

9 FEBBRAIO
2026

ore 17:00 - 18:00

webinar tecnico

EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

Miglioramento sismico con sistemi FRC

 **MASTERSAP**
SOFTWARE PER L'INGEGNERIA


and partners

partner

kerakoll

EDIFICI ESISTENTI IN C.A. Miglioramento sismico con sistemi FRC

Soluzioni software AMV e sistemi KERAKOLL per il rinforzo strutturale



Rachele Petrin ingegnere strutturista

kerakoll

Alberto Sandini technical specifier - ingegneria

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Iter del progetto previsto dalla normativa

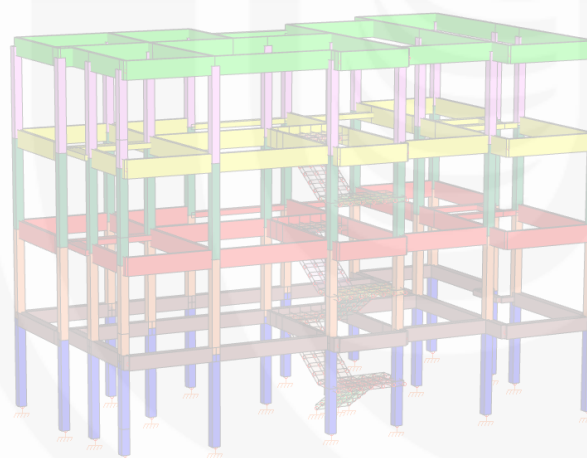
Valutazione della capacità originaria della struttura
Stato di Fatto

Miglioramento o adeguamento sismico
Stato di Progetto

Quantificazione del **deficit di resistenza** degli elementi

Scelta e dimensionamento del sistema di rinforzo
(sistema FRC)

Illustrazione di un esempio applicativo: modellazione, analisi e verifiche con MasterSap4U 2026



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Valutazione della capacità originaria della struttura – Stato di Fatto

Capacità sismica dello stato di fatto

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

$$\zeta_E = \frac{PGA_C}{PGA_D}$$

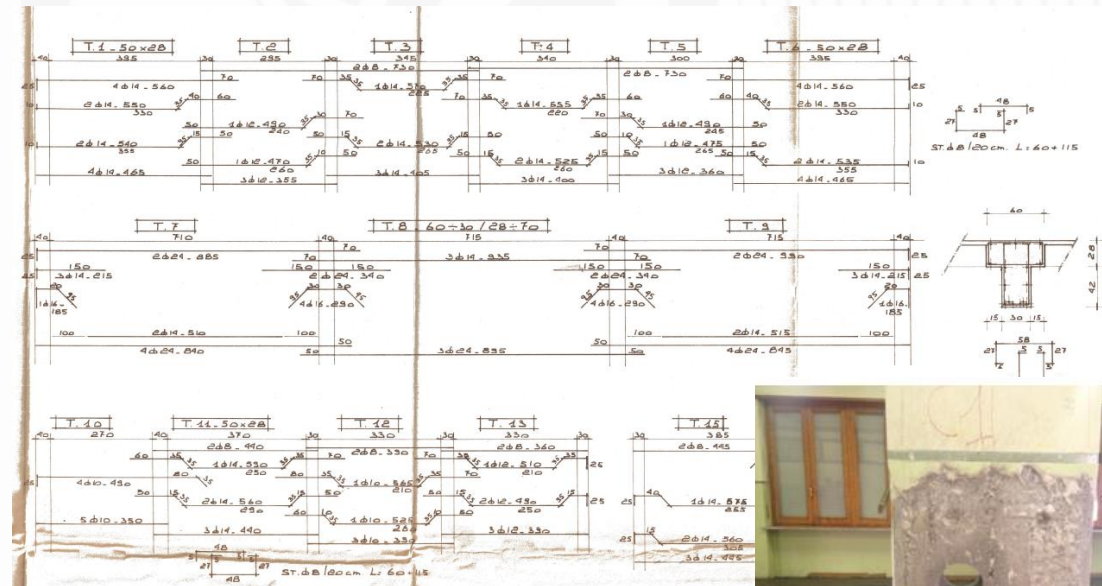
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Valutazione della capacità originaria della struttura – Stato di Fatto

Modello di riferimento per le analisi

Paragrafo C8.5 Circolare 2019

- Analisi storico-critica C8.5.1
- Rilievo C8.5.2
- Caratterizzazione meccanica dei materiali: moduli elastici, resistenze medie C8.5.3
- Definizione del Livello di Conoscenza e del Fattore di Confidenza C8.5.4
- Valutazione delle azioni di progetto: carichi permanenti, variabili, azione sismica C8.5.5



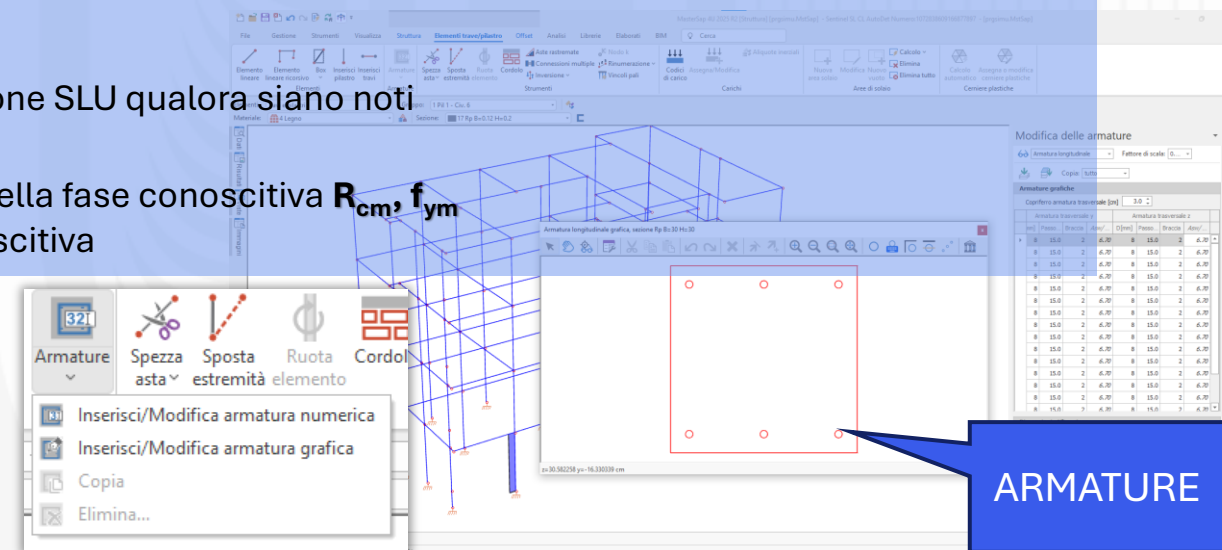
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Valutazione della capacità originaria della struttura – Stato di Fatto

Modello di riferimento per le analisi

Scheda 1

1. Modellare la struttura, la geometria e i materiali esistenti.
2. Definire le **armature** degli elementi strutturali:
 - dai disegni esecutivi attraverso gli strumenti di input delle *Armature*
 - attraverso un *Progetto simulato* con MasterArm
3. Definire **carichi e combinazioni di carico** come da NTC2018 valutando un γ_G diverso per i carichi permanenti nella combinazione SLU qualora siano noti
4. Definire in MasterEsist i parametri di verifica attraverso le tabelle:
 - definire e associare alle tabelle la **classe di materiali** rilevata nella fase conoscitiva R_{cm}, f_{ym}
 - scegliere il **fattore di confidenza FC** congruente alla fase conoscitiva



