

## Il calcolo delle strutture in muratura alla luce delle nuove NTC18

*Alla luce della nuova normativa 2018 è d'obbligo effettuare un confronto con le vecchie norme, valutandone le modifiche apportate. Riportiamo di seguito alcuni dei cambiamenti che ci sono stati nei vari capitoli della normativa:*

Nel Paragrafo 3.1.4., i valori dei sovraccarichi o carichi variabili, secondo la vecchia normativa del 2008, risultano sostanzialmente invariati, tranne per i carichi relativi agli ambienti ospedalieri, in cui si passa per le camere di degenza da  $3\text{kN/m}^2$  a  $2\text{kN/m}^2$ , e a  $5\text{kN/m}^2$  per tutti gli altri ambienti. Per il calcolo dell'azione sismica vengono eliminate le categorie di sottosuolo S1 e S2, mentre per le verifiche geotecniche vengono ridefiniti gli approcci; infatti l'Approccio 1 è mantenuto solo per opere di progetto come le paratie e gallerie, per il resto delle opere, invece, verrà applicato solo l'Approccio 2.

Un'altra novità riguarda il paragrafo 4.5.6.4, dove sono state apportate modifiche al metodo semplificato di progetto delle murature.

NTC 08: “ *Per edifici semplici è consentito eseguire le verifiche, in via semplificativa, con il metodo delle tensioni ammissibili, adottando le azioni previste nelle presenti Norme Tecniche, con resistenza del materiale di cui al § 4.5.6.1, ponendo il coefficiente  $\gamma M = 4,2$  ed utilizzando il dimensionamento semplificato di seguito riportato con le corrispondenti limitazioni....* ”.

NTC 18: “*Per edifici semplici è consentito eseguire le verifiche, in via semplificativa, adottando le azioni previste nelle presenti Norme Tecniche, con resistenza del materiale di cui al § 4.5.6.1, ponendo il coefficiente  $\gamma M = 4,2$  ed utilizzando il dimensionamento semplificato di seguito riportato con le corrispondenti limitazioni...* ”.

Infatti, non è più permesso l'utilizzo delle tensioni ammissibili e si richiede vengano rispettate le percentuali minime delle sezioni murarie resistenti, rapportate alla superficie totale in pianta, in entrambe le direzioni principali, X ed Y.

Anche per i limiti sul fattore di struttura  $q$  ci sono delle novità, in quanto per la progettazione di strutture non dissipative è possibile utilizzare un coefficiente di struttura  $q \leq 1,5$  anziché 1 come previsto dalle NTC08.

### Le novità apportate dalle NTC 18

Tra le peculiarità riscontrate nelle nuove NTC 18 abbiamo l'introduzione del fattore di resistenza a taglio (rottura a scorrimento) della muratura  $f_{v0}$ , introdotto nelle caratteristiche meccaniche della muratura per una differenziazione più opportuna in base al legame costitutivo del materiale.

Anche la definizione degli indici di vulnerabilità risulta essere oggetto di questi cambiamenti normativi. Infatti, con l'introduzione della verifica allo stato limite di collasso nel calcolo della muratura, viene effettuato un confronto tra lo spostamento ultimo offerto dalla struttura e lo spostamento richiesto dall'azione sismica per tutti gli stati limite dettati dalla normativa (SLV, SLC, SLD, SLO), calcolandone i rispettivi indici di vulnerabilità ed ottenendo delle verifiche maggiormente gravose rispetto quelle della vecchia norma, dove gli indici di vulnerabilità venivano calcolati solo rispetto a SLV, SLD e SLO.

