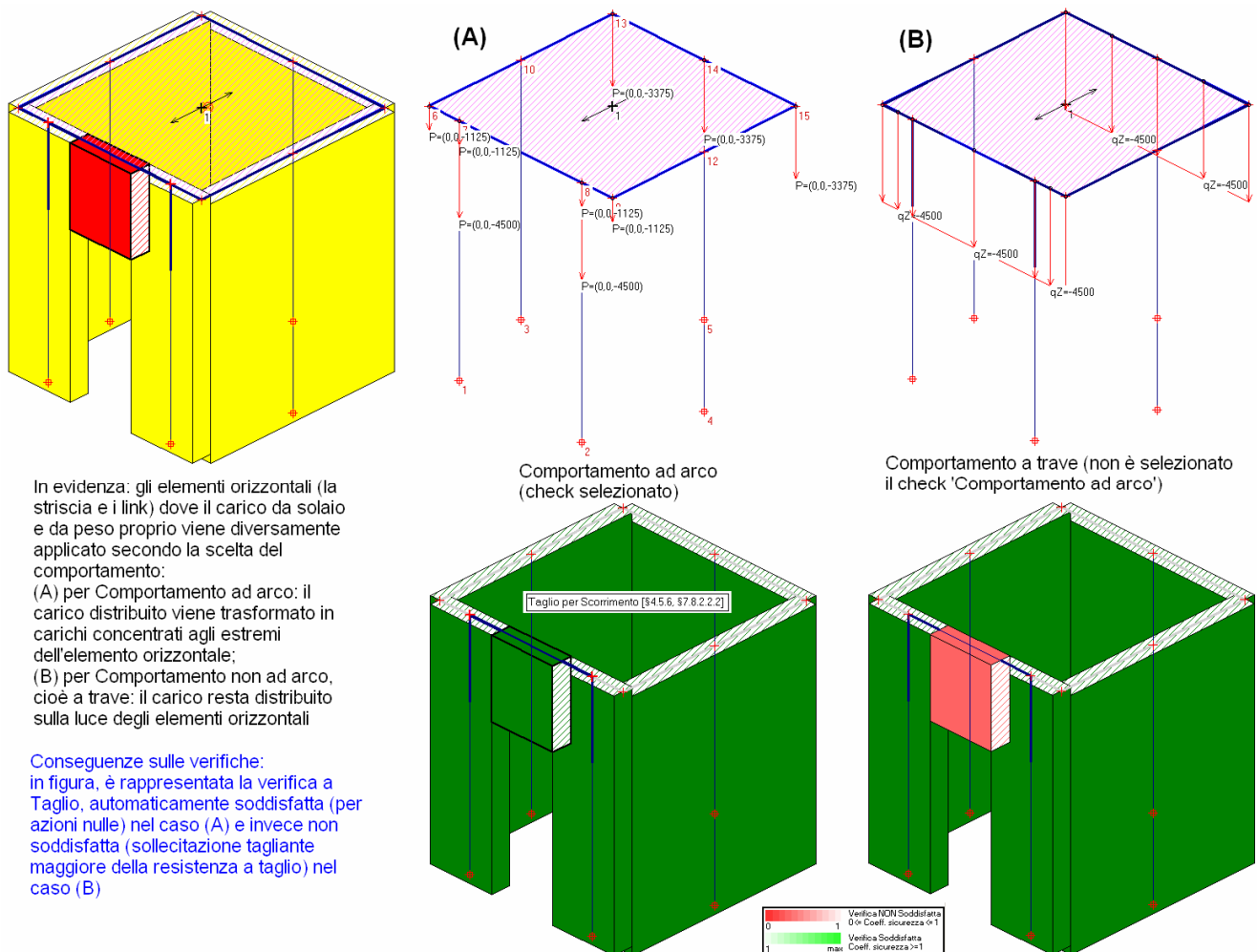
A partire dalla versione 2012.04, in PC.E è possibile selezionare il **check "Comportamento ad arco"**: in tal caso, la generazione automatica dei carichi dai solai sulle aste perimetrali delle maglie produce carichi concentrati per tutti gli elementi di tipo "S" (striscia muraria) e "K" (link rigidi) direttamente applicati nei nodi di sommità su cui le fasce si impostano. Si osservi che vengono considerati anche gli elementi K in quanto i momenti e i tagli prodotti da carichi distribuiti su tali elementi indurrebbero momenti e tagli anche lungo la luce di una fascia adiacente. E' quindi preferibile adottare il medesimo accorgimento su tutti gli elementi orizzontali che definiscono la maglia di solaio, tranne il caso delle travi ("T") per le quali, ovviamente, il comportamento tagliante e flessionale a trave viene considerato applicando il carico distribuito lungo la luce della trave stessa.



**Fig. 2.7.** Dal documento di riferimento: comportamento delle fasce sotto forze sismiche e per carichi verticali

Il check "Comportamento ad arco" ha quindi in PC.E il significato di: *modalità di applicazione dei carichi verticali sulle strisce* (e sui link orizzontali).

Grazie a questa opzione, è possibile ovviare al problema di fasce per le quali non si riesce a soddisfare la verifica statica, aderendo maggiormente alla realtà fisica dell'edificio.



**Fig. 2.8.** Conseguenze della modellazione sulle verifiche di sicurezza delle fasce

**Nota bene** Si deve comunque tenere presente che in ogni caso la fascia appartiene ad uno schema intelaiato: specialmente in edifici multipiano, gli effetti di deformazioni differenziali dei maschi di appoggio possono indurre azioni taglienti e flessionali di tipo statico sulla fascia anche se questa non è direttamente caricata lungo la sua luce, con possibile permanente difficoltà di verifica in analisi statica non sismica. ■