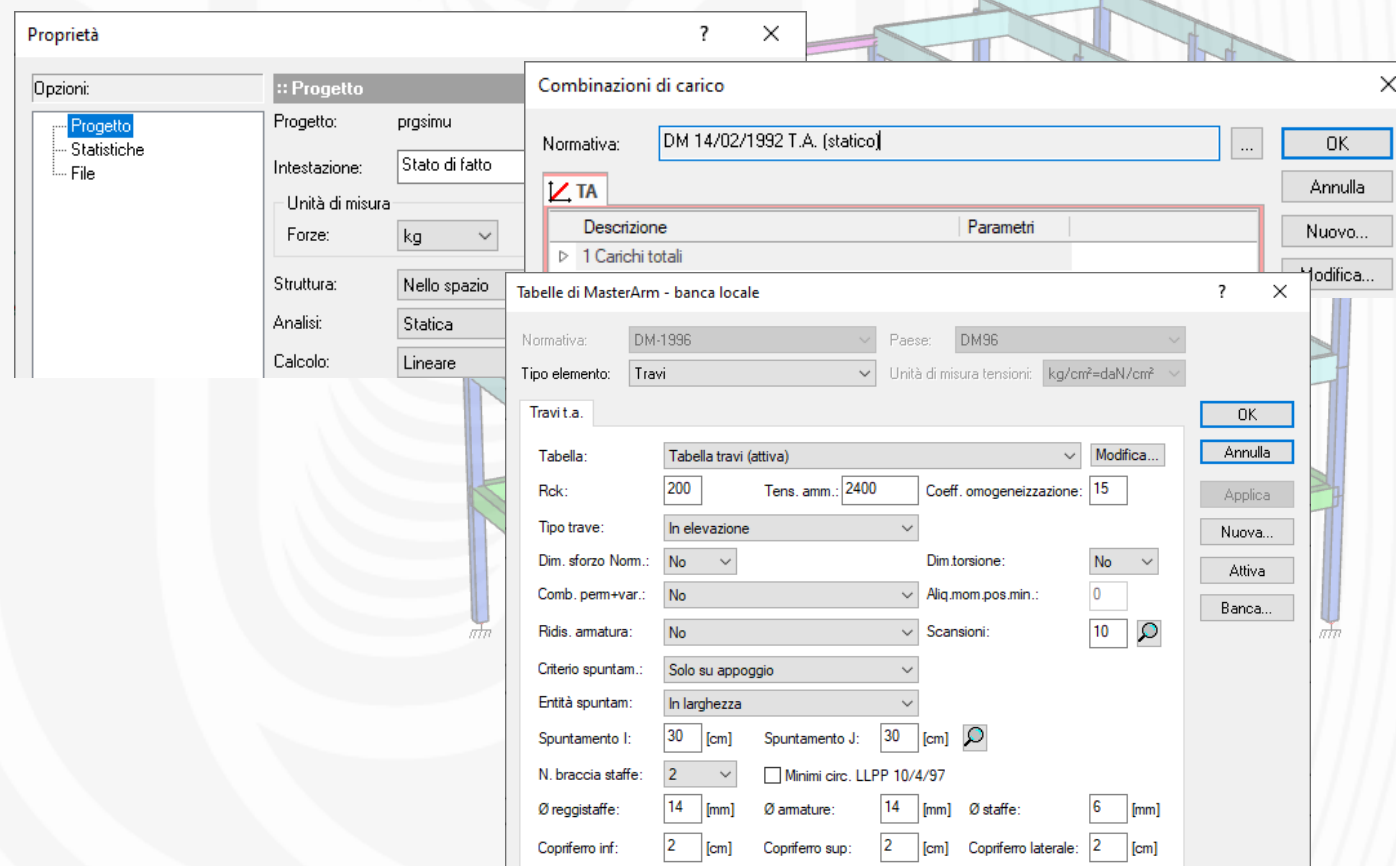
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Valutazione della capacità originaria della struttura – Stato di Fatto

Modello di riferimento per le analisi

DEFINIZIONE DELLE ARMATURE NEL MODELLO CON IL PROGETTO SIMULATO

MasterSap consente all'utente di impostare nel modello tutti i dettami delle **normative risalenti all'epoca della costruzione** e simulare in MasterArm il dimensionamento delle armatura nella struttura intelaiata in c.a. di cui si conoscono le sezioni, la geometria, i materiali, i gradi di connessione tra gli elementi, etc.



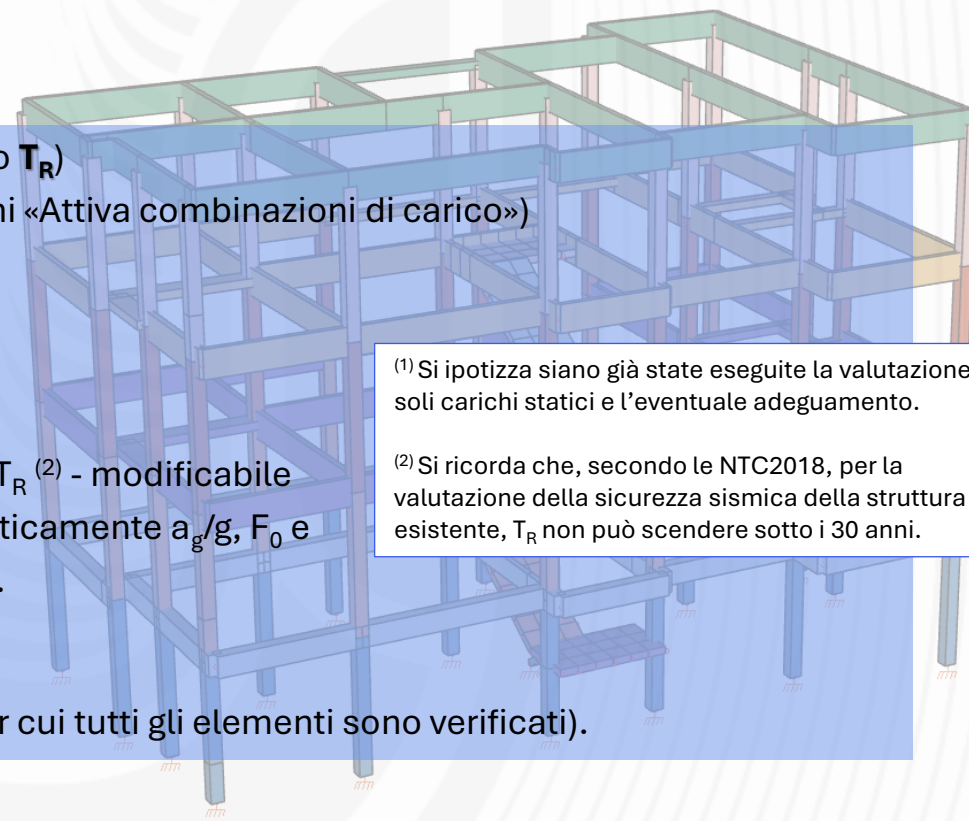
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Valutazione della capacità originaria della struttura – Stato di Fatto

Analisi lineare «metodo q»

Scheda 2

1. Eseguire l'analisi impostando un'azione sismica di primo tentativo (definendo T_R)
2. In MasterEsist eseguire le verifiche per le sole CC sismiche⁽¹⁾ (da Impostazioni «Attiva combinazioni di carico»)
 - meccanismi duttili
 - meccanismi fragili
 - nodi trave-pilastro non confinati
 - a) Alcuni elementi o nodi risultano NON verificati ($IR > 1$):
 - entrare nelle proprietà del progetto 'Dati spettro SLV' diminuire il T_R ⁽²⁾ - modificabile quando è attiva l'opzione «Edificio Esistente»: si aggiornano automaticamente a_g/g , F_0 e T_C^* corrispondenti al T_R impostato e viene subito calcolato lo Zeta E. Si ripetono i passi da 1 a 2 fino ad ottenere la condizione b).
 - b) Tutti gli elementi e nodi non confinati risultano verificati ($IR \leq 1$):
 - è individuata la capacità sismica dello stato di fatto (T_R massimo per cui tutti gli elementi sono verificati).