Un'ulteriore novità introdotta dalle NTC 18 è **il calcolo dell'analisi modale**. Le distribuzioni del carico sismico sono state modificate rispetto alle NTC 08, dove le distribuzioni prese in esame erano solo di due tipi:

- una proporzionale al primo modo di vibrare – Gruppo 1 distribuzione principale
- una proporzionale alle masse – Gruppo 2 distribuzione uniforme (rimasta invariata).
- 

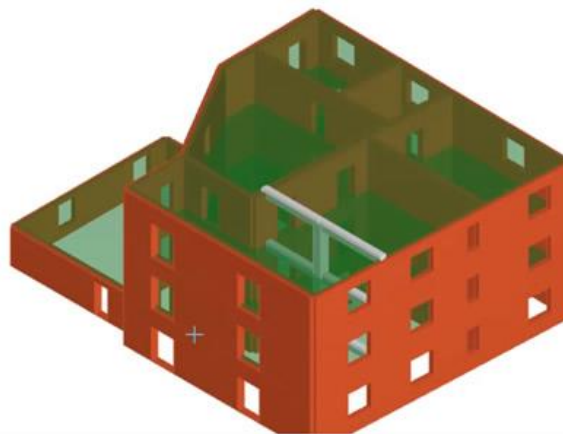
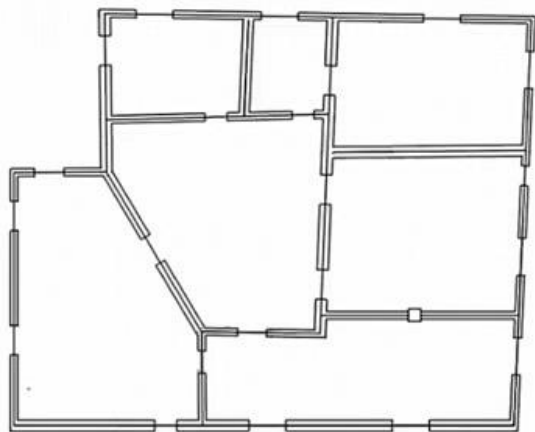
Con le NTC 18 nel primo gruppo oltre alle distribuzioni delle azioni statiche, quindi una distribuzione triangolare inversa, è possibile scegliere anche una distribuzione proporzionale alle forme modali, ma con forme modali che raggiungano almeno l'85% della massa partecipante. Inoltre, se il periodo di vibrazione principale della struttura risulta essere maggiore di  $1,3 T_c$  è obbligatorio nella prima distribuzione utilizzare il carico sismico proporzionale alle forme modali.

# Lavori Pubblici

Informazione tecnica **on-line**

## Come 3Muri affronta il cambiamento normativo - Esempio pratico

Vediamo ora come il software 3Muri® analizza una struttura in muratura secondo le prescrizioni delle NTC 18, già integrate al suo interno. Lo studio riguarderà l'adeguamento sismico della struttura a seguito della variazione della destinazione d'uso, con conseguente incremento del carico in fondazione del 10%. La struttura, nello stato di fatto adibita a civile abitazione, sarà adibita ad uffici aperti al pubblico nello stato di progetto con l'aumento del carico accidentale.



Il software 3Muri® affronta il cambio normativo in maniera lineare e controllata. Il progetto parte con:

- l'importazione del file .dxf dello stato di fatto
- la modellazione della struttura all'interno del software.

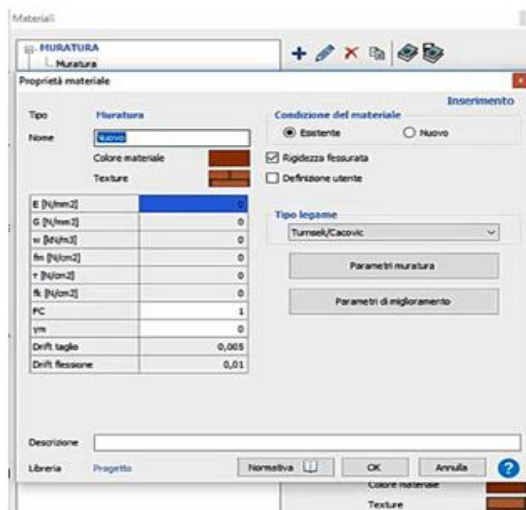
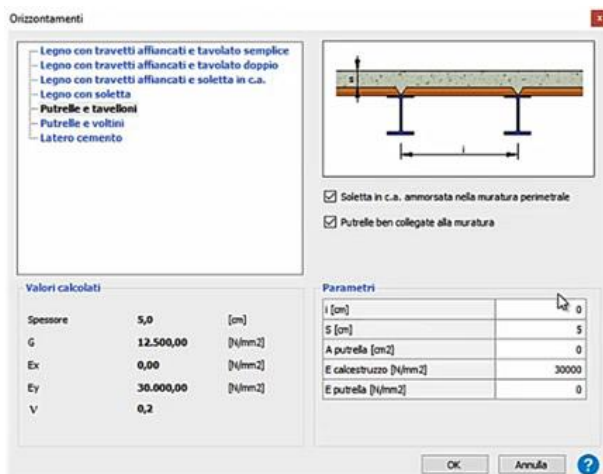
Successivamente si definiscono:

- i materiali esistenti, e quindi la tipologia della muratura e il livello di conoscenza;
- uno spessore fittizio, tutti gli elementi in cemento armato presenti, quindi materiale e armatura di travi e pilastri;
- le aperture;
- l'effettiva rigidezza del solaio, grazie alla libreria presente al suo interno.
- 

Nell'esempio pratico presentato viene definito un solaio con putrelle e tavelloni, assegnando lo spessore della soletta e il modulo elastico del calcestruzzo. Il software calcola così le caratteristiche di una membrana equivalente. Qualora si volesse tener conto della rigidezza delle putrelle, 3Muri® calcolerebbe la struttura tenendo conto sia della rigidezza della soletta che di quella delle putrelle ancorate alla struttura.

Impostati tutti i **carichi** gravanti sulla struttura, si effettua:

- la mesh del modello completo definendone l'azione sismica. Anche qui il software, essendo aggiornato alle nuove NTC 18, permette il calcolo della struttura allo stato limite di collasso. Inoltre, a seconda delle esigenze progettuali del professionista, è possibile scegliere quali stati limite considerare nel calcolo delle azioni sismiche.



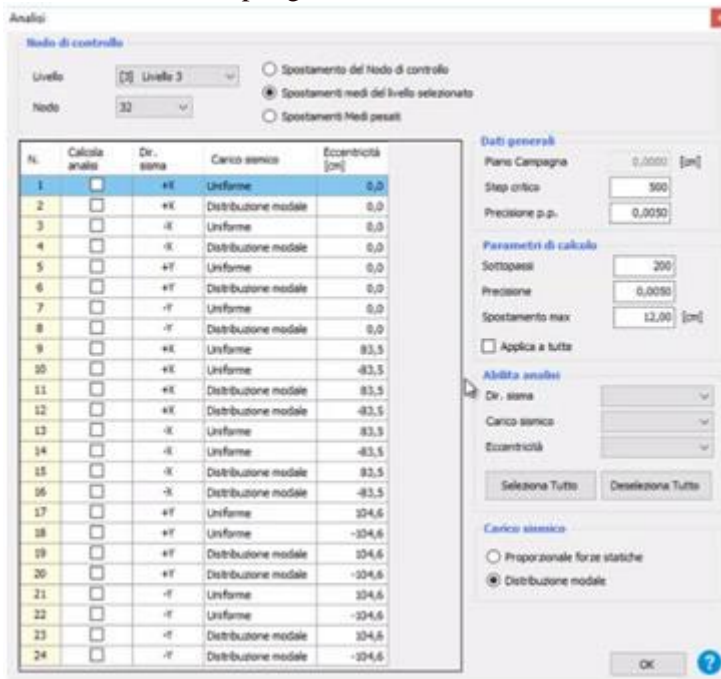
# Lavori Pubblici

Informazione tecnica **on-line**

Una novità introdotta dalle NTC 18 è:

- il lancio dell'**analisi modale** per l'individuazione del periodo di vibrazione principale della struttura. Una volta individuato vengono scelte le forme modali che raggiungano almeno l'85% della massa partecipante.

Si procede, quindi, al calcolo dell'**analisi pushover**. Si nota come nella struttura in esame il periodo di vibrazione principale sia inferiore di  $1.3T_c$ , avendo quindi la possibilità di scegliere una delle due distribuzioni per il calcolo del carico sismico. Dalla consultazione dei risultati è chiaramente visibile che la struttura non è verificata, sia allo stato limite di salvaguardia della vita che allo stato limite di collasso. Rispetto alle NTC 08, le verifiche risultano più gravose.



STATO DI FATTO] -- S.T.A. DATA [S/L] --

Visualizza

Verifica analisi

N.	Inserito in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax S/LC [cm]	Du S/LC [cm]	Dmax S/LV [cm]	Du S/LV [cm]	Dmax S/LD [cm]	Du S/LD [cm]	Dmax S/LO [cm]	Du S/LO [cm]	σ S/LC	σ S/LV
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	0,00	5,33	2,46	4,18	1,84	1,49	1,31	1,13	1,12	0,473	0,493
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	0,00	5,09	2,27	3,99	1,70	1,41	1,36	1,07	1,14	0,461	0,443
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	0,00	5,16	3,09	4,04	2,32	1,44	2,07	1,16	1,41	0,613	0,588
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	0,00	5,14	2,27	4,02	1,70	1,40	2,03	1,09	1,41	0,460	0,442
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Uniforme	0,00	5,67	2,96	4,45	2,22	1,57	1,46	1,19	1,46	0,531	0,507
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Distribuzione modale	0,00	5,46	2,89	4,28	2,14	1,52	1,31	1,15	1,21	0,533	0,510
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-F	Uniforme	0,00	6,90	3,92	5,40	2,94	1,88	1,13	1,42	0,65	0,569	0,545
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-F	Distribuzione modale	0,00	6,73	3,81	5,27	2,86	1,82	1,14	1,36	0,68	0,566	0,542
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	83,45	5,39	2,48	4,23	1,84	1,30	1,08	1,13	1,18	0,466	0,446
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	-83,45	5,13	2,98	4,02	2,23	1,42	1,75	1,06	1,13	0,591	0,568
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	83,45	5,32	2,17	4,18	1,63	1,48	1,40	1,12	1,12	0,432	0,404
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	-83,45	5,33	2,78	4,17	2,08	1,48	1,44	1,13	1,13	0,533	0,510
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	83,45	5,03	2,87	3,96	2,13	1,40	1,80	1,07	1,34	0,583	0,560
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	-83,45	5,18	2,74	4,06	2,05	1,45	2,23	1,11	1,45	0,544	0,522
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	83,45	5,03	2,06	3,94	1,54	1,39	1,31	1,06	1,41	0,429	0,413
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	-83,45	5,07	2,06	3,97	1,54	1,40	1,85	1,07	1,44	0,426	0,410
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Uniforme	104,64	5,74	3,06	4,51	2,30	1,39	1,29	1,20	1,34	0,541	0,516
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Uniforme	-104,64	5,60	3,00	4,40	2,25	1,36	1,04	1,18	1,54	0,544	0,519
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Distribuzione modale	104,64	5,30	2,79	4,32	2,10	1,55	1,30	1,18	1,30	0,519	0,496
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+F	Distribuzione modale	-104,64	5,36	2,90	4,37	2,18	1,55	1,39	1,17	1,39	0,532	0,508
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-F	Uniforme	104,64	6,86	4,07	5,37	3,05	1,87	1,06	1,41	0,61	0,592	0,567
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-F	Uniforme	-104,64	7,02	3,90	5,40	2,93	1,91	1,24	1,40	0,65	0,556	0,532
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-F	Distribuzione modale	104,64	6,83	3,88	5,19	2,91	1,81	1,05	1,37	0,65	0,585	0,560

**Legenda colori**

- Verificato
- Non verificato
- Non converge e p.p.
- Analisi più gravosa

[ Visualizza dettagli ]

[ Inserisci tutto in relazione ]

[ Cancella analisi ]

[ Esc ] [ ? ]

Terminato lo stato di fatto, è possibile passare allo **stato di progetto** con l'aumento del carico accidentale in tutti i livelli del modello. Dopo aver definito i **carichi sui solai**, vengono inseriti i **rinforzi da applicare**, come ad esempio l'iniezione delle miscele leganti, presente all'interno dei vari parametri migliorativi