## 2.2.4. MODELLAZIONE DELL'IMPALCATO

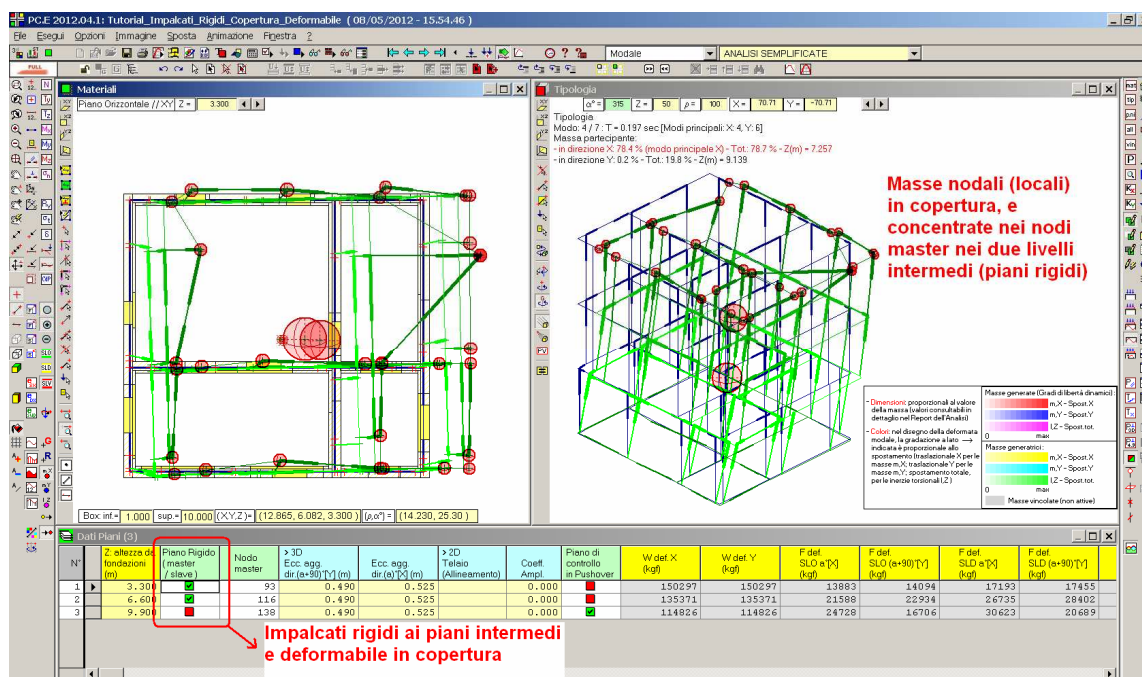
Un altro aspetto critico è la modellazione della rigidità dell'impalcato nel proprio piano. Infatti nel costruito storico si riscontrano generalmente volte, **solai in legno o in travi di ferro e tavelloni, difficilmente considerabili come impalcati rigidi**.

La maggior parte dei programmi permettono di considerare gli **impalcati sia infinitamente deformabili che infinitamente rigidi**; solo alcuni consentono di valutare l'effettiva rigidità dell'impalcato inserendo gli elementi strutturali di cui esso è costituito. In realtà **tale rigidità finita è di difficile valutazione**, e comunque ancora oggetto di numerose ricerche e quindi affetta da possibili errori. **Pertanto allo stato attuale sembra opportuno valutare la capacità sismica della struttura considerando sia l'impalcato deformabile che l'impalcato rigido**, che rappresentano i due limiti estremi della fascia di comportamento meccanico in cui necessariamente è compresa la risposta effettiva della struttura. Tale approccio è però piuttosto oneroso e difficilmente viene effettuato. I progettisti, invece, nella maggior parte dei casi considerano l'impalcato infinitamente deformabile.

➔ In PC.E è molto semplice seguire l'ipotesi di **impalcato infinitamente rigido o infinitamente deformabile**, riducendosi questa scelta ad un check specificato nei Dati Piani e al conseguente ruolo dei nodi definiti come master, dove si concentrano le masse ad esso riferite nel caso di piano rigido; i nodi master diventano automaticamente ininfluenti nel caso di piani deformabili. Per ogni piano indipendentemente dall'altro è possibile scegliere l'impalcato rigido o deformabile.

PC.E consente anche di definire, nello stesso impalcato, **zone rigide e zone deformabili**, sempre secondo lo schema di 'infinitamente rigido' e 'infinitamente deformabile' (con due alternative: l'uso di controventi di piano, per irrigidire alcune zone di impalcati prevalentemente deformabili; l'uso di masse locali non riferite al nodo master, per rendere deformabili zone di impalcati prevalentemente rigidi).

**Resta confermata dal commento del documento di riferimento la validità della scelta di PC.E di non definire una rigidità finita di discutibile valutazione** (è comunque possibile simulare una rigidità finita d'impalcato collegando i nodi dei solai con controventi fittizi non infinitamente rigidi ma dotati di una propria rigidità; tale tecnica viene tuttavia sconsigliata proprio a causa delle motivazioni avanzate nel commento sopra riportato).



**Fig. 2.9.** Impalcati rigidi e deformabili

Una delle criticità connesse alla scelta dell'**impalcato flessibile** è l'**individuazione del punto di controllo**, necessario nel caso di analisi non lineari per diagrammare la curva di push-over. Infatti la **scelta di tale punto** può modificare notevolmente la curva di capacità dell'edificio e quindi anche la PGA risultante.

A tale problema se ne aggiunge un altro di tipo operativo. Infatti molti programmi per definire il punto di controllo (spesso generato in automatico) richiedono che venga comunque assegnato un piano rigido.

Pertanto, i progettisti sono costretti ad assegnare, anche in caso di piano manifestamente deformabile, un piano rigido in corrispondenza dell'ultimo impalcato o della parte sommitale dell'edificio, assegnando dei vincoli relativi tra i vari telai e realizzando quindi una modellazione ibrida.

In realtà nel caso di impalcato infinitamente deformabile sarebbe possibile ovviare a tali problemi, non essendo necessaria la definizione del punto di controllo dell'intero edificio; infatti in tal caso le **pareti hanno un comportamento meccanico tra loro indipendente** e pertanto possono essere considerate separatamente, ognuna con il proprio punto di controllo (individuato sulla parete stessa), la curva di capacità e la corrispondente PGA. In tal caso la capacità sismica della struttura sarà determinata dalla parete più "debole" (con PGA più bassa). La maggior parte dei programmi, però, almeno al momento, non consente di effettuare tali semplici operazioni. Inoltre si deve osservare che spesso i progettisti adottano il modello di impalcato deformabile anche in presenza di solai "moderni" in laterocemento (del tipo SAP), realizzati dal 1940 in poi, che presentano generalmente una soletta superiore di 4-5 cm non armata o solo leggermente armata. Tale assunzione viene adottata in quanto tali impalcati non rispettano precisamente le indicazioni fornite dalla norma per considerare un impalcato rigido nel caso di edifici nuovi al par. 7.2.6. L'assunzione di impalcato deformabile per tali tipi di solai appare però troppo cautelativa e non corrispondente all'effettivo comportamento e quindi sembra opportuno che la norma definisca per gli edifici esistenti le tipologie di impalcati per le quali è possibile considerare un comportamento rigido (anche se in modo approssimato).