⁽¹⁾ Si ipotizza siano già state eseguite la valutazione ai soli carichi statici e l'eventuale adeguamento.

⁽²⁾ Si ricorda che, secondo le NTC2018, per la valutazione della sicurezza sismica della struttura esistente, T_R non può scendere sotto i 30 anni.

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Definizione dell'intervento – Stato di Progetto

Capacità sismica di progetto

È l'azione sismica cui l'edificio dovrà essere in grado di resistere.

Secondo la normativa tecnica di riferimento, a seconda della tipologia di intervento che si dovrà fare, indica se il progetto dovrà portare a

MIGLIORAMENTO

ADEGUAMENTO

$$\zeta_E^* = \frac{PGA_C^*}{PGA_D} \geq ??$$

La definizione dello Stato di Progetto individua lo ζ_E^* da dover raggiungere con interventi di rinforzo, finalizzati a incrementarne la resistenza rispetto allo stato di fatto.

Ricordiamo che in questo esempio consideriamo la SICUREZZA STATICA ADEGUATA dell'edificio.

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Definizione dell'intervento – Stato di Progetto

Capacità sismica di progetto – in caso di adeguamento sismico

Interventi che richiedono **adeguamento sismico**.

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.
- e) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere $\zeta_E \geq 1,0$. Nei casi c) ed e) si può assumere $\zeta_E \geq 0,80$.

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interes-

Casi a), b), d)

$$\zeta_E^* = \frac{PGA_C^*}{PGA_D} \geq 1,0$$

Casi c) ed e)

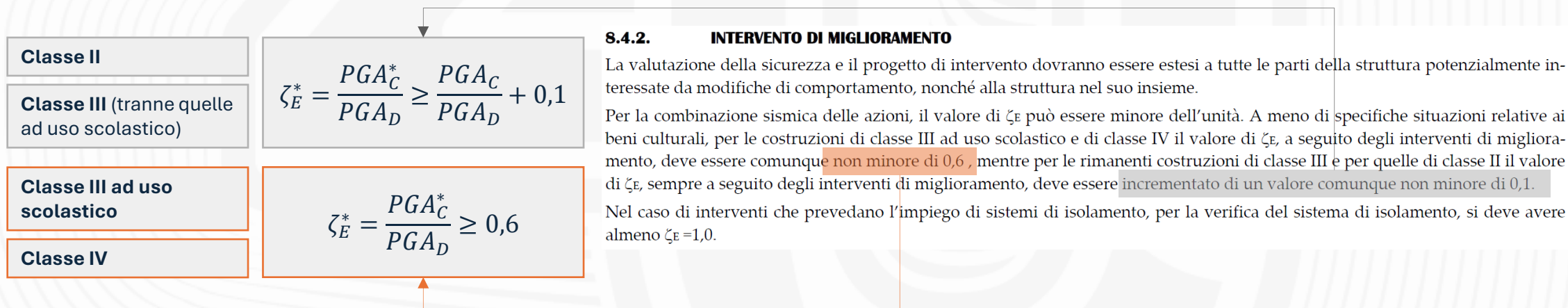
$$\zeta_E^* = \frac{PGA_C^*}{PGA_D} \geq 0,8$$

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Definizione dell'intervento – Stato di Progetto

Capacità sismica di progetto – in caso di miglioramento sismico

Interventi che richiedono **miglioramento sismico**.



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Definizione dell'intervento – Stato di Progetto

Capacità sismica di progetto (ζ^*_E , T_R)

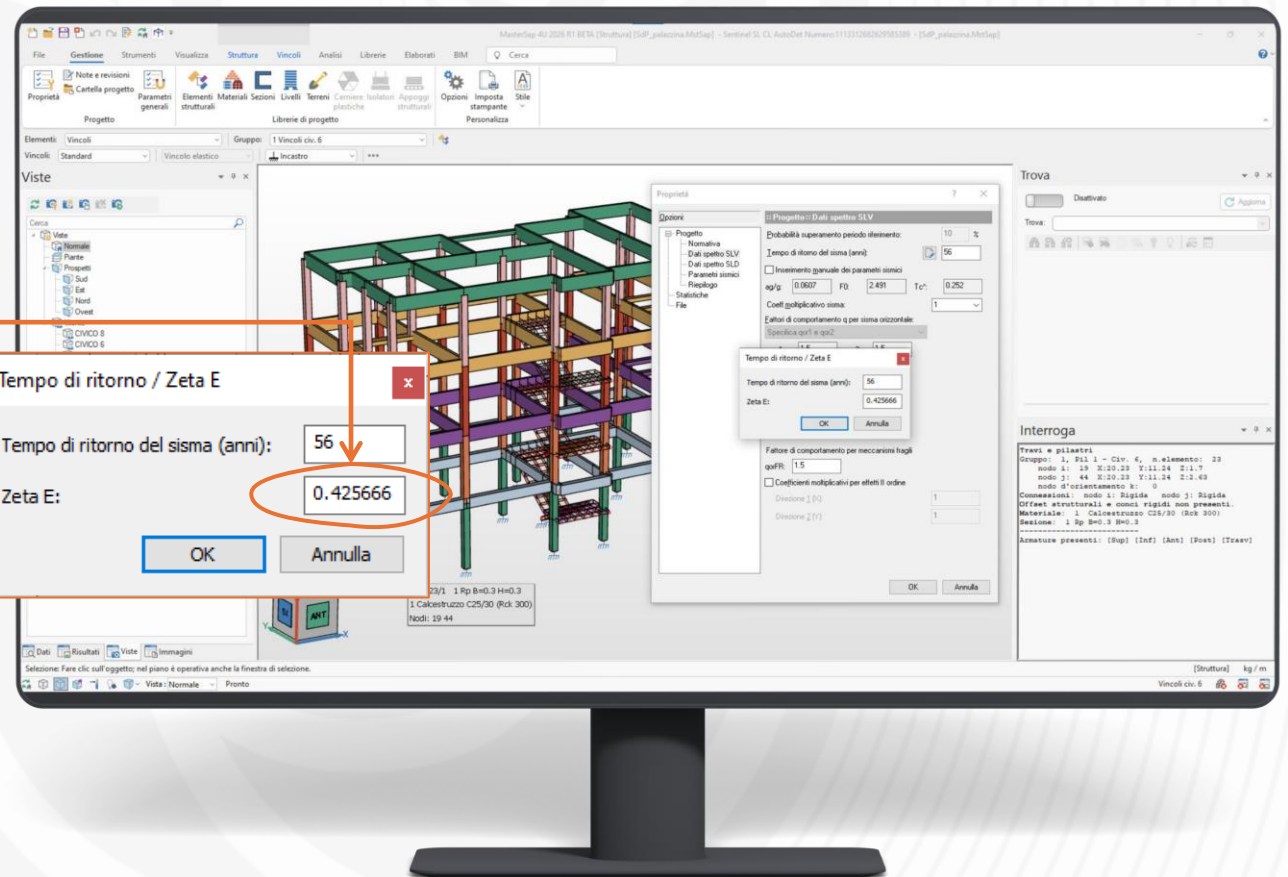
Modellazione dello Stato di Progetto
della struttura in **MasterSap**

Impostando lo ζ^*_E indicato dalla norma per l'intervento in esame.

Analisi e verifiche in MasterEsist

Verifiche degli elementi (meccanismi duttili e fragili) e dei nodi trave-pilastro non confinati.

Individuazione e quantificazione dei **deficit di resistenza** presenti nella struttura: travi, pilastri, nodi trave-pilastro, ...



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Scelta del rinforzo

Se l'intervento prevede l'uso di «materiali compositi», la normativa indica che – per la loro progettazione – bisognerà far riferimento a «**documenti di comprovata validità**», i quali sono tipicamente i **Documenti Tecnici del CNR** o le **Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**.

Documenti reperibili in rete.

CS.7.4 CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

Il § 8.7.4 delle NTC descrive gli aspetti principali degli interventi sugli edifici esistenti, qui sono riportate alcune raccomandazioni che possono costituire un utile riferimento ai fini della scelta degli interventi. Si sottolinea l'importanza che gli interventi siano definiti in funzione di specifiche vulnerabilità dell'edificio, analizzando prioritariamente quelle locali. Sono invece da evitarsi interventi generalizzati e diffusi, se non adeguatamente motivati da una specifica valutazione.

Nel caso in cui nell'intervento si faccia uso di materiali compositi, ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati, si possono utilizzare **documenti di comprovata validità**.

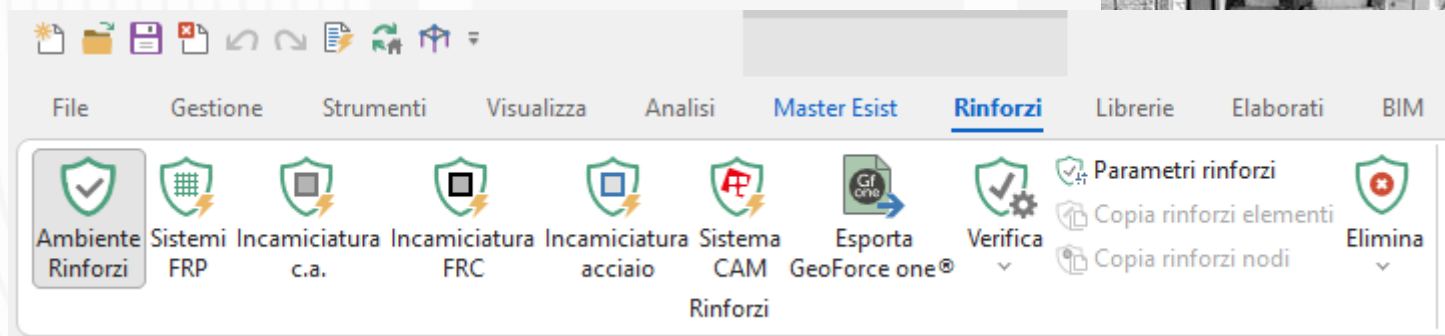


Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Sistemi di rinforzo per c.a.

Nell'ambiente di verifica delle strutture in c.a. esistenti (**MasterEsist**) è possibile attivare l'ambiente «**Rinforzi**» in cui l'utente progetta gli interventi locali di rinforzo su elementi e nodi necessari a colmare i deficit di resistenza.



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

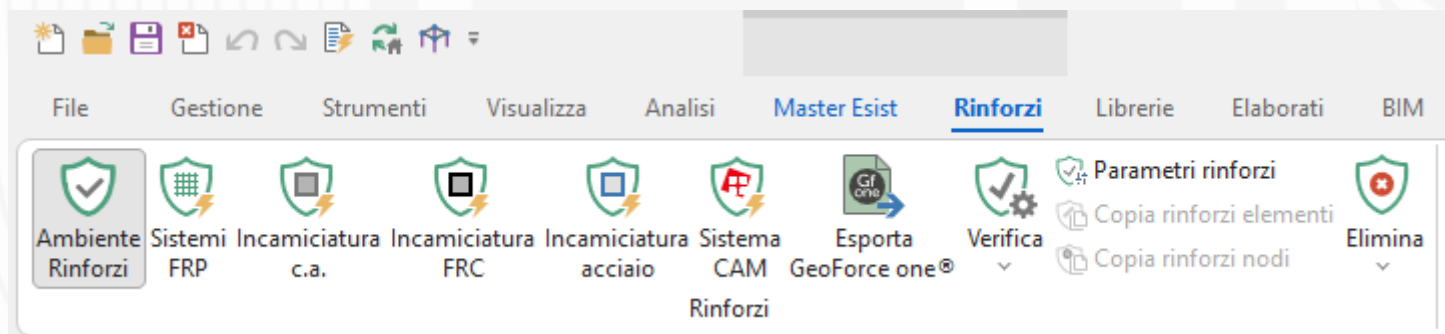
Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Sistemi di rinforzo per c.a.

Nell'ambiente di verifica delle strutture in c.a. esistenti (**MasterEsist**) è possibile attivare l'ambiente «**Rinforzi**» in cui l'utente progetta gli interventi locali di rinforzo su elementi e nodi necessari a colmare i deficit di resistenza.

L'ambiente «Rinforzi» attivato in MasterEsist consente il passaggio dei dati dal modello globale al progetto dell'intervento locale (su trave, pilastro, nodo) e viceversa:

- Geometria (sezioni, armature)
- Materiali (resistenze di verifica)
- Esito delle verifiche
- Sollecitazioni di verifica (in tutte le sezioni di verifica per ciascuna combinazione di carico)
- parametri di primo tentativo del rinforzo



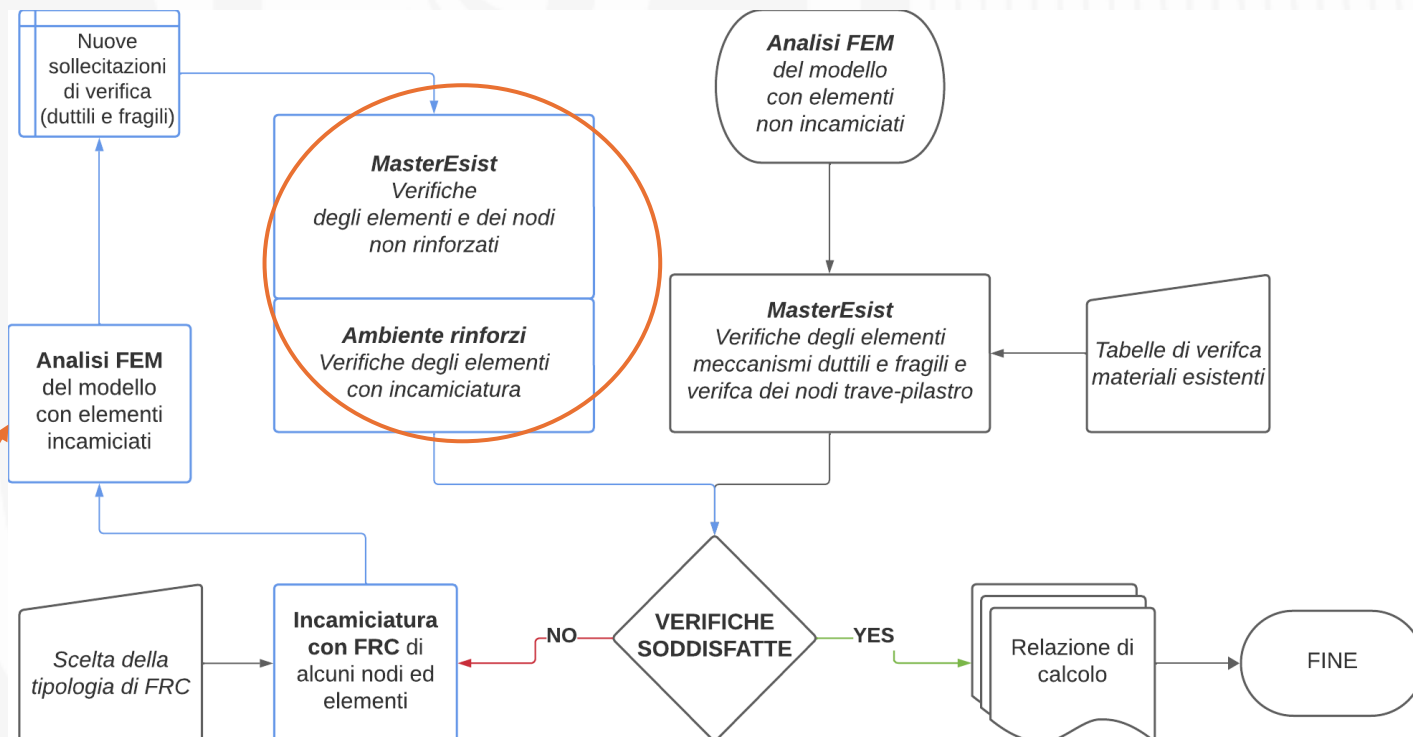
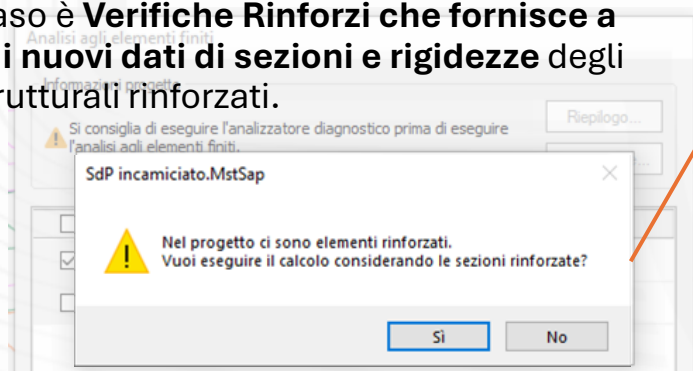
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Sistema FRC – dimensionamento iterativo