# Lavori Pubblici

Informazione tecnica **on-line**

applicabili all'interno di un modello **3Muri®**, ottenendo un vantaggio sia in termini di resistenza che di duttilità. Viene definito anche il materiale composito da applicare alla struttura in esame, definendone la tensione caratteristica di rottura a trazione, modulo elastico a trazione e l'allungamento a rottura del composito (FRP). Dopo aver lanciato **l'analisi modale** viene nuovamente effettuato il controllo del periodo di vibrazione della struttura (in questo caso non maggiore di  $1.3T_c$ ). Anche in questo caso viene scelta la distribuzione secondo le forme modali. Solo dopo aver effettuato il calcolo, si notano le sostanziali differenze tra le due normative. Nonostante il cambio di destinazione effettuato, alcune analisi risultano non verificate, questo significa che con la vecchia normativa non si sarebbe mai raggiunto l'adeguamento sismico. Invece, con le nuove NTC 18, questo risulta possibile grazie all'ulteriore definizione di  $\zeta_E$  (rapporto tra l'accelerazione di capacità e l'accelerazione sismica) il cui limite per alcuni interventi e per il caso preso in esame, non è più pari all'unità ma può essere pari a 0,8, soddisfacendo così la verifica all'adeguamento sismico della struttura.

Verifica analisi

N.	Inserisci relazione	Div. sistema	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	Dmax SLO [cm]	Du SLO [cm]	a SLC	a SLV
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	0,00	3,13	3,28	3,29	2,46	0,74	1,52	0,56	1,18	1,046	1,072
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	0,00	3,08	3,19	3,23	2,39	0,73	1,48	0,55	1,15	1,036	1,062
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	0,00	3,03	3,32	3,22	2,49	0,72	2,30	0,54	1,32	1,093	1,120
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	0,00	2,99	3,07	3,19	2,46	0,71	2,11	0,54	1,29	1,157	1,187
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	3,58	3,24	3,55	2,43	0,84	2,17	0,63	1,44	0,907	0,939
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Distribuzione modale	0,00	3,47	3,06	3,51	2,39	0,81	2,29	0,61	1,37	0,882	0,913
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	4,23	3,77	3,04	2,82	0,99	1,71	0,74	0,71	0,891	0,923
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Distribuzione modale	0,00	4,11	3,53	2,98	2,65	0,96	1,36	0,72	0,75	0,858	0,899
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	83,45	3,18	3,17	3,23	2,53	0,75	1,82	0,56	1,15	1,061	1,087
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Uniforme	-83,45	3,14	3,11	3,30	2,54	0,74	1,74	0,56	1,21	0,992	1,016
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	83,45	3,12	3,19	3,28	2,39	0,74	1,52	0,55	1,14	1,022	1,047
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+K	Distribuzione modale	-83,45	3,05	3,07	3,23	2,30	0,72	1,68	0,54	1,17	1,008	1,034
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	83,45	3,07	3,80	3,25	2,85	0,73	2,00	0,55	1,27	1,234	1,265
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Uniforme	-83,45	3,06	3,25	3,25	2,44	0,73	2,18	0,55	1,32	1,059	1,084
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	83,45	3,02	3,24	3,31	2,43	0,72	2,01	0,54	1,28	1,072	1,098
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-K	Distribuzione modale	-83,45	3,01	3,08	3,21	2,31	0,72	2,22	0,54	1,29	1,022	1,047
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	304,64	3,64	3,31	3,64	2,46	0,83	1,98	0,64	1,33	0,909	0,941
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-304,64	3,53	3,18	3,56	2,38	0,83	2,37	0,62	1,56	0,899	0,931
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Distribuzione modale	304,64	3,53	3,12	3,56	2,34	0,82	2,14	0,62	1,39	0,884	0,915
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Distribuzione modale	-304,64	3,41	3,09	3,47	2,32	0,80	1,90	0,60	1,30	0,907	0,939
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	304,64	4,33	3,71	3,15	2,79	1,01	1,73	0,76	0,67	0,859	0,889
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-304,64	4,16	3,92	3,01	2,94	0,97	1,39	0,72	0,75	0,943	0,977
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Distribuzione modale	304,64	4,22	3,59	3,05	2,89	0,98	1,27	0,74	0,70	0,851	0,882

Legenda colori  
 verificato     Non verificato     Non converge a p.p.     Analisi più gravosa

Visualizza dettagli  
 $\zeta_E$  1,0  
 Applica  
 Inserisci tutto in relazione  
 Cancella analisi  
 Esci

© Riproduzione riservata