➔ Nel caso di impalcati deformabili (flessibili), **PC.E non chiede la scelta di un punto di controllo, ma procede automaticamente considerando il baricentro delle masse di piano. Ad ogni passo della procedura pushover**, la posizione del baricentro verrà individuata dal baricentro delle masse spostate. Ciò costituisce la più naturale generalizzazione del punto di controllo adottato nel centro di massa (nodo master) nel caso di piano rigido.

**Pertanto, in PC.E non è assolutamente necessario definire un piano rigido in copertura.** Ogni impalcato avrà la qualifica che deve avere, rigido o deformabile. Ed il punto di controllo, che sarà relativo ad un piano (non necessariamente quello in sommità, ad esempio in caso di torrioni o elevazione di piccole porzioni dell'edificio), sarà il nodo master se quel piano è rigido, o il baricentro se il piano è deformabile.

La **modellazione per paramenti piani** è effettivamente consentita dalla Normativa ed **è possibile in PC.E**: si faccia tuttavia attenzione che essa non risolverebbe comunque i problemi di tutti gli edifici con impalcato deformabile in sommità, in quanto molti edifici presentano coperture flessibili ma piani intermedi irrigiditi: pertanto, **la procedura più generale è quella adottata da PC.E, con modello spaziale e impalcati rigidi e/o deformabili**. La modellazione per paramenti piani può essere efficacemente utilizzata solo in caso di impalcati deformabili a tutti i piani, e in tali casi può essere vantaggiosa (p.es. complessi edilizi storici di grande estensione con impalcati deformabili possono essere scomposti in paramenti piani).

## 2.2.5. ANALISI E CRITICITA' DEI RISULTATI

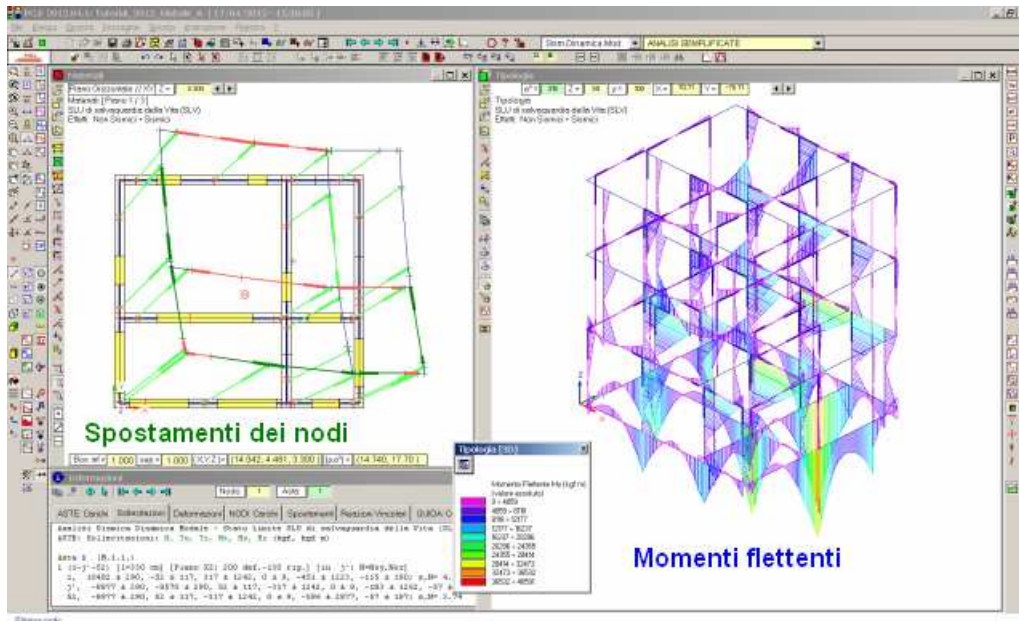
L'analisi dei risultanti assume un ruolo fondamentale perché da essa si possono desumere eventuali errori di modellazione, fase piuttosto delicata per un edificio in muratura. A tale scopo sarebbe di fondamentale importanza **l'esame dei diagrammi delle sollecitazioni** (per il modello a telaio) e dello stato tensionale (per il modello a shell), in modo da rendere consapevole il progettista delle conseguenze delle scelte adottate in fase di modellazione e per poterle modificare qualora i risultati non appaiano convincenti.

Spesso invece, almeno i programmi per le murature non forniscono tali informazioni ma restituiscono direttamente grafici in cui vengono visualizzati i risultati in termini di verifiche soddisfatte o meno.

**Inoltre i programmi che adottano la modellazione per piano non consentono di visualizzare neanche lo schema del telaio.**

➔ In analisi lineare PC.E permette la **consultazione dei diagrammi di tutte le caratteristiche di sollecitazione**; in analisi non lineare, ad ogni passo è comunque possibile consultare le sollecitazioni di tutti gli elementi, oltre agli spostamenti dei nodi. Qualunque sia la modalità di modellazione scelta (globale 3D, per interpiani 3D, per paramenti 2D) **PC.E mostra sempre lo schema del telaio, evidenziando le aste con le zone rigide.**





**Fig. 2.10.** Diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione; deformazioni

Una volta modellata la struttura ed eseguite le analisi in alcuni casi si possono osservare risultati anomali che evidenziano un'eventuale modellazione non corretta. Nel dettaglio nel caso delle analisi dinamiche modali può accadere che i primi modi di vibrare siano piuttosto elevati (2-3s) anche se associati a masse partecipanti praticamente nulle. Ciò indica, generalmente, che potrebbero essere presenti nel modello elementi non ben vincolati.

➔ **Per convalidare il modello inserito, AEDES consiglia sempre l'esecuzione in PC.E dell'analisi modale,** prima delle analisi lineare e non lineare destinate alle verifiche di sicurezza.

In pratica, per determinare se la geometria ed i vincoli (esterni ed interni) sono correttamente descritti, è sufficiente inserire i soli pesi propri ed eseguire l'analisi modale: eventuali anomalie di modellazione verranno chiaramente evidenziate. Negli edifici esistenti con impalcati a parziale irrigidimento nel piano orizzontale, è sempre consigliabile eseguire l'analisi modale sia con piani rigidi sia con piani deformabili.

Nel caso delle analisi statiche non lineari si riscontrano diverse criticità. Le curve di push-over, dalle quali è possibile ricavare la vulnerabilità sismica in termini di PGA, spesso hanno andamenti piuttosto anomali, dovuti la maggior parte delle volte a problemi numerici o a passi di integrazione troppo elevati, che non permettono di descrivere l'effettivo comportamento non lineare della struttura.

In alcuni casi esse hanno un andamento elastico o elastico perfettamente plastico, che non riproducono il comportamento non lineare generalmente manifestato dagli edifici in muratura. In altri casi accade che la curva presenti perdite di resistenza già nella fase iniziale; tale situazione appare anomala, in quanto tali perdite di resistenza corrispondono il più delle volte alla rottura di un elemento (maschio o fascia di piano) che generalmente avviene in fase plastica, quando ormai l'edificio ha già raggiunto la resistenza massima ed è prossimo al collasso.

Un altro problema è connesso alla scelta dello **spostamento ultimo** in corrispondenza del quale si deve valutare la capacità sismica della struttura per lo SLV. La circolare 617/09 prevede al par. C/.8.1.5.4 che la capacità sismica della struttura allo SLV deve essere valutata "in corrispondenza dello spostamento, corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo".

In merito a tale aspetto, si deve notare che dalla norma non si evince con chiarezza se lo SLV è da intendersi come SLV o SLC. Pertanto, alcuni programmi valutano la capacità sismica della struttura considerando lo SLV indicato dalla norma come SLV, mentre altri programmi valutano il raggiungimento dello SLV in corrispondenza dello spostamento corrispondente al raggiungimento della massima forza, adottando il criterio generale valido per le altre tipologie strutturali, anche se in tal senso per gli edifici in muratura non viene data nessuna indicazione specifica dalla norma.

➔ PC.E opera in modo chiaro e specifico per la muratura, **identificando il calo del 20% rispetto al valore massimo** secondo le possibili modalità riportate in figura seguente. Nel caso in cui la curva termini in corrispondenza del valore massimo, senza scalini e conseguente tratto discendente, il punto ultimo viene necessariamente assunto pari all'ultimo punto del diagramma, corrispondente quindi alla forza massima (trattandosi di spostamento, accade talvolta che l'ultimo punto sia quello dopo un tratto perfettamente plastico, il tutto in completo accordo con la legge di comportamento delle pareti murarie).

Per quanto riguarda lo **stato limite ultimo di riferimento, SLU viene identificato con SLV**, anche in considerazione di quanto specificato in §C8.7.1.1: nell'ambito dei paragrafi dedicati alle costruzioni esistenti in muratura, si assume che il soddisfacimento della verifica a SLV implichi quello della verifica a SLC; se ne deduce che è SLV lo stato soggetto a verifica, e con esso si identifica lo stato in cui valutare lo spostamento ultimo citato in §7.8.1.6.

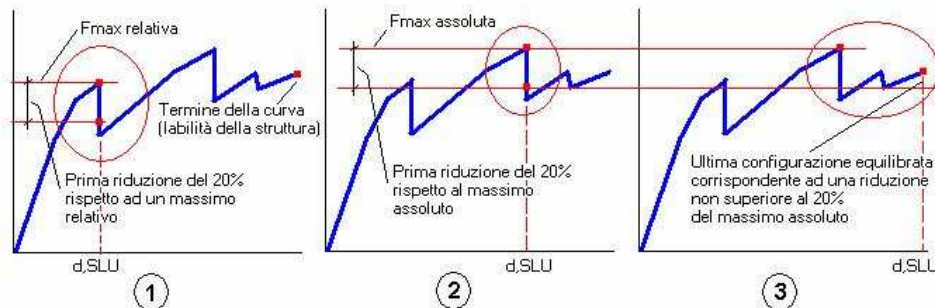
Sulla differenza fra SLV e SLC, si osservi che la scelta dello stato limite ultimo fra i due non condiziona la curva di capacità, che è una proprietà intrinseca dell'edificio esaminato, e di conseguenza neppure lo spostamento ultimo (scelto appunto col criterio della caduta del 20%, secondo l'opzione selezionata in PC.E dal Progettista).

Successivamente all'elaborazione della curva, si può definire un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto tra capacità in termini di spostamento (lo spostamento ultimo della curva) e domanda in termini di spostamento (ricavata dallo spettro di risposta, condizionato dal valore di  $a_g$  e quindi dello Stato Limite scelto - qui si inserirebbe la differenza fra SLV e SLC).

Indipendentemente dal coefficiente di sicurezza (e quindi da SLV o SLC), un procedimento iterativo sul periodo di ritorno (effettuato sui parametri di spettro riportati nel reticolo sismico di Normativa) determina la capacità in termini di PGA (o equivalentemente di TR) identificata col valore cui corrisponde il coefficiente di sicurezza unitario (cioè domanda sismica = spostamento ultimo). L'Indicatore di Rischio è infine definito dal rapporto fra la capacità in termini di PGA e la domanda in termini di PGA (e la domanda è, ancora, il parametro dipendente da SLV o SLC). In definitiva: tutto il calcolo della curva di capacità e della capacità in termini di PGA non dipende da SLV o SLC: dallo stato limite ultimo scelto dipende solo la domanda e quindi l'Indicatore di Rischio.

**Definizione dello Stato Limite Ultimo sulla curva di capacità:  
riduzione della forza non superiore al 20% del massimo**

Possibili opzioni:

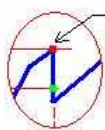


Con riferimento ad una specifica curva di capacità, il punto rappresentativo dello Stato Limite Ultimo viene identificato con la riduzione della forza di taglio globale non superiore al 20% del massimo.

Nei diagrammi a 'scalini', dove alcuni collassi intermedi determinano locali perdite di resistenza, è possibile interpretare la definizione dello Stato Limite Ultimo secondo i tre criteri rappresentati in figura.

La scelta del criterio, e quindi dello spostamento strutturale corrispondente allo Stato Limite Ultimo, determina i risultati della verifica di compatibilità degli spostamenti.

Al criterio (1) corrisponde, in generale, una velocizzazione dell'analisi (la parte di curva oltre lo Stato Limite Ultimo diviene superflua e non è elaborata), ma deve essere usato con cautela nei casi in cui un collasso prematuro di locali elementi poco resistenti determini il soddisfacimento della condizione (1) prima che la struttura nel suo complesso abbia sviluppato le potenziali capacità resistenti.



" SLU: ultimo punto effettivamente calcolato prima della riduzione della forza pari al 20% del massimo ";  
se il check è selezionato, il punto sulla curva corrispondente a Stato Limite Ultimo è l'ultimo punto realmente calcolato (rosso in fig.), e non quello individuato sullo scalino (verde in fig.) tramite la riduzione del 20% della forza

**Fig. 2.11.** Valutazione dello spostamento ultimo nella curva pushover

A questa questione se ne aggiunge un'altra di tipo operativa.

Un'altra criticità connessa ai risultati che si ottengono dalle curve di push-over è correlata ad un'indicazione della norma fornita per gli edifici in muratura nuovi secondo la quale nel caso in cui "il rapporto tra il taglio totale agente sulla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico  $[S_e(T^*) m^*]$  e il taglio alla base resistente del sistema equivalente ad un grado di libertà  $[F_y^*]$  ottenuto dall'analisi non lineare ecceda il valore 3 la verifica di sicurezza deve ritenersi non soddisfatta".

In base a tale istruzione alcuni programmi qualora si abbia che:

$$\frac{S_e(T^*) m^*}{F_y^*} = q^* > 3$$

riportano che **"la verifica non è soddisfatta"**. Si deve però ricordare che **q\*** è strettamente connesso allo spostamento ultimo dalla struttura. Infatti si ha che :

$$\begin{aligned} \text{se } T_1 < T_c & \quad q^* = 1 - \left[ \left( \frac{d_u}{d_y} - 1 \right) \frac{T_1}{T_c} \right] \\ \text{se } T_1 > T_c & \quad q^* = \frac{d_u}{d_y} \end{aligned}$$

In realtà la prescrizione fornita dalla norma indica che qualora si progetti un edificio nuovo non è possibile fare affidamento su  $q^* > 3$  (ignorando la capacità o meno della struttura di raggiungere lo spostamento ultimo connesso al  $q^*$  richiesto) per sostenere il terremoto di progetto ed è quindi necessario aumentare la resistenza globale della struttura in caso contrario. Tale affermazione crea invece qualche perplessità nell'interpretazione quando deve essere applicata agli edifici esistenti, per i quali è necessario valutare la capacità sismica della struttura e non è necessariamente richiesto il raggiungimento dell'adeguamento sismico. In tal caso la capacità sismica della struttura deve essere valutata considerando che il  $q^*$  "disponibile" della struttura, connesso alla duttilità della stessa, non può essere superiore a 3.

**Invece alcuni programmi riportano che la struttura non è verificata essendo  $q^*$  richiesto maggiore di 3 e poi valutano la capacità sismica della struttura considerando il  $q^*$  "disponibile" della struttura**, anche qualora sia superiore a 3, portando così ad una stima della capacità sismica della struttura non in linea con le indicazioni di normativa. In tali casi il progettista, adottando i parametri che caratterizzano la curva di push-over, forniti dal programma, è costretto a valutare autonomamente la capacità sismica della struttura, considerando un  $q^*$  pari a 3.

➔ Relativamente al **q\***, PC.E opera nel modo seguente:

**a) costruisce la curva di capacità** ed esegue il confronto fra la capacità e la domanda in termini di spostamento ultimo: il **coefficiente di sicurezza** può essere  $\geq 1$  (verifica soddisfatta) o  $< 1$  (verifica non soddisfatta);

**b) parallelamente, calcola anche il fattore  $q^*$**  relativo all'oscillatore monodimensionale equivalente elastoplastico: se  $q^* > 3$  indica che la verifica non è soddisfatta;

**c) per la ricerca della capacità in termini di PGA**, il metodo iterativo citato procede accertando che le due condizioni siano entrambe soddisfatte: che cioè il coefficiente di sicurezza sia  $\geq 1$  e che  $q^*$  sia  $\leq 3$ .

In ogni caso, quindi, **PC.E definisce Indicatori di Rischio che rispettano sempre la condizione che  $q^*$  sia  $\leq 3$** . Questa procedura operativa è chiara e in accordo con i contenuti normativi.

In fig. 2.13 è rappresentato un esempio di curva pushover con alcune osservazioni relative al calcolo di  $q^*$ . Si riporta, qui di seguito, un estratto dalla Relazione di Calcolo composta da PC.E per l'analisi pushover (una freccetta rossa indica il punto dove si accenna al  $q^*$ ).

#### **Risultati dell'elaborazione per l'analisi pushover:**

Le curve di capacità della struttura reale analizzata (sistema a più gradi di libertà: M-GDL) vengono rappresentate in diagrammi che riportano in ascisse lo Spostamento del punto di controllo, ed in ordinate il Taglio globale alla base. Per ogni curva, attraverso le relazioni di equivalenza dinamica, riportate al punto §C7.3.4.1, viene definita la corrispondente curva del sistema ad 1 grado di libertà equivalente 1-GDL, e successivamente il diagramma bilineare, attraverso il quale è possibile definire la domanda sismica (=spostamento richiesto secondo lo spettro di risposta) del sistema 1-GDL, ricondotta infine alla domanda per il sistema M-GDL.

Le verifiche di compatibilità degli spostamenti per il sistema reale M-GDL consistono nel confronto tra la domanda sismica e la capacità deformativa della struttura.

Per il calcolo della domanda sismica, l'espressione degli spettri di risposta elastico  $Se(T)$  e degli spettri di progetto per SLV e SLD è fornita in §3.2.3.

Lo spettro di risposta elastico in termini di spostamento è dato da:  $SDe(Ts) = Se(Ts) * (T / 2\pi)^2$  (§3.2.3.2.3).

Sulla curva pushover (diagramma forza-spostamento), lo **Stato Limite di Danno SLD** è identificato con il punto caratterizzato dallo spostamento minore tra quello corrispondente al raggiungimento della massima forza e quello per il quale lo spostamento relativo fra due punti sulla stessa verticale appartenenti a piani consecutivi eccede i valori riportati in §7.3.7.2 (per muratura ordinaria: 3 per mille dell'altezza di piano); lo **Stato Limite Ultimo SLV** coincide con il punto caratterizzato dallo spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo (§C7.8.1.5.4).

Per ogni diagramma pushover ed ogni stato limite analizzato, il risultato della verifica è esprimibile sotto forma di un **Coefficiente di Sicurezza**, dato dal rapporto fra capacità e domanda. La verifica è soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza è  $\geq 1$  (la struttura è in grado di sostenere lo spostamento richiesto dall'evento sismico).

Per gli edifici in muratura, generalmente molto rigidi, la verifica di resistenza (stato limite ultimo) è più impegnativa rispetto alla verifica di deformabilità (stato limite di danno); per tale motivo, in generale la verifica allo stato limite ultimo fornisce coefficienti di sicurezza minori rispetto allo stato limite di danno.

I risultati di PC.E riportano inoltre la capacità della struttura in termini di PGA: **PGA,CLV** e **PGA,DLV**, valori di massima accelerazione al suolo consentita dall'edificio, definita dal valore in corrispondenza del quale vengono raggiunti, rispettivamente, lo stato limite ultimo SLV e lo stato limite di danno SLD. Unitamente al valore PGA, sono forniti il corrispondente periodo di ritorno TR e la probabilità di superamento P<sub>VR</sub> relativa al periodo di riferimento VR. Il calcolo della capacità della struttura viene effettuato tramite un ciclo iterativo condotto sul periodo di ritorno TR: si varia il valore di TR fra gli estremi 30 e 2475 anni

(estremi previsti dalla Normativa), ricercando il periodo di ritorno cui corrisponde la massima accelerazione  $a_g$  tale da soddisfare la verifica di sicurezza. Per soddisfare la verifica di sicurezza vengono considerate due condizioni contemporanee:

1) la domanda di spostamento (dipendente dallo spettro, e quindi dai valori di TR,  $a_g$  e altri parametri correlati) deve essere  $\leq$  della capacità di spostamento definita dalla curva pushover;

→ 2) il valore di  $q^* = Se(T^*) \cdot m^* / F_y^*$  deve essere  $\leq 3.0$ .

Qualora la verifica di sicurezza sia soddisfatta per  $TR=2475$  anni, la capacità della struttura viene qualificata con  $TR \geq 2475$  anni (il D.M. 14.1.2008, nell'Allegato A dispone che nell'analisi siano considerati solo valori di TR compresi fra 30 e 2475 anni).

Analogamente, se la verifica di sicurezza non è soddisfatta per  $TR=30$  anni, la capacità della struttura viene qualificata con  $TR \leq 30$  anni; i limiti assunti per PGA corrispondono ai limiti minimo e massimo di TR, secondo le corrispondenze definite dal reticolo di riferimento (Tab. 1, All.A al D.M. 14.1.2008).

Si osservi che  $a_g$  indica l'accelerazione al suolo su suolo rigido, mentre PGA può essere stata definita - nei Parametri di Calcolo - come  $a_g$  oppure come accelerazione al suolo tenendo conto degli effetti di suolo: il risultato in termini di PGA dipende quindi dal significato attribuito a PGA.

L'analisi statica non lineare eseguita da PC.E fornisce inoltre il valore del **fattore di struttura q** (§7.8.1.3), attraverso il calcolo del rapporto  $\alpha u / \alpha 1$  dove:

$\alpha 1$  = moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, il primo pannello murario raggiunge la sua resistenza ultima (a taglio o a pressoflessione);

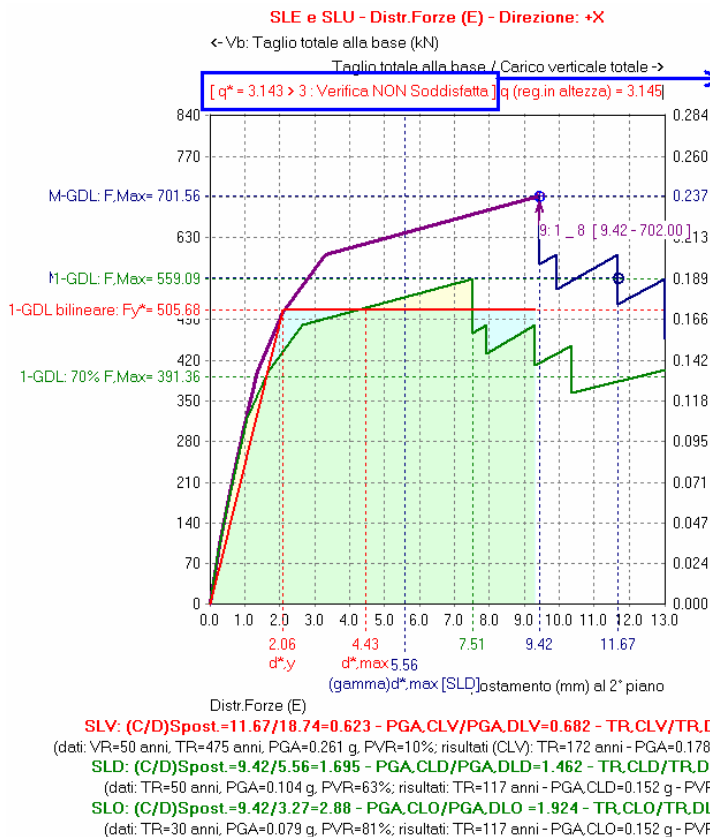
$\alpha u$  = 90% del moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, l'edificio raggiunge la massima forza resistente.

I valori del fattore di struttura sono i seguenti:

- per edifici nuovi:  $q = q_0 \cdot KR$  (§7.3.1), dove:

per costruzioni in muratura ordinaria:  $q_0 = 2.0 \cdot \alpha u / \alpha 1$ ; per costruzioni in muratura armata:  $q_0 = 2.5 \cdot \alpha u / \alpha 1$ ; per costruzioni in muratura armata progettati secondo il criterio di Gerarchia delle Resistenze:  $q_0 = 3.0 \cdot \alpha u / \alpha 1$ .  $KR=1$  per edifici regolari in altezza; 0.8 altrimenti.

In ogni caso,  $\alpha u / \alpha 1$  non può essere assunto maggiore di 2.5.



Il valore di  $q^*$  riportato in alto, sopra al riquadro del diagramma, corrisponde al dato in input per SLV: lo spettro elastico è incluso nella definizione di  $q^*$ :  $q^* = Se(T^*) \cdot m / F_y^*$

Qualora risulti  $q^* > 3$  la verifica a SLV viene indicata come non soddisfatta.

Per calcolare la capacità in termini di PGA (o, equivalentemente, di TR) si utilizza una procedura iterativa variando progressivamente il periodo di ritorno TR [e conseguentemente  $a_g$ , e quindi  $Se(T)$ ], cercando così il valore di TR (e quindi di  $a_g$ ) per cui la domanda di spostamento D è pari alla capacità C:  $C/D=1.000$ . Oltre a questa condizione, viene tuttavia controllato, ad ogni passo iterativo, che  $q^*$  sia  $\leq 3$ : anche questa è una condizione di verifica soddisfatta, e quindi il procedimento iterativo determinerà il massimo valore di  $a_g$  (cioè TR) tale che  $C/D \geq 1.000$  e contemporaneamente  $q^* \leq 3$ .

Attenzione, quindi: il  $q^*$  indicato sopra al diagramma, e riportato in legenda per ogni curva, è il valore che si riferisce alla  $a_g$  in input, mentre la capacità PGA,CLV è sempre calcolata (con la procedura iterativa detta) considerando sia  $C/D \geq 1.000$  sia  $q^* \leq 3$

**Risultati Analisi Pushover [4 curve]**

PGA [g] - TR [anni] - PVR [%]

Dati in input: SLV) PGA,DLV = 0.261 g, TR,DLV = 475 - SLD) PGA,DLD = 0.104 g, TR,DLD = 50

(alfa)V = (PGA,CLV / PGA,DLV) [2] = 0.303 - (alfa)D = (PGA,CLD / PGA,DLD) [2] = 0.760

N° curva	Distr.	Direz.	Mt	F/W	$q^*$	q	PGA,CLV	TR,CLV	PVR,CLV	aV,PGA	aV,TR	PGA,CLD	TR,CLD	PVR,CLD	aD,PGA	aD,TR
1	A	+X		0.203	3.584	3.591	0.106	53	60.748	0.406	0.112	0.103	49	63.675	0.990	0.980
2	A	+Y		0.102	8.584	2.693	0.079	$\leq 30$	81.112	0.083	0.079	$\leq 30$	81.112	0.760	0.600	0.600
3	E	+X		0.237	3.143	3.145	0.178	172	25.268	0.682	0.362	0.152	117	34.800	1.462	2.340
4	E	+Y		0.175	4.544	4.633	0.158	130	31.939	0.605	0.274	0.140	99	39.610	1.348	1.980

**Fig. 2.12.**  $q^*$  per la verifica di sicurezza per SLV e per il calcolo dell'Indicatore di Rischio Sismico



### 2.2.6. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO PER IL COMPORTAMENTO SISMICO NEL PIANO

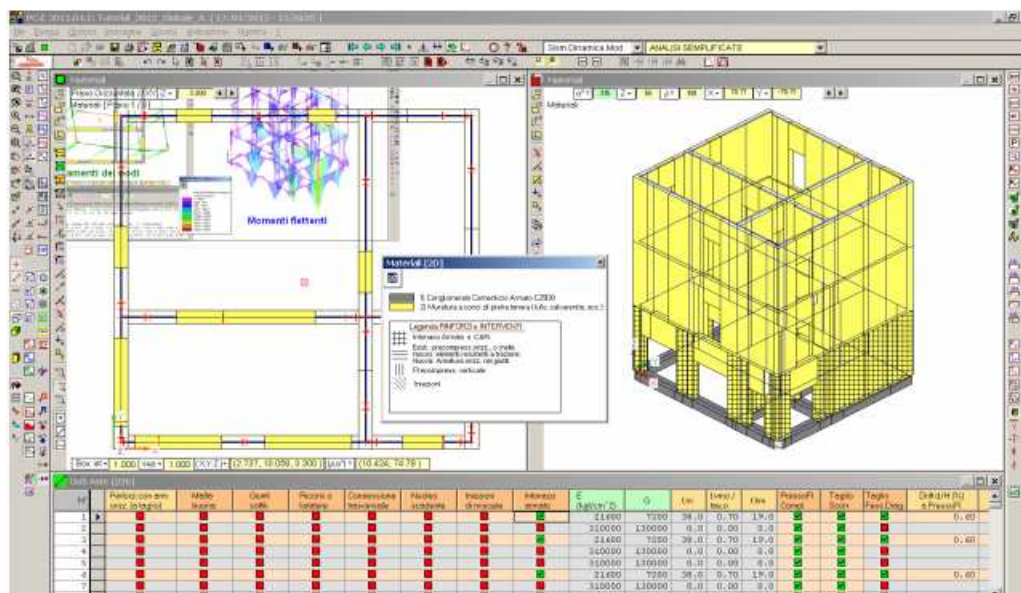
Nella maggior parte degli edifici viene previsto sulle pareti murarie il placcaggio con intonaco armato e/o l'iniezione di miscele leganti.

Per entrambe gli interventi la circolare 617 fornisce coefficienti correttivi da applicare sia ai parametri di resistenza che ai moduli elastici in funzione della tipologia muraria.

Nel caso in cui vengano realizzati entrambi gli interventi i programmi tengono conto di entrambi i coefficienti incrementativi; questo anche perché la norma non fornisce nessuna indicazione nel caso in cui tali interventi vengano previsti simultaneamente. Sembra, però, che adottare entrambi i coefficienti possa portare a sovrastimare le capacità meccaniche della muratura rinforzata.

Infatti, la realizzazione dell'intonaco armato richiede necessariamente, per il collegamento delle due fodere, la realizzazione di perforazioni armate ed iniettate, disposte ad un passo non troppo elevato. Pertanto l'esecuzione dell'intonaco armato comporta, nella sostanza, anche la realizzazione di iniezioni di miscele leganti nella muratura, quanto meno parziali, ciò soprattutto nel caso di murature caotiche.

➔ PC.E consente l'adozione di entrambi i coefficienti, nel caso in cui si specifichi il rinforzo sia con iniezioni sia con intonaco armato, perché come giustamente osservato ciò non è in contrasto con la Norma. Tuttavia, l'aspetto fondamentale da considerare è che nessuna amplificazione è obbligatoria o non controllabile: in PC.E il Progettista può selezionare gli interventi indipendentemente l'uno dall'altro e per ogni singolo elemento murario; qualora le amplificazioni proposte, in linea con i coefficienti normativi, non dovessero essere ritenute adeguate, è sempre possibile definire un apposito materiale con i parametri desiderati. **Tutti i parametri descrittivi dei moduli elastici e delle resistenze sono quindi sotto il pieno controllo da parte del Progettista.**



Check distinti per ogni singolo intervento o qualifica della muratura, e per ogni singolo elemento murario (intonaco armato, iniezioni, ecc.)

**Fig. 2.13.** Interventi sulle strutture murarie

In relazione al solo intervento di intonaco armato spesso accade che esso venga realizzato su tipologie murarie "moderne", come ad esempio murature in blocchi di cls forati o pieni (molto frequenti nel territorio aquilano), per le quali non viene previsto dalla circolare 617 nessun coefficiente a seguito di tale intervento. Spesso i programmi e i progettisti per tenere conto in qualche modo di tale intervento considerano un fattore incrementativo pari ad 1.5 o 1.2, non supportato né da studi sperimentali né dalle indicazioni di norma.

➔ I **coefficienti correttivi** proposti da PC.E coincidono con quelli di Normativa (Tab. C8A.2.2). Per l'intonaco armato (e per la malta buona) vengono inoltre proposti coefficienti pari a 1.3 in accordo con la Tab. 11.D.2 di OPCM 3431/2005 relativamente alle ultime 5 tipologie di materiale murario in tabella, scomparse nel testo della Circolare 617 (per tutti gli altri valori, le due tabelle coincidono e quindi si possono considerare 'equivalenti'). La tabella 11.D.2, in quanto riportata in un documento normativo esistente, può essere presa come riferimento per le tipologie assenti nella Tab. C8A.2.2; in PC.E resta sempre la possibilità di non applicare coefficienti correttivi ai materiali non citati dalla Circolare o comunque di definire opportunamente nuovi materiali. **Tutte le proposte di PC.E sono trasparenti e lasciano libertà di modifica.**

Accade poi in relazione a tale intervento che, nonostante le indicazioni della norma, alcuni programmi tengono conto del placcaggio effettuato con l'intonaco armato effettuando le verifiche sulla muratura rinforzata come se fosse una muratura armata, attribuendole quindi una capacità di resistere a trazione e a taglio che generalmente non ha. Infatti raramente l'armatura viene disposta all'interno delle pareti in cls in linea con le prescrizioni delle NTC08 per le armature nel caso di muratura armata. In questo modo si ha che nel modello non si riesce a descrivere l'effettivo comportamento della muratura a seguito del rinforzo e che se non essendo previsti opportuni accorgimenti nella realizzazione dell'intonaco armato la capacità sismica dell'edificio a seguito dell'intervento può essere notevolmente sovrastimata.

➔ **PC.E non esegue verifiche 'a muratura armata' per pareti consolidate con intonaco armato.** Nel caso di pareti consolidate col sistema CAM, vengono effettuate verifiche utilizzando Domini di Resistenza a pressoflessione che tengono conto dei nastri in acciaio, in completo accordo con le specifiche disposizioni del CAM.

Un altro intervento molto adottato è il placcaggio delle murature con reti in FRP. Per esso, innovativo rispetto a quello di intonaco armato, la circolare non fornisce nessun coefficiente incrementativo. La maggior parte dei programmi tiene conto di tale intervento come se fosse intonaco armato, e quindi alcuni adottano gli stessi coefficienti incrementativi dell'intonaco armato e altri schematizzano la muratura rinforzata con reti in FRP come una muratura armata. In entrambi i casi il comportamento della muratura rinforzata non viene modellato in modo corretto. Pertanto è necessario che il progettista definisca in modo autonomo le caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata assumendo un incremento dei soli parametri di resistenza in relazione ai valori ricavati dagli studi sperimentali condotti su tipologie murarie simili a quelle sulle quali si interviene.

➔ **PC.E attualmente non prevede parametri specifici per il consolidamento con reti in FRP.** E' consigliabile in tal caso ridefinire opportunamente il materiale, in genere lasciando invariati i moduli di elasticità (in quanto l'intervento con FRP non altera la rigidezza della struttura) e modificando la resistenza a taglio e a compressione.

## 2.2.7. CONCLUSIONI

L'attività istruttoria svolta dal consorzio ReLUI, di revisione ed approvazione di migliaia di progetti di recupero degli edifici danneggiati dal sisma de L'Aquila, ha consentito di indagare molte criticità derivanti dall'uso dei software di calcolo nel rispetto delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Il complesso rapporto normativa-progettista-software, che ha visto una nuova genesi all'indomani del terremoto dell'Abruzzo del 6 aprile 2009, necessita sicuramente di ulteriore sviluppo e approfondimento al fine di poter raggiungere la piena maturazione, com'è logico attendersi per una sfida di portata così ampia e complessa.

➔ Come illustrato in dettaglio ai punti precedenti, **PC.E rispetta le osservazioni proposte nel documento, e si presenta quindi pienamente idoneo per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza nell'ambito del processo di Ricostruzione post-sismica.** Il criterio operativo fondamentale proposto da AEDES resta il **completo controllo su tutti i dati in input (geometria, vincoli, materiali, carichi)** in modo tale che il Progettista possa adeguatamente modellare l'edificio e ricavare quindi risultati attendibili dalle analisi strutturali.