Quando si applica un rinforzo che cambia la sezione e i materiali dell'elemento strutturale, variano le rigidezze in gioco, quindi anche la distribuzione delle sollecitazioni: perciò è **necessaria la rianalisi e la riverifica della struttura**, così da stabilire se vi siano meccanismi di rottura non verificati e se i rinforzi dimensionati siano ancora adeguati.

In questo caso è **Verifiche Rinforzi** che fornisce a **MasterSap** i nuovi dati di sezioni e rigidezze degli elementi strutturali rinforzati.



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Sistema FRC – dimensionamento iterativo

Scheda 3

1. Modellazione dello stato di progetto impostando delle proprietà del modello (**novità 2026**) lo ζ_E^* di progetto stabilito dalla norma in funzione del tipo di intervento e della Classe d'uso dell'edificio.
2. Analisi.
3. Verifiche, in MasterEsist per le sole CC sismiche:
 - meccanismi duttili
 - meccanismi fragili
 - nodi trave-pilastro non confinati
4. Si individuano gli **elementi non verificati** sui quali sarà necessario progettare un **rinforzo** che colma il deficit di resistenza rilevato.
5. Si definiscono gli interventi sui singoli elementi che portano a soddisfare le verifiche.
6. Si riesegue l'analisi del modello con le rigidezze variate.
 - In MasterEsist (punto 4.)
 - In ambiente Rinforzi si riverificano gli elementi ringrossati.

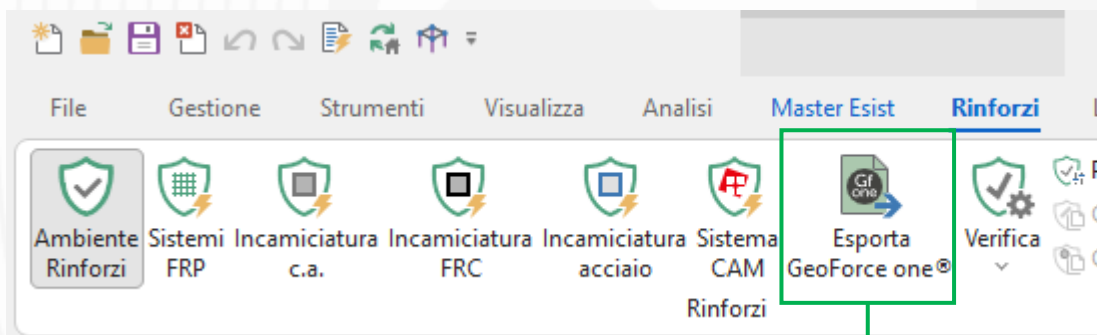
Se gli esiti sono positivi il procedimento si ferma, altrimenti si ripercorrono i punti 5. 6. e 7. fino a ottenere verifiche soddisfatte su tutti gli elementi.

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Scelta e dimensionamento del rinforzo – Stato di Progetto

Sistema FRC – dimensionamento esterno

Se si procede esportando i dati verso il software GeoForce One® di kerakoll, **non sarà possibile considerare la variazione delle rigidezze introdotta.**



GeoForce one
Software

Versione 1.15

Progettare il consolidamento,
il rinforzo strutturale e la sicurezza
sismica con nuove tecnologie green.
Modellazione, calcolo e verifica.

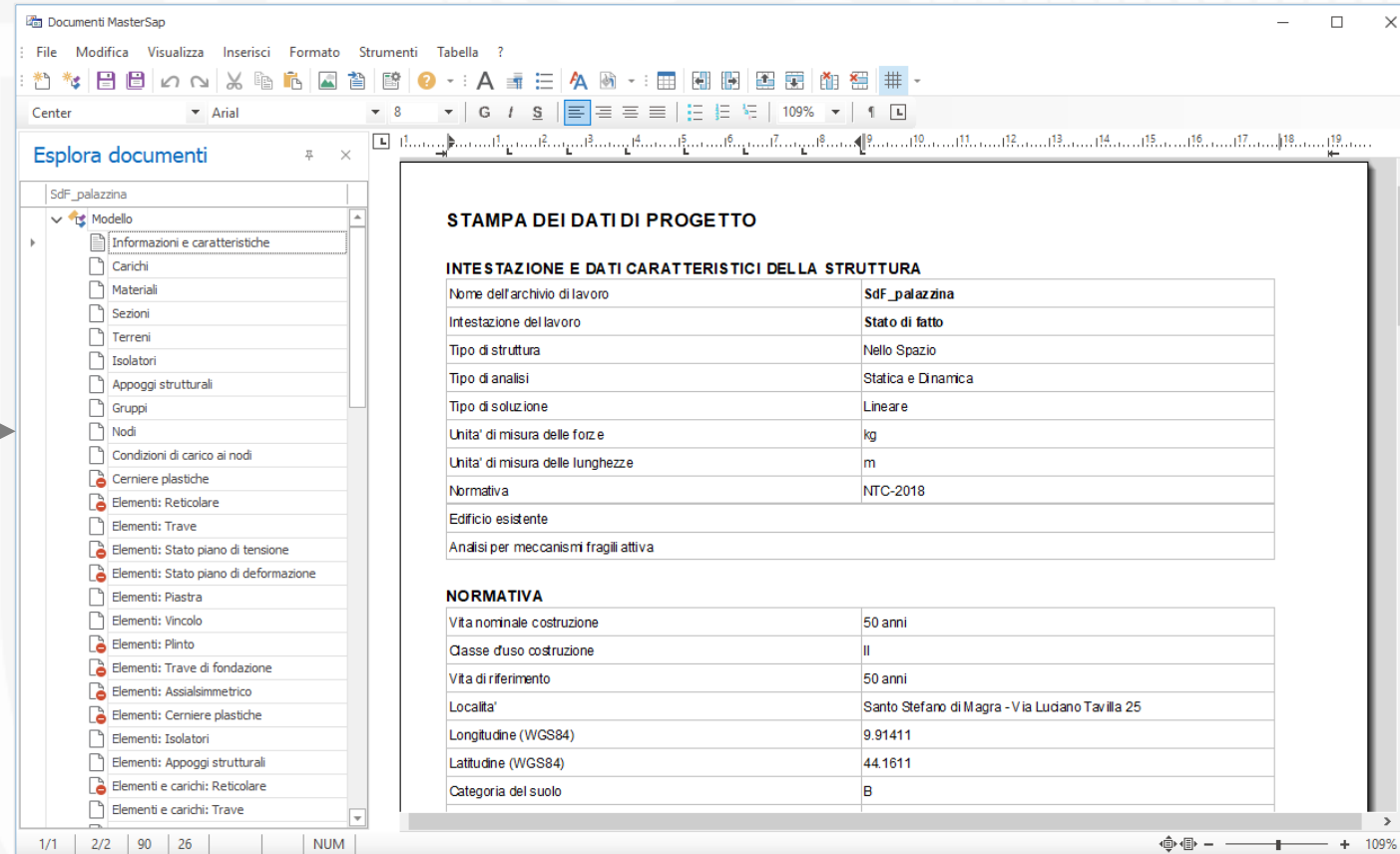
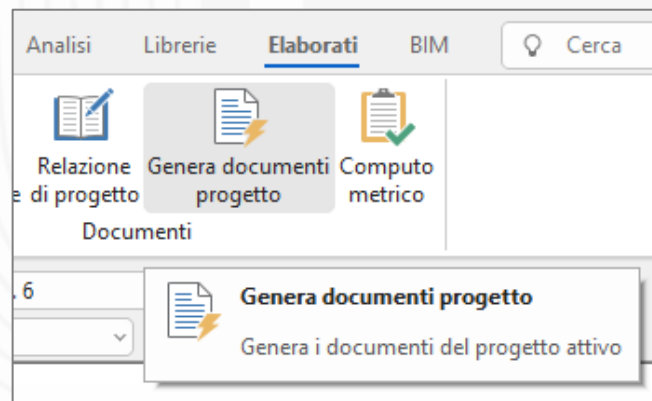
Powered by **ASDEA** **kerakoll**

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Valutazione dello Stato di Fatto

Con il comando **Genera documenti di progetto**, si può ottenere il documento **Informazioni e caratteristiche del modello**, che illustra i dati di input dai quali si definisce la valutazione della **capacità sismica della struttura**.



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Valutazione dello Stato di Fatto

Con il comando **Genera documenti di progetto**, si può ottenere il documento **Informazioni e caratteristiche del modello**, che illustra i dati di input dai quali si definisce la valutazione della **capacità sismica della struttura**.

Stato di Fatto

$$T_r = 30 \text{ anni}$$

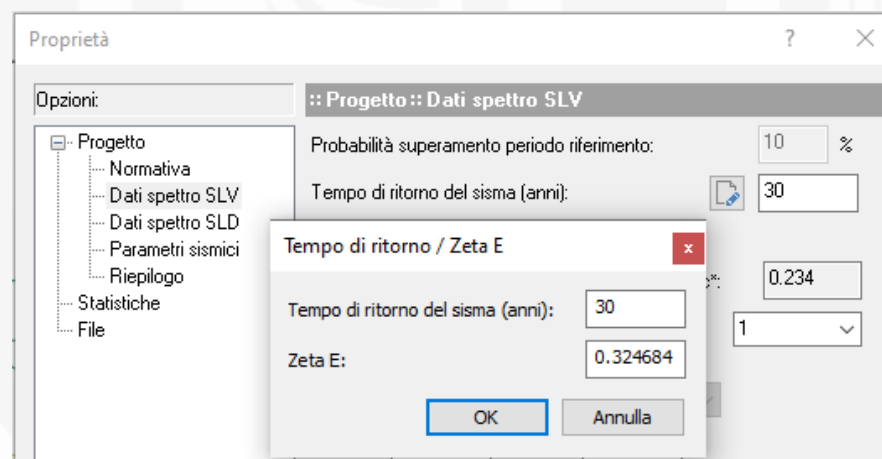
$$\zeta_E = \frac{0,545}{1,679} = 0,325$$

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	30	0.0463	2.4720	0.23	1.47	1.20	0.545
SLD	50	0.0579	2.4920	0.25	1.45	1.20	0.682
SLV	475	0.1426	2.4050	0.29	1.41	1.20	1.679
SLE	475	0.1426	2.4050	0.29	1.41	1.20	1.679
SLC	975	0.1833	2.3740	0.30	1.40	1.20	2.158

PARAMETRI SISMICI EDIFICIO ESISTENTE

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)	Z _E (IS-V)
SLD	50	0.0579	2.4920	0.25	1.45	1.20	0.682	1.000
SLV	30	0.0463	2.4720	0.23	1.47	1.20	0.545	0.325



Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

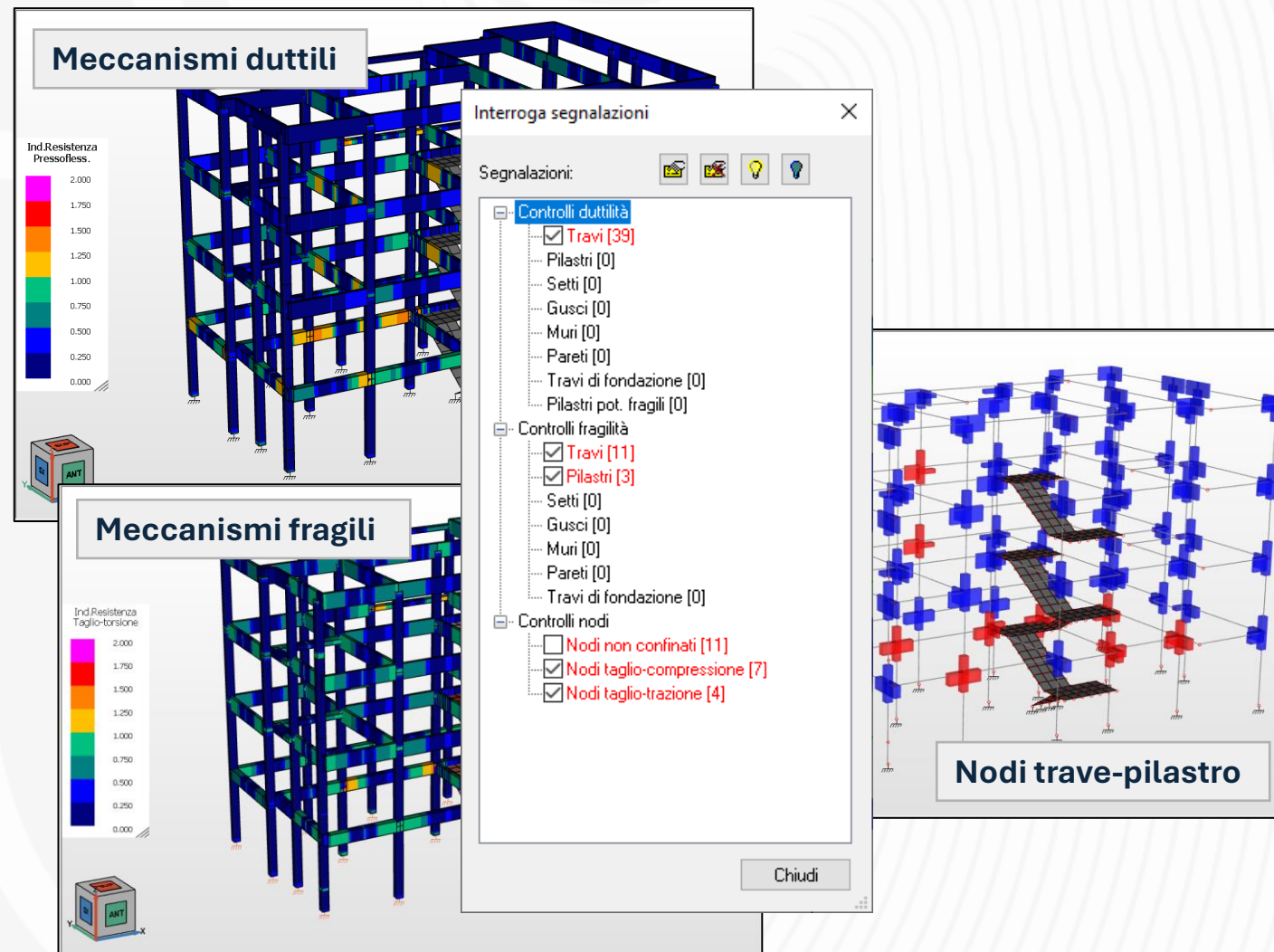
Valutazione dello Stato di Fatto

Con il comando **Genera documenti di progetto**, si può ottenere il documento **Informazioni e caratteristiche del modello**, che illustra i dati di input dai quali si definisce la valutazione della **capacità sismica della struttura**.

Stato di Fatto

$$T_r = 30 \text{ anni}$$

$$\zeta_E = \frac{0,545}{1,679} = 0,325$$



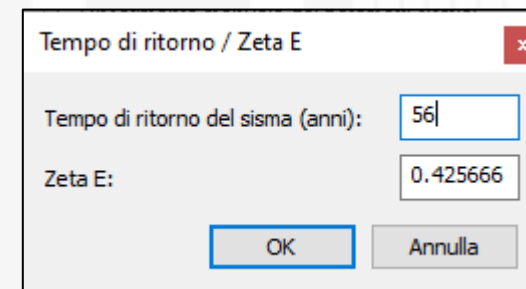
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Definizione dello Stato di Progetto

L'intervento previsto riguarda un

- MIGLIORAMENTO SISMICO
- la struttura è in Classe d'Uso II



Stato di Fatto	
$T_r = 30 \text{ anni}$	$\zeta_E = 0,325$



Stato di Progetto	
$T_r = 56 \text{ anni}$	$\zeta_E^* = 0,426$

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Definizione dello Stato di Progetto

Interroga segnalazioni

Segnalazioni:

- Controlli duttilità
 - Travi [39]
 - Pilastrini [0]
 - Setti [0]
 - Gusci [0]
 - Muri [0]
 - Pareti [0]
 - Travi di fondazione [0]
 - Pilastrini pot. fragili [0]
- Controlli fragilità
 - Travi [11]
 - Pilastrini [3]
 - Setti [0]
 - Gusci [0]
 - Muri [0]
 - Pareti [0]
 - Travi di fondazione [0]
- Controlli nodi
 - Nodi non confinati [11]
 - Nodi taglio-compressione [7]
 - Nodi taglio-trazione [4]

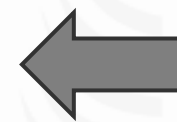
Stato di Fatto

Interroga segnalazioni

Segnalazioni:

- Controlli duttilità
 - Travi [59]
 - Pilastrini [6]
 - Setti [0]
 - Gusci [0]
 - Muri [0]
 - Pareti [0]
 - Travi di fondazione [0]
 - Pilastrini pot. fragili [0]
- Controlli fragilità
 - Travi [12]
 - Pilastrini [5]
 - Setti [0]
 - Gusci [0]
 - Muri [0]
 - Pareti [0]
 - Travi di fondazione [0]
- Controlli nodi
 - Nodi non confinati [26]
 - Nodi taglio-compressione [7]
 - Nodi taglio-trazione [19]

Stato di Progetto



Tempo di ritorno / Zeta E

Tempo di ritorno del sisma (anni):

Zeta E:

Stato di Progetto

$T_r = 56$ anni

$\zeta_E^* = 0,426$

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Dimensionamento di un intervento di rinforzo con incamiciatura in FRC



MasterSap e Verifiche Rinforzi comunicano dati da entrambe le direzioni: questo permette la procedura iterativa di dimensionamento con ringrosso della sezione.

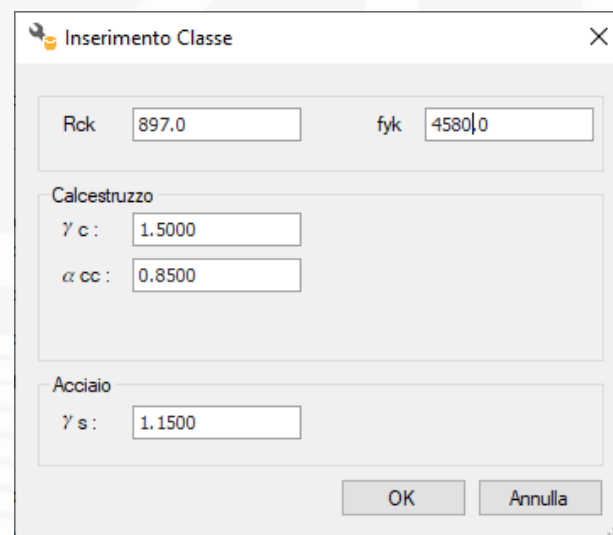
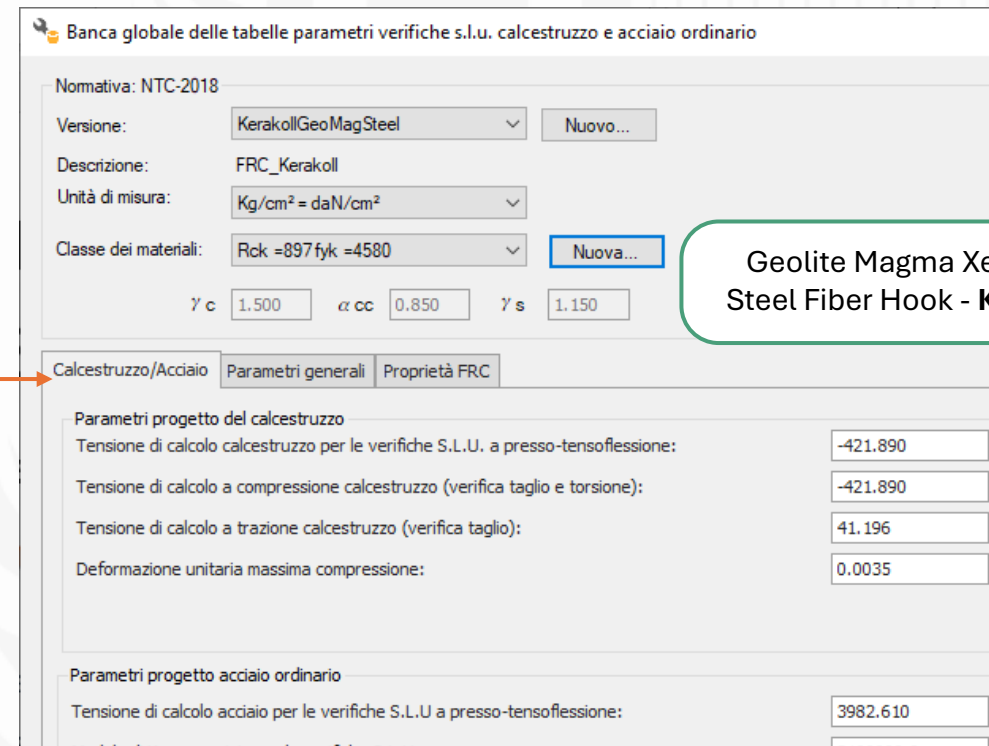
Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Dimensionamento di un intervento di rinforzo con incamiciatura in FRC

Definizione del materiale in MasterSap: Tabella parametri S.L.

- Parte a **compressione**
- Parte a **trazione**

Geolite Magma Xenon & Steel Fiber Hook - Kerakoll

Parametri progetto del calcestruzzo	
Tensione di calcolo calcestruzzo per le verifiche S.L.U. a presso-tensoflessione:	-421.890
Tensione di calcolo a compressione calcestruzzo (verifica taglio e torsione):	-421.890
Tensione di calcolo a trazione calcestruzzo (verifica taglio):	41.196
Deformazione unitaria massima compressione:	0.0035

Parametri progetto acciaio ordinario	
Tensione di calcolo acciaio per le verifiche S.L.U a presso-tensoflessione:	3982.610

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Dimensionamento di un intervento di rinforzo con incamiciatura in FRC

Definizione del materiale in MasterSap: Tabella parametri S.L.

- Parte a compressione
- Parte a **trazione**

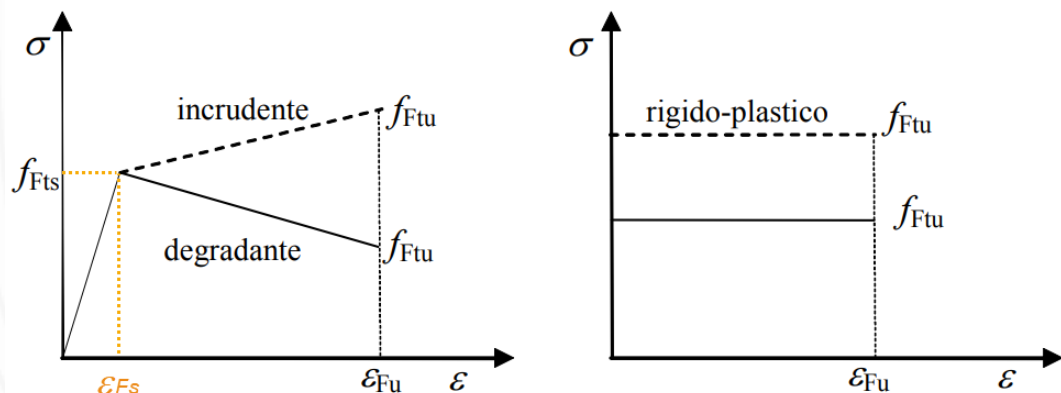


Figura 2-6 – Legami costitutivi semplificati tensione-deformazione.

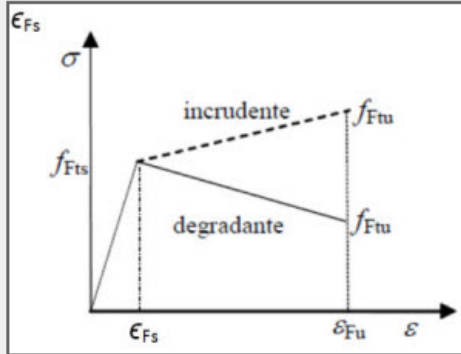
Consigliabile
 $\gamma_F = 1,5$

Calcestruzzo/Acciaio Parametri generali Proprietà FRC

Parametri a trazione FRC

Tipo diagramma:

ϵ_{Fs} :	<input type="text" value="0,0038"/>	f_{Fts} :	<input type="text" value="16.0000"/>
ϵ_{Fu} :	<input type="text" value="0,0100"/>	f_{Ftu} :	<input type="text" value="16.0000"/>



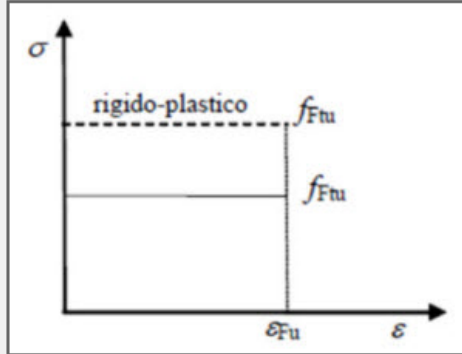
Coeff. di sicurezza γ_F :

Calcestruzzo/Acciaio Parametri generali Proprietà FRC

Parametri a trazione FRC

Tipo diagramma:

ϵ_{Fu} :	<input type="text" value="0,0100"/>	f_{Ftu} :	<input type="text" value="16.0000"/>
-------------------	-------------------------------------	-------------	--------------------------------------



Coeff. di sicurezza γ_F :

Progetto di interventi su edificio esistente in c.a.

Esempio svolto con MasterSap 4U

Dimensionamento di un intervento di rinforzo con incamiciatura in FRC

Definizione del materiale in MasterSap: Tabella parametri S.L.

- Parte a compressione
- Parte a **trazione**

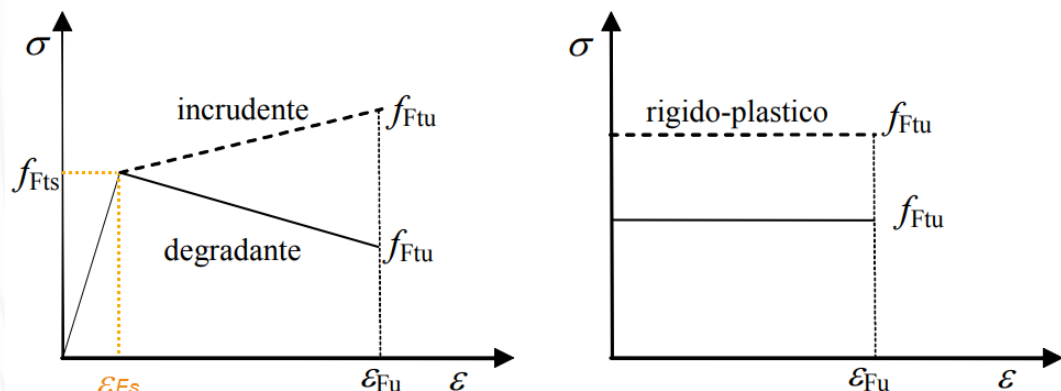


Figura 2-6 – Legami costitutivi semplificati tensione-deformazione.

Banca globale delle tabelle parametri verifiche s.l.u. calcestruzzo e acciaio ordinario

Normativa: NTC-2018

Versione: KerakollGeoMagSteel

Descrizione: FRC_Kerakoll

Unità di misura: Kg/cm² = daN/cm²

Classe dei materiali: Rck =897 fyk =4580

γ_c 1.500 α_{cc} 0.850 γ_s 1.150

Calcestruzzo/Acciaio **Parametri generali** Proprietà FRC

Parametri a trazione FRC

Tipo diagramma:

ϵ_{Fs} :	<input type="text" value="0.0038"/>	f_{Fts} :	<input type="text" value="16.0000"/>
ϵ_{Fu} :	<input type="text" value="0.0100"/>	f_{Ftu} :	<input type="text" value="16.0000"/>

Geolite Magma Xenon & Steel Fiber Hook - Kerakoll

Restiamo a disposizione nei canali sotto indicati per eventuali domande in merito ai temi trattati.

Al termine della diretta la piattaforma GoTo vi proporrà una breve indagine di gradimento del webinar di oggi, vi invitiamo a compilarla per migliorare la nostra offerta formativa.



assistenza@amv.it

Rachele Petrin ingegnere strutturista

kerakoll

strutturale@kerakoll.com

Alberto Sandini technical specifier - ingegneria

Grazie per la Vostra partecipazione