

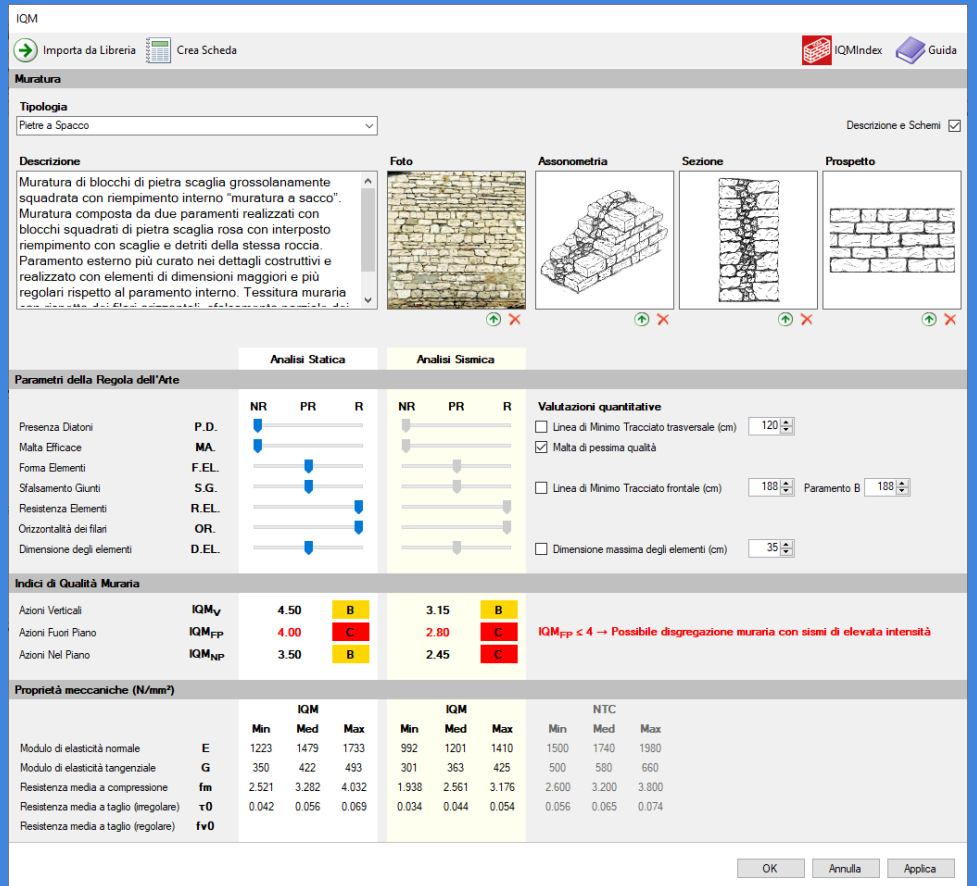
## Aedes.PCM 2025 Indici di Qualità muraria (IQM)

Aedes.PCM 2025, in combinazione con il **modulo ECS** dedicato agli Elementi Costruttivi Storici e monumentali, introduce la possibilità di determinare le proprietà meccaniche delle murature esistenti attraverso il metodo **IQM, Indici di Qualità Muraria** [1].

Il metodo IQM è nato nel 2002 presso l'Università di Perugia ed è stato perfezionato nel corso degli anni successivi anche grazie a ricerche condotte in ambito ReLUIIS. Esso si basa su un esame visivo dei paramenti e della sezione di un pannello murario, con lo scopo di verificare il grado di rispetto delle regole dell'arte muraria. Sulla base di tali verifiche si perviene ad un indice numerico che appare ben correlato sia con i parametri meccanici più significativi della muratura in esame, sia con le risposte strutturali attese.

Inoltre, IQM consente una **valutazione della maggiore o minore propensione alla disgregazione** delle murature soggette alle azioni sismiche.

[1] A. Borri, A. De Maria: L'Indice di Qualità Muraria (IQM) e la disgregazione delle murature per effetto del sisma, Structural n. 229. Maggio-giugno 2010



Nella sezione **Parametri della Regola dell'Arte** sono presenti sette parametri la cui valutazione determina gli Indici di Qualità Muraria:

- P.D.** Presenza dei Diatoni, ingranamento trasversale
- MA.** Qualità della Malta, efficace contratto fra elementi
- F.EL.** Forma degli Elementi resistenti
- S.G.** Sfalsamento dei Giunti
- R.EL.** Resistenza degli Elementi
- OR.** Orizzontalità dei filari
- D.EL.** Dimensione degli Elementi resistenti

Ad ognuno di questi parametri è necessario attribuire un **giudizio** sul rispetto della regola dell'arte:

- R.** parametro rispettato
- P.R.** parametro parzialmente rispettato
- N.R.** parametro non rispettato

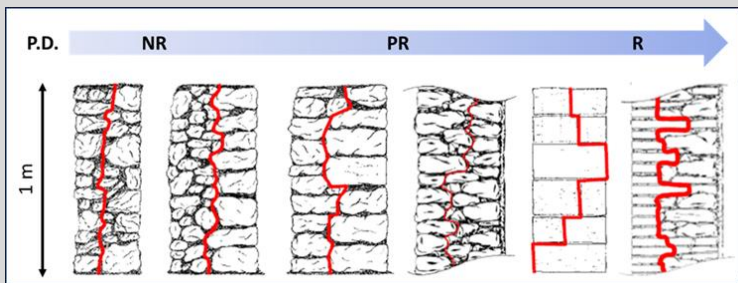
Per alcuni parametri, il giudizio sul rispetto della regola dell'arte può essere determinato attraverso **Valutazioni quantitative**:

- **Linea di Minimo Tracciato trasversale**
- **Malta di pessima Qualità**
- **Linea di Minimo Tracciato frontale**
- **Dimensione massima degli elementi**

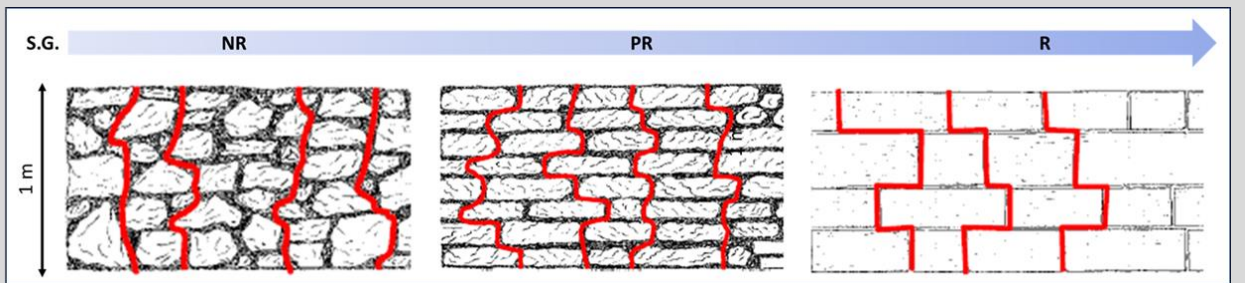
Nella sezione **Indici di Qualità Muraria** vengono riportati i seguenti valori di IQM e la corrispondente categoria:

- IQMV** Indice di Qualità Muraria per azioni Verticali
- IQMFP** Indice di Qualità Muraria per azioni Fuori Piano
- IQMNP** Indice di Qualità Muraria per azioni Ne Piano

Qualora l'Indice di Qualità Muraria per azioni Fuori Piano sia **IQMFP ≤ 4**, un apposito messaggio indica la **possibile disgregazione muraria con sismi di elevata intensità**.



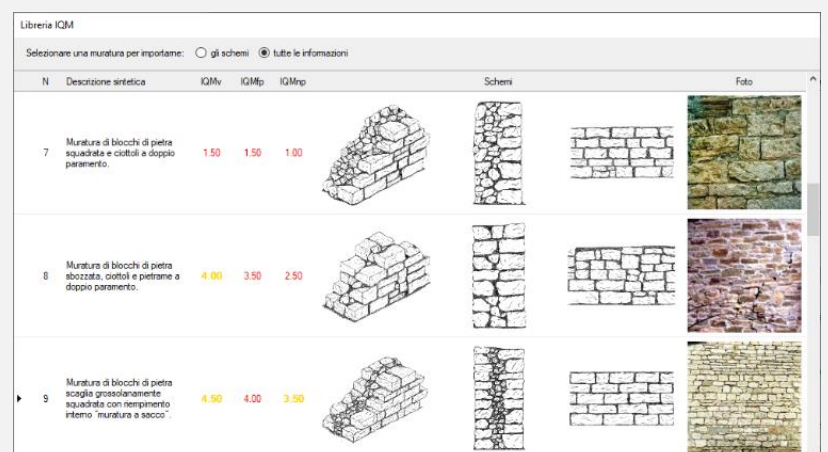
LMT trasversale e sua influenza sul parametro P.D.



LMT frontale e sua influenza sul parametro S.G.

Il comando **Importa da Libreria** consente di importare la descrizione, gli schemi e i parametri della regola dell'arte da una libreria di 22 murature predefinite. Le informazioni sono tratte dalle schede di valutazione della Qualità Muraria pubblicate dagli autori del metodo IQM, nell'ambito della ricerca ReLUIIS.

Dopo aver importato una muratura dalla Libreria, tutte le informazioni possono essere modificate dall'Utente per adeguarle al caso della muratura oggetto di studio.



## Aedes.PCM 2025

### Verifica di Disgregazione muraria

Aedes.PCM 2025 introduce la **verifica di disgregazione muraria** per gli edifici esistenti, un aspetto determinante nel caso di murature storiche dove si rileva una qualità muraria mediocre con scarsa consistenza della malta.

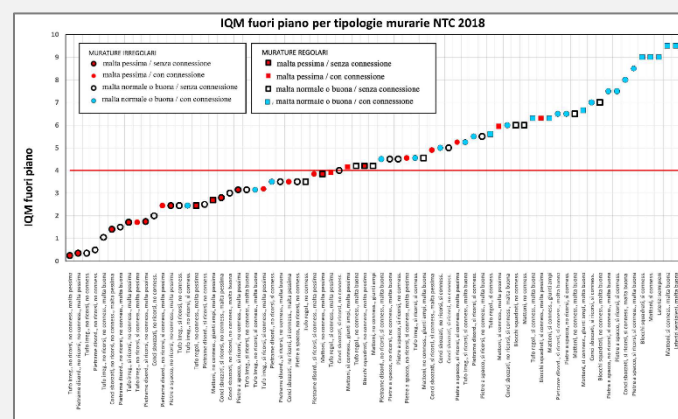
**Il fenomeno della disgregazione è evidenziato nei contenuti della Normativa Tecnica.** Nel paragrafo §C8.7.1.2.1 delle NTC 2018, dedicato alle modalità di svolgimento dell'analisi cinematica, si specifica anzitutto che **"la rappresentazione della struttura come catena cinematica di corpi rigidi è attendibile solo se la parete non è vulnerabile nei riguardi di fenomeni di disgregazione"**.



Nel **metodo IQM** si evidenzia come il valore dell'indice di qualità muraria fuori piano (**IQM<sub>FP</sub>**) condensa in sé il rispetto o meno di quelle regole dell'arte rivolte ad ottenere un comportamento di tipo monolitico.

Gli Autori del metodo, tenendo come riferimento le varie tipologie proposte nella normativa italiana, e sulla base delle esperienze condotte nei rilevamenti post sismici dei vari terremoti italiani, hanno proposto di utilizzare, per gli edifici ordinari posti in zone con pericolosità sismica medio-alta, il valore di **IQM<sub>FP</sub> = 4** come valore di soglia. **Valori di IQM<sub>FP</sub> eguali od inferiori a 4 indicano la possibilità di manifestazione di fenomeni disgregativi.**

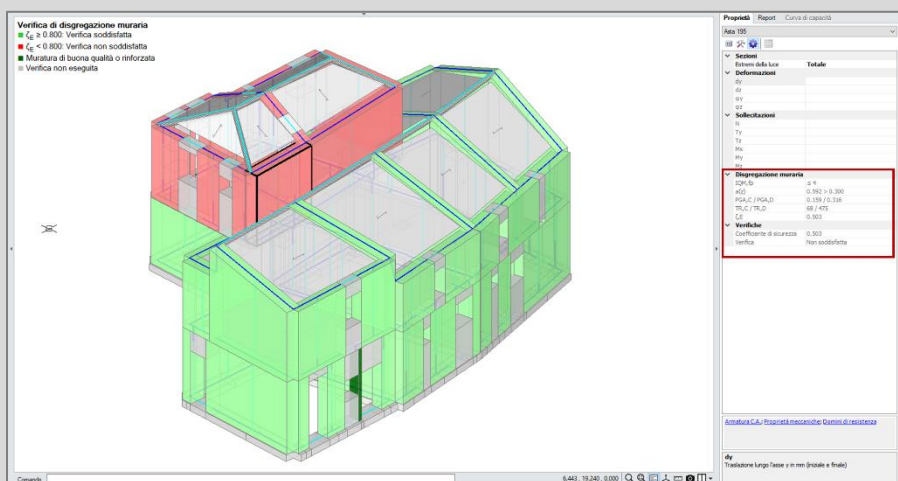
STEP	Situazione strutturale	Comportamento sismico	Analisi più adatta	Intervento prioritario
CONOSCENZA DELLA COSTRUZIONE				
0	Muratura di qualità meccanica insufficiente	Disgregazione muratura	Valutazione qualità muraria	Migliorare la qualità della muratura e la sua coesione interna
1	Muratura di sufficiente qualità Assenza di collegamenti efficaci	Locale (formazione di cinematismi)	Analisi cinematica dei meccanismi di collasso Analisi per carichi verticali (solai, copertura) Ricognizione delle vulnerabilità locali	Inserire vincoli (catene, collegamenti, etc...) Rinforzo di solai e coperture (se necessario) Eliminare vulnerabilità
2	Muratura di sufficiente qualità e presenza di collegamenti efficaci e diffusi sull'intera costruzione	Impalcati deformabili	Completivo (risposta d'insieme e carichi per zone d'influenza) Assenza di effetti torcenti globali	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti
		Impalcati rigidi	Globale (risposta d'insieme e carichi proporzionali alle rigidità) Presenza di effetti torcenti globali	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti



La scarsa qualità identificata con **IQM<sub>FP</sub> ≤ 4** è una condizione necessaria per la disgregazione, ma affinché il fenomeno si manifesti occorre un'accelerazione sismica di intensità sufficientemente elevata. La **soglia di accelerazione sismica oltre la quale si può innescare il fenomeno disgregativo** è argomento tuttora in corso di studio; è comunque possibile attribuire a tale soglia un valore plausibile che ad esempio può considerarsi non inferiore a 0.200-0.300 g

In Aedes.PCM, la **verifica nei confronti della disgregazione** viene condotta con le seguenti modalità:

- **Per ogni maschio murario avente IQM<sub>FP</sub> ≤ 4, viene valutata l'accelerazione strutturale di progetto alla base della parete,** definita attraverso lo spettro di piano che considera i dati sismici del sito di ubicazione, la posizione della parete lungo l'elevazione dell'edificio e le proprietà dinamiche dell'edificio stesso.
- **Se l'accelerazione strutturale è maggiore della soglia prefissata in input come valore che può innescare il fenomeno disgregativo, la verifica di disgregazione non è soddisfatta.**



La verifica di Disgregazione muraria viene eseguita in fase di modellazione strutturale con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Si tratta di una verifica interattiva che viene automaticamente rieseguita ogni qual volta interviene una modifica che ne condiziona il risultato.

Scegliendo di considerare la disgregazione muraria nella valutazione della sicurezza, l'indicatore di rischio sismico relativo a SLV terrà conto del comportamento di disgregazione muraria.

## Intervento di Ristilatura Non Armata

Aedes.PCM 2025 introduce l'intervento di consolidamento attraverso **ristilatura profonda dei giunti di malta**, comunemente definito Ristilatura Non Armata.

Nelle proprietà degli elementi strutturali in muratura esistente, scheda Interventi, è ora possibile attivare l'intervento di Ristilatura scegliendo tra Ristilatura Armata e Ristilatura Non armata.

In caso di **Ristilatura Non Armata** dei giunti di malta, le proprietà meccaniche della muratura vengono incrementate applicando il coefficiente correttivo relativo alla malta di buona qualità, pesato sulla percentuale di spessore effettivamente consolidato.

Proprietà Report	
Asta 6	
Interventi	
Iniezioni	No
Intonaco armato	No
Diatoni o tirantini	No
Ristilatura	<b>Non armata</b>
- spessore consolidato (%)	<b>50</b>
Altri interventi	<b>Nessuno</b>

## Aedes.PCM 2025

### Volte: varie tipologie e calcolo del peso proprio

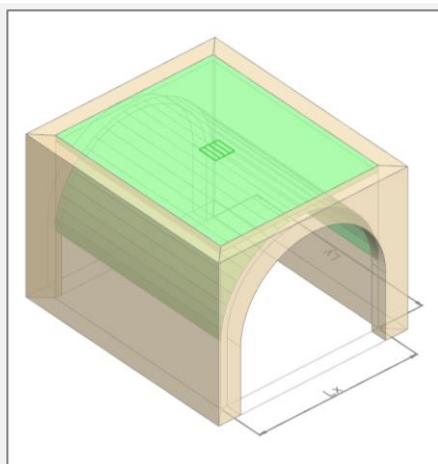
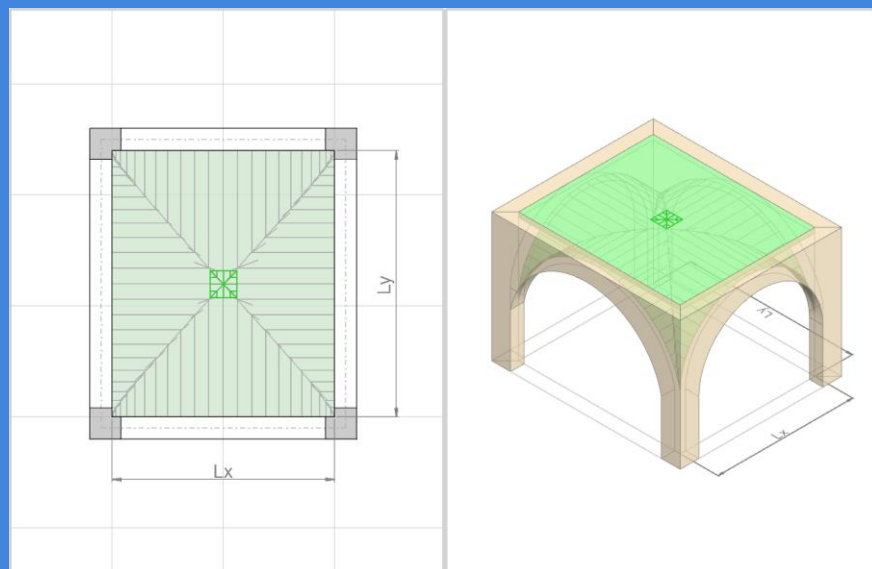
In Aedes.PCM le **volte in muratura** possono essere considerate nel modello per mezzo di solai con tipologia "volta". Questi elementi, al pari di tutti i solai, hanno la funzione di "raccolgere" carico (peso proprio e carichi superficiali) e distribuirlo agli elementi di contorno sotto forma di carichi verticali e (in presenza di spinte) orizzontali.

Le tipologie Volta a crociera, Volta a vela, Cupola e Cupola con pennacchi, richiedono il **modulo ECS** dedicato agli Elementi Costruttivi Storici e monumentali.

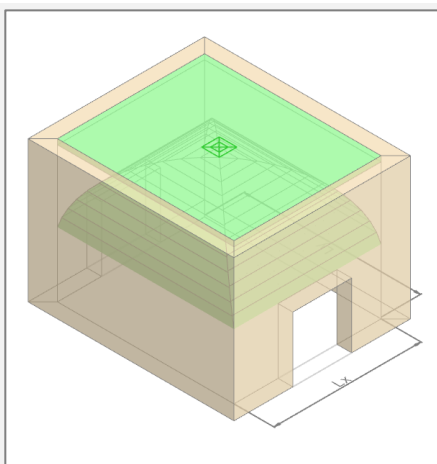
La rappresentazione 3D di solai con tipologia volta o cupola include ora la **superficie di intradosso** che permette all'utente di avere il pieno controllo sulla modellazione e sui parametri in input.

La definizione del **peso proprio** dei solai segue strade differenti a seconda della tipologia:

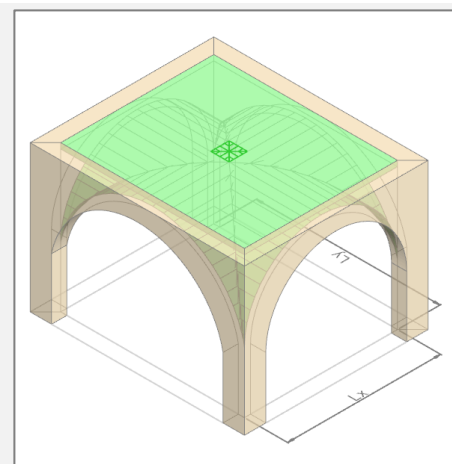
- nel caso di **solai piani e falde**, il peso proprio deve essere **specificato manualmente** dall'utente sotto forma di carico superficiale;
- nel caso di **volte e cupole**, il peso proprio è **considerato automaticamente** dal software sulla base delle proprietà in input.



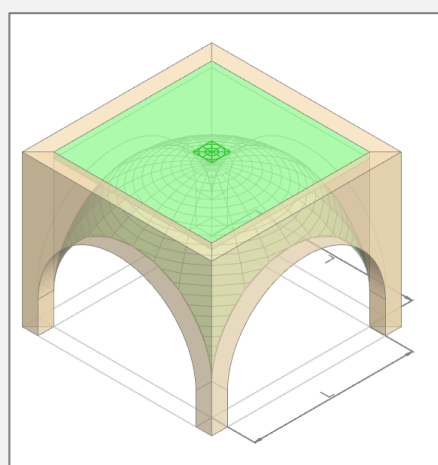
Volta a botte



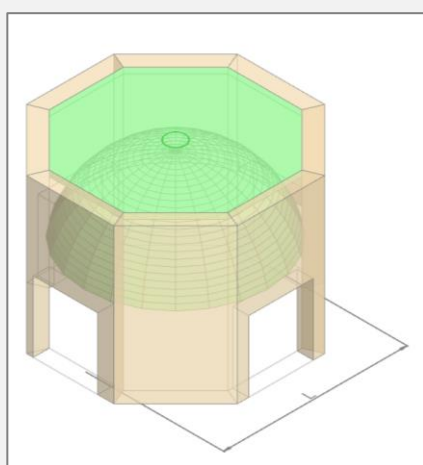
Volta a padiglione



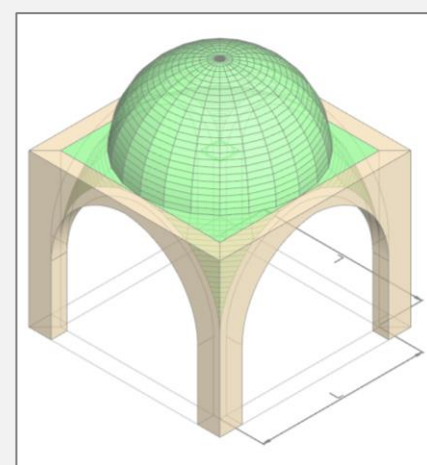
Volta a crociera



Volta a vela



Cupola

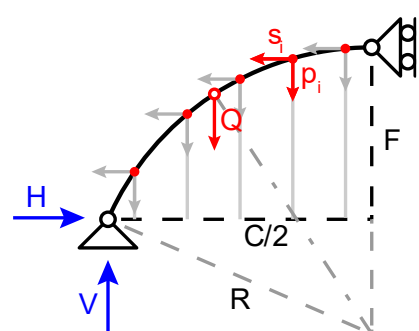
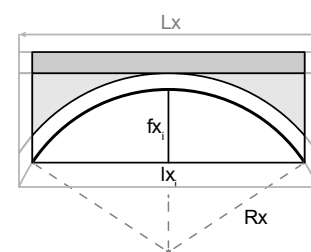
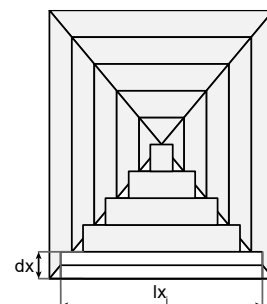


Cupola con pennacchi

Il calcolo del peso proprio e delle azioni alle imposte viene condotto per ogni tipologia di volta con dei metodi ben documentati.

Ad esempio, nel caso della **volta a crociera**, ognuna delle 4 unghie viene suddivisa in una serie di volte a botte affiancate, dette **lunette**. L'immagine illustra, in pianta, la discretizzazione di una volta a crociera in lunette (5 per unghia) e si focalizza su una delle lunette in direzione x (rappresentata in sezione longitudinale).

Per ogni lunetta, vengono calcolate le reazioni all'imposta, con un procedimento analogo a quello utilizzato per la volta a botte.



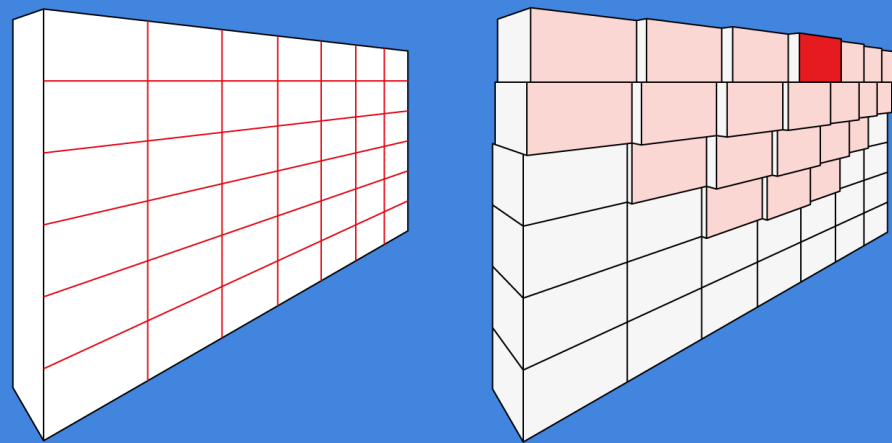
Successivamente, il calcolo del **carico verticale P** e della **spinta orizzontale S** esercitata dalla volta a crociera sui 4 vertici del perimetro viene svolto con riferimento a uno degli **archi diagonali** della volta. Si considera lo schema statico illustrato in figura, ipotizzando i seguenti vincoli: una cerniera in corrispondenza dell'imposta e un carrello scorrevole in direzione verticale in chiave. Sull'arco sono applicate le azioni alle imposte delle lunette, cioè le forze verticali ( $p_i$ ) e le spinte orizzontali ( $s_i$ ), ottenute dalla combinazione delle forze relative alle lunette in direzione x e y. Il peso proprio di eventuali costoloni è considerato come un carico concentrato (Q) agente nel punto medio dell'arco.

## Aedes.PCM 2025

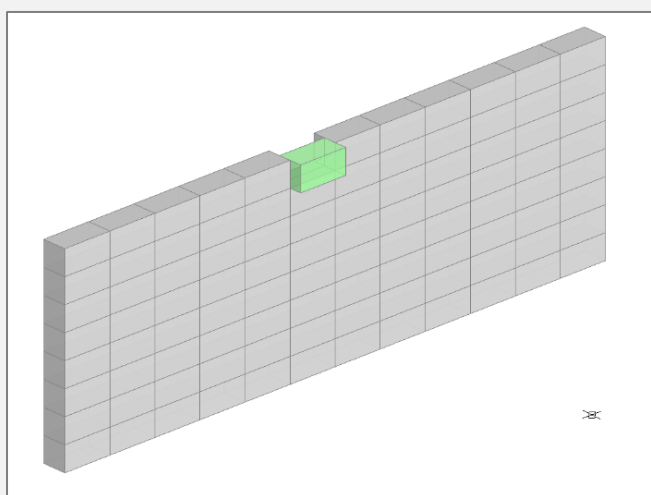
### Analisi cinematica: discretizzazione e scostamento

Aedes.PCM propone due funzioni avanzate per l'analisi cinematica dei meccanismi di collasso: la **discretizzazione** e lo **scostamento** dei corpi rigidi.

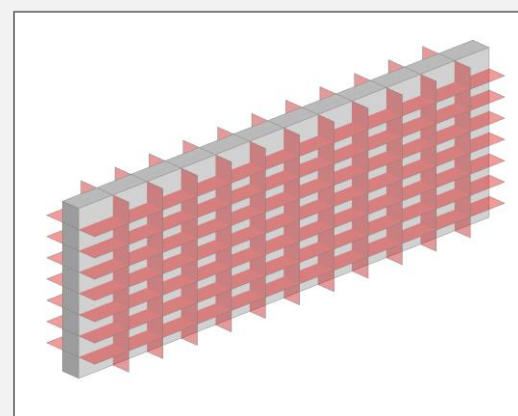
Grazie a queste funzioni è possibile definire meccanismi di collasso locale che tengano conto di un eventuale **fuoripiombo o spanciamento delle pareti**. Entrambe le funzioni richiedono il **modulo ECS**, dedicato agli Elementi Costruttivi Storici e monumentali.



La funzione di **Discretizzazione** permette di suddividere un corpo rigido, o un insieme di corpi rigidi paralleli, per mezzo di una griglia di taglio, specificando la larghezza e l'altezza dei blocchi risultanti. La discretizzazione, così come i tagli per mezzo di polilinea o piano qualsiasi, viene applicata al cinematismo corrente: negli altri cinematismi il corpo rigido rimane integro.

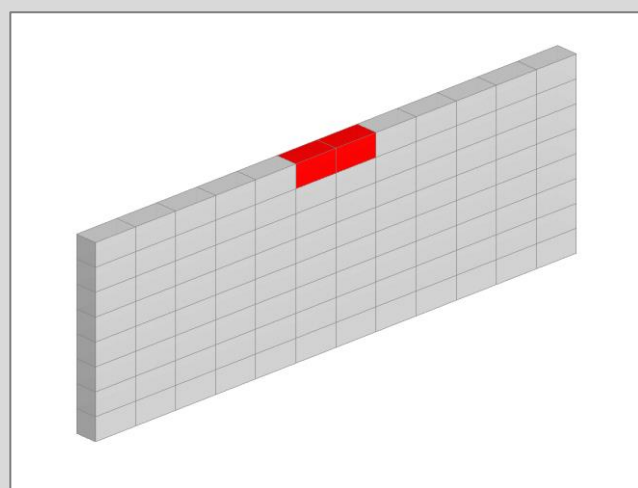


Ai blocchi risultanti dalla discretizzazione (o in generale a tutti i blocchi che derivano dal taglio di un corpo rigido) può essere applicato uno **scostamento in direzione trasversale**, cioè un offset rispetto alla posizione originaria che permetta di descrivere con maggiore precisione la reale conformazione dei corpi partecipanti al cinematismo. Per utilizzare questa funzione è sufficiente selezionare i corpi interessati e specificare l'entità dello scostamento nelle proprietà. Lo scostamento può essere positivo o negativo e viene applicato solo al cinematismo corrente. L'applicazione di uno scostamento ai corpi partecipanti al meccanismo ha ovviamente effetto sul calcolo del moltiplicatore di collasso, in quanto incide sul punto di applicazione della forza peso e delle forze inerziali.

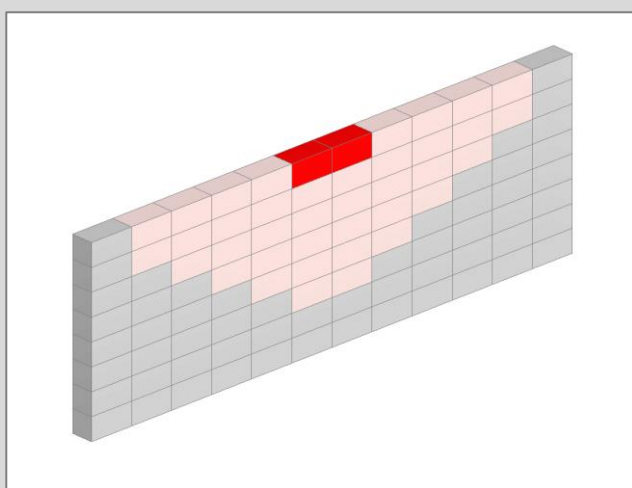


Oltre allo scostamento "manuale" dei corpi rigidi, è presente una funzione avanzata che permette di applicare rapidamente uno **scostamento continuo** ai blocchi risultanti da una discretizzazione. In questo modo sarà possibile modellare in pochi passaggi la presenza di un fuoripiombo o di uno spanciamento del corpo rigido originario.

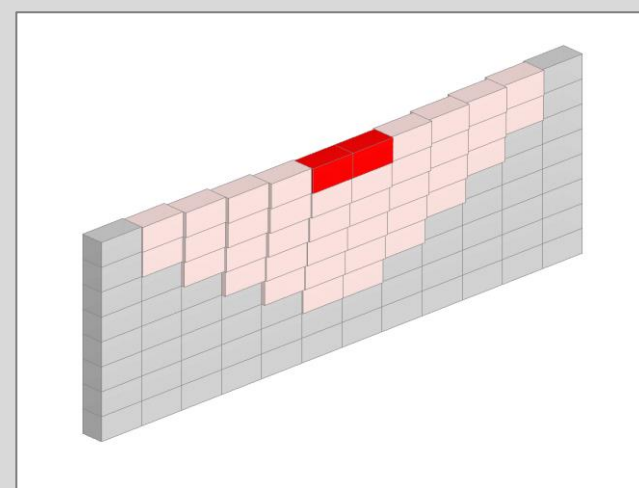
Per applicare lo scostamento continuo è necessario attivare il comando Scostamento (scheda Cinematismi, gruppo Avanzate). Appare una finestra che indica le tre operazioni da compiere per modellare lo scostamento:



Selezione dei corpi con scostamento massimo



Selezione dei corpi coinvolti nello scostamento



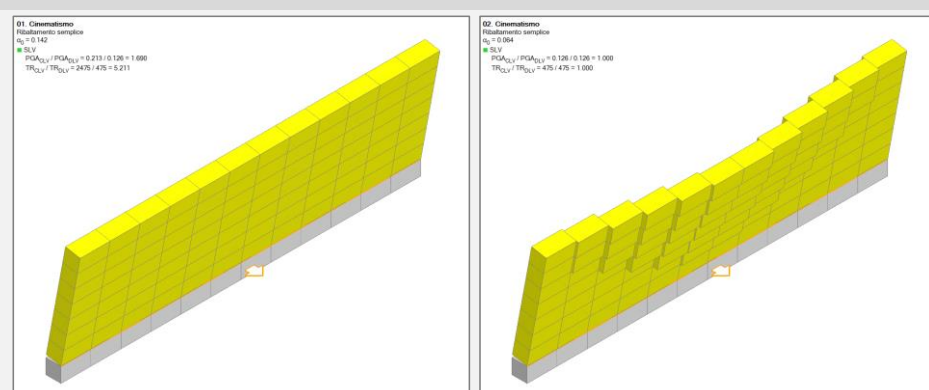
Definizione dello scostamento massimo

Si consideri un muro con le seguenti caratteristiche: altezza 8.0 m, lunghezza 24.0 m, spessore 1.0 m, peso specifico 19.00 kN/m<sup>3</sup>.

Le immagini mettono a confronto il meccanismo di ribaltamento semplice considerando due configurazioni :

- configurazione originaria, senza scostamento;
- configurazione deformata, con scostamento massimo pari a 1.2 m.

Nella configurazione deformata si ottiene un moltiplicatore di collasso pari a 0.064, che risulta inferiore al moltiplicatore nella configurazione originaria pari a 0.142. Questo conferma l'incidenza dello scostamento continuo sui risultati dell'analisi cinematica.



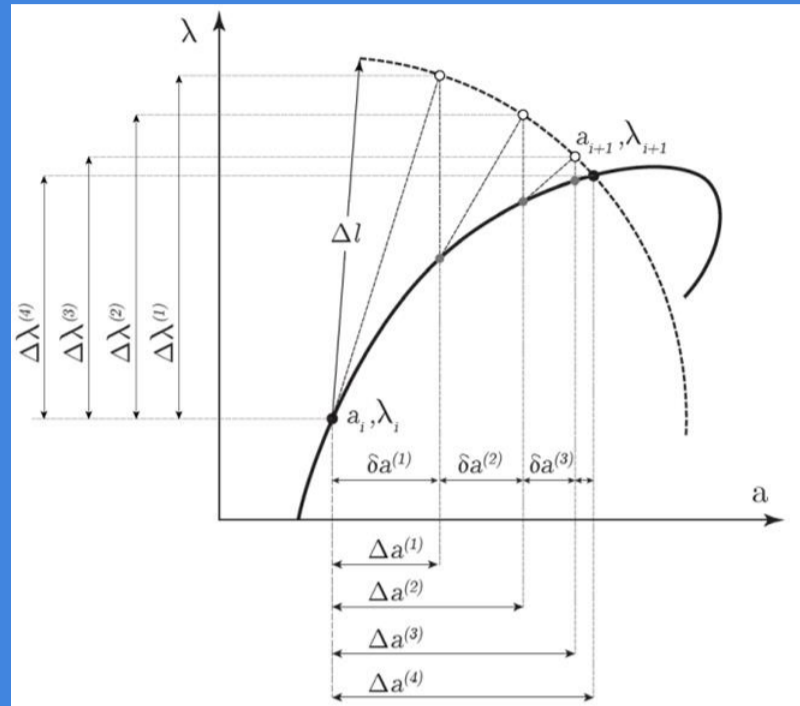
# Aedes versioni 2024

## Aedes.PCM 2024

### Analisi Pushover: metodo Incrementale-Iterativo

Aedes.PCM 2024 introduce un nuovo metodo risolutivo per l'Analisi Pushover: il **metodo Incrementale-Iterativo**, che si affianca al già esistente metodo Incrementale. Questo nuovo metodo, basato sulla combinazione di **incrementi di forza e iterazioni in controllo di spostamento**, costituisce una soluzione avanzata per valutare con maggiore efficienza e precisione la risposta sismica degli edifici.

Nel nuovo metodo Incrementale-Iterativo, ogni passo dell'analisi consiste in un incremento di carico esterno seguito da successive iterazioni per ristabilire l'equilibrio tra il carico esterno e le forze interne (sollecitazioni nelle aste). Le iterazioni adeguano l'incremento di taglio tenendo costante lo spostamento del punto di controllo. Per questa loro caratteristica si parla di iterazioni a spostamento costante o iterazioni in controllo di spostamento (Displacement control). Il metodo **Displacement control** può essere considerato come una semplificazione del metodo Arc-Length, che a sua volta è un'estensione del metodo Newton-Raphson.



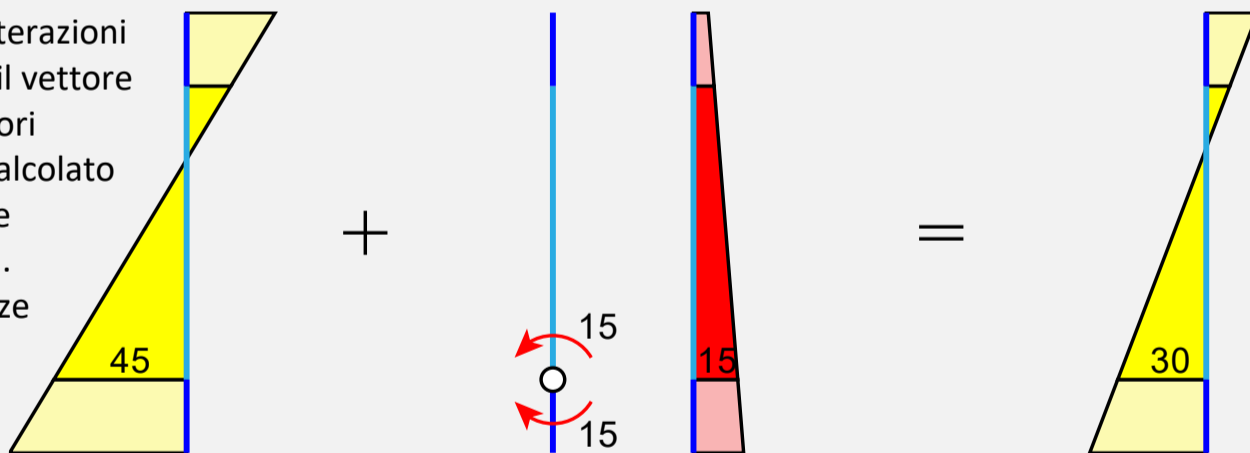
Nell'implementazione del metodo Incrementale-Iterativo le **iterazioni** hanno l'obiettivo di ristabilire l'equilibrio tra forze esterne e sollecitazioni negli elementi strutturali. In altre parole, per ogni sezione di verifica le iterazioni fanno in modo che la sollecitazione non superi la resistenza.

In Aedes.PCM le iterazioni vengono attivate per i seguenti elementi:

- maschi murari in cui la sollecitazione flettente o tagliante risulti superiore alla resistenza;
- tutti gli elementi in cui si verifica un collasso strutturale, per i quali la resistenza a momento flettente o taglio deve essere annullata o ridotta (ad esempio, raggiungimento della deformazione ultima in un elemento murario o in c.a., oppure crisi fragile per pressoflessione ortogonale nei maschi murari o taglio negli elementi in c.a.).

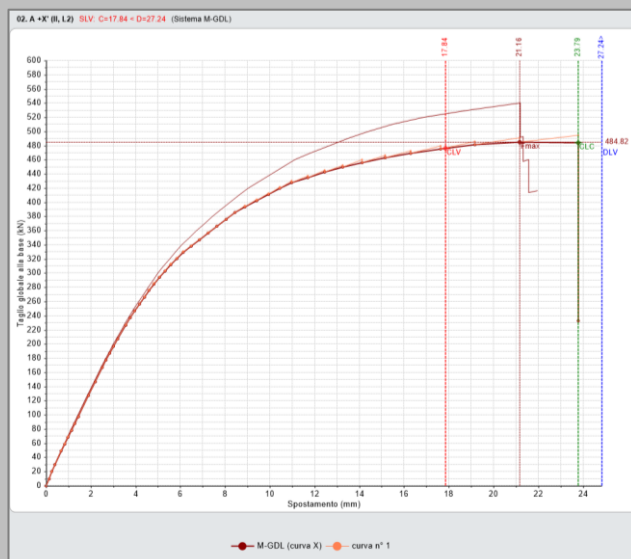
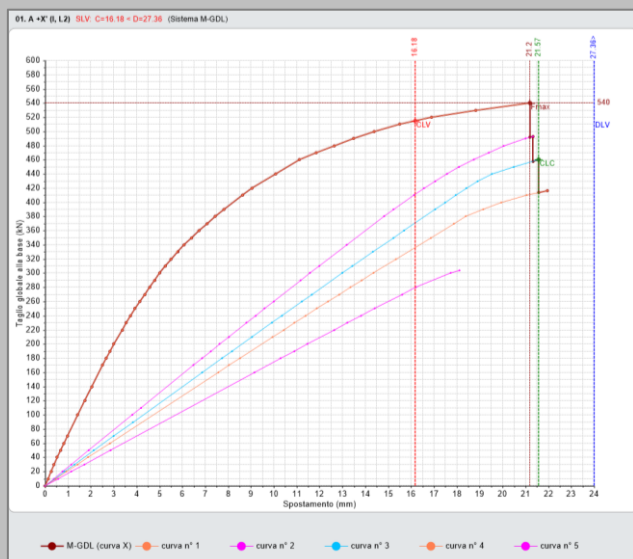
Un elemento cruciale nello svolgimento delle iterazioni è la valutazione del **vettore residuo (R)**, cioè il vettore delle forze nodali corrispondente alle azioni fuori equilibrio. In Aedes.PCM, il vettore residuo è calcolato tenendo conto per ogni sezione di verifica delle sollecitazioni in eccesso rispetto alla resistenza.

Ad esempio, se in seguito all'incremento di forze esterne, il momento flettente nella sezione di base di un maschio murario supera il momento resistente, l'azione residua è



rappresentata da momenti concentrati pari alla differenza tra momento sollecitante e momento resistente. Invece, se il maschio murario raggiunge la deformazione ultima, la sua resistenza flettente si annulla, pertanto, l'azione residua è rappresentata da momenti concentrati di entità pari proprio al momento sollecitante.

A seguire un confronto tra le curve pushover elaborate con il metodo Incrementale (a sinistra) e Incrementale-Iterativo (a destra).



Nella curva con **metodo Incrementale** sono evidenti le curve secondarie (sottocurve) elaborate per poter registrare le cadute di taglio globale in corrispondenza dei collassi di alcuni elementi strutturali.

Nella curva con **metodo Incrementale-Iterativo** sono invece rappresentati ad ogni passo i punti fittizi relativi allo stato della struttura prima delle iterazioni, cioè subito dopo l'incremento di taglio.

Il nuovo metodo Incrementale-Iterativo si contraddistingue per una notevole **efficienza computazionale**, con una riduzione dei tempi di elaborazione che in alcuni casi può raggiungere anche il 70%.

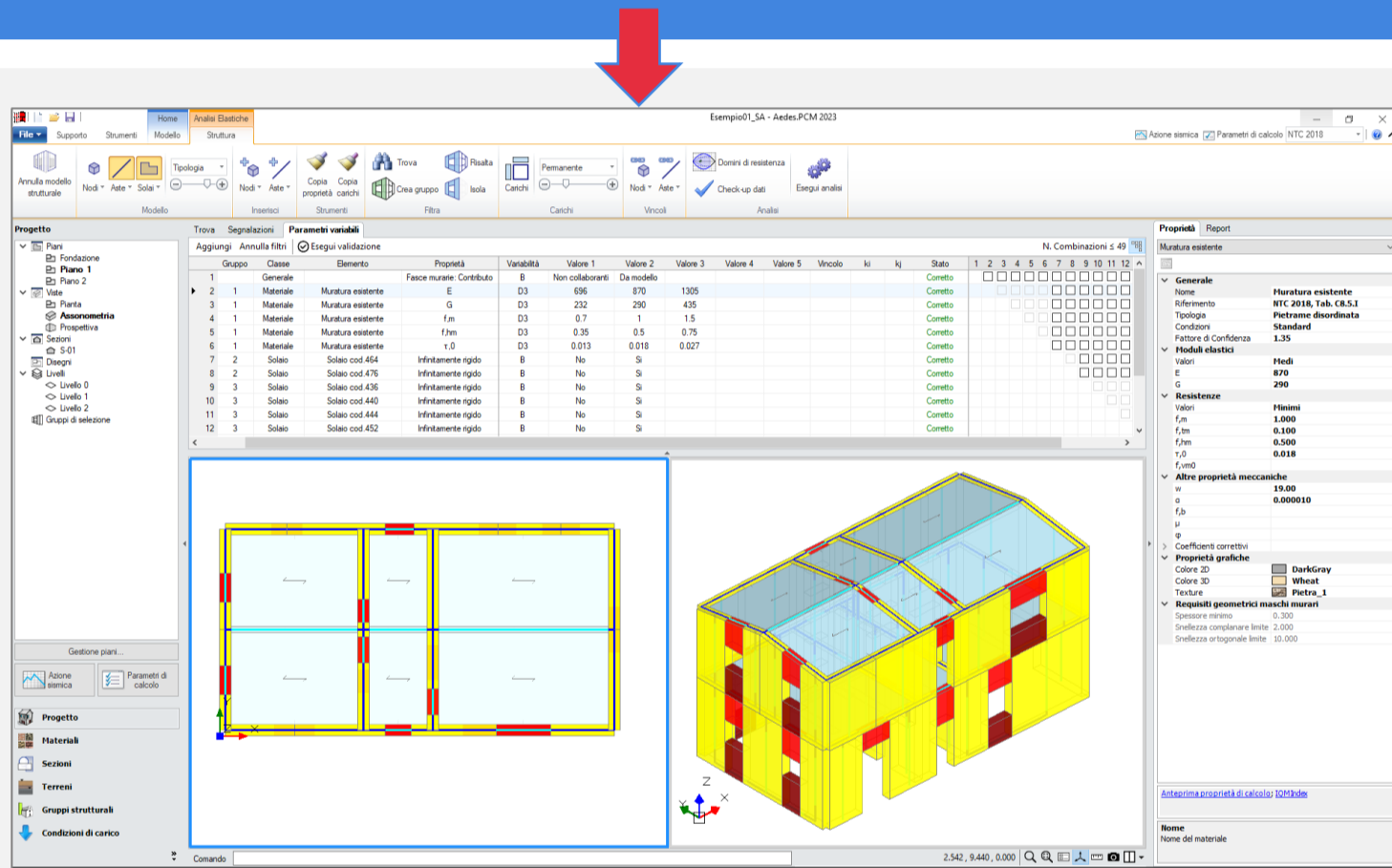
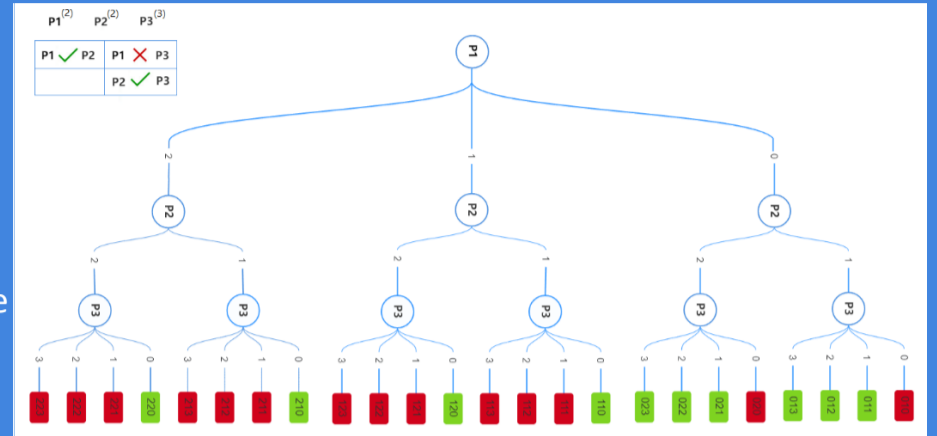
# Aedes versioni 2023

## Aedes.PCM 2023

### Analisi Parametrica: ottimizzazione del progetto

La valutazione della sicurezza di edifici esistenti è in genere affetta da innumerevoli **incertezze** che riguardano la modellazione strutturale: caratteristiche meccaniche dei materiali, definizione del telaio equivalente, comportamento delle fasce murarie, distribuzione del carico dei solai ecc. Alcune incertezze legate alle caratteristiche dei materiali sono tenute in conto per mezzo di fattori di confidenza, ma in generale solo l'esecuzione di molteplici analisi strutturali può fornire indicazioni circa l'impatto di un determinato parametro e guidare verso una scelta progettuale consapevole.

**Aedes.PCM 2023** introduce l'**Analisi Parametrica**, cioè l'elaborazione automatica di una serie di analisi modali e pushover considerando la variazione di alcuni parametri definiti dall'utente. L'Analisi Parametrica costituisce uno strumento utilissimo per la definizione della modellazione strutturale e permette di valutare rapidamente l'effetto di diverse **tecniche di intervento**.

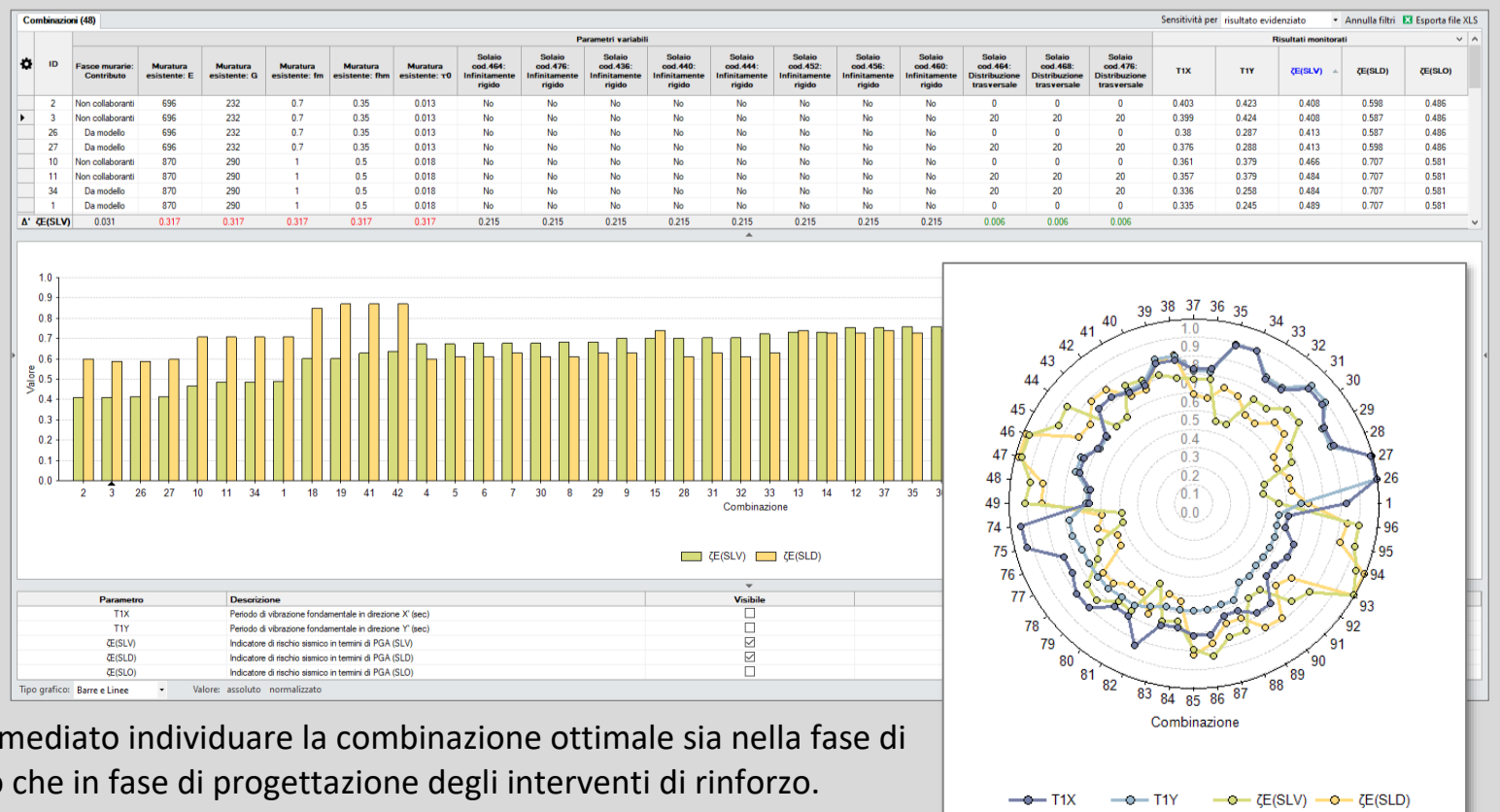


Un'apposita scheda permette di definire i **parametri variabili** corrispondenti a determinate proprietà di materiali, aste, nodi, solai o altre opzioni generali. Per ogni parametro è necessario specificare l'elenco dei possibili valori o un intervallo di variabilità. È possibile specificare vincoli numerici tra più parametri o raggrupparli per farli variare in modo omogeneo. Attraverso una matrice di esclusione è inoltre possibile impedire la variabilità contemporanea di due parametri, ad esempio per evitare la concomitanza di due diverse tecniche di intervento.

Aedes.PCM elabora automaticamente tutte le **combinazioni** possibili dei parametri considerati. Al lancio dell'Analisi Parametrica, per ogni combinazione vengono eseguite le analisi Modale e Pushover e si memorizzano alcuni **risultati significativi**: i periodi di vibrazione fondamentale e gli indicatori di rischio sismico  $\zeta_E$  per i vari stati limite considerati.

Al termine dell'Analisi è possibile consultare la **lista di tutte le combinazioni elaborate** con i relativi valori dei parametri variabili e dei risultati monitorati. Sono inoltre riportati i **parametri di sensitività**, misura di quanto un parametro variabile influisca sulla risposta della struttura. La variazione dei risultati monitorati è rappresentata in un **grafico** che può assumere la forma di barre e linee, barre 3D o radar.

Grazie a questi strumenti è immediato individuare la combinazione ottimale sia nella fase di valutazione dello stato di fatto che in fase di progettazione degli interventi di rinforzo.



# Aedes versioni 2023

## Aedes.PCM 2023

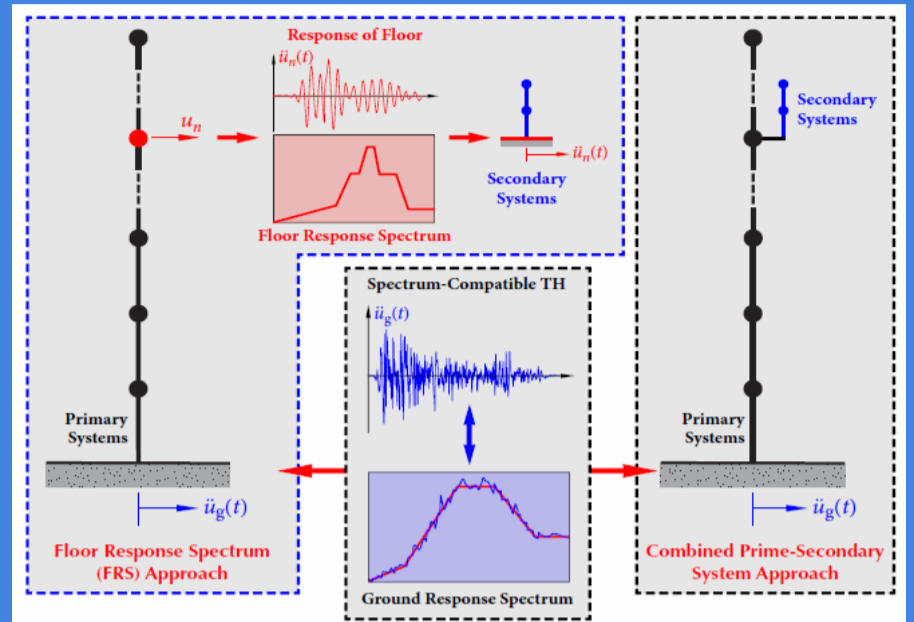
### Spettri di piano: definizione e analisi sismiche lineari

Le NTC 2018 distinguono gli **elementi costruttivi non strutturali** in due gruppi:

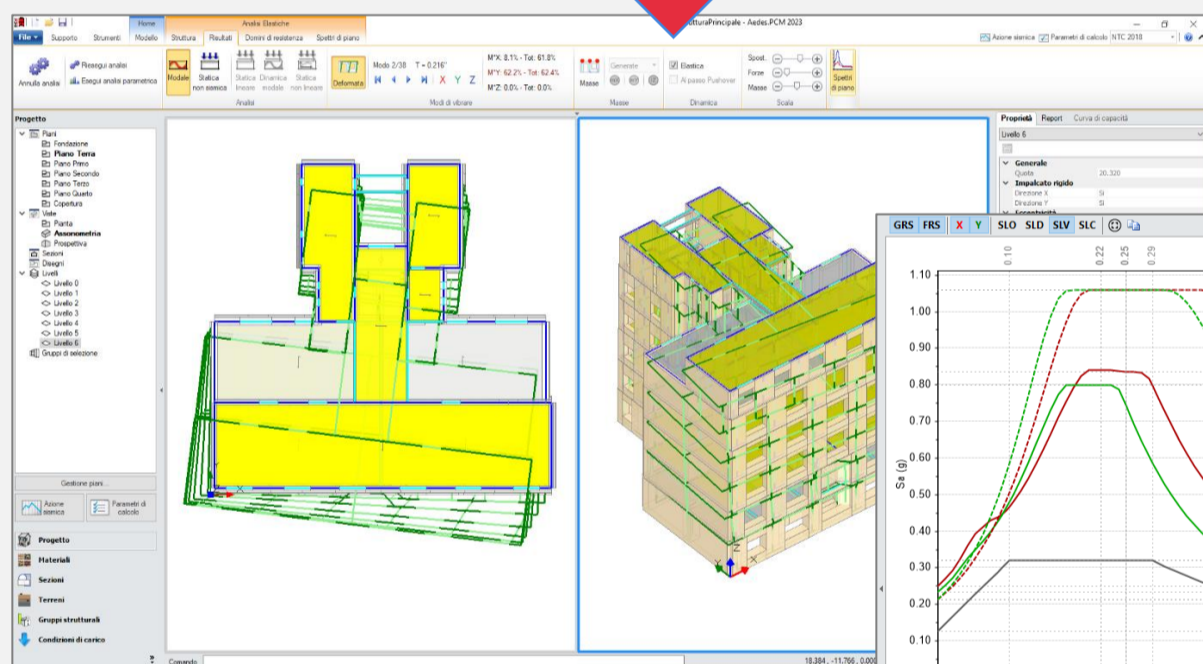
1. elementi con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale;
2. elementi che influenzano la risposta strutturale solo attraverso la loro massa.

Nel primo caso, l'analisi sismica può essere condotta inglobando gli elementi non strutturali nel modello della struttura principale (Combined Prime-Secondary System Approach).

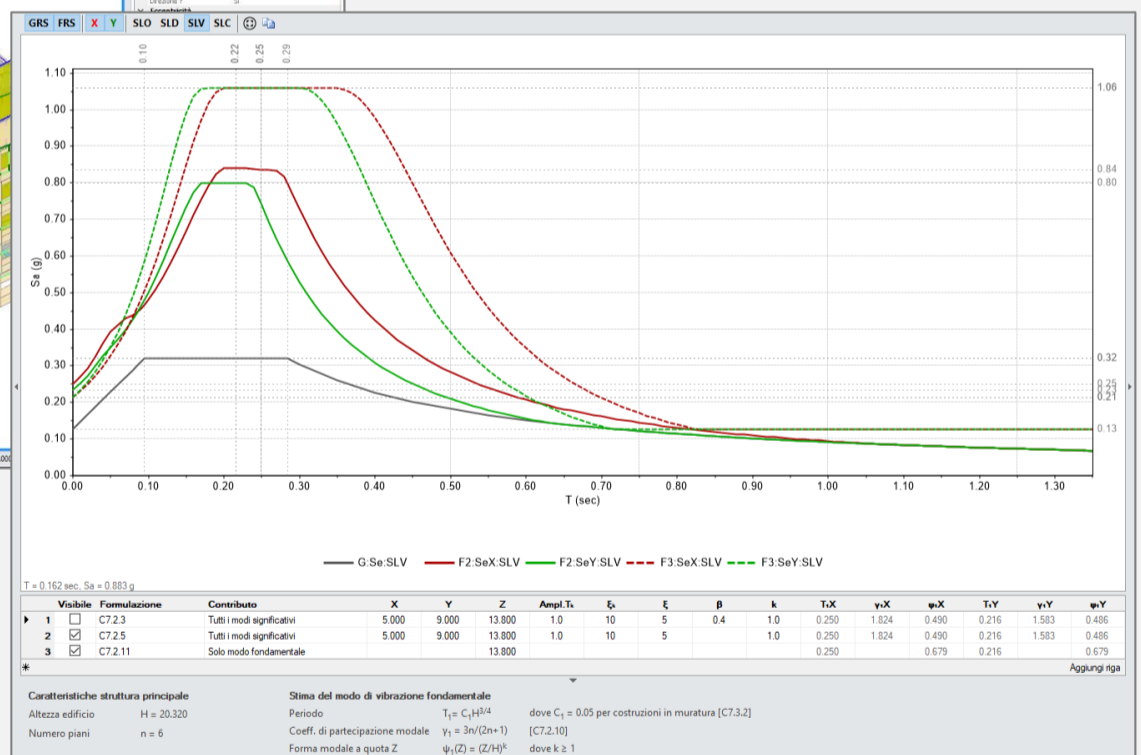
Per gli elementi del secondo gruppo, invece, l'analisi può essere disaccoppiata da quella della struttura principale. In questo caso l'input sismico può essere valutato per mezzo degli **spettri di piano** (Floor Response Spectrum Approach).



Gli spettri di piano rappresentano un modello per la valutazione dell'azione sismica in un predeterminato punto della struttura principale. Aedes.PCM 2023 consente di elaborare gli spettri di piano secondo le tre formulazioni fornite dalla Circolare applicativa delle NTC 2018 (§C7.2.3).



Una volta eseguita l'analisi modale della struttura principale, una finestra dedicata permette di elaborare svariati spettri di piano in funzione di posizione, formulazione e contributo modale.



Un grafico permette di confrontare gli spettri al suolo con i vari spettri di piano elaborati, per ogni stato limite e per le direzioni sismiche X' e Y'.

Inoltre, un apposito comando permette di esportare tutti gli spettri elaborati in formato tabulare su file XLS.

Stato Limite (S3.2.1)

Stato Limite	T <sub>R</sub>	P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>
SLO	30	0.044	1.000
SLD	50	0.054	1.000
SLV	475	0.126	1.000
SLC	975	0.164	1.000

Spettri di risposta al suolo

Stato Limite	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	S.S	S	F <sub>o</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	a <sub>g</sub>	S	F <sub>v</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
SLO	30	0.044	1.000	1.000	2.549	0.080	0.240	1.776	0.044	1.000	0.722	0.050	0.150	1.000
SLD	50	0.054	1.000	1.000	2.560	0.085	0.254	1.816	0.054	1.000	0.803	0.050	0.150	1.000
SLV	475	0.126	1.000	1.000	2.527	0.095	0.285	2.104	0.126	1.000	1.211	0.050	0.150	1.000
SLC	975	0.164	1.000	1.000	2.472	0.095	0.285	2.256	0.164	1.000	1.351	0.050	0.150	1.000

Spettri di risposta di piano

Altezza della struttura principale rispetto al piano di fondazione: H = 20.320

Baricentro di imposta della struttura secondaria nel riferimento della struttura principale: X,Y,Z = 5.000, 9.000, 13.800

Fattore di amplificazione dei periodi propri della struttura principale: a(T<sub>p</sub>) = 1.00

Smorzamento viscoso equivalente della struttura principale:  $\xi_c$  = 10 %

Coeff. di accoppiamento tra i modi di vibrare della struttura principale e secondaria:  $\beta$

Coeff. per la stima della forma modale fondamentale a quota Z come  $\psi_k(Z) = (Z/H)^k$ : k = 1.0

Periodo fondamentale della struttura principale: T<sub>1X</sub> = 0.250, T<sub>1Y</sub> = 0.216

Coefficiente di partecipazione del modo fondamentale:  $\psi_{1X}$  = 1.824,  $\psi_{1Y}$  = 1.583

Forma modale fondamentale a quota Z:  $\psi_{1X}$  = 0.490,  $\psi_{1Y}$  = 0.486

Si consideri una piccola struttura, come una pergola, un gazebo o una tettoia in legno o in acciaio, realizzata sulla copertura di un edificio.

Aedes.PCM 2023 consente di modellare questa struttura secondaria su un file separato e di condurre **analisi sismiche lineari** adottando come input sismico opportuni spettri di piano.

In questo caso, gli spettri di piano devono essere definiti direttamente nel file della struttura secondaria accedendo alla finestra "Azione sismica". Nella caratterizzazione degli spettri è possibile ricondursi all'analisi modale svolta sulla struttura principale specificando in input il file corrispondente.

In alternativa è comunque possibile definire gli spettri di piano sulla base di una stima dei modi di vibrare fondamentali.

# Aedes versioni 2023

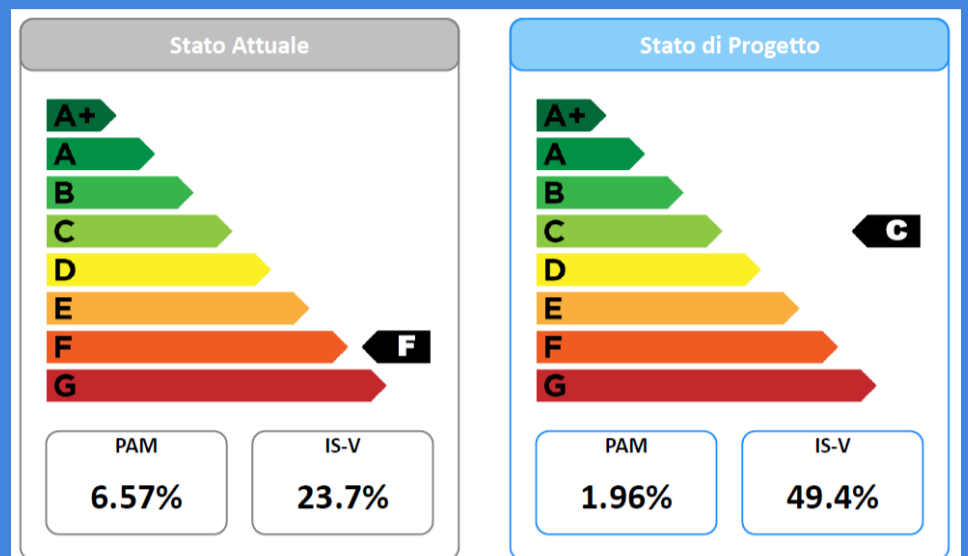
## Aedes.PCM 2023

### Classificazione sismica: report e grafici

La classificazione sismica di una costruzione consiste nell'assegnazione di una **Classe di Rischio** da A+ a G.

Per determinare la classe di rischio si fa riferimento a due parametri:

- la **Perdita Annuale Media (PAM)**, cioè il costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione;
- l'**Indice di Sicurezza (IS-V)** definito come rapporto tra capacità e domanda in termini di PGA allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

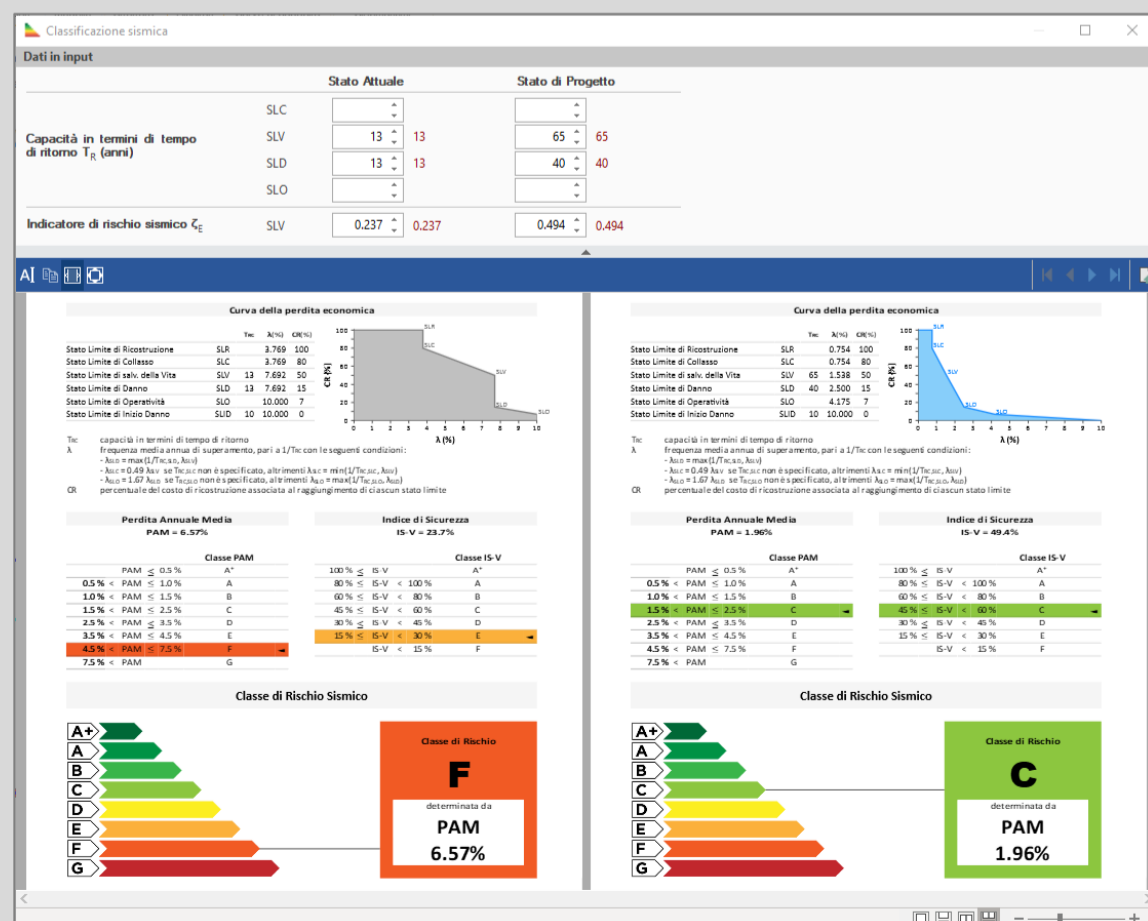
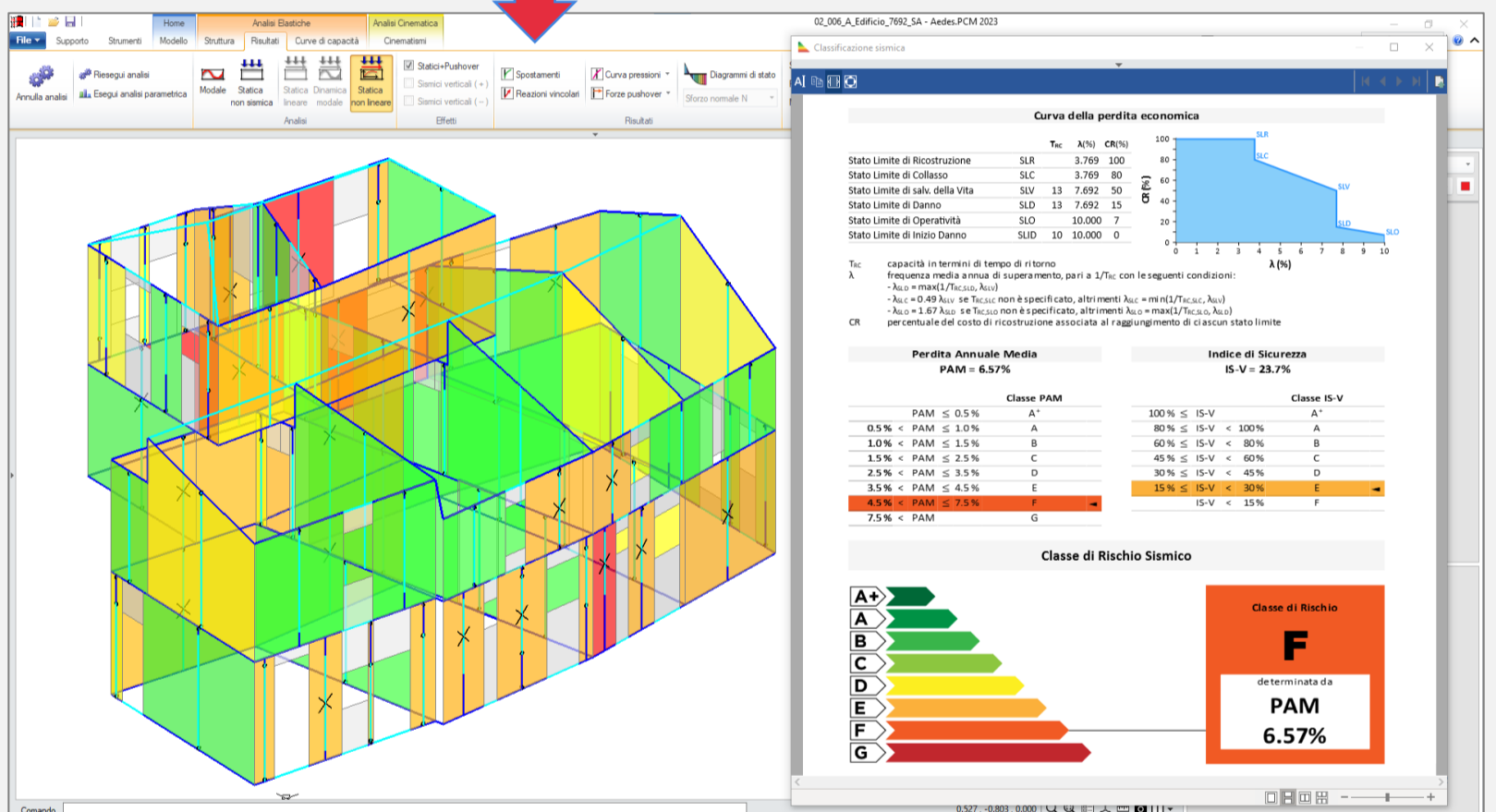


Aedes.PCM 2023 consente di determinare la Classe di Rischio di un edificio secondo il metodo convenzionale cioè sulla base delle usali verifiche di sicurezza previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Una volta completata la valutazione della sicurezza dell'edificio è possibile generare un report che fornisce la Classe di Rischio.

Il report include la curva della perdita economica da cui si ricava il parametro PAM, la classe PAM e la classe IS-V.

Il calcolo si basa sulla capacità in termini di tempo di ritorno per i vari stati limite considerati e sull'indicatore di rischio sismico  $\zeta_E$  per SLV.



I valori in input vengono impostati sulla base delle verifiche svolte, ma possono essere modificati liberamente per tenere ad esempio conto di altre verifiche svolte separatamente.

Qualora la valutazione della sicurezza sia relativa allo Stato di Progetto di un intervento di miglioramento, il report della Classificazione Sismica si compone di più pagine:

- la determinazione della Classe di Rischio dello Stato Attuale;
- la determinazione della Classe di Rischio dello Stato di Progetto;
- il confronto tra le curve di perdita economica e tra le classi di Rischio allo stato attuale e allo stato di progetto.

Il report della Classificazione sismica può essere consultato su schermo e salvato su file PDF.

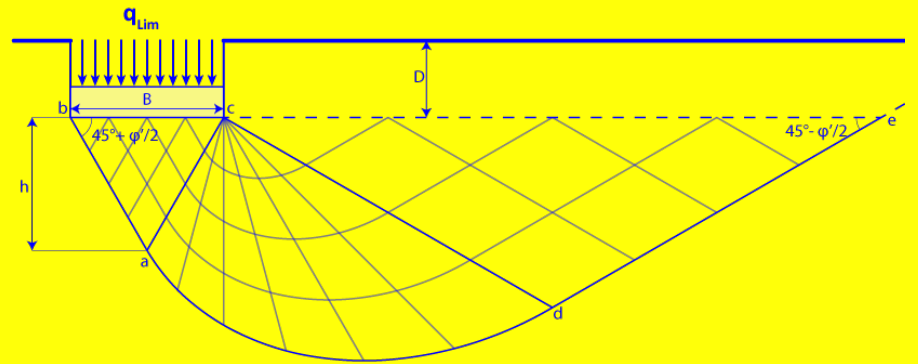


# Aedes versioni 2022

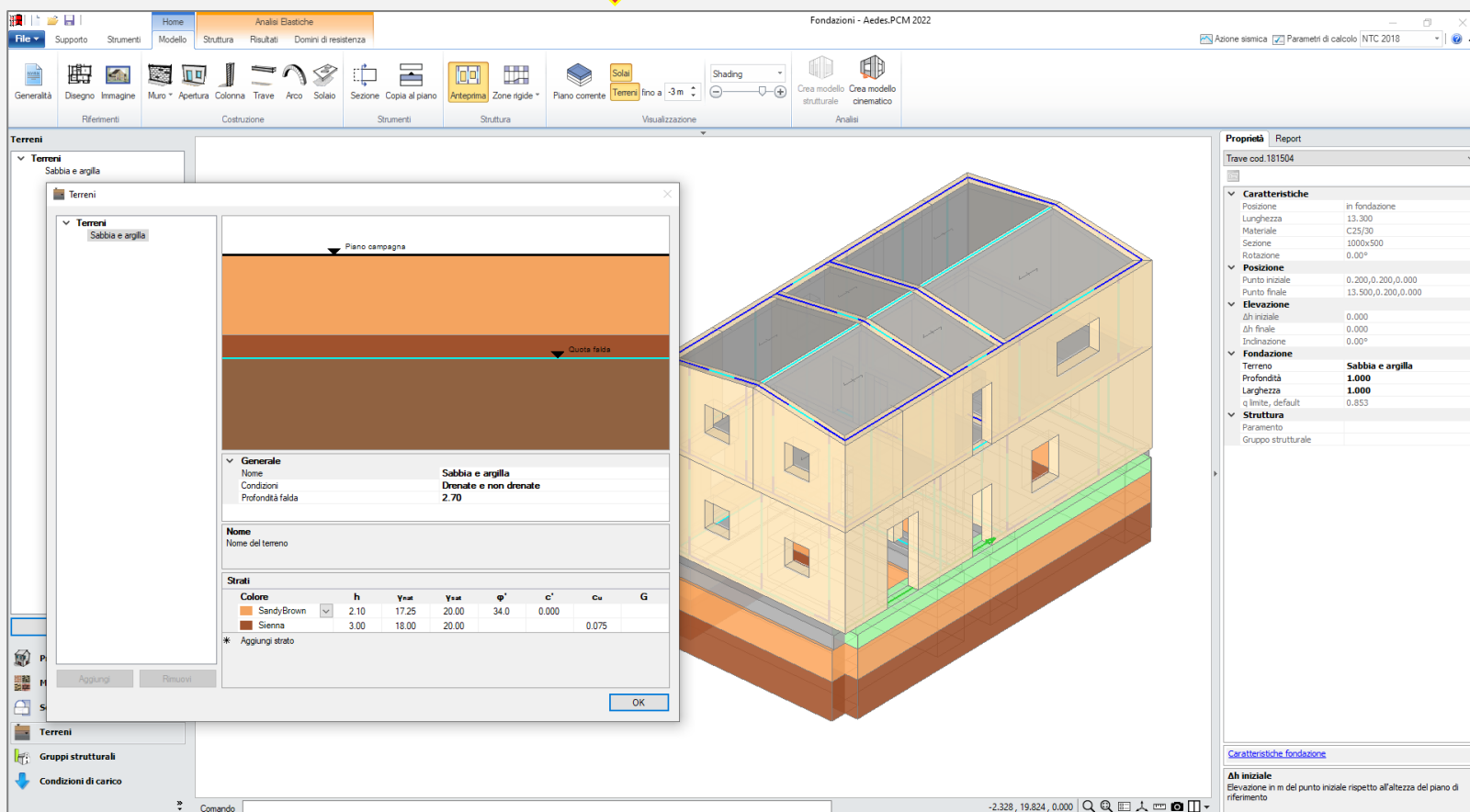
## Aedes.PCM 2022

### Analisi della capacità portante del terreno

Nella verifica allo stato limite di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno, o **verifica di capacità portante del terreno**, l'effetto dell'azione di progetto sono le tensioni sul terreno normali al piano di posa. La resistenza di progetto è funzione delle caratteristiche di resistenza del terreno, delle condizioni di drenaggio (condizioni drenate o non drenate), della presenza della falda idrica, di fattori geometrici come profondità del piano di posa e dimensioni della fondazione, delle caratteristiche dell'azione di progetto (inclinazione ed eccentricità del carico), del meccanismo di raggiungimento della condizione ultima (rottura generale, locale o punzonamento).

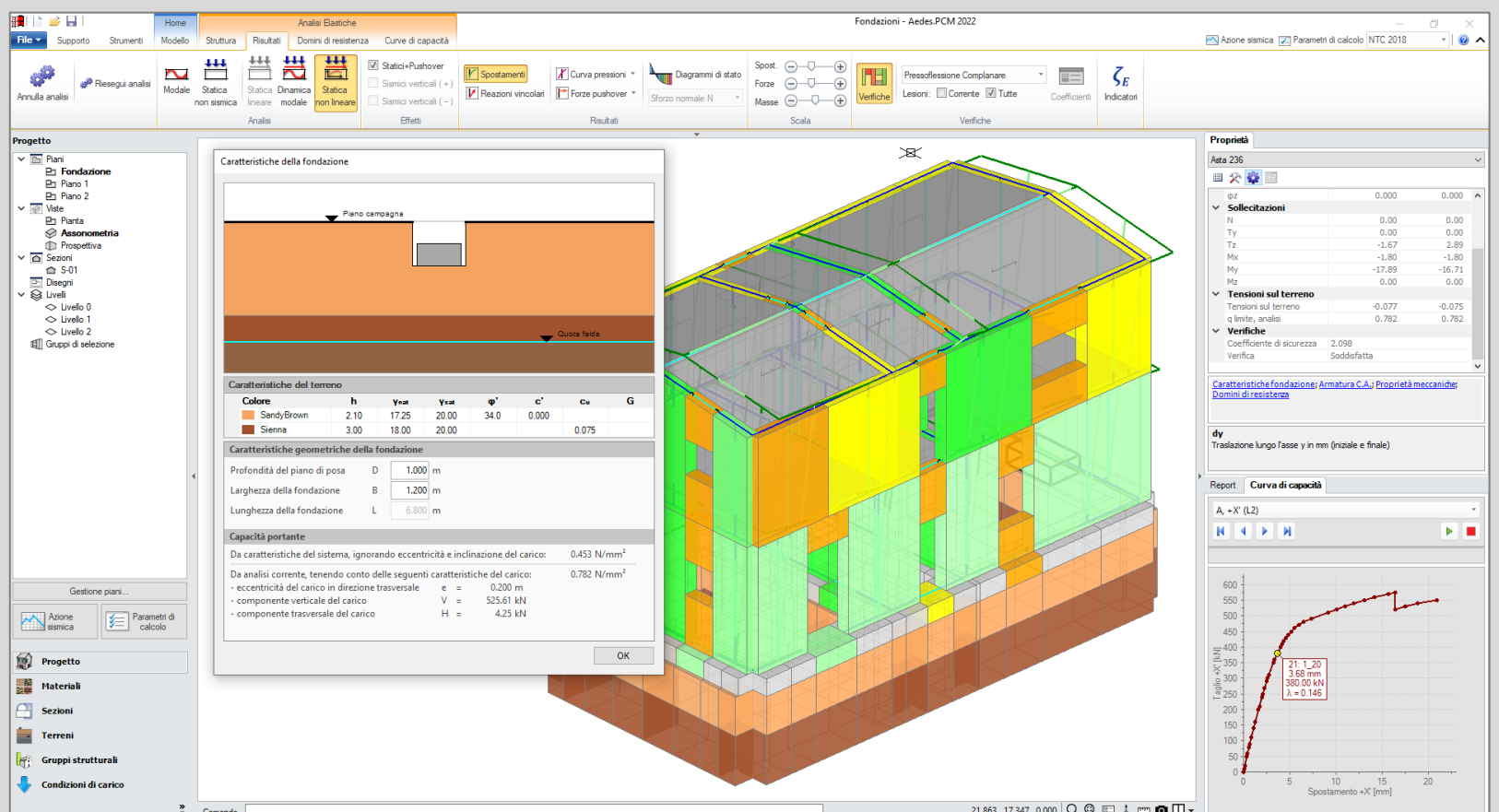


**Aedes.PCM 2022** introduce il **calcolo automatizzato della capacità portante del terreno**, tenendo conto di tutti questi aspetti.



Con apposite proprietà si definiscono le caratteristiche del terreno o dei terreni su cui è fondato l'edificio: condizioni di drenaggio, caratteristiche di resistenza di ogni suo strato, profondità della falda idrica. Dopo di che, nelle proprietà delle travi di fondazione è possibile specificare le caratteristiche geometriche della fondazione: larghezza, profondità del piano di posa.

Già in fase di modellazione viene fornito un valore della **capacità portante** che tiene conto dei parametri di resistenza del terreno e delle caratteristiche geometriche della fondazione. Nel corso delle analisi, la capacità portante viene ricalcolata per tenere conto anche delle **caratteristiche dell'azione di progetto: eccentricità e inclinazione del carico.**



# Aedes versioni 2022

## Aedes.PCM 2022

### Interoperabilità BIM attraverso i file IFC

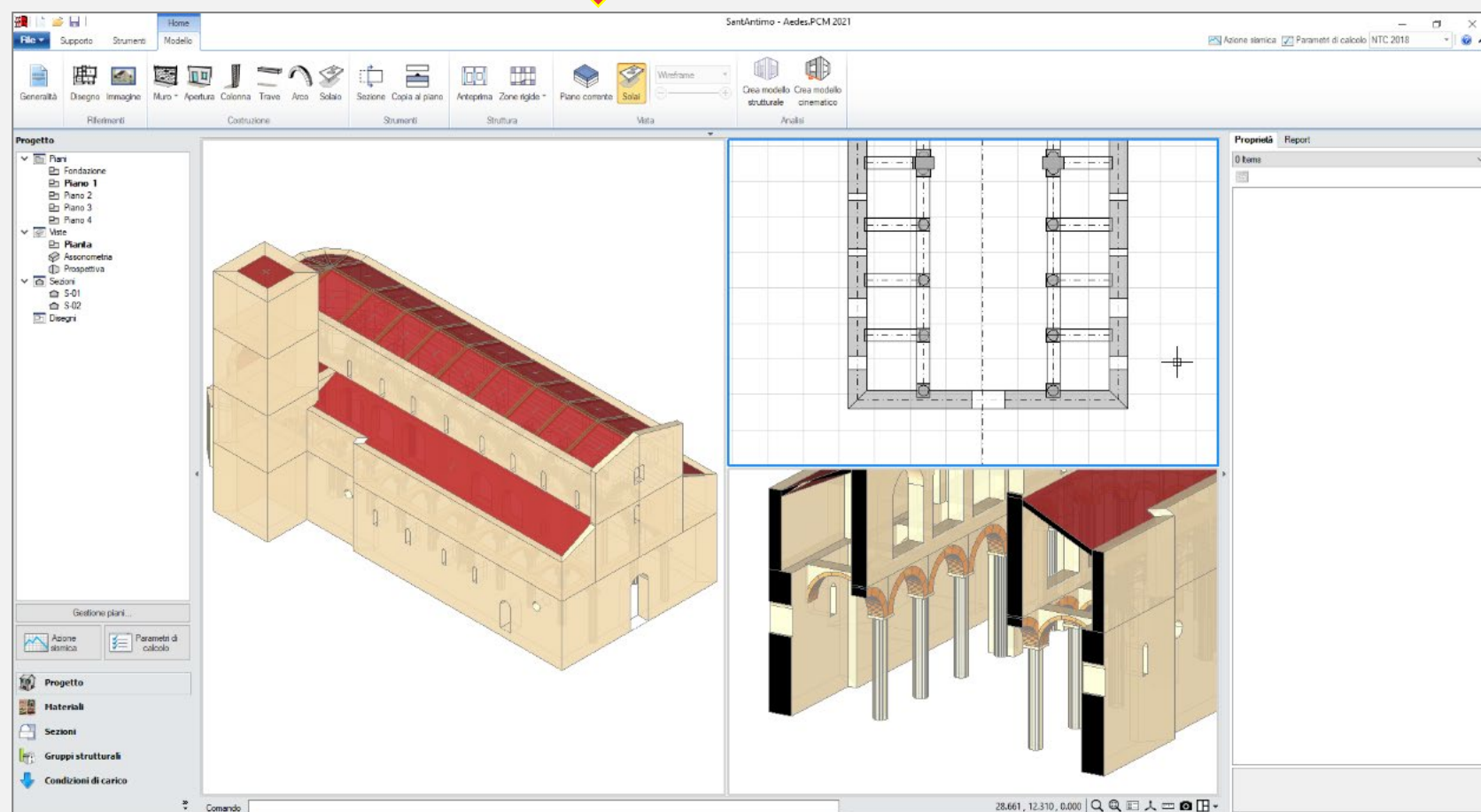
IFC o "Industry Foundation Class" è un modello di dati standardizzato dell'ambiente costruito, sviluppato da BuildingSmart ([www.buildingsmart.org](http://www.buildingsmart.org)), organizzazione internazionale con lo scopo di migliorare lo scambio di dati e l'interoperabilità tra i software coinvolti nell'industria delle costruzioni.

Lo standard IFC è il formato di collaborazione comunemente usato nei **progetti basati sul BIM** (Building Information Modeling).

Aedes.PCM 2022 permette di **importare o esportare file IFC**. In particolare, vengono scambiate le informazioni relative al modello architettonico, cioè il modello composto dagli elementi costruttivi: muri, aperture, colonne, travi e solai.

Il comando "Esporta modello IFC" in [Menu File > Esporta] permette di esportare il modello architettonico in un file IFC (schema IFC2x3, formato SPF, estensione .ifc).

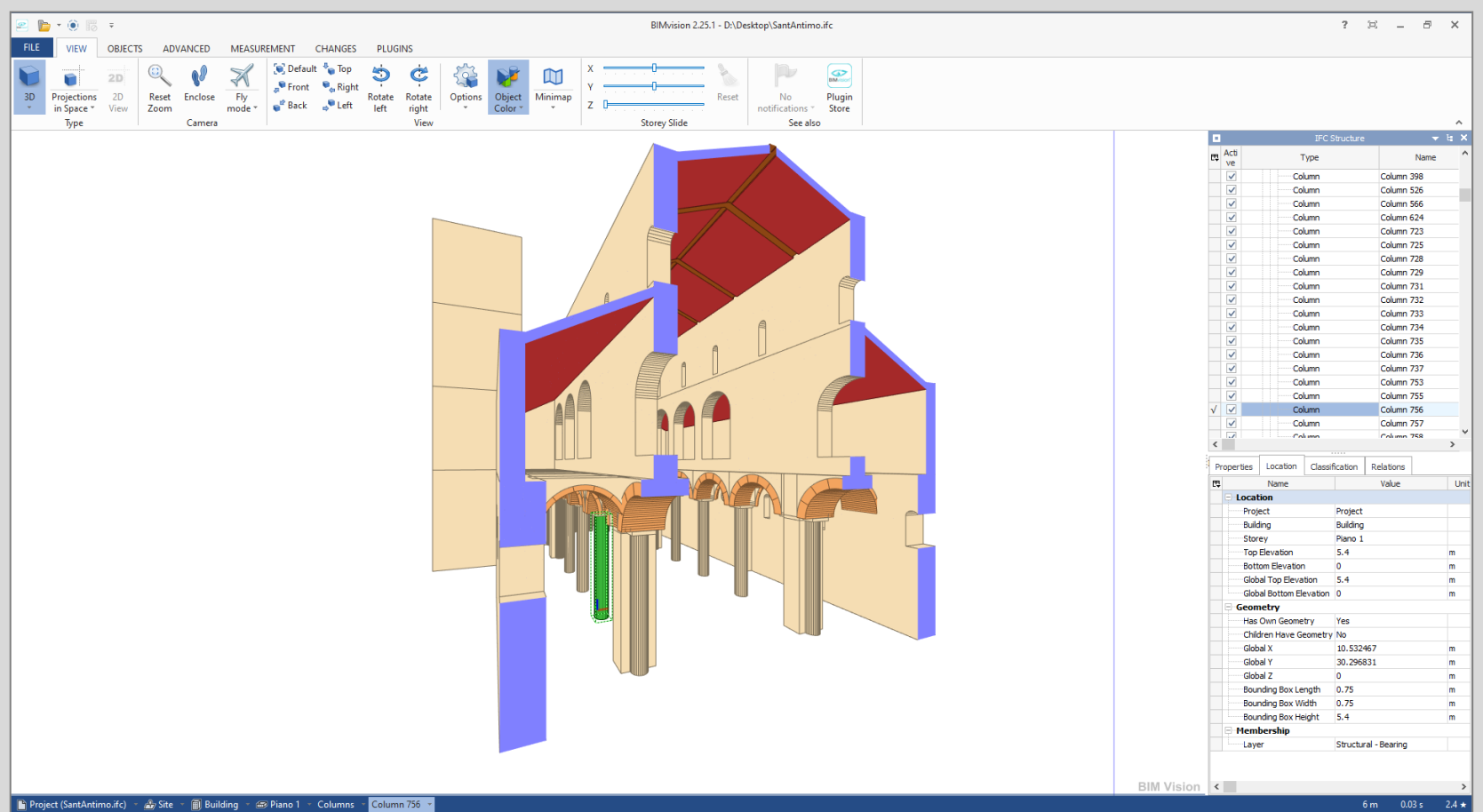
Una volta esportato il modello in file IFC, questo può essere aperto con uno dei tanti visualizzatori IFC presenti sul mercato (molti dei quali gratuiti).



Nelle illustrazioni: il modello dell'Abbazia di Sant'Antimo (Montalcino, Siena), realizzato con Aedes.PCM allo scopo di svolgere l'analisi cinematica dei meccanismi di collasso locale

Il modello esportato su file IFC ed aperto in BIMvision, un visualizzatore di file IFC gratuito. Il modello include anche elementi dalla geometria più complessa come i pilastri cruciformi e gli archi a tutto sesto.

[www.bimvision.eu](http://www.bimvision.eu)

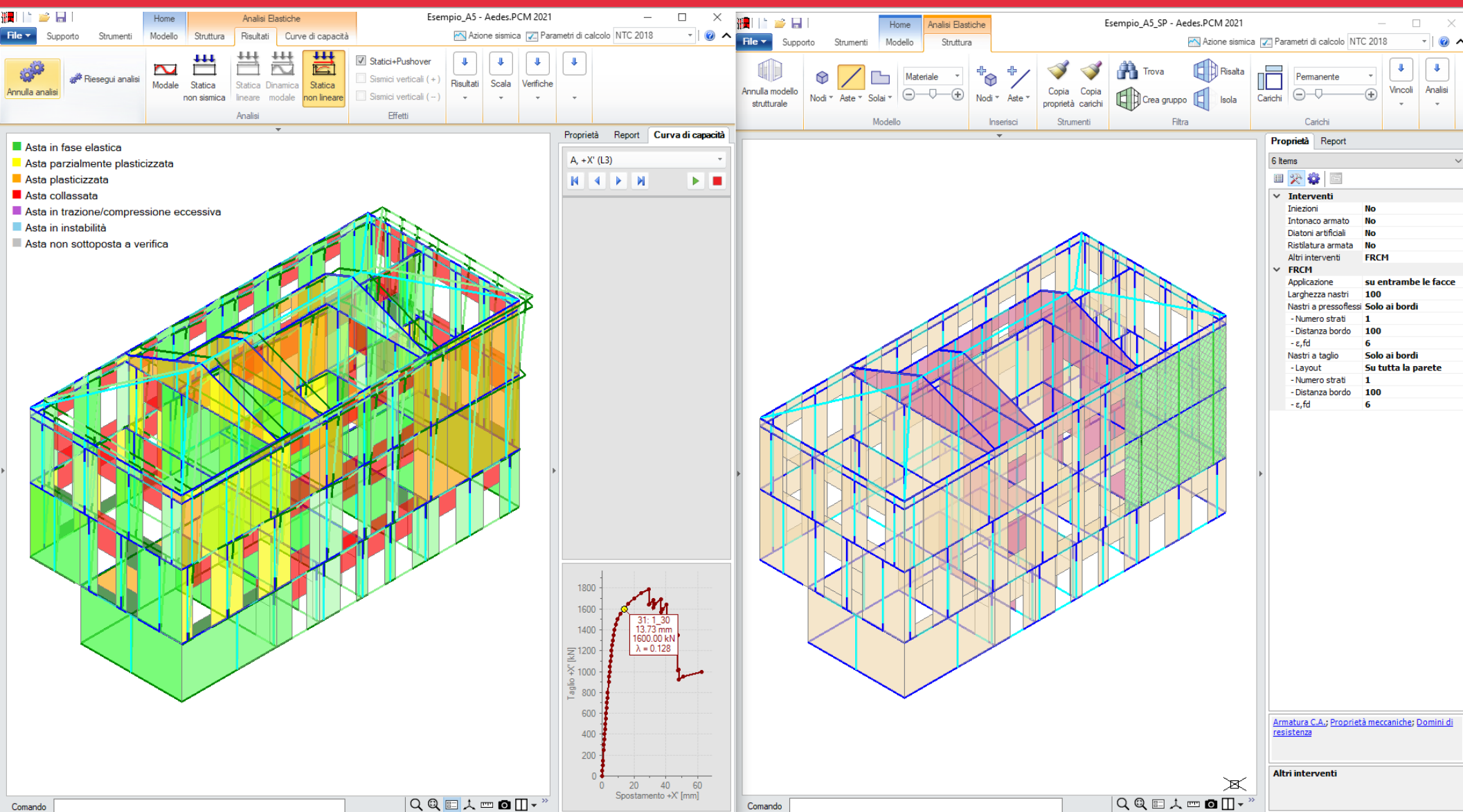


Active	Type	Name
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 398
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 526
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 566
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 524
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 723
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 725
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 728
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 729
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 731
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 732
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 733
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 734
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 735
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 736
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 737
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 753
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 755
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 756
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 757
<input checked="" type="checkbox"/>	Column	Column 768

Properties	Location	Classification	Relations
<b>Location</b>			
Name		Value	Unit
Project	Project		
Building	Building		
Storey	Piano 1		
Top Elevation	5.4		m
Bottom Elevation	0		m
Global Top Elevation	5.4		m
Global Bottom Elevation	0		m
<b>Geometry</b>			
Has Own Geometry	Yes		
Children Have Geometry	No		
Global X	10.532467		m
Global Y	30.296831		m
Global Z	0		m
Bounding Box Length	0.75		m
Bounding Box Width	0.75		m
Bounding Box Height	5.4		m
<b>Membership</b>			
Layer	Structural - Bearing		

# Aedes versioni 2022



## Aedes.PCM 2022 Ottimizzazione dell'ambiente operativo e delle risorse

### Istanze multiple

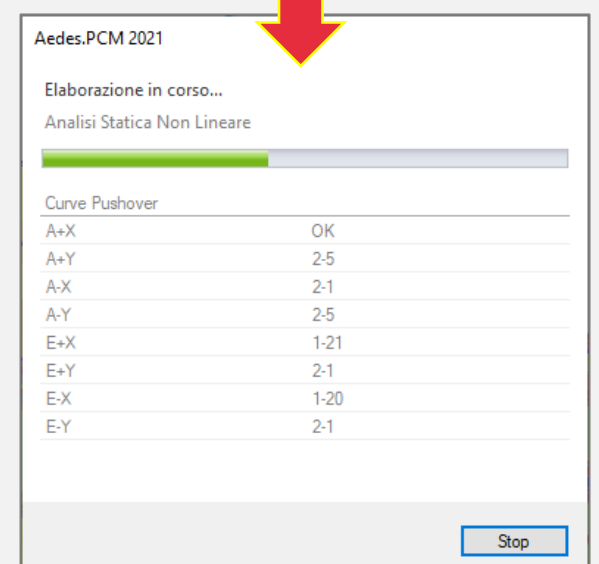
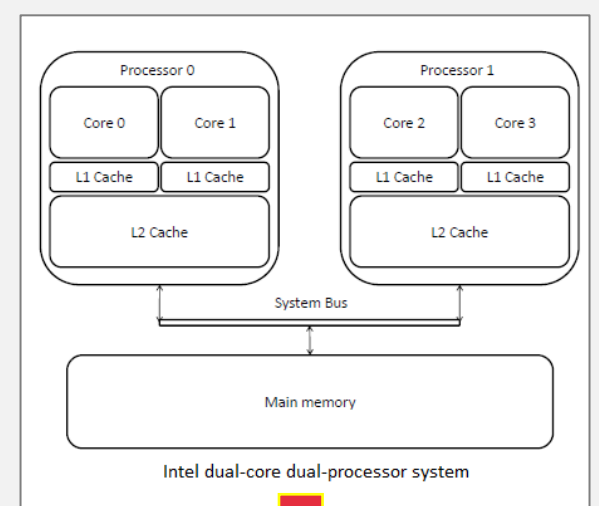
Più istanze di Aedes.PCM 2022 possono essere aperte in contemporanea: è possibile affiancarle verticalmente sullo schermo o eventualmente visualizzarle su schermi diversi. Fra i tanti vantaggi offerti da questa funzionalità, evidenziamo la possibilità di aprire contemporaneamente i file di Stato Attuale e Stato di Progetto per un **confronto dettagliato dei risultati ottenuti a seguito degli interventi eseguiti**.

### Calcolo parallelo su processori multi-core

Aedes.PCM 2022 permette di eseguire le analisi strutturali in parallelo, sfruttando a pieno le potenzialità dei processori di ultima generazione dotati di core multipli. In particolare, nel corso dell'Analisi Statica Non Lineare, le varie curve pushover vengono eseguite in contemporanea invece che in sequenza, con conseguente accorciamento del tempo totale di elaborazione.

Il vantaggio è notevole e dipende dal tipo di processore utilizzato: a parità di architettura e velocità di clock, processori con un più alto numero di core fanno registrare tempi di elaborazione minori.

I test prestazionali sono stati svolti su processori hexa-core, considerando modelli di varia dimensione e registrando i tempi di esecuzione dell'Analisi Statica Non Lineare. In tutti i casi considerati, il calcolo parallelo ha portato al **dimezzamento dei tempi di elaborazione** rispetto al calcolo sequenziale. Pertanto, la velocità di esecuzione delle analisi è più che raddoppiata



# Aedes versioni 2022

## Aedes.PCM 2022

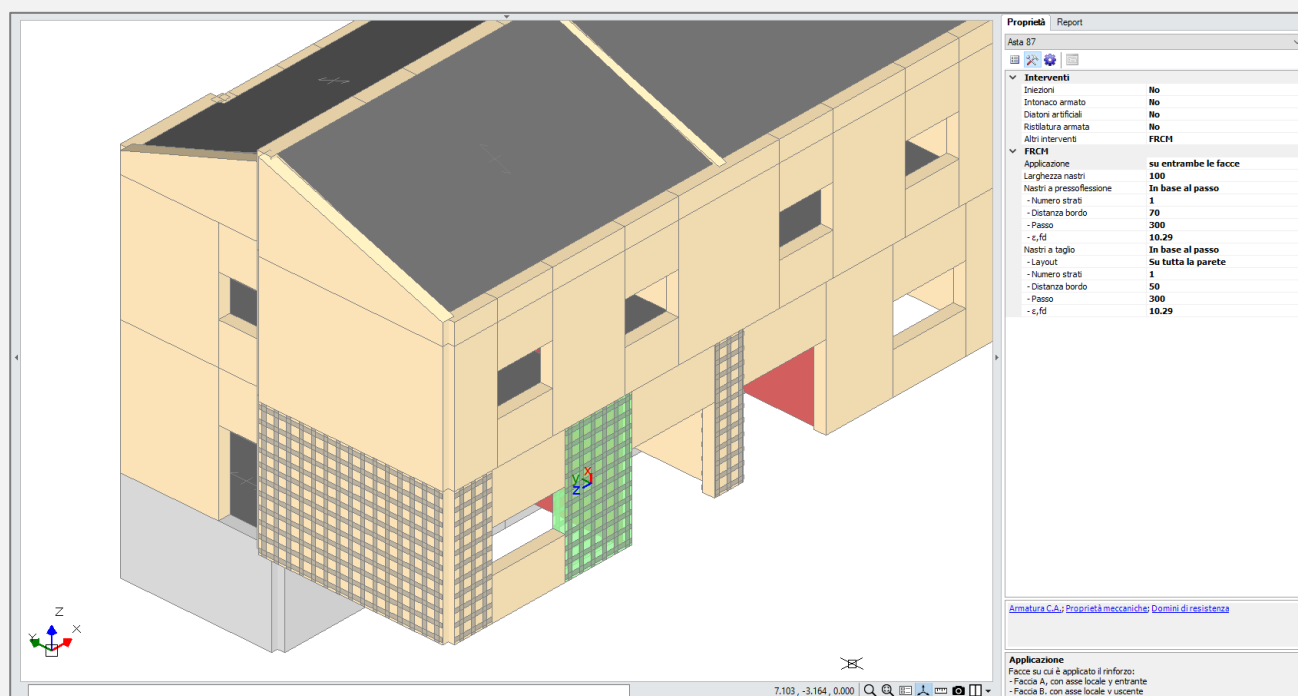
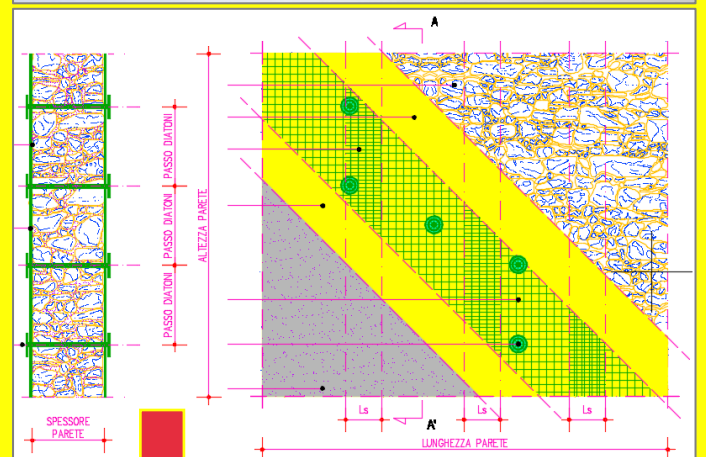
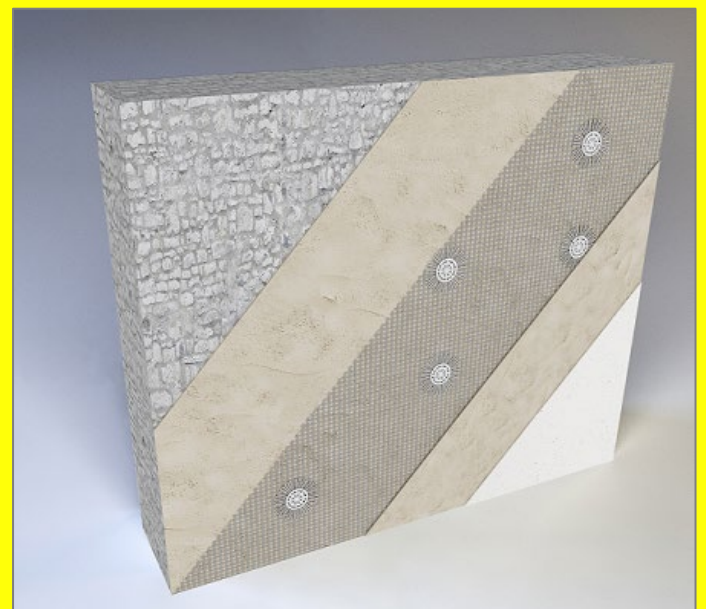
## Aedes.ACM 2022

### Rinforzi di pannelli e colonne in muratura con compositi fibrorinforzati FRCM

I pannelli murari e le colonne in muratura possono essere rinforzati con **materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM)**. Le verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati con FRCM sono svolte in accordo al documento **CNR-DT 215/2018 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica"**.

Rinforzo a flessione e taglio del maschio murario tramite FRCM.  
Nell'esempio: GeoSteel Grid 200/400 di Kerakoll.

Fonte: Kerakoll, Manuale tecnico: Linea guida per consolidamento, rinforzo strutturale e sicurezza sismica con nuove tecnologie Green - web: <https://strutturale.kerakoll.com>



In **Aedes.PCM** per modellare un rinforzo con compositi FRCM si specificano le caratteristiche del composito nei Parametri di Calcolo e si definisce il layout del rinforzo nelle proprietà delle singole aste del modello strutturale.

Il rinforzo di pannelli murari con FRCM consente di **migliorare la resistenza a pressoflessione e taglio** nel proprio piano nonché la resistenza per azioni fuori del piano.

Il **rinforzo di colonne in muratura** con FRCM consente di migliorare la resistenza a pressoflessione grazie al contributo di fibre disposte in direzione trasversale (confinamento) e/o longitudinale.

Normalmente le colonne sono rinforzate attraverso la predisposizione di un rivestimento continuo di composito. Ciononostante, la definizione del rinforzo prevede l'inserimento di nastri trasversali e longitudinali, permettendo di disaccoppiare i due contributi.

In **Aedes.ACM** i parametri del rinforzo vengono specificati in un'apposita sezione dei Dati Parete. Questa tipologia di intervento può essere assegnata ad **ogni elemento resistente della parete**: maschi e fasce corrispondenti alle aperture. Il comportamento strutturale si determina, come in Aedes.PCM, attraverso l'elaborazione del dominio di resistenza, dove viene proposto il **confronto fra la frontiera della parete originaria e quella espansa** grazie all'intervento con il composito. Il miglioramento della capacità resistente conduce ad una

modifica della curva di capacità della parete e questo intervento antisismico può costituire una valida **alternativa alla realizzazione di telai di cerchiatura**, evitando le note problematiche associate al tradizionale intonaco armato